



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK KATLI KOMPOZİT TÜBÜLER
SİSTEMLERİN DAVRANIŞININ TEORİK
OLARAK İNCELENMESİ

Fuat TAŞ
DOKTORA TEZİ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fuat TAŞ tarafından hazırlanan “Yüksek Katlı Kompozit Tübüler Sistemlerin Davranışının Teorik Olarak İncelenmesi” adlı tez çalışması 16/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr. Ali KÖKEN

(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Danışman

Doç.Dr. Günnur YAVUZ

(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Prof.Dr. Serdar ÇARBAŞ

(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi)

.....

Üye

Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN

(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Prof.Dr. Fatih Kürşat FIRAT

(Aksaray Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza
Fuat TAŞ
16.06.2025

ÖZET

DOKTORA TEZİ

YÜKSEK KATLI KOMPOZİT TÜBÜLER SİSTEMLERİN DAVRANIŞININ TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Fuat TAŞ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç.Dr. Günnur YAVUZ

2025, 334 Sayfa

**Jüri
Doç.Dr. Günnur YAVUZ
Prof.Dr. Ali KÖKEN
Prof.Dr. Serdar ÇARBAŞ
Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN
Prof.Dr. Fatih Kürşat FIRAT**

Yüksek yapıların düşey yükler ve yatay yük etkileri altında tasarımları ve performanslarını değerlendirme konusunda yakın zamana kadar yönetmeliklerin ve teknik bilginin yetersiz olmasından dolayı ve mevcut bilginin de ağırlıklı olarak betonarme binaları konu alması ülkemizdeki mühendisleri betonarme yüksek binaların tasarımına ve yapımına yönlendirmiştir. 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te yüksek katlı yapılarla ilgili bir bölüm bulunmamakta ve bu binalar yönetmeliğin kapsamı dışında tutulmuştur. Bu durumun gerek teoride gerek pratikte, ilgili mühendis ve akademisyenler için yıllar yıllı eksiklik olarak kaldığı görülmektedir.

2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) ile birlikte yüksek yapıların tasarımı ilk kez ayrı bir başlık altında değerlendirilmiştir. Bu tarihten önce Türkiye'de yapılan bu tür yapı sınıfına giren yüksek katlı binalarda İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne hazırlatılmış olan İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'nin kullanıldığı görülmektedir. Bu yönetmelikteki tasarım felsefesi, TBDY 2018'in 13. Bölümü'ndeki esaslar ile benzerlikler göstermektedir. Bu tez çalışmasında öncelikle yüksek katlı yapıların tasarım ve gelişim süreçleri incelenmiş, yüksek yapıların tasarım felsefesi irdelenmiş ve bu tip binalarda kullanılan taşıyıcı sistemler hakkında özet bilgiler sunulmuştur. Genelde çelik yapılar, özelde ise kompozit tübüler sistemlere sahip, yüksek yapıların deprem performansının TBDY 2018 Bölüm 13'te belirtilen hususlar doğrultusunda incelenmesine odaklanılmıştır. Çalışmada, farklı deprem tasarım sınıflarına sahip, farklı kompozit tübüler sistemlerin deprem etkileri altındaki davranışları analiz edilmiştir. Yapısal analizler, farklı depremsellik sınıflarına sahip Mersin ve Hatay illerinde, 72 kattan oluşan kompozit taşıyıcı sistem elemanlarına sahip çelik çaprazlı kafes tübüler ve kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve tübüler sistemlere sahip binalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Bu hedef gözetilirken konunun geniş kapsamlı olmasından dolayı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE-2018) yönetmeliğinin ilgili birçok bölümüne değinilmiştir. Bu sebeple TBDY 2018, bu yüksek yapıların tasarımını ayrı bir uzmanlık sınıfı içerisinde değerlendirmiştir. Bu amaçla ülkemizde yapılan yüksek yapılar ile ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu, bu konuda yapılan çalışmaların ise ağırlıklı olarak betonarme

yüksek yapılar üzerine olduğu tespitinden hareketle kompozit yüksek yapılar üzerine yapılan bu çalışma ile bu alana katkı yapılması hedeflenmiştir. Farklı depremsellik sınıflarına sahip Mersin ve Hatay gibi lokasyonlarda, farklı kompozit tübüler sistemlerin (kafes (çaprazlı) ve çerçeve tübüler sistemler) deprem performansları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı lokasyonlar ve sistemler açısından birbiriyle karşılaştırılmış ve karşılaştırmalar sonucunda, farklı tübüler sistemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Deprem yükleri altında sistemlerin teorik davranışları incelenerek, yapısal performansları değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, Hatay gibi yüksek Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'na sahip depremseliğin büyük olduğu yerlerde çaprazlı kompozit tüp sistemlerin tercih edilmesinin, Mersin gibi nispeten düşük depremselik arz eden yerlerde ise çerçeve tüp sistemlerin tercih edilmesinin uygun olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ile yüksek yapıların deprem performansının anlaşılmasına ve TBDY 2018 kapsamında tübüler sistemlerin tasarım felsefelerini anlama adına katkı yapacağı düşünülmektedir. Farklı deprem senaryoları ve lokasyonlar için yapılacak analizlerin, mühendislik uygulamalarında kullanılabilecek pratik bilgiler sağlayacağı öngörülmektedir. Çalışma sonucunda, farklı deprem tasarım sınıfları ve tübüler sistemlerin deprem performanslarına ilişkin detaylı bilgi ve değerlendirmelerin konuyla ilgili pratikte ve teorikte çalışan uzman ve bilim insanlarına konuyla ilgili ön fikir sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çelik-beton kompozit, Tübüler sistemler, TBDY 2018, Yüksek yapılar

ABSTRACT

PhD THESIS

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF HIGH-RISE STEEL TUBULAR SYSTEMS

Fuat TAŞ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Günnur YAVUZ

2025,334 Pages

Jury

**Assoc.Prof.Dr. Günnur YAVUZ
Prof.Dr. Ali KÖKEN
Prof.Dr. Serdar ÇARBAŞ
Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN
Prof.Dr. Fatih Kürşat FIRAT**

Due to the insufficiency of regulations and technical information on the design and performance evaluation of high-rise buildings under vertical and horizontal load effects until recently, and the fact that the existing information is mainly about reinforced concrete buildings, engineers in our country have directed the design and construction of reinforced concrete high-rise buildings. In the 2007 Regulation on Buildings to be Built in Earthquake Zones, there is no section on high-rise buildings and these buildings are excluded from the scope of the regulation. It is seen that this situation has remained as a deficiency for years for the relevant engineers and academicians both in theory and practice.

With the 2018 Turkey Building Earthquake Regulation (TBDY 2018), the design of high-rise buildings has been evaluated under a separate heading for the first time. Before this date, it is seen that the Istanbul High-Rise Buildings Earthquake Regulation, which was prepared by the Istanbul Metropolitan Municipality to Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, was used for high-rise buildings in Turkey. The design philosophy in this regulation is similar to the principles in Chapter 13 of TBDY 2018. In this thesis, firstly, the design and development processes of high-rise buildings are examined, the design philosophy of high-rise buildings is examined and brief information about the structural systems used in such buildings is presented. The focus is on analyzing the earthquake performance of high-rise buildings with steel structures in general and composite tube systems in particular in accordance with the provisions of TBDY 2018 Chapter 13. In the study, the behavior of different composite tubular systems with different seismic design classes under earthquake effects is analyzed. The analyses are carried out on buildings with composite diagonal and frame tubular systems consisting of 72 floors in Mersin and Hatay provinces with different seismicity classes.

While pursuing this objective, many relevant sections of the Turkish Building Earthquake Code (TBDY 2018) and the Principles of Design, Calculation and Construction of Steel Structures (ÇYTHYE-2018) regulations have been mentioned due to the wide scope of the subject. For this reason, TBDY 2018 evaluated the design of these high-rise buildings in a separate specialization class. For this purpose, it is aimed to contribute to this field with this study on composite tall buildings based on the determination that the studies on tall buildings in our country are limited and the studies on this subject are mainly on reinforced concrete tall buildings. The earthquake performances of different composite tubular systems (braced and frame tubular systems) were analyzed in locations such as Mersin and Hatay with different

seismicity classes. As a result of these comparisons, the advantages and disadvantages of different tubular systems are presented. The theoretical behavior of the systems under earthquake loads is investigated and their structural performances are evaluated. This study concludes that in places with high seismicity and high DTS such as Hatay, crossed composite tubular systems should be preferred and in places with low seismicity such as Mersin, frame tubular systems should be preferred. And with this study, it is thought that it will contribute to the understanding of the earthquake performance of high-rise buildings and to understand the design philosophies of tubular systems within the scope of TBDY 2018. Analyzes for different earthquake scenarios and locations are predicted to provide practical information that can be used in engineering applications. As a result of the study, it is thought that detailed information and evaluations on different earthquake design classes and earthquake performances of tubular systems will provide preliminary ideas to experts and scientists working on the subject in practice and theory.

Keywords: Steel-concrete Composite, Tubular systems, TBDY 2018, Tall buildings.



ÖNSÖZ

Doktora çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Doç. Dr. Günnur Yavuz'a, değerli katkıları için tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Ali Köken'e, Prof. Dr. Serdar Çarbaş'a ve bu süreçte beni destekleyen tıkaandığım yerlerde beni tetikleyip harekete geçiren Dr. Ali Bayram Temel'e ve sevgili eşim ve aynı zamanda mesai arkadaşım Ziraat mühendisi Elif Değer Taş'a çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren aileme iş arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Fuat TAŞ

KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tez Çalışmasının Amaç ve Kapsamı	2
1.3. Yapılan çalışmalar	3
1.4. Çalışmanın Katkıları.....	4
2. YÜKSEK BİNALARIN TARİHSEL GELİŞİMİ VE SINIFLANDIRMASI	5
2.1.Tarihsel Gelişim Süreci	5
2.2. Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması	14
2.2.1. Rijit Çerçeve Sistemleri.....	15
2.2.2. Perdeli Çerçeve Sistemler.....	16
2.2.3. Çaprazlı Çerçeve Sistemleri	16
2.2.4. Boşluklu/Boşluksuz Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler	17
2.2.5. Tübüler Sistemler.....	18
2.2.5.1. Çerçeve Tüp Sistemler.....	18
2.2.5.2. Çaprazlı (Kafes) Tüp Sistemler	20
2.2.5.3. Demet Tüp Sistemler	22
2.2.6. Dış Destekli Sistemler (Outrigger Çerçeve Sistemleri).....	22
2.3. Yüksek Yapılarda Rüzgar Yükleri.....	26
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	29
4. MATERYAL VE YÖNTEM	39
4.1. Yapı Geometrik Bilgileri	39
4.2. Yapı Malzemesi ve Kesit Özellikleri.....	44

4.3. Bina Taşıyıcı Modelleri	45
4.4. Yapı Yük Birleşimleri ve Stabilitate Tasarımları	46
4.4.1. Hareketli yük	46
4.4.2. Kar yükü	47
4.4.3. Fiktif yükler	47
4.4.4. Rüzgar yükü.....	47
4.4.4.1. Rüzgar yükü tasarım yöntemleri.....	48
4.4.4.2. Rüzgâr doğrultu katsayısı, K_d	49
4.4.4.3. Önem katsayısı I	50
4.4.4.4. Hız basıncı maruz kalma katsayıları, K_h ve K_z	50
4.4.4.5.Topografik etki katsayısı, K_{zt}	52
4.4.4.6. Fırtına etkisi faktörü, G	53
4.4.4.7. Rüzgar basıncı	54
4.4.4.8. İç basınç katsayısı	54
4.4.4.9. ASCE 7-16' ya göre tasarım rüzgar basıncı	55
4.4.5. Deprem yükü	59
4.4.6. Doğrudan analiz yöntemi.....	62
4.4.6.1. Azaltılmış rijitlikler	63
4.4.6.2. Fiktif yükler	63
4.4.6.3. Kolon etkili boyu	63
4.4.7. Yük birleşimleri	64
4.5. TBDY 2018 Bölüm 13'e Göre Deprem Hesabı.....	66
4.5.1. Genel bilgiler	66
4.5.2. Deprem yer hareketi düzeyleri.....	67
4.5.3. Bina performans düzeyleri.....	67
4.5.4. Tasarım aşamaları	68
4.5.5. Tasarım aşaması 1	69

4.5.6. Yapısal analiz sonuçları	72
4.5.7. Etkin görelî kat ötelemeleri	78
4.5.8. İkinci mertbe etkilerinin dikkate alınması	84
4.5.9. İkinci mertbe etkilerinin dikkate alınması	90
4.6. Birinci Adım Tasarım Aşaması ve Boyutlandırma Hesapları	96
4.6.1. Kompozit Tali Kirişlerin Boyutlandırılması	97
4.6.2. Ana Tali Kirişlerin Boyutlandırılması	106
4.6.3. Kompozit Kolon Tasarımı	114
4.6.4. Çerçeve Kompozit kolon tasarımı	119
4.6.5. Moment Aktaran Çerçeve Kiriş Tasarımı	132
4.6.6. Çapraz tasarımı	135
4.7. Tasarım Aşaması 2	140
4.7.1. TBDY 2018'e göre İkinci aşama deprem hesabı	140
4.7.2. TBDY 2018'e göre İkinci aşama performans değerdendirilmesi	141
4.8. Tasarım Aşaması 3	145
4.8.1. Sabit tek modlu itme yöntemi (Artımsal Eşdeğer yöntemi)	146
4.8.2. Değişken tek modlu itme yöntemi	147
4.8.3. Çok modlu itme yöntemi (Artımsal Mod Birleştme yöntemi)	148
4.8.4. Zaman tanım alanında analiz (Time History Analysis)	149
4.8.5. Nonlineer Malzeme Tanımlamaları	154
4.8.6. Yapı Elemanlarına Plastik Mafsal Atamaları	156
4.8.7. Kabul Kriterleri	163
4.8.8. Deprem Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi	168
4.8.9. Time History Analizi (Zaman Tanım Alanında Analiz)	172
4.8.10. Time history analizi (Zaman tanım alanında analiz) işlem sonuçları	172
4.8.11. Yüksek Bina Temellerinin İncelenmesi	185
4.8.11.1. Kazıklı temellere genel bir bakış	187

4.8.11.2. Kazıkların düşey taşıma gücü hesabı.....	188
4.8.11.3.Kazık ve kazık grubunun yanal etkiler altında davranışı.....	190
4.8.11.4 Kazık ve kazık gruplarının oturması.....	194
4.8.11.5. Kazıklı radye temeller.....	195
4.8.11.6. TBDY 2018’e göre kazıklı temeller	196
5. KOMPOZİT TÜBÜLER SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI.....	204
5.1. Tasarım Aşaması 1	211
5.1.1.Görelî kat öteleme kontrolleri.....	214
5.1.2. Deplasman ötelemeleri	228
5.1.3. Kat kesme kuvvetleri	231
5.1.5. Eleman kapasiteleri.....	236
5.2. Tasarım Aşaması 2	239
5.3. Tasarım Aşaması 3	245
5.3.1. Zaman Tanım Alanında Analiz (Time History Analizi) işlem sonuçları ...	250
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	308
6.1. Yapılan Çalışmaların Özetlenmesi	308
6.2.1 Tasarım Aşaması 1, sistemler arası karşılaştırma	311
6.2.2. Tasarım Aşaması 2, sistemler arası karşılaştırma	314
6.2.3 Tasarım Aşaması 3, sistemler arası karşılaştırma	316
6.2.3.1 Elemanlarda oluşan hasar karşılaştırmaları.....	316
6.2.3.2. Görelî kat ötelemeleri - sistemler arası karşılaştırma	319
6.2.4. Metraj hesaplamaları ve sistemler arası karşılaştırma.....	320
6.3. Genel Öneriler	321
KAYNAKLAR	325
EKLER	330

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A = Enkesit alanı

A_c = Beton enkesit alanı

A_e = Etkin net enkesit alanı

A_{fb} = Başlık enkesit alanı

A_g = Kayıpsız enkesit alanı

A_g = Kompozit elemanın toplam enkesit alanı

A_{os} = Spiral sargı donatısının enkesit alanı

A_s = Çelik enkesit alanı

A_{sc} = Çelik çekirdeğin akma şekildeğiştirmesi gösteren enkesit alanı

A_{sh} = Etriyeli kompozit kolonlarda sarılma bölgesindeki minimum toplam etriye alanı

A_{sr} = Boyuna donatı alanı

A_w = Gövde enkesit alanı

a = Kazık çevre sürtünme Katsayısı

A_s = Kazık çevresi

A_p = Kazık uç alanı

A_t = Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan eşdeğer alan [m²]

A_{wj} = j'inci perdenin gövde enkesit alanı [m²]

BYS = Bina yükseklik sınıfı

B = Kazık grubu kısa kenarı(m)

B_g = Kazık grubu hesabında kazık başından kazık başına genişlik (m)

b_{bf} = Kiriş kesitinin başlık genişliği

b_k = Kolon enkesitinde en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık

C_h = İkinci mertebe hesabında kullanılan ampirik katsayı

C_t = Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı

c_u = Drenajsız kayma dayanımı [kPa]

D = Dayanım fazlalığı katsayısı

D = Kazık çapı [mm]

$D_{n,alt}$ = Binanın alt bölümüne n'inci modda uygulanan eşdeğer dayanım fazlalığı katsayısı

$D_{üst}$ = Binanın üst bölümüne uygulanan dayanım fazlalığı katsayısı

DTS = Deprem tasarım sınıfı

DD-1 = 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 = 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 = 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

$d_i = (X)$ deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yükten oluşan yerdeğiştirme [m]

d = Kiriş enkesit yüksekliği [m]

d = Kazıklar arası mesefe [m]

d_c = Kolon enkesit yüksekliği [m]

$E_{d(H)}$ = Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi

E_d = Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi

$E_{d(X)}$ = (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

$E_{d(Y)}$ = (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

$E_{d(Z)}$ = (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

E = Yapı çeliği elastisite modülü, $E = 2 \times 10^8 [\text{kN/m}^2]$

F_{cr} = Kritik burkulma gerilmesi

F_{cre} = Olası akma gerilmesi ile hesaplanan kritik burkulma gerilmesi

F_E = Kaynak malzemesi (elektrod) karakteristik çekme dayanımı

F_u = Yapı çeliğinin karakteristik çekme dayanımı

F_y = Yapı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi

F_{yb} = Kiriş malzemesinin karakteristik akma gerilmesi

F_{yc} = Kolon malzemesinin karakteristik akma gerilmesi

F_{ysc} = Çelik çekirdeğin karakteristik akma gerilmesi veya çelik çekirdeğin çekme deneyi ile belirlenen gerçek akma gerilmesi

F_{ysr} = Donatı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi

F_{ye} = Yapı çeliğinin beklenen akma gerilmesi $[\text{kN/m}^2]$

$F_{fi(X)}$ = (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yük $[\text{kN}]$

$F_{IE(X)}$ = (X) deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü

f_{ce} = Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı $[\text{MPa}]$

f_{ck} = Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
 f_e = Taşıyıcı sistem için hesaplanan doğrusal (elastik) dayanım talebi
 f_y = Taşıyıcı sistemin akma dayanımı
 f_{ye} = Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
 f_{yk} = Çeliğin karakteristik akma dayanımı [MPa]
 f_{ywe} = Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
 G = Sabit yük etkisi
 g = Yerçekimi ivmesi [m/s^2]
 H_N = Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam yüksekliği [m]
 H = Sıkışabilir tabaka kalınlığı [m]
 h = Enkesit yüksekliği
 h_i = Binanın i'inci katının kat yüksekliği
 h_o = Kesit başlıklarının merkezleri arasındaki uzaklık
 i = Atalet yarıçapı
 i_y = Kiriş enkesitinin zayıf eksenine göre atalet yarıçapı
 I = Bina önem katsayısı
 I_b = Kiriş kesit eylemsizlik momenti [m^4]
 I_k = Kolon kesit eylemsizlik momenti [m^4]
 K = Burkulma katsayısı
 L = Çubuk boyu
 L_b = Basınç başlığının yanıl doğrultuda mesnetlendiği veya enkesitin çarpılmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
 L = Kazık grubu hesabında uzun kenar (kazık başından kazık başına)
 L_g = Kazık grubunun uzun kenarı
 m_i = i'inci katın toplam kütlesi [t]
 $m_{\theta i}$ = i'inci katın kütle eylemsizlik momenti [tm^2]
 $m_t(x)$ = Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam kütlesi [t]
 m_{txn} = (X) deprem doğrultusu için binanın x eksenı doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi [t]
 $m_{ty n}$ = (Y) deprem doğrultusu için binanın y eksenı doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi [t]
 m_v = Hacimsel sıkışma katsayısı (m^2/kN)
 L_p = Plastik mafsıl boyu [m]

L = Kazık boyu [m]
 M_y = Etkin akma momenti [kNm]
 M_p = Karakteristik plastik eğilme dayanımı
 M_r = Gerekli eğilme dayanımı
 M_u = YDKT yük birleşimleri esas alınarak belirlenen gerekli eğilme dayanımı
 M_{pe} = Plastik moment kapasitesi [kNm]
 N = Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'deki toplam kat sayısı
 n = Hareketli yük katılım katsayısı
 P = Maksimum plastik dönmenin durumunda çelik kesitte bulunan eksenel yük [kN]
 P_c = Çelik elemanın beklenen eksenel basınç dayanımı [kN]
 P_{no} = Kompozit kolon enkesitinin eksenel basınç kuvveti dayanımı
 P_r = Gerekli eksenel kuvvet dayanımı
 P_y = Akma sınır durumunda eksenel kuvvet dayanımı
 $P_{y_{sc}}$ = Çelik çekirdek eksenel kuvvet akma dayanımı
 P_u = YDKT yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımı
 P_{ty} = Kazığa etkiyen yanal tasarım kuvveti [kN]
 R = Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
 $R_a(T)$ = Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma katsayısı
 R_{alt} = Binanın alt bölümüne uygulanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
 $R_{üst}$ = Binanın üst bölümüne uygulanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
 $(R_a)_{alt}$ = Binanın alt bölümüne uygulanan eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
 $(R_a)_{n,alt}$ = n'inci titreşim modunda binanın alt bölümüne uygulanan eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
 $(R_a)_{üst}$ = Binanın üst bölümüne uygulanan deprem yükü azaltma katsayısı
 $(R_a)_{n,üst}$ = n'inci titreşim modunda binanın üst bölümüne uygulanan deprem yükü azaltma katsayısı
 Q = Hareketli yük etkisi
 Q_e = Etkin hareketli yük etkisi
 Q_{ks} = Kazık karakteristik çevre sürtünmesi direnci [kN]
 Q_{ku} = Kazık karakteristik uç direnci [kN]
 Q_{ktv} = Kazık karakteristik toplam taşıma gücü [kN]
 Q_s = Kazık çevre sürtünmesi direnci [kN]
 Q_{tv} = Kazığın düşey tasarım dayanımı [kN]

Q_{ty} = Kazığın yanal tasarım dayanımı [kN]
 Q_u = Kazık uç direnci [kN]
 $q(\text{kPa})$ = Kazık grubuna üst yapıdan gelen yük [kN]
 s = Kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı
 S = Kar yükü etkisi
 $S_{ae}(T)$ = Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
 $S_{aR}(T)$ = Azaltılmış tasarım spektral ivmesi [g]
 S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 T = Doğal titreşim periyodu [s]
 T_B = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
 T_n = n'inci moda ait doğal titreşim periyodu [s]
 $T_{pA}(X)$ = Amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu [s]
 $T_p(X)$ = (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
 t = Kalınlık
 t_{bf} = Kiriş enkesitinin başlık kalınlığı
 t_{cf} = Kolon enkesitinin başlık kalınlığı
 t_w = Gövde kalınlığı
 u_i = (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, i'inci kattaki azaltılmış yerdeğiştirme [m]
 V_i = (X) deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti [kN]
 $V_{tE}(X)$ = (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
 V_{tx} = Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusu'nda elde edilen en büyük toplam deprem yükü [kN]
 u = Kayma bölgesi çevresinin uzunluğu
 V_d = Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallarda, $(1.2G+0.5Q+0.2S)$ yük birleşimi ile, düşey yük etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
 V_E = Deprem etkilerinden oluşan tasarım kesme kuvveti
 V_n = Karakteristik kesme kuvveti dayanımı
 V_p = Plastik kesme kuvveti dayanımı
 V_{uc} = Kiriş-kolon birleşiminin kolon yüzündeki gerekli kesme kuvveti dayanımı
 V_{up} = Kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesinin gerekli kesme kuvveti dayanımı
 W_p = Plastik mukavemet momenti

W_{pb} = Kiriş plastik mukavemet momenti
 W_{pc} = Kolon plastik mukavemet momenti
 w_j = Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil ağırlık [kN]
 $w_{G,j}$ = Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil sabit ağırlık [kN]
 $w_{Q,j}$ = Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil ek (hareketli) ağırlık [kN]
 w_k = k'inci kata etkiyen toplam ağırlık [kN]
 W_p = Plastik mukavemet momenti [m³]
 YM = Yeterli titreşim modu sayısı
 α = Deprem derz boşlukları için kullanılan ampirik katsayı
 $\beta_{E(X)}$ = Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
 $\beta_{II(X)}$ = İkinci mertebe büyütme katsayısı
 ΔF_{NE} = (X) deprem doğrultusunda binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü [kN]
 $\Delta m_{i\theta(X)}$ = Kat kütle eylemsizlik momenti artımı [tm²]
 Δq = Z derinlikte gerilme
 $\Delta_i(X)$ = (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
 $(\Delta)_{i\text{ ort}(X)}$ = (X) deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
 Δ_c = Çelik elemanın eksenel basınç dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirmesi [m]
 Δ_T = Çelik elemanın eksenel çekme dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirmesi [m]
 $\delta_{i(X)}$ = (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi [m]
 $\delta_{i,\max}$ = (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri [m]
 η_{bi} = i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
 γ = Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
 γ_{Rsb} = Kazık çevre sürtünme direnci (basınç) dayanım katsayısı
 γ_{Rsc} = Kazık çevre sürtünme direnci (çekme) dayanım katsayısı
 γ_{Rt} = Kazık toplam taşıma gücü (basınç) dayanım katsayısı
 γ_{Ru} = Kazık uç direnci dayanım katsayısı

γ_{Rv} = Temel taşıma gücü dayanım katsayısı

λ = Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı

λ_{hd} = Süneklik düzeyi yüksek elemanlar için enkesit koşulu sınır değeri

λ_{md} = Süneklik düzeyi sınırlı elemanlar için enkesit koşulu sınır değeri

μ = Sürtünme katsayısı

μ_g = Jeolojik faktör

μ_d = Derinlik faktörü

ω = Pekleşme etkisi düzeltme katsayısı

κ = İzin verilen göreli kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

μ_k = Taşıyıcı sistem için öngörülen süneklik kapasitesi

$\theta_{II,i}$ = (X) deprem doğrultusunda her bir i'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

(X)

$\theta_{II,max}$ = (X) deprem doğrultusunda tanımlanan maksimum ikinci mertebe gösterge değeri hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi [t]

$\epsilon_c^{(GO)}$ = Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

$\epsilon_c^{(KH)}$ = Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

$\epsilon_c^{(SH)}$ = Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

$\epsilon_s^{(GO)}$ = Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırı

$\epsilon_s^{(KH)}$ = Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırı

$\epsilon_s^{(SH)}$ = Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırı

ϵ_{su} = Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması

ϕ_y = Akma eğriliği [m^{-1}]

ϕ_u = Göçme öncesi eğrilik [m^{-1}]

ω_{we} = Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

ρ_{sh} = Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı

$\rho_{sh,min}$ = İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı

ρ_c = Zeminde toplam oturma

θ_y = Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]

$\theta_p^{(KH)}$ = Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

$\theta_p^{(GÖ)}$ = Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

$\theta_p^{(SH)}$ = Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

η =grup kazıklarda etki katsayısı



Kısaltmalar

AISC	: American Institute of Steel Construction
ASCE	: American Society of Civil Engineers
CTBUH	: Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi
ÇYTHYE 2018	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar
DBYBHY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
GKT	: Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
KK	: Kesintisiz Kullanım performans düzeyi
KH	: Kontrollü hasar performans düzeyi
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
SH	: Sınırlı Hasar performans düzeyi
ŞDGT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TS500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TBI	: Tall Buildings Initiative
TBDY 2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TSE 498	:Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TADAS	: Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi
YDKT	: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

1. GİRİŞ

İnsanlık, varoluşundan bu yana fiziksel ve ruhsal ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli bir mücadele içerisinde olmuştur. Bu ihtiyaçların en temel olanlarından biri, barınma problemidir. Barınma ihtiyacı, artan dünya nüfusu ve gelişen ekonomilerle birlikte insanoğlunu sürekli yeni mekânlar ve çözümler aramaya yönlendirmiştir. İlk insanlar, doğanın sunduğu imkânlarla yetinerek mağara oyukları ve ağaç kovukları gibi doğayla uyumlu barınaklar inşa etmişlerdir. Ancak, toplumların gelişmesi, teknolojik imkânların artması ve öğrenme becerilerinin gelişmesiyle birlikte, insanlar doğaya meydan okuyan ve onu dönüştüren bir anlayışa yönelmiştir. Bu yeni davranış biçiminin en çarpıcı örneklerini, günümüzde devasa boyutlara ulaşan dikey mimari yapılarda görmek mümkündür. Artık yüksek yapılar, sadece artan nüfusun barınma ihtiyacını karşılamının ötesinde, gelişen ekonomi ve rekabetçi dünya düzeni içerisinde özel sektör ve kamu sektörü için bir prestij ve ikonik simge haline gelmiştir. Bu yapılar, bulundukları çevrede referans noktası olarak kabul edilmekte ve mimari anlamda bir varoluş biçimini temsil etmektedir. Ancak, yüksek yapıların tasarımı ve inşası, özellikle deprem gibi doğal afetler karşısında güvenliğinin sağlanması açısından büyük bir mühendislik becerisi gerektirmektedir.

Yüksek yapıların düşey ve yatay yükler altındaki tasarımı ve performanslarının değerlendirilmesi konusunda, yakın zamana kadar yönetmeliklerin ve teknik bilginin yeterli olmaması, Türkiye'deki mühendisleri ağırlıklı olarak betonarme yüksek binaların tasarımına ve yapımına yönlendirmiştir. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te yüksek katlı yapıların özel olarak ele alınmaması, bu alanda önemli bir boşluk yaratmıştır. Bu durum, hem teorik hem de pratik anlamda mühendisler ve akademisyenler için uzun yıllar boyunca bir eksiklik olarak kalmıştır. 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY 2018), yüksek yapıların tasarımı ilk kez ayrı bir başlık altında değerlendirilerek bu alanda önemli bir adım atılmıştır. Bu yönetmelikte, yüksek yapıların deprem performansı daha detaylı bir şekilde ele alınarak, tasarım süreçlerinde daha güvenilir ve gerçekçi bir çerçeve sunulmuştur. TBDY2018'den önce, yüksek yapıların tasarımında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlatılan İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (2008) kullanılmıştır. Bu yönetmelikteki tasarım felsefesi, TBDY2018'in 13. Bölümü'ndeki esaslarla benzerlikler göstermektedir.

Bu tez çalışmasında, yüksek katlı yapıların tasarım ve gelişim süreçleri incelenmiş, yüksek yapıların tasarım felsefesi irdelenmiş ve bu tip binalarda kullanılan taşıyıcı sistemler hakkında özet bilgiler sunulmuştur. Özellikle, çelik çaprazlı çelik - beton kompozit kafes tübüler ve çelik - beton kompozit çerçeve tübüler sistemlere sahip, farklı depremsellik özelliği bulunan bölgelerdeki yüksek yapıların deprem performansı, TBDY 2018 Bölüm 13'te belirtilen hususlar doğrultusunda analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. Tez Çalışmasının Amaç ve Kapsamı

Yüksek binalar kendi özel mimari özellikleri ve bina yapılandırmaları nedeniyle özel yapılardır. Yüksek mod etkilerinin katkısı yüksek binaların dinamik davranışı üzerinde önemli olduğundan sismik etkiler altında bu tür binaların davranışı diğer çok katlı binalardan farklı olmaktadır. Ayrıca, tasarım, analiz ve inşa aşamalarında da bazı önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ülkemizde yapılan yüksek katlı yapılardaki taşıyıcı sistemler genellikle betonarme perdeli-çerçeve sistemler olarak kullanılmıştır. Yüksek yapılarla ilgili inşaat mühendisliği alanında yapılan bilimsel yayın ve tezler incelendiğinde ise ağırlıklı olarak betonarme perdeli çerçeve sistemler ele alınmıştır. Tübüler sistemler ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların ise ağırlıklı olarak mimarlık alanında taşıyıcı sistem tanıtımı şeklinde olduğu görülmektedir. Bu tez çalışması ile genelde yüksek katlı yapılar özelde ise tübüler çelik sistemler üzerinde yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar ile akademik çalışmalar ve pratik uygulama için bir ön fikir sunulacağı düşünülmektedir. Bu tez çalışmasının kapsamı aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Bu tez çalışmasında, TBDY 2018 Bölüm 13'te belirtilen yüksek yapıların deprem performansının incelenmesine odaklanılmıştır.
- Bu çalışmada, farklı deprem tasarım sınıflarına sahip ve farklı çelik-beton kompozit tübüler sistemlerin deprem etkileri altındaki davranışları analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.
- Analizler, farklı depremsellik sınıflarına sahip Mersin ve Hatay illerinde, 72 kattan oluşan çaprazlı kafes ve çerçeve beton-çelik kompozit tübüler sistemlere sahip binalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

1.2. Yapısal Tasarım ve Analiz Aşamaları

Bu tez çalışmasında, çelik - beton kompozit tübüler yüksek katlı taşıyıcı sistemlerin tasarımı ve analiz aşamaları aşağıdaki adımları içermektedir.

1. Tasarım Aşaması 1:

- DD-2 Deprem Düzeyi altında Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi sağlanması hedeflenmiştir.
- Analizler, Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. Tasarım Aşaması 2:

- DD-4 Deprem Düzeyi altında Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi sağlanması hedeflenmiştir.
- Analizler, yine Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir.

3. Tasarım Aşaması 3:

- DD-1 Deprem Düzeyi altında Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi sağlanması hedeflenmiştir.
- Analizler, Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞDGT) yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir.

4. Temel Analizi:

- Belirlenen temel sistemi üzerinden zemini temsilen atanan yaylarla yapı zemin temel analizi bir bütün halinde gerçekleştirilerek yapının temel tasarımı TBDY 2018'e göre yapılmaya çalışılmıştır.

5. Farklı Tübüler Sistemlerin Karşılaştırması:

Çaprazlı kafes ve çerçeve çelik - beton kompozit tübüler sistemlere ait sonuçlar kıyaslanıp karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

1.3. Yapılan çalışmalar

- Farklı depremsellik sınıflarına sahip Mersin ve Hatay lokasyonlarında, farklı kompozit tübüler sistemlerin (çaprazlı kafes ve çerçeve tübüler sistemler) deprem performansları analiz edilmiştir.
- Elde edilen sonuçlar, farklı lokasyonlar ve sistemler arasında karşılaştırılmıştır.

- Bu karşılaştırmalar sonucunda, farklı tübüler sistemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur.
- Deprem yükleri altında farklı sistemlerin teorik davranışları incelenerek, yapısal performansları değerlendirilmiştir.

1.4. Çalışmanın Katkıları

- Bu tez çalışmasının, yüksek yapıların deprem performansının anlaşılmasına ve TBDY 2018 kapsamında tübüler sistemlerin tasarım felsefelerini anlama adına katkı yapacağı düşünülmektedir
- Farklı deprem senaryoları ve lokasyonlar için yapılan analizlerin, mühendislik uygulamalarında kullanılabilecek pratik bilgiler sağlayacağı öngörülmektedir.
- Çalışma sonucunda, farklı deprem tasarım sınıfları ve  elik - beton kompozit tübüler sistemlerin deprem performanslarına ilişkin detaylı bilgi ve değerlendirmelerin konuyla ilgili pratikte ve teorikte çalışan uzman ve bilim insanlarına konuyla ilgili  n fikir sunacağı söylenebilir.

2. YÜKSEK BİNALARIN TARİHSEL GELİŞİMİ VE SINIFLANDIRMASI

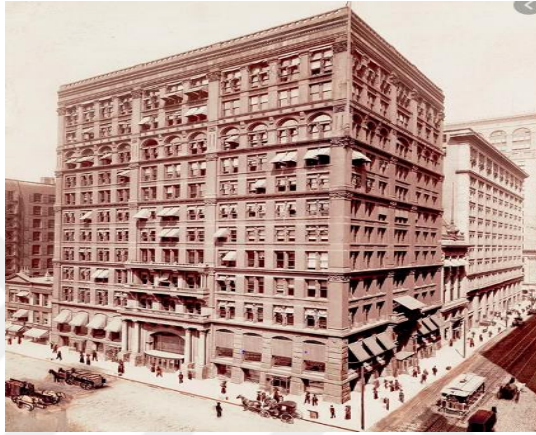
Bu bölümde yüksek yapıların tarihsel gelişim süreci, ilk örneklerinden modern gökdelenlere kadar olan dönüşümü ele alınmıştır. Süreç içerisinde gelişen teknolojinin yüksek yapıların tasarımı ve inşası üzerindeki etkisi incelenerek, bu yapıların malzeme teknolojisi, yapım teknolojisi, mimari ve strüktürel açıdan nasıl bir evrim geçirdiği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2.1.Tarihsel Gelişim Süreci

İnsandaki güç ve sonsuza ulaşma arzusunun dışavurumunun bir tezahürünü eski mısır piramitlerinde, babil kuleleri gibi çok tanrılı dinlerin ilk mabet ve tapınaklarında görmek mümkündür. Bu dışavurum çok tanrılı dinler sonrası tek tanrılı semavi dinlerde de kendisini cami minarelerinde ve kiliselerin çan kulelerinde göstermiştir. Buradan hareketle yüksek yapıların ilk örnekleri tarihin uzunca bir döneminde ağırlıklı olarak dini yapılarda kendini varetmiştir.

18. yüzyıla gelindiğinde sanayi devrimiyle beraber yaşanan endüstrileşme süreci sonrası kırsaldan kentlere göç süreci artmış, bu göç sürecinin sonunda şehirlerde artan nüfus barınma problemini de beraberinde getirmiştir. Bu artan nüfus aynı zamanda arsa fiyatlarında artışa sebep olmuş ve barınma ihtiyacının karşılanması insanları yeni arayışlara sürüklemiştir. Bu arayış barınma ihtiyacının karşılanması amacıyla yüksek yapıların ilk örnekleri sayılabilecek apartman olgusunu doğurmuştur. 18. Yüzyılda yaşanan sanayi inkılabı ve endüstrileşmeyle beraber dönüşüm geçiren bu yeni ekonomik üretim şekilleri aynı zamanda kendisini üretim mekânları alanında hissettirmiştir. Gelişen ekonomi ve ticaretle beraber ortaya çıkan yeni finans ve ticari şirketler, faaliyetlerini yürütecekleri yeni mekânlara ihtiyaç duymuştur. Bu anlamda dönemin teknolojik imkânları dâhilinde taş yığma yapı olarak üretilen bu yapılar artan yükseklikle beraber zemin katlarda 2 metreyi bulan duvar kalınlıklarıyla ve azalan mekân alanları ile yığma yapının da sınırlarını göstermiştir. Bu zorunluluk mühendis ve mimarları yeni yapı malzemesi ve yapım yöntemleri arayışına yönlendirmiştir. Bu süreçte endüstrileşmeyle beraber gelişen ve hayatın birçok alanında kullanılan çelik, yapı malzemesi olarak ta yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. Diğer yapı elemanlarına göre daha hafif daha sünek olan çelik mühendislerin ve mimarların bu dikey yükselme serüveninin uzunca bir süre başkahramanı olmuştur. Böylece strüktürel anlamda daha

hafif olan, daha geniş açıklıkların geçilebildiği, sütrüktürün daha az yer kapladığı narin elemanlardan oluşan yapım metodolojisi geliştirilmiştir. Bu dikey yapılanma sürecinde sütrüktürel olarak bu problem aşılmış olsa da bu kez artan yükseklikle beraber üst katlara ulaşma ve suyu üst katlara ulaştırma gibi problemlerle karşılaşmıştır. Asansör ve hidroforun icadıyla birlikte sorun olmaktan çıkan bu durum çok katlı yapılarda yeni bir dönemi başlatmıştır. Bu dönemde Chicago'da 1884 ile 1885 yılları arasında inşa edilen on katlı “Home Insurance” binası ilk gökdelen olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.1).



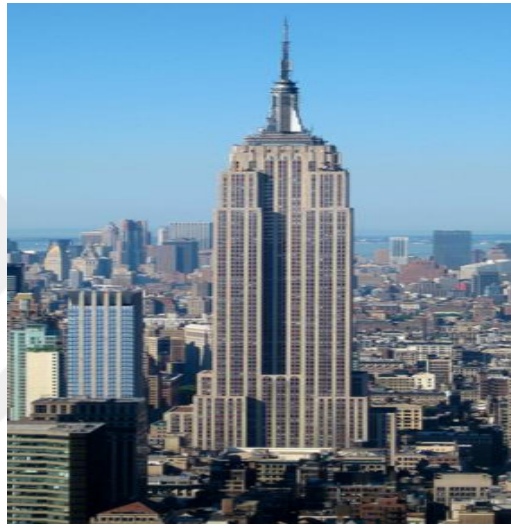
Şekil 2.1. Home Insurance Binası (URL-1)

Günümüz koşullarıyla ilk gökdelen ise New York'taki “Woolworth Building” olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. “Woolworth Building Binası (URL-2)

20. yüzyıl başlarına gelindiğinde birinci dünya savaşına kadar olan süreçte Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok gökdelen örnekleri görülmektedir. Bu yapılar arasında Flaraton binası (1903), Singer binası (1908), Metropolitan binaları (1909) sayılabilir. Birinci dünya savaşının başlamasıyla oluşan ekonomik durgunluktan bu dikey yapılanma da nasibini almış, kısa bir süreliğine yaşanan bu durgunluğun ardından yeni yapılar yapılmaya başlanmış ve bu süreç ikinci dünya savaşına kadar devam etmiştir. Yaşanan bu sürecin ardından inşa edilen yapılar içerisinde uzunca bir zaman dünyanın en yüksek binası olma ünvanını koruyan 102 katlı Empire State Building binası da yer almaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Empire State Binası (URL-3)

İkinci dünya savaşı sonrasında da bir durgunluk dönemi yaşandığı, fakat bu kez öncekinden farklı olarak yapıyı en ekonomik ve fonksiyonel şekilde inşa etme kaygısının ön planda tutulduğu görülmektedir. Başlangıçta Amerika Birleşik Devletleri ve batılı ülkelerde de başlayan bu süreç savaş sonrası dönemden günümüze dünya üzerinde pek çok coğrafyada özellikle Ortadoğu ve Uzakdoğu ülkeleri gibi yerlerde adeta bir yarışa dönüşmüştür. Özellikle 21. yüzyılın ortalarına doğru ortadoğuda Arap ülkelerinde bulunan petrol ile beraber artan refah seviyesiyle bugün bu ülkelerde pek çok gökdelen örneklerinin inşaa edildiği görülmektedir. Bu dikey yapılanma sürecinin dünya üzerindeki en önemli örneklerinden biri Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur'da bulunan, 1998 ve 2004 yılları arasında dünyanın en yüksek ikiz gökdeleni olan 88 katlı Petronas ikiz Kuleleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Petronas ikiz Kuleleri (URL-4)

Bir başka önemli yüksek katlı yapı, Şekil 2.5'te görülen Tayvan'ın Taipei şehrinde bulunan 1999'dan 2007 yılına kadar dünyanın en yüksek binası konumundaki 101 katlı Taipei 101'dir. Bu yapıyı diğer yapılardan ayrı kılan özelliği dünyada ilk kez bu binada "tuned mass" adı verilen kütle sönümleyici sisteminin kullanılmasıdır.



Şekil 2.5. Taipei 101 binası (URL-5)

Dubai'de Burj Al Khalifa (Şekil 2.6), Chicago merkezli Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH)'nin belirlemiş olduğu kriterlere göre 828 metrelik yüksekliği ile dünyanın en yüksek binası rekorunu elinde bulundurmaktadır. Bu gökdelen, Empire State binasının yaklaşık 2 katı, Eyfel Kulesi'nin ise yaklaşık 3 katı yüksekliği ile en yakın rakibinden 300 metre daha yüksektir. Ayrıca, bu yapının 160 kattan oluşmasından dolayı "dünyanın en çok kata sahip binası" rekorunun da sahibi olduğu bilinmektedir.



Şekil 2.6. Burj Al Khalifa Binası (URL-6)

Yakın zamanda Burj Al Khalifa gökdeleninin yüksekliğini aşması beklenen Suudi Arabistandaki Cidde Kulesi veya eski adıyla Kraliyet Kulesi, Suudi Arabistan'ın Cidde şehrinin kuzeyine inşa edilecek olan bir gökdelen projesidir (Şekil 2.7). Gökdelenin dünyada 1 kilometre yüksekliği aşan ilk bina olması planlanmaktadır. Ocak 2018'de gökdelenin yaklaşık üçte biri tamamlanmışken inşaatı ara verilmiştir,



Şekil 2.7. Cidde Kulesi (URL-7)

Yukarıda bahsi geçen yarış sürecinde ülkemiz 21. yüzyılın ortalarından itibaren bu yarışta yerini almaya başlamıştır. Bu süreçte 1950'li yılların sonlarından itibaren dikey yapılanma kendini daha çok kamu binalarında göstermiştir. 1980'li yıllara gelindiğinde değişen sosyo ekonomiyle beraber bu durum daha çok özel sektör eliyle yapılan pratiğe dönüşmüştür. Bu yaşanan dönüşümde yapılan yüksek katlı binalara bakıldığında ağırlıklı olarak iş merkezi ve otel şeklinde olduğu gözlenmektedir. 2000'li yıllara doğru gelindiğinde ise bu durum rezidans, iş merkezi ve konut gibi içinde birçok

aktiviteyi barındıran büyük ölçekli ve çok amaçlı yapı türlerine evrilmiştir. Çizelge 2.1’de yıllar içinde ülkemizde yapılan yüksek yapıların sırasıyla listesi verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ülkemizdeki yüksek yapılardan bazılarının yapım yıllarına göre listesi (URL-8)

Bina ismi	Görünüm	Bulunduğu şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Tamamlanma tarihi
Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kulesi		İstanbul	353	72	2024
Metropol İstanbul Ana Kule		İstanbul	301	70	2017
Skyland İstanbul A Blok		İstanbul	287	64	2018
Istanbul Sapphire		İstanbul	261	54	2011
Mahall Bomonti		İzmir	242	59	2023

Çizelge 2.1.-devamı. Ülkemizdeki yüksek yapılardan bazılarının yapım yıllarına göre listesi (URL-8)

Bina ismi	Görünüm	Bulunduğu şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Tamamlanma tarihi
Istanbul Tower 205		İstanbul	220	54	2019
Mistral Ofis Kulesi		İzmir	220	48	2017
Anthill Residence 1		İstanbul	210	55	2010
Folkart Towers A		İzmir	200	46	2014
Rönesans Tower		İstanbul	186	40	2014
İş Kuleleri 1		İstanbul	181,2	52	2000

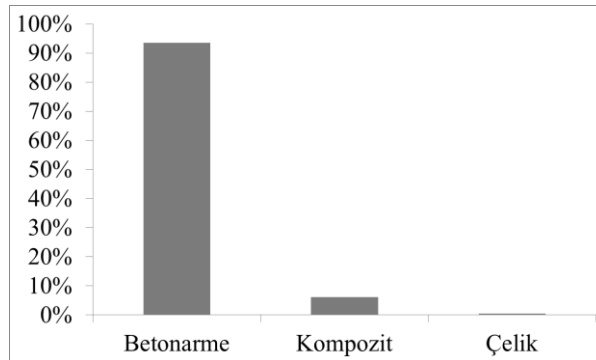
Çizelge 2.1.-devamı. Ülkemizdeki yüksek yapılardan bazılarının yapım yıllarına göre listesi (URL-8)

Bina ismi	Görünüm	Bulunduğu şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Tamamlanma tarihi
Ege Perla A		İzmir	210	46	2016
Varyap Meridian C Blok		İstanbul	180	45	2013
Palladium Tower		İstanbul	180	43	2014
Mertim		Mersin	176,8	52	1987
River Plaza		İstanbul	170	38	2014
Tekstilkent Plaza 1		İstanbul	168	44	2000

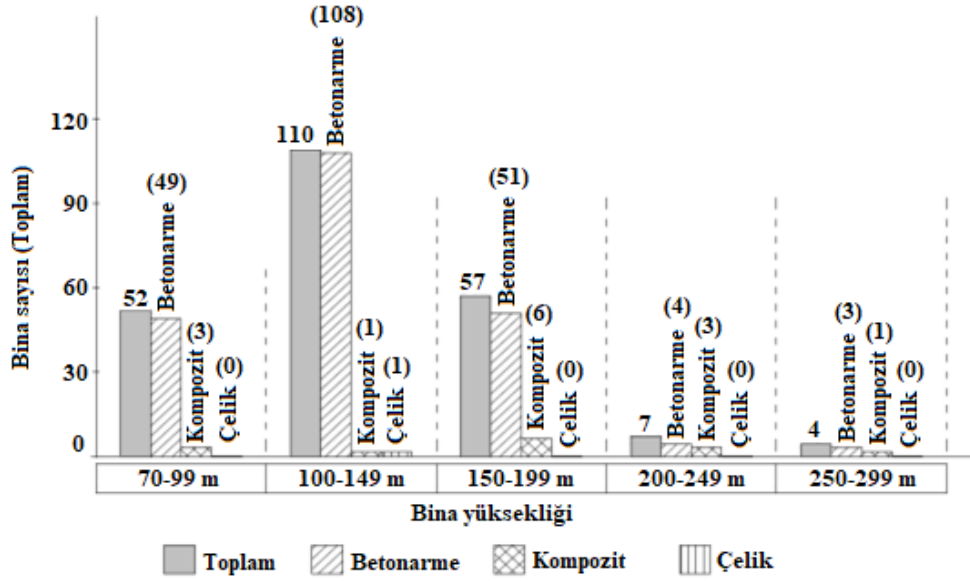
Çizelge 2.1.-devamı. Ülkemizdeki yüksek yapılardan bazılarının yapım yıllarına göre listesi (URL-8)

Soyak Kristal Kule		İstanbul	168	37	2014
Selçuklu Kulesi		Konya	163	42	2006
Levent 199		İstanbul	161	40	2014
Portakal Çiçeği Tower		Ankara	160	32	2010

Özşahin (2022), ülkemizdeki 230 adet yüksek binanın yapı malzemesinin %93.5'inin betonarme, %6.1'inin kompozit ve %0.4'ünün yapısal çelik taşıyıcı sisteme sahip olduğunu belirtmiştir (Şekil 2.8). Şekil 2.9, Türkiye'de yüksek binalarda bina yüksekliğine bağlı olarak kullanılan yapı malzemelerinin değişimi gösterilmektedir (Özşahin, 2022).



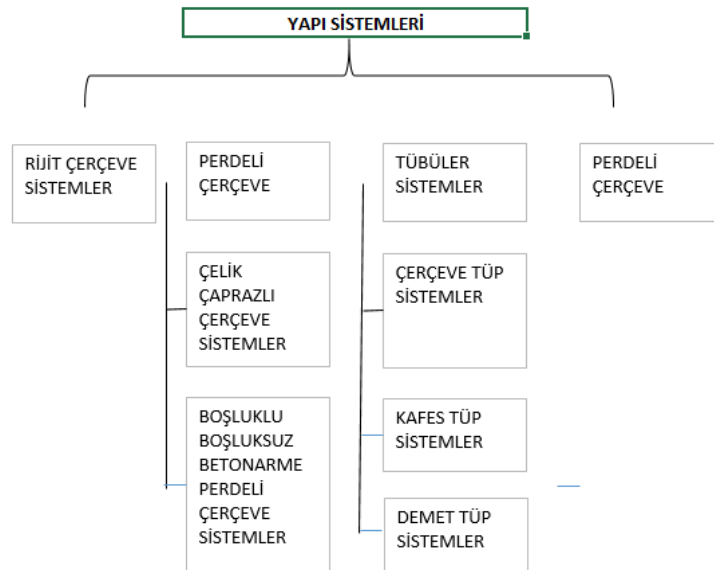
Şekil 2.8. Türkiye'deki 230 adet yüksek bina için yapı malzemesi türü (Özşahin, 2022)



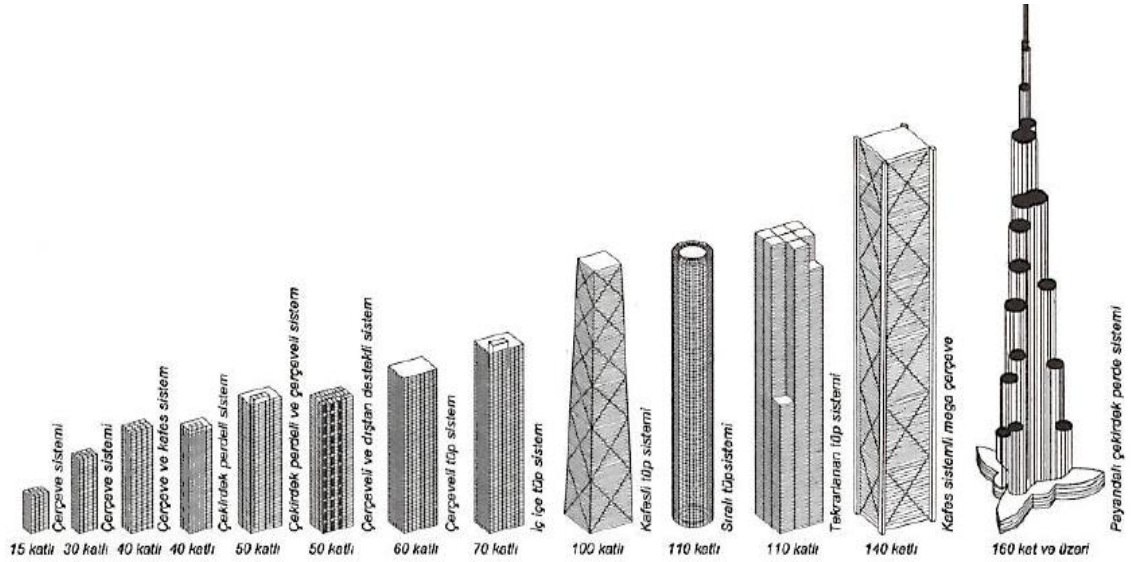
Şekil 2.9. Bina yüksekliği ve bina malzemesi arasındaki ilişki (Özşahin, 2022)

2.2. Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler kullanılan malzeme, yapı yüksekliği, kat adedi ve yapının işlevine göre çeşitlilik göstermektedir. Yüksek binalarda kullanılan başlıca taşıyıcı sistemler; rijit çerçeve sistemler, perdeli çerçeve sistemler, Tübüler sistemler, dış destekli (outrigger) çerçeve sistemler olarak sıralanabilir. Tübüler taşıyıcı sistemler ise kendi içlerinde demet tüp, çerçeve tüp ve kafes (çaprazlı) tüp olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11).



Şekil 2.10. Yüksek yapı sistemleri



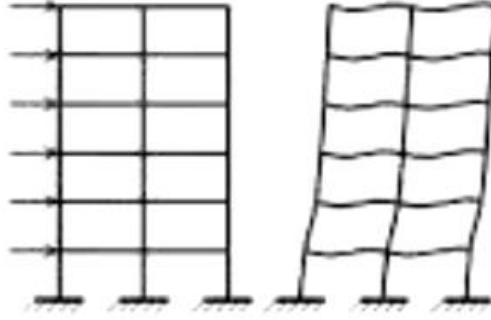
Şekil 2.11. Yüksekliklere göre yapı türleri (URL-9)

2.2.1. Rijit Çerçeve Sistemleri

Rijit çerçeve sistemleri, kolon ve kiriş elemanlarından oluşan çerçeve türü yapılar olarak kullanılmaktadır. Bu taşıyıcı sistemler, düşük katlı yapılarda kullanıldığı gibi belirli bir kata kadar yüksek yapılarda da kullanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak betonarme ve yapısal çelik her iki eleman türünde de kullanılabilir.

Bu tarz sistemlerin enerji sönümleme kapasiteleri ve sünekliği yüksektir. Bu sistemlerde, kolon - kiriş birleşim noktaları enerji sönümleme açısından kritik bölgeler olduğundan, bu bölgeler tasarım ve uygulama açısından özel öneme sahiptir.

Bu sistemler yaygın olarak betonarme ve çelik çerçeve elemanlardan oluşmaktadır. Kiriş ve kolonlardan oluşan bu sistem iki boyutlu düzlemde çerçeve olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.12). Çok sayıda 2 boyutlu çerçevelerin biraraya gelmesinden oluşan sistem uzay sistem olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemin kolon ve kirişlerden oluşması sebebiyle diğer sistemlerden farklı olarak mimari açıdan geniş açıklıklara imkân tanımakta ve kapı, pencere boşlukları için uygun alanlar sunmaktadır. Bu sistemler, genelde 10-15 kata kadar yapılarda ekonomik olabilmektedir.



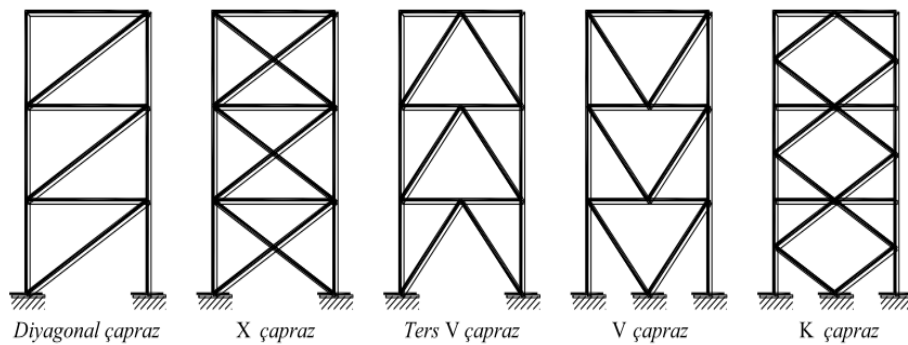
Şekil 2.12.. Rijit çerçeve sistemler (URL-10)

2.2.2. Perdeli Çerçevesel Sistemler

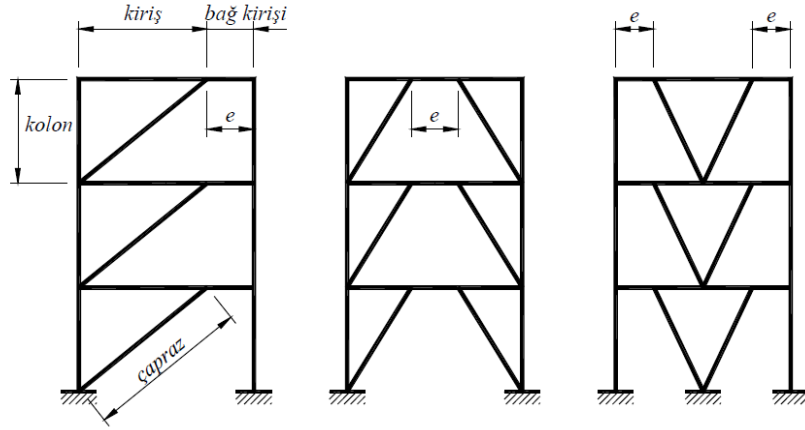
Kat sayısının artmasıyla birlikte çerçevesel yapıların yanal ötelemelerinde artışlar görülmektedir. Bu yanal ötelenme miktarlarının kısıtlanması için yapının rijitliğinin artırılması gerekmektedir. Bu rijitlik artırımı için yapıya betonarme perde eleman ilavesi yapılabileceği gibi çapraz elemanlar da eklenebilmektedir. Bu eklenen yapı elemanları sayesinde kısıtlanan ötelemelerle birlikte kat sayısı artırılır. Bu taşıyıcı sistem türü genelde 30 kata kadar yapılarda ekonomik olabilmektedir.

2.2.3. Çaprazlı Çerçeve Sistemleri

Çaprazlı çerçeve sistemleri, yatay yükleri karşılama bakımından oldukça etkilidir. Bu taşıyıcı sistem ile ekonomik çözümler ortaya çıkabilmektedir. Çelik çaprazlı çerçeve sistemleri, merkezi ve dışmerkez olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Merkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemlerinin tipleri şu şekilde sıralanabilir (Şekil 2.13); diyagonal çapraz, X çapraz, ters V çapraz, V çapraz, K çapraz merkezi çaprazlı çerçeve (TBDY2018). Tipik dışmerkez çaprazlı sistem tipleri ise Şekil 2.14'te görülmektedir.



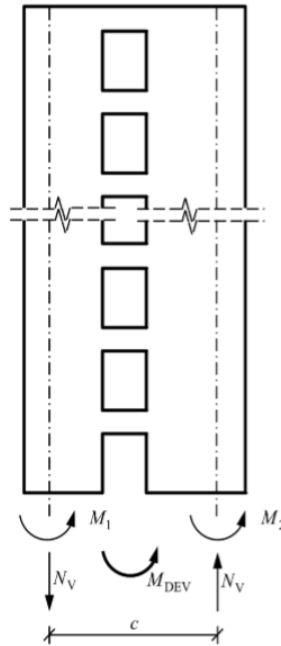
Şekil 2.13. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (TBDY 2018)



Şekil 2.14. Dış merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (TBDY 2018)

2.2.4. Boşluklu/Boşluksuz Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler

Boşluklu ya da boşluksuz perde biçiminde tasarlanabilen bu sistemler, yatay ötelenmeleri sınırlandırma yetileri sayesinde oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Perde yüzeyinde yer alan kapı ve pencere boşlukları nedeniyle iki perde, “bağ kirişi” olarak adlandırılan sünek elemanlarla birbirine bağlanmaktadır (Şekil 2.15). Enerji sönümleme kapasiteleri yönünden boşluklu perdeli sistemler, boşluksuz olanlara göre daha çok tercih edilmektedir. Boşluksuz perdeler, yapısal davranış açısından konsol elemanlara benzer şekilde çalışmaktadır. Boşluklu perdeler ise genellikle asansör ve merdiven gibi yapının sirkülasyon alanlarında yer almaktadır.



Şekil 2.15. Bağ kirişli betonarme perde (TBDY 2018)

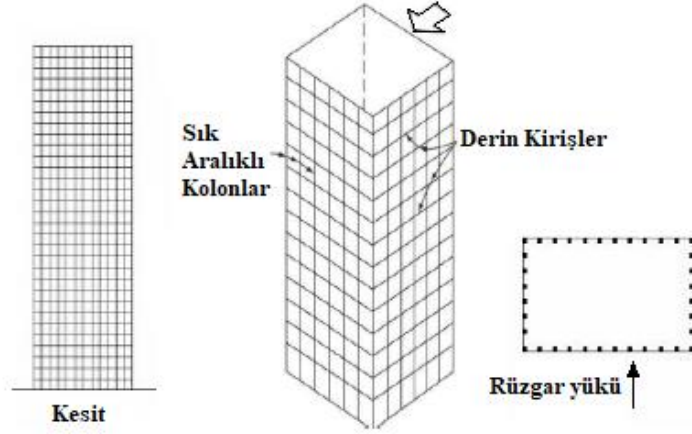
2.2.5. Tübüler Sistemler

Çok katlı perde duvarlı çerçeveli yapılarda, düşük katlarda yatay kuvvetlerin büyük bir kısmı perdeler tarafından karşılanmaktadır. Kat sayısı artıkça üst katlarda perde duvarların yatay yüklerden aldıkları pay giderek azalmakta çerçeveler daha etkili hala gelmektedir. Bunun sonucu olarak 50 kattan sonra gerek yapı rijitliğinin sağlanamaması gerekse yapının ekonomik olarak çok pahalı olmasından dolayı bu sistemlerin kullanımı inşaat teknolojisi açısından zor olmaya başlamaktadır. Bunun sonucu olarak tübüler taşıyıcı sistemler ortaya çıkmıştır. Tübüler taşıyıcı sistem tipi, 1960'lı yılların başında Fazlur Khan tarafından geliştirilmiştir. Tübüler taşıyıcı sistemlerin çalışma mantığında konsol davranış gösteren bir düşey elemanın davranışı örneklendirilebilmektedir. Tübüler sisteme sahip yapılarda, kat adetleri yüz kat ve üzerine ulaşabilmektedir. Bu tip taşıyıcı sistemlerde, çevrede oluşturulan tüp sistem, yatay etkilerin tamamını karşılarken, içte kalan elemanların sadece düşey yükleri taşıdığı varsayılmaktadır. Bu sistemde dikdörtgen, kare, üçgen gibi yapı formları kullanılabilir.

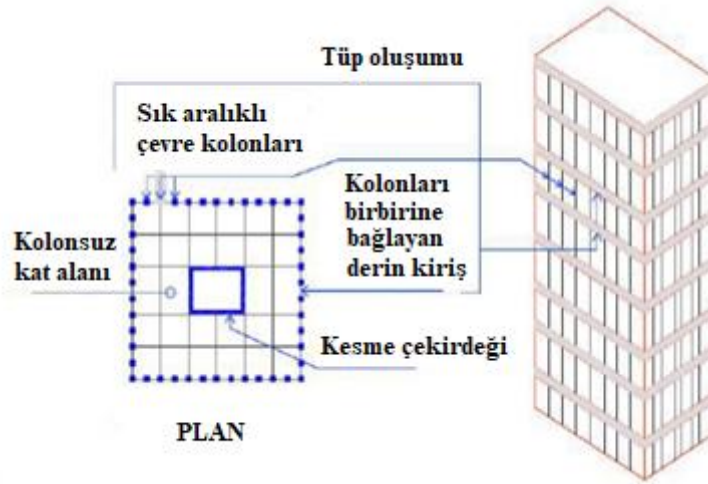
2.2.5.1. Çerçeve Tüp Sistemler

Çerçeve tüp sistemler, geleneksel perdeli çerçeve sistemlerin artan kat yükseklikleri ile yetersiz kalması sebebiyle geliştirilmiştir. Bu sistem, yüksek katlı binalar için rijit çerçeve sistemlerinin geliştirilmiş bir üst versiyonu olarak görülebilir. Bu sistemde sık ve belirli aralıklarla bir araya gelen kolonlar ve bu kolonları kat seviyesinde birbirine bağlayan derin kirişlerden oluşan boşluklu bir tüp oluşturulması düşünülmektedir (Şekil 2.16). Betonarme ve çelik olarak yapılabilen bu sistemde kolon ve kirişlerin eğilme davranışı sonucu köşe kolonları ara kolonlara göre kayma gecikmesi etkisi olarak bilinen etkiden dolayı daha fazla yük almaktadır. Bu sistemde kolon aralıklarının 1-3 metre arası değişen açıklıklarda konumlandırılması ile çerçeve tüp davranışı elde edilmektedir. Benzer şekilde sık kolonları birbirine bağlayan çevre kirişlerinin yükseklikleri ise 0.6-1.2 metre arasında değişmektedir (Şekil 2.17). Şekil 2.18'de çerçeve tüp sistemlerine ait örnek bir kat kesiti görülmektedir. Çerçeve tüp sistem ile inşa edilen yapı örneklerinden World Trade Center Twin Towers binasında kolon mesafeleri arası serbest açıklık 0.66 metreye kadar düşmektedir. Bu ise mimari açıdan iç mekânlardan bakıldığında dış manzarayı kolon sıklığından dolayı panoramik

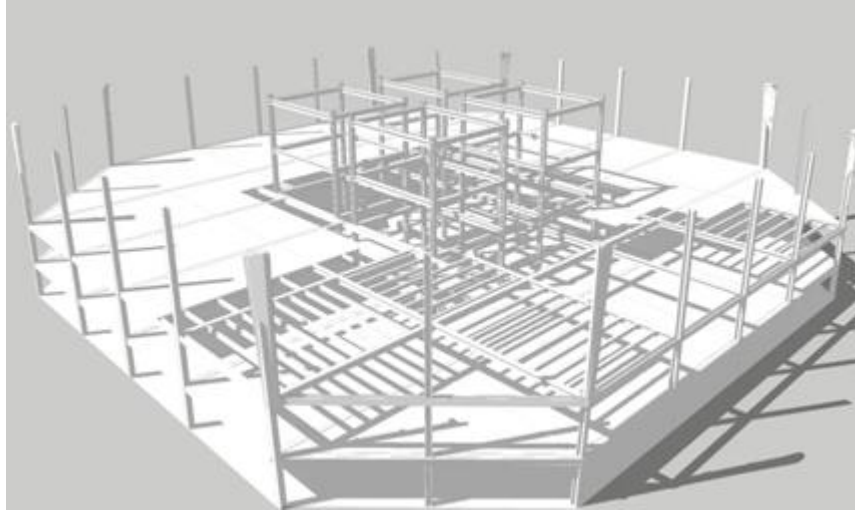
olmaktan uzaklaştırmaktadır. Yine iç mekânlarda kullanıcılar açısından basık ve boğucu bir atmosfer oluşturmaktadır. Benzer şekilde özellikle binanın zemin katlarındaki giriş lobi gibi daha davetkâr olması gereken alanların oluşturulmasında kolon aralıkları ve sıklığından dolayı sıkıntılı bir görüntü ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 2.16. Çerçeve tüp sistemler (URL-11)



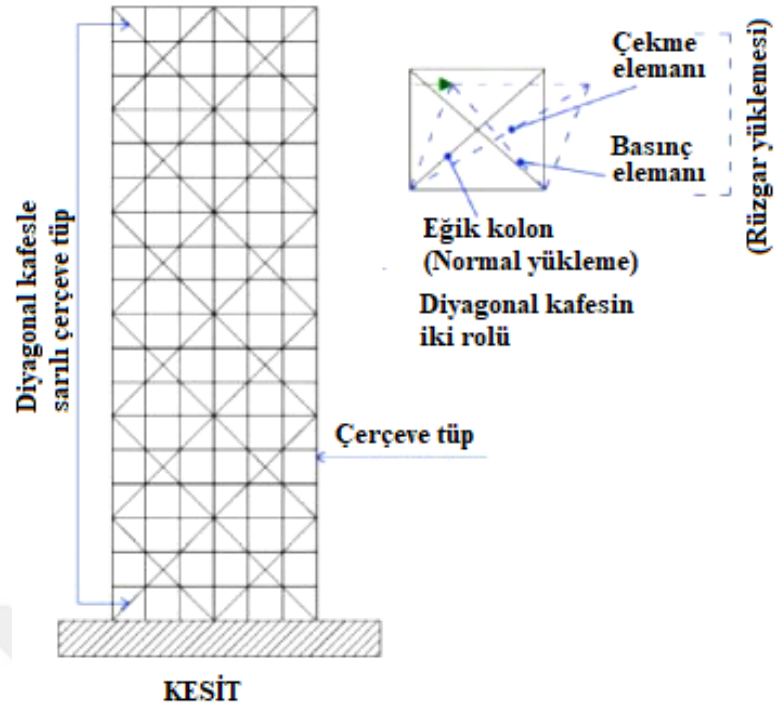
Şekil 2.17. Çerçeve tüp çalışma mekanizması (URL-12)



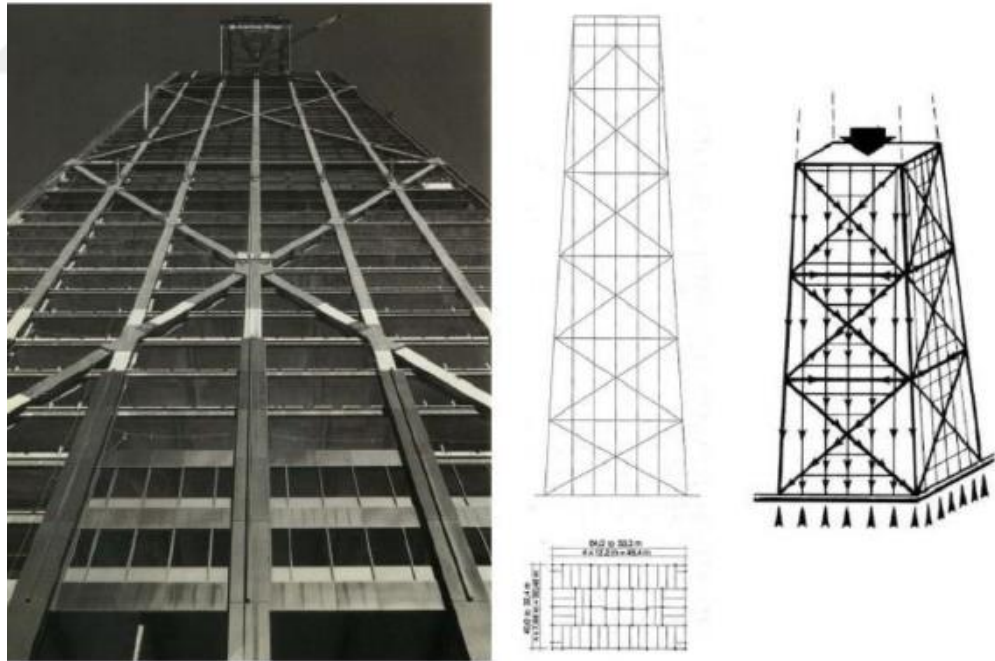
Şekil 2.18. Çerçeve tüp sistemlerine ait kat kesiti (URL-13)

2.2.5.2. Çaprazlı (Kafes) Tüp Sistemler

Artan kat yüksekliklerine karşı geliştirilen tübüler çerçeve sistemler sık aralıklı kolon örgüsü sebebiyle bina cepheleri üzerinde mimari kısıtlar oluşturmaktadır. Bu sebeple tübüler davranışları bozmadan kolon aralıklarını artırmak için bu sisteme çapraz elemanlar ekleme düşüncesiyle çaprazlı kafes tüp sistemler geliştirilmiştir. Böylece yapıların hem rijitliği artırılmış, hem de kolon aralıkları artırılarak mimari kısıtlar giderilmiştir. Bu sistemler yapının dış yüzeyine çok katlı büyük çapraz elemanlar eklenmesi ile oluşturulmaktadır (Şekil 2.19). Çaprazlı kafes tüp sisteminin fikir babası Fazlurrahman Khan bu sistemi ilk kez 1969 yılında çelik taşıyıcı sisteme sahip John Hancock Center binasında uygulamıştır (Şekil 2.20). Bu yapı 304 metre yüksekliğinde ve 100 katlı olarak tasarlanmıştır. Daha sonraki yıllarda çaprazlı kafes tüp yapısı betonarme binalarda da uygulanmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin betonarme yapı olarak ilk örneği 1983 yılında New York'ta inşa edilen 50 katlı 780 Third Avenue binasında görülmektedir. Çaprazlı kafes tüp sistemlerde bulunan çapraz elemanlar yapıda yatay yüklerden meydana gelen kesme kuvvetlerini karşılamakta, kolon ve çevre kirişlerindeki eğilme etkisine çözüm üretmektedir.



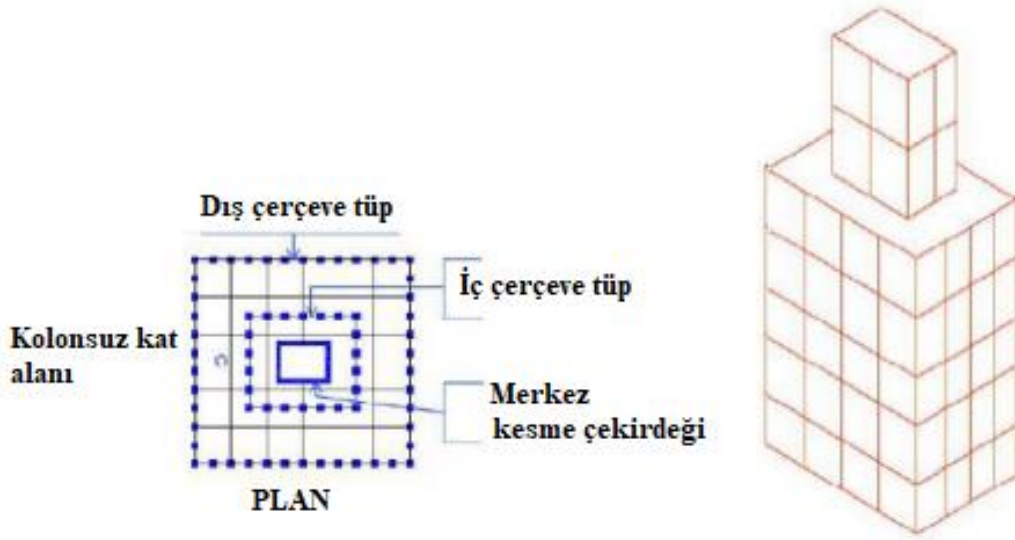
Şekil 2.19. Kafes t p çalışma mekanizması (URL-14)



Şekil 2.20. John Hancock Center (1969) - aprazlı kafes T p Sistem  rne i (URL-15)

2.2.5.3. Demet Tüp Sistemler

Artan bina yükseklikleri sonucunda yapıda yükseklik / en oranları artmaktadır. Bu artış ile beraber yapıda narinlik, esneklik, rijitlik sorunları ortaya çıkmaya başlamakta, bu durum ise yapıda büyük yanal ötelemelere sebep olmaktadır. Bu yükseklik / en oranını düşürmek için taban alanlarının artırılması ile yapı taşıyıcı sisteminde iki veya daha fazla modüler tüpten meydana gelen demet - tüp sistemi geliştirilmiştir (Şekil 2.21). Chicago'da bulunan çelik taşıyıcı sisteme sahip 108 katlı Sears Tower (1974) demet - tüp sisteminin kullanıldığı ünlü binalardandır. Bu sistemle yüksekliğin birden kesilmeyerek tedrici bir şekilde azaltılarak daha yüksek katlara çıkılmasına imkan tanınmış ve böylece narinliğin kontrol altına alınabilmesine olanak sağlanmıştır. Bu sistemin çerçeve tüp sistemine göre bir diğer avantajı daha geniş kolon aralıkları ve yükseklikleri sunmasıdır. Örneğin, çerçeve tüp sistemlerinde maksimum 3 metre olan kolon aksları arasındaki açıklık, Sears Tower'da (1974) 4.60 m mertebelerindedir.

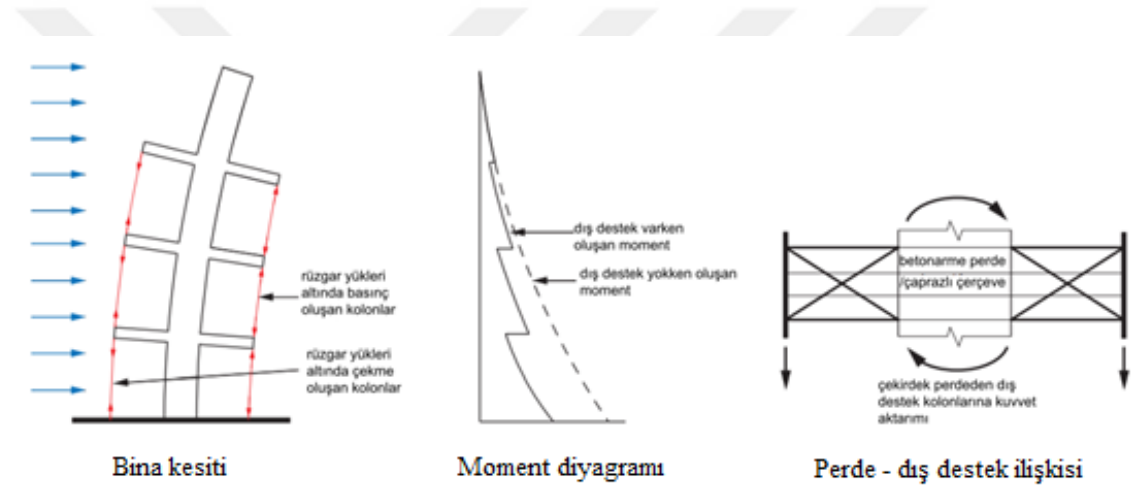


Şekil 2.21. Demet tüp sistemleri çalışma mekanizması (URL-16)

2.2.6. Dış Destekli Sistemler (Outrigger Çerçeve Sistemleri)

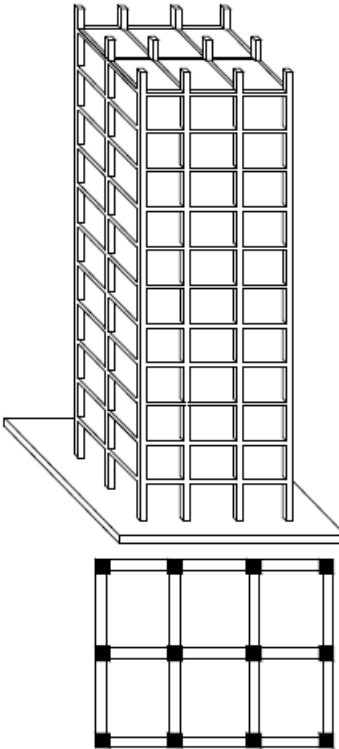
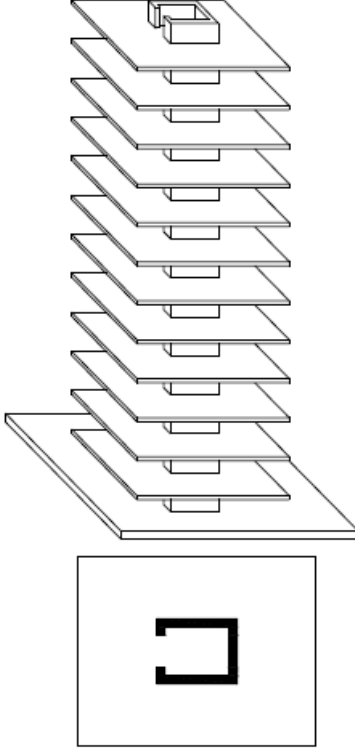
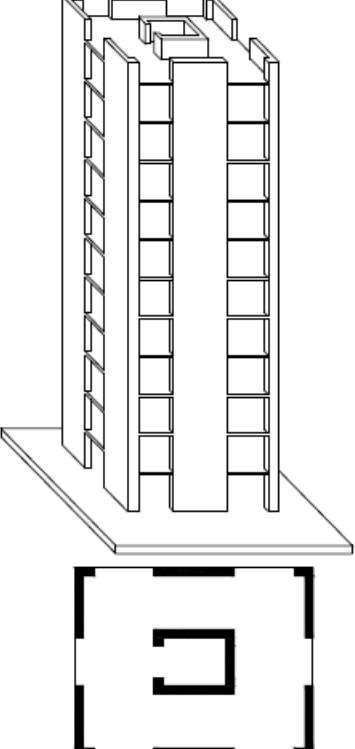
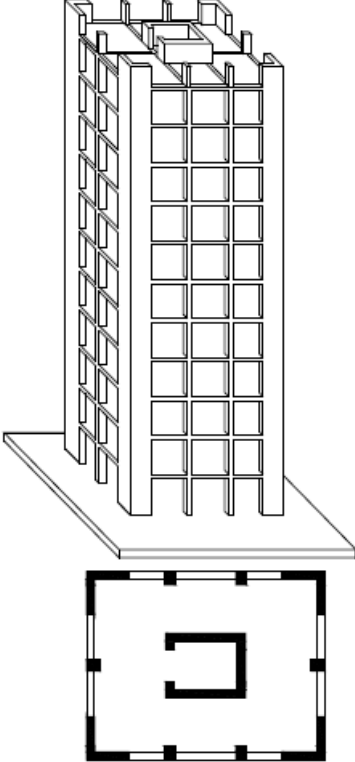
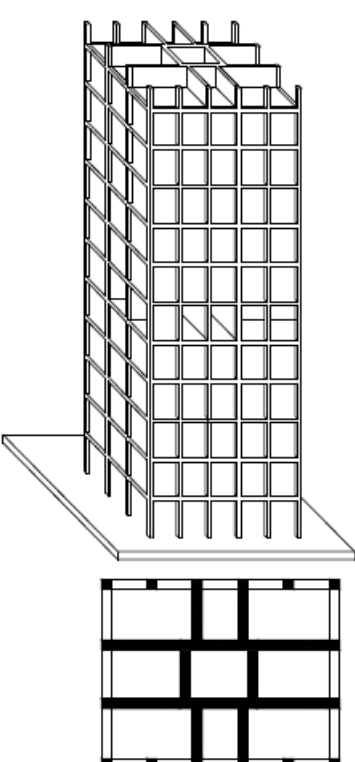
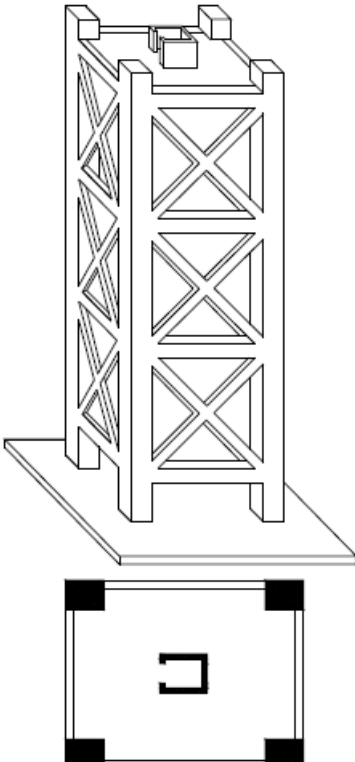
Dış destekli çerçeve sistemleri, yatay perde destekli sistemler olarak ta bilinmektedir. Yatay perde destekli sistemler, bina yüksekliği boyunca belirli bazı katlara yerleştirilen ve dış kolonlarla çekirdeği birbirine bağlayan en az bir kat derinliğinde yatay çapraz veya perde duvarların eklenmesiyle geliştirilmiştir. İngilizce outrigger olarak adlandırılan bu sistem perdenin çevre kolonlarına dirsek şeklinde

uzanan yatay bir destek gibi çalışmasından dolayı yatay destekli dirsek sistem olarak isimlendirilmektedir. Çekirdeğe ve rijit dış kolonlara mafsallı olarak bağlanan bu yapı elemanları dış kolonlarda yanal kuvvetlerden kaynaklı oluşan çekme ve basınç kuvvetleri sayesinde çevre kolonlarından destek almasını sağlamaktadır (Şekil 2.22). Böylece çekirdek perdesinin yanal rijitliği artırılarak eğilme ötelenmesi önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır. Yapı yüksekliği boyunca belirli katlarda bulunan bu yapı elemanları genellikle mimari açıdan sıkıntı çıkarmaması için tesisat katlarına yerleştirilmektedir. Yine bu katlarda çevre kolonları da perde derinliği boyunca kuşaklarla birbirine bağlanmış olmaktadır. Bu şekilde yapının bir tüp sistem gibi davranmamasına olanak sağlanmış olur. Uzak doğuda yapılan yüksek katlı yapılarda genellikle bu sistemin tercih edildiği görülmektedir.

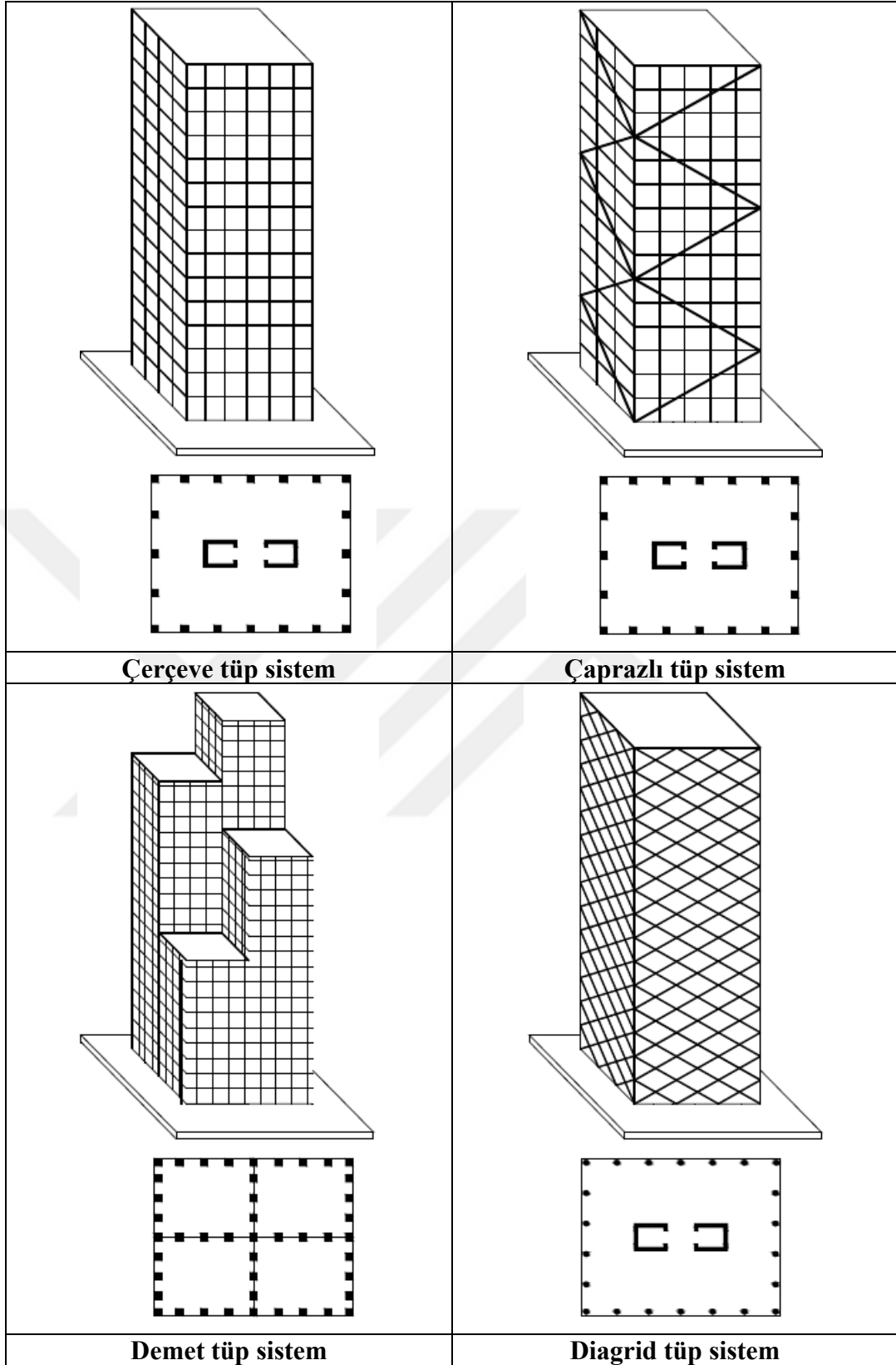


Şekil 2.22. Dış destek sistemin çalışma mekanizması (URL-17)

Şekil 2.23'te yüksek binalarda kullanılan çerçeveli ve perdeli taşıyıcı sistemler, Şekil 2.24'te ise tübüler taşıyıcı sistem türlerinin üç boyutlu görünümü ve planı karşılaştırmalı olarak görülmektedir (Özşahin, 2022).

		
Çerçeve sistem	Çekirdek sistem	Perde duvar sistemi
		
Perdeli – çerçevesel sistem	Dış destekli çerçeve sistemi	Mega kolon-çerçeve sistemi

Şekil 2.23. Yüksek binalarda kullanılan çerçevesel ve perdeli taşıyıcı sistem türleri
(Özşahin, 2022)



Şekil 2.24. Yüksek binalarda kullanılan tübüler taşıyıcı sistem türleri (Özşahin, 2022)

2.3. Yüksek Yapılarda Rüzgar Yükleri

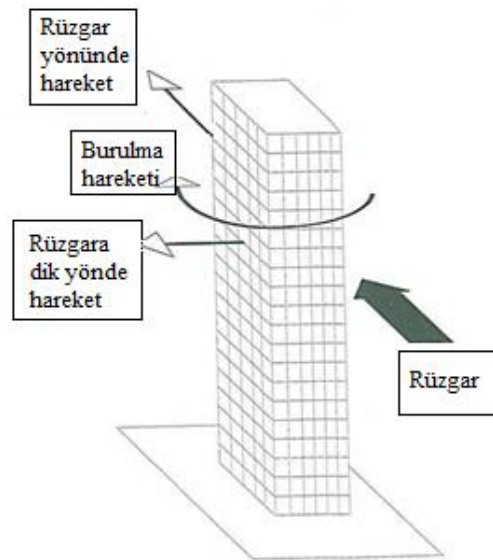
Yüksek yapılarla ilgili literatür incelendiğinde ilk gökdelenlerin taşıyıcı sistemindeki düşey kuvvetler yatay kuvvetlere kıyasla daha kritik olduğu için rüzgar yükleri önemsenmemiştir. Zaman içinde taşıyıcı sistemlerdeki gelişmeler sonucunda, taşıyıcı sistemlerin dayanım / ağırlık oranının artması ile yapı ağırlığı azalarak rüzgar yükleri önem kazanmaya başlamıştır. Dolayısıyla günümüzde yapılan yüksek binaların daha önceki yapılara oranla daha hafif, narin ve esnek olmalarından dolayı rüzgar yükü altında salınımları yüksek bina tasarımcılarının karşılaştığı en önemli sorunlardan biri olmuş ve bu durumun tasarıma yön veren asıl parametrelerden biri haline dönüştüğü anlaşılmıştır.

Rüzgar yükü ile ilgili yönetmelikler incelendiğinde, binaya etkileyen rüzgar yüklerinin ve binanın buna tepkisinin; rüzgarın karakterine, bina boyutları ve geometrisine, bina kütle dağılımı ve geometrisine, bina kütle dağılımı ve rijitliğine, taşıyıcı sistemin sönümleme kapasitesi ve binanın topoğrafyadaki yeri gibi birçok değişkene bağlı olduğu görülmektedir (ASCE 7 ve Eurocode (EN-1991-1-4)).

Yüksek binaların kabul edilebilir salınım limitlerinin belirlenmesi, üzerinde inceleme yapılan diğer bir konudur. Rüzgar hızı basıncı, yüksekliğe bağlı olarak arttığı için binaya etkileyen rüzgar yükleri binanın yüksekliği arttıkça önem kazanmaktadır.

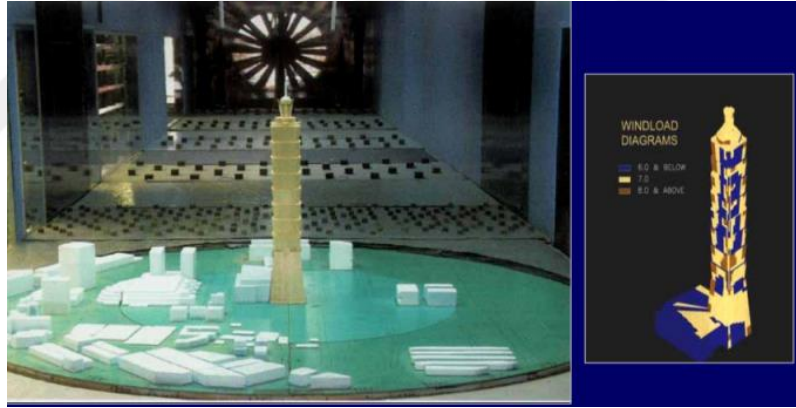
Rüzgar kaynaklı bina hareketleri şunlardır (Şekil 2.25):

- Rüzgar yönünde hareket
- Rüzgara dik yönde hareket
- Burulma hareketi.

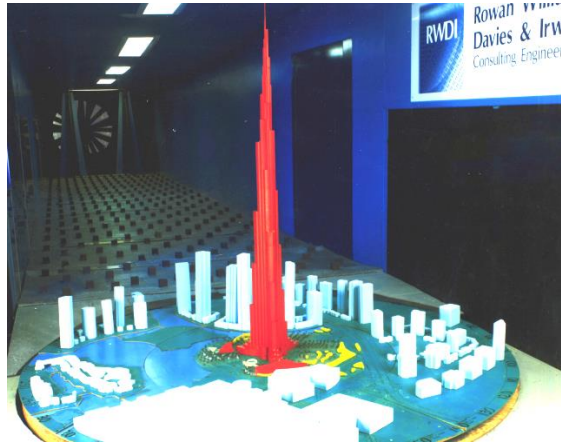


Şekil 2.25. Rüzgar kaynaklı bina hareketleri (URL-18)

Çoğu yüksek binanın rüzgara dik yönde hareketi ve burulma hareketi rüzgar yönüne olan hareketlerinden daha kritik olmaktadır. Fakat rüzgara dik yönde ve burulma hareketlerinin karmaşıklığından dolayı mevcut bir çok yönetmelik binanın sadece rüzgar yönündeki tepkisini ele alan yaklaşımları içermektedir. Bu amaçla binada meydana gelen tepkilerin, gerçeğe en yakın şekilde belirlenmesi amacıyla rüzgar tüneli testleri önerilmektedir. Rüzgar tüneli testinde, bina ve rüzgar belirli bir ölçeğe göre modellenip modelin üzerine çeşitli hız ve modlarda hava akımı gönderilmektedir. Taşıyıcı sistem tasarımında rüzgar tüneli testinden elde edilen sonuçlara göre rüzgar yükü belirlenmiş olmaktadır. Taipei 101 ve Burj Khalifa'nın rüzgar tüneli testleri sırasıyla Şekil 2.26 ve Şekil 2.27'de görülmektedir. İnşaata başlamadan önce rüzgar testleri bu açıdan çok önemlidir. Dünyada inşa edilen çoğu yüksek binada bu tür testlerin yapılması gerekmektedir. Şekil 2.26 ve Şekil 2.27'den de görülebileceği üzere gökdelenler gibi önemli yapılar, rüzgar analizinde çevre yapılarla birlikte ele alınmaktadır. Şekil 2.27'deki bina modelinin 1/500 ölçekli versiyonu kendi eksenini etrafında döndürülerek türbinden gelen rüzgar etkisine maruz bırakılmıştır.

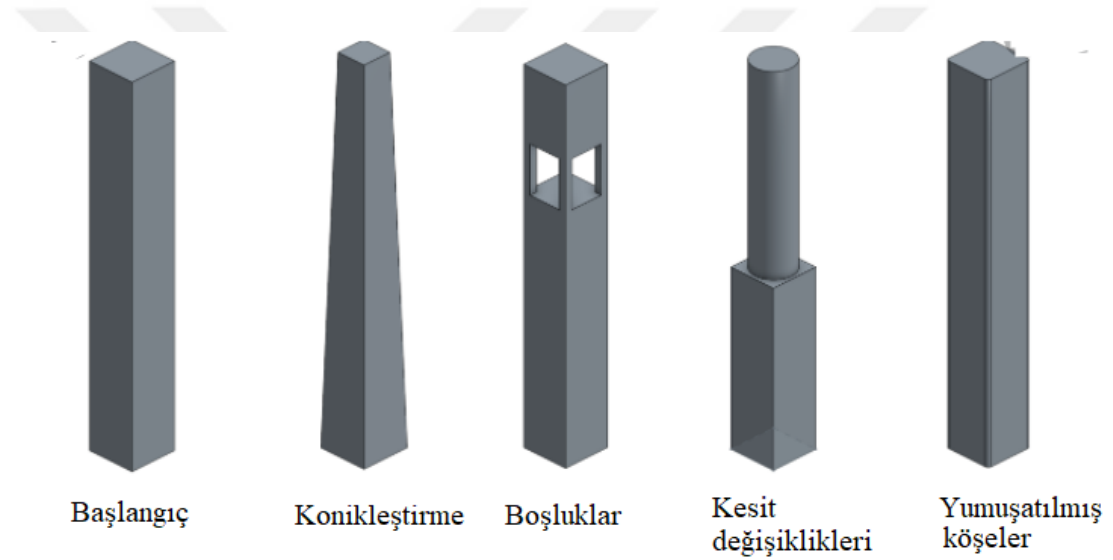


Şekil 2.26. Taipei 101 rüzgar tüneli testi (URL-19)



Şekil 2.27. Burj Dubai rüzgar tüneli testi (URL-20)

Rüzgar tüneli testinden elde edilen cephe yükleri bina genelinde çoğunlukla yönetmelik değerlerinden daha küçüktür. Dolayısıyla rüzgar tüneli testinden elde edilen cephe yükleriyle önemli ölçüde ekonomi sağlanabilmektedir. Özellikle süper yüksek bina ve mega yüksek binaların tasarımında fikir projesi aşamasından itibaren rüzgar mühendisleriyle birlikte çalışılması gerekmektedir. Bina mimarisinde yapılacak köşelerin yuvarlatılması, bina cephesinin burgulu hale getirilmesi, binanın üst katlara doğru sivrileştirilmesi, bazı kat planlarında değişiklik yapılması, girdap etkilerinin belli ölçüde saçılmasını sağlayacak küçük kanat eklenmesi ve binada boşluk oluşturulması gibi, değişikliklerle rüzgarın dinamik etkileri önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Günel ve Ilgın, 2010). Chicago Spire, Shanghai Tower, Taipei 101, Shanghai World Financial Center, rüzgar yüküne göre şekil verilen yüksek bina örneklerindendir (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Rüzgarın dinamik etkileri azaltmak için kullanılan geometrik formlar (Günel ve Ilgın, 2019)

Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (2018) Yönetmeliği'ne göre, yapı sistemlerinin tasarımında esas alınacak rüzgar yükleri için TS EN 1991-1-4 yönetmeliğinde verilen şartlar dikkate alınacaktır (ÇYTHYE 2018). TS-EN-1991-1-4 yönetmeliği, maksimum yüksekliği 203 metre olan binaları yönetmelik kapsamı dışında tutmakta ve bu binalar için rüzgâr tüneli testi yapılmasını önermektedir. Ancak rüzgâr tüneli testinin mümkün olmadığı durumlar için çeşitli simülasyon programları bulunmaktadır.

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Godfrey (1985), çalışmasında yüksek yapıların 1700'lerin sonunda başlayıp Amerika ve Avrupa kıtasındaki tarihsel süreç içerisindeki gelişiminden bahsetmektedir. İlk kısımlarında konuyu daha çok mimari sanat akımları üzerinden ele almaktadır. Sonraki bölümlerinde çeliğin avantaj ve dezavantajlarından bahseden yazar en son kısımda daha çok katlı çelik yapılardaki elemanların yük aktarım ve hesap analiz kısımlarından bahsetmektedir.

Bennett (1995), çalışmasında çok yüksek binaların işleyişi, tarihi ve inşaatı hakkında bilgiler sunmaktadır. Gökdelenler ve form ve fonksiyon ilişkisine dair incelemeler yapılmakta ve konuyla ilgili bilgiler verilmektedir.

Taranath (1998), bina tasarımında tipik olarak kullanılan yükleri ve yük kombinasyonlarını açıklamakta, ASCE 7-10 hükümlerini kullanarak tasarım rüzgar yüklerini belirleme yöntemlerini araştırmakta ve rüzgar tüneli prosedürlerini incelemektedir. Kavramsal sismik tasarımı, sismik uyarımın etkilerinin yarattığı sorunların önlenmesi veya en aza indirilmesi olarak tanımlamaktadır. Performansa dayalı tasarım kavramını tanıtılmakta ve ayrıca servis kolaylığı, yüksek bina hareketlerinin tahmini, sönümlleme cihazları, sismik izolasyon, patlamaya dayanıklı tasarım ve aşamalı göçme konularını da ele almaktadır. Son bölümlerinde çelik, beton ve kompozit binalar için yerçekimi ve yanal sistemleri açıklamaktadır.

Zaknic ve ark. (1998), dünyada gökdelenlerin tanımlanması ve ölçülmesinden sorumlu kuruluş olan Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH) tarafından yayınlanan bu eserde, dünyanın öngörülen en yüksek 100 binası, son derece bilgilendirici ve görsel olarak etkileyici bir şekilde incelenmektedir. Önemli mimarlık ve mühendislik firmaları tarafından sağlanan yüksek çözünürlüklü görüntüler, ayrıntılı bina çizimleri ve profesyonel renderlardan oluşan bir koleksiyon içeren bu çalışmada dünyanın birçok yerine ait gökdelen türleri incelenmektedir. CTBUH, yüksek binaların ve geleceğin şehirlerinin başlangıcı, tasarımı, inşaatı ve işletilmesi konusunda dünyanın önde gelen bilgi kaynağıdır. CTBUH ayrıca yüksek bina yüksekliğini ölçmek için uluslararası standartlar geliştirmiş ve “Dünyanın En Yüksek Binası” gibi unvanların verilmesinde hakem olarak kabul edilmektedir.

Iyengar (2000) çalışmasında, Jonh Hancock binasının kavramsal tasarımından final tasarımına dek olan süreçten bahsetmektedir. Tasarım sürecinde dikkate alınan projenin benzersiz özellikleri üzerinde durulmaktadır. Tübüler sistemlerin yapısal

sistemde ilk kez kullanılan çapraz boruların tasarım felsefesi ele alınıp son 30 yıllık tarihsel süreci hakkında incelemeler yapılmıştır.

Harris (2001), alışmasında Dünya Ticaret Merkezi'nin ikiz kulelerine kadar uzanan gökdelenlerin tarihini ve gelişim süreçlerini ele almaktadır.

Bal (2003), çalışmasında yüksek yapıların ısıtma soğutma düşey sirkülasyon cephe czmleri ve yapım yöntemlerine dair sınıflandırma konuları hakkında inceleme yapmıştır.

elik (2003), alışması kapsamında, yüksek yapıların gelişimi hakkında inceleme yapılmıştır. Yüksek yapılarda kullanılan elik melzeme ve elik taşıyıcı sistemler hakkında bilgi verilmiştir. Konunun devamında elik yapı sistemlerinin rijitlikleri ile ilgili kıyas yapılmıştır.

Colaco (2005), çalışmasında tübüler sistemlere ait örnekler üzerinde incelemelerde bulunmakta, yüksek katlı apartmanlara uygulanması sırasındaki avantaj ve dezavantajlarını irdedelemektedir.

Taranath (2005), uygulamacı mühendisler için bir kaynak olarak geliştirilen ve rüzgâr ve depreme dayanıklı binalar, elik, beton ve kompozit yüksek bina yapılarının davranışına ilişkin temel bir anlayışla, bir binanın tipik tasarım sürecini açıklamaktadır. Bu alışma, elik, beton ve kompozit binaların, rüzgâr ve sismik tasarım ve detaylandırma gerekliliklerini kapsamaktadır. Çalışmada, bina yönetmeliklerinin temel tasarım hükümlerinin tarihçesini, varlık nedenini ve amacını ele almak gibi konuyla alakalı en detaylı kaynak olarak kabul edilebilir.

Mir ve Moon (2007), çalışmalarında yüksek binaların evrimini gözden geçirmektedir. Yapısal sistemler ve yüksek bina gelişmelerinin ardındaki teknolojik itici güç irdelenmiş ve birincil yapısal sistemler için yeni bir sınıflandırma metodolojisi geliştirilmiştir. Yüksek binalara yönelik oğ temsili yapısal sistem tartışılırken, payanda sistemleri ve diagrid yapılar gibi güncel trendlere değinilmektedir. Yardımcı sönümlleme bina hareketini kontrol eden sistemler de tartışılmaktadır. Ayrıca, ağdaş "kullanıma hazır" mimari tasarım trendleri, örneğın yüksek binaların yapısal performansını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen aerodinamik ve bükümlü formlar incelenmektedir.

Bozdağ (2010), alışma kapsamında, yapıların deprem altındaki performanslarını belirlemek için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu geliştirilen yöntemle yapılarda deprem performansının belirlenmesinde kullanılacak plastik enerji kapasitesi

eğrisinin oluşturulması hedeflenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarla bulunan sonuçlar klasik artımsal itme analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tansel (2010), çalışmasında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)'ye göre çeşitli çelik örnek yapılar üzerinde SAP2000 programında yapılan analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmada moment aktaran çerçeve, dış merkez çerçeve, merkezi çaprazlı çevçeve 3 adet binanın sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Mufti ve Bakht (2011), çalışmalarında yeni yapısal sistemlerden sorumlu büyük yapı mühendislerinden biri Dr. Fazlur Rahman Khan'ın yaşamını ve eserlerini konu almıştır. Bu makale Dr. Khan'ın biyografik bir özetini sunmakla birlikte yüksek binalarla ilgili bazı yeniliklerini tartışmaktadır. Onun katkılarının günümüz modern kentleri için yeni bir dikey ölçeğe yol açtığı gösterilmekte ve yenilikçi yanı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır. Çalışmanın devamında John Hancock binasına ait tasarım süreçlerine ait bilgiler verilmektedir.

Yıldırım (2013), çalışması kapsamında İstanbul'da bulunan yüksek katlı bir yapının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)'ye göre ve Amerikan çelik şartnamesine göre doğrusal analizi yapılmıştır. Devamında yine İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (İYBDY)'ne göre farklı deprem düzeyleri altında oluşan hasar durumlarının tespiti ve oluşan bu hasarların belirlenen limitler altında kalıp kalmadığına dair incelemelerde bulunulmuştur.

Tuğrul (2014)'un çalışması kapsamında, yüksek yapıların tarihsel süreç içerisindeki gelişimi ve yüksek yapılarda kullanılan sükrüktürel sistemlerle ilgili bilgi verilmiştir. Sükrüktürel olarak yapılar sınıflandırılmıştır. Devamında hangi türde yapılar hangi türde sükrüktürel sistemlerle karşılanabilirin cevabı aranmıştır.

Yaba (2016)'nın çalışması kapsamında; 30 katlı çelik bir binanın DBYBHY-2007'ye göre statik itme analizleri ve doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analizlerle çelik bir binanın deprem davranışının belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve bu analiz metodlarının doğruluğu tartışılmıştır.

Dedeoğlu (2017)'nin, çalışması kapsamında 45 katlı betonarma simetrik bir outrigger sistemi kullanılan yüksek katlı bir binanın statik yatay yükler altında lineer davranışı ve bu sistemin yapıya katkısı üzerinde bir araştırma yapılmıştır.

Sağlam (2017), bu çalışma kapsamında yüksek katlı binaların deprem izolatörü altındaki davranışları incelenmiştir. Yüksek katlı bir binanın normal ankastre mesnetli ve farklı boyutlardaki izolatörler altındaki davranışı incelenmiş ve birbirlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

Hothot (2018) çalışmasında, 204 metre yüksekliğinde 50 katlı bir yapının Taslak 2016 TB DY'ne göre analizi yapılmıştır. Binada betonarme kolon ve kiriş perde DD-2 deprem düzeyine göre ön tasarımı yapıldıktan sonra DD-1 deprem düzeyine göre doğrusal olmayan analizi yapılmış ve sonuçları irdelenmiştir.

Şimşek (2018)'in, çalışmasında TB DY 2018'e göre kompozit kolonlu çelik kirişlerden oluşan moment aktaran yüksek sünek bir yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve sonuçları irdelenmiştir.

Tülen (2018)'in, çalışması kapsamında 42 katlı ve 174 m yüksekliğinde bir betonarme binanın TB DY 2017'ye göre D2 deprem düzeyi için doğrusal analiz tasarımı yapılmıştır. Sonrasında D1 deprem düzeyi için oluşturulan spektruma göre ölçeklendirilmiş deprem kayıtları altında yeniden doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bulunan bu sonuçlar altında TB DY 2017'ye göre sınır değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

Aktaş (2019), bu çalışma kapsamında 2018 yılında yürürlüğe giren TB DY (2018)'de belirtilen yüksek yapıların tasarım aşamaları ve tasarım felsefesi hakkında bilgi vermektedir. Bu kapsamda Tasarım 1 aşaması ile doğrusal tasarım felsefesi, tasarım aşaması 3 ile de doğrusal olmayan tasarım felsefesi ile ilgili sayısal örnekler üzerinden analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Altuğ (2019)'un çalışmasında, yüksek yapıların strüktürel açıdan, sütrüktürel olarak yapıldıkları malzemeye göre ve strüktür tipine göre incelemeler yapılmıştır. Tarihsel süreç içerisinde dünyadaki yapı tasarımındaki kullanılan yapım yöntemleri ve malzeme sınıflarının gelişim süreci ortaya konulmaya çalışılmıştır. Türkiye'de yüksek yapı tasarımının başlangıcı ve gelişimi üzerine analizler yapılarak dünyadaki gelişim sürecinde geleceğe yönelik eğilimler karşısında öngörülerde bulunulmuştur.

Aslan (2019)'in, çalışması kapsamında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TB DY) uygun olarak seçilen 60 katlı çelik narin bir yüksek yapının çeşitli kombinasyonlardaki hali için deprem performans değerlendirmesi yapılmıştır. Önce normal olarak analiz edilen yapı sonrasında merkezi çapraz sistem ve burkulması önlenmiş çelik çapraz kullanılarak dış destek sistem oluşturulmuştur. Dış destek

sistemlere sahip yüksek yapı deprem performans sonuçları dış destek sistem kullanılmayan yapı ile kıyaslanmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Cindioğlu (2019), çalışması kapsamında yüksek yapıların ülkemizde ve dünyada yapılan örnekleri üzerinde sütrüktürel açıdan incelemesi yapılmıştır.

Fidan (2019), çalışmasında yüksek yapıların gelişim süreçleri üzerine incelemeler yapmıştır. Bu gelişim süreçlerini daha çok yüksek yapıların taşıyıcı ve cephe sistemleri bağlamında ele alıp İzmir’de bulunan yapılar için cephe ve strüktür ilişkisini ortaya koymaya çalışmıştır.

Kulak (2019), çalışma kapsamında farklı kat yüksekliklerinde, farklı spektrumlarda, farklı zemin sınıfları altında yapıların deprem davranışını incelemiştir. Böylece seçilen 3 farklı spektrum tipine (Elastik Spektrum, TBDY 2018'a göre Azaltılmış Spektrum ve ASCE'ye göre Azaltılmış Spektrum) göre zaman tanım alanında doğrusal hesap yöntemiyle analiz yapılmıştır. Devamında yapı genel davranışlarına ait sonuçlar irdelenmiştir. 3 farklı kat yüksekliğine sahip yapıların 4 farklı zemin sınıfı (ZA-ZB-ZC-ZD), 3 farklı spektrum tipi, 7 farklı deprem yer ivme kayıtları altında deprem davranışları incelenmiştir.

Kürkçü (2019), çalışmasında TBDY 2018'de belirtilen Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ve TS500'de belirtilen kriterler ışığında sütrüktürel sistem olarak perde ve çerçevelerden oluşan 20 katlı betonarme bir yapının yönetmelik kapsamında doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerini gerçekleştirmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile yapının davranışı incelenerek deprem performansı belirlenmiştir.

Kapıdaş (2019), çalışmasında, dünyada ve Türkiye’de yaygınlaşan betonarme yüksek binaların (BYB) incelenmesini amaçlamaktadır. Yüksek yapıların tarihsel gelişimi, taşıyıcı sistem tasarımı, etkiyen yükler ve deprem yönetmelikleri ele alınmıştır. Mevcut yönetmeliklerin eksiklikleri vurgulanarak, yüksek binaların performans analizinin önemi açıklanmış ve Türkiye’deki eski ve yeni yönetmelikler arasındaki farklar incelenmiştir. Çalışmada, yönetmeliklere uygun analiz adımları da gösterilmiştir.

Mehdi (2019), çalışmasında İstanbul-Gölcük depremini temsil edecek şekilde 7.4 büyüklüğünde sismik etki düşünülerek 30 ve 50 katlı yüksek çelik yapıların doğrusal dinamik analizi yapılmıştır. Çalışmanın amacı depremlerin sebep olduğu yanal yüklere dayanıklı en etkili çelik yapı tasarımını seçmektir. Gözönüne alınan yapılar SAP2000 programı yardımı ile modellenmiş ve çapraz sistemleri ile güçlendirilmiştir.

Taşkın (2019), çalışmasında, burgulu yüksek binaların mevcut örneklerini mimari ve yapısal açıdan incelemiştir.

Yaşarer (2019)'in çalışmasında, yüksek binaların tarihsel süreç içerisindeki gelişimi ele alınmış bu hususta, ülkemizde 2018 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği TBDY 2018'e göre yüksek bir binanın tasarım aşamaları açıklanmaya çalışılmıştır. Diyarbakır Kayapınar'da 53 katlı ilk üç katı podyum olarak düşünülen bir yapı üzerinde dört adet deprem düzeyine bağlı olarak doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılarak sonuçları yönetmelikteki sınır değerlerle kıyas edilmiştir.

Erdoğan (2020), çalışmasında, önce ekonomik nedenlerle ortaya çıkan çok katlı yapıları incelemekte daha sonra çok katlı yapı boyutlandırma esaslarını açıklayarak yapının uygun veya uygun olmadığı hakkında bilgi vermektedir.

Gupta ve ark. (2020), yüksek katlı dış destekli outrigger binalarda yatay kuvvetlere karşı dayanıklı sistemlerin performansını incelemiştir. Çekirdek ve dış destekli outrigger sistemlerinin, binada yatay kuvvetlere karşı direnç sağladığı ve dış destekli sistemin konumunun, binanın performansını etkileyebileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, 20, 25 ve 30 katlı binalar, pushover analizi ile iki farklı yük paterni kullanılarak incelenmiş ve binaların rijitlik durumları ile dış desteğin konumunun binanın performansı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Toplamda 285 bina modeli test edilmiştir. İncelenen parametreler, dış destekli outrigger'ın pozisyonu, rijitlik ve kat sayısıdır.

Kürçe (2020), çalışmasında iki doğrultuda farklı çerçeve tipi seçilmiş bir süreklilik düzeyi yüksek endüstri yapısını incelemiştir. Bir doğrultusu moment aktaran çerçeve, diğer doğrultusu ise merkezi çelik çaprazlı çerçeve olarak tasarlanan bu yapının TBDY (2018) ve ÇYTHYE (2016) yönetmeliğine göre doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Çelik yapılarda gerçekleştirilen zaman tanım alanında analiz sonuçları mevcut yönetmelik sınır koşullarıyla kıyaslanmıştır.

Abdollahzadeh ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, yüksek katlı binalarda, düşey yük ile deprem ve rüzgar gibi şiddetli yatay kuvvetlere karşı etkili ve güvenilir bir sistem olan dış destek (outrigger) sistemi ve bazı varyasyonlarını incelemişlerdir. Araştırmanın amacının, yatay yükler altındaki dış destek (outrigger) sisteminin performansının değerlendirilmesi ve bu değerlendirmede kullanılan yöntemlere ek yeni bir yöntem sunulması olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu yükler etkisinde çatıdaki deplasmanları azaltmak ve dış destek (outrigger) kolunun optimum konumunu çeşitli yöntemlerle bulunması hedeflenmiştir. 30, 45 ve 60 katlı üç model üzerinde yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ve spektral analizler, önerilen yöntemin

önceki yöntemlere göre daha verimli olduğunu ve çatıdaki deplasman ile katlar arasındaki maksimum göreceli deplasmanın azalmasına yol açtığını göstermiştir.

Niğdelioğlu (2022)'nin çalışmasında, yüksek yapıların yapısal bir formu olan bir burgulu yüksek yapının deprem ve rüzgar yükleri altında performansı incelenerek eşdeğeri olan prizmatik şekle sahip bir yapıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde Miami, Florida kentinde mevcut bulunan Grove at Grand Bay binası referans alınarak modellemeler ve analizler üç boyutlu analiz programı ETABS (V.18.1.1) ile yapılmıştır. Burgulu yapının her katı saat yönünün tersinde 3 derece döndürülerek toplamda 69 derece rotasyon yaptırılmıştır. Analizler sonucunda maksimum tepe deplasmanları, taban kesme kuvvetleri, göreceli yer değiştirmeler ve devrilme momentleri incelenmiştir.

Özşahin (2022) çalışmasında, Türkiye'deki yüksek binaların mimari ve yapısal tasarımını incelemiştir. 230 adet tamamlanmış yüksek bina üzerinde yapılan analizler, bu binaların genellikle prizmatik kule formunda, kesme - çerçeve sistemleriyle inşa edildiğini ve konut fonksiyonu taşıdığını ortaya koymuştur. Ayrıca, binalarda simetrik merkezi çekirdekler ve dikdörtgen planlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmanın amacının, mimar ve mühendislerin yüksek binaların tasarımında mimari ile yapısal sistemler arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamalarını sağlamak ve bu alandaki tasarım sürecini kolaylaştırmak olduğu belirtilmiştir.

Patel ve Patel (2022), yaptıkları çalışmada, çelik-beton kompozit yüksek binalarda dış destekli-outrigger taşıyıcı sistemlerin performansını duvar-çerçeve taşıyıcı sistemlere kıyasla değerlendirmiştir. İncelenen yüksek binaların tipik kat planı boyutları 48 m x 48 m olup, kat sayıları 24, 44 ve 64 arasında değişmektedir. Orta yükseklikte bir dış destek - outrigger yerleştirilmiş ve yüksek binaların modellemesi ve analizi gerçekleştirilmiştir. Her iki yapısal sistem için doğal zaman periyodu, taban kesme kuvveti, yer değiştirme ve katlar arası ötelemelerin karşılaştırması sunulmuştur. Dış destekli-outrigger taşıyıcı sistemlerde dış destek - outrigger'ın optimum konumunun araştırılması tavsiye edilmektedir. Sonuç olarak, bina yüksekliği arttıkça, dış destek-outrigger sistemlerinin yatay yüklere karşı duvar-çerçeve sistemine kıyasla daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.

Battal (2023), çalışmasında TBDY'ye göre yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan farklı betonarme taşıyıcı sistemlerin, söz konusu deprem performansı ve kaba inşaat maliyetine etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

John ve Kamath (2023) yaptıkları çalışmada, yüksek binalarda rüzgar ve deprem yükleri altında hibrit outrigger sistemlerinin optimal konumlarını incelemektedir. Çalışmada, çekirdek rijitliği, outrigger kirişinin ve kemer duvarının rijitliği, outrigger kolunun uzunluğu ve bina yüksekliği gibi parametreler kullanılarak statik ve dinamik analizler yapılmıştır. Rüzgar ve deprem yükleri altında hibrit outrigger sisteminin optimum pozisyonu araştırılmıştır. Dinamik davranış, nonlinear zaman tanım alanında analiz ile, statik rüzgar ve deprem tepkisi ise Hindistan Yönetmelikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, 40, 60 ve 80 katlı binalar (sırasıyla 140 m, 210 m ve 280 m yüksekliğinde) gözönüne alınmıştır. Hibrit outrigger sistemin optimum konumları, katlar arası görelî kat ötelenme oranları, çatı yer değiştirmesi, çatı ivmesi ve taban eğilme momenti gibi faktörlere göre belirlenmiştir. Sonuç olarak, hibrit outrigger sisteminin optimum konumunu seçmek için bir performans endeksi kriteri önerilmiş ve bu konuyla ilgili başlangıç önerileri bir akış diyagramı şeklinde sunulmuştur.

Moon (2023) çalışmasında çapraz tüp sistemleri, diagrid sistemler ve bütünleşik çapraz tüp sistemlerinin çeşitli varyasyonlarını deneyerek yatay yükler altında binada oluşan yatay ötelemeleri karşılaştırmış ve sonuçlarını değerlendirmiştir. Büyük diyagonalleri bulunan tüp sistem tipi yapıların yüksek binalar için en etkili yapısal sistemler olduğu belirtilmiştir.

Okumuş (2023), çalışmasında, sonlu elemanlar yöntemi ve gelişmiş modelleme yöntemleri kullanarak YZYE hakkında kapsamlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Açık kaynak kodlu, hem yapısal hem de geoteknik problemlerin modellenebileceği bir yazılım olan OpenSees kullanılmıştır. İki yapının zemin üstünde beraber modellendiği, iki ve üç boyutlu YZYE modelleri hazırlanmıştır. Bina üst yapıları, temelleri ve kazıkları doğrusal eleman ve malzeme modelleriyle modellenmiş, zeminin modellenmesinde ise gelişmiş doğrusal olmayan eleman ve malzeme modelleri kullanılmıştır. Analiz modelinin gerçekçi sonuçlar verebilmesini sağlamak amacıyla gelişmiş sınır şartları uygulanmıştır.

Hasrat ve Bhandari (2025), yaptıkları çalışmada deprem ve rüzgar gibi yanal kuvvetlerin etkisinin, yüksek yapıların tasarımında ve güvenliğinde önemli kabul edildiğini ve bu tür yapıların özellikle rüzgara karşı hassas olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, yüksek betonarme binalarda rüzgar yüklerine karşı yatay yüklere karşı direnç sağlayan farklı yapısal sistemlerin performansı incelenmektedir. Bu amaçla, moment aktaran rijit çerçeve sistemi, binanın köşesinde ve merkezinde (çekirdekte) perde duvarlar, köşelerde perde duvar yerine çelik çaprazlar (V tipi ve X tipi) ve tüp sistemler gibi farklı yatay yük direnç sistemlerinin rüzgar yüklerine karşı titreşim performansı

incelenmiştir. Farklı kat sayılarındaki bina modelleri üzerinde rüzgar analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma kapsamında, az katlı (10 katlı), orta katlı (20 ve 30 katlı) ve yüksek katlı (40 katlı) binalar da dahil olmak üzere farklı kat sayılarını kapsayan çeşitli bina modelleri üzerinde ayrıntılı bir rüzgar analizi gerçekleştirilmiştir. Bina modellerinin performansı, kat yer değiştirmeleri, taban kesme kuvveti, görelî kat ötelenmesi ve devrilme momenti gibi çeşitli yapısal tepki parametreleri dikkate alınarak ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, perde duvarların, çelik çaprazların ve tüp sistemlerinin yüksek yapılarda yanal yer değiştirmeyi, kat ötelemesini ve devrilme momentini etkili bir şekilde azalttığını göstermiştir. Çekirdek perde duvarlı bina üstün rijitlik ve performans sergilerken, X-çapraz daha az katlı yapılarda öne çıkmaktadır. Ayrıca, çekirdek perde duvar, ötelenme ve yer değiştirme tepkisini azaltarak yapılarda yeterli performans ve stabilite sağlayarak tüm yapısal sistem bölümleri arasında üstün performans göstermektedir. Özet olarak, çekirdek perde duvarlı bina türünün yüksek yapılarda en iyi performansı sergilediği, X tipi çaprazların ise daha kısa yapılarda etkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Çalışma, rüzgar yüklerine karşı güvenliği ve performansı artırmak için optimum yapısal sistemlerin seçilmesi konusunda önemli bilgiler sunmaktadır.

Zhao ve ark. (2025), yaptıkları çalışmada, kafes tüp olarak bilinen çaprazlı tüp sistemlerin birçok avantajına rağmen, mevcut yönetmeliklerde bunları tasarlamak için özel bir sismik tasarım kriteri bulunmadığını ve uygulayıcıların bu tür sistemlerin tasarımı için yaygın bina yapıları için kullanılan ortak yöntemlerin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, alışlagelmiş tasarım hükümlerine göre tasarlanmış 31 katlı çelik çaprazlı kafes tüp bir binanın performansı incelenmiştir. Yönetmeliklere uygun olarak tasarlanan yapının performansını değerlendirmek için üç boyutlu doğrusal olmayan statik (pushover) analiz kullanılmış ve farklı performans seviyelerine karşılık gelen kabul kriterleri incelenmiştir. Elde edilen performansa dayalı sonuçlar daha sonra geleneksel yönergeler dayalı tasarımla karşılaştırılmış ve çaprazlı kafes tüp binaların tasarımında yaygın tasarım yönetmeliklerinin eksiklikleri vurgulanmıştır. Plastik mafsalların ve kuvvet kontrollü birleşimlerin iki farklı deprem tehlikesi seviyesindeki durumu gözlemlenerek, yönetmelik ve standartların gerekliliklerine tam olarak uygun şekilde yüklenen, analiz edilen ve tasarlanan incelenen yapının performans kriterlerini karşılamadığı tespit edilmiştir. Örneğin, tipik bir doğrusal olmayan çapraz mafsalında, sonuçlar Life Safety (LS - Can Güvenliği) kabul kriterinin BSE-1 tehlike seviyesinde yaklaşık yüzde 30 oranında aşıldığını göstermiştir. Ayrıca, ötelenmeler belirli

seviyelerde %1 sınırını aşmakta ve maksimum ötelenme yaklaşık %1,4'e ulaşmaktadır. Sonuç olarak, çaprazlı kafes tüp sistemlerinin yaygın kod ve yönetmeliklere dayalı olarak tasarlanmasının, hizmet ömürleri boyunca beklenen performanstan yoksun, güvenli olmayan bir tasarıma yol açabileceği belirtilmiştir. Özet olarak Zhao ve ark. (2025)'nin çalışmalarında, bir yüksek binanın çaprazlı kafes tüp sisteminin sismik performansı, ASCE 41 standardına göre incelenmiş ve yapı, tepki spektrumu analiziyle tasarlanmıştır. Sonraki doğrulamalar için deprem kayıtlarıyla zaman tanım alanında analizi yapılmış, yapının performansı iki farklı tehlike seviyesinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yapının her iki seviyede de performans hedeflerini karşılamadığını göstermiştir. Kritik elemanlar olarak tekli çaprazlar ve kolonları belirlenmiştir. Çalışma, performansa dayalı tasarımın, geleneksel kuvvet yöntemlerinden daha gerçekçi ve güvenli olduğunu vurgulamaktadır.

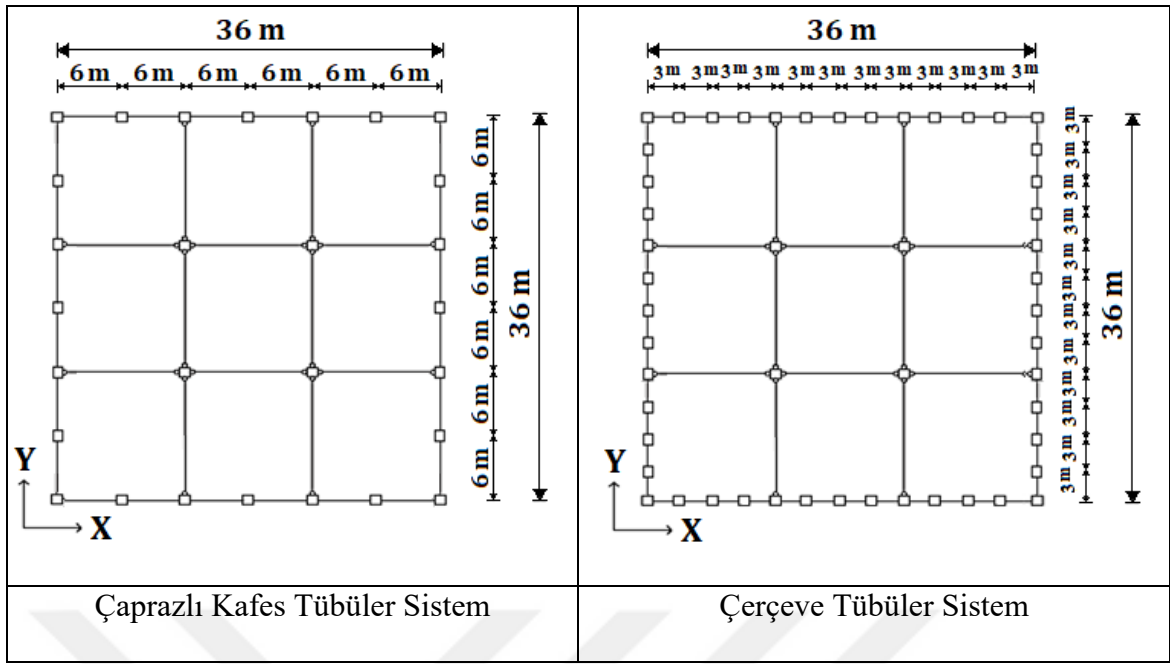
4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında genel olarak tübüler çelik sistemler ele alınarak Çaprazlı Kafes Tüp Sistemler ve Çerçeve Tüp Sistemler için 100 katlı John Hancock Center, binasına ait geometri ve mimari form örnek alınıp gerekli düzenleme ve basitleştirilmeler yapılarak alınan bu örnekler üzerinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'e göre yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analiz aşamaları, hem kat adetlerinin ve bina yüksekliğinin çok fazla olmasından hem de zaman tanım alanında analiz gibi doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanılmasından dolayı işlem adımlarının fazla olmasından ve bilgisayarın bellek kapasitesinden ötürü 72 kat ile sınırlı tutulmuştur. İlgili binaların deprem ile ilgili parametreleri için lokasyon olarak öncelikle Mersin'de 52 katlı Mertim binasının bulunduğu konumda yapılacağı varsayılmıştır. Ayrıca binanın farklı deprem bölgelerinde olması durumunun incelenmesi için depremselliğin daha fazla olduğu Hatay için de analizler gerçekleştirilmiştir. İki farklı tübüler sistem arasında karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla aynı kat sayısı, bina yüksekliği ve plan boyutlarında çaprazlı kafes tüp ve çerçeve tüp taşıyıcı sisteme sahip bina modelleri oluşturulmuş ve yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir.

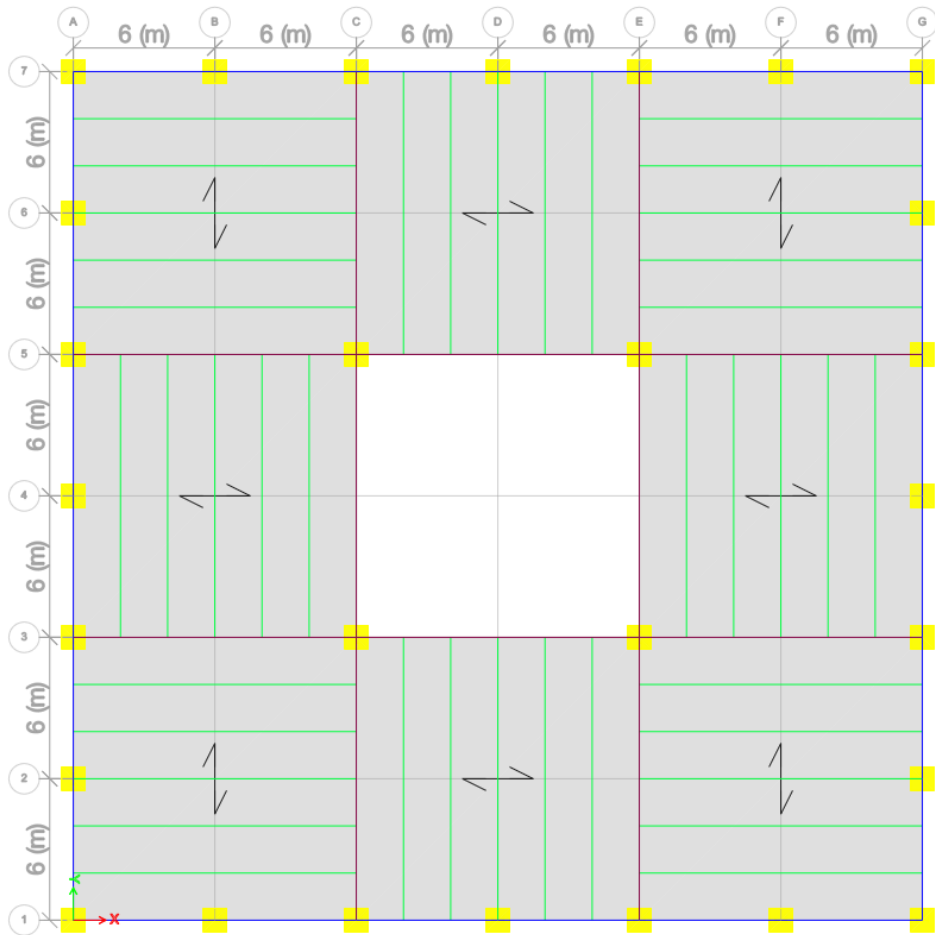
Bu bölümde çaprazlı kafes tüp taşıyıcı sisteme sahip bina modelinin analiz adımları detaylı olarak açıklanmıştır. 5. bölümde ise Mersin ve Hatay'da bulunduğu varsayılan çaprazlı kafes tüp ve çerçeve tüp sisteme sahip farklı bina modellerinin analizinden elde edilen sonuçlar detaylı olarak karşılaştırılmıştır.

4.1. Yapı Geometrik Bilgileri

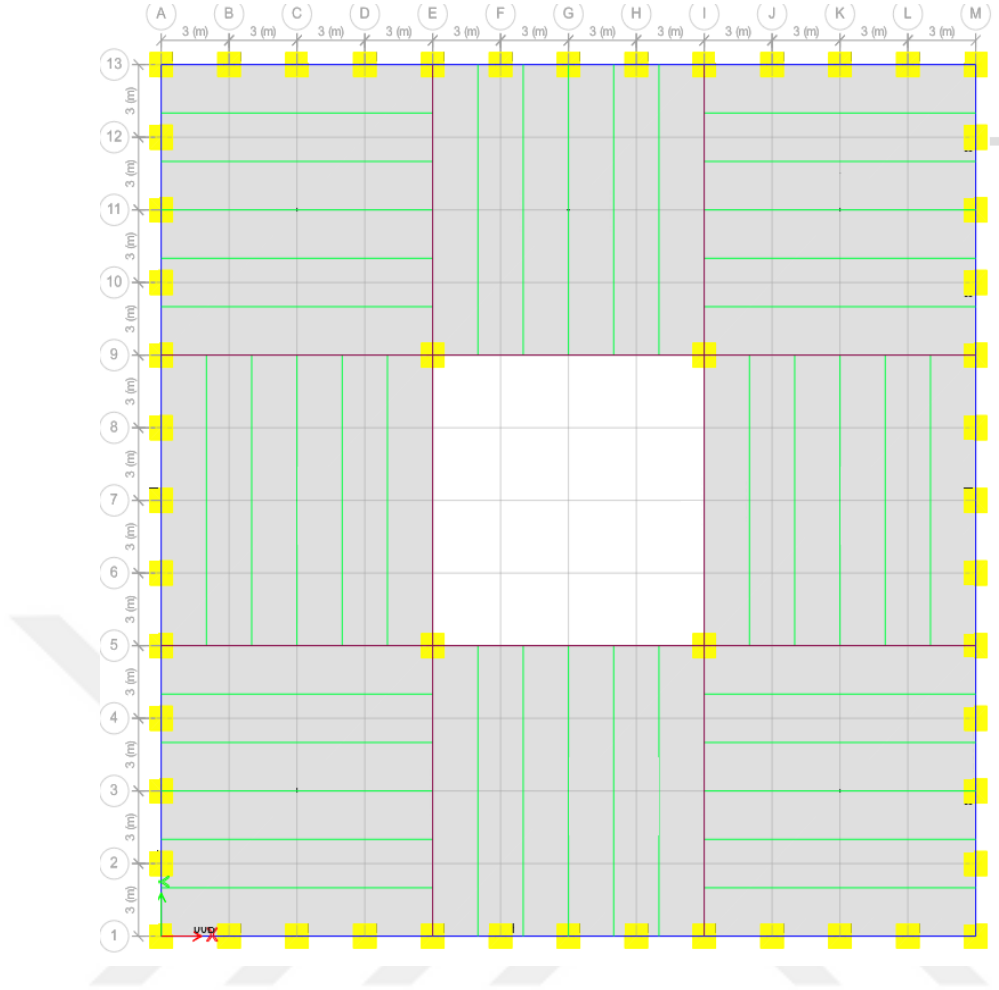
Bu çalışmada, incelenen yapının öncelikle Mersin'de Akdeniz merkez ilçesinde olduğu varsayılmıştır. Yapı ofis binası olarak tasarlanmıştır. Yerel zemin grubu ZC olarak belirlenmiştir. Bina 72 katlı olarak tasarlanıp kat yüksekliği 3.6 m olarak belirlenmiştir. Yapı her iki yönde 6 açıklıklı ve simetrik olarak tasarlanmıştır. Aks aralıkları 6 metre olup toplam uzunluk 36 x 36 metre boyutlarındadır. Çaprazlı kafes tüp ve çerçeve tüp sistemlere ait kat planları Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.1. Bina modellerine ait kat planları



Şekil 4.2. ETABS programında Çaprazlı Kafes Tübüler Sisteme ait kat planı

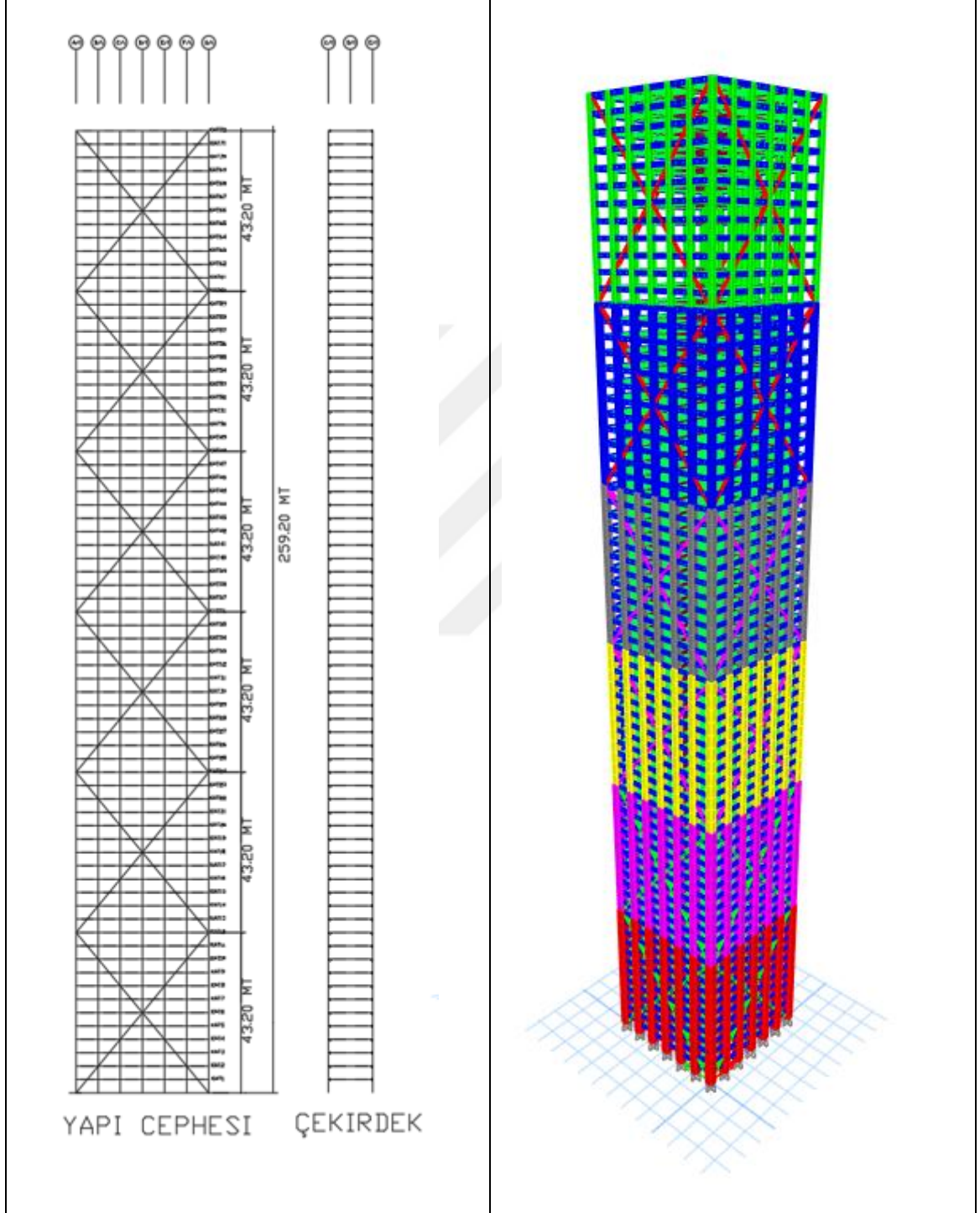


Şekil 4.3. ETABS programında Çerçeve Tübüler Sisteme ait kat planı

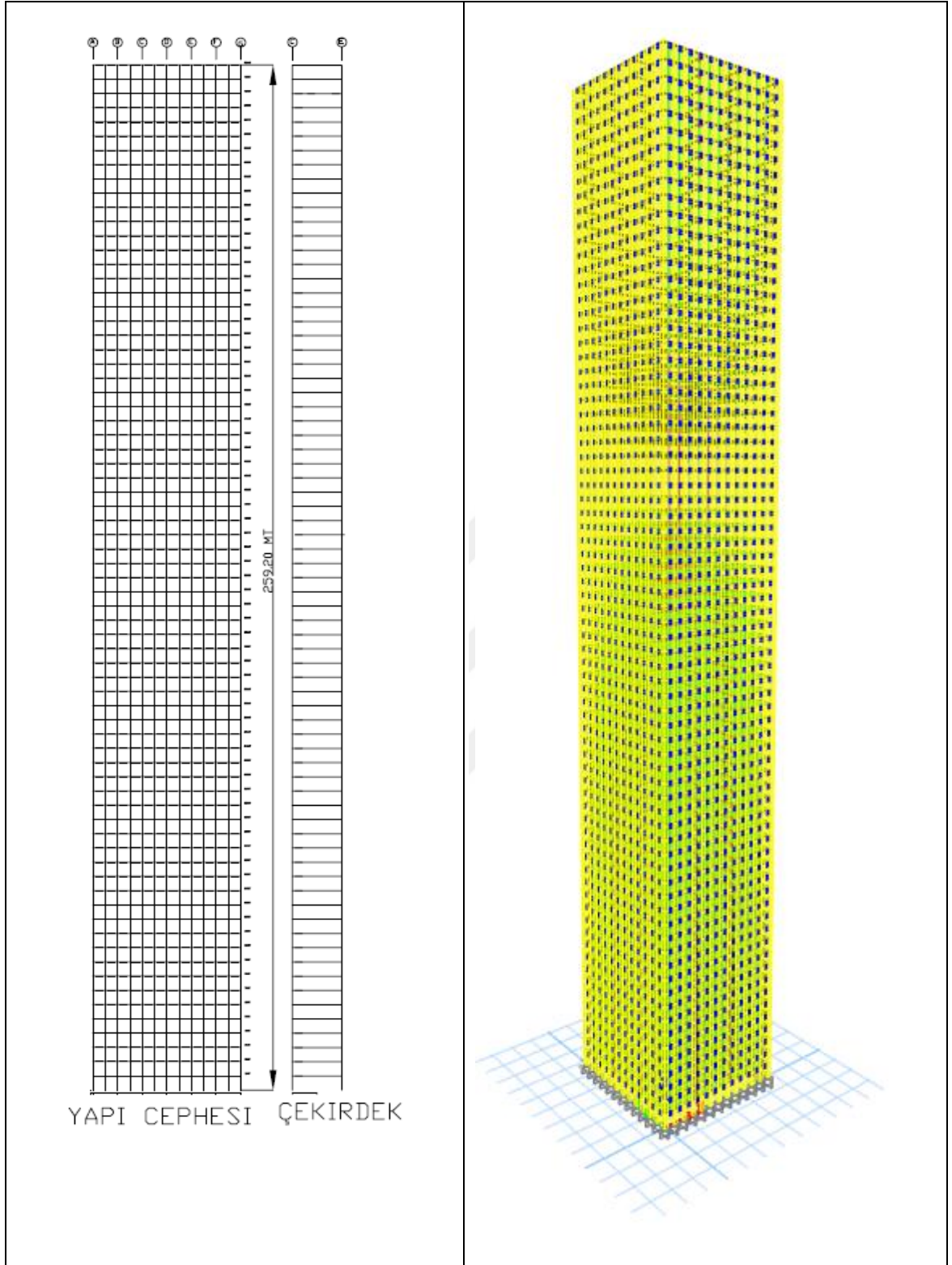
Çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip yapı iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, merkezinde moment aktarmayan kolon kiriş sisteminden oluşan çekirdek, dış kısmında ise moment aktaran kolon, kiriş ve çaprazlardan oluşan çaprazlı tüp sistemi'dir. Çerçeve tübüler sisteme sahip yapı ise, merkezinde moment aktarmayan kolon kiriş sisteminden oluşan çekirdek, dış kısmında ise moment aktaran kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve tüp sisteminden oluşmaktadır. Yapılarda kompozit döşeme sistemi kullanılmıştır. Çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip binada, kolonlar çelik - beton gömme kompozit kolon olarak belirlenmiş, ana kirişlerde HEB tipi profiller, tali kirişlerde IPE tipi profiller ve çapraz elemanlarda ise içi boşluklu kare kesitli profiller kullanılmıştır. Çerçeve tübüler sisteme sahip binada, kolonlar çelik - beton gömme kompozit kolon olarak belirlenmiş, ana kirişlerde HEB tipi profiller, tali kirişlerde IPE tipi profiller kullanılmıştır.

Çaprazlı kafes tübüler sistem ve çerçeve tübüler sistemler arasındaki en büyük fark, kolon aralıkları ve çaprazlardır. Bu tez kapsamında, çaprazlı kafes tüp sistemlerde

kullanılan kolon aralıkları 6 metre, çerçeve t p sistemlerde ise yapısı gereği sık kolon örgüsü nedeniyle kolon aralıkları 3 metre olarak belirlenmiştir. Her iki yapıya ait iki boyutlu ve üç boyutlu bina modelleri şekil 4.4 ve şekil 4.5'te sunulmuştur.



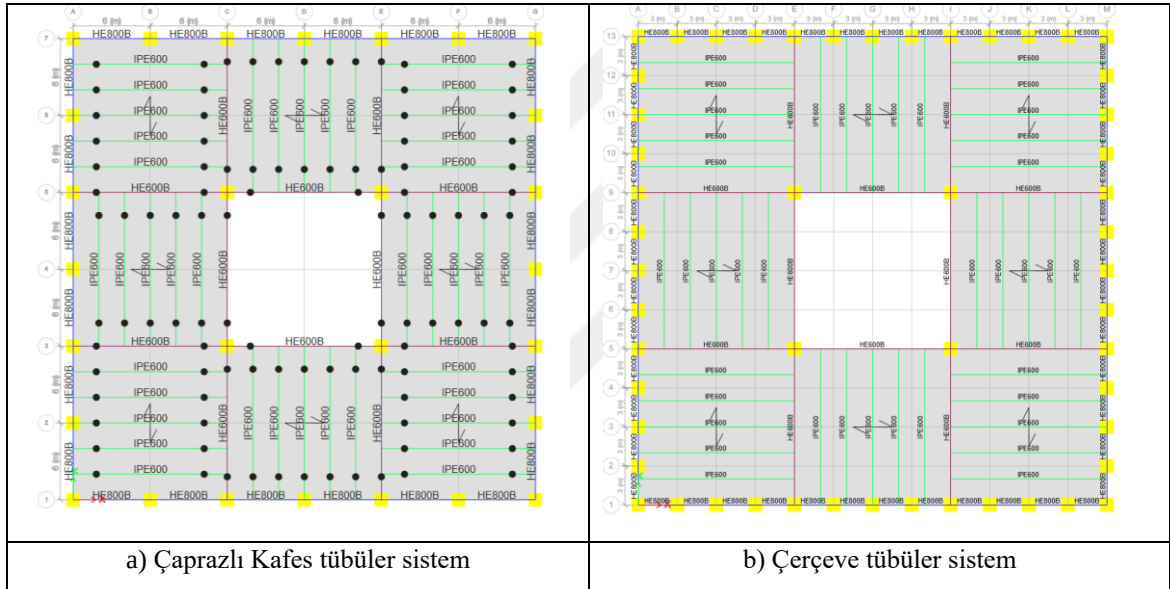
şekil 4.4. Çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina modelinin 2 ve 3 boyutlu görünümleri



Şekil 4.5. Çerçeve tübüler sisteme sahip bina modelinin 2 ve 3 boyutlu görünüşleri

4.2. Yapı Malzemesi ve Kesit Özellikleri

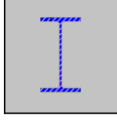
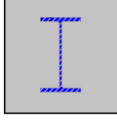
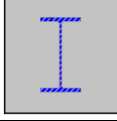
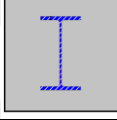
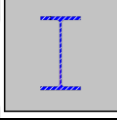
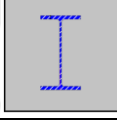
Bu tez kapsamında kullanılacak çelik sınıfı S355, beton sınıfı C30 ve C50 olarak belirlenmiştir. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE, 2018) Yönetmeliği, TS EN 10025 e uygun şekilde sıcak haddelenerek üretilmiş çelik profiller ve levhalar ile EN 10210 ve EN 10219'a uygun olarak üretilen yapısal boru ve kutu enkesitli elemanların oluşturduğu çelik ve çelik - betonarme kompozit yapıların tasarım esaslarını içermektedir. Bu tez kapsamında döşeme olarak 120 mm kalınlığında çelik – beton kompozit döşeme kullanılmıştır. Çevre kirişi için HEB800 tali kirişler için HEB600 ve IPE600 profilleri kullanılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Bina modellerinde seçilen kiriş kesitleri

Bu tez kapsamında kolon elemanlarda çelik-beton gömme kompozit elemanlar, çapraz elemanlarda içi boşluklu kutu profiller kullanılmıştır. Kirişlerde geniş başlıklı I profilleri kullanılmış ve kirişler de kompozit kiriş olarak tasarlanmıştır. Çizelge 4.1'de kat yüksekliklerine göre çaprazlı kafes tübüler sistem ve çerçeve tübüler sisteme sahip bina modellerinde kullanılan çelik - beton gömme kompozit kolon kesitleri ve çaprazlı kafes tübüler sistemlerin çaprazları için kullanılan profil boyutları ile ana kiriş ve tali kirişlerde kullanılan profil kesitleri görülmektedir. Ana kiriş, tali kiriş ve çekirdek kolonlar düşey yükler altında tasarlandığı için farklı taşıyıcı sisteme sahip her iki yapı için bu kısımlar benzer tutulmuştur. Her iki lokasyonda yapılan analizlerde yetersiz olan bazı kesitler değiştirilmiştir.

Çizelge 4.1. Kat yüksekliklerine göre bina modellerinde kullanılan kesitler

KESİTLER					
ELEMANLAR	KATLAR	TİP	ÇAPRAZLI KAFES TÜBÜLER SİSTEM	ÇERÇEVE TÜBÜLER SİSTEM	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	1-12		C200X200-W1000X412	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	12-24		C180X180-W1000X272	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	24-36		C160X160-W920X238	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	36-48		C140X140-W840X240	C100X100-W460X106	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	48-60		C120X120-W530X150	C100X100-W460X106	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	60-72		C100X100-W460X106	C100X100-W460X106	
ÇAPRAZLAR	1-24		SHS 400X400X25	-----	
ÇAPRAZLAR	24-48		SHS 400X400X20	-----	
ÇAPRAZLAR	48-72		SHS 300X300X20	-----	
KİRİŞLER	1-72	I PROFİL	HEB800	HEB800	HEB600

Not: Koyu belirtilen kesitler Hatay bölgesinde ilgili katlarda kesit değişikliği yapıldığını göstermektedir.

4.3. Bina Taşıyıcı Modelleri

Çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina yatay yüklere, her iki doğrultuda moment aktaran kolon ve kirişlerden ve bunlara ek çaprazlardan oluşan taşıyıcı sistem ile, çerçeve tübüler sisteme sahip bina modeli ise her iki doğrultuda moment aktaran kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı sistem ile karşı koyacaktır.

Depremden dolayı yapıya etki edecek olan dış enerjinin yapı çeperlerinde bulunan kolon, kiriş ve çaprazlarda oluşacak plastik mafsallar ile sönmüneceği

düşünülmektedir. Bunun dışındaki düşey yük taşıyan ikincil elemanlarda plastik mafsall oluşumu istenmemektedir.

Bina taşıyıcı sistemlerinin boyutlandırılması aşamasında Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE 2018) Yönetmeliği Bölüm 5.3.1’de açıklanan Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemi kullanılmış ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)’nin özellikle 13. Bölümü’ndeki hesap adımları takip edilmiştir. Rüzgar yükleri ise ASCE 7-16 yönetmeliğine göre belirlenmiştir.

Bina yapısal analizleri ETABS programında doğrudan analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonrası rijitlik hesapları ve kullanılabilirlik sınır durumları için azaltılmamış eleman rijitlikleri kullanılmıştır. Eleman tasarım hesaplarında ise ÇYTHYE 2018 yönetmeliğine uygun olarak azaltılmış eleman rijitlikleri ve $P-\Delta$ etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Sonrasında ise TBDY (2018)’e uygun olarak yüksek bina temel hesapları gerçekleştirilmiştir.

4.4. Yapı Yük Birleşimleri ve Stabilité Tasarımları

Bina modellerinde döşeme sistemi olarak çelik yapılarda yaygın kullanılabilen kompozit döşeme kullanılmıştır. Yapıdaki yükler belirlenirken döşeme üzerinde kaplama yükü ve hareketli yük döşeme altında ise asma tavan mekanik ve diğer tesisat yükleri olacağı varsayılmıştır. Yapısal elemanların zati ağırlığı ETABS programı tarafından otomatik olarak alınmıştır.

Kaplama yükü : 0.50 kN/m²

Asma tavan + tesisat : 0.50 kN/m²

Bölme duvarlar : 1.00 kN/m²

Normal katlarda yapının dış cephesi ve bulunan kırıslere cam giydirme cephe kaplama yükü 4 kN/m çizgisel yük olarak etkililmiştir.

4.4.1. Hareketli yük

TS 498’e göre ofis türü normal kat döşemelerinde hareketli yük değeri 3.5 kN/m² olarak alınmıştır. Çatı katında güvenli tarafta kalınp yük azaltması yapılmamıştır.

4.4.2. Kar yükü

Yapının bulunduğu bölgeler itibariyle kar yükü etkisi dikkate alınmamıştır.

4.4.3. Fiktif yükler

ÇYTHYE (2018) Yönetmeliği'ne göre düşey yüklerin düşey çerçeve, kolon ve perdeler tarafından taşındığı yapı sistemlerinde düğüm noktalarının konumundaki geometrik ön kusurların, yatay fiktif yükler ile göz önüne alınmasına izin verilmektedir. Sistem ön kusurlarını temsil eden bu fiktif yüklerin şekil değiştirmemiş orijinal sistem üzerine etkitilmesi gerektiği belirtilmektedir. Buna göre, yapı üzerinde geometrik ön kusurları temsilen düşey yüklerin belirli bir oranı kadar yatay yük kolon uçlarına etkitilmelidir. Buna göre, fiktif yatay yük katlar arasındaki yapım toleransına bağlı olarak, her bir kat döşemesine etkiyen toplam düşey yükün 0.002 si olarak verilmektedir ($N_i = 0.002\alpha Y_i$, burada N_i yatay fiktif yük, YDKT yönteminde $\alpha = 1.0$, Y_i : YDKT veya GKT yük birleşimleri ile belirlenen (i) katı döşemesine etkiyen toplam düşey yükü göstermektedir). Bu değer $L/500$ değerindeki bir sistem ön kusuruna karşı gelmektedir. Örneğin; P yükü etkisindeki kolon için bu durum, $P \times L / 500$ olarak hesaplanan eğilme momenti değerine eşdeğer bir iç kuvvet oluşturan, kolon üst ucuna $P/500 = 0.002P$ değerine eşit fiktif bir yatay yük uygulanmasına karşı gelmektedir. Bu sınır değeri aşmamak üzere, daha farklı oranda geometrik ön kusurların gözönüne alınması halinde bu katsayı uygun şekilde değiştirilebilmektedir (ÇYTHYE 2018).

4.4.4. Rüzgar yükü

TSEN-1991-1-4 yönetmeliği maksimum 203 metrenin üstünde yükseklikteki binaları yönetmeliğin kapsamı dışında tutmakta ve bu değer üstünde yüksekliğe sahip binalar için rüzgar tüneli testini önermektedir. Fakat rüzgar tüneli testi imkanının olmadığı durumlarda kullanılabilecek çeşitli simülasyon programları bulunmaktadır. Bu tez kapsamında 72 katlı Şekil 4.1'de kat planları verilen bina modelleri üzerinde Amerikan rüzgar yönetmeliği ASCE 7-16'ya göre cephe üzerinde rüzgar etkisi incelenmiş olup bulunan sonuçlar Autodesk robot programından bulunan rüzgar simülasyonu sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada yapıların Mersin'de Akdeniz merkez ilçesinde ve Hatay merkezde olduğu varsayılmıştır. Yapı ofis binası olarak tasarlanmıştır. Yerel zemin gurubu ZC olarak belirlenmiştir. Bina 72 katlı olarak tasarlanıp kat yüksekliği 3.6 metre olarak

belirlenmiştir. Yapı her iki yönde 6 açıklıklı olup simetrik olarak tasarlanmıştır. Aks aralıkları 6 metre olup toplam uzunluk 36x36 metre boyutlarındadır.

ASCE 7-16 yönetmeliğinde bina türü yapılar ve diğer yapı türleri için rüzgar yüklemelerinin nasıl olacağına dair esaslar yer almaktadır. Bu yönetmelik kapsamında açık ve diğer yapılara etkiyecek olan rüzgar basıncının 0.42 kN/m^2 ile A_f alanın çarpımından az olmaması gerekmektedir. Burada A_f , rüzgar yönüne dik veya rüzgar yönüne dik bir düzlem üzerine yansıtılan açık binaların ve diğer yapıların alanıdır. Bu çalışmada, temel rüzgar hızı olarak kategori C için 10 metre yükseklikte esen rüzgarın 3 sn'lik hızı esas alınmıştır.

ASCE 7-16 yönetmeliğinde “az katlı binalar”, “açık binalar” ve kısmen kapalı binalar olmak üzere 3 tip yapı tanımı yer almaktadır.

Az katlı binalar: Bu yapı türüne yüksekliğin 18.3 metreyi geçmediği yada çatı yüksekliğinin asgari bina uzunluğunu aşmadığı kapalı yada kısmen kapalı binalar girmektedir.

Açık binalar: Bu tip binalar, her duvarın %80'inin nin açık olduğu bina türüdür.

Kısmen kapalı binalar:

- a) Bina cephesindeki toplam açıklık miktarının %10'u geçtiği bina türüdür.
- b) Bina cephesindeki açıklığın 0.37 m^2 yada ilgili duvarın brüt alanını %1 aşan duvarlardan oluşan bina türüdür.

ASCE 7-16 yönetmeliğinde yapılar, rijit yapı ve esnek yapı olarak ta ayrılmaktadır. Rijit yapılar, bina frekansının 1 Hz'e eşit veya aştığı binalar olarak gözönüne alınmaktadır. Esnek yapılar ise bina frekansının 1 Hz'in altında olduğu binalar olarak kabul edilmiştir.

4.4.4.1. Rüzgar yükü tasarım yöntemleri

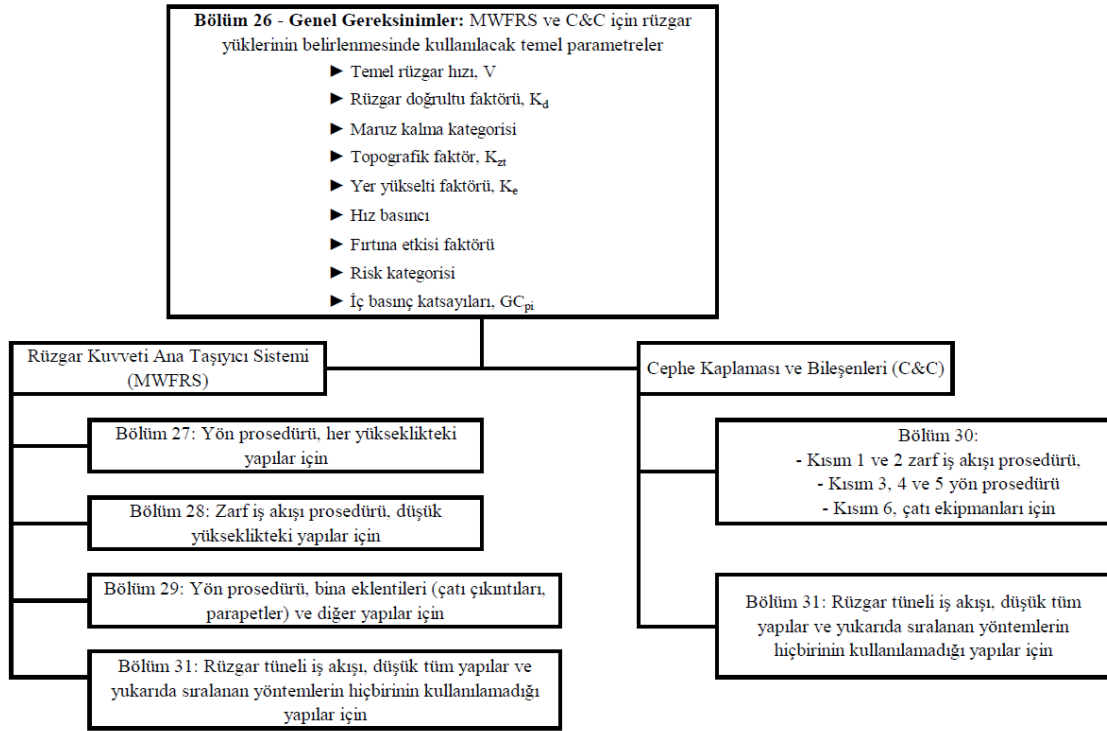
ASCE 7-16'da rüzgar yüklerinin belirlenmesi için 3 yöntem bulunmaktadır.

Yöntem 1: “Basitleştirilmiş yöntem (zarf prosedürü)” olarak adlandırılan bu yöntem yüksekliği az basit diyaframlı yapılardan oluşan yapılarda kullanılmaktadır.

Yöntem 2: “Analitik yöntem (yön prosedürü)” düzgün geometriye sahip yüksek katlı yapılarda kullanılan Yöntem 1’e göre biraz kompleks olan ikinci bir yöntemdir.

Yöntem 3: “Rüzgâr türbini (rüzgar tüneli prosedürü)” olarak adlandırılan bu yöntem daha çok binanın küçük ölçekli gerçek modelleri üzerinden yapılan deneysel yöntemdir. Bu yöntem karmaşık ve geometrik olarak düzgün olmayan binaları esas alan bir yöntemdir.

Bu tez çalışmasında, rüzgar yüklerinin hesabında Yöntem 2 kullanılmıştır. Bu yöntemle ait parametreler ve rüzgar yüklerini belirleme yöntemine ait akış şeması Şekil 4.7’de görülmektedir. Bu bölümde, öncelikle Yöntem 2 kullanılıp sonrasında bulunan rüzgâr simülasyon sonuçlarıyla kıyaslanmıştır.



Şekil 4.7. Rüzgar yüklerini belirleme akış şeması (Demirözkan, 2023)

4.4.4.2. Rüzgâr doğrultu katsayısı, K_d

Rüzgâr doğrultu katsayısı K_d değerleri yapı tipine göre değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.2). İncelenen bina modellerinde, yapı taşıyıcı sistemi MWFRS’ye ait rüzgar doğrultu katsayısı değeri K_d değeri, Çizelge 4.2’den 0.85 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Rüzgâr doğrultu katsayısı, K_d değerleri (ASCE 7-16)

Yapı Tipi	Rüzgâr Doğrultu Katsayısı, K_d
Binalar	
Ana Rüzgâr Dayanma Sistemi (MWFRS)	0.85
Elemanlar ve Kaplamalar	0.85
Kemer Çatılar	0.85
Dairesel Kubbeler	1.0 ^a
Baca, tank, benzeri yapılar	
Kare	0.90
Altıgen	0.95
Sekizgen	1.0 ^a
Daire	1.0 ^a
Sağlam Bağımsız Duvarlar, Çatı Üstü	0.85
Açık Tabelalar ve Tek Düzlemli Açık Çerçeveler	0.85
Kafesli Kuleler	
Üçgen, kare, dikdörtgen	0.85
Diğer tüm kesitler	0.95

4.4.4.3. Önem katsayısı I

Yapı kategorisine ve hızına göre değişkenlik gösteren önem katsayısı I değerleri, Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3. Önem katsayısı, I değerleri (ASCE 7-16)

Kategori	Kasırğa etkisi olan olmayan bölgeler	Kasırğa etkisi olan bölgeler
	$V = 38 - 45 \text{ m/sn}$	$V > 45 \text{ m/sn}$
1	0,87	0,77
2	1,00	1,00
3	1,15	1,15
4	1,15	1,15

İncelenen bina modellerinde, Kategori 2 ve kasırğa etkisi olmayan bölgeler olması durumuna göre I Önem Katsayısı değeri 1 olarak seçilmiştir.

4.4.4.4. Hız basıncı maruz kalma katsayıları, K_h ve K_z

ASCE 7-16 yönetmeliğine göre zemin yüzey sertliği B, C ve D olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

Zemin yüzey sertliği B: Kent merkezleri ve civarları, sık engelli araziler, ormanlık alanlar, tek katlı yapılar yada daha fazla konutlu yapılara sahip arazileri kapsamaktadır.

Zemin yüzey sertliği C: Açık araziler, dağınık engelli 9.1 metreden düşük ve dağınık olarak yerleştirilen yapılar olan arazi açık alan ve otlakları kapsamaktadır.

Zemin yüzey sertliği D: Düz engelsiz alanlar ve su yüzeyleri, çamur tabakası tuz çanağını kapsamaktadır.

ASCE 7-16 yönetmeliğine göre arazi yüzey sertliği B, C ve D olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

B Arazi sınıfı: h yapı yüksekliği olmak üzere rüzgâr esiş yönü boyunca $20h > 792$ m olan arazi yüzey sertliğine sahip arazi türüdür.

C Arazi sınıfı: Arazi sınıfı B ve D'nin geçerli olmadığı arazi türüdür.

D Arazi sınıfı: h yapı yüksekliği olmak üzere rüzgar esiş yönü boyunca $20h > 1585$ m olan arazi yüzey sertliğine sahip arazi sınıfı (düzgün su yüzeylerindeki durum) ve ayrıca h yapı yüksekliği olmak üzere rüzgar esiş yönü boyunca $20h > 154$ m B ve C sınıf yüzey sertliğine sahip arazi türüdür.

İncelenen bina modelleri Mersin ve Hatay şehir merkezinde ve $20 \times 252 = 5040$ metre boyunca değişkenlik göstermediği için "B arazi sınıfı"na girmektedir. K_h ve K_z değerleri ASCE 7-16'ya göre Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Hız basıncı maruz kalma katsayısı, K_h ve K_z değerleri (ASCE 7-16)

		Maruz kalma katsayısı			
Yükseklik		B		C	D
ft	M	Durum 1	Durum 2	Durum 1,2	Durum 1,2
0-15	0-4,6	0,7	0,57	0,85	1,03
20	6,1	0,7	0,62	0,9	1,08
25	7,6	0,7	0,66	0,94	1,12
30	9,1	0,7	0,7	0,98	1,16
40	12,2	0,76	0,76	1,04	1,22
50	15,2	0,81	0,81	1,09	1,27
60	18	0,85	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	0,96	1,24	1,4
100	30,5	0,99	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,17	1,43	1,58
200	61	1,2	1,2	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,56	1,77	1,89

Hız basıncı maruz kalma katsayısı K_z , Denklem (4.1) ve Denklem (4.2) kullanılarak ta belirlenebilmektedir. Çizelge 4.5'te bu denklemlerdeki gerekli değerler görülmektedir.

$$4,6 \text{ m} \leq z \leq z_g \quad K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} \quad (4.1)$$

$$z \leq 4,6 \text{ m} \quad K_z = 2,01 \left(\frac{15}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} \quad (4.2)$$

Çizelge 4.5. Arazi maruz kalma sabitleri (ASCE 7-16)

Maruziyet	α	$z_g(\text{m})$	$\hat{\alpha}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	$l(\text{m})$	$\bar{\epsilon}$	$z_{\min}(\text{m})^a$
B	7	365.76	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	97.54	1/3.0	9.14
C	9.5	274.32	1/9,5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152.4	1/5.0	4.57
D	11.5	213.36	1/11,5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198.12	1/8.0	2.13

^a $z_{\min}$ =Eşdeğer yükseklik $\bar{z}$ 'nin 0.6h veya $z_{\min}$ 'den büyük olmasını sağlamak için kullanılan minimum yükseklik

$h \leq z_{\min}$ olan binalar veya diğer yapılar için $\bar{z}$, $z_{\min}$ olarak alınacaktır.

İncelenen bina modelleri için hız basıncı maruz kalma katsayısı K_z değerleri Denklem (4.1) ve Denklem (4.2) kullanılarak belirlenmiştir. Burada Çizelge 4.5'ten B arazi sınıfı için $\alpha = 7$, $z_g = 366$ değerleri alınarak hesaplama yapılmıştır.

4.4.4.5. Topografik etki katsayısı, K_{zt}

Topografik etki katsayısı, tepe, yamaç gibi arazi yüzeyindeki ani değişikliklerden kaynaklanan rüzgar hızını artıracı faktörlerin gözönüne alınmasını sağlayan katsayıdır. K_{zt} Denklem (4.3), kullanılarak belirlenebilir. K_1 değeri Çizelge 4.6'dan alınır. K_2 ve K_3 değerleri Denklem (4.4) ve Denklem (4.5)'ten belirlenir. Şekil 4.8'de tepe ve yamaç için hız artışı görülmektedir.

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (4.3)$$

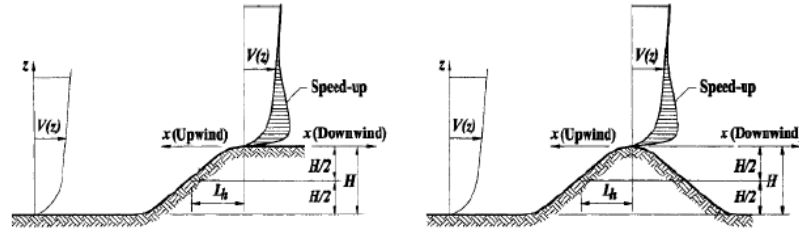
Çizelge 4.6. Hız artırma parametreleri (ASCE 7-16)

Tepeler ve Yamaçlar için hız artırım parametreleri						
Tepe şekli	K ₁ (H/L _b)			γ	μ	
	Maruziyet					
	B	C	D		Tepe rüzgarüstü	Tepe rüzgarının aşağısı
2 boyutlu sırtlar veya vadiler	1.3	1.45	1.55	3	1.5	1.5
2 boyutlu yamaçlar	0.75	0.85	0.95	2,5	1.5	4
3 Boyutlu aksisimetrik tepe	0.95	1.05	1.15	4	1.5	1.5

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) \quad (4.4)$$

$$K_3 = e^{-yz/L_h} \quad (4.5)$$

Yukarıda bahsedilen ani değişikliklerin hiçbirinin olmadığı durumlarda $K_{zt}=1$ alınabilmektedir. Bu tez kapsamında $K_{zt} = 1$ değeri alınmıştır.



YAMAÇLAR

2D SIRT VEYA 3D ASİMETRİK TEPE

Şekil 4.8. Tepe ve yamaç için hız artış gösterimi (ASCE 7-16)

4.4.4.6. Fırtına etkisi faktörü, G

G faktörü rijit ve esnek yapılar için farklı hesaplanmaktadır. ASCE 7-16 yönetmeliği kapsamında rijit yapılar için 0.85 olarak alınabilmekte yada Denklem (4.6) yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$G = 0.925 \left(\frac{1+0.7g_Q I_z \bar{z}}{1+0.7g_v I_z \bar{z}} \right) \quad (4.6)$$

Yapının eşdeğer yüksekliği $\bar{z}$ yapının yüksekliğinin %60'ı olarak tanımlanmaktadır ($\bar{z} = 0,6h$). Bu değer, z_{min} yüksekliğinin bina yüksekliğinden az olduğu yapılar için geçerli değildir. g_Q zemin tepkisi için zirve faktörü ve g_v rüzgâra karşı gelen zirve faktörü için tavsiye edilen değer 3.4'tür. $\bar{z}$ yüksekliğindeki türbülans yoğunluğu I_z Denklem (4.7) kullanılarak hesaplanır. Q ve $L_{\bar{z}}$ parametreleri Denklem (4.8) ve Denklem (4.9)'dan elde edilebilir.

$$I_{\bar{z}} = c \left(\frac{10}{\bar{z}} \right)^{1/6} \quad (4.7)$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0.63 \left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \quad (4.8)$$

$$L_{\bar{z}} = l \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{z}} \quad (4.9)$$

Burada, Q parametresi arka plan cevabını, L_z ise eşdeğer yükseklikteki türbülansın integral uzunluk ölçeğini göstermektedir. l and $\bar{\epsilon}$ Çizelge 4.7'den belirlenen sabitlerdir.

Çizelge 4.7. G faktörünü belirlemek için kullanılan arazi maruz kalma sabitleri (ASCE 7-16)

Maruziyet	α	$z_g(m)$	$\hat{\alpha}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	$l(m)$	$\bar{\epsilon}$	$z_{min}(m)^a$
B	7	365.76	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	97.54	1/3.0	9.14
C	9.5	274.32	1/9,5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152.4	1/5.0	4.57
D	11.5	213.36	1/11,5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198.12	1/8.0	2.13

^a z_{min} =Eşdeğer yükseklik $\bar{z}$ 'nin 0.6h veya z_{min} 'den büyük olmasını sağlamak için kullanılan minimum yükseklik $h \leq z_{min}$ olan binalar veya diğer yapılar için $\bar{z}$, z_{min} olarak alınacaktır.

Bu tez kapsamında bina rijit yapı olduğu için fırtına etkisi faktörü 0.85 olarak alınmıştır.

4.4.4.7. Rüzgar basıncı

ASCE 7-16 yönetmeliğine göre z yüksekliğindeki rüzgar basıncı Denklem (4.10)'a göre hesaplanmaktadır.

$$q_z = 0,631 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (4.10)$$

4.4.4.8. İç basınç katsayısı

Yapı sınıfları iç basınç katsayıları GC_{pi} değerleri Çizelge 4.8'e göre belirlenmiştir.

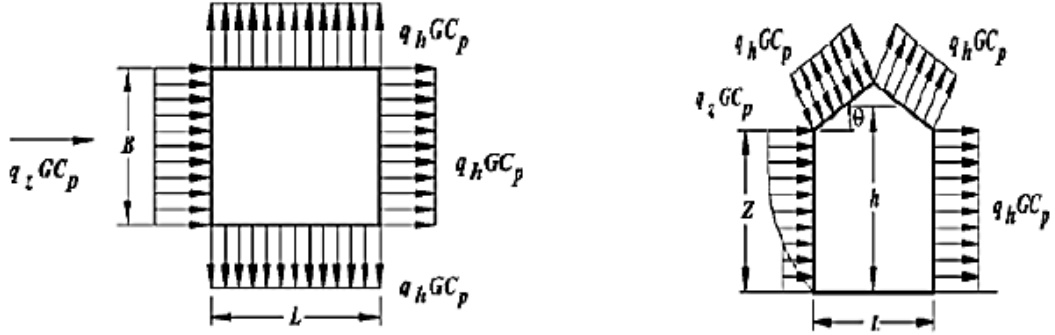
Çizelge 4.8. Yapı sınıfları iç basınç katsayıları (ASCE 7-16)

Yapı sınıflandırması	GC_{pi}
Kapalı binalar	+0.18 -0.18
Kısmen kapalı binalar	+0.55 -0.55
Kısmen açık binalar	+0.18 -0.18
Açık binalar	0.00

Bu tez kapsamında yapı türü kapalı bina olduğu için iç basınç katsayısı GC_{pi} değerleri +0.18 ve -0.18 olarak belirlenmiştir.

4.4.4.8. Dış basınç katsayısı, C_p

Bina sınıfları dış basınç katsayıları GC_p Çizelge 4.9'a göre belirlenmektedir. Bir binanın plan ve kesitindeki rüzgar dağılımları Şekil 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4.9. Planda ve kesitte rüzgâr dağılımı (ASCE 7-16)

Çizelge 4.9. Duvar Basınç Katsayısı (ASCE 7-16)

Yüzey	L/B	C_p	Hız basıncı
Yüzeye dik rüzgar	Tüm değerler	0.8	q_z
	0-1	-0.5	
	2		
Arka yüzey	2	-0.3	q_h
	≥ 4	-0.2	
Yan yüzey	Tüm değerler	-0.7	q_h

Bu tez kapsamında, dış basınç katsayısı C_p değeri ön taraf için 0.8 olarak, arka taraf için $L/B = 36/36 = 1$ 'den $C_p = -0.5$, yan duvarlar için $C_p = -0.7$ olarak belirlenmiştir.

4.4.4.9. ASCE 7-16' ya göre tasarım rüzgar basıncı

Kapalı, kısmen kapalı, rijit ve esnek binaların ana rüzgar kuvveti dayanım sistemi için tasarım rüzgar basınçları ASCE 7-16'ya göre Denklem (4.11) ile elde edilebilmektedir. İncelenen bina modellerinde yüksekliğe bağlı olarak ASCE 7-16 yönetmeliğine göre Denklem (4.11) kullanılarak bulunan rüzgâr kuvvetleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

$$p = q \cdot G \cdot C_p - q_i (GC_{pi}) \quad N/m^2 \quad (4.11)$$

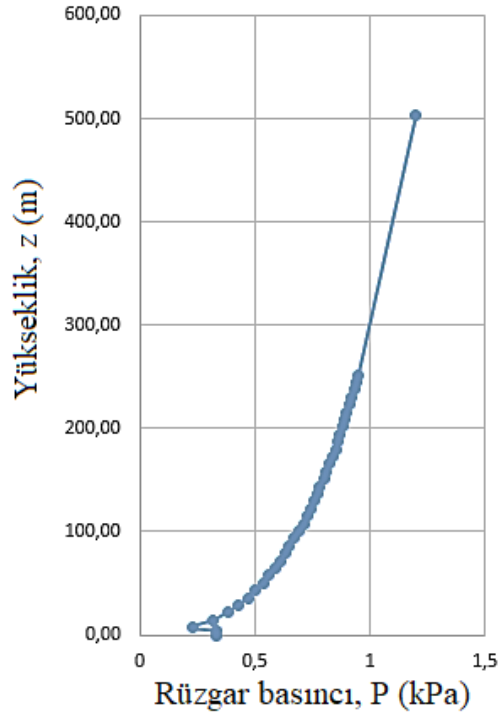
Çizelge 4.10. İncelenen bina modelinde ASCE 7-16'ya göre belirlenen rüzgar basıncı değerleri

Öncephe																
z	K _z	0.613	K _{zt}	K _d	V ²	I	q _z	C _p	G	q*G.C _p	q _i = q _{hmax}	G	C _{pi}	q _i *(G.C _{pi})	p	
(m)							(N/m ²)	-	-	(N/m ²)				(N/m ²)	(N/m ²)	(kPa)
0	0.81	0.613	1.00	0.85	1764	1	741.6	0.8	0.85	5.042.964	1129.2	0.85	0.18	172.77	331.53	0.33
3.6	0.81	0.613	1.00	0.85	1764	1	741.6	0.80	0.85	5.042.964	1129.2	0.85	0.18	172.77	331.53	0.33
7.2	0.65	0.613	1.00	0.85	1764	1	601.3	0.80	0.85	4.088.951	1129.2	0.85	0.18	172.77	236.13	0.23
10.8	0.73	0.613	1.00	0.85	1764	1	675.2	0.80	0.85	4.591.174	1129.2	0.85	0.18	172.77	286.35	0.28
14.4	0.80	0.613	1.00	0.85	1764	1	733.0	0.80	0.85	4.984.487	1129.2	0.85	0.18	172.77	325.68	0.32
18	0.85	0.613	1.00	0.85	1764	1	781.3	0.80	0.85	5.312.624	1129.2	0.85	0.18	172.77	358.49	0.35
21.6	0.90	0.613	1.00	0.85	1764	1	823.0	0.80	0.85	5.596.703	1129.2	0.85	0.18	172.77	386.90	0.38
25.2	0.94	0.613	1.00	0.85	1764	1	860.1	0.80	0.85	5.848.708	1129.2	0.85	0.18	172.77	412.10	0.41
28.8	0.97	0.613	1.00	0.85	1764	1	893.6	0.80	0.85	6.076.158	1129.2	0.85	0.18	172.77	434.85	0.43
32.4	1.01	0.613	1.00	0.85	1764	1	924.1	0.80	0.85	6.284.114	1129.2	0.85	0.18	172.77	455.64	0.45
36	1.04	0.613	1.00	0.85	1764	1	952.4	0.80	0.85	6.476.161	1129.2	0.85	0.18	172.77	474.85	0.47
39.6	1.06	0.613	1.00	0.85	1764	1	978.7	0.80	0.85	665.494	1129.2	0.85	0.18	172.77	492.73	0.49
43.2	1.09	0.613	1.00	0.85	1764	1	1003.3	0.80	0.85	6.822.458	1129.2	0.85	0.18	172.77	509.48	0.5
46.8	1.12	0.613	1.00	0.85	1764	1	1026.5	0.80	0.85	6.980.281	1129.2	0.85	0.18	172.77	525.26	0.52
50.4	1.14	0.613	1.00	0.85	1764	1	1048.5	0.80	0.85	7.129.655	1129.2	0.85	0.18	172.77	540.20	0.54
54	1.16	0.613	1.00	0.85	1764	1	1069.4	0.80	0.85	7.271.591	1129.2	0.85	0.18	172.77	554.39	0.55
57.6	1.19	0.613	1.00	0.85	1764	1	1089.3	0.80	0.85	740.692	1129.2	0.85	0.18	172.77	567.92	0.56
61.2	1.21	0.613	1.00	0.85	1764	1	1108.3	0.80	0.85	7.536.335	1129.2	0.85	0.18	172.77	580.86	0.58
64.8	1.23	0.613	1.00	0.85	1764	1	1126.5	0.80	0.85	7.660.421	1129.2	0.85	0.18	172.77	593.27	0.59
68.4	1.24	0.613	1.00	0.85	1764	1	1144.1	0.80	0.85	7.779.676	1129.2	0.85	0.18	172.77	605.20	0.6
72	1.26	0.613	1.00	0.85	1764	1	1161.0	0.80	0.85	7.894.529	1129.2	0.85	0.18	172.77	616.68	0.61
75.6	1.28	0.613	1.00	0.85	1764	1	1177.3	0.80	0.85	8.005.349	1129.2	0.85	0.18	172.77	627.77	0.62
79.2	1.30	0.613	1.00	0.85	1764	1	1193.0	0.80	0.85	8.112.462	1129.2	0.85	0.18	172.77	638.48	0.63
82.8	1.31	0.613	1.00	0.85	1764	1	1208.3	0.80	0.85	8.216.152	1129.2	0.85	0.18	172.77	648.85	0.64
86.4	1.33	0.613	1.00	0.85	1764	1	1223.0	0.80	0.85	8.316.669	1129.2	0.85	0.18	172.77	658.90	0.65
90	1.35	0.613	1.00	0.85	1764	1	1237.4	0.80	0.85	8.414.238	1129.2	0.85	0.18	172.77	668.65	0.66
93.6	1.36	0.613	1.00	0.85	1764	1	1251.3	0.80	0.85	8.509.057	1129.2	0.85	0.18	172.77	678.14	0.67
97.2	1.38	0.613	1.00	0.85	1764	1	1264.9	0.80	0.85	8.601.307	1129.2	0.85	0.18	172.77	687.36	0.68
100.8	1.39	0.613	1.00	0.85	1764	1	1278.1	0.80	0.85	8.691.147	1129.2	0.85	0.18	172.77	696.35	0.69
104.4	1.40	0.613	1.00	0.85	1764	1	1291.0	0.80	0.85	8.778.723	1129.2	0.85	0.18	172.77	705.10	0.7
108	1.42	0.613	1.00	0.85	1764	1	1303.6	0.80	0.85	8.864.168	1129.2	0.85	0.18	172.77	713.65	0.71
111.6	1.43	0.613	1.00	0.85	1764	1	1315.8	0.80	0.85	8.947.603	1129.2	0.85	0.18	172.77	721.99	0.72
115.2	1.44	0.613	1.00	0.85	1764	1	1327.8	0.80	0.85	9.029.136	1129.2	0.85	0.18	172.77	730.14	0.73
118.8	1.46	0.613	1.00	0.85	1764	1	1339.5	0.80	0.85	910.887	1129.2	0.85	0.18	172.77	738.12	0.73
122.4	1.47	0.613	1.00	0.85	1764	1	1351.0	0.80	0.85	9.186.895	1129.2	0.85	0.18	172.77	745.92	0.74
126	1.48	0.613	1.00	0.85	1764	1	1362.2	0.80	0.85	9.263.298	1129.2	0.85	0.18	172.77	753.56	0.75
129.6	1.49	0.613	1.00	0.85	1764	1	1373.3	0.80	0.85	9.338.158	1129.2	0.85	0.18	172.77	761.05	0.76
133.2	1.51	0.613	1.00	0.85	1764	1	1384.1	0.80	0.85	9.411.546	1129.2	0.85	0.18	172.77	768.39	0.76
136.8	1.52	0.613	1.00	0.85	1764	1	1394.6	0.80	0.85	9.483.532	1129.2	0.85	0.18	172.77	775.58	0.77
140.4	1.53	0.613	1.00	0.85	1764	1	1405.0	0.80	0.85	9.554.176	1129.2	0.85	0.18	172.77	782.65	0.78

Çizelge 4.10-devamı. İncelenen bina modelinde ASCE 7-16'ya göre belirlenen rüzgar basıncı değerleri

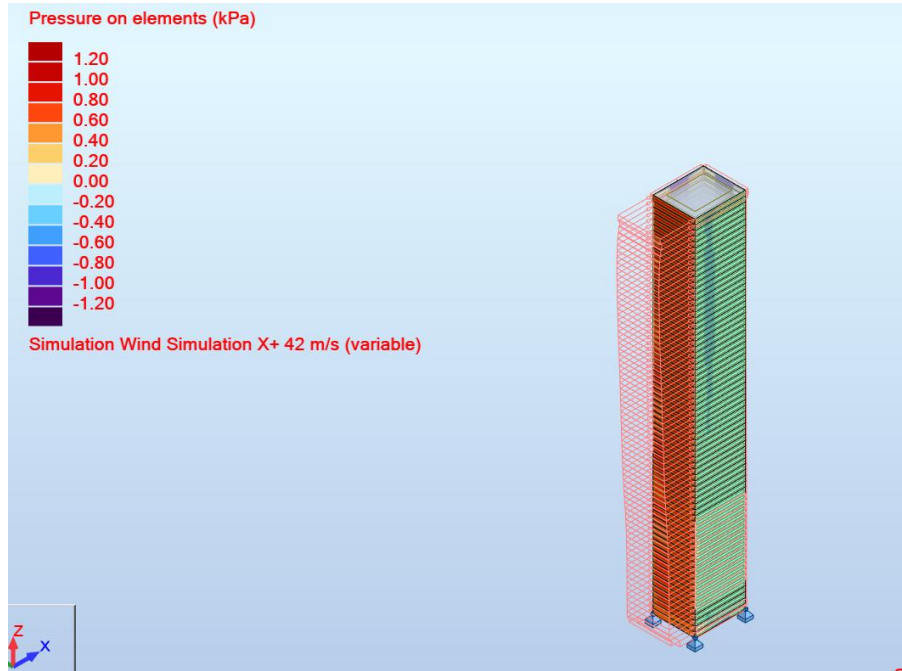
Öncephe																
z (m)	K _z	0.613	K _{zt}	K _d	V ²	I	q _z (N/m ²)	C _p	G	q*G.C _p (N/m ²)	q _i = q _{hmax}	G	C _{pi}	q _i *(G.C _{pi}) (N/m ²)	p	
								-	-						(N/m ²)	(kPa)
144	1.54	0.613	1.00	0.85	1764	1	1415.2	0.80	0.85	9.623.538	1129.2	0.85	0.18	172.77	789.58	0.78
147.6	1.55	0.613	1.00	0.85	1764	1	1425.2	0.80	0.85	9.691.673	1129.2	0.85	0.18	172.77	796.40	0.79
151.2	1.56	0.613	1.00	0.85	1764	1	1435.1	0.80	0.85	975.863	1129.2	0.85	0.18	172.77	803.09	0.8
154.8	1.57	0.613	1.00	0.85	1764	1	1444.8	0.80	0.85	9.824.459	1129.2	0.85	0.18	172.77	809.68	0.8
158.4	1.58	0.613	1.00	0.85	1764	1	1454.3	0.80	0.85	9.889.202	1129.2	0.85	0.18	172.77	816.15	0.81
162	1.59	0.613	1.00	0.85	1764	1	1463.7	0.80	0.85	9.952.903	1129.2	0.85	0.18	172.77	822.52	0.82
165.6	1.60	0.613	1.00	0.85	1764	1	1472.9	0.80	0.85	1001.56	1129.2	0.85	0.18	172.77	828.79	0.82
169.2	1.61	0.613	1.00	0.85	1764	1	1482.0	0.80	0.85	1.007.733	1129.2	0.85	0.18	172.77	834.96	0.83
172.8	1.62	0.613	1.00	0.85	1764	1	1490.9	0.80	0.85	1.013.813	1129.2	0.85	0.18	172.77	841.04	0.84
176.4	1.63	0.613	1.00	0.85	1764	1	1499.7	0.80	0.85	1.019.804	1129.2	0.85	0.18	172.77	847.03	0.84
180	1.64	0.613	1.00	0.85	1764	1	1508.4	0.80	0.85	1.025.707	1129.2	0.85	0.18	172.77	852.94	0.85
183.6	1.65	0.613	1.00	0.85	1764	1	1517.0	0.80	0.85	1.031.527	1129.2	0.85	0.18	172.77	858.76	0.85
187.2	1.66	0.613	1.00	0.85	1764	1	1525.4	0.80	0.85	1.037.266	1129.2	0.85	0.18	172.77	864.50	0.86
190.8	1.67	0.613	1.00	0.85	1764	1	1533.7	0.80	0.85	1.042.926	1129.2	0.85	0.18	172.77	870.16	0.87
194.4	1.68	0.613	1.00	0.85	1764	1	1541.9	0.80	0.85	1.048.511	1129.2	0.85	0.18	172.77	875.74	0.87
198	1.69	0.613	1.00	0.85	1764	1	1550.0	0.80	0.85	1.054.022	1129.2	0.85	0.18	172.77	881.25	0.88
201.6	1.70	0.613	1.00	0.85	1764	1	1558.0	0.80	0.85	1.059.463	1129.2	0.85	0.18	172.77	886.69	0.88
205.2	1.70	0.613	1.00	0.85	1764	1	1565.9	0.80	0.85	1.064.834	1129.2	0.85	0.18	172.77	892.07	0.89
208.8	1.71	0.613	1.00	0.85	1764	1	1573.7	0.80	0.85	1.070.138	1129.2	0.85	0.18	172.77	897.37	0.89
212.4	1.72	0.613	1.00	0.85	1764	1	1581.4	0.80	0.85	1.075.378	1129.2	0.85	0.18	172.77	902.61	0.9
216	1.73	0.613	1.00	0.85	1764	1	1589.1	0.80	0.85	1.080.554	1129.2	0.85	0.18	172.77	907.79	0.9
219.6	1.74	0.613	1.00	0.85	1764	1	1596.6	0.80	0.85	1.085.669	1129.2	0.85	0.18	172.77	912.90	0.91
223.2	1.75	0.613	1.00	0.85	1764	1	1604.0	0.80	0.85	1.090.725	1129.2	0.85	0.18	172.77	917.96	0.91
226.8	1.75	0.613	1.00	0.85	1764	1	1611.4	0.80	0.85	1.095.723	1129.2	0.85	0.18	172.77	922.95	0.92
230.4	1.76	0.613	1.00	0.85	1764	1	1618.6	0.80	0.85	1.100.664	1129.2	0.85	0.18	172.77	927.90	0.92
234	1.77	0.613	1.00	0.85	1764	1	1625.8	0.80	0.85	1.105.551	1129.2	0.85	0.18	172.77	932.78	0.93
237.6	1.78	0.613	1.00	0.85	1764	1	1632.9	0.80	0.85	1.110.384	1129.2	0.85	0.18	172.77	937.61	0.93
241.2	1.78	0.613	1.00	0.85	1764	1	1639.9	0.80	0.85	1.115.165	1129.2	0.85	0.18	172.77	942.40	0.94
244.8	1.79	0.613	1.00	0.85	1764	1	1646.9	0.80	0.85	1.119.895	1129.2	0.85	0.18	172.77	947.13	0.94
248.4	1.80	0.613	1.00	0.85	1764	1	1653.8	0.80	0.85	1.124.576	1129.2	0.85	0.18	172.77	951.81	0.95
252	1.81	0.613	1.00	0.85	1764	1	1660.6	0.80	0.85	1.129.209	1129.2	0.85	0.18	172.77	956.44	0.95
504	2.20	0.613	1.00	0.85	1764	1	2024.3	0.80	0.85	1.376.521	1129.2	0.85	0.18	172.77	1203.75	1.2

Çizelge 4.10'da yüksekliğe bağlı olarak katlarda oluşan basınç kuvvetleri gösterilmektedir. Şekil 4.10'da ise yüksekliğe bağlı olarak yüzeyde oluşan rüzgar basıncı grafiği verilmiştir. Şekil 4.10'dan da görülebileceği gibi, rüzgar basınçları yüzey gerilimleri yükseklikle birlikte artmaktadır.

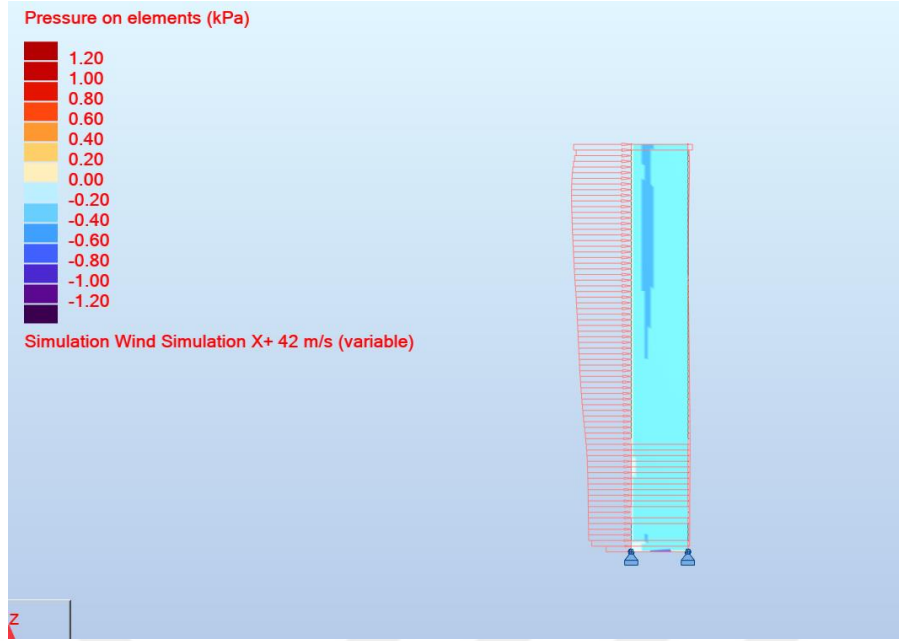


Şekil 4.10. Hesaplama sonucu yüksekliğe bağlı olarak bulunan rüzgar kuvvetleri

Autodesk robot yapısal analiz programı ile yapılan rüzgâr simülasyonları sonucunda oluşan yüzey gerilim basınçları Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmektedir.



Şekil 4.11. Robot structural analysis programı rüzgar simülasyon sonuçları



Şekil 4.12. Robot structural analysis programı rüzgar simülasyon sonuçları

Yapılan hesaplar neticesinde ASCE 7-16'ya göre öncüphe üzerinde rüzgar etkisi incelenmiş olup bulunan sonuçlar Autodesk robot programından bulunan rüzgar simülasyonu sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre değerlerin yaklaşık olarak benzer olduğu görülmüştür.

Şekil 4.12'de rüzgarın cephe üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre rüzgarın yan yüzeyleri nasıl etkilediği görülebilmektedir. Bu analizler sonucunda binanın ön yüzeyindeki en büyük gerilme değerinin simülasyon sonucunda 1.20 kPa olduğu belirlenmiştir. Manuel analiz sonucunda ise en büyük değer 1.20 kPa olmasına rağmen dağılım açısından benzer yerlerde gözlenmediği görülmüştür. Konum olarak farklılık gösterebilir de maksimum ve minimum değerler açısından sonuçların benzer olduğu görülmektedir. En üst katın bir kat altı için hesaplama yapıldığında $0.95 / 1.20 = 0.80$ gibi bir oran elde edildiği görülebilir.

4.4.5. Deprem yükü

Bu bölümde Mersin merkez lokasyonunda çaprazlı kafes tübüler sisteme ait deprem yükü hesabının detayları sunulmuştur. TBDY 2018'e göre yapının Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)'nin belirlenmesi için DD-2 deprem düzeyine göre kısa periyot ve 1 saniyelik periyota karşı gelen S_1 , S_s değerleri ve yerel zemin etki katsayıları Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kısa periyot Zemin Etki Katsayısı (TBDY 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Çizelge 4.12. Uzun periyot bölgesi Yerel Zemin Etki Katsayısı (TBDY 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'deki değerler gözönüne alınarak tasarım spektral ivme değerleri Denklem (4.12) ve ve Denklem (4.13)'te belirlenmiştir.

$$S_{ds}=S_s \times F_s = 0.323 \times 1.3 = 0.420 \quad (4.12)$$

$$S_{d1}=S_1 \times F_1 = 0.092 \times 1.5 = 0.138 \quad (4.13)$$

TBDY 2018'e göre yapının göreceli kat ötelemelerinin hesabı için DD-3 deprem düzeyi ve ZC zemin sınıfına göre belirlenen S_{ds} ve S_{d1} değerleri Denklem (4.14) ve Denklem (4.15)'e göre hesaplanmıştır.

$$S_{ds}=S_s \times F_s = 0.115 \times 1.3 = 0.15 \quad (4.14)$$

$$S_{d1}=S_1 \times F_1 = 0.037 \times 1.5 = 0.056 \quad (4.15)$$

TBDY 2018'de çeşitli yapı türleri için bina önem katsayıları belirtilmiştir. Bu tez kapsamında incelenen yapı modellerinin ofis binası olarak tasarlanacağı düşünülmüştür. Bina önem katsayısı Çizelge 4.13'ten alınmış ve BKS = 3 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Bina önem katsayısı (TBDY 2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (<i>I</i>)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

TBDY 2018'e göre BKS ve spektral ivmeler belirlendikten sonra Çizelge 4.14 yardımıyla Deprem tasarım sınıfları seçilmiştir. Tabloda BKS 3 ve incelenen yapının kısa Spektral ivme değerine $S_{ds} = 0.42$ 'ye karşılık olarak DTS = 3 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Bina kullanım sınıfı tablosu (TBDY 2018)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

TBDY 2018'e göre DTS belirlendikten sonra Çizelge 4.15 yardımıyla bina yükseklik sınıfının belirlenmesi gerekmektedir. Bina yükseklik sınıfı belirlenirken yönetmelikte belirtilen bir takım hususların göz önüne alınması gerekmektedir. Bununla alakalı olarak binada bodrum perdesi bulunup bulunmaması durumlarına göre yükseklik parametreleri değişmektedir. İncelenen binada bodrum perdesi bulunmadığı için yapı yüksekliği 259 metre olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.15'te bina yüksekliği ve DTS sınıfına bağlı olarak BYS = 1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Bina yükseklik sınıfları (TBDY 2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

TBDY 2018'e göre $BYS = 1$ seçilen yapılar yüksek bina sınıfına girmektedir. Yüksek bina sınıfına giren yapılarla ilgili olarak TBDY 2018, Bölüm 13'e göre 3 aşamalı hesap yapılması gerekmektedir. Deprem tasarım sınıflarına ait performans hedefleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Deprem tasarım sınıflarına göre performans hedefleri (TBDY 2018)

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar ($BYS = 1$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

4.4.6. Doğrudan analiz yöntemi

Genel Analiz Yöntemi ikinci metrebe etkilerinin dikkate alınması için geliştirmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak dikkate alınmaktadır.

4.4.6.1. Azaltılmış rijitlikler

Sistemdeki doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri gözönüne almak için eleman eğilme, kesme ve eksenel rijitliklerinde azaltmaya gidilmektedir. Bunun için 0.8 katsayısı ile çarpılarak rijitlik azaltmaları gerçekleştirilmektedir. Eğilme rijitliği yapısal stabilite üzerinde etkili olan tüm elemanlarda ve eksenel yük – eksenel yük kapasitesi oranına bağlı olarak Denklem (4.16) ve Denklem (4.17)’de görüldüğü gibi yeniden bir τ katsayısı ile azaltılmaktadır.

$$E^*I = 0,8 * E \quad \alpha P_r / P_{ns} \leq 0.5 \quad \tau = 1 \quad (4.16)$$

$$E^*A = 0,8 * \tau * E \quad \alpha P_r / P_s \geq 0.5 \quad \tau = 4 \frac{P_d}{P_{ns}} \left(1 - \frac{P_d}{P_{ns}}\right) \quad (4.17)$$

4.4.6.2. Fiktif yükler

ÇYTHYE 2018’de yapı elemanlarının şakulde olmama ve geometriden doğan ön kusurlarını hesaba katmak için maksimum kolon boyunun 500de biri L/500 kadar öteleme yaptığı varsayımı kabulü yapılmaktadır. Bu işlem ise her katta artırılmış düşey yüklerin %0.2 sinin kat seviyelerinde kolon uçlarına noktasal yük olarak aktarımı şeklinde sağlanır.

$$N_i = 0,002\alpha Y_i \quad (4.18)$$

Burada, $Y_i = i$ katında uygulanan toplam yükü göstermekte $\alpha =$ YDKT yöntemi için 1, GKT yöntemi için 1.6 değerini almaktadır.

Analizlerde kullanılan azaltılmış rijitlikler sonrası ikinci mertebe analizlerinde bulunan yanal ötelemelerin birinci mertebe sonrası bulunan yanal ötelemelere oranı 1.7’yi geçiyorsa fiktif yüklerin düşey yük kombinasyonları dışında yatay yük kombinasyonlarına da eklenmesi gerekmektedir.

Azaltılmış rijitlikler hesaplanırken tüm elemanlar için $\tau = 1$ alındıysa $N_i = 0.002\alpha Y_i$ yüküne ek olarak $0.001\alpha Y_i$ yükü eklenmelidir.

4.4.6.3. Kolon etkili boyu

Kolon etkili boyu, burkulma boyu katsayısı $K = 1$ olarak alınarak belirlenmektedir.

4.4.7. Yük birleşimleri

Bu tez kapsamında, analizde gözönüne alınan yükler ve yük birleşimleri sırasıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Analizde gözönüne alınan yükler

G	DEAD	Zati yük
	SDEAD_COVER	Kaplama yükü
	SDEAD_MECHANICAL	Tesisat ve mekanik yükler
	SDEAD_WALL	İç duvar yükleri
	SDEAD_ADD	Kompozit cephe yükleri
Q	LIVE	Hareketli yükler
Q_r	LIVE_ROOF	Hareketli Çatı Yükü
S	SNOW	Kar Yükü
W	WXP	Rüzgâr Yükleri X yönü
	WXN	Rüzgâr Yükleri -X yönü
	WYP	Rüzgâr Yükleri Y yönü
	WYN	Rüzgâr Yükleri -Y yönü
E	EQX,	Modal analiz Deprem Yükleri X yönü
	EQY	Modal analiz Deprem Yükleri Y yönü
	EDY_X	Eşdeğer Deprem Yükü X yönü
	EDY_Y	Eşdeğer Deprem Yükü Y yönü
NG	NX_DEAD	Fiktif Zati yük X yönü
	NY_DEAD	Fiktif Zati yük Y yönü
	NX_SDEAD_COVER	Fiktif Kaplama yükü X yönü
	NY_SDEAD_COVER	Fiktif Kaplama yükü Y yönü
	NX_SDEAD_MECHANICAL	Fiktif Tesisat ve mekanik yükler X yönü
	NY_SDEAD_MECHANICAL	Fiktif Tesisat ve mekanik yükler Y yönü
	NX_SDEAD_WALL	Fiktif İç duvar yükleri X yönü
	NY_SDEAD_WALL	Fiktif İç duvar yükleri Y yönü
	NX_SDEAD_ADD	Fiktif Kompozit cephe yükleri X yönü
	NY_SDEAD_ADD	Fiktif Kompozit cephe yükleri Y yönü
NL NQ_r	NX_LIVE	Fiktif Hareketli yükler X yönü
	NY_LIVE	Fiktif Hareketli yükler Y yönü
	NX_LIVE_ROOF	Fiktif Hareketli Çatı Yükü X yönü
	NY_LIVE_ROOF	Fiktif Hareketli Çatı Yükü Y yönü
G*	G+NG	G yüklerine fiktif yükler yüklenmiş yük
Q*	Q+NL	Q yüklerine fiktif yükler yüklenmiş yük
Q_r*	Q _r +NQ _r _LIVE_ROOF	Q _r yüklerine fiktif yükler yüklenmiş yük

Çizelge 4.18. Analizde gözönüne alınan yük birleşimleri

YÜK BİRLEŞİMLERİ	ETABS PROGRAMINDAKİ KOMBİNASYONLAR	
1.4G*	COMB01	
1.2G* + 1.6Qr*	COMB02A-01	
1.2G* + 1.6S	COMB02A-02	
1.2G* + 1.6Q* + 0.5Qr*	COMB02B-01	
1.2G* + 1.6Q* + 0.5S	COMB02B-02	
1.2G* + 1.6Qr* + Q*	COMB03-01	
1.2G* + 1.6S + Q*	COMB03-02	
1.2G* + 1.6Qr* + 0.8Wx	COMB03-05 (WXN)	COMB03-06 (WXP)
1.2G* + 1.6Qr* + 0.8Wy	COMB03-07 (WYN)	COMB03-08(WYP)
1.2G* + 1.6S + 0.8Wx	COMB03-09(WXN)	COMB03-10 (WXP)
1.2G* + 1.6S + 0.8Wy	COMB03-11 (WYN)	COMB03-12(WYP)
1.2G* + 1.0Q* + 0.5Qr* + 1.6Wx	COMB04-01(WXN)	COMB04-02(WXP)
1.2G* + 1.0Q* + 0.5Qr* + 1.6Wy	COMB04-03(WYN)	COMB04-04(WYP)
1.2G* + 1.0Q* + 0.5S + 1.6Wx	COMB04-05(WXN)	COMB04-06(WXP)
1.2G* + 1.0Q* + 0.5S + 1.6Wy	COMB04-07(WYN)	COMB04-08(WYP)
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S + 1.0Ex + 0.3Ey + 0.3Ez	COMB05-01	1EX-ECC +0.3EY-ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S + 1.0Ex - 0.3Ey + 0.3Ez	COMB05-02	1EX-ECC +0.3EY+ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S - 1.0Ex + 0.3Ey + 0.3Ez	COMB05-03	1EX+ECC +0.3EY-ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S - 1.0Ex - 0.3Ey + 0.3Ez	COMB05-04	1EX+ECC +0.3EY+ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S + 1.0Ey + 0.3Ex + 0.3Ez	COMB05-05	0.3EX-ECC +1EY-ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S + 1.0Ey - 0.3Ex + 0.3Ez	COMB05-06	0.3EX-ECC +1EY+ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S - 1.0Ey + 0.3Ex + 0.3Ez	COMB05-07	0.3EX+ECC +1EY-ECC
1.2G* + 1.0Q* + 0.2S - 1.0Ey - 0.3Ex + 0.3Ez	COMB05-08	0.3EX+ECC +1EY+ECC
0.9G* + 1.6Wx	COMB06-01 WXN	COMB06-02 WXP
0.9G* + 1.6Wy	COMB06-03 WYN	COMB06-04 WYP
0.9G* + 1.0Ex + 0.3Ey - 0.3Ez	COMB07-01	1EX-ECC +0.3EY-ECC
0.9G* + 1.0Ex - 0.3Ey - 0.3Ez	COMB07-02	1EX-ECC +0.3EY+ECC
0.9G* - 1.0Ex + 0.3Ey -0.3Ez	COMB07-03	1EX+ECC +0.3EY-ECC
0.9G* - 1.0Ex - 0.3Ey - 0.3Ez	COMB07-04	1EX+ECC +0.3EY+ECC
0.9G* + 1.0Ey + 0.3Ex - 0.3Ez	COMB07-05	0.3EX-ECC +1EY-ECC
0.9G* + 1.0Ey - 0.3Ex - 0.3Ez	COMB07-06	0.3EX-ECC +1EY+ECC
0.9G* - 1.0Ey + 0.3Ex - 0.3Ez	COMB07-07	0.3EX+ECC +1EY-ECC
0.9G* - 1.0Ey - 0.3Ex - 0.3Ez	COMB07-08	0.3EX+ECC +1EY+ECC

4.5. TBDY 2018 Bölüm 13'e Göre Deprem Hesabı

4.5.1. Genel bilgiler

Bu tez kapsamında ele alınan bina modellerine ait bina yükseklik sınıfı $BYS = 1$ olarak belirlendiği için TBDY 2018 Bölüm 13'e göre 3 aşamalı analiz yapılması gerekmektedir. İlk olarak bina taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı faktörleri belirlenecektir. $BYS = 1$ olarak belirlenen bina modellerinin süneklik düzeyi, yüksek sünek yapı olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu süneklik düzeyi doğrultusunda R ve D katsayıları Çizelge 4.19'da TBDY 2018 Tablo 4.1'den çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina modeli için "C15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar"a ait katsayılar olarak, çerçeve tübüler sistem için "C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar"a ait katsayılar olarak belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında, Çizelge 4.19'dan çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina modeli için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R = 6$ Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D = 2.5$ olarak, çerçeve tübüler sistem için ise $R = 8$, $D = 3$ olarak alınmıştır. Bu bölümde Mersin merkez lokasyonunda çaprazlı kafes tübüler sistem için TBDY2018, Bölüm 13'e göre deprem hesabı detaylı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 4.19. Taşıyıcı sistem katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY 2018)

Tablo 4.1 (devamı)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar</i>	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	8	3	$BYS \geq 2$
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	6	2.5	$BYS \geq 2$
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–

4.5.2. Deprem yer hareketi düzeyleri

DD-1 deprem düzeyi: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 deprem düzeyi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 deprem düzeyi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-4 deprem düzeyi: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

4.5.3. Bina performans düzeyleri

Şekil 4.13'te taban kesme kuvveti – deplasman grafiği üzerinde performans düzeyleri görülmektedir. Bu performans düzeylerinin tanımı aşağıdaki şekildedir.

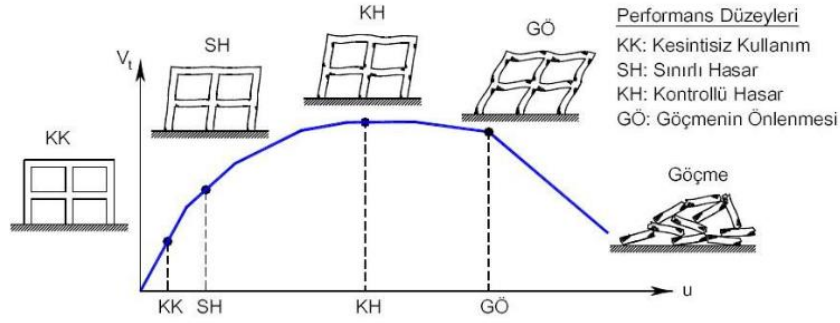
Kesintisiz kullanım (KK) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, binanın taşıyıcı sisteminde yapısal hasarın meydana gelmediği, gelse bile hasarların ihmal edilebildiği hasar türüne karşılık gelmektedir. Deprem sonrasında kullanılabilirlik açısından herhangi bir aksama yaşanmamaktadır.

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, binanın taşıyıcı sisteminde meydana gelen hasarların sınırlı düzeyde kaldığı diğer bir deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşılık gelmektedir.

Kontrollü hasar (KH) Performans düzeyi: Bu performans düzeyi, insanların can güvenliğini sağlamaya yönelik binanın taşıyıcı sisteminde çok ağır hasarların oluşmadığı, çoğunlukla onarılabilir hasarların olduğu hasar düzeyine karşılık gelmektedir.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi: Bu performans düzeyi, ileri derecede hasarın meydana geldiği göçme öncesindeki hasar durumuna karşılık gelen hasar düzeyidir. Bu performans düzeyinde amaç binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar (BYS = 1) için deprem tasarım sınıflarına göre performans hedefleri Çizelge 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Performans düzeyi (URL-21)

Çizelge 4.20. Deprem tasarım sınıflarına göre performans hedefleri (TBDY 2018)

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

4.5.4. Tasarım aşamaları

Aşama 1

Tasarımın 1. aşamasında, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi altında Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi hedeflenerek Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile analiz yapılacaktır. Yine bu hesap adımlarında TBDY 2018 - Bölüm 13 ile birlikte Bölüm 4, Bölüm 5, Bölüm 8 ve Bölüm 9 kısımları göz önünde bulundurulacaktır.

Aşama 2

Tasarımın 2. aşamasında, DD-4 deprem yer hareketi düzeyi altında Kesintisiz Kullanım (KK) performans düzeyi hedeflenerek Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile analiz yapılacaktır. Yine bu hesap adımlarında TBDY 2018 - Bölüm 13.5.1, Bölüm 13.5.2, Bölüm 13.5.3 ile birlikte Bölüm 4, Bölüm 5, Bölüm 8 ve Bölüm 9'daki ilgili kısımlar gözönünde bulundurulacaktır. Burada Aşama 2'de DTS 1a, 2a olan yapılar için DD-4 deprem yer hareket düzeyi altında Kesintisiz Kullanım (KK) performans düzeyinin yanında DD-3 deprem yer hareketi altında Sınırlı Hasar (SH) ileri performans hedefinin sağlanması da istenmektedir.

Aşama 3

Tasarımın 3. aşamasında, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi altında Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi hedeflenerek Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı ile analiz yapılacaktır. Yine bu hesap adımlarında TBDY 2018 - Bölüm 13 ile birlikte Bölüm 4, Bölüm 5, Bölüm 8 ve Bölüm 9'daki ilgili kısımlar göz önünde bulundurulacaktır. Tasarım aşamaları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Tasarım aşamaları

Tasarım aşaması	Tasarım aşaması 1	Tasarım Aşaması 2		Tasarım Aşaması 3	
Tasarım Türü	Ön tasarım	Değerlendirme		Değerlendirme	
		DTS 1, 2, 3, 3a ve 4a	DTS 1a ve 2a	DTS 1, 2, 3, 3a ve 4a	DTS 1a ve 2a
Deprem düzeyi	DD2	DD4	DD3	DD1	DD1
Hedef performans	KH	KK	SH	GÖ	KH
Analiz türü	DGT	DGT	ŞDGT	ŞDGT	ŞDGT
	DOĞRUSAL ANALİZ	DOĞRUSAL ANALİZ	DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ	DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ	DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ
	MOD BİRLEŞTİRME	MOD BİRLEŞTİRME	ZAMAN TANIM ALANINDA	ZAMAN TANIM ALANINDA	ZAMAN TANIM ALANINDA
Hesap Yöntemi	R ve D	R/I=1 D=1			
Sönüm oranı	5%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Ek Dışmerkezlilik	VAR	YOK	YOK	A1 VARSA A2>1.5 İSE VAR	A1 VARSA A2>1.5 İSE VAR

4.5.5. Tasarım aşaması 1

Bu tez kapsamında Ön tasarım aşamasında DD2 depremi altında Kontrollü Hasar performans düzeyi KH hedeflenmektedir. Bunun için Mod birleştirme yöntemi ile doğrusal analiz yapıp TBDY 2018 - Bölüm 13.4'e göre hesap adımları gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında Mersin merkez lokasyonunda çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina modelinin deprem hesabı için gerekli olan yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyotları olan T_A ve T_B değerleri Denklem (4.18) ve (4.19)'da verilmiştir. Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 8$ s alınmıştır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{D5}} = 0.066 \quad (4.18)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{D5}} = 0.329 \quad (4.19)$$

Yatay elastik spektrum formülleri, Denklem (4.20), (4.21), (4.22) ve (4.23)'te verilmiştir.

$$S_{ae} = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{Ds} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (4.20)$$

$$S_{ae} = S_{Ds} \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (4.21)$$

$$S_{ae} = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_B \leq T \leq T_L \quad (4.22)$$

$$S_{ae} = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad T_L \leq T \quad (4.23)$$

Düşey elastik spektruma ait değerler, Denklem (4.24), (4.25) ve (4.26)'da verilmiştir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} = 0.022 \quad (4.24)$$

$$T_{BD} = \frac{T_B}{3} = 0.110 \quad (4.25)$$

$$T_{LD} = \frac{T_L}{2} = 3.0 \quad (4.26)$$

Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ değerleri Denklem (4.27) ve Denklem (4.28)'teki şekilde belirlenmiştir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} = 6.0 \quad T > T_B \quad (4.27)$$

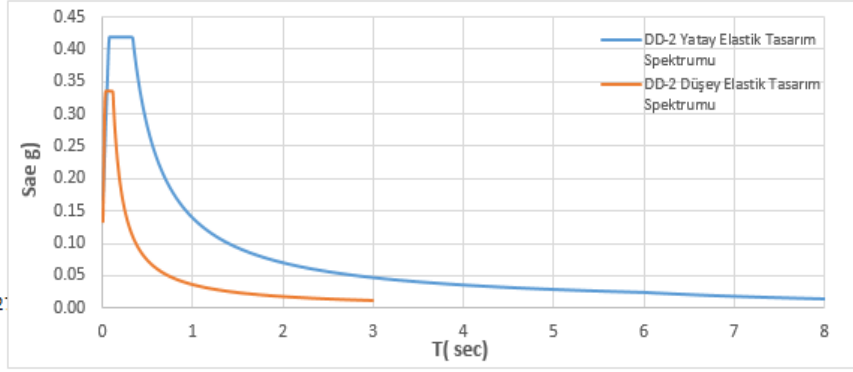
$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} = 2.5 \quad T \leq T_B \quad (4.28)$$

DD2 depremine göre yukarıda verilen denklemler kullanılarak yatay ve düşey elastik tasarım spektrum grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15).

Yatay Elastik tasarım spektrumları için azaltma yapılırken Düşey Elastik tasarımda bu durum söz konusu değildir.

DD-2 DEPREM DÜZEYİ

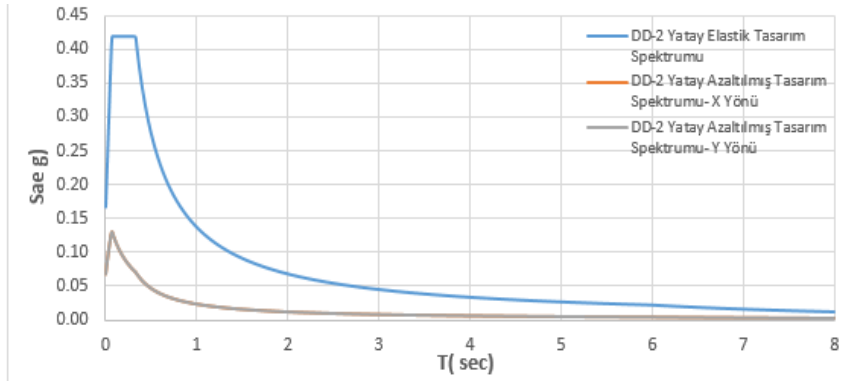
Sds	:0,4199
Sd1	:0,138
I	:1
Tx (sn)	:6,17
Ty (sn)	:6,17
Sae ^x (g)	:0,021
Sae ^y (g)	:0,021
Ra,x	:6
Ra,y	:6
Sar ^x (g)	:0,0036250062386882
Sar ^y (g)	:0,003



Şekil 4.14. Yatay deprem spektrumu

DD-3 DEPREM DÜZEYİ

Sds	:0,1495
Sd1	:0,0555
Sae ^x (g)	:0,008
Sae ^y (g)	:0,008
λ _x	:0,402
λ _y	:0,402



Şekil 4.15. DD-3 spektrumu

Modal Katkı Çarpanı ve Taban Kesme Kuvveti Modal Etkin Kütlesi: Verilen (X) deprem doğrultusu için, n'inci titreşim moduna ait modal katkı çarpanı (X) Γ_n ile binanın x eksen doğrultusundaki taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi (X) m_{txn} , Yönetmelik Denklem (4B.1) ile tanımlanmaktadır (TBDY 2018). Bu tez kapsamında yönetmelik gereği modal analizde %3 ten fazla katkısı olan modlar gözönüne alınmıştır. Her iki doğrultu için mod katkılarının toplamının en az %95 olması gerektiği ifade edilmektedir.

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i(X)n}}{\sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{ixn}^2 + m_i \Phi_{iyn}^2 + m_{i\theta} \Phi_{i\theta n}^2)} \quad (4.29)$$

$$m_{txn}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{ixn} \quad (4.30)$$

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95 m_t \quad (4.31)$$

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} \geq 0.95 m_t \quad (4.32)$$

4.5.6. Yapısal analiz sonuçları

Bu tez kapsamında oluşturulan merkezi çelik çaprazlı tübüler sistemin yapısal analizi ETABS programı ile gerçekleştirilmiştir. Mersin merkez lokasyonu için gerçekleştirilen bu analizler sonucunda elde edilen sistemin modal analiz sonuçları, periyot değerleri ve modlara ait X, Y, Z yönlerinde mod katkıları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kütle katılım oranları

Tablo: Kütle katılım oranları									
Yükleme	Adım Tipi	Adım Sayısı	Periyod	UX	UY	UZ	TopUX	TopUY	TopUZ
MODAL	Mode	1	6,15	0.6921	0	0	0.6921	0	0
MODAL	Mode	2	6,15	0	0.6921	0	0.6921	0.6921	0
MODAL	Mode	3	3.794	0	0	0	0.6921	0.6921	0
MODAL	Mode	4	2.171	0.1377	0	0	0.8298	0.6921	0
MODAL	Mode	5	2.171	0	0.1376	0	0.8298	0.8298	0
MODAL	Mode	6	1.395	0	0	0	0.8298	0.8298	0
MODAL	Mode	7	1.241	0.05	0	0	0.8798	0.8298	0
MODAL	Mode	8	1.241	0	0.05	0	0.8798	0.8798	0
MODAL	Mode	9	0.858	0	0	0	0.8798	0.8798	0
MODAL	Mode	10	0.845	0.0232	0	0	0.903	0.8798	0
MODAL	Mode	11	0.845	0	0.0232	0	0.903	0.903	0
MODAL	Mode	12	0.643	0	0.0153	0	0.903	0.9183	0
MODAL	Mode	13	0.643	0.0153	0	0	0.9183	0.9183	0
MODAL	Mode	14	0.591	0	0	0	0.9183	0.9183	0
MODAL	Mode	15	0.508	0	0.0118	0	0.9183	0.9301	0
MODAL	Mode	16	0.508	0.0118	0	0	0.9301	0.9301	0
MODAL	Mode	17	0.461	0	0	0.2846	0.9301	0.9301	0.2846
MODAL	Mode	18	0.46	0	0	0	0.9301	0.9301	0.2846
MODAL	Mode	19	0.459	0	3.09E-02	0	0.9301	0.9301	0.2846
MODAL	Mode	20	0.421	0.0074	0	0	0.9375	0.9301	0.2846
MODAL	Mode	21	0.42	0	0.0077	0	0.9375	0.9378	0.2846
MODAL	Mode	22	0.411	0.0004	0	0	0.9379	0.9378	0.2846
MODAL	Mode	23	0.41	0	0	0	0.9379	0.9378	0.2846
MODAL	Mode	24	0.373	0	0	0	0.9379	0.9378	0.2846
MODAL	Mode	25	0.356	0	0.0062	0	0.9379	0.944	0.2846
MODAL	Mode	26	0.356	0.0062	0	0	0.9441	0.944	0.2846
MODAL	Mode	27	0.312	0	0	0.3567	0.9441	0.944	0.6413

Çizelge 4.22.devamı. Kütle katılım oranları

Tablo: Kütle katılım oranları									
Yükleme	Adım Tipi	Adım Sayısı	Periyod	UX	UY	UZ	TopUX	TopUY	TopUZ
MODAL	Mode	28	0.307	0	0.0053	0	0.9441	0.9493	0.6413
MODAL	Mode	29	0.307	0	0	0	0.9441	0.9493	0.6413
MODAL	Mode	30	0.306	0.0054	0	0	0.9495	0.9493	0.6413
MODAL	Mode	31	0.284	0	0.0003	0	0.9495	0.9495	0.6413
MODAL	Mode	32	0.279	4.29E-05	0	0	0.9495	0.9495	0.6413
MODAL	Mode	33	0.276	0	0	0.0289	0.9495	0.9495	0.6702
MODAL	Mode	34	0.276	0	0	0	0.9495	0.9495	0.6702
MODAL	Mode	35	0.27	0	0	4.33E-05	0.9495	0.9495	0.6702
MODAL	Mode	36	0.268	0	0.0033	0	0.9495	0.9528	0.6702
MODAL	Mode	37	0.267	0	0	0	0.9495	0.9528	0.6702
MODAL	Mode	38	0.267	0.003	0	0	0.9525	0.9528	0.6702
MODAL	Mode	39	0.266	0.0013	0	0	0.9538	0.9528	0.6702
MODAL	Mode	40	0.266	0	0	0	0.9538	0.9528	0.6702

Yüksek binaların birinci aşama deprem hesabında Azaltılmış iç kuvvetlerin Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen taban kesme kuvvetlerine göre büyütme işlemi yaparken $V^{(x)}_{tE}$ ile birlikte $V_{t,min}$ minimum taban kesme kuvvetinin de gözönüne alınması gerekmektedir. m_t yapı kütlesi, S_{DS} : DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı'nı, g yerçekim ivmesi, α_H bina yüksekliğine (H_N) bağlı olarak belirlenen katsayı olmak üzere Denklem (4.33) ile hesaplanacaktır. İncelenen yapı modeli 259.2 m. yüksekliğinde olduğu için $\alpha_H = 0.5$ değeri alınmıştır.

$$V_{t,min} = 0.04 \alpha_H m_t S_{DS} g = 8644 \text{ kN} \quad (4.33)$$

$$\alpha_H = 1.0 \quad H_N \leq 105 \text{ m} \quad (4.34)$$

$$\alpha_H = 2.05 - 0.01 H_N \quad 105 \text{ m} < H_N \leq 155 \text{ m} \quad (4.35)$$

$$\alpha_H = 0.5 \quad 155 \text{ m} < H_N \quad (4.36)$$

TBDY 2018'e göre A1, B2 veya B3 yapı düzensizliklerinden herhangi birisinin bulunmaması durumunda, eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı olan γ_E değeri 0.90 olarak alınmakta, bu

düzensizliklerden birinin olması durumunda ise γ_E değerinin 0.80 olarak alınacağı belirtilmektedir. Yüksek binaların tasarımı aşamasında ise $\gamma_E = 1$ alınması gerekmektedir (TBDY 2018, Bölüm 13.4.3.4). Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü denklem (4.37) ile bulunmaktadır.

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} \quad (4.37)$$

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre, toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere Denklem (4.38) ile bulunmaktadır.

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.38)$$

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı Denklem (4.39) ile belirlenmektedir.

$$V_{tE} = \Delta F_{NE} + \sum_{i=1}^N F_{iE} \quad (4.39)$$

Bu tez çalışması kapsamında yapısal analizi yapılan 72 katlı Mersin merkez lokasyonu için çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip binanın eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözümü Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Eşdeğer deprem yükü yönteminde gerekli değerler

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ İÇİN GEREKLİ DEĞERLER			
S_{ds} (g)	0.4199	H_N (m)	259.2
S_{d1} (g)	0.138	Ct	0.07
T_A (s)	0.06573	$1.4 \cdot T_{PA}$	6.33
T_B (s)	0.32865		
T_1 (sec)	6		
R_x	6	R_y	6
D_x	2.5	D_y	2.5
I	1	mt (ton)	104927
T_x (s)	6.17	N	72
T_y (s)	6.17	Kontrol	TBDY 4.9

Çizelge 4.24. Eşdeğer deprem yükleri ve X yönü kat kesme kuvvetleri

EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ							
	T (s)	S _{ae} (g)	R _a	S _{aR} (g)	V _t (kN)	V _{t,min} (kN)	V _t (kN)
X Yönü	6.170	0.022	6.00	0.004	3731	8644	3731
Y Yönü	6.170	0.022	6.00	0.004	3731		3731

$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{IE}^{(X)}$

$\Delta F_{NE,x}$	2014.92	$F_{IE}^{(X)} = (V_{IE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$ $V_{IE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{IE}^{(X)}$
$\Delta F_{NE,y}$	2014.92	

X Yönü Kat Kesme Kuvvetleri						
V _t -ΔF _{NE,x}	1716					
Kat	H _{kat} (m)	m _{kat} (ton)	ΣH _{kat} (m)	m _i *H _i	F _{ie} (kN)	ΣF _{ie} (kN)
Story72	3.6	1457	259.2	377737	2062	2062
Story71	3.6	1457	255.6	372491	46	2108
Story70	3.6	1457	252	367244	46	2154
Story69	3.6	1457	248.4	361998	45	2199
Story68	3.6	1457	244.8	356752	44	2244
Story67	3.6	1457	241.2	351505	44	2287
Story66	3.6	1457	237.6	346259	43	2330
Story65	3.6	1457	234	341013	42	2373
Story64	3.6	1457	230.4	335766	42	2415
Story63	3.6	1457	226.8	330520	41	2456
Story62	3.6	1457	223.2	325274	40	2496
Story61	3.6	1457	219.6	320027	40	2536
Story60	3.6	1457	216	314781	39	2575
Story59	3.6	1457	212.4	309535	39	2614
Story58	3.6	1457	208.8	304288	38	2652
Story57	3.6	1457	205.2	299042	37	2689
Story56	3.6	1457	201.6	293796	37	2726
Story55	3.6	1457	198	288549	36	2761
Story54	3.6	1457	194.4	283303	35	2797
Story53	3.6	1457	190.8	278056	35	2831
Story52	3.6	1457	187.2	272810	34	2865
Story51	3.6	1457	183.6	267564	33	2899
Story50	3.6	1457	180	262317	33	2931
Story49	3.6	1457	176.4	257071	32	2963
Story48	3.6	1457	172.8	251825	31	2995

Çizelge 4.24-devamı. Eşdeğer deprem yükleri ve X yönü kat kesme kuvvetleri

X Yönü Kat Kesme Kuvvetleri						
Vt- $\Delta F_{NE,x}$	1716					
Kat	H,kat (m)	m,kat (ton)	$\Sigma H,kat$ (m)	$m_i \cdot H_i$	F_{ie} (kN)	ΣF_{ie} (kN)
Story47	3.6	1457	169.2	246578	31	3025
Story46	3.6	1457	165.6	241332	30	3055
Story45	3.6	1457	162	236086	29	3085
Story44	3.6	1457	158.4	230839	29	3113
Story43	3.6	1457	154.8	225593	28	3142
Story42	3.6	1457	151.2	220347	27	3169
Story41	3.6	1457	147.6	215100	27	3196
Story40	3.6	1457	144	209854	26	3222
Story39	3.6	1457	140.4	204608	25	3247
Story38	3.6	1457	136.8	199361	25	3272
Story37	3.6	1457	133.2	194115	24	3296
Story36	3.6	1457	129.6	188869	24	3320
Story35	3.6	1457	126	183622	23	3343
Story34	3.6	1457	122.4	178376	22	3365
Story33	3.6	1457	118.8	173130	22	3386
Story32	3.6	1457	115.2	167883	21	3407
Story31	3.6	1457	111.6	162637	20	3428
Story30	3.6	1457	108	157390	20	3447
Story29	3.6	1457	104.4	152144	19	3466
Story28	3.6	1457	100.8	146898	18	3484
Story27	3.6	1457	97.2	141651	18	3502
Story26	3.6	1457	93.6	136405	17	3519
Story25	3.6	1457	90	131159	16	3535
Story24	3.6	1457	86.4	125912	16	3551
Story23	3.6	1457	82.8	120666	15	3566
Story22	3.6	1457	79.2	115420	14	3580
Story21	3.6	1457	75.6	110173	14	3594
Story20	3.6	1457	72	104927	13	3607
Story19	3.6	1457	68.4	99681	12	3620
Story18	3.6	1457	64.8	94434	12	3631
Story17	3.6	1457	61.2	89188	11	3643
Story16	3.6	1457	57.6	83942	10	3653
Story15	3.6	1457	54	78695	10	3663

Çizelge 4.24-devamı. Eşdeğer deprem yükleri ve X yönü kat kesme kuvvetleri

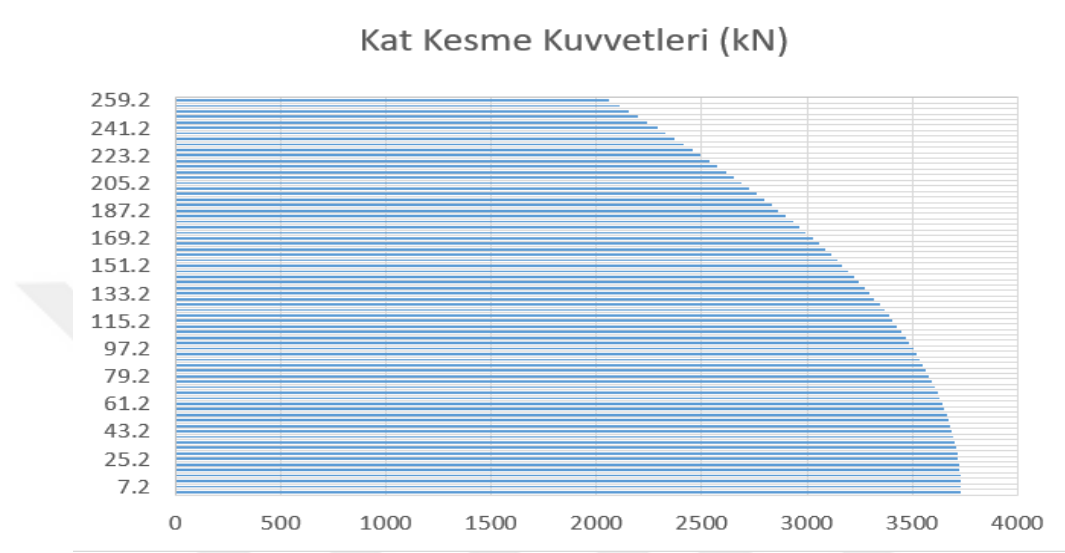
X Yönü Kat Kesme Kuvvetleri						
Vt- $\Delta F_{NE,x}$	1716					
Kat	H,kat (m)	m,kat (ton)	$\sum H,kat$ (m)	$m_i \cdot H_i$	F_{ie} (kN)	$\sum F_{ie}$ (kN)
Story14	3.6	1457	50.4	73449	9	3672
Story13	3.6	1457	46.8	68203	8	3680
Story12	3.6	1457	43.2	62956	8	3688
Story11	3.6	1457	39.6	57710	7	3695
Story10	3.6	1457	36	52463	7	3702
Story9	3.6	1457	32.4	47217	6	3708
Story8	3.6	1457	28.8	41971	5	3713
Story7	3.6	1457	25.2	36724	5	3718
Story6	3.6	1457	21.6	31478	4	3722
Story5	3.6	1457	18	26232	3	3725
Story4	3.6	1457	14.4	20985	3	3727
Story3	3.6	1457	10.8	15739	2	3729
Story2	3.6	1457	7.2	10493	1	3731
Story1	3.6	1457	3.6	5246	1	3731
			Σ	13787404	3731	

Şekil 4.16'da X ve Y yönleri için eşdeğer deprem yüklerinin değerleri görülmektedir.

TÜM YAPI			ÜST YAPI			RÜJİT BODRUM KONTROLÜ		
	Periyod	Kütle Kat.		Periyod	Kütle Kat.	Tall,x/Tup,x	1.0	OK
Tx	6.17		Tx	6.17		Tall,y/Tup,y	1.0	OK
Ty	6.17		Ty	6.17				
Hn (m)	259.2	Sds	0.4199	Rx	6	Ry	6	
Ct	0.07	Sd1	0.138	Dx	2.5	Dy	2.5	
Tpa	4.52	Ta	0.066	I	1			
1.4*Tpa	6.33	Tb	0.329	αh	0.5			
mt (ton)	104927	TI	6.000					
EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ								
	Periyod	Sae,DD-2	Ra	Sar	Vt (kN)	Vt,min (kN)	Vt (kN)	
X Yönü	6.17	0.022	6.00	0.004	3731.34	8644	8644	
Y Yönü	6.17	0.022	6.00	0.004	3731.34	8644	8644	
MOD BİRLEŞTİRME								
	Vt (kN)	β						
X Yönü	3642	2.37						
Y Yönü	3642	2.37						
Not : Mod Birleştirmeden elde edilen kuvvetler SRSS ile alınmıştır. Sae : Elastik ivme katsayısı Ra : Deprem azaltma katsayısı Sar : Azaltılmış ivme katsayısı Vt : Eşdeğer Deprem Yüğü β : Mod birleştirme deprem büyütme katsayısı								

Şekil 4.16. Eşdeğer deprem yükleri

Yüksek binaların birinci aşama deprem hesabında azaltılmış iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvveti'ne göre büyütülmesi işlemi yapılırken $V_{t,min}=8644$ kN değeri bulunmuştur. Bu değer mod birleştirme ile bulunan taban kesme kuvveti değeri $V_{tE}^{(X)} = 3642$ kN değerinden büyük olduğu için bu iki değer birbirine oranından mod birleştirme deprem büyütme katsayısı $\beta = 2.37$ olarak bulunmuştur. Şekil 4.17'de belirlenen kat kesme kuvvetleri görülmektedir.



Şekil 4.17. Kat kesme kuvvetleri

4.5.7. Etkin görelî kat ötelemeleri

Herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkı herhangi bir doğrultu için Denklem (4.40) ve (4.41) ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerde u_i ve u_{i-1} , binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yükleri'ne göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Bu yerdeğiştirme farkı bulunurken azaltılmış deprem yükleri altında %5 eksantrisite gözönünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir.

$$\Delta_i^{(x,y)} = u_i^{(x,y)} - u_{i-1}^{(x,y)} \quad (4.40)$$

$$\Delta_i^{(x,y)} = u_i^{(x,y)} - u_{i+1}^{(x,y)} \quad (4.41)$$

Herhangi bir doğrultu için ardışık iki kat arasındaki görelî kat ötelemesi Denklem (4.42) ile hesaplanmakta ve gerekli kontrol Denklem (4.43) ile yapılmaktadır.

$$\delta_i^{(x,y)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x,y)} \quad (4.42)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x,y)}}{h_i} < 0.0016 \kappa \quad (4.43)$$

Denklem (4.43)'te λ sayısı gözönüne alınan deprem doğrultusu için periyoda bağlı olarak DD3'e göre belirlenen elastik tasarım spektral ivmesinin, DD2'ye göre belirlenen elastik tasarım spektral ivmesine oranı olarak belirtilmektedir. h_i kat yüksekliğini göstermekte ve κ değerinin betonarme yapılar için 1, çelik yapılar için 0.5 olarak alınması gerekmektedir (TBDY 2018).

Bu tez kapsamında Mersin merkez lokasyonu için çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip incelenen yapıya ait görelî kat ötelemeleri için kullanılan değerler ve hesaplamalar, sırasıyla Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da verilmiştir. Benzer şekilde kat ötelemelerine ait grafik Şekil 4.18'de verilmiştir. Yapı simetrik olduğu için diğer yöne ait değerler de benzerdir.

Çizelge 4.25. Görelî kat ötelemeleri için kullanılan değerler

R_x	6
D_x	2.5
I	1
$S_{ds,x}$	0.402
$S_{ds,y}$	0.402

Çizelge 4.26. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

X YÖNÜ											
Görelî Kat Ötelemeleri											
Yükseklik (m)	Kat	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
259.2	Story72	X	0.000448	-0.000448	0.002688	-0.002688	0.001081043	-0.001081043	0.004	-0.004	OK
255.6	Story71	X	0.000464	-0.000464	0.002784	-0.002784	0.001119652	-0.001119652	0.004	-0.004	OK
252	Story70	X	0.000459	-0.000459	0.002754	-0.002754	0.001107587	-0.001107587	0.004	-0.004	OK
248.4	Story69	X	0.000453	-0.000453	0.002718	-0.002718	0.001093109	-0.001093109	0.004	-0.004	OK
244.8	Story68	X	0.000447	-0.000447	0.002682	-0.002682	0.00107863	-0.00107863	0.004	-0.004	OK
241.2	Story67	X	0.000447	-0.000447	0.002682	-0.002682	0.00107863	-0.00107863	0.004	-0.004	OK
237.6	Story66	X	0.00045	-0.00045	0.0027	-0.0027	0.00108587	-0.00108587	0.004	-0.004	OK
234	Story65	X	0.000458	-0.000458	0.002748	-0.002748	0.001105174	-0.001105174	0.004	-0.004	OK
230.4	Story64	X	0.000471	-0.000471	0.002826	-0.002826	0.001136543	-0.001136543	0.004	-0.004	OK
226.8	Story63	X	0.000488	-0.000488	0.002928	-0.002928	0.001177565	-0.001177565	0.004	-0.004	OK
223.2	Story62	X	0.000509	-0.000509	0.003054	-0.003054	0.001228239	-0.001228239	0.004	-0.004	OK
219.6	Story61	X	0.000523	-0.000523	0.003138	-0.003138	0.001262022	-0.001262022	0.004	-0.004	OK
216	Story60	X	0.000519	-0.000519	0.003114	-0.003114	0.00125237	-0.00125237	0.004	-0.004	OK
212.4	Story59	X	0.000515	-0.000515	0.00309	-0.00309	0.001242717	-0.001242717	0.004	-0.004	OK
208.8	Story58	X	0.000503	-0.000503	0.003018	-0.003018	0.001213761	-0.001213761	0.004	-0.004	OK
205.2	Story57	X	0.000493	-0.000493	0.002958	-0.002958	0.00118963	-0.00118963	0.004	-0.004	OK
201.6	Story56	X	0.000485	-0.000485	0.00291	-0.00291	0.001170326	-0.001170326	0.004	-0.004	OK
198	Story55	X	0.000482	-0.000482	0.002892	-0.002892	0.001163087	-0.001163087	0.004	-0.004	OK
194.4	Story54	X	0.000482	-0.000482	0.002892	-0.002892	0.001163087	-0.001163087	0.004	-0.004	OK
190.8	Story53	X	0.000487	-0.000487	0.002922	-0.002922	0.001175152	-0.001175152	0.004	-0.004	OK

Çizelge 4.26-devamı. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

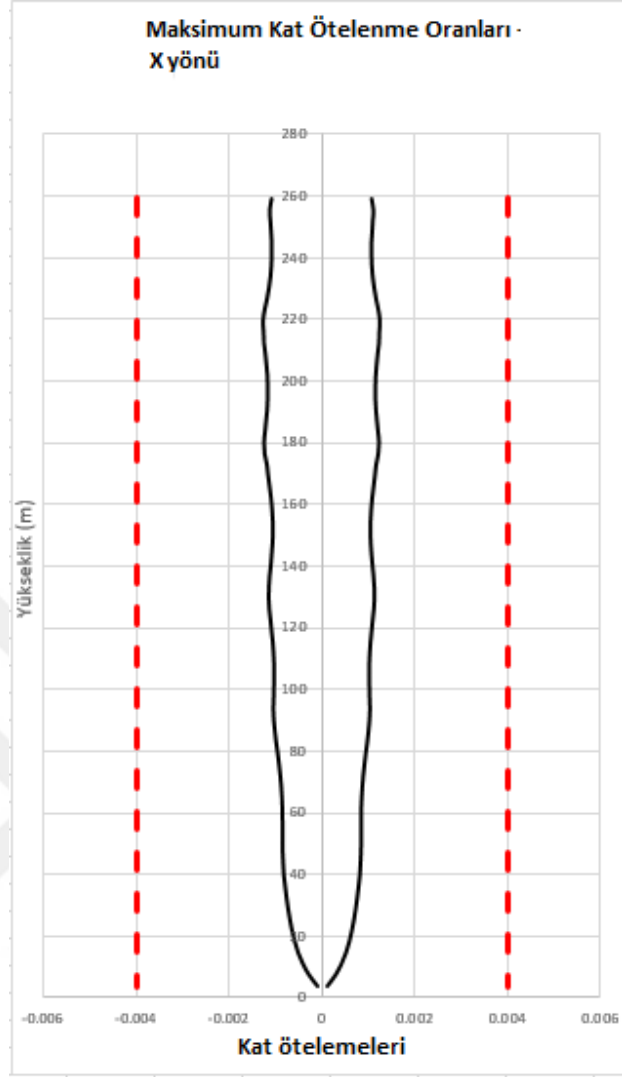
X YÖNÜ											
Görelî Kat Ötelemeleri											
Yükseklik (m)	Kat	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
187.2	Story52	X	0.000496	-0.000496	0.002976	-0.002976	0.00119687	-0.00119687	0.004	-0.004	OK
183.6	Story51	X	0.000506	-0.000506	0.003036	-0.003036	0.001221	-0.001221	0.004	-0.004	OK
180	Story50	X	0.000515	-0.000515	0.00309	-0.00309	0.001242717	-0.001242717	0.004	-0.004	OK
176.4	Story49	X	0.000509	-0.000509	0.003054	-0.003054	0.001228239	-0.001228239	0.004	-0.004	OK
172.8	Story48	X	4.89E-04	-0.000489	0.002934	-0.002934	0.001179978	-0.001179978	0.004	-0.004	OK
169.2	Story47	X	4.78E-04	-0.000478	0.002868	-0.002868	0.001153435	-0.001153435	0.004	-0.004	OK
165.6	Story46	X	4.65E-04	-0.000465	0.00279	-0.00279	0.001122065	-0.001122065	0.004	-0.004	OK
162	Story45	X	4.53E-04	-0.000453	0.002718	-0.002718	0.001093109	-0.001093109	0.004	-0.004	OK
158.4	Story44	X	4.44E-04	-0.000444	0.002664	-0.002664	0.001071391	-0.001071391	0.004	-0.004	OK
154.8	Story43	X	4.39E-04	-0.000439	0.002634	-0.002634	0.001059326	-0.001059326	0.004	-0.004	OK
151.2	Story42	X	4.37E-04	-0.000437	0.002622	-0.002622	0.0010545	-0.0010545	0.004	-0.004	OK
147.6	Story41	X	4.40E-04	-0.00044	0.00264	-0.00264	0.001061739	-0.001061739	0.004	-0.004	OK
144	Story40	X	4.47E-04	-0.000447	0.002682	-0.002682	0.00107863	-0.00107863	0.004	-0.004	OK
140.4	Story39	X	4.55E-04	-0.000455	0.00273	-0.00273	0.001097935	-0.001097935	0.004	-0.004	OK
136.8	Story38	X	4.65E-04	-0.000465	0.00279	-0.00279	0.001122065	-0.001122065	0.004	-0.004	OK
133.2	Story37	X	4.72E-04	-0.000472	0.002832	-0.002832	0.001138957	-0.001138957	0.004	-0.004	OK
129.6	Story36	X	4.74E-04	-0.000474	0.002844	-0.002844	0.001143783	-0.001143783	0.004	-0.004	OK
126	Story35	X	4.69E-04	-0.000469	0.002814	-0.002814	0.001131717	-0.001131717	0.004	-0.004	OK
122.4	Story34	X	4.58E-04	-0.000458	0.002748	-0.002748	0.001105174	-0.001105174	0.004	-0.004	OK
118.8	Story33	X	4.48E-04	-0.000448	0.002688	-0.002688	0.001081043	-0.001081043	0.004	-0.004	OK
115.2	Story32	X	4.38E-04	-0.000438	0.002628	-0.002628	0.001056913	-0.001056913	0.004	-0.004	OK

Çizelge 4.26-devamı. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

X YÖNÜ											
Görelî Kat Ötelemeleri											
Yükseklik (m)	Kat	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
111.6	Story31	X	4.31E-04	-0.000431	0.002586	-0.002586	0.001040022	-0.001040022	0.004	-0.004	OK
108	Story30	X	4.27E-04	-0.000427	0.002562	-0.002562	0.00103037	-0.00103037	0.004	-0.004	OK
104.4	Story29	X	4.26E-04	-0.000426	0.002556	-0.002556	0.001027957	-0.001027957	0.004	-0.004	OK
100.8	Story28	X	4.28E-04	-0.000428	0.002568	-0.002568	0.001032783	-0.001032783	0.004	-0.004	OK
97.2	Story27	X	4.30E-04	-0.00043	0.00258	-0.00258	0.001037609	-0.001037609	0.004	-0.004	OK
93.6	Story26	X	4.33E-04	-0.000433	0.002598	-0.002598	0.001044848	-0.001044848	0.004	-0.004	OK
90	Story25	X	4.29E-04	-0.000429	0.002574	-0.002574	0.001035196	-0.001035196	0.004	-0.004	OK
86.4	Story24	X	4.20E-04	-0.00042	0.00252	-0.00252	0.001013478	-0.001013478	0.004	-0.004	OK
82.8	Story23	X	4.09E-04	-0.000409	0.002454	-0.002454	0.000986935	-0.000986935	0.004	-0.004	OK
79.2	Story22	X	3.95E-04	-0.000395	0.00237	-0.00237	0.000953152	-0.000953152	0.004	-0.004	OK
75.6	Story21	X	3.83E-04	-0.000383	0.002298	-0.002298	0.000924196	-0.000924196	0.004	-0.004	OK
72	Story20	X	3.72E-04	-0.000372	0.002232	-0.002232	0.000897652	-0.000897652	0.004	-0.004	OK
68.4	Story19	X	3.64E-04	-0.000364	0.002184	-0.002184	0.000878348	-0.000878348	0.004	-0.004	OK
64.8	Story18	X	3.58E-04	-0.000358	0.002148	-0.002148	0.00086387	-0.00086387	0.004	-0.004	OK
61.2	Story17	X	3.54E-04	-0.000354	0.002124	-0.002124	0.000854217	-0.000854217	0.004	-0.004	OK
57.6	Story16	X	3.53E-04	-0.000353	0.002118	-0.002118	0.000851804	-0.000851804	0.004	-0.004	OK
54	Story15	X	3.52E-04	-0.000352	0.002112	-0.002112	0.000849391	-0.000849391	0.004	-0.004	OK
50.4	Story14	X	3.53E-04	-0.000353	0.002118	-0.002118	0.000851804	-0.000851804	0.004	-0.004	OK
46.8	Story13	X	3.51E-04	-0.000351	0.002106	-0.002106	0.000846978	-0.000846978	0.004	-0.004	OK

Çizelge 4.26-devamı. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

X YÖNÜ											
Görelî Kat Ötelemeleri											
Yükseklik (m)	Kat	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
43.2	Story 12	X	3.47E-04	-0.000347	0.002082	-0.002082	0.000837326	-0.000837326	0.004	-0.004	OK
39.6	Story 11	X	3.41E-04	-0.000341	0.002046	-0.002046	0.000822848	-0.000822848	0.004	-0.004	OK
36	Story 10	X	3.30E-04	-0.00033	0.00198	-0.00198	0.000796304	-0.000796304	0.004	-0.004	OK
32.4	Story 9	X	3.18E-04	-0.000318	0.001908	-0.001908	0.000767348	-0.000767348	0.004	-0.004	OK
28.8	Story 8	X	3.04E-04	-0.000304	0.001824	-0.001824	0.000733565	-0.000733565	0.004	-0.004	OK
25.2	Story 7	X	2.88E-04	-0.000288	0.001728	-0.001728	0.000694957	-0.000694957	0.004	-0.004	OK
21.6	Story 6	X	2.69E-04	-0.000269	0.001614	-0.001614	0.000649109	-0.000649109	0.004	-0.004	OK
18	Story 5	X	2.45E-04	-0.000245	0.00147	-0.00147	0.000591196	-0.000591196	0.004	-0.004	OK
14.4	Story 4	X	2.15E-04	-0.000215	0.00129	-0.00129	0.000518804	-0.000518804	0.004	-0.004	OK
10.8	Story 3	X	1.74E-04	-0.000174	0.001044	-0.001044	0.00041987	-0.00041987	0.004	-0.004	OK
7.2	Story 2	X	1.20E-04	-0.00012	0.00072	-0.00072	0.000289565	-0.000289565	0.004	-0.004	OK
3.6	Story 1	X	4.60E-05	-0.000046	0.000276	-0.000276	0.000111	-0.000111	0.004	-0.004	OK



Şekil 4.18. DD2 depremi altında yapıya ait etkin kat ötelemeleri grafiği

4.5.8. İkinci mertebe etkilerinin dikkate alınması

TBDY2018 uyarınca ikinci mertebe etkilerinin, daha kesin bir hesap yapılmadıkça aşağıdaki şekilde göz önüne alınması gerekmektedir. Göz önüne alınan herhangi bir deprem doğrultusunda her bir katta ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{\pi,i}^{(x,y)}$ Denklem (4.44) ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_{\pi,i}^{(x,y)} = \frac{(\Delta_i^{(x,y)})_{ort} \sum_{j=1}^N W_j}{V_i^{(x,y)} h_i} \quad (4.44)$$

Her bir kat için bulunan ikinci mertebe gösterge değerinin $\theta_{\pi,i}^{(x,y)}$ yönetmelik uyarınca aşılp aşılmadığı ile alakalı gerekli kontrol Denklem (4.45) ile sağlanmaktadır.

$$\theta_{\pi,max}^{(x,y)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (4.45)$$

Denklem (4.45)'te R ve D katsayıları sırasıyla taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısıdır (TBDY2018-Tablo 4.1). C_h ise sistemin doğrusal olmayan histerik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıdır. C_h değeri, çelik ve kompozit kolonlu binalar için 1 alınmaktadır. Bu tez kapsamında Mersin merkez lokasyonu için çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip incelenen yapıya ait ikinci mertebe etkileri ile ilgili değerler ve hesaplamalar sırasıyla Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28'de verilmiştir. Yapı simetrik olduğu için diğer yöne ait değerler de benzerdir.

Çizelge 4.27. İkinci mertebe etkileri için değerler

R_x	6
D_x	2.5
I	1
C_h	1

Çizelge 4.28. İkinci mertebe kontrolü

X YÖNÜ												
2. MERTEBE ETKİSİ KONTROLÜ												
Yükseklik (m)	Kat	Kat Yüksekliği	Max.Ortalama GKO	Min.Ortalama GKO	wi (ton)	Kat Kütlesi (ton)	Kat Kesme Kuvveti (kN)	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	Kontrol
259.2	Story72	3600	1.576	-1.576	1457	1457	2062	0.0003	-0.0003	0.05	-0.05	OK
255.6	Story71	3600	1.631	-1.631	1457	2915	2108	0.0006	-0.0006	0.05	-0.05	OK
252	Story70	3600	1.61	-1.61	1457	4372	2154	0.0009	-0.0009	0.05	-0.05	OK
248.4	Story69	3600	1.589	-1.589	1457	5829	2199	0.0012	-0.0012	0.05	-0.05	OK
244.8	Story68	3600	1.566	-1.566	1457	7287	2244	0.0014	-0.0014	0.05	-0.05	OK
241.2	Story67	3600	1.563	-1.563	1457	8744	2287	0.0017	-0.0017	0.05	-0.05	OK
237.6	Story66	3600	1.573	-1.573	1457	10201	2330	0.0019	-0.0019	0.05	-0.05	OK
234	Story65	3600	1.602	-1.602	1457	11659	2373	0.0022	-0.0022	0.05	-0.05	OK
230.4	Story64	3600	1.65	-1.65	1457	13116	2415	0.0025	-0.0025	0.05	-0.05	OK
226.8	Story63	3600	1.71	-1.71	1457	14573	2456	0.0028	-0.0028	0.05	-0.05	OK
223.2	Story62	3600	1.783	-1.783	1457	16031	2496	0.0032	-0.0032	0.05	-0.05	OK
219.6	Story61	3600	1.831	-1.831	1457	17488	2536	0.0035	-0.0035	0.05	-0.05	OK
216	Story60	3600	1.82	-1.82	1457	18945	2575	0.0037	-0.0037	0.05	-0.05	OK
212.4	Story59	3600	1.804	-1.804	1457	20402	2614	0.0039	-0.0039	0.05	-0.05	OK
208.8	Story58	3600	1.761	-1.761	1457	21860	2652	0.0040	-0.0040	0.05	-0.05	OK
205.2	Story57	3600	1.724	-1.724	1457	23317	2689	0.0042	-0.0042	0.05	-0.05	OK
201.6	Story56	3600	1.694	-1.694	1457	24774	2726	0.0043	-0.0043	0.05	-0.05	OK
198	Story55	3600	1.68	-1.68	1457	26232	2761	0.0044	-0.0044	0.05	-0.05	OK

Çizelge 4.28-devamı. İkinci merteye kontrolü

X YÖNÜ												
2. MERTEBE ETKİSİ KONTROLÜ												
Yükseklik (m)	Kat	Kat Yüksekliği	Max.Ortalama GKO	Min.Ortalama GKO	wi (ton)	Kat Kütlesi (ton)	Kat Kesme Kuvveti (kN)	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	Kontrol
194.4	Story54	3600	1.681	-1.681	1457	27689	2797	0.0046	-0.0046	0.05	-0.05	OK
190.8	Story53	3600	1.698	-1.698	1457	29146	2831	0.0049	-0.0049	0.05	-0.05	OK
187.2	Story52	3600	1.73	-1.73	1457	30604	2865	0.0051	-0.0051	0.05	-0.05	OK
183.6	Story51	3600	1.765	-1.765	1457	32061	2899	0.0054	-0.0054	0.05	-0.05	OK
180	Story50	3600	1.798	-1.798	1457	33518	2931	0.0057	-0.0057	0.05	-0.05	OK
176.4	Story49	3600	1.779	-1.779	1457	34976	2963	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
172.8	Story48	3600	1.71	-1.71	1457	36433	2995	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
169.2	Story47	3600	1.673	-1.673	1457	37890	3025	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
165.6	Story46	3600	1.624	-1.624	1457	39348	3055	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
162	Story45	3600	1.583	-1.583	1457	40805	3085	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
158.4	Story44	3600	1.549	-1.549	1457	42262	3113	0.0058	-0.0058	0.05	-0.05	OK
154.8	Story43	3600	1.53	-1.53	1457	43720	3142	0.0059	-0.0059	0.05	-0.05	OK
151.2	Story42	3600	1.525	-1.525	1457	45177	3169	0.0060	-0.0060	0.05	-0.05	OK
147.6	Story41	3600	1.534	-1.534	1457	46634	3196	0.0062	-0.0062	0.05	-0.05	OK
144	Story40	3600	1.557	-1.557	1457	48092	3222	0.0065	-0.0065	0.05	-0.05	OK
140.4	Story39	3600	1.587	-1.587	1457	49549	3247	0.0067	-0.0067	0.05	-0.05	OK
136.8	Story38	3600	1.623	-1.623	1457	51006	3272	0.0070	-0.0070	0.05	-0.05	OK
133.2	Story37	3600	1.647	-1.647	1457	52463	3296	0.0073	-0.0073	0.05	-0.05	OK
129.6	Story36	3600	1.655	-1.655	1457	53921	3320	0.0075	-0.0075	0.05	-0.05	OK

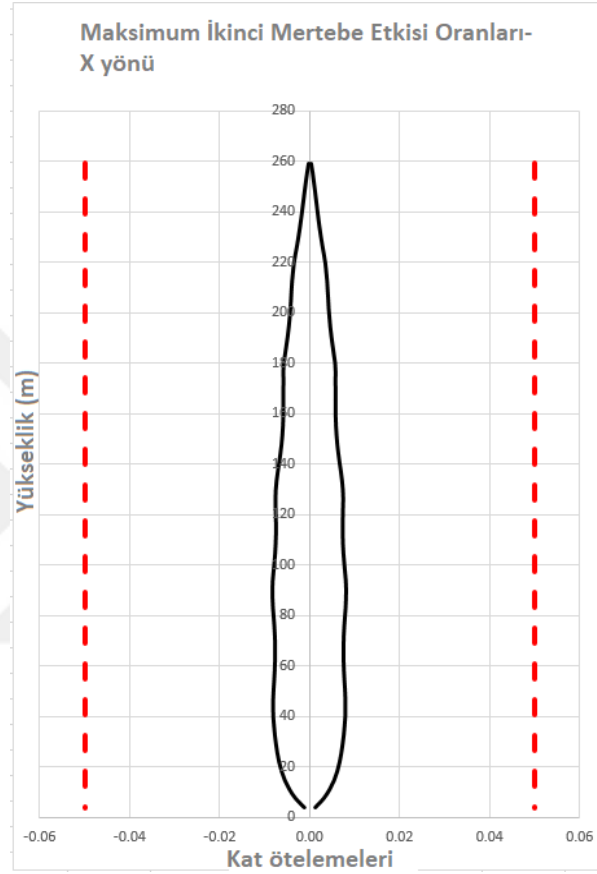
Çizelge 4.28-devamı. İkinci mertebe kontrolü

X YÖNÜ												
2. MERTEBE ETKİSİ KONTROLÜ												
Yükseklik (m)	Kat	Kat Yüksekliği	Max.Ortalama GKO	Min.Ortalama GKO	wi (ton)	Kat Kütlesi (ton)	Kat Kesme Kuvveti (kN)	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	Kontrol
126	Story35	3600	1.638	-1.638	1457	55378	3343	0.0075	-0.0075	0.05	-0.05	OK
122.4	Story34	3600	1.597	-1.597	1457	56835	3365	0.0075	-0.0075	0.05	-0.05	OK
118.8	Story33	3600	1.558	-1.558	1457	58293	3386	0.0074	-0.0074	0.05	-0.05	OK
115.2	Story32	3600	1.522	-1.522	1457	59750	3407	0.0074	-0.0074	0.05	-0.05	OK
111.6	Story31	3600	1.497	-1.497	1457	61207	3428	0.0074	-0.0074	0.05	-0.05	OK
108	Story30	3600	1.483	-1.483	1457	62665	3447	0.0075	-0.0075	0.05	-0.05	OK
104.4	Story29	3600	1.479	-1.479	1457	64122	3466	0.0076	-0.0076	0.05	-0.05	OK
100.8	Story28	3600	1.485	-1.485	1457	65579	3484	0.0078	-0.0078	0.05	-0.05	OK
97.2	Story27	3600	1.495	-1.495	1457	67037	3502	0.0079	-0.0079	0.05	-0.05	OK
93.6	Story26	3600	1.504	-1.504	1457	68494	3519	0.0081	-0.0081	0.05	-0.05	OK
90	Story25	3600	1.493	-1.493	1457	69951	3535	0.0082	-0.0082	0.05	-0.05	OK
86.4	Story24	3600	1.461	-1.461	1457	71409	3551	0.0082	-0.0082	0.05	-0.05	OK
82.8	Story23	3600	1.424	-1.424	1457	72866	3566	0.0081	-0.0081	0.05	-0.05	OK
79.2	Story22	3600	1.374	-1.374	1457	74323	3580	0.0079	-0.0079	0.05	-0.05	OK
75.6	Story21	3600	1.329	-1.329	1457	75781	3594	0.0078	-0.0078	0.05	-0.05	OK
72	Story20	3600	1.29	-1.29	1457	77238	3607	0.0077	-0.0077	0.05	-0.05	OK
68.4	Story19	3600	1.26	-1.26	1457	78695	3620	0.0076	-0.0076	0.05	-0.05	OK
64.8	Story18	3600	1.239	-1.239	1457	80153	3631	0.0076	-0.0076	0.05	-0.05	OK
61.2	Story17	3600	1.226	-1.226	1457	81610	3643	0.0076	-0.0076	0.05	-0.05	OK

Çizelge 4.28-devamı. İkinci mertebe kontrolü

X YÖNÜ												
2. MERTEBE ETKİSİ KONTROLÜ												
Yükseklik (m)	Kat	Kat Yüksekliği	Max.Ortalama GKO	Min.Ortalama GKO	wi (ton)	Kat Kütlesi (ton)	Kat Kesme Kuvveti (kN)	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	$\theta_{II,max}$	$\theta_{II,min}$	Kontrol
57.6	Story16	3600	1.221	-1.221	1457	83067	3653	0.0077	-0.0077	0.05	-0.05	OK
54	Story15	3600	1.219	-1.219	1457	84525	3663	0.0078	-0.0078	0.05	-0.05	OK
50.4	Story14	3600	1.221	-1.221	1457	85982	3672	0.0079	-0.0079	0.05	-0.05	OK
46.8	Story13	3600	1.215	-1.215	1457	87439	3680	0.0080	-0.0080	0.05	-0.05	OK
43.2	Story12	3600	1.201	-1.201	1457	88896	3688	0.0080	-0.0080	0.05	-0.05	OK
39.6	Story11	3600	1.178	-1.178	1457	90354	3695	0.0080	-0.0080	0.05	-0.05	OK
36	Story10	3600	1.14	-1.14	1457	91811	3702	0.0079	-0.0079	0.05	-0.05	OK
32.4	Story9	3600	1.097	-1.097	1457	93268	3708	0.0077	-0.0077	0.05	-0.05	OK
28.8	Story8	3600	1.047	-1.047	1457	94726	3713	0.0074	-0.0074	0.05	-0.05	OK
25.2	Story7	3600	0.99	-0.99	1457	96183	3718	0.0071	-0.0071	0.05	-0.05	OK
21.6	Story6	3600	0.923	-0.923	1457	97640	3722	0.0067	-0.0067	0.05	-0.05	OK
18	Story5	3600	0.839	-0.839	1457	99098	3725	0.0062	-0.0062	0.05	-0.05	OK
14.4	Story4	3600	0.733	-0.733	1457	100555	3727	0.0055	-0.0055	0.05	-0.05	OK
10.8	Story3	3600	0.591	-0.591	1457	102012	3729	0.0045	-0.0045	0.05	-0.05	OK
7.2	Story2	3600	0.408	-0.408	1457	103470	3731	0.0031	-0.0031	0.05	-0.05	OK
3.6	Story1	3600	0.157	-0.157	1457	104927	3731	0.0012	-0.0012	0.05	-0.05	OK

Yapılan hesaplamalar neticesinde yapıda ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması durumu oluşmamaktadır. Bu tez kapsamında, ÇYTHYE 2018 uyarınca doğrudan analiz metodu kullanılmıştır. Kullanılan bu yapısal analiz yöntemi gereği ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir. DD2 depremi altında yapıya ait etkin kat ötelemeleri grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. DD2 depremi altında yapıya ait etkin kat ötelemeleri grafiği

4.5.9. İkinci mertebe etkilerinin dikkate alınması

TBDY2018 uyarınca herhangi bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin (Δ_{imax}) o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelemesi (Δ_{iort}) oranının 1.2 değerini aşması durumu A1-Burulma düzensizliği olarak belirtilmektedir (Denklem 4.46 ve 4.47). Bu oran burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} olarak adlandırılmaktadır. Bu hesaplama %5 ek dış merkezlik etkileri dikkate alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmaktadır.

$$\Delta_{iort} = \frac{1}{2}(\Delta_{imax} + \Delta_{imin}) \quad (4.46)$$

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{imax}}{\Delta_{imin}} > 1.2 \quad (4.47)$$

Bu tez kapsamında incelenen Mersin merkez lokasyonu için çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip yapıya ait burulma düzensizliği durumu Çizelge 4.29'da verilmiştir. Yapı her iki yönde simetrik ve kare formunda olduğu için A1 burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

Çizelge 4.29. A1 burulma düzensizliği kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yük	Yükleme Tipi	Yön	Max. ötelenme	Ort. ötelenme	Oran	Oran	Kontrol
					mm	mm			
259.2	Story72	EQX	LinStatic	X	2.792	2.792	1	-1	OK
255.6	Story71	EQX	LinStatic	X	2.857	2.854	1.001	-1.001	OK
252	Story70	EQX	LinStatic	X	2.902	2.896	1.002	-1.002	OK
248.4	Story69	EQX	LinStatic	X	2.957	2.948	1.003	-1.003	OK
244.8	Story68	EQX	LinStatic	X	2.969	2.958	1.004	-1.004	OK
241.2	Story67	EQX	LinStatic	X	3.012	2.997	1.005	-1.005	OK
237.6	Story66	EQX	LinStatic	X	3.027	3.013	1.005	-1.005	OK
234	Story65	EQX	LinStatic	X	3.088	3.071	1.006	-1.006	OK
230.4	Story64	EQX	LinStatic	X	3.149	3.131	1.006	-1.006	OK
226.8	Story63	EQX	LinStatic	X	3.244	3.223	1.007	-1.007	OK
223.2	Story62	EQX	LinStatic	X	3.348	3.325	1.007	-1.007	OK
219.6	Story61	EQX	LinStatic	X	3.44	3.415	1.008	-1.008	OK
216	Story60	EQX	LinStatic	X	3.479	3.453	1.008	-1.008	OK
212.4	Story59	EQX	LinStatic	X	3.5	3.471	1.008	-1.008	OK
208.8	Story58	EQX	LinStatic	X	3.452	3.422	1.009	-1.009	OK
205.2	Story57	EQX	LinStatic	X	3.447	3.414	1.01	-1.01	OK
201.6	Story56	EQX	LinStatic	X	3.414	3.38	1.01	-1.01	OK
198	Story55	EQX	LinStatic	X	3.425	3.388	1.011	-1.011	OK
194.4	Story54	EQX	LinStatic	X	3.422	3.385	1.011	-1.011	OK
190.8	Story53	EQX	LinStatic	X	3.472	3.433	1.011	-1.011	OK
187.2	Story52	EQX	LinStatic	X	3.545	3.505	1.011	-1.011	OK
183.6	Story51	EQX	LinStatic	X	3.657	3.615	1.012	-1.012	OK
180	Story50	EQX	LinStatic	X	3.814	3.77	1.012	-1.012	OK
176.4	Story49	EQX	LinStatic	X	3.937	3.89	1.012	-1.012	OK
172.8	Story48	EQX	LinStatic	X	4.008	3.96	1.012	-1.012	OK

Çizelge 4.29-devamı. A1 burulma düzensizliği kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Yön	Max. ötelenme	Ort. ötelenme	Oran	Oran	Kontrol
					mm	mm			
169.2	Story47	EQX	LinStatic	X	3.985	3.936	1.012	-1.012	OK
165.6	Story46	EQX	LinStatic	X	3.833	3.784	1.013	-1.013	OK
162	Story45	EQX	LinStatic	X	3.752	3.7	1.014	-1.014	OK
158.4	Story44	EQX	LinStatic	X	3.656	3.603	1.015	-1.015	OK
154.8	Story43	EQX	LinStatic	X	3.622	3.567	1.015	-1.015	OK
151.2	Story42	EQX	LinStatic	X	3.59	3.535	1.016	-1.016	OK
147.6	Story41	EQX	LinStatic	X	3.618	3.561	1.016	-1.016	OK
144	Story40	EQX	LinStatic	X	3.688	3.63	1.016	-1.016	OK
140.4	Story39	EQX	LinStatic	X	3.797	3.738	1.016	-1.016	OK
136.8	Story38	EQX	LinStatic	X	3.976	3.916	1.016	-1.016	OK
133.2	Story37	EQX	LinStatic	X	4.123	4.059	1.016	-1.016	OK
129.6	Story36	EQX	LinStatic	X	4.248	4.184	1.015	-1.015	OK
126	Story35	EQX	LinStatic	X	4.191	4.127	1.016	-1.016	OK
122.4	Story34	EQX	LinStatic	X	3.939	3.875	1.017	-1.017	OK
118.8	Story33	EQX	LinStatic	X	3.781	3.715	1.018	-1.018	OK
115.2	Story32	EQX	LinStatic	X	3.618	3.552	1.019	-1.019	OK
111.6	Story31	EQX	LinStatic	X	3.534	3.466	1.02	-1.02	OK
108	Story30	EQX	LinStatic	X	3.464	3.395	1.02	-1.02	OK
104.4	Story29	EQX	LinStatic	X	3.457	3.387	1.021	-1.021	OK
100.8	Story28	EQX	LinStatic	X	3.503	3.433	1.02	-1.02	OK
97.2	Story27	EQX	LinStatic	X	3.589	3.517	1.02	-1.02	OK
93.6	Story26	EQX	LinStatic	X	3.763	3.69	1.02	-1.02	OK
90	Story25	EQX	LinStatic	X	3.926	3.851	1.019	-1.019	OK
86.4	Story24	EQX	LinStatic	X	4.123	4.048	1.019	-1.019	OK
82.8	Story23	EQX	LinStatic	X	4.04	3.964	1.019	-1.019	OK
79.2	Story22	EQX	LinStatic	X	3.692	3.617	1.021	-1.021	OK
75.6	Story21	EQX	LinStatic	X	3.46	3.384	1.022	-1.022	OK
72	Story20	EQX	LinStatic	X	3.242	3.166	1.024	-1.024	OK
68.4	Story19	EQX	LinStatic	X	3.108	3.031	1.025	-1.025	OK
64.8	Story18	EQX	LinStatic	X	2.996	2.918	1.027	-1.027	OK
61.2	Story17	EQX	LinStatic	X	2.939	2.86	1.027	-1.027	OK
57.6	Story16	EQX	LinStatic	X	2.929	2.85	1.028	-1.028	OK
54	Story15	EQX	LinStatic	X	2.955	2.876	1.028	-1.028	OK
50.4	Story14	EQX	LinStatic	X	3.076	2.995	1.027	-1.027	OK
46.8	Story13	EQX	LinStatic	X	3.235	3.154	1.026	-1.026	OK

Çizelge 4.29-devamı. A1 burulma düzensizliği kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Yön	Max. ötelenm	Ort. ötelenme	Oran	Oran	Kontrol
					mm	mm			
43.2	Story12	EQX	LinStatic	X	3.513	3.432	1.024	-1.024	OK
39.6	Story11	EQX	LinStatic	X	3.412	3.33	1.024	-1.024	OK
36	Story10	EQX	LinStatic	X	2.998	2.917	1.028	-1.028	OK
32.4	Story9	EQX	LinStatic	X	2.719	2.637	1.031	-1.031	OK
28.8	Story8	EQX	LinStatic	X	2.488	2.406	1.034	-1.034	OK
25.2	Story7	EQX	LinStatic	X	2.324	2.242	1.037	-1.037	OK
21.6	Story6	EQX	LinStatic	X	2.176	2.094	1.039	-1.039	OK
18	Story5	EQX	LinStatic	X	2.048	1.966	1.042	-1.042	OK
14.4	Story4	EQX	LinStatic	X	1.923	1.84	1.045	-1.045	OK
10.8	Story3	EQX	LinStatic	X	1.807	1.722	1.049	-1.049	OK
7.2	Story2	EQX	LinStatic	X	1.639	1.55	1.057	-1.057	OK
3.6	Story1	EQX	LinStatic	X	0.877	0.821	1.068	-1.068	OK

Yapıda A2 döşeme süreksizliği durumu incelendiğinde kattaki toplam boşluğun kat brüt alanının 1/3'ün den fazla olmadığından A2 düzensizlik durumu yoktur.

$$\frac{\text{boşluk alanı}}{\text{brüt alan}} = \frac{12 \times 12}{36 \times 36} = 1/9 < 1/3 \quad (4.48)$$

Yapıda herhangi bir çıkıntı bulunmadığı için A3 Düzensizlik durumu yoktur.

Yapıda Komşu katlar arasında etkili kesme alanları arasında büyük farklar olmadığı için ve çelik-beton kompozit yapı olduğu için B1 Düzensizlik durumu yoktur.

Yapıda komşu katlar arasında birinin diğerine göre aşırı öteleme yapması B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak adlandırılarak bu oranının 2 değerini aşmaması gerekmektedir. Bu oran yumuşak kat düzensizliği katsayısı η_{ki} olarak adlandırılmaktadır (Denklem 4.49 ve 4.50). Bu hesaplama %5 ek dış merkezlik etkileri dikkate alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmaktadır.

$$\eta_{ki1} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}} > 2 \quad (4.49)$$

$$\eta_{ki2} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}} > 2 \quad (4.50)$$

Bu tez kapsamında incelenen Mersin merkez lokasyonu için çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip yapıya ait komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) - B2 durumu Çizelge 4.30'da verilmiştir. İncelenen yapı modelinde her iki yöndede B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) bulunmamaktadır.

Çizelge 4.30. B2 burulma düzensizliği kontrolü kontrolü

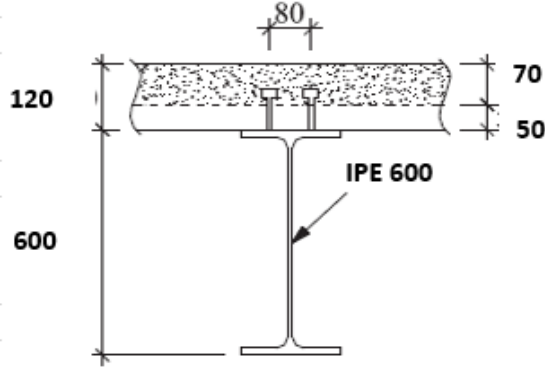
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Yön	Ort. ötelenme	Hi (mm)	$\Delta i/H_i$	η_{ki2}	η_{ki1}	Kontrol
					mm					
259.2	Story72	EQX	LinStatic	X	2.792	3600	0.000776	0.978	1.022	OK
255.6	Story71	EQX	LinStatic	X	2.854	3600	0.000793	0.985	1.015	OK
252	Story70	EQX	LinStatic	X	2.896	3600	0.000804	0.982	1.018	OK
248.4	Story69	EQX	LinStatic	X	2.948	3600	0.000819	0.997	1.003	OK
244.8	Story68	EQX	LinStatic	X	2.958	3600	0.000822	0.987	1.013	OK
241.2	Story67	EQX	LinStatic	X	2.997	3600	0.000833	0.995	1.005	OK
237.6	Story66	EQX	LinStatic	X	3.013	3600	0.000837	0.981	1.019	OK
234	Story65	EQX	LinStatic	X	3.071	3600	0.000853	0.981	1.020	OK
230.4	Story64	EQX	LinStatic	X	3.131	3600	0.00087	0.971	1.029	OK
226.8	Story63	EQX	LinStatic	X	3.223	3600	0.000895	0.969	1.032	OK
223.2	Story62	EQX	LinStatic	X	3.325	3600	0.000924	0.974	1.027	OK
219.6	Story61	EQX	LinStatic	X	3.415	3600	0.000949	0.989	1.011	OK
216	Story60	EQX	LinStatic	X	3.453	3600	0.000959	0.995	1.005	OK
212.4	Story59	EQX	LinStatic	X	3.471	3600	0.000964	1.014	0.986	OK
208.8	Story58	EQX	LinStatic	X	3.422	3600	0.000951	1.002	0.998	OK
205.2	Story57	EQX	LinStatic	X	3.414	3600	0.000948	1.010	0.990	OK
201.6	Story56	EQX	LinStatic	X	3.38	3600	0.000939	0.998	1.002	OK
198	Story55	EQX	LinStatic	X	3.388	3600	0.000941	1.001	0.999	OK
194.4	Story54	EQX	LinStatic	X	3.385	3600	0.00094	0.986	1.014	OK
190.8	Story53	EQX	LinStatic	X	3.433	3600	0.000954	0.979	1.021	OK
187.2	Story52	EQX	LinStatic	X	3.505	3600	0.000974	0.970	1.031	OK
183.6	Story51	EQX	LinStatic	X	3.615	3600	0.001004	0.959	1.043	OK
180	Story50	EQX	LinStatic	X	3.77	3600	0.001047	0.969	1.032	OK
176.4	Story49	EQX	LinStatic	X	3.89	3600	0.001081	0.982	1.018	OK
172.8	Story48	EQX	LinStatic	X	3.96	3600	0.0011	1.006	0.994	OK
169.2	Story47	EQX	LinStatic	X	3.936	3600	0.001093	1.040	0.961	OK
165.6	Story46	EQX	LinStatic	X	3.784	3600	0.001051	1.023	0.978	OK
162	Story45	EQX	LinStatic	X	3.7	3600	0.001028	1.027	0.974	OK
158.4	Story44	EQX	LinStatic	X	3.603	3600	0.001001	1.010	0.990	OK
154.8	Story43	EQX	LinStatic	X	3.567	3600	0.000991	1.009	0.991	OK
151.2	Story42	EQX	LinStatic	X	3.535	3600	0.000982	0.993	1.007	OK

Çizelge 4.30-devamı. B2 burulma düzensizliği kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Yön	Ort. ötelenme	Hi (mm)	$\Delta i/H_i$	η_{ki2}	η_{ki1}	Kontrol
					mm					
147.6	Story41	EQX	LinStatic	X	3.561	3600	0.000989	0.981	1.019	OK
144	Story40	EQX	LinStatic	X	3.63	3600	0.001008	0.971	1.030	OK
140.4	Story39	EQX	LinStatic	X	3.738	3600	0.001038	0.955	1.048	OK
136.8	Story38	EQX	LinStatic	X	3.916	3600	0.001088	0.965	1.037	OK
133.2	Story37	EQX	LinStatic	X	4.059	3600	0.001128	0.970	1.031	OK
129.6	Story36	EQX	LinStatic	X	4.184	3600	0.001162	1.014	0.986	OK
126	Story35	EQX	LinStatic	X	4.127	3600	0.001146	1.065	0.939	OK
122.4	Story34	EQX	LinStatic	X	3.875	3600	0.001076	1.043	0.959	OK
118.8	Story33	EQX	LinStatic	X	3.715	3600	0.001032	1.046	0.956	OK
115.2	Story32	EQX	LinStatic	X	3.552	3600	0.000987	1.025	0.976	OK
111.6	Story31	EQX	LinStatic	X	3.466	3600	0.000963	1.021	0.980	OK
108	Story30	EQX	LinStatic	X	3.395	3600	0.000943	1.002	0.998	OK
104.4	Story29	EQX	LinStatic	X	3.387	3600	0.000941	0.987	1.014	OK
100.8	Story28	EQX	LinStatic	X	3.433	3600	0.000954	0.976	1.024	OK
97.2	Story27	EQX	LinStatic	X	3.517	3600	0.000977	0.953	1.049	OK
93.6	Story26	EQX	LinStatic	X	3.69	3600	0.001025	0.958	1.044	OK
90	Story25	EQX	LinStatic	X	3.851	3600	0.00107	0.951	1.051	OK
86.4	Story24	EQX	LinStatic	X	4.048	3600	0.001124	1.021	0.979	OK
82.8	Story23	EQX	LinStatic	X	3.964	3600	0.001101	1.096	0.912	OK
79.2	Story22	EQX	LinStatic	X	3.617	3600	0.001005	1.069	0.936	OK
75.6	Story21	EQX	LinStatic	X	3.384	3600	0.00094	1.069	0.936	OK
72	Story20	EQX	LinStatic	X	3.166	3600	0.000879	1.045	0.957	OK
68.4	Story19	EQX	LinStatic	X	3.031	3600	0.000842	1.039	0.963	OK
64.8	Story18	EQX	LinStatic	X	2.918	3600	0.000811	1.020	0.980	OK
61.2	Story17	EQX	LinStatic	X	2.86	3600	0.000794	1.004	0.997	OK
57.6	Story16	EQX	LinStatic	X	2.85	3600	0.000792	0.991	1.009	OK
54	Story15	EQX	LinStatic	X	2.876	3600	0.000799	0.960	1.041	OK
50.4	Story14	EQX	LinStatic	X	2.995	3600	0.000832	0.950	1.053	OK
46.8	Story13	EQX	LinStatic	X	3.154	3600	0.000876	0.919	1.088	OK
43.2	Story12	EQX	LinStatic	X	3.432	3600	0.000953	1.031	0.970	OK
39.6	Story11	EQX	LinStatic	X	3.33	3600	0.000925	1.142	0.876	OK
36	Story10	EQX	LinStatic	X	2.917	3600	0.00081	1.106	0.904	OK
32.4	Story9	EQX	LinStatic	X	2.637	3600	0.000733	1.096	0.912	OK
28.8	Story8	EQX	LinStatic	X	2.406	3600	0.000668	1.073	0.932	OK
25.2	Story7	EQX	LinStatic	X	2.242	3600	0.000623	1.071	0.934	OK
21.6	Story6	EQX	LinStatic	X	2.094	3600	0.000582	1.065	0.939	OK
18	Story5	EQX	LinStatic	X	1.966	3600	0.000546	1.068	0.936	OK

4.6.1. Kompozit Tali Kirişlerin Boyutlandırılması

İncelenen çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip bina modelinde tali kirişler çelik – beton kompozit yapı elemanı olarak gözönüne alınmıştır. Hesaplama adımları aşağıdaki şekilde açıklanmıştır. Şekil 4.21’de çelik–beton kompozit tali kiriş enkesiti görülmektedir.



Şekil 4.21. Çelik-beton kompozit tali kiriş kesiti

Çelik profile ait enkesit özellikleri:

Kesit: IPE 600

$A_g = 15600 \text{ mm}^2$, $d=600 \text{ mm}$, $h=514 \text{ mm}$, $b_f = 220 \text{ mm}$, $t_f = 19 \text{ mm}$, $t_w = 12 \text{ mm}$,
 $I_x = 92080 \text{ cm}^4$

Çelik ankrajlar:

19/100 $F_u=450 \text{ N/mm}^2$

Çelik döşeme sacı:

$h_f = 50 \text{ mm}$ $w_f = 165 \text{ mm}$ $t_{sac} = 1.2 \text{ mm}$

Karakteristik beton dayanımı ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12. 2.3(a) uyarınca

$$20 \text{ N/mm}^2 < 30 \text{ N/mm}^2 < 70 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark \quad (4.52)$$

Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.3(c) uyarınca

$$F_y = 355 \text{ N/mm}^2 < 460 \text{ N/mm}^2 \quad (4.53)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.3 uyarınca

$$h_f = 50 \text{ mm} < 75 \text{ mm} \quad \checkmark \quad (4.54)$$

$$w_f = 165 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \quad \checkmark \quad (4.55)$$

Şekil verilmiş çelik döşeme sacı ve başlıklı çelik ankraj Yönetmelik koşullarının kontrolü:

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.3 uyarınca,

$$(d) h_r = 50\text{mm} = 75\text{mm} \checkmark \quad (4.56)$$

$$w_r = 165\text{mm} = 50\text{mm} \checkmark \quad (4.57)$$

$$(e) h_{sa} - t_{sac} - h_r = 100 - 1.2 - 50 = 48.8\text{mm} \geq 38\text{mm} \checkmark \quad (4.58)$$

$$h_c - t_{sac} - h_{sa} = 120 - 1.2 - 100 = 18.8\text{mm} \geq 12\text{mm} \checkmark \quad (4.59)$$

$$(f) h_c - h_r = 120 - 50 = 70\text{mm} \geq 50\text{mm} \quad (4.60)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.1 uyarınca,

$$d_{sa} = 19\text{mm} \leq 19\text{mm} \quad (4.61)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2 uyarınca,

$$h_{sa} = 100\text{mm} \geq 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \quad (4.62)$$

Yapım aşaması

Yapım aşamasında düşey yerdeğiştirme (sehim) kontrolü:

Sabit yükler:

Çelik sac + beton : 2.5 kN/m²

Hareketli yükler (beton dökümü aşamasındaki yükler): 1.0 kN/m²

Kiriş ağırlığı, $w_g = 1.0 \text{ kN/m}$ alınarak,

$$w_G = (2 \times 2.5 + 1) = 6 \text{ kN/m}$$

olmak üzere, IPE 600 enkesitli çelik kirişte sabit yükler altında düşey yerdeğiştirme,

$$\Delta_1 = \frac{5w_G L^4}{384EI} = \frac{5 * 6 * 12000^4}{384 * 200000 * 92080 * 10^4} = 8.79 \text{ mm} \leq L/360 = 33.33\text{mm} \quad (4.63)$$

Yapım aşamasında hareketli yük etkisi,

$$w_Q = (1 \times 2) = 2 \text{ kN/m} \quad (4.64)$$

$$\Delta_2 = \frac{5w_Q L^4}{384EI} = \frac{5 \times 2 \times 7500^4}{384 \times 200000 \times 92080 \times 10^4} = 2.93 \text{ mm} \quad (4.65)$$

Toplam düşey yerdeğiştirme

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 8.79 + 2.93 = 11.73 \text{ mm} < L/300 = 12000/300 = 40 \text{ mm} \checkmark \quad (4.66)$$

Kompozit kirişin karakteristik eğilme momenti dayanımının belirlenmesi

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.1 (a) uyarınca,

$$\frac{h}{t_w} = \frac{514}{12} = 42.83 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 89.25 \text{ uygun} \quad (4.67)$$

Kompozit kirişte döşeme etkin genişliği

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.1(a) ve (b) maddeleri uyarınca,

$$b'_1 \leq \frac{L}{8} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ m} \quad (4.68)$$

$$b'_2 \leq \frac{L_a}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ m} \quad (4.69)$$

$$\text{Min}(b'_1, b'_2) = (1.5, 1) = 1 \text{ m} \quad (4.70)$$

$$b = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m} \quad (4.71)$$

Çelik sac hadveleri çelik kirişin boyuna eksenine dik yerleştirildiğinden çelik sacın üst kotunun altında kalan betonun katkısı tasarımda ihmal edilecektir.

$$A_c = (2000 \times 70) = 140000 \text{ mm}^2$$

Kompozit tali kirişte tarafsız eksenin yerinin belirlenmesi ile kesitte oluşan basınç ve çekme kuvvetleri Şekil 3.20'de görülmektedir. Kompozit kirişin tasarımında gözönüne alınacak basınç kuvveti, C değerleri Denklem (4.72) ve (4.73) gözönüne alınarak,

$$C_s = P_{yt} = F_y \times A_s = 355 \times 15600 / 1000 = 5538 \text{ kN} \quad (4.72)$$

$$C_c = 0.85 \times f_{ck} \times A_c = 0.85 \times 30 \times 140000 / 1000 = 3570 \text{ kN} \quad (4.73)$$

$C_s \leq C_c$ ise tarafsız eksen döşeme içindedir.

$C_s > C_c$ ise tarafsız eksen döşeme dışındadır.

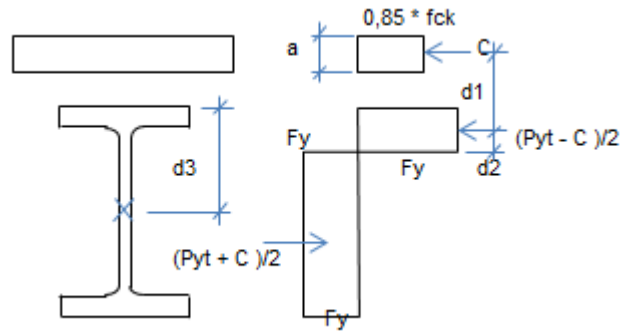
$C_s = 5538 \text{ kN} > C_c = 3570 \text{ kN}$ olduğundan tarafsız eksen döşeme dışındadır (Şekil 4.22).

$$a = \frac{C}{0.85 \times b \times f_{ck}} = \frac{3570 \times 1000}{0.85 \times 30 \times 2000} = 70 \text{ mm} \quad (4.74)$$

$$C_c + F_y \times A_{sc} = P_{yt} - F_y \times A_{sc} \quad (4.75)$$

$$A_{sc} = (P_{yt} - C_c) / (2 \times F_y) = (5538 - 3570) / (2 \times 355 / 1000) = 2772 \text{ mm}^2 \quad (4.76)$$

olduğundan plastik tarafsız eksenin çelik enkesitinin başlığının üstünden uzaklığı veya basınçta kalan başlık kalınlığı,



Şekil 4.22. Kompozit tali kiriş tarafsız eksenin belirlenmesi

$$t'_f = A_{sc} / b = 2772 / 220 = 12.6 < t_f = 19 \text{ mm} \quad (4.77)$$

$$y = \frac{d}{2} + h_c - \frac{d}{2} = 4662539 / 12828 = 363.5 \text{ mm} \quad (4.78)$$

Şekil 4.22’de d_1 : beton basınç bloğu ağırlık merkezi ile çelik enkesiti üst kotu arasındaki uzaklığı, d_2 : çelik enkesitinin bir bölümü basınç enkesitinde olduğunda bu bölümün ağırlık merkezi ile çelik enkesit üst kotu arasındaki uzaklığı (çelik enkesiti basınç etkisinde değilse $d_2=0$ alınacaktır), d_3 : çelik enkesitin üst kotu ile ağırlık merkezinin arasındaki uzaklığı göstermektedir.

$$M_n = C_c(d_1 + d_2) + P_{yt}(d_3 - d_2) \quad (4.79)$$

$$d_1 = 120 - 70/2 = 85 \text{ mm} \quad d_2 = 6,3 \text{ mm} \quad d_3 = 600/2 = 300 \text{ mm}$$

$$M_n = 3570 / 1000 \times (85 + 6.3) + 5538 \times (300 - 6.3) / 1000 = 1952 \text{ kNm} \quad (4.80)$$

Kompozit kiriş yükleri:

Sabit yükler:

$$\text{Çelik sac + beton} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sıva + kaplama} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Hareketli yükler} = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_G = (4 \times 2 + 1) = 9 \text{ kN/m}$$

$$w_Q = 3.5 \times 2 = 7 \text{ kN/m}$$

YDKT yöntemine göre kompozit kirişte gerekli eğilme momenti dayanımı

$$w_u = 1.2 \times 9 + 1.6 \times 7 = 22 \text{ kN/m} \quad (4.81)$$

$$M_u = \frac{w_u \times L^2}{8} = 16 \times 12^2 / 8 = 396 \text{ kNm} \quad (4.82)$$

Kompozit kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü

$$M_d = \Phi_x \times M_n = 0.90 \times 1952 = 1757 \text{ kNm} \quad (4.83)$$

$$\frac{M_u}{M_d} = 396 / 1757 = 0.225 < 1 \text{ uygun} \quad (4.84)$$

Başlık çelik ankrajlarının sayısı ve verleşimi

Beton elastisite modülü, ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.1 uyarınca

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}} = 0.043 \cdot 2400^{1.5} \sqrt{30} = 27691 \text{ N/mm}^2 \quad (4.85)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2 uyarınca

$$A_{sa} = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 19^2}{4} = 284 \text{ mm}^2 \quad (4.86)$$

Kiriş boyunca eksenine dik olarak yerleştirildiğinde aynı hadve içerisinde iki adet çelik ankrajın kaynaklanması durumunda ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.1 uyarınca,

$e_{og} \geq 50 \text{ mm}$ olduğunda (ÇYTHYE 2018 yönetmeliği Tablo 12.6)

$$R_g = 0.85 \quad (4.87)$$

$$R_p = 0.75 \quad (4.88)$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_{ck}} E_c \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

$$Q_n = 0.5 \times 283.5 \times \sqrt{30 \times 27691} = 129197 \text{ N} \quad (4.89)$$

$$Q_n = R_g R_p A_{sa} F_u = 0.85 \times 0.75 \times 283.5 \times 450 = 81329 \text{ N} \quad (4.90)$$

$$Q_n = 81329 \text{ N} = 81.33 \text{ kN} \quad (4.91)$$

Tam etkileşimli kompozit kiriş varsayımı ile, karakteristik eğilme momenti dayanımını belirleyen basınç kuvveti,

$$(C_c ; C_s)_{\min} = 3570 \text{ kN} \quad (4.92)$$

$$V' = 3570 \text{ kN} \quad (4.93)$$

$$N_{ankraj} = \frac{V'}{Q_n} = \frac{3570}{81.33} = 44 \text{ adet} \quad (4.94)$$

Kullanılacak ankraj miktarı = 2 x 44 = 88 adet

Çelik ankraj sayısının belirlenmesinde, kısmi etkileşimli dayanımın en az, tam etkileşimli dayanımın yarısına eşit olması önerilmektedir. Kısmi etkileşim için maksimum moment ile eğilme momentinin sıfır olduğu en yakın nokta (mesnet) arasında kullanılacak çelik ankraj sayısı:

$$(C_c ; C_s)_{\min} = 3570 \text{ kN} \times 0.5 = 1785 \text{ kN} \quad (4.95)$$

$N_{ankraj} = 32$ adet seçildiğinde

$$\sum Q_n = 32 \times 81.33 = 2603 \text{ kN} \quad (4.96)$$

$$C = V' = 2603 \text{ kN} \leq A_s \times F_y = 5538 \text{ kN} \quad (4.97)$$

Bu durumda, plastik tarafsız eksen çelik kiriş içinde olacaktır. Tarafsız eksenin başlıkta olduğu kabulü ile, başlıkta tarafsız eksenin derinliği,

$$P_{yt} - C_s = (A_s F_y - b_f t'_f F_y) - b_f t'_f F_y = V' \quad (4.98)$$

$$5538 - 220 \times t'_f \times 355 / 1000 - 220 \times t'_f \times 355 / 1000 = 2603 \quad (4.99)$$

$$t'_f = 18.19 \text{ mm} < t_f = 19 \text{ mm} \quad (4.100)$$

Çizelge 4.31. Tali kiriş için kesit özellikleri

	A (mm ²)	y (mm)	A x y (mm ³)
IPE 600	15600	300	4680000
$b_f t'_f$	220 x (-18.19)	18.19 / 2 = 9.39	-38842.6
Toplam	11465.91		4641157

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{4641157}{11465} = 404.8 \text{ mm} \quad (4.101)$$

Beton basınç bloğunun derinliği

$$a = \frac{C}{0.85 \times b \times f_{ck}} = \frac{2603 \times 1000}{0.85 \times 30 \times 2000} = 51.04 \text{ mm} \quad (4.102)$$

Çelik enkesitin basınç etkisindeki başlık bölümünde basınç kuvveti dayanımı

$$C_s = b t_f' F_y = 220 \times 18.19 \times 355 / 1000 = 1468 \text{ kNm} \quad (4.103)$$

Kısmi etkileşimli kompozit kirişin karakteristik eğilme momenti dayanımı,

$$M_n = C \left(\bar{y} + h_c - \frac{a}{2} \right) + C_s \left(\bar{y} - \frac{t_f'}{2} \right) \quad (4.104)$$

$$M_n = 2603 \left(404.8 + 120 - \frac{51.04}{2} \right) 10^{-3} + 1468 \left(404.8 - \frac{18.79}{2} \right) 10^{-3} = 1880 \text{ kNm} \quad (4.105)$$

Kısmi etkileşimli kompozit kirişte gerekli eğilme momenti dayanımı

$$w_u = 1.2 \times 9 + 1.6 \times 7 = 22 \text{ kN/m} \quad (4.106)$$

$$M_u = \frac{w_u \times L^2}{8} = 22 \times 12^2 / 8 = 396 \text{ kNm} \quad (4.107)$$

Kısmi etkileşimli kompozit kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü

$$M_d = \Phi_x \times M_n = 0.90 \times 1880 = 1692 \text{ kNm} \quad (4.108)$$

$$\frac{M_u}{M_d} = 396 / 1692 = 0.234 < 1 \text{ uygun} \quad (4.109)$$

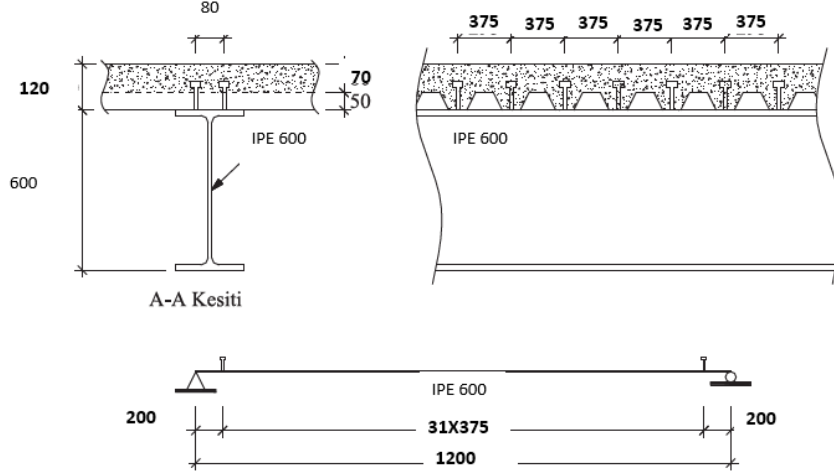
CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.3 uyarınca maksimum moment ile eğilme momentinin sıfır olduğu en yakın nokta (mesnet) arasında kullanılacak çelik ankraj sayısı 32 olmak üzere kiriş açıklığında 64 adet ankraj elemanı yeterlidir.

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.4(d) uyarınca çelik ankrajların merkezleri arasındaki minimum uzaklık çapının 4 katı olmalıdır.

$$80 > 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \quad (4.110)$$

$$374.2 > 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \quad (4.111)$$

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.4(e) uyarınca, başlıklı çelik ankrajların, merkezleri arasındaki maksimum uzaklık döşeme kalınlığının 8 katını veya 900 mm aşmamalıdır. $375 \text{ mm} < (8h_c = 8 \times 120 = 960 \text{ mm veya } 900 \text{ mm})$ uygun (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Kompozit tali kiriş ankraj yerleşimi

Kısmi etkileşimli kompozit kirişte düşey yerdeğiştirme (sehim) kontrolü:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{27691} = 7.22 \quad (4.112)$$

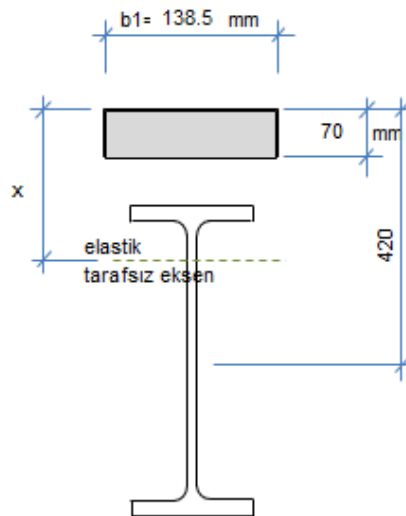
ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.3 uyarınca, beton döşeme genişliği, $2n$ oranında azaltılarak sehim kontrolleri yapılmıştır. Eşdeğer çelik enkesit için genişlik (Şekil 4.24):

$$b_1 = \frac{b}{2n} = \frac{200000}{2 \times 7.22} = 138.5 \text{ mm} \quad (4.113)$$

Elastik tarafsız eksenin çelik enkesitte olduğu varsayımı ile,

$$15600 \times (420 - x) = (138.5 \times 70) \times (x - 70/2) = 0 \quad (4.114)$$

$$x = 272.5 \text{ mm} > h_c = 120 \text{ mm} \quad (4.115)$$



Şekil 4.24. Kompozit tali kiriş eşdeğer çelik enkesiti

$$I_{tr}=92080(10^4)+15600x(420-272.5)^2+\frac{138.5x70^3}{12}+138.5x70x(272.5-70/2)^2=1810845154 \text{ mm}^4 \quad (4.116)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.3 uyarınca, kısmi etkileşimli kompozit kirişlerde enkesit atalet momenti,

$$I=0.75 \left[I_s + \sqrt{\frac{\sum Q_n}{\min(A_s F_y, 0.85 f_{ck} A_c)}} (I_{tr} - I_s) \right] \quad (4.117)$$

$$I=0.75 \left[920800000 + \sqrt{\frac{2603}{\min(5538, 3570)}} (1810845154 - 920800000) \right] = 1148232342 \text{ mm}^4$$

Hareketli yük etkisinde kompozit kirişin düşey yerdeğiştirmesi:

Hareketli yük için:

$w_q = 3.5 \times 2 = 7 \text{ kN/m}$ alınarak,

$$\Delta_3 = \frac{5w_q L^4}{384EI} = \frac{5 \times 7 \times 1200^4}{384 \times 200000 \times 1148232342} = 8.23 \text{ mm} \leq L/360 = 33.33 \text{ mm} \quad (4.118)$$

Sabit yükler (sıva+kaplama) için

$w_q = 2 \times 2 = 4 \text{ kN/m}$ alınarak,

$$\Delta_4 = \frac{5w_q L^4}{384EI} = \frac{5 \times 4 \times 1200^4}{384 \times 200000 \times 1148232342} = 4.70 \text{ mm} \quad (4.119)$$

Toplam düşey yerdeğiştirme

$$\Delta_1 + \Delta_3 + \Delta_4 = 7.33 + 8.23 + 4.70 = 20.26 \text{ mm} \leq L/300 = 40 \text{ mm} \quad (4.120)$$

Kirişin karakteristik kesme kuvveti dayanımının belirlenmesi:

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 10.2.1'e göre,

$$\frac{h}{\tau_w} = \frac{514}{12} = 42.83 < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 53.17 \text{ uygun} \quad (4.121)$$

$$C_v = 1 \quad (4.122)$$

$$V_n = 0.60 F_y A_w C_{vl} = 0.60 \times 355 \times 600 \times 1/1000 = 1534 \text{ kN} \quad (4.123)$$

Kompozit kirişte gerekli kesme kuvveti dayanımı

$$w_u = 1.2 \times 9 + 1.6 \times 7 = 22 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{w_u \times L}{2} = 22 \times 12 / 2 = 132 \text{ kN/m}$$

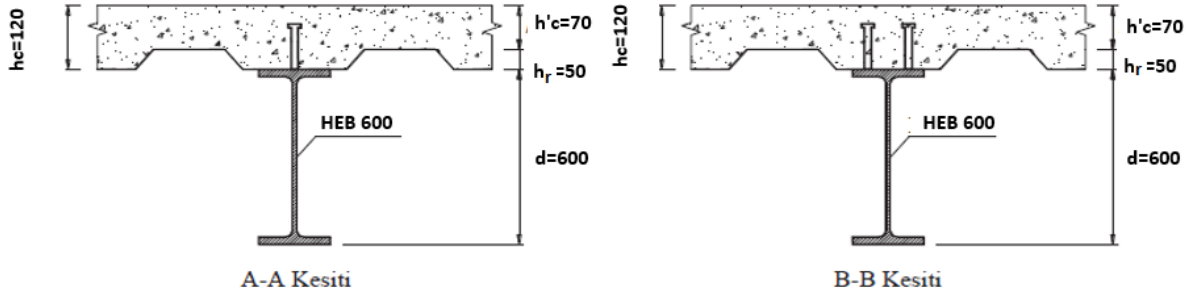
Kısmi etkileşimli kompozit kirişin tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü

$$V_d = \Phi_x \times V_n = 1 \times 1534 = 1534 \text{ kNm} \quad (4.124)$$

$$\frac{V_u}{V_d} = 132/1534 = 0.086 < 1 \text{ uygun} \quad (4.125)$$

4.6.2. Ana Tali Kirişlerin Boyutlandırılması

Ana tali kirişlerin çelik kesiti olarak HE600B profili seçilmiştir (Şekil 4.25):



Şekil 4.25. Kompozit ana tali kiriş kesitleri

Celik profile ait enkesit özellikleri:

Kesit: HEB 600

$A_g = 27000 \text{ mm}^2$, $d = 600 \text{ mm}$, $h = 486 \text{ mm}$, $b_f = 300 \text{ mm}$, $t_f = 30 \text{ mm}$, $t_w = 15.5 \text{ mm}$,
 $I_x = 200000 \text{ cm}^4$

Celik ankrajlar:

19/100 $F_u = 450 \text{ N/mm}^2$

Celik döşeme sacı:

$h_r = 50 \text{ mm}$, $w_r = 165 \text{ mm}$, $t_{sac} = 1.2 \text{ mm}$ (4.126)

Karakteristik beton dayanımı yönetmelik 12.2.3(a) uyarınca

$20 \text{ N/mm}^2 < 30 \text{ N/mm}^2 < 70 \text{ N/mm}^2 \checkmark$ (4.127)

Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.3(c) uyarınca

$F_y = 355 \text{ N/mm}^2 < 460 \text{ N/mm}^2$ (4.128)

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.3 uyarınca

$h_r = 50 \text{ mm} < 75 \text{ mm} \checkmark$ (4.129)

$w_r = 165 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \checkmark$ (4.130)

Şekil verilmiş çelik döşeme sacı ve başlıklı çelik ankraj Yönetmelik koşullarının kontrolü

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.3 uyarınca,

(d) $h_r = 50 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$

$w_r = 165 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$

$$(e) h_{sa} - t_{sac} - h_r = 100 - 1.2 - 50 = 48.8 \text{ mm} \geq 38 \text{ mm} \checkmark$$

$$h_c - t_{sac} - h_{sa} = 120 - 1.2 - 100 = 18.8 \text{ mm} \geq 12 \text{ mm} \checkmark \quad (4.131)$$

$$(f) h_c - h_r = 120 - 50 = 70 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \checkmark \quad (4.132)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.1 uyarınca,

$$d_{sa} = 19 \text{ mm} \leq 19 \text{ mm} \checkmark \quad (4.133)$$

ayrıca profilin başlığına gövde hizasından kaynaklanmadığı için

$$d_{sa} = 19 \text{ mm} \leq 2.5 \times t_f = 75 \text{ mm} \checkmark \quad (4.134)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2 uyarınca,

$$h_{sa} = 100 \text{ mm} \geq 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \checkmark \quad (4.135)$$

Yapım aşaması

Yapım aşamasında düşey yerdeğiştirme (sehim) kontrolü için ETABS programından yüklemeler sonucu alınan değerler Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Ana tali kiriş için ETABS programından alınan yük değerleri

Yükleme		M (kNm)	V (kN)	Deplasman (mm)
Yapım aşamasında sabit yük				
G_0	Çelik sac +beton + tali kirişler+ ana tali kiriş yükü	268	111	8.1
Q_0	Hareketli yükler (beton dökümü aşamasındaki yükler) 1 kN/m ²	84	35	2.5
			Toplam	10.6
Yükleme aşamasında sabit yük				
G_1	Çelik sac +beton + tali kirişler+ ana tali kiriş +kaplama+ iç duvar yükü	437	181	13
Q_1	sadece hareketli yükü	295	122	8.9
			Toplam	21.9

Sabit yükler

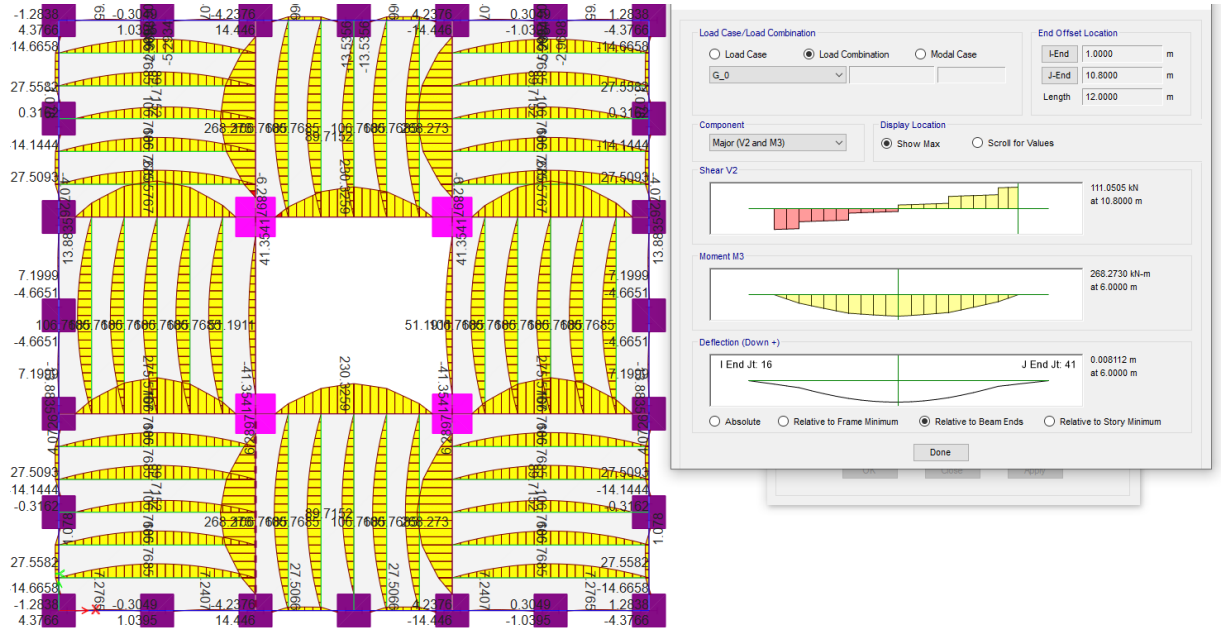
Çelik sac + beton: 2.5 kN/m²

Hareketli yükler (beton dökümü aşamasındaki yükler): 1.0 kN/m²

Kiriş ağırlığı, $w_g = 0.021 \text{ kN/m}$ alınarak,

$$w_G = (2.5 \times 2 + 1) = 6 \text{ kN/m}$$

olmak üzere, HEB 600 enkesitli çelik kirişte sabit yükler altında düşey yerdeğiştirme, ETABS programından alınan değeri Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26. Ana tali kiriş için ETABS programından alınan yük değerleri

$$\Delta_1 = 8.1 \text{ mm} \leq L/360 = 33.33 \text{ mm} \quad \checkmark \quad (4.136)$$

Yapım aşamasında hareketli yük etkisi,

$w_Q = 1 \text{ kN/m}^2$ alınarak ETABS programından bulunan Q_0 yüklemesine ait sehim değeri 2.5 mm bulunmuştur.

$$\Delta_2 = 2.5 \text{ mm}$$

Toplam düşey yerdeğiştirme :

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 8.1 + 2.5 = 10.26 \text{ mm} < L/300 = 12000/300 = 40 \text{ mm} \quad \checkmark \quad (4.137)$$

Kompozit kirişin karakteristik eğilme momenti dayanımının belirlenmesi:

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2.1 (a) uyarınca,

$$\frac{h}{t_w} = \frac{486}{15.5} = 31.35 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 89.25 \quad \checkmark \quad (4.138)$$

Kompozit kirişte döşeme etkin genişliği

CYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.1(a) ve (b) maddeleri uyarınca,

$$b \leq \frac{L}{8} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ m} \quad (4.139)$$

$$b'_2 \leq \frac{L_a}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ m} \quad (4.140)$$

$$\text{Min}(b'_1, b'_2) = (1.5, 6) = 1.5 \text{ m} \quad (4.141)$$

$$b = 2 \times 1.5 \text{ m} = 3 \text{ m} \quad (4.142)$$

Çelik sac hadveleri çelik kirişin boyuna eksenine dik yerleştirildiğinden çelik sacın üst kotunun altında kalan betonun katkısı tasarımda ihmal edilecektir.

$$A_c = (3000 \times 70) + (0.5 \times 3000 \times 50) = 285000 \text{ mm}^2$$

Kompozit kirişin tasarımında gözönüne alınacak basınç kuvveti, C ,

$$C_s = P_{yt} = F_y \times A_s = 355 \times 27000/1000 = 9585 \text{ kN} \quad (4.143)$$

$$C_c = 0.85 \times f_{ck} \times A_c = 0.85 \times 30 \times 285000/1000 = 7268 \text{ kN} \quad (4.144)$$

Tam etkileşimli kompozit kiriş varsayımı ile betondaki basınç kuvveti

$C_s > C_c$ ise tarafsız eksen döşeme dışındadır.

$C_s = 9585 \text{ kN} > C_c = 7268 \text{ kN}$ olduğundan tarafsız eksen döşeme dışındadır (Şekil 4.27).

$$a = \frac{C}{0.85 \times b \times f_{ck}} = \frac{7268 \times 1000}{0.85 \times 30 \times 3000} = 95 \text{ mm} \quad (4.145)$$

$$C_c + F_y \times A_{sc} = P_{yt} - F_y \times A_{sc} \quad (4.146)$$

$$A_{sc} = (P_{yt} - C_c) / (2 \times F_y) = (9585 - 7268) / (2 \times 355 / 1000) = 3264 \text{ mm}^2 \quad (4.147)$$

olduğundan plastik tarafsız eksenin çelik enkesitinin başlığının üstünden uzaklığı veya basınçta kalan başlık kalınlığı,

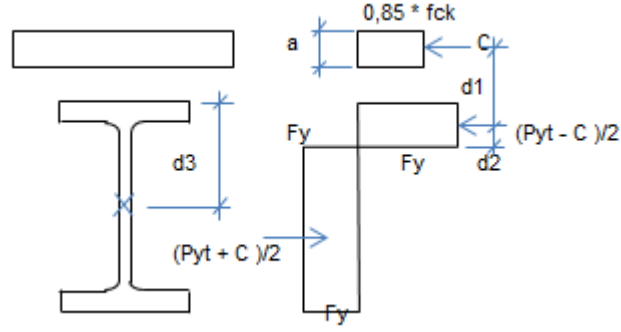
$$t'_f = A_{sc} / b = 3264 / 300 = 10.88 \text{ mm} < t_f = 30 \text{ mm} \quad (4.148)$$

$$y = 8082244 / 23736 = 340.5 \text{ mm}$$

Çizelge 4.34'te kompozit elemana ait kesit değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.34. Kompozit HEB 600 profilli eleman kesit değerleri

	A(mm ²)	y (mm)	Ay(mm ³)
HEB 600	2700000	300	8100000
$b_f t'_f$	300x(-10.88)	10.88/2=5.44	-17756.2
Toplam	23736		8082244



Şekil 4.27. Ana tali kiriş için plastik tarafsız eksenin yerinin belirlenmesi

Şekil 4.27’de, d_1 : beton basınç bloğu ağırlık merkezi ile çelik enkesiti üst kotu arasındaki uzaklığı, d_2 : çelik enkesitinin bir bölümü basınç enkesitinde olduğunda bu bölümün ağırlık merkezi ile çelik enkesit üst kotu arasındaki uzaklığı (çelik enkesiti basınç etkisinde değilse $d_2=0$ alınacaktır), d_3 : çelik enkesitin üst kotu ile ağırlık merkezinin arasındaki uzaklığı göstermektedir.

$$d_1 = h_c - a/2 = 120 - 95/2 = 72.5 \text{ mm} \quad (4.149)$$

$$d_2 = y/2 = 10.88/2 = 5.44 \text{ mm} \quad (4.150)$$

$$d_3 = d/2 = 600/2 = 300 \text{ mm} \quad (4.151)$$

$$M_n = C_c(d_1 + d_2) + P_{yt}x(d_3 - d_2) \quad (4.152)$$

$$M_n = 7268/1000x(72.5 + 5.44) + 9585x(300 - 5.44)/1000 = 3390 \text{ kNm} \quad (4.153)$$

Kompozit kiriş yükleri

Sabit yükler

Çelik sac + beton = 2.5 kN/m^2

Kaplama + Asma tavan tesisat + duvar yükü = 2 kN/m^2

Hareketli yükler = 3.5 kN/m^2

alınarak ETABS programından bulunan G_1 ve Q_1 yüklemesine ait moment değerleri bulunmuştur.

YDKT yöntemine göre kompozit kirişte gerekli eğilme momenti dayanımı:

$$M_u = 1.2G_1 + 1.6Q_1 = 1.2x437 + 1.6x295 = 996 \text{ kNm} \quad (4.154)$$

Kompozit kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü

$$M_d = \Phi_x \times M_n = 0.90x3390 = 3051 \text{ kNm} \quad (4.155)$$

$$\frac{M_u}{M_d} = 996 / 3051 = 0.32 < 1 \quad (4.156)$$

Başlık çelik ankrajlarının sayısı ve yerleşimi

Beton elastisite modülü ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.1 uyarınca

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}} = 0.043 \cdot 2400^{1.5} \sqrt{30} = 27691 \text{ N/mm}^2 \quad (4.157)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.2 uyarınca

$$A_{sa} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 19^2}{4} = 284 \text{ mm}^2 \quad (4.158)$$

Kiriş boyunca eksenine dik olarak yerleştirildiğinde aynı hadve içerisinde iki adet çelik ankrajın kaynaklanması durumunda ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.1 uyarınca, Çizelge 4.35'ten R_g ve R_p katsayıları belirlenmektedir.

Çizelge 4.35. R_g ve R_p Katsayıları (ÇYTHYE 2018)

Uygulama Tanımı	R_g	R_p
Döşeme sacının olmaması durumu	1.0	0.75
Döşeme sacı hadvelerinin kirişe paralel olarak yerleştirilmesi durumu		
$\frac{w_r}{h_r} \geq 1.5$	1.00	0.75
$\frac{w_r}{h_r} < 1.5$	0.85**	0.75
Döşeme sacı hadvelerinin kirişe dik olarak yerleştirilmesi durumu		
Aynı hadve içindeki başlıklı çelik ankraj sayısı		
1	1.00	0.60*
2	0.85	0.60*
3 ve daha fazla	0.70	0.60*
h_r : Karakteristik hadve yüksekliği. w_r : Ortalama hadve genişliği. ** : Başlıklı tek çelik ankraj için. * : $e_{og} \geq 50\text{mm}$ için $R_p = 0.75$ olarak alınabilir.		

$w_r / h_r = 3.3$ değeri için,

$$R_g = 1 \quad (4.159)$$

$$R_p = 0.75 \quad (4.160)$$

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_{ck}} E_c \leq R_g R_p A_{sa} F_u = 0.5 \times 283.5 \times \sqrt{30} \times 27691 = 100000 \text{ N} \quad (4.161)$$

$$Q_n = R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 283.5 \times 450 = 95691 \text{ N} \quad (4.162)$$

$$Q_n = 95691 \text{ N} = 95.69 \text{ kN} \quad (4.163)$$

Tam etkileşimli kompozit kiriş varsayımı ile, karakteristik eğilme momenti dayanımını belirleyen basınç kuvveti,

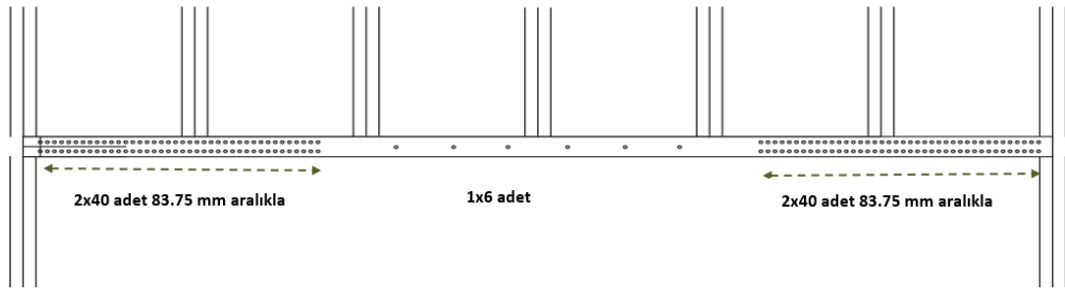
$$C = \min (C_s; C_c) = \min (9585; 7268) = 7268 \text{ kN} \quad (4.164)$$

$$V' = 7268 \text{ kN}$$

$$N_{\text{ankraj}} = \frac{V'}{Q_n} = \frac{7268}{95.69} = 76 \text{ adet} \quad (4.165)$$

Kullanılacak ankraj miktarı = 2 x 40 = 80 adet

Şekil 4.28’de ana tali kiriş için ankraj yerleri görülmektedir.



Şekil 4.28. Ana tali kiriş için ankraj yerlerinin belirlenmesi

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.3 uyarınca maksimum moment ile eğilme momentinin sıfır olduğu en yakın nokta (mesnet) arasında kullanılacak çelik ankraj sayısı 40 adet olmak üzere kiriş açıklığında 80 adet ankraj elemanı yeterlidir.

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.4(d) uyarınca çelik ankrajların merkezleri arasındaki minimum uzaklık çapının 4 katı olmalıdır.

$$80 > 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \quad (4.166)$$

$$83.75 > 4d_{sa} = 4 \times 19 = 76 \text{ mm} \quad (4.167)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.8.2.4(e) uyarınca, başlıklı çelik ankrajların, merkezleri arasındaki maksimum uzaklık döşeme kalınlığının 8 katını veya 900 mm’yi aşmamalıdır.

$$83.75 \text{ mm} < (8h_c = 8 \times 130 = 1040 \text{ mm veya } 900 \text{ mm}) \quad (4.168)$$

Kısmi etkileşimli kompozit kirişte düşey yerdeğiştirme (sehim) kontrolü

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{27691} = 7.22 \quad (4.169)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.3 uyarınca, etkili beton döşeme genişliği, $2n$ oranında azaltılarak sehim kontrolleri yapılmıştır. Eşdeğer çelik enkesit için genişlik (Şekil 4.29),

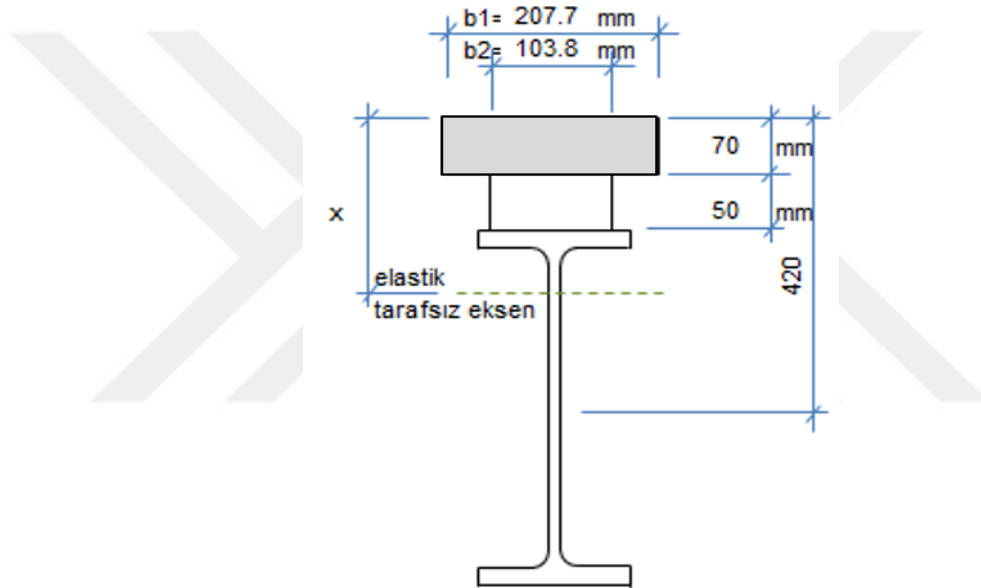
$$b_1 = \frac{b}{2n} = \frac{3000}{2 \times 7.22} = 207.7 \text{ mm} \quad (4.170)$$

$$b_2 = 0.5 \frac{b}{2n} = 0.5 \times \frac{3000}{2 \times 7.22} = 103.8 \text{ mm} \quad (4.171)$$

Elastik tarafsız eksenin çelik enkesitte olduğu varsayımı ile,

$$27000 \times (420 - x) = (207.7 \times 70) \times (x - 70/2) + (103.8 \times 50) \times (x - 70 - 50/2) = 0 \quad (4.172)$$

$$x = 264.1 \text{ mm} > h_c = 120 \text{ mm} \quad (4.173)$$



Şekil 4.29. Ana tali kiriş için elastik tarafsız eksenin yerinin bulunması ve eşdeğer çelik enkesit

$$I_{tr} = 200000(10^4) + 27000x(420 - 264.1)^2 + \frac{207.7 \times 70^3}{12} + 207.7 \times 70 \times (264.1 - 70/2)^2 + \frac{103.8 \times 50^3}{12} +$$

$$103.8 \times 50 \times (264.1 - 70 - 50/2)^2 = 3284770726 \text{ mm}^4 \quad (4.174)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.1.3 uyarınca, tam etkileşimli kompozit kirişlerde enkesit atalet momenti,

$$I = 0.75 \times I_{tr} = 0.75 \times 3284770726 = 2463578044 \text{ mm}^4 \quad (4.175)$$

Hareketli yük etkisinde kompozit kirişin düşey yerdeğiştirmesi:

Hareketli yük için $w_q = 3.5 \text{ kN/m}^2$ alınarak, ETABS programından bulunan Q_1 yüklemesine ait sehim değerleri bulunmuştur.

$$\Delta_3 = 8.99 \text{ mm} \leq L/360 = 33.33 \text{ mm} \quad (4.176)$$

Çelik sınıfı:

$$S\ 355\ F_y=355\ \text{N/mm}^2\ F_u=510\ \text{N/mm}^2$$

Beton Çeliği sınıfı (TS 500 Çizelge 3.1):

$$B420\ C\ F_{ywk} = F_{ysr}=420\ \text{N/mm}^2$$

Beton Sınıfı:

$$C50\ f_{ck}=50\ \text{N/mm}^2\ w_c=2400\ \text{kg/m}^3\ (\text{TS500})$$

$$E_c=0.043w_c^{1.5}\sqrt{f_{ck}} \quad (4.184)$$

$$E_c=0.043\ (2400)^{1.5}\sqrt{50} = 35750\ \text{MPa}$$

Kompozit kesit tasarımı için gerekli enkesit özellikleri:

Gömme kompozit kolona ait enkesit özellikleri:

Çelik kesit: W460 x 190 (60. ve 72. katlardaki çelik enkesit)

$$d = 469\ \text{mm}, b_f = 194\ \text{mm}, t_f = 20.6\ \text{mm}, t_w = 12.6\ \text{mm}, I_{sx} = 48790\ \text{cm}^4, I_{sy} = 2515\ \text{cm}^4, \\ W_{ex} = 2081\ \text{cm}^3, W_{px} = 2385\ \text{cm}^3$$

Beton kesit:

$$A_s = 13460\ \text{mm}^2, A_c = 951354\ \text{mm}^2, A_{sr} = 35186\ \text{mm}^2, A_g = 1000000\ \text{mm}^2,$$

$$h_1 = 1000\ \text{mm}, h_2 = 1000\ \text{mm}, c = 50\ \text{mm}, E_c = 35750\ \text{MPa}$$

$$I_{cx} = 72460428520\ \text{mm}^4, I_{cy} = 72923178520\ \text{mm}^4, I_{sr} = 10385004813\ \text{mm}^4$$

Simetri eksenindeki donatıların toplam alanı A_{srs}

$$A_{srs}=2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)=2\left(\frac{\pi}{4}40^2\right)=2513.3\ \text{mm}^2 \quad (4.185)$$

Malzeme sınıflarına ait sınırların kontrolü

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.3 uyarınca,

$$\text{Beton sınıfı: } C50\ f_{ck}=50\ \text{N/mm}^2, 20\ \text{MPa} \leq 50\ \text{MPa} \leq 70\ \text{MPa} \quad (4.186)$$

$$\text{Beton çeliği sınıfı: } B420C\ F_{ysr} = 420\ \text{MPa}, 420\ \text{MPa} \leq 500\ \text{MPa} \quad (3.187)$$

$$\text{Çelik sınıfı: } S355\ F_y = 355\ \text{MPa}, 355\ \text{MPa} \leq 460\ \text{MPa} \quad (3.188)$$

Eksenel kuvvet etkisinde sınırlamaların kontrolü

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1.1 uyarınca,

$$\text{a) } A_s \geq 0.01A_g\ 13460\ \text{mm}^2 \geq 0.01(1000000) = 10000\ \text{mm}^2 \quad (4.189)$$

b) 10 mm çapında etriye en fazla 300 mm aralıkla uygulanmaktadır.

$$250\text{mm} \leq \text{MIN}\left[\frac{\min(h_1, h_2)}{2}; 400\ \text{mm}\right] = 300\ \text{mm} \quad (4.190)$$

$$c) \rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \geq 0.004 \quad (4.191)$$

$$\rho_{sr} = \frac{35186}{1000000} = 0.0352 \geq 0.004$$

Eksenel basınç ve eğilme momentinin basınç bileşeni etkisinde yerel burkulma kontrolü:

Çelik gömme kompozit elemanlarda yerel burkulma söz konusu değildir.

Kompozit enkesitin eksenel basınç kuvveti dayanımının P_{no} belirlenmesi:

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1 gereği çelik gömme kompozit elemanlarda,

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c \quad (4.192)$$

$$P_{no} = (355)(13460)10^{-3} + (420)(35186)10^{-3} + 0.85(50)(951354)10^{-3}$$

$$P_{no} = 59988.9 \text{ kN}$$

Kompozit elemanın elastik burkulma yükü P_e 'nin belirlenmesi

$$C_1 = 0.25 + 3 \left(\frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right) \leq 0.7 \quad (4.193)$$

$$C_1 = 0.25 + 3 \left(\frac{13460 + 35186}{1000000} \right) \leq 0.7$$

$$C_1 = 0.39$$

$$(EI)_e = E_s I_{sy} + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_{cy} \quad (4.194)$$

$$(EI)_e = (200000)(2515 \times 10^4) + (200000)(1039 \times 10^{10}) + 0.39(35750)(72923178520 \times 10^4)$$

$$(EI)_e = 3.11 \times 10^{15} \text{ Nmm}^2$$

$$P_e = \pi^2 (EI)_e / (L_c)^2 \quad (4.195)$$

Doğrudan analiz yöntemi kullanıldığı için Burkulma katsayısı $K = 1$ olarak alınmıştır. Eğilmeli burkulma sınır durumunda y-y zayıf eksen dikkate alınacaktır.

$$L_c = K.L \quad L_c = (1.0)(3600) = 3600 \text{ mm} \quad (4.196)$$

$$P_e = (\pi^2 (3.11 \times 10^{15}) / (3600)^2) 10^{-3} \quad P_e = 2368400 \text{ kN}$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1.2(a) gereği

$$\frac{P_{no}}{P_e} = 59988.9 / 2368400 = 0.025 \leq 2.25 \quad (4.197)$$

$$P_n = P_{no} \left[0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \quad (4.198)$$

$$P_n = 59988.9 \left[0.658^{\frac{59988.9}{1241405.67}} \right] = 59356.29 \text{ kN} \quad (4.199)$$

Kompozit enkesitli elemanın tasarım dayanımının kontrolü

$$P_d = \Phi P_n = 0.75(58787.77) = 44517 \text{ kN} \quad (4.200)$$

$$\frac{P_u}{P_d} = 16745/44517 = 0.38 \leq 1 \quad (4.201)$$

Çekirdekdeki tüm kompozit kolonlara ait dayanım oranları Çizelge 4.36'da verilmiştir.



Çizelge 4.36. Çekirdekdeki tüm kompozit kolonlara ait dayanım oranları

KAT	KOMPOZİT KOLON		KOMPOZİT KESİT BİLGİLERİ							
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Asr(mm2)	Ag (mm2)	Ac (mm2)	As (mm2)	Isrx (mm4)	Isry (mm4)	Icx (mm4)	Icy (mm4)
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 460 x 190 x 106	35185,84	1000000,00	951354,16	13460,00	2399281388,56	2399281388,56	80446151944,78	80908901944,78
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	35185,84	1440000,00	1387174,16	17640,00	3584110617,91	3584110617,91	168354289382,09	169177189382,09
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	35185,84	1960000,00	1897964,16	26850,00	5005905693,13	5005905693,13	312020427640,20	315024827640,20
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	35185,84	2560000,00	2494464,16	30350,00	6664666614,23	6664666614,23	535404666719,10	539345766719,10
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	35185,84	3240000,00	3170134,16	34680,00	8560393381,20	8560393381,20	860701606618,80	866099606618,80
1. KAT -12 KAT	C300X300	W 1500 x 500 x 50 x 30	85451,32	9000000,00	7130048,68	1784500,00	29485891288,28	29485891288,28	5411161258711,72	5437167808711,72

KAT	KOMPOZİT KOLON		KONSTRUKTİF KURALLAR								
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Beton Ec N/mm2	Asrsx=Asrsy =Asrs Donatı Alanı	20 N/mm2< <70 N/mm2	Fy<460	As/Ag >0.01	psr = Asr / Ag>0.04	min (s<400;0.5h)	c>cmax	C1
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 460 x 190 x 106	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,04	UYGUN	UYGUN	0,40
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,02	UYGUN	UYGUN	0,36
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,02	UYGUN	UYGUN	0,34
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,01	UYGUN	UYGUN	0,33
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,01	UYGUN	UYGUN	0,31
1. KAT -12 KAT	C300X300	W 1500 x 500 x 50 x 30	35749,53	2513,27	UYGUN	UYGUN	0,01	0,01	UYGUN	UYGUN	0,70

KOMPOZİT KOLON EKSENEL KUVVET DAYANIMI											
KOLON ÇELİK	Elef(mm4)	Lc=KLmm	Pe (kN)	Pno(kN)	Pno/Pe	Pn (kN)	Φ	Pd (kN)	Pu	Pu/Pd	Kontrol
W 460 x 190 x 106	1630117760730730,00	3600,00	1241405,67	59988,90	0,05	58787,77	0,75	44090,83	16745,00	0,38	UYGUN
W 530 x 210 x 138	2902169400570760,00	3600,00	2210128,39	79995,15	0,04	78792,41	0,75	59094,31	34050,00	0,58	UYGUN
W 840 x 295 x 210	4906555959200930,00	3600,00	3736556,04	104973,28	0,03	103746,17	0,75	77809,63	52775,00	0,68	UYGUN
W 920 x 310 x 238	7658657107145630,00	3600,00	5832400,92	131567,03	0,02	130330,67	0,75	97748,00	71510,00	0,73	UYGUN
W 1000 x 300 x 272	11483734142427800,00	3600,00	8745363,66	161820,15	0,02	160571,75	0,75	120428,81	81111,00	0,67	UYGUN
W 1500 x 500 x 50 x 30	398629768773686000,00	3600,00	303573929,04	936724,12	0,00	935515,12	0,75	701636,34	118759,00	0,17	UYGUN

4.6.4. Çerçeve Kompozit kolon tasarımı

Çelik sınıfı:

$$S\ 355\ F_y=355\ \text{N/mm}^2\ F_u=510\ \text{N/mm}^2$$

Beton Çeliği sınıfı (TS 500 Çizelge 3.1):

$$B420C\ F_{yw} = F_{ysr} = 420\ \text{N/mm}^2$$

Beton Sınıfı:

$$C50\ f_{ck} = 50\ \text{N/mm}^2\ w_c = 2400\ \text{kg/m}^3\ (\text{TS500})$$

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}} \quad (4.202)$$

$$E_c = 0.043 (2400)^{1.5} \sqrt{50} = 35750\ \text{MPa}$$

Kompozit kesit tasarımı için gerekli enkesit özellikleri:

Gömme kompozit kolona ait enkesit özellikleri:

Çelik kesit: W460 x 190 (60. ve 72. katlardaki çelik enkesit)

$$d = 469\ \text{mm}, b_f = 194\ \text{mm}, t_f = 20.6\ \text{mm}, t_w = 12.6\ \text{mm}, I_{sx} = 48790\ \text{cm}^4, I_{sy} = 2515\ \text{cm}^4$$

$$W_{ex} = 2081\ \text{cm}^4, W_{px} = 2385\ \text{cm}^4$$

Beton kesit:

$$A_s = 13460\ \text{mm}^2, A_c = 951354\ \text{mm}^2, A_{sr} = 35186\ \text{mm}^2, A_g = 1000000\ \text{mm}^2$$

$$h_1 = 1000\ \text{mm}, h_2 = 1000\ \text{mm}, c = 50\ \text{mm}, E_c = 35750\ \text{MPa}$$

$$I_{cx} = 72460428520\ \text{mm}^4, I_{cy} = 72923178520\ \text{mm}^4, I_{sr} = 10385004813\ \text{mm}^4$$

Simetri eksenindeki donatıların toplam alanı A_{srs}

$$A_{srs} = 2 \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right) = 2 \left(\frac{\pi}{4} 40^2 \right) = 2513.3\ \text{mm}^2 \quad (4.203)$$

Malzeme sınıflarına ait sınırların kontrolü

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.2.3 uyarınca,

$$\text{Beton sınıfı: } C50\ f_{ck} = 50\ \text{N/mm}^2, 20\ \text{MPa} \leq 50\ \text{MPa} \leq 70\ \text{MPa} \quad (4.204)$$

$$\text{Beton çeliği sınıfı: } B420C\ F_{ysr} = 420\ \text{MPa}, 420\ \text{MPa} \leq 500\ \text{MPa} \quad (4.205)$$

$$\text{Çelik sınıfı: } S355, F_y = 355\ \text{MPa}, 355\ \text{MPa} \leq 460\ \text{MPa} \quad (4.206)$$

Eksenel kuvvet etkisinde sınırlamaların kontrolü

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1.1 uyarınca,

$$\text{a) } A_s \geq 0.01 A_g \quad 13460\ \text{mm}^2 \geq 0.01(1000000) = 10000\ \text{mm}^2 \quad (4.207)$$

b) 10 mm çapında etriye en fazla 300 mm aralıkla uygulanmaktadır.

$$250\text{mm} \leq \text{MIN} \left[\frac{\min(h_1, h_2)}{2}; 400 \text{ mm} \right] = 300 \text{ mm} \quad (4.208)$$

$$\text{c) } \rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \geq 0.004 \quad (4.209)$$

$$\rho_{sr} = \frac{35186}{1000000} = 0.0352 \geq 0.004$$

Eksenel basınç ve eğilme momentinin basınç bileşeni etkisinde yerel burkulma kontrolü

Çelik gömme kompozit elemanlarda yerel burkulma söz konusu değildir.

Kompozit enkesitin eksenel basınç kuvveti dayanımının P_{no} belirlenmesi:

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1 gereği çelik gömme kompozit elemanlarda,

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c \quad (4.210)$$

$$P_{no} = (355)(13460)10^{-3} + (420)(35186)10^{-3} + 0.85(50)(951354)10^{-3}$$

$$P_{no} = 59988.9 \text{ kN}$$

Kompozit elemanın eksenel basınç kuvveti dayanımının P_n belirlenmesi

$$C_1 = 0.25 + 3 \left(\frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right) \leq 0.7 \quad (4.211)$$

$$C_1 = 0.25 + 3 \left(\frac{13460 + 35186}{1000000} \right) \leq 0.7, \quad C_1 = 0.39$$

$$(EI)_{ef} = E_s I_{sy} + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_{cy} \quad (4.212)$$

$$(EI)_{ef} = (200000)(2515 \times 10^4) + (200000)(1039 \times 10^{10}) + 0.39(35750)(72923178520 \times 10^4)$$

$$(EI)_{ef} = 3.11 \times 10^{15} \text{ Nmm}^2$$

$$P_e = \pi^2 (EI)_{ef} / (L_c)^2 \quad (4.213)$$

Doğrudan analiz yöntemi kullanıldığı için Burkulma katsayısı $K = 1$ olarak alınmıştır. Eğilmeli burkulma sınır durumunda y-y zayıf eksenini dikkate alınacaktır.

$$L_c = K.L \quad L_c = (1.0)(3600) = 3600 \text{ mm} \quad (4.214)$$

$$P_e = (\pi^2 (3.11 \times 10^{15}) / (3600)^2 10^{-3}) \quad , \quad P_e = 2368400 \text{ kN}$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.3.1.2(a) gereği,

$$\frac{P_{no}}{P_e} = 59988.9 / 2368400 = 0.025 \leq 2.25$$

$$(4.215)$$

$$P_n = P_{no} \left[0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \quad (4.216)$$

$$P_n = 59988.9 \left[0.658^{\frac{59988.9}{1725033.5}} \right] = 591356.29 \text{ kN}$$

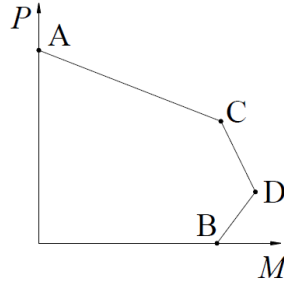
Kompozit enkesitli elemanın tasarım dayanımının kontrolü

$$P_d = \Phi P_n = 0.75(59122.07) = 44517 \text{ kN} \quad (4.217)$$

$$\frac{P_u}{P_d} = 16745/44517 = 0.38 \leq 1.0 \quad (4.218)$$

Kompozit enkesitin kuvvetli eksen etrafındaki karakteristik eğilme momenti dayanımının (M_{px}) belirlenmesi:

Çelik beton kompozit kesitin kuvvetli eksen etrafındaki karakteristik eğilme momenti dayanımı M_{px} 'in belirlenebilmesi için ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Tablo 12.2 (Şekil 4.31 ve Çizelge 4.37) gözönüne alınarak M_B değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak ilk olarak M_D değerinin elde edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.31. Kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı

$$W_{rx} = (A_{sr} - A_{srs}) \left(\frac{h_2}{2} - c \right) \quad (4.219)$$

$$W_{rx} = (35186 - 2513.3) \left(\frac{1000}{2} - 50 \right)$$

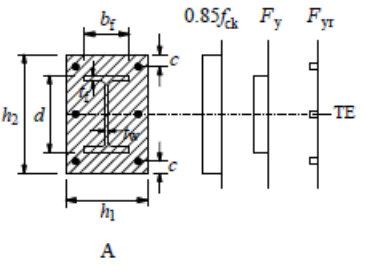
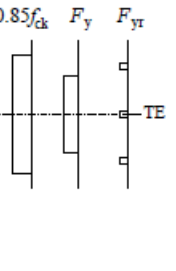
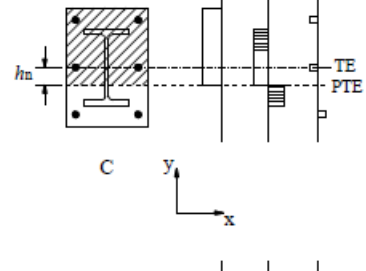
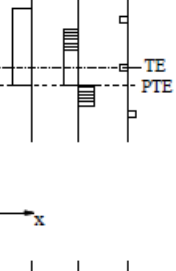
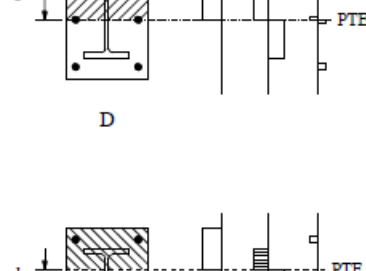
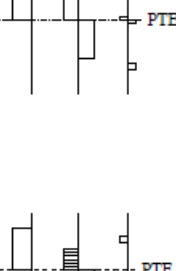
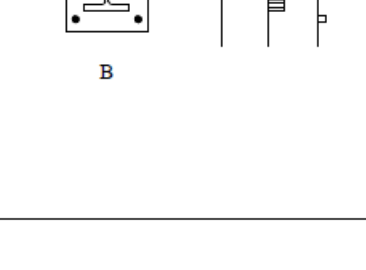
$$W_{rx} = 14702654 \text{ mm}^3$$

$$W_{cx} = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{px} - W_r \quad (4.220)$$

$$W_{cx} = \frac{(1000)(1000)^2}{4} - 405.3 \times 10^3 - 14702654$$

$$W_{cx} = 234892046.4 \text{ mm}^3$$

Çizelge 4.37. Kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme etkisindeki çelik gömme kompozit kolonlar
(ÇYTHYE 2018 –Tablo 12.2)

Kesit	Gerilme Yayılışı	Nokta	Dayanım Denklemleri
 A		A	$P_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_{ck} A_c$ $M_A = 0$ $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$ A_s : Çelik enkesit alanı A_{sr} : Boyuna donatı alanı
		C	$P_C = 0.85 f_{ck} A_c$ $M_C = M_B$
		D	$P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$ $M_D = W_{px} F_y + W_r F_{yr} + \frac{W_c}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_r = (A_s - A_{sr}) \left(\frac{h_2}{2} - c \right)$ $W_c = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{px} - W_r$ W_{px} : Çelik enkesitin x-eksenine göre plastik mukavemet momenti A_{sr} : Simetri eksenindeki boyuna donatı alanı
 C		B	$P_B = 0$ $M_B = M_D - W_{px} F_y - \frac{1}{2} W_{cx} (0.85 f_{ck})$ $W_{cx} = h_1 h_2^2 - W_{px}$ $\left(\frac{h_n}{2} \leq \frac{d}{2} - t_f \right)$ için $h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_{sr}) - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - t_w) + 2 F_y t_w]}$ $W_{px} = t_w h_n^2$ $\left(\frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2} \right)$ için $h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - d b_f + A_{sr}) - 2 F_y (A_s - d b_f) - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$ $W_{px} = W_{px} - b_f \left(\frac{d}{2} - h_n \right) \left(\frac{d}{2} + h_n \right)$ $\left(h_n > \frac{d}{2} \right)$ için $h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s + A_{sr}) - 2 F_y A_s - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$ $W_{px} = W_{px}$
 D			
 B			

$$M_{Dx} = W_{px} F_y + W_r F_{yr} + \frac{W_c}{2} (0.85 f_{ck}) \quad (4.221)$$

$$M_{Dx} = (405.3 \times 10^3) (355) 10^{-6} + (14702654) (420) 10^{-6} + 234892046/2 (0.85 \times 35) 10^{-6}$$

$$M_{Dx} = 11310 \text{ kNm}$$

İlk olarak h_n nin başlığın içinde olduğu varsayılacak, daha sonra bu koşul kontrol edilecektir.

$$\left(\frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2} \right) \text{ için } h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - d b_f + A_{sr}) - 2 F_y (A_s - d b_f) - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]} \quad (4.222)$$

$$h_n = \frac{0.85(50)(951354 + 13460 - (469)(194) + 35186) - 2(355)(13460 - (469)(194)) - 2(420)(35186)}{2[0.85(50)(1000 - 194) + 2(355)(194)]}$$

$$h_n = 262.15 \text{ mm}$$

$$\frac{469}{2} - 20.6 = 213.9 \text{ mm} < h_n = 114.2 \text{ mm} < \frac{469}{2} = 234.5 \text{ mm} \quad \checkmark \quad (4.223)$$

$$W_{snx} = W_{px} - b_f \left(\frac{d}{2} - h_n \right) \left(\frac{d}{2} + h_n \right) \quad (4.224)$$

$$W_{snx} = 405.3 \times 10^3 - (194)(469/2 - 346.4)(469/2 + 346.4) = 13015297 \text{ mm}^3$$

$$W_{cnx} = h_1 h_n^2 - W_{sn} \quad (4.225)$$

$$W_{cnx} = (1000)(346.4)^2 - 405300 = 119584936 \text{ mm}^3$$

$$M_{Bx} = M_D - W_{sn} F_y - \frac{1}{2} W_{cn} (0.85 f_{ck}) \quad (4.226)$$

$$M_{Bx} = 11310 - (405300)(355)10^{-6} - \frac{1}{2} (119584936)(0.85 \times 35)10^{-6} = 1100.9 \text{ kNm}$$

$$M_{Bx} = 8625.4 \text{ kNm}$$

$$M_{px} = M_B = 8625.3 \text{ kNm} \quad (4.227)$$

Kompozit elemanın eğilme momenti dayanımının M_n belirlenmesi

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.3(b) uyarınca,

$$M_{nx} = M_{px} \quad (4.228)$$

$$M_{nx} = 8625.3 \text{ kNm}$$

Kompozit enkesitin zayıf eksen etrafındaki karakteristik eğilme momenti dayanımının (M_{py}) belirlenmesi

Çelik beton kompozit kesitin zayıf eksen etrafındaki karakteristik eğilme momenti dayanımı M_{py} 'nin belirlenebilmesi için ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Tablo 12.3 (Şekil 4.32 ve Çizelge 4.38) gözönüne alınarak M_{By} değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak ilk olarak M_{Dy} değerinin elde edilmesi gerekmektedir.

$$W_{ry} = (A_{sr} - A_{srs}) \left(\frac{h_2}{2} - c \right) \quad (4.229)$$

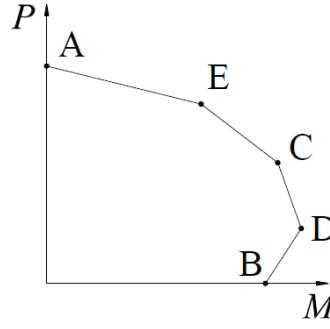
$$W_{ry} = (35186 - 2513.3) \left(\frac{1000}{2} - 50 \right)$$

$$W_{ry} = 14702654 \text{ mm}^3$$

$$W_{cy} = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{px} - W_r \quad (4.230)$$

$$W_{cy} = \frac{(1000)(1000)^2}{4} - 2385 \times 10^3 - 14702654$$

$$W_{cy} = 232912346.4 \text{ mm}^3$$



Şekil 4.32. Zayıf eksen etrafında bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı

Çizelge 4.38. Zayıf eksen etrafında bileşik eğilme etkisindeki çelik gömme kompozit kolonlar
(ÇYTHYE 2018 –Tablo 12.3)

Kesit	Gerilme Yayılışı	Nokta	Dayanım Denklemleri
A		A	$P_A = A_s F_y + A_w F_{yw} + 0.85 f_{ck} A_c$ $M_A = 0$ $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_w$ A_s : Çelik enkesit alanı A_w : Boyuna donatı alanı
		E	$P_E = A_s F_y + (0.85 f_{ck}) \left[A_c - \frac{h_1}{2} (h_2 - b_f) + \frac{A_w}{2} \right]$ $M_E = M_D - W_{se} F_y - \frac{W_{se}}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_{se} = W_{py}$ $W_{se} = \frac{h_1 b_f^2}{4} - W_{se}$ W_{py} : Çelik enkesitin y-eksenine göre plastik mukavemet momenti
		C	$P_C = 0.85 f_{ck} A_c$ $M_C = M_B$
		D	$P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$ $M_D = W_{py} F_y + W_r F_{yw} + \frac{W_r}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_r = A_w \left(\frac{h_2}{2} - c \right)$ $W_r = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{py} - W_r$
		B	$P_B = 0$ $M_B = M_D - W_{se} F_y - \frac{1}{2} W_{se} (0.85 f_{ck})$ $W_{se} = h_1 h_2^2 - W_{se}$ $\left(\frac{t_w}{2} < h_n \leq \frac{b_f}{2} \right)$ için $h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - 2 t_f b_f) - 2 F_y (A_s - 2 t_f b_f)}{2 [4 t_f F_y + (h_1 - 2 t_f) 0.85 f_{ck}]}$ $W_{se} = W_{py} - 2 t_f \left(\frac{b_f}{2} + h_n \right) \left(\frac{b_f}{2} - h_n \right)$ $\left(h_n > \frac{b_f}{2} \right)$ için $h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s) - 2 F_y A_s}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$ $W_{se} = W_{py}$

$$M_{Dy} = W_{py}F_y + W_rF_{ysr} + \frac{W_c}{2}(0.85f_{ck}) \quad (4.231)$$

$$M_{Dy} = (2385 \times 10^3)(355)10^{-6} + (14702654)(420)10^{-6} + 232912346.4/2(0.85 \times 35)10^{-6}$$

$$M_{Dy} = 11971 \text{ kNm}$$

İlk olarak h_n nin başlığın içinde olduğu varsayılacaktır daha sonra bu koşul kontrol edilecektir.

$$\left(\frac{t_w}{2} < h_n \leq \frac{b_f}{2}\right) \text{ için } h_n = \frac{0.85f_{ck}(A_c + A_s - 2t_f b_f + A_{sr}) - 2F_y(A_s - t_f b_f) - 2F_{ysr}A_{srs}}{2[0.85f_{ck}(h_1 - 2t_f) + 4F_y t_f]} \quad (4.232)$$

$$\left(\frac{b_f}{2} < h_n\right) \text{ için } h_n = \frac{0.85f_{ck}(A_c + A_s + A_{sr}) - 2F_y(A_s) - 2F_{ysr}A_{srs}}{2[0.85f_{ck} h_1]} \quad (4.233)$$

$$\frac{12.6}{2} = 6.3 \text{ mm} < h_n \leq \frac{194}{2} = 97 \text{ mm} \quad (4.234)$$

$$h_n = \frac{0.85(50)(951354 + 13460 - 2(20.6)(194) + 35186) - 2(355)(13460 - (20.6)(194)) - 2(420)(35186)}{2[0.85(50)(1000 - 2(20.6)) + 4(355)(20.6)]}$$

$$h_n = 248.42 \text{ mm}$$

$$h_n > \frac{194}{2} = 97 \text{ mm} \quad (4.235)$$

$$h_n = \frac{0.85(50)(951354 + 13460 + 35186) - 2(355)(13460) - 2(420)(35186)}{2[0.85(50)(1000)]} = 346.4 \text{ mm}$$

$$h_n = 346.4 \text{ mm}$$

$$W_{sny} = W_{py} - t_f \left(\frac{b_f}{2} - h_n\right) \left(\frac{b_f}{2} + h_n\right) \quad (4.236)$$

$$W_{sny} = 2385 \times 10^3 - (20.6)(194/2 - 346.4)(194/2 + 346.4) = 4662973.5 \text{ mm}^3$$

$$W_{sny} = W_{py} = 2385 \times 10^3 \text{ mm}^3 \quad (4.237)$$

$$W_{cny} = h_1 h_n^2 - W_{sny} \quad (4.238)$$

$$W_{cny} = (1000)(346.4)^2 - 2385000 = 117605236 \text{ mm}^3$$

$$M_{By} = M_D - W_{sn}F_y - \frac{1}{2}W_{cn}(0.85f_{ck}) \quad (4.239)$$

$$M_{By} = 11971 - (2385000)(355)10^{-6} - \frac{1}{2}(117605236)(0.85 \times 35)10^{-6} = 8625.391 \text{ kNm}$$

$$M_{By} = 8625.3 \text{ kNm}$$

$$M_{py} = M_B = 8625.3 \text{ kNm} \quad (4.240)$$

Kompozit elemanın karakteristik eğilme momenti dayanımının M_n belirlenmesi

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 12.4.3(b) uyarınca,

$$M_{ny} = M_{py} \quad (4.241)$$

$$M_{ny} = 8625.3 \text{ kNm}$$

Kompozit enkesitli elemanın tasarım dayanımının kontrolü

$$P_d = \Phi P_n = 0.75(59122) = 44341.5 \text{ kN} \quad (4.242)$$

$$M_{dx} = \Phi M_{nx} = 0.90(8625.3) = 7762.8 \text{ kNm} \quad (4.243)$$

$$M_{dy} = \Phi M_{ny} = 0.90(8625.3) = 7762.85 \text{ kNm} \quad (4.244)$$

$$\frac{P_u}{P_d} = \frac{6369}{44341.5} = 0.14 < 0.20 \quad (4.245)$$

olduğundan bileşik etkiler altında kontrol için Denklem (4.247) kullanılır.

$$\frac{P_u}{2P_d} + \left(\frac{M_u}{M_d} + \frac{M_u}{M_d} \right) \leq 1 \quad (4.246)$$

$$\frac{6369}{2 \times 44341.5} + \frac{178}{7762.85} + \frac{386}{7762.85} = 0.14 \leq 1$$

Kesme kuvveti dayanımının kontrolü:

ÇYTHYE (2018) Yönetmelik 12.5.1 uyarınca, tasarım kesme kuvveti dayanımı veya tasarım kesme kuvveti dayanımı, Yönetmelik Bölüm 10 a göre sadece çelik kesit dikkate alınarak veya beton ve beton çeliği için malzeme katsayıları kullanmaksızın TS 500 standardına göre, beton ve enine donatı dikkate alınarak hesaplanabilir. Burada, örnek olması için kesme kuvveti dayanımı her iki durum da esas alınarak kontrol edilecektir.

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 10.2.1 gereği,

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} \quad (4.247)$$

$$A_w = d t_w = (469)(12.6) = 5909.4 \text{ mm}^2 \quad (4.248)$$

$$h = 164 \text{ mm}, h/t_w \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4.249)$$

$$407.8/12.6 = 32.36 \leq 2.24 \sqrt{200000/355} = 53.2$$

ÇYTHYE (2018) yönetmeliği, Bölüm 10.2.1'e göre

$$C_{v1} = 1.0$$

$$V_n = 0.6(355)(5909.4)(1.0)10^{-3} = 1258.7 \text{ kN} \quad (4.250)$$

$$V_d = \Phi_v V_n = 1.0(1258.7) = 1258.7 \text{ kN} \quad (4.251)$$

$$V_u/V_d = 247/1258.7 = 0.19 \leq 1.0 \quad (4.252)$$

Kesme donatı kontrolü:

Yönetmelik 12.5.1(b) uyarınca, betonarme enkesitin karakteristik kesme kuvveti dayanımı, V_n , beton ve beton çeliği için malzeme katsayıları kullanmaksızın TS 500 (2000) 8.1.4 esas alınarak hesaplanabilir. Bu durumda, enkesitin karakteristik kesme kuvveti dayanımı beton katkısı, V_c ve kesme donatısı katkısı V_w nun toplanması ile elde edilir.

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.253)$$

$$V_n = V_r \quad (4.254)$$

$$V_c = 0.80V_{cr} \quad (4.255)$$

TS 500 (2000) Denk.(8.1), betonun karakteristik eksenel çekme dayanımına bağlı olmak üzere, basınç kuvvetinin katkısı da terkedilerek aşağıdaki şekilde yazılabilir

$$V_{cr} = 0.65.f_{ctk}.b_w.d \quad (4.256)$$

$$f_{ctk}=2.472 \text{ MPa (TS 500(2000) Çizelge 3.2)} \quad b_w = h_1 \quad d=h_2-c= 1000-50=950 \text{ mm}$$

$$V_{cr} = 0.65.(2.475).(1000).(950).10^{-3}=1528 \text{ kN} \quad (4.257)$$

$$V_c=0.80 \quad V_{cr}=0.80.(1528) =1223 \text{ kN} \quad (4.258)$$

TS 500 Denk.(8.5), beton çeliğinin karakteristik akma gerilmesine bağlı olmak üzere aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$V_w=A_{sw}/s.f_{ywk}.d \quad \text{Etriye : } \Phi 10/140 \quad \text{ettriye kol sayısı : 4} \quad \text{kN} \quad (4.259)$$

$$A_{sw}=4(\Pi \times 10^2)/4= 314.15 \text{ mm}^2 \quad s=150 \text{ mm} \quad f_{ywk}=420 \text{ MPa} \quad d=950 \text{ mm} \quad (4.260)$$

$$V_w=226,2/150 (420).(950).10^{-3}= 835 \text{ kN} \quad (4.261)$$

$$V_n=1223+835=2058 \text{ kN}$$

Elemanın tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü

$$V_u/V_d=247/2058 = 0.12 \leq 1.0 \quad (4.262)$$

Tasarımın gerekli etriye aralığı belirlenerek tamamlanması istendiğinde, gerekli etriye aralığı, gerekli, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir

$$s_{gerekli} = \frac{\phi_v A_{sw} f_{ywk} d}{V_u - \phi_v V_c} \quad (4.263)$$

$$S_{gerekli}=0.75.(314).(420).(950)/(247 \times 10^3 - 0.75.1223 \times 10^3)= 140 \text{ mm} > 140 \text{ mm ok}$$

Minimum kesme donatısı kontrolü

$$A_{sw}/s \geq 0.25 f_{ctk}/f_{ywk}. b_w \quad (4.264)$$

$$314/140 \geq 0.25 \cdot 2.475/420 \cdot 1000$$

$$2.24 \geq 1.47$$

Kesme kuvveti üst sınırının kontrolü

$$V_u \leq \Phi_v 0.22 f_{ywk} b_w d \quad (4.265)$$

$$247 \leq (0.75) 0.22 (50) (1000)(950) 10^{-3}$$

$$247 \leq 7838 \text{ kN}$$

Çelik ankraj kontrolü:

Yükün doğrudan çelik elemana etkimesi durumu, Şekil 12.4.1(a)

Yönetmelik 12.7.1.1 uyarınca, beton enkesite iletilmesi gerekli kuvvet , V_r'

$$V_r' = P_r(1 - F_y A_s / P_{no}) = P_r(1 - 355(13460)10^{-3} / 59988.90) = 0.92 P_r \quad (4.266)$$

Gerekli boyuna kayma kuvveti dayanımı

$$V_r' = P_r(1 - F_y A_s / P_{no}) = P_r(1 - 355(13460)10^{-3} / 59988.90) = 0.92 P_r \quad (4.267)$$

$$V_r' = 0.92(6369) = 5859.4 \text{ kN}$$

Çelik ankrajlar ile yük geçişi

$$A_{sa} = \frac{\pi x d^2}{4} = \frac{\pi x 19^2}{4} = 284 \text{ mm}^2 \quad (4.268)$$

Yönetmelik 12.8.3.1 uyarınca başlıklı çelik ankrajın karakteristik kesme kuvveti dayanımı,

$$Q_{nv} = F_u A_{sa} = 450(284)10^{-3} = 128 \text{ kN/ankraj} \quad (4.269)$$

Tasarım kesme kuvveti dayanımı

$$\Phi_v Q_{nv} = 0.65(127.59) = 83 \text{ kN/ankraj} \quad (4.270)$$

Gerekli ankraj sayısı

$$n_{akraj} = V_r' / \Phi_v Q_{nv} = 5859.4 / 83 = 70.5 \text{ ankraj 72 adet alınmıştır.} \quad (4.271)$$

Yönetmelik 12.7.3.1 uyarınca, beton gömme kompozit elemanda yük geçişi, yük aktarım bölgesinin üstünde ve altında kompozit elemanın en küçük kenar genişliğinin iki katı uzaklığı aşmayacak şekilde belirlenen yük geçiş uzunluğu içinde sağlanacaktır. Ayrıca, ankrajlar çelik elemanın en az iki yüzüne ve eksenlerine göre simetrik yerleştirilecektir.

Başlıklı çelik ankrajlarda yönetmelik koşullarının kontrolü

Yönetmelik 12.8.1 uyarınca,

$$d_{sa} = 19 \text{ mm} \leq 2.5 (t_w) = 2.5 (12.6) = 31.5 \text{ mm} \quad (4.272)$$

Kompozit kolonda başlıklı çelik ankraj sadece kayma etkisinde kalacağından,

Yönetmelik 12.8.3 uyarınca,

$$h_{sa} / d_{sa} = 110 / 19 = 5.78 \geq 5 \quad (4.273)$$

Yönetmelik 12.8.3.5(a) uyarınca, çelik enkesitin gövdesine yerleştirilen çelik ankrajlar için uygulananan beton örtü kalınlığı,

$$h_1 / 2 - t_w / 2 - h_{sa} = 1000 / 2 - 12.6 / 2 - 110 = 383.7 \text{ mm (donatı pas payı + 10 mm)} \quad (4.274)$$

Yük geçiş uzunluğu içine yerleştirilecek başlıklı çelik ankrajlarda ara uzaklık,

$$e = \frac{\text{yük geçiş uzunluğu-elemanın üst ucundan ilk ankraja uzaklık}}{[\text{Toplam ankrajsayısı/her bir gruptaki ankrajsayısı}] - 1} \quad (4.275)$$

$$e = 2000 - 140 / (72 / 4 - 1) = 110 \text{ mm} \quad (4.276)$$

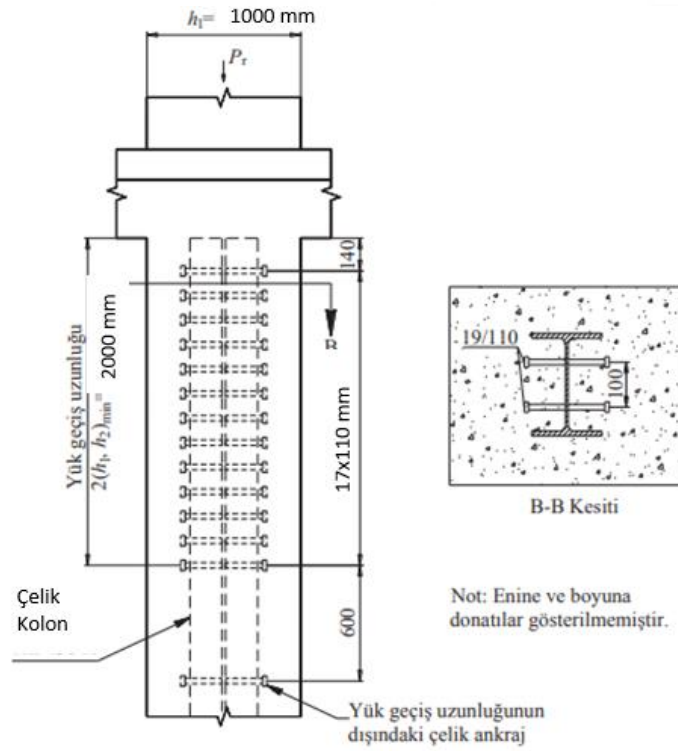
Yönetmelik 12.8.3.5(b) uyarınca, çelik enkesitin gövde genişliği içinde iki başlıklı çelik ankraj arasındaki uzaklık,

$$e_1 = 110 \text{ mm} \geq s_{\min} = 4d_{sa} = 4(19) = 76 \text{ mm} \quad (4.277)$$

Yönetmelik 12.8.3.5(c) uyarınca, başlıklı çelik ankrajların arasındaki uzaklık

$$s_{\min} = 4d_{sa} = 4(19) = 76 \text{ mm} \leq e = 110 \text{ mm} \leq s_{\min} = 32d_{sa} = 32(19) = 608 \text{ mm} \quad (4.278)$$

Şekil 4.33'te kompozit kolon çelik ankrajlarının detayları görülmektedir.



Şekil 4.33. Çelik ankrajlar ile yük geçişinin sağlanması

Çeperlerdeki tüm kompozit kolonlara ait dayanım oranları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Çeperlerdeki tüm kompozit kolonlara ait dayanım oranları

KAT	KOMPOZİT KOLON		Kompozit Kesit bilgileri										Beton Ec N/mm2	Asrsx=Asr sy=Asrs Donatı Toplam Alanı	20 N/mm2< <70 N/mm2
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Asr(mm2)	Ag (mm2)	Ac (mm2)	As (mm2)	Isrx (mm4)	Isry (mm4)	Icx (mm4)	Icy (mm4)					
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 400 x 190 x 106	35185.84	1000000.00	951354.16	13460.00	5816436597.76	5816436597.76	77028996735.57	77491746735.57	35749.53	2513.27	UYGUN		
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	35185.84	1440000.00	1387174.16	17640.00	8688749881.04	8688749881.04	163249650118.96	164072550118.96	35749.53	2513.27	UYGUN		
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	35185.84	1960000.00	1897964.16	26850.00	12135525820.98	12135525820.98	304890807512.35	307895207512.35	35749.53	2513.27	UYGUN		
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	35185.84	2560000.00	2494464.16	30350.00	16156764417.58	16156764417.58	525912568915.76	529853668915.76	35749.53	2513.27	UYGUN		
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	35185.84	3240000.00	3174464.16	30350.00	20752465670.83	20752465670.83	849983534329.17	853924634329.17	35749.53	2513.27	UYGUN		
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	35185.84	4000000.00	3912394.16	52420.00	25922629580.74	25922629580.74	1298312703752.60	1306976603752.60	35749.53	2513.27	UYGUN		

KAT	KOMPOZİT KOLON		Kompozit Konstruktif Kurallar										psr = Asr / Ag>0.04	min (s<400;0.5c>cmax	C1
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Asr(mm2)	Ag (mm2)	Ac (mm2)	As (mm2)	20 N/mm2< <70 N/mm2	Fy<460	As/Ag>0.01						
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 400 x 190 x 106	35185.84	1000000.00	951354.16	13460.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.04	UYGUN	UYGUN	0.40		
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	35185.84	1440000.00	1387174.16	17640.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.02	UYGUN	UYGUN	0.36		
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	35185.84	1960000.00	1897964.16	26850.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.02	UYGUN	UYGUN	0.34		
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	35185.84	2560000.00	2494464.16	30350.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.01	UYGUN	UYGUN	0.33		
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	35185.84	3240000.00	3174464.16	30350.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.01	UYGUN	UYGUN	0.31		
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	35185.84	4000000.00	3912394.16	52420.00	UYGUN	UYGUN	0.01	0.01	UYGUN	UYGUN	0.32		

KOMPOZİT KOLON EKSENEL KUVVET DAYANIMI														
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Elef(mm4)	Lc=KLmm	Pe (kN)	Pno(kN)	Pno/Pe	Pn (kN)	Φ	Pd (kN)	Pu	Pu/Pd	Kontrol	
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 400 x 190 x 106	2265180407575820.00	3600.00	1725033.53	59988.90	0.03	59122.07	0.75	44341.55	6369.00	0.14	UYGUN	
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	3857391588938460.00	3600.00	2937571.68	79995.15	0.03	79088.56	0.75	59316.42	15212.00	0.26	UYGUN	
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	6244558218952640.00	3600.00	4755503.03	104973.28	0.02	104007.89	0.75	78005.91	26258.00	0.34	UYGUN	
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	9446181066580540.00	3600.00	7193678.26	131567.03	0.02	130563.73	0.75	97922.80	38768.00	0.40	UYGUN	
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	13784987295925400.00	3600.00	10497868.15	161820.15	0.02	160779.49	0.75	120584.62	54083.00	0.45	UYGUN	
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	20022253377618000.00	3600.00	15247817.91	199663.90	0.01	198572.59	0.75	148929.44	75228.00	0.51	UYGUN	

KOMPOZİT KOLON KESME EĞİLME DAYANIMI GÜÇLÜ EKSEN														
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Wr(mm3)	Wc (mm3)	MD (KNm)	hn (mm)	Wsn(mm3)	Wcn(mm3)	MB (KNm)	Mpx (KNm)	Mnx(KNm)	Φ	Mdx(KNm)	
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 400 x 190 x 106	14702653.62	234892046.38	11310.45	346.40	405300.00	119584935.96	8625.39	8625.39	8625.39	0.90	7762.85	
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	17969909.98	413460990.02	16535.44	442.90	569100.00	234824077.55	11343.40	11343.40	11343.40	0.90	10209.06	
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	21237166.34	663664833.66	23412.28	510.39	1098000.00	363603405.62	15295.92	15295.92	15295.92	0.90	13766.32	
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	24504422.70	998228577.30	31954.00	615.82	1267000.00	605511397.23	18637.10	18637.10	18637.10	0.90	16773.39	
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	27771679.06	1428758320.94	42547.07	716.19	1470000.00	921807278.56	22436.81	22436.81	22436.81	0.90	20193.13	
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	31038935.42	1965613064.58	55994.17	760.48	3348000.00	1153319995.39	30297.58	30297.58	30297.58	0.90	27267.82	

KOMPOZİT KOLON KESME EĞİLME DAYANIMI ZAYIF EKSEN														
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Wr(mm3)	Wc (mm3)	MD (KNm)	hn (mm)	Wsn(mm3)	Wcn(mm3)	MB (KNm)	Mpy (KNm)	Mny(KNm)	Φ	Mdy(KNm)	
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 400 x 190 x 106	14702653.62	232912346.38	11971.18	346.40	2385000.00	117605235.96	8625.39	8625.39	8625.39	0.90	7762.85	
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	17969909.98	410413090.02	17552.68	442.90	3617000.00	231776177.55	11343.40	11343.40	11343.40	0.90	10209.06	
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	21237166.34	656332833.66	25859.33	510.39	8430000.00	356271405.62	15295.92	15295.92	15295.92	0.90	13766.32	
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	24504422.70	989266577.30	34945.07	615.82	10229000.00	596549397.23	18637.10	18637.10	18637.10	0.90	16773.39	
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	27771679.06	1417408320.94	46335.13	716.19	12820000.00	910457278.56	22436.81	22436.81	22436.81	0.90	20193.13	
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	31038935.42	1948521064.58	61698.63	760.48	20440000.00	1136227995.39	30297.58	30297.58	30297.58	0.90	27267.82	

Çizelge 4.39-devamı. Çeperlerdeki tüm kompozit kolonlara ait dayanım oranları

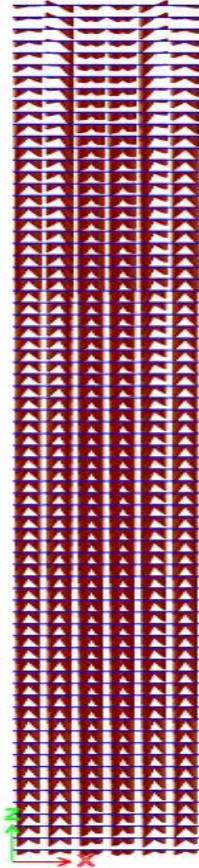
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Pu	Pd	$Pu/Pd > 0.20$	Mux	Mdx	Muy	Mdy	$Pu/Pd + 8/9(Mux/Mdx + Muy/Mdy) < 1$	$Pu/2Pd + (Mux/Mdx + Muy/Mdy) < 1$		
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 450 x 190 x 106	6369.00	44341.55	0.14	178.00	7762.85	386.00	7762.85		0.14		
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	15212.00	59316.42	0.26	306.00	10209.06	684.00	10209.06	0.34			
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	26258.00	78005.91	0.34	685.00	13766.32	421.00	13766.32	0.41			
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	38768.00	97922.80	0.40	452.00	16773.39	1036.00	16773.39	0.47			
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	54083.00	120584.62	0.45	469.00	20193.13	1261.00	20193.13	0.52			
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	75228.00	148929.44	0.51	7263.00	27267.82	7129.00	27267.82	0.97			

KOMPOZİT KOLON KESME KUVVETİ DAYANIMI													
KAT	KOLON BETON	KOLON ÇELİK	Aw	h/tw	$2,24 \cdot \sqrt{E / F_y}$	$1,10 \cdot \sqrt{E / F_y}$	Cv	Vn	Φ	Vd	Vu	Vu/Vd	Kontrol
60 KAT -72 KAT	C100x100	W 450 x 190 x 106	5909.40	32.37	53.17	26.11	1.00	1258.70	1.00	1258.70	247.00	0.20	UYGUN
48. KAT -60 KAT	C120X120	W 530 x 210 x 138	8070.30	32.37	53.17	26.11	1.00	1718.97	1.00	1718.97	320.00	0.19	UYGUN
36. KAT -48 KAT	C140X140	W 840 x 295 x 210	13028.40	49.43	53.17	26.11	1.00	2775.05	1.00	2775.05	268.00	0.10	UYGUN
24. KAT -36 KAT	C160X160	W 920 x 310 x 238	15097.50	50.01	53.17	26.11	1.00	3215.77	1.00	3215.77	198.00	0.06	UYGUN
12. KAT -24 KAT	C180X180	W 1000 x 300 x 272	16335.00	52.61	53.17	26.11	1.00	3479.36	1.00	3479.36	183.00	0.05	UYGUN
1. KAT -12 KAT	C200X200	W 1000 x 400 x 412	21268.80	41.14	53.17	26.11	1.00	4530.25	1.00	4530.25	673.00	0.15	UYGUN

4.6.5. Moment Aktaran Çerçeve Kiriş Tasarımı

Yapı iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden oluşmaktadır. TBDY2018'e göre, süneklik düzeyi yüksek moment aktaran kirişler gerekli mesafelerde yanıl destek elemanlarıyla desteklenmektedir. Moment aktaran çerçevelerin kirişleri, uzun doğrultuda HEB800 kesitlerden oluşmaktadır. Bu kesitlerin tasarımı, genel analiz yöntemi kullanılarak, azaltılmış rijitlikler ve ikinci mertbe etkiler de gözönüne alınarak meydana gelen iç kuvvetler altında gerçekleştirilmiştir. Kesitlerdeki büyük momentlerin negatif işaretli olacağı ve bu bölgelerde basınç bölgesinin alt başlıkta yer alacağı durumdur. Bu durumda kompozit kesit çalışması meydana gelmemekte ve sonuç olarak çerçeve kirişlerinin kompozit kesit kabulü yapılmadan tasarlanması gerekmektedir.

Kesit kapasite kontrolü için gözönüne alınacak gerekli eğilme momenti dayanımı $M_u = 865$ kNm ve gerekli kesme kuvveti dayanımı $V_u = 507$ kN olarak belirlenmiştir (Şekil 4.34 ve Şekil 4.35).



Şekil 4.34. Çeperlerdeki tüm kompozit kirişlere ait moment diyagramları



Şekil 4.35. Kritik kompozit kirişlere ait moment diyagramları

Moment kiriş enkesit tasarımı için çelik profile ait enkesit özellikleri:

Kesit: HEB 800

$d = 800 \text{ mm}$, $b_f = 300 \text{ mm}$, $t_f = 33 \text{ mm}$, $t_w = 17.5 \text{ mm}$, $I_{sx} = 359100 \text{ cm}^4$, $I_{sy} = 14900 \text{ cm}^4$,
 $W_{ex} = 8977 \text{ cm}^3$, $W_{px} = 10230 \text{ cm}^3$, $W_{ey} = 993.6 \text{ cm}^3$, $W_{py} = 1553 \text{ cm}^3$, $A_s = 334.2 \text{ mm}^2$,
 $h = 734 \text{ mm}$, $i_y = 79.10 \text{ mm}$, $J = 946 \text{ cm}^4$

Çelik sınıfı: S355, $F_y = 355 \text{ MPa}$, $F_u = 510 \text{ MPa}$, $E = 200000 \text{ MPa}$

Kesit kompaktlık koşulu:

Başlık parçası için:

$$\frac{b}{t_f} = \frac{300}{2(33)} = 4.54 < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 9.02 \sqrt{\quad} \quad (4.279)$$

Gövde parçası için:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{734}{17.5} = 41.94 < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 89.25 \sqrt{\quad}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{734}{17.5} = 41.94 < 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 58.15 \sqrt{\quad} \quad (4.280)$$

Başlık ve gövde parçası kompakt enkesitli olan kirişin karakteristik eğilme momentinin belirlenmesinde ÇYTHYE 2018 yönetmeliği Bölüm 9.2 ve Bölüm 9.6 gözönünde bulundurulmuştur. Taşıma gücü momenti akma ve yanal burulmalı burkulma sınır durumundan belirlenecek olan karakteristik eğilme momenti dayanımı değerlerinden küçük olanına göre belirlenmektedir.

Akma sınır durumunda karakteristik eğilme momenti dayanımı M_n ve tasarım

eğilme momenti dayanımı M_d

$$M_n = M_p = F_y W_{px} = 355(10230)10^{-3} = 3631.65 \text{ kNm} \quad (4.281)$$

$$M_d = \Phi M_n = 0.90 (3631.65) = 3268.48 \text{ kNm} \rightarrow \text{Kuvvetli eksen} \quad (4.282)$$

$$M_n = M_p = F_y W_{py} \leq 1.6 F_y W_{ey} \quad (4.283)$$

$$M_n = M_p = 355(1553)10^{-3} = 551.32 \text{ kNm} \leq 1.6 \times 355 \times 993.6 \times 10^{-3} = 564.36 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_p = 551.32 \text{ kNm}$$

$$M_d = \Phi M_n = 0.90 (551.32) = 496.18 \text{ kNm} \rightarrow \text{Zayıf eksen} \quad (4.284)$$

Kiriş enlemeler nedeni ile 1/3 noktalarından tutuludur. Bu durumda her bir bölgenin ayrı olarak incelenmesi gerekir.

Kenar 1/3 bölgesinde $L_b = 6000/3 = 2000 \text{ mm}$

Yanal burulmalı burkulma sınır durumu:

Eğilme etkisi için kiriş başlığının tutulu olmadığı basınç başlığında yanal yerdeğiştirmenin ve enkesit burulmasının önlendiği noktalar arasındaki eleman uzunluğu (stabilite bağlantısı ile desteklenmeyen eleman uzunluğu) $L_b = 2000 \text{ mm}$ için aşağıdaki adımlar izlenecektir. Enkesitin başlık parçalarının, kompakt olma koşulunu sağlaması durumunda, zayıf ekseninde bu sınır durum göz önüne alınmayacaktır (ÇYTHYE 2018).

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 79.10 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 2790.55 \text{ mm} \quad (4.285)$$

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_w}\right)}} = \frac{300}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{16734 \times 17.5}{300 \times 33}\right)}} = 84.48 \text{ mm} \quad (4.286)$$

$$L_r = 1.95 i_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{W_{ex} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{W_{ex} h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (4.287)$$

$$L_r = 1.95 \times 84.48 \frac{200000}{355} \sqrt{\frac{9460000 \times 1}{8977000 \times 767} + \sqrt{\left(\frac{9460000 \times 1}{8977000 \times 767}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 355}{200000}\right)^2}} = 6486.32 \text{ mm}$$

Stabilite bağlantısı ile desteklenmeyen kiriş uzunluğu L_b ,

$L_b = 2000 \text{ mm} < L_p = 2790.55 \text{ mm}$ olduğundan yanal burulmalı burkulma durumu oluşmaz. Bundan dolayı, M_n akma sınır durumundaki karakteristik eğilme momenti dayanımı $M_n = 3631.65 \text{ kNm}$ olarak belirlenmiştir. Kirişte eksenel kuvvet varsa bileşik etkiler

$$M_d = \Phi M_n = 0.90 (3631.65) = 3268.48 \text{ kNm} \rightarrow \text{Kuvvetli eksen} \quad (4.288)$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{865}{3268.48} = 0.26 < 1 \quad (4.289)$$

Kesme kuvveti dayanımının kontrolü:

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 10.2.1'e göre,

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} \quad (4.290)$$

$$A_w = d t_w = 800 \times 17.5 = 14000 \text{ mm}^2 \quad (4.291)$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{734}{17.5} = 41.94 < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 53.17 \quad (4.292)$$

ÇYTHYE 2018 yönetmeliği, Bölüm 10.2.1 gereği

$$C_{v1} = 1.0$$

$$V_n = 0.6 \times 355 \times 14000 \times 1.0 \times 10^{-3} = 2982 \text{ kN} \quad (4.293)$$

$$V_d = \Phi_v V_n = 1.0 \times 2982 = 2982 \text{ kN} \quad (4.294)$$

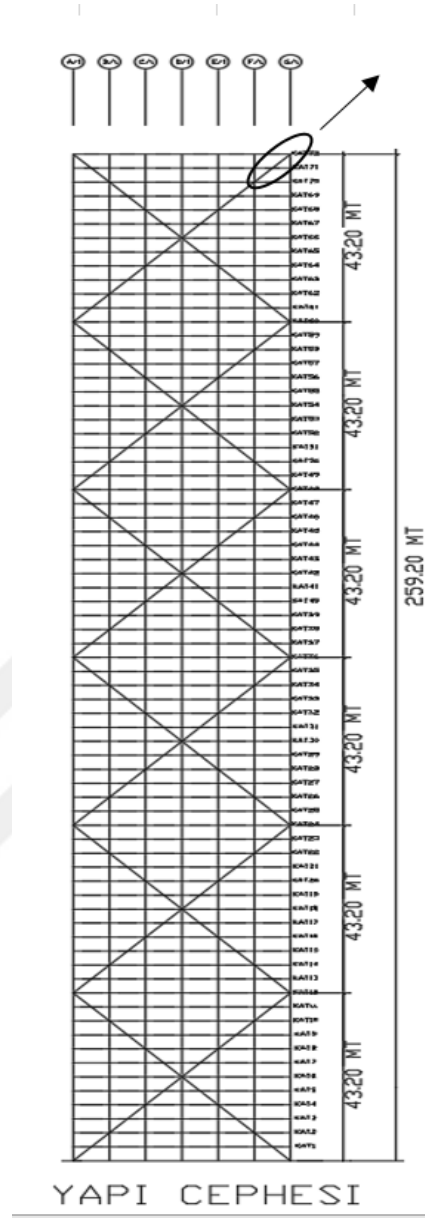
$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{507}{2982} = 0.17 < 1 \quad (4.295)$$

4.6.6. Çapraz tasarımı

Bu tez kapsamında seçilen çapraz üzerinde gerekli kontroller yapılmıştır (Şekil 4.36). Tüm çaprazlara ait hesaplama sonuçları ve mekanizma durumlarını gösteren hesaplama sonuçları eklenmiştir. Çizelge 4.40'da seçilen çapraz kesit boyutları ve seçilen kesitlere ait değerler verilmiştir.

Çizelge 4.40. Çapraz kesitleri ve kesit özellikleri

KESİTLER		m	A	I_x	W_{elx}	i_x	J	W_{plx}
	hxbxt mm	kg/m	10^3 cm^2	10^6 cm^4	10^3 cm^3	cm	10^3 cm^4	10^3 cm^3
	300X300X20		224.0	29418.7	1961.2	11.5	43904.0	2356.0
	400X400X20		304.0	73365.3	3668.3	15.5	109744.0	4336.0
	400X400X25		375.0	88281.3	4414.1	15.3	131835.9	5281.3



Şekil 4.36. Çapraz görünümü

$$\frac{b}{t} = \frac{260}{20} = 13 < 1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.4 \sqrt{\frac{200000}{355}} = 33.23 \sqrt{\quad}$$

$$\text{Min}(i_y, i_x) = (11.50, 11.50) = 11.50 \text{ cm} \quad (4.296)$$

$$\lambda = \frac{K L}{\text{Min}(i_y, i_x)} = \frac{(1.0)(937)}{11.50} = 81.48 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.79 \quad (4.297)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{9370}{11.50}\right)^2} = 297.23 \text{ MPa}$$

(4.298)

$$F_{cry} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y = \left[0.658^{\frac{355}{297.23}}\right] \cdot 355 = 215.27 \text{ MPa}$$

(4.299)

$$P_n = A_g F_{cr} = (224)(215.27)10^{-3} = 4822.02 \text{ kN}$$

(4.300)

$$P_d = \Phi \cdot P_n = 0.9 (4822.02) = 4339.81 \text{ kN}$$

(4.301)

$$\frac{P_u}{P_d} < 1$$

(4.302)

$$\frac{2265}{4339.9} < 0.52 \checkmark$$

Tüm çaprazlara ait kesitlerin kontrolleri Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Çapraz kesit kontrolleri

KATLAR	ÇAPRAZ E	K	L	ix	iy	Max(ix, iy)	$\lambda = KL/i$	$\lambda < 4.71 \sqrt{E/F_y}$	KONTROL	Fe N/mm ²	Fcr N/mm ²	Ag cm ²	Pn	Φ	Pd	Pu	Pu/Pd	Kontrol
72. KAT	300X300X	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	215.27	224.00	4822.02	0.90	4339.818	2265	0.521911	OK
66. KAT	300X300X	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	215.27	224.00	4822.02	0.90	4339.818	3410	0.785747	OK
60. KAT	300X300X	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	215.27	224.00	4822.02	0.90	4339.818	3796	0.874691	OK
54. KAT	300X300X	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	215.27	224.00	4822.02	0.90	4339.818	4256	0.980686	OK
48. KAT	400X400X	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	269.55	304.00	8194.34	0.90	7374.909	5456	0.739806	OK
42. KAT	400X400X	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	269.55	304.00	8194.34	0.90	7374.909	5941	0.805569	OK
36. KAT	400X400X	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	269.55	304.00	8194.34	0.90	7374.909	6593	0.893977	OK
30. KAT	400X400X	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	269.55	304.00	8194.34	0.90	7374.909	6657	0.902655	OK
24. KAT	400X400X	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	267.60	375.00	10035.17	0.90	9031.657	8224	0.910575	OK
18. KAT	400X400X	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	267.60	375.00	10035.17	0.90	9031.657	8113	0.898285	OK
12. KAT	400X400X	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	267.60	375.00	10035.17	0.90	9031.657	7831	0.867061	OK
6. KAT	400X400X	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	267.60	375.00	10035.17	0.90	9031.657	6577	0.728216	OK

Tüm çaprazlara ait mekanizma durumunda oluşan olası çekme kuvvetlerine ait hesaplamalar Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Mekanizma durumunda oluşan çekme kuvvetleri

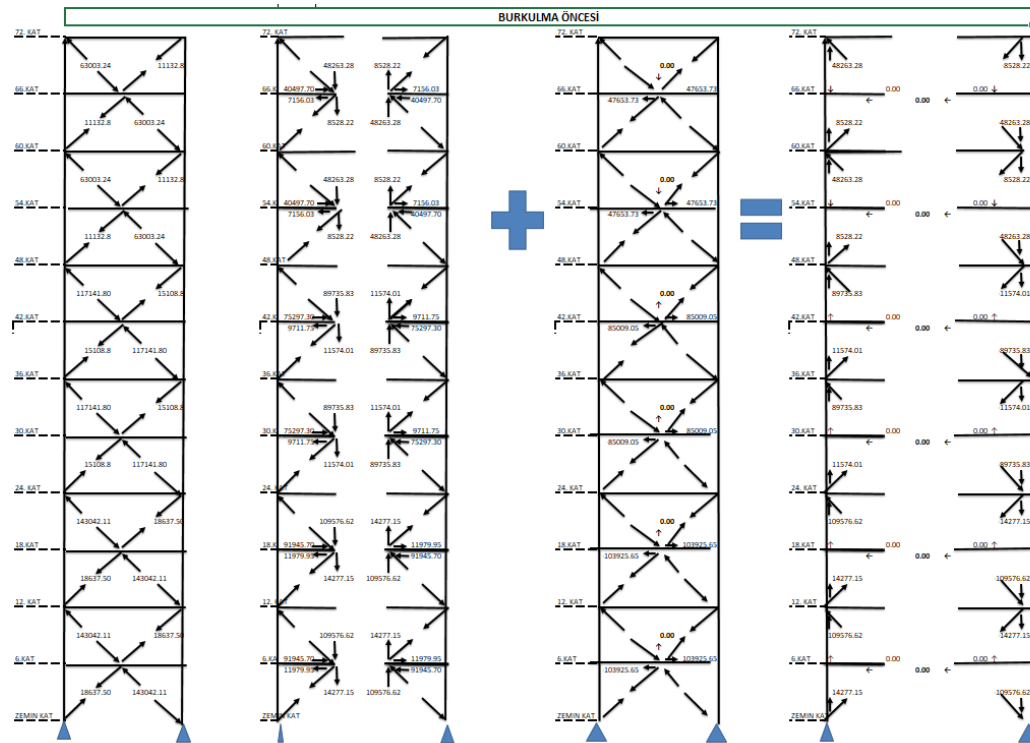
KATLAR	ÇAPRAZ ELAMA	R_y	F_y N/mm ²	A_g cm ²	T KN
72. KAT	300X300X20	1.4	355	224.0	11132.80
66. KAT	300X300X20	1.4	355	224.0	11132.80
60. KAT	300X300X20	1.4	355	224.0	11132.80
54. KAT	300X300X20	1.4	355	224.0	11132.80
48. KAT	400X400X20	1.4	355	304.0	15108.80
42. KAT	400X400X20	1.4	355	304.0	15108.80
36. KAT	400X400X20	1.4	355	304.0	15108.80
30. KAT	400X400X20	1.4	355	304.0	15108.80
24. KAT	400X400X25	1.4	355	375.0	18637.50
18. KAT	400X400X25	1.4	355	375.0	18637.50
12. KAT	400X400X25	1.4	355	375.0	18637.50
6. KAT	400X400X25	1.4	355	375.0	18637.50

Tüm çaprazlara ait mekanizma durumunda oluşan olası basınç kuvvetlerine ait hesaplamalar Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Mekanizma durumunda oluşan olası basınç kuvvetleri

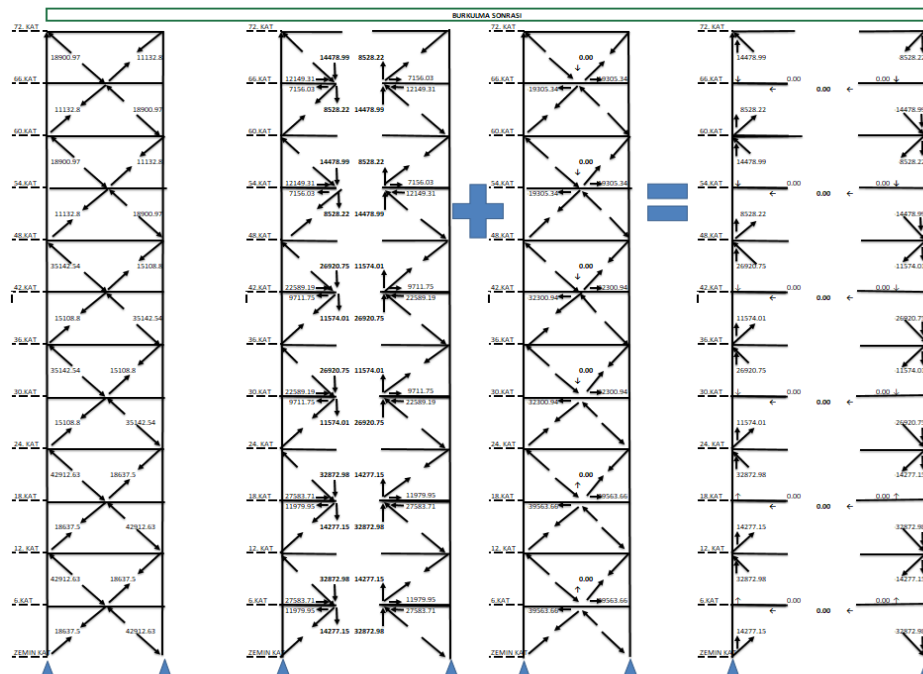
KATLAR	ÇAPRAZ ELAMA	K	L	i_x	i_y	Max(i_x, i_y)	$\lambda = KL/i$	$\lambda < 4.71 \sqrt{E/F_y}$	KONTROL	F_e N/mm ²	F_{cre} N/mm ²	P1 kN	P2 kN	Pn
72. KAT	300X300X20	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	246.72	63003.24	18900.97	5526.60
66. KAT	300X300X20	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	246.72	63003.24	18900.97	5526.60
60. KAT	300X300X20	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	246.72	63003.24	18900.97	5526.60
54. KAT	300X300X20	1	937	11.50	11.50	11.50	81.48	111.79	TAMAM	297.03	246.72	63003.24	18900.97	5526.60
48. KAT	400X400X20	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	338.01	117141.80	35142.54	10275.60
42. KAT	400X400X20	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	338.01	117141.80	35142.54	10275.60
36. KAT	400X400X20	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	338.01	117141.80	35142.54	10275.60
30. KAT	400X400X20	1	937	15.50	15.50	15.50	60.45	111.79	TAMAM	539.60	338.01	117141.80	35142.54	10275.60
24. KAT	400X400X25	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	334.60	143042.11	42912.63	12547.55
18. KAT	400X400X25	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	334.60	143042.11	42912.63	12547.55
12. KAT	400X400X25	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	334.60	143042.11	42912.63	12547.55
6. KAT	400X400X25	1	937	15.30	15.30	15.30	61.24	111.79	TAMAM	525.77	334.60	143042.11	42912.63	12547.55

Mekanizma durumu ile uyumlu iç kuvvetlerin burkulma öncesi durumunu ait değerler Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Burkulma öncesi durum kontrolü

Mekanizma durumu ile uyumlu iç kuvvetlerin burkulma sonrası durumunu ait değerler Şekil 4.38’de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Burkulma sonrası durum kontrolü

Buna göre mekanizma durumu ile uyumlu en elverişsiz kolon eksenel basınç kuvveti Dayanım fazlalığı katsayısı D ile artırılmış deprem etkileri ile kolon iç kuvvetlerinden küçük olduğuna ait hesaplamalar Çizelge 4.44'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.44. Mekanizma durumunda oluşan olası basınç kuvvetleri

KATLAR	KOLON ELİ	$P1$ Emh	$T1$ Emh	$D * E$	$D * E < P1$ Emh
72. KAT	300X300X2	48263.28	-8528.22	392	OK
66. KAT	300X300X2	56791.50	-56791.50	620	OK
60. KAT	300X300X2	105054.79	-65319.72	1643	OK
54. KAT	300X300X2	113583.01	-113583.01	2018	OK
48. KAT	400X400X2	203318.84	-125157.02	3443	OK
42. KAT	400X400X2	214892.85	-214892.85	3667	OK
36. KAT	400X400X2	304628.68	-226466.86	5368	OK
30. KAT	400X400X2	316202.69	-316202.69	5722	OK
24. KAT	400X400X2	425779.30	-330479.84	8413	OK
18. KAT	400X400X2	440056.46	-440056.46	8902	OK
12. KAT	400X400X2	549633.07	-454333.61	13483	OK
6. KAT	400X400X2	563910.22	-563910.22	14962	OK

4.7. Tasarım Aşaması 2

Birinci adımda tasarımı yapılan binanın ikinci adımda tasarım boyutlandırılması normal performans hedefi için DD-4 deprem düzeyi için DGT ile tasarım yapılacaktır.

TBDY 2018'e göre İkinci aşamada taşıyıcı sistem modellemesinde;

- Benzer yük birleşimleri kullanılması gerekmektedir.
- İkinci aşama hesabında betonarme elemanlar için etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır.
- Ek dış merkezlilik gözönüne alınmayacaktır.
- Sönüm oranının %2.5 olarak alınması gerekmektedir.

4.7.1. TBDY 2018'e göre İkinci aşama deprem hesabı

Normal performans hesabı için DD4 depremi altında modal hesap yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Bu durumda iç kuvvetlerin hesabında $R/I = 1$ ve $D = 1$ alınması gerektiği belirtilmektedir.

Birinci aşamadaki minimum taban kesme kuvveti koşulu uygulanmayacaktır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılması durumunda % 2.5 sönüm oranına denk gelen $S_{ae}(T)$ elde edilmesi için %5 sönüm oranına karşı gelen spektral ivme değerleri 1.25 katsayısı ile çarpılacaktır.

Mod birleştirmede tam karesel birleştirme kuralı kullanılması durumunda çapraz korelasyon katsayılarının hesabında bütün modlar için sönüm oranı % 2.5 olarak alınması gerekmektedir.

TBDY 2018'e göre İkinci aşama deprem hesabı sonucunda normal performans hedefi için modal hesap yöntemleri sonucu bulunan iç kuvvetler değerlendirmeye esas iç kuvvetler olarak alınacaktır.

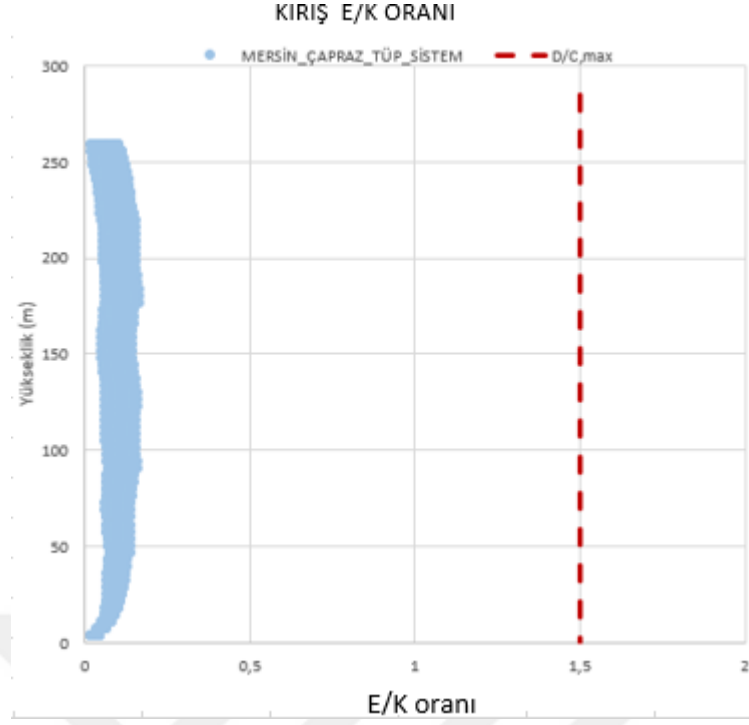
4.7.2. TBDY 2018'e göre İkinci aşama performans değerlendirmesi

Normal performans hedefi DD-4 deprem yer hareketi altında kesintisiz kullanım performans hesabında karakteristik malzeme dayanımı yerine ortalama malzeme dayanımı değerleri kullanılacaktır.

Sünek davranışa sahip elemanlardaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı $E/K = 1.5$ değerini aşmayacaktır.

Sünek davranışa sahip olmayan elemanlardaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı $E/K = 0.7$ değerini aşmayacaktır (TBDY 2018).

Tasarım ve hesap adımları birinci adımla benzer olduğu için bu aşamada tekrar olmaması için sadece ETABS programından elemanlara ait kapasite oranları sonuçları verilmiştir. Sünek davranışa sahip kiriş elemanlardaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafiği Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



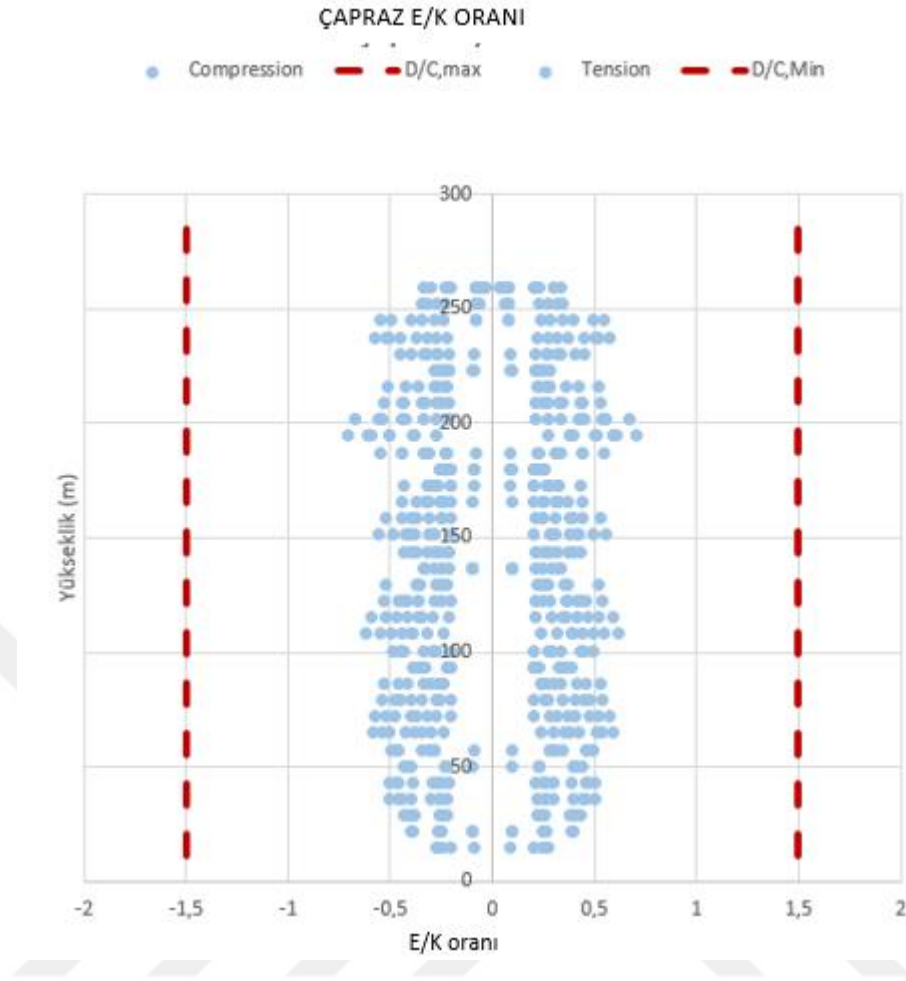
Şekil 4.39. Kiriş elemanlardaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı

Gevrek davranış özelliğine sahip kiriş elemanlardaki kesme kuvvetleri için talep / kapasite oranı grafiği Şekil 4.40’da gösterilmiştir.



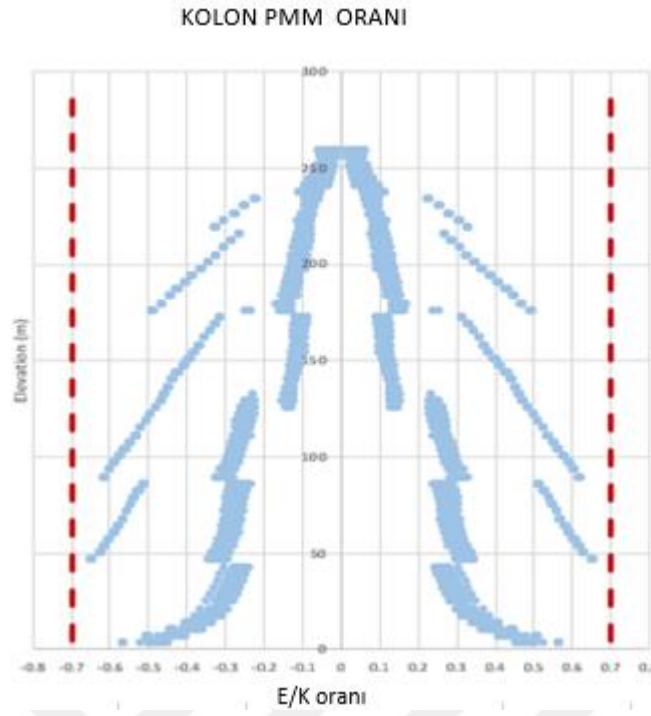
Şekil 4.40. Kiriş elemanlardaki kesme kuvvetleri için talep/ kapasite oranı

Sünek davranışa sahip çapraz elemanlardaki P iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafiği Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



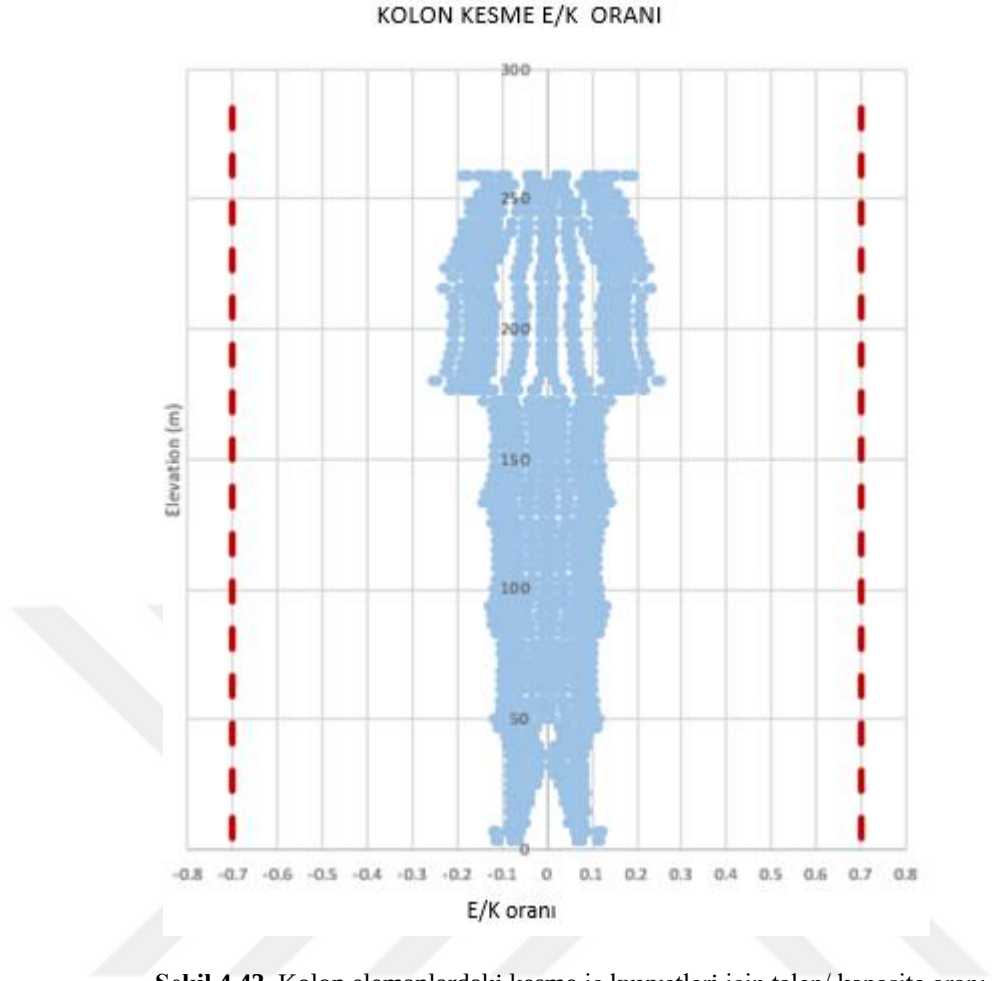
Şekil 4.41. Çapraz elemanlardaki P iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı

Kolon elemanlardaki PMM iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafiği Şekil 4.42’de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Kolon elemanlardaki PMM iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı

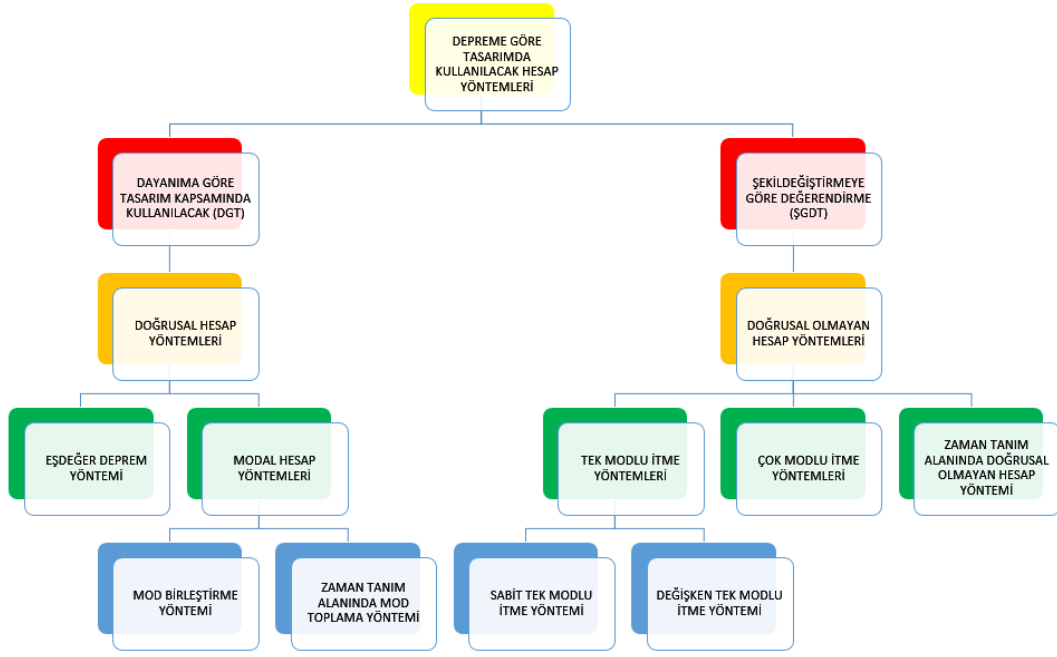
Kolon elemanlardaki kesme iç kuvvetleri için talep/ kapasite oranı Şekil 4.43'te gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Kolon elemanlardaki kesme iç kuvvetleri için talep/ kapasite oranı

4.8. Tasarım Aşaması 3

Depreme göre tasarımda kullanılan hesap yöntemleri Şekil 4.44'te görülmektedir. Şekilde verilen yöntemlerin hangilerinin hangi durumda kullanılabileceği TBDY 2018'de belirtilmektedir. Tasarım sistemleri genel olarak “doğrusal hesap yöntemleri” ve “doğrusal olmayan hesap yöntemleri” olarak iki kısma ayrılmaktadır. Bu kıstası belirleyen, sisteme deprem ve rüzgar gibi yatay bir yük etkilmesi durumunda sistemin rijitlinde meydana gelen değişimin esas alınmasıdır. Bu durum, sistemin kolon kiriş gibi elemanlarında oluşan dönmeler ve çatlamalardan oluşan plastikleşmelerden kaynaklanmaktadır. Doğrusal olmayan değerlendirme yöntemleri kendi içinde “Tek modlu itme yöntemleri”, “Çok modlu itme yöntemleri” ve “Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntemler” olarak üçe ayrılmaktadır. Bu hesap yöntemleri Şekil 4.44'te gösterildiği şekildedir.



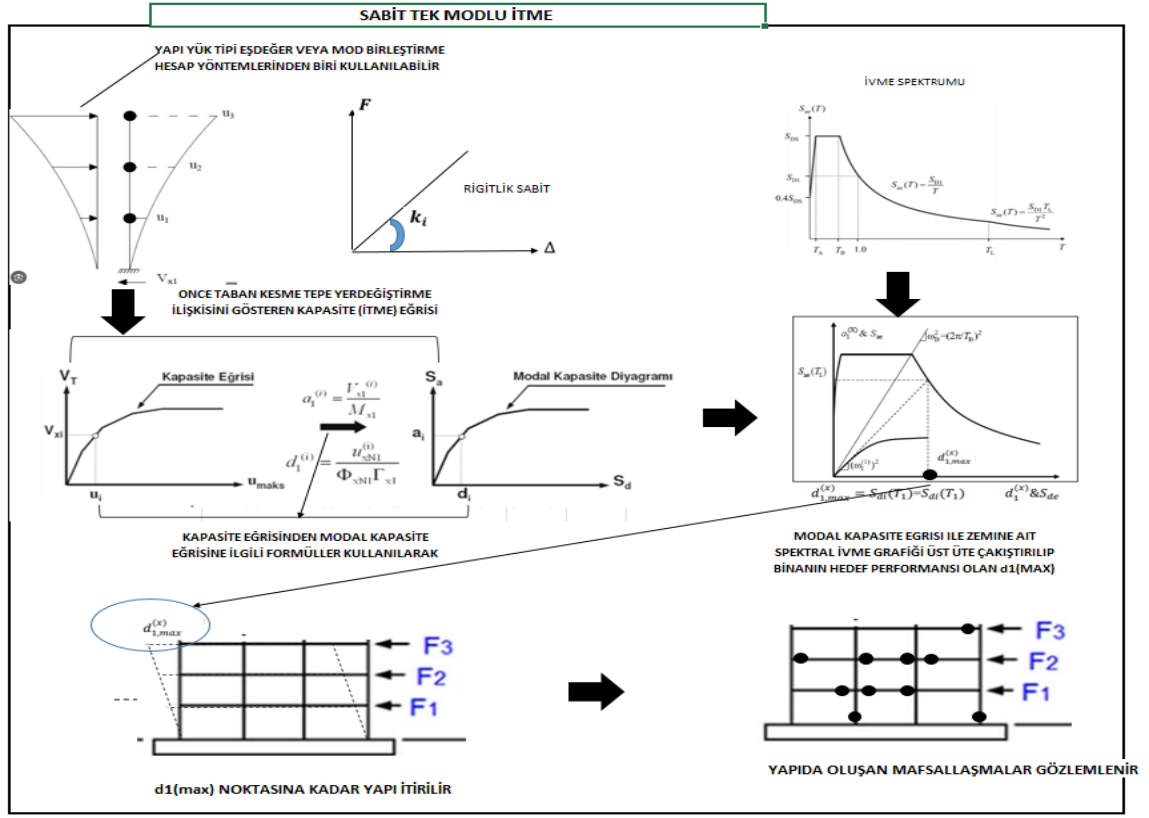
Şekil 4.44. TBKY 2018'e göre hesap yöntemleri

4.8.1. Sabit tek modlu itme yöntemi (Artımsal Eşdeğer yöntemi)

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme yaklaşımlarından en basiti Sabit tek modlu itme analizidir. Pushover analiz metodu olarak ta adlandırılmaktadır. Çözümde zaman tanım alanında hesapta olduğu gibi deprem kaydı yerine spektrum ve ayrıca birinci mod esas alınmaktadır.

Uygulama koşulları olarak ek dış merkezlik uygulanmaksızın doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan burulma düzensizliği 1.4'ten küçük olmalıdır. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda birinci moddaki hakim kütle yüzde 70'ten fazla olmalı ve Bina Yükseklik Sınıfı BYS, 5 veya 5 ten büyük olmalıdır. Sabit tek modlu yöntem yapı rijitliğinin sabit kaldığı itme şeklidir. Bu sistemde yatay yük etkiye tipine bağlı olarak önce taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirme ilişkisini gösteren kapasite eğrisi çizilir. Bu yük tipi eşdeğer hesap yöntemine göre belirlenebilmektedir. Kapasite eğrisinden modal kapasite eğrisine ilgili formüller kullanılarak geçiş yapılır. Burada maksat eksen takımındaki birim dönüşümlerini sağlayıp ivme spektrumu ile karşılaştırabilmektir. Devamında Modal spektral eğrisi ile zemine ait spektral ivme grafiği üst üste karşılaştırılıp binanın hedef performansı belirlenmektedir. Bulunan bu hedef performans noktası bina periyodunun zemin ivme spektrumundaki T_b değerinden büyük

veya küçük olması durumuna bağlı olarak TBDY 2018’de belirtilen C_r düzeltme katsayısı ile çarpılıp gerçek d_{max} öteleme miktarı bulunur. Bulunan bu öteleme noktasına kadar bina yeniden itilir ve binada oluşan mafsallaşma durumları gözlemlenir. Belirtilen işlem adımları Şekil 4.45’te gösterilmiştir.

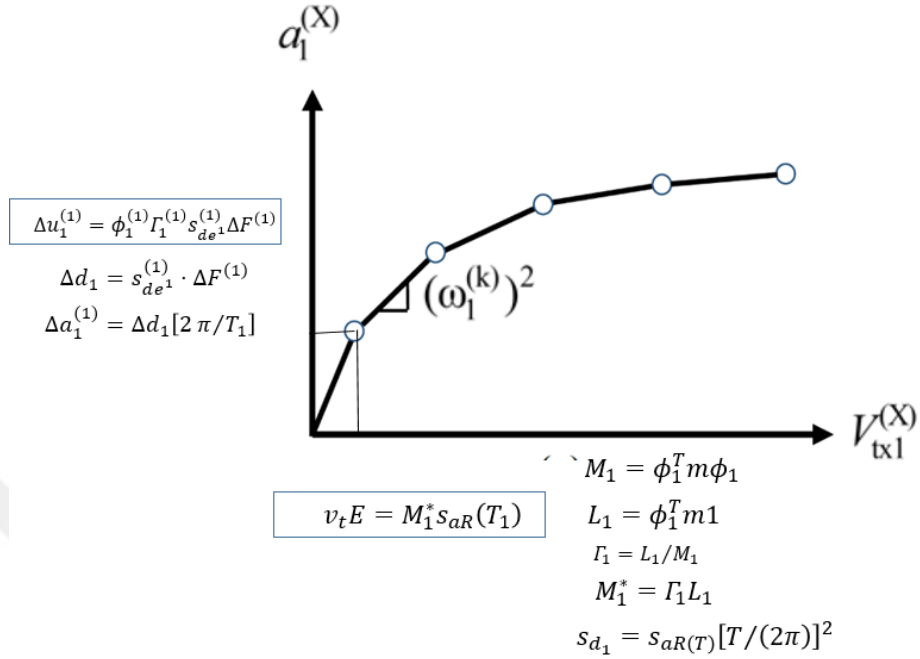


Şekil 4.45. Tek modlu itme yöntemi hesap adımları

4.8.2. Değişken tek modlu itme yöntemi

Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme yaklaşımlarından Değişken Tek Modlu itme analizi, Sabit Tek Modlu itme analizinin benzeri olup en büyük fark olarak itme adımlarında sistem üzerinde elemanlarda oluşan mafsallaşma durumu sonrası yapıda oluşan rijitlik kaybını esas alması durumudur. Her mafsal oluşumunda yapının rijitliği değişmektedir. Bu rijitlik değişiminde yapının mod sekileri değişir. Her mafsaldan sonra yeniden bir rijitlik matrisi oluşturulup oluşan bu yeni matris altında yeniden modal analiz yapılarak yeni mod şekli oluşmakta ve oluşan bu yeni şekil altında mafsal oluşumuna dek yapı itirilmektedir. Bu işlem bir sonraki mafsal oluşumuna kadar yeniden tekrarlanır. Burada yine benzer olarak birinci mod etkisi dikkate alınıp

ötenmeler bunun üzerinden gerçekleştirilir. Şekil 4.46’da değişken tek modlu itme yöntemi grafiği işlem adımları gösterilmiştir.



Şekil 4.46. Değişken tek modlu itme yöntemi grafiği işlem adımları

Sabit tek modlu itme yönteminde farklı olarak benzeştirme işlemlerine gerek yoktur. Yapılacak işlem adımlarıyla direkt olarak kesme kuvveti ve ivme grafiği elde edilebilmektedir. Genelde en yakın fayın binaya uzaklığının 15 km’den düşük olması durumunda ve ikinci mertbe etkileri nedeni ile modal kapasite diyagramının akma sonrası eğimlerinin negatif olması durumunda kullanılmaktadır. Sabit Tek modlu itmeye göreye kullanım alanı daha azdır.

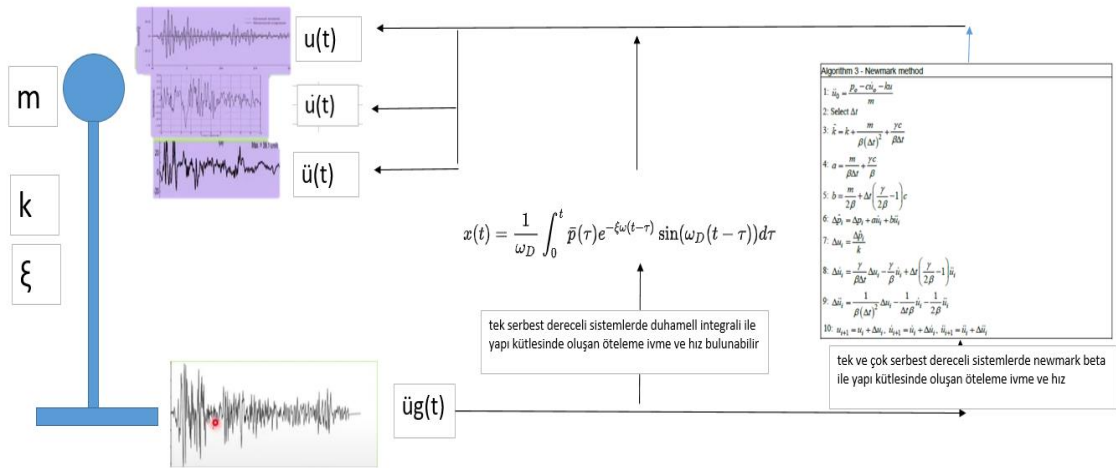
4.8.3. Çok modlu itme yöntemi (Artımsal Mod Birleştirme yöntemi)

Etkin kat kütle oranı 0.7’den küçük veya burulma düzensizliği katsayısı 1.4’ten büyük yada $BYS \geq 2$ ise kullanılmaktadır. Çok modlu itme analizinde de tek modlu itme analizinde olduğu gibi performans noktasının bulunması ve bu noktaya erişildiğinde plastik mafsallara dönmeleri ve eğriliklerin bulunması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlardan plastik mafsallarda oluşan beton ve donatıda birim kısalma ve birim uzamaların bulunması ve bunların birinci ve diğer modlar esas alınarak bulunan değerlerle modal olarak birleştirilip yönetmelikte verilen sınırlarla

kıyaslanması ile yöntem tamamlanmaktadır. İşlem adımlarının zorluğundan dolayı çok sıkca tercih edilen bir yöntem değildir.

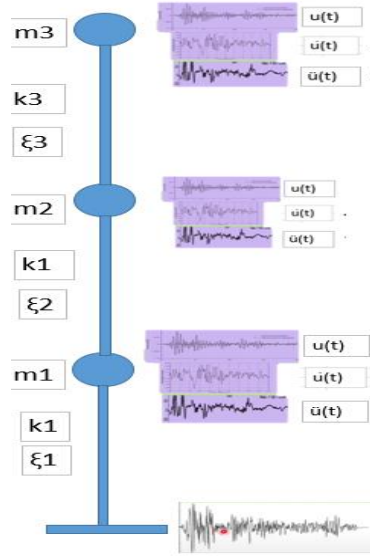
4.8.4. Zaman tanım alanında analiz (Time History Analysis)

Yapı etkiyen zamana bağlı yük düzenli olduğunda analitik olarak Duhammel integrasyonu ile çözümü mümkün olmaktadır. Deprem ivmesi zamana bağlı olarak çok düzensiz bir değişim gösterdiğinden çözümün analitik olarak elde edilmesi pek olası olmamakta bu tür durumlarda çözüm ancak sayısal integrasyon ile elde edilebilmektedir. Burada birçok sayısal integrasyon metodu olup Newmark Beta, Wilson, Taylor kullanılan yöntemlerdir. Sıklıkla Newmark Beta sayısal integrasyon metodu kullanılmaktadır. Tek serbestlik dereceli yapıya etkiyen yer ivme kaydı yapının kütlelerinin bulunduğu seviyelerde zamana bağlı olarak yerdeğiştirme grafiği elde edilebilir. Bu yerdeğiştirmelerin zamana bağlı türevleri alınıp hız ve ivme grafikleri elde edilebilmektedir. Bu yer ivme - zaman grafiğinden yapının kütleleri seviyelerinde oluşan yerdeğiştirmelere analitik veya sayısal integrasyonla dönüşümü yapılabilmektedir. Şekil 4.47’de tek serbestlik dereceli sistemlerde zaman tanım alanında analiz yönteminin uygulanışı gösterilmiştir.



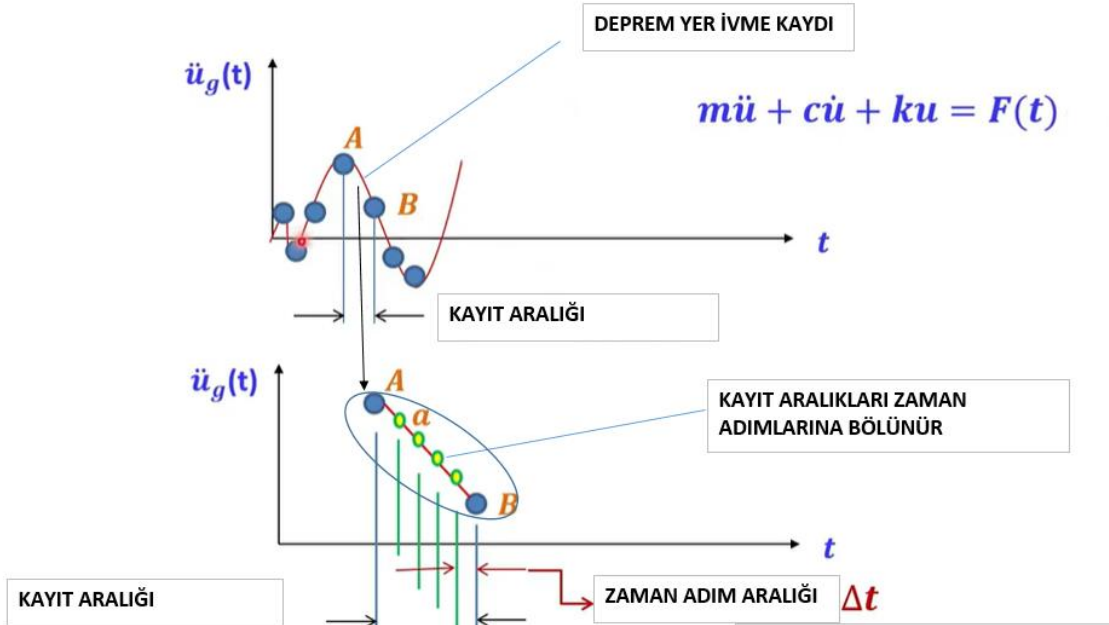
Şekil 4.47. Tek serbestlik dereceli sistemde zaman tanım alanında analiz uygulama metodolojisi

Çok serbestlik dereceli sistemlerde de benzer işlemlerle depremin ivmesinden kaynaklı, zeminde oluşan salınımların kat seviyesinde oluşturduğu ötelenmeler bulunabilmektedir. Şekil 4.48’de çok serbestlik dereceli sistemlerde zaman tanım alanında analiz yönteminin uygulanışı gösterilmiştir.



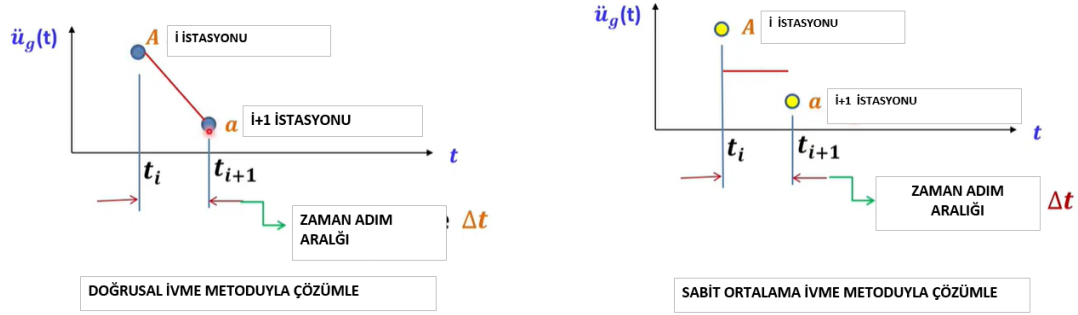
Şekil 4.48. Çok serbestlik dereceli sistemlerde zaman tanım alanında analizi uygulamasını

Sayısal çözümlemelerde dış yük ve sistemin davranışı küçük zaman adımlarında ayrıklaştırılmaktadır ve bu işlemin diferansiyel denklem yerine integral denklemi üzerinde yapılması daha uygun olmaktadır. Deprem ivme kaydının zaman tanım alanında ayrıklaştırma işlemi Şekil 4.49’da gösterildiği şekilde yapılmaktadır.



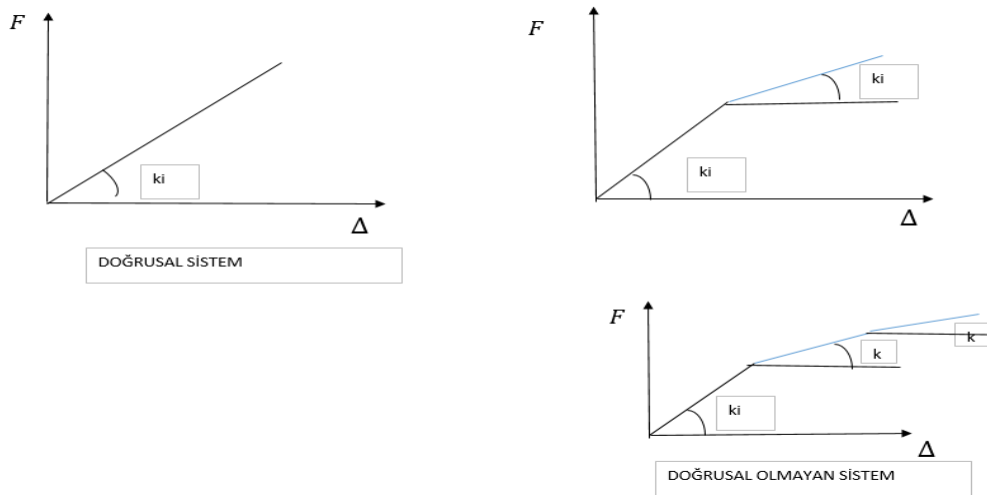
Şekil 4.49. Deprem ivme kaydının zaman tanım alanında ayrıklaştırma işlemi

İntegrali küçük parçalar ile temsil edebilmek için sürekli olan ivme zaman fonksiyonunun yaklaşık olarak tanımlanması gerekmektedir. Sürekli bir fonksiyonu küçük parçalar ile temsil eden bir çok yöntem bulunmakla beraber yaygın olarak doğrusal ivme metodu ile çözümleme ve sabit ortalama ivme metoduyla çözümleme sıklıkla tercih edilmektedir. Şekil 4.50’de çözümleme yöntemlerine ait şekiller gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Deprem ivme kayıtlarının zaman tanım alanında çözümleme yöntemleri

Zaman tanım alanında çözümde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılabilir. Buradaki fark ikinci mertebe etkileri ve sistemde oluşan mafsallaşma durumlarına bağlı olarak yapı rijitliğinde meydana gelen değişimlerin dikkate alınması durumudur. Bu hususlar Şekil 4.51’de görülebilmektedir.



Şekil 4.51. Zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler

Doğrusal analizde zaman tanım alanında Newmark Beta yöntemine göre çözümleme işlem adımlarının gösterildiği Şekil 4.52’deki 3. adımda verilen k sabiti,

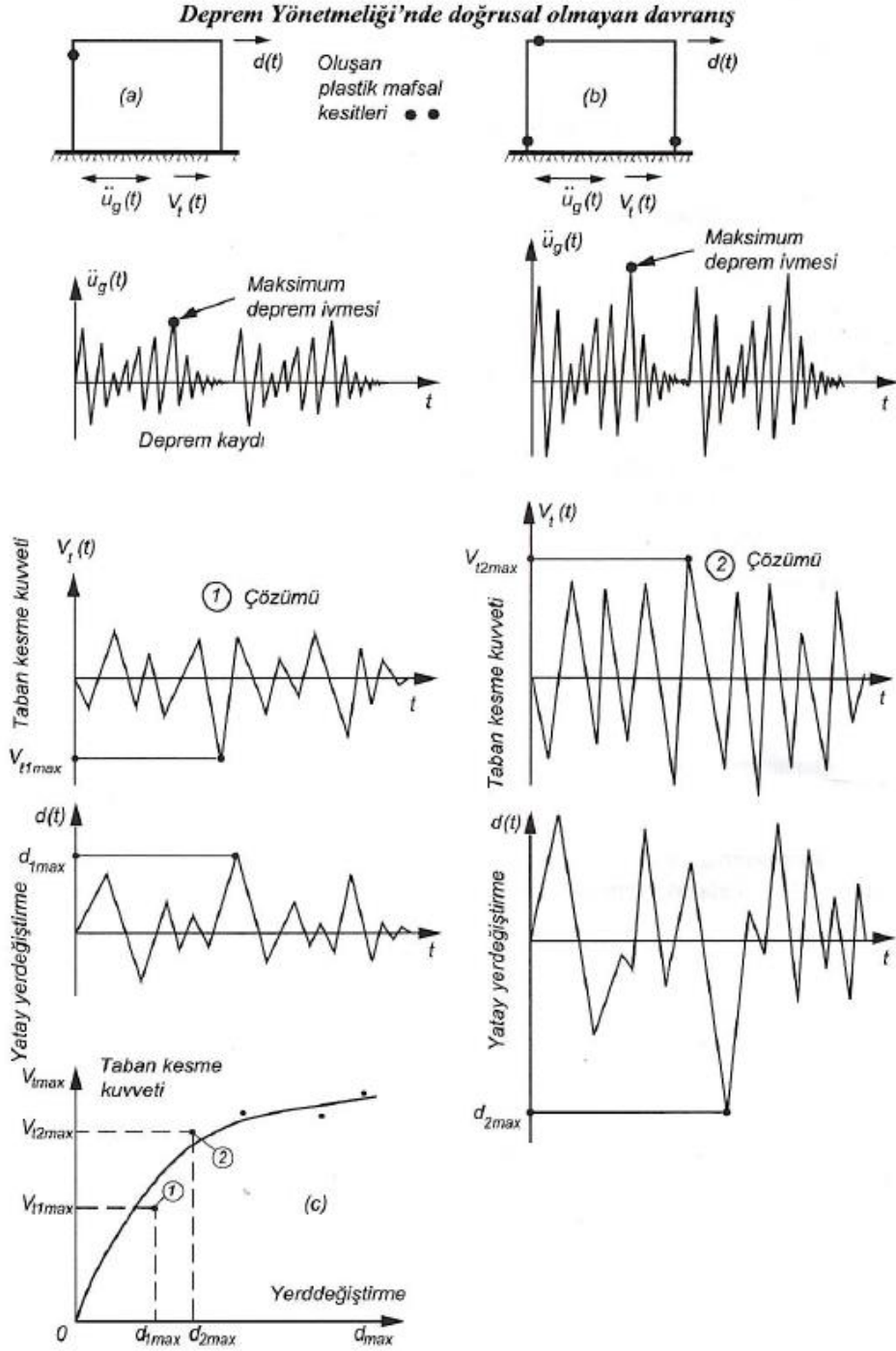
sabit sayı olarak alınırken doğrusal olmayan analizde k sabiti her işlem adımında yeniden hesaplanmakta azalan rijitliğe bağlı olarak grafik eğimlerinde azalmalar meydana gelmektedir.

Algorithm 3 - Newmark method	
1:	$\ddot{u}_0 = \frac{p_o - c\dot{u}_o - ku}{m}$
2:	Select Δt
3:	$\hat{k} = k + \frac{m}{\beta(\Delta t)^2} + \frac{\gamma c}{\beta \Delta t}$
4:	$a = \frac{m}{\beta \Delta t} + \frac{\gamma c}{\beta}$
5:	$b = \frac{m}{2\beta} + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) c$
6:	$\Delta \hat{p}_i = \Delta p_i + a\dot{u}_i + b\ddot{u}_i$
7:	$\Delta u_i = \frac{\Delta \hat{p}_i}{k}$
8:	$\Delta \dot{u}_i = \frac{\gamma}{\beta \Delta t} \Delta u_i - \frac{\gamma}{\beta} \dot{u}_i + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \ddot{u}_i$
9:	$\Delta \ddot{u}_i = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \Delta u_i - \frac{1}{\Delta t \beta} \dot{u}_i - \frac{1}{2\beta} \ddot{u}_i$
10:	$u_{i+1} = u_i + \Delta u_i, \dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \Delta \dot{u}_i, \ddot{u}_{i+1} = \ddot{u}_i + \Delta \ddot{u}_i$

Şekil 4.52. Zaman tanım alanında Newmark Beta yöntemine göre çözümleme işlem adımları

Şekil 4.53'te tek serbestlik dereceli bir sistemde seçilen deprem kaydının uygulanması ile elde edilen kat yerdeğiştirmesi ile taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi ve sistem kesitlerinde oluşan plastik mafsallar gösterilmektedir. Buna göre, birinci çözümde deprem ivme genlikleri küçük olduğu için daha az kesitte plastik mafsal meydana gelirken, ikinci çözümde büyük deprem ivme genliklerinden dolayı plastikleşen sayısı artmıştır. Her iki çözümde de hesaplanan en büyük yerdeğiştirme ve en büyük taban kesme kuvvetinin değeri bir eksen takımına taşınarak statik ivme eğrisinin bir benzeri elde edilebilir. Bu eğrinin oluşmasında statik itme eğrisinde olduğu gibi dış statik kuvvetler yerine deprem kaydı ile zorlanan sistemde oluşan atalet kuvvetleri etkili olmuştur. Dinamik bir çözüm olduğu için sistemin bütün parametrelerinin sonuca etkisi olmaktadır. Doğrusal olmayan çözümde doğrusal çözümde olduğu gibi bir mod kavramı olmadığı için sonucun bütün modların katkısını içerdiği ifadesi burada doğru olmayabilir. Doğrusal olmayan çözümün özelliğinden ve

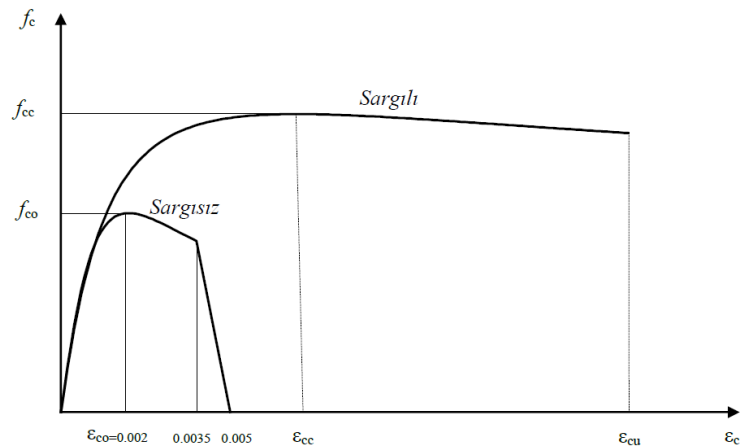
farklı çözümlemelere karşı gelmesinden dolayı elde edilen yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti noktaları saçılmış olarak ortaya çıkmaktadır. Bunlara uygun geçirilebilecek eğri genellikle statik itme eğrisi üzerinde bulunur. Ayrıca burada en büyük taban kesme kuvveti ve en büyük yerdeğiştirmenin aynı anda ortaya çıkmadığı unutulmamalıdır (Celep, 2018).



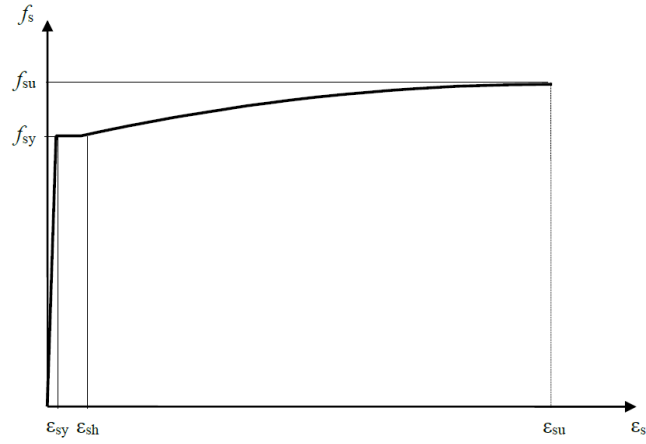
Şekil 4.53. Zaman tanım alanında çözümleme prosedürü (Celep, 2018)

4.8.5. Nonlinear Malzeme Tanımlamaları

Yapı elemanlarında “zaman tanım alanında” yapılacak doğrusal olmayan çözümde eleman kesitlerinde doğrusal davranış ve doğrusal olmayan davranış sergileyen kesitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Doğrusal olmayan davranışı göstermesi için plastik mafsallar geliştirilmiştir. Bu plastik mafsallar da kendi aralarında yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri şeklinde adlandırılmaktadır. Yığılı plastik davranış modeli, moment - dönme veya eksenel yük - uzama ve kısalma ilişkisini veya kesme kuvveti ve kayma gerilmesi - birim şekildeğiştirmeyi veya diğer herhangi bir yük-şekildeğiştirme ilişkilerinin kıyasını esas almaktadır. Bu sebepten dolayı nonlinear malzeme tanımlaması, gerilme-şekil değiştirme grafiklerini esas alan fiber modellerde kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında kolon modellerinde yayılı plastik davranış modeli sergileyen fiber mafsalları kullanılmış ve bundan dolayı beton ve çelik malzemelere birer adet davranış modeli atanmıştır. Bu kapsamda, beton için Şekil 4.54’teki gerilme ve şekil değiştirme eğri modeli olarak “Mander modeli”, donatı için belirlenen gerilme ve şekil değiştirme eğri modeli olarak Şekil 4.55’teki “kinematik eğri modeli” seçilmiştir. Bunun dışında çeşitli gerilme ve şekil değiştirme eğri modelleri mevcuttur. Bu tez çalışmasında, ETABS programında beton için gözönüne alınan gerilme şekil değiştirme eğrisi Şekil 4.56’da, donatı için gözönüne alınan gerilme-şekil değiştirme eğrisi Şekil 4.57’de görülmektedir.



Şekil 4.54. Sargılı ve sargısız beton için gerilme - şekil değiştirme eğrisi (TBDY 2018)



Şekil 4.55. Donatı için gerilme - şekildeğiştirme eğrisi (TBDY 2018)

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name: C65_CONF
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type: Takeda
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains
Tension: IO 1, LS 2, CP 3
Compression: -0,0025, -0,0082, -0,0109 mm/mm
☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

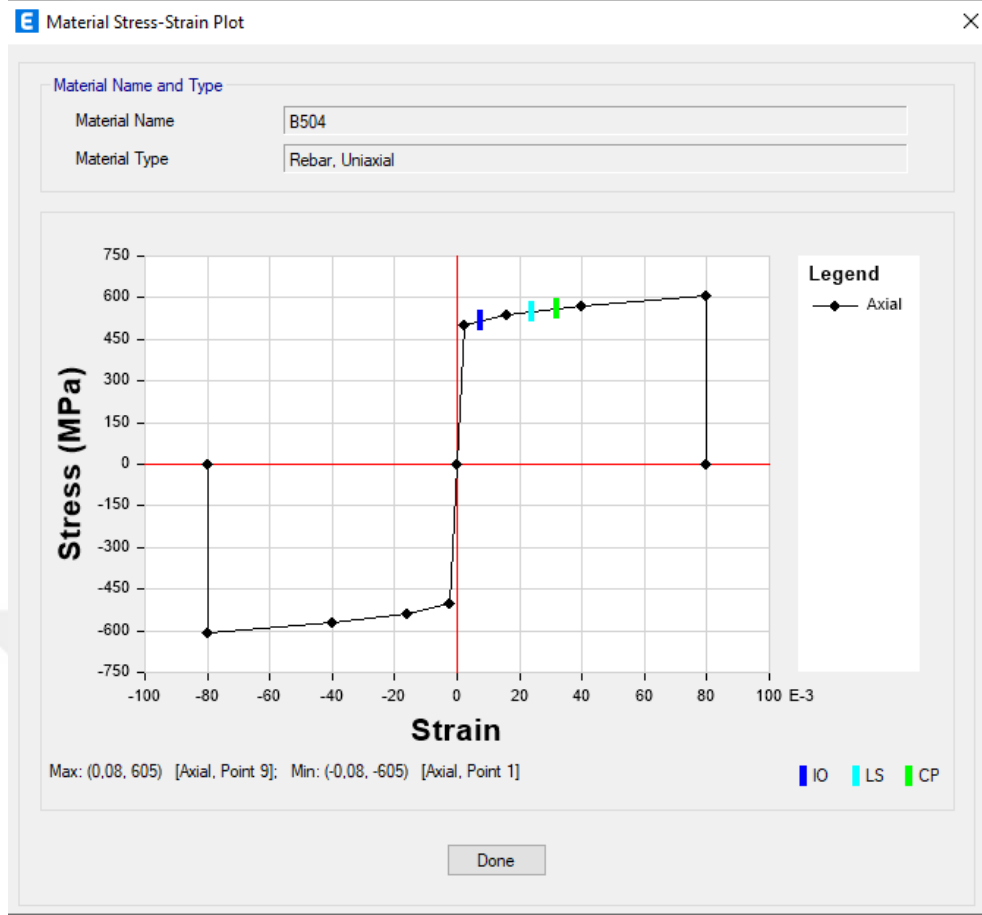
Stress Strain Curve Definition Options
☐ Parametric
☒ User Defined
Convert to User Defined

User Stress-Strain Curve Data
Number of Points in Stress-Strain Curve: 42

Point Number	Strain	Stress (N/mm ²)	Point ID
1	-0,011465	-54,63	-E
2	-0,011178	-55,54	
3	-0,010892	-56,47	
4	-0,010605	-57,43	
5	-0,010319	-58,41	
6	-0,010032	-59,42	
7	-0,009745	-60,45	
8	-0,009459	-61,51	
9	-0,009172	-62,59	

OK Cancel

Şekil 4.56. ETABS programında beton için gözönüne alınan gerilme şekil değıştirme eğrisi



Şekil 4.57. ETABS programında donatı için gözönüne alınan gerilme-şekildeğiştirme eğrisi

4.8.6. Yapı Elemanlarına Plastik Mafsal Atamaları

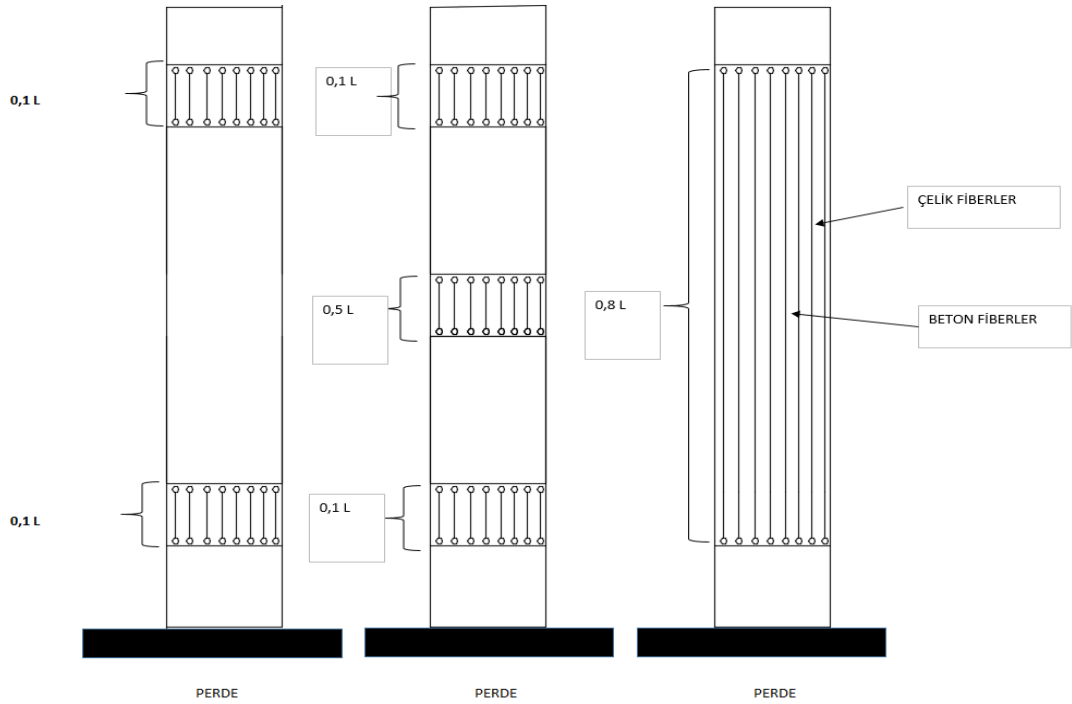
Yapı elemanlarında elastik ötesi davranışı temsilen plastik mafsal davranışı modeli geliştirilmiştir. Betonarme kesit tasarımında kesitin doğrusal elastik olması durumunda $\sigma_{smax} \leq \sigma_{semniyet}$ ifadeleri kullanılmakta idi. Emniyet gerilmeleri yöntemi olarak bilinen bu yöntemde gerilme hesabındaki yaklaşımın bir mertebeden sonra yetersiz olduğu görülmüştür. Günümüzde kesit hesabında taşıma gücü yöntemi kullanıldığı için $\epsilon_{cmax} \leq \epsilon_{cu}$ ve $\epsilon_{smax} \leq \epsilon_{su}$ sınırlamaları kullanılmaktadır. Bu ifadeler kesit tasarımında gerilmeye dayalı tasarımdan şekil değiştirmeye dayalı tasarıma geçildiğini işaret etmektedir. Bunun önemli bir sebebi beton ve çelikte elastik ötesi davranışın gözönüne alınmasıdır. Doğrusal olmayan davranış modeli olarak iki tür plastik davranış modeli (plastik mafsal davranış modeli) bulunmaktadır. Bunlar:

- 1-Yayıllı plastik davranış modeli (fiber model)
- 2-Yığıllı plastik davranış modeli (plastik mafsal modeli)

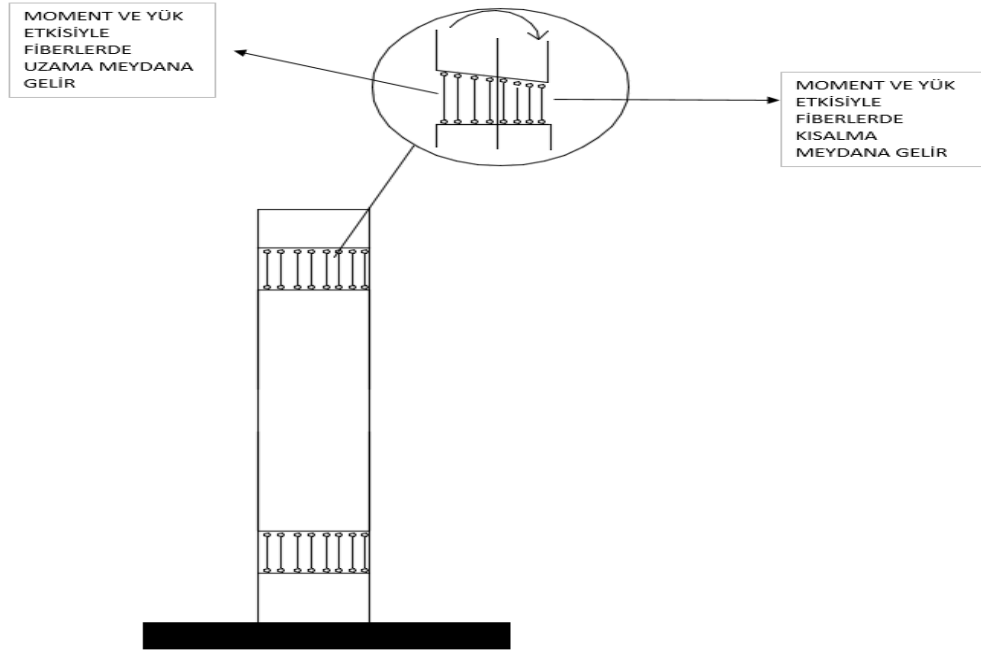
4.8.6.1. Yayılı Plastik Davranış Modeli (Fiber Model)

Gerilme-şekil değiştirme bağıntılarını esas alan plastik davranış modelidir. Yayılı plastik davranış modelleri, sonlu uzunluktaki uç bölgeleri (plastik şekil değiştirme bölgeleri) veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri sürekli (yayılı) biçimde gözönüne almak üzere kullanılabilir (TBDY 2018). Fiber davranış modeli, kolonlarda, kirişlerde ve perde duvarlarda kullanılabilir. Bu plastik davranış modeli kesitlere veya boylu boyunca elemana atanan fiber parçacıklardaki gerilmeye bağlı olarak parçacıklardaki uzama ve kısalmaları esas alır. Kesit içinde betonun veya yapısal çeliğin yeteri kadar küçük hücrelerle, çelik donatı çubuklarının ise tekil olarak modellendiği ve her bir hücrede doğrusal olmayan aksenal gerilme - birim şekil değiştirme bağıntılarının çevrimsel olarak gözönüne alınabildiği kesit hücresi (lif) modeli, uygulamada özellikle betonarme perdelerin doğrusal olmayan modellemesi için kullanılabilir (TBDY 2018).

Fiber elemanlar boylu boyunca yâda parça parça atanabilmektedir. Kesitler farklı parçalara bölünüp her bir parça için farklı gerilme şekil değiştirme eğrileri tanımlanabilmektedir. Fiber elemanlar sadece boyuna doğrultuda çalışmaktadır, kesme ataması ve burkulma ataması yapılamamaktadır (Şekil 4.58 ve Şekil 4.59).

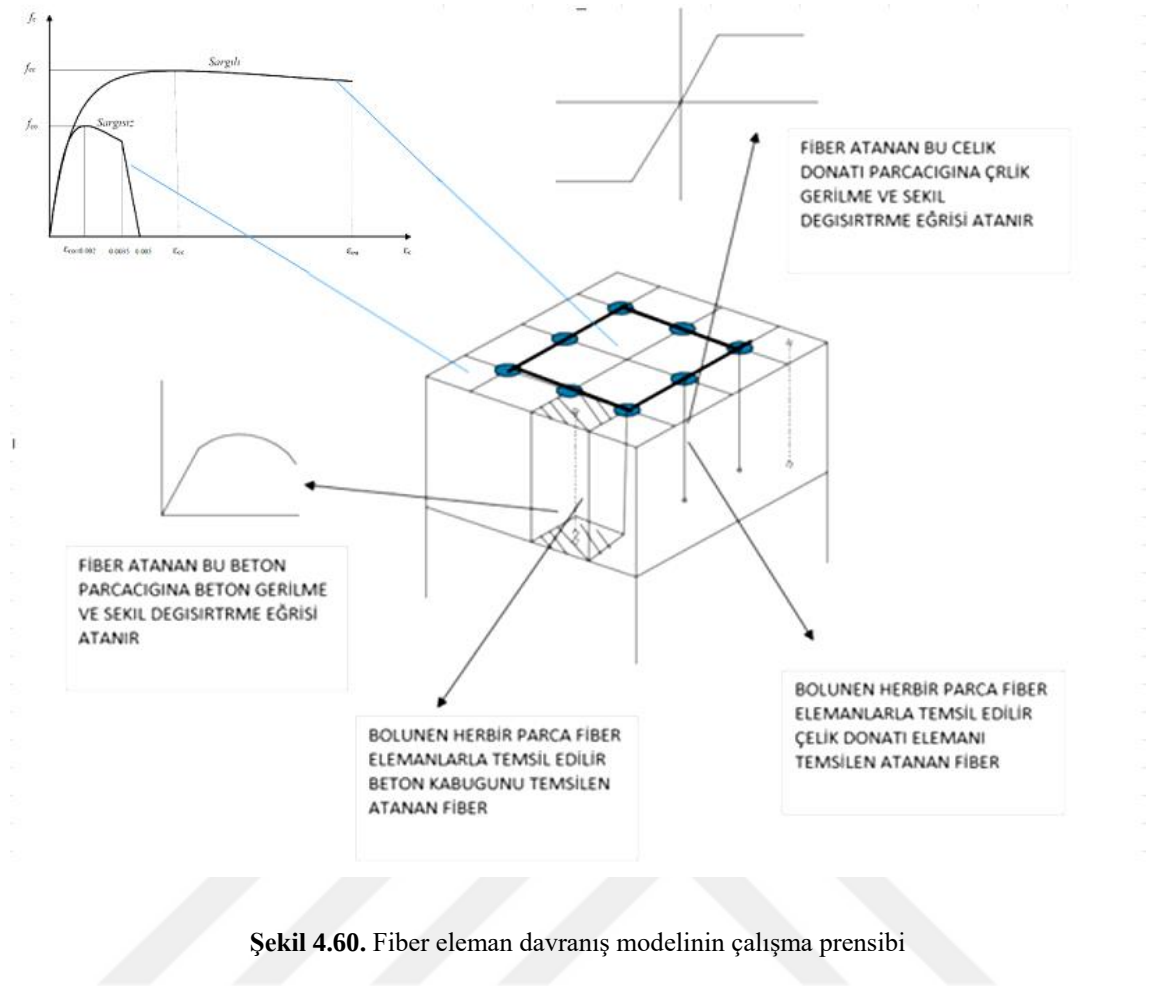


Şekil 4.58. Farklı boylara ait fiber eleman atamaları



Şekil 4.59. Fiber elemanlardaki uzama ve kısalmalar

Performans analizi, fiber mafsallı taşıyan kesitler için fiber elemanlarda yük etkisiyle meydana gelen birim şekil değişikliklerinin diğer adıyla uzama veya kısalmaların yönetmeliklerde verilen sınır değerler içerisinde kalıp kalmadığının kontrolü olarak tanımlanabilir. Fiber elemanların çalışma prensibi Şekil 4.60’da görülmektedir.



Şekil 4.60. Fiber eleman davranış modelinin çalışma prensibi

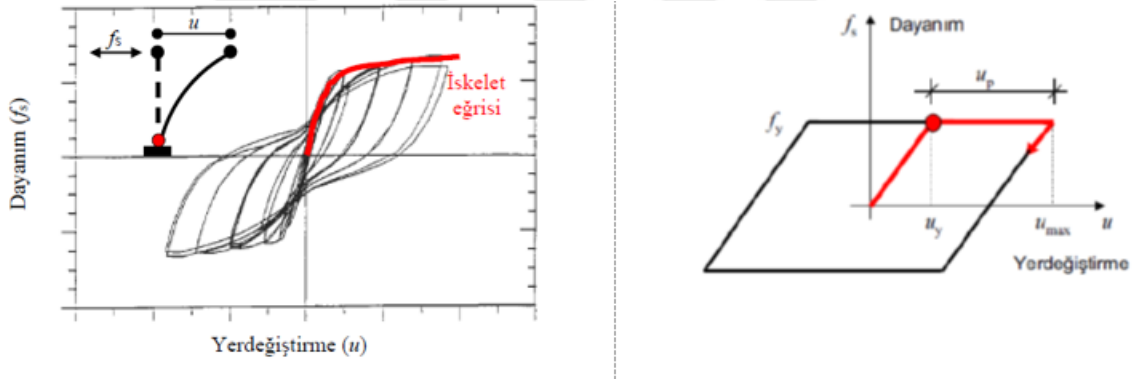
Fiber atanan betonun sargılı veya sargısız olması durumuna göre gerilme - şekildeğiştirme eğrisi değişmektedir. Betonun çekirdek kısımlarındaki parçacıklara sargılı beton, paspayı kısımlarına sargısız beton gerilme - şekildeğiştirme eğrileri atanmalıdır. Kiriş ve perde elemanları için P-M3 fiber mafsallı elemanları, kolonlar için P-M2-M3 fiber mafsallı elemanları kullanılmaktadır. Malzemenin sınır değerleri Çizelge 4.45'e göre belirlenir.

Çizelge 4.45. Donatı çeliklerine ait bilgiler ve performans düzey sınırları

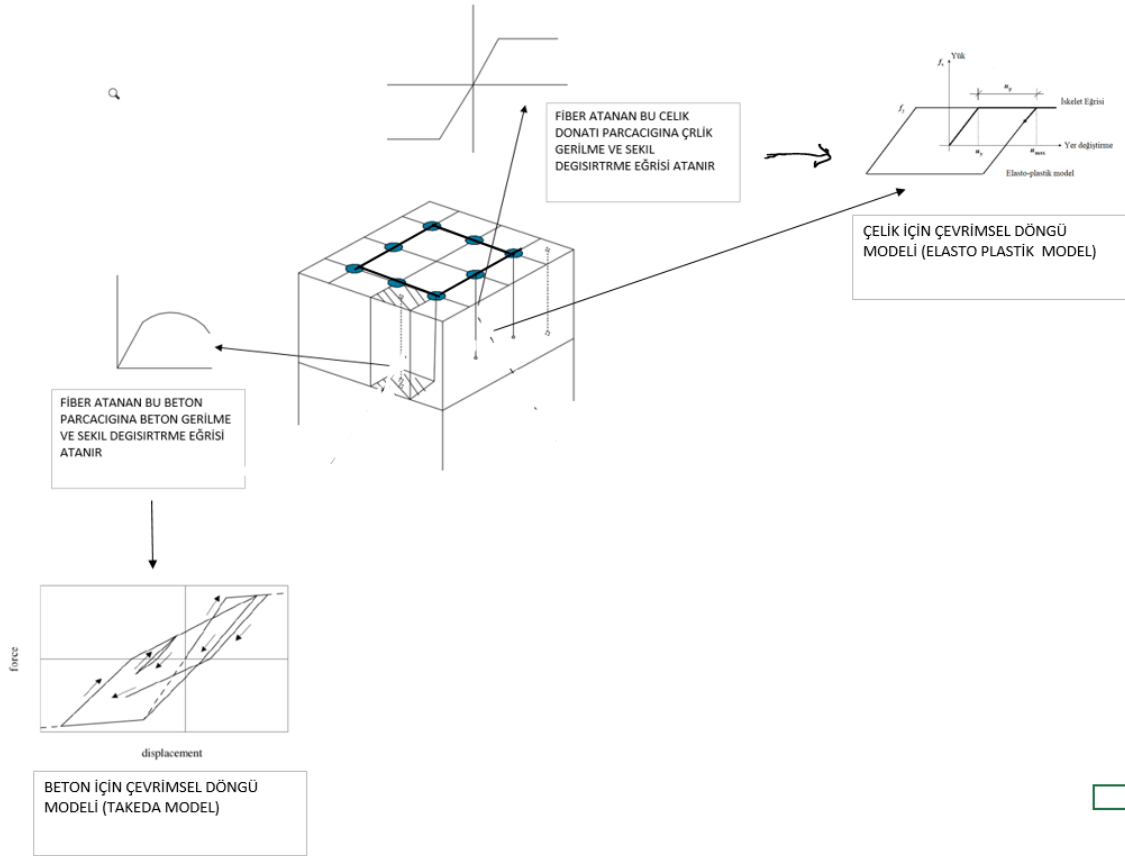
	f_{sy}	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su}/f_{sy}
S220	220	0,0011	0,011	0,12	1,2
S420	420	0,0021	0,008	0,08	1,15-1,35
B420C	420	0,0021	0,008	0,08	1,15-1,35
B500	500	0,0025	0,008	0,08	1,15-1,35

4.8.6.2. Çevrimsel Davranış Modeli

Yapı elemanları deprem etkisinde tersinir tekrarlanır etkilere maruz kalmaktadır. Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan analizde kesitte yükleme yanında boşaltmaları da temsilen uygun bir çevrimsel davranış modelinin kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple elemanın veya malzemenin yük - şekildeğiştirme bağıntısını bir çevrimsel eğri ile tanımlamak gerekmektedir (Şekil 4.61). Bu çevrimsel davranışların sebep olduğu bir sönüm ortaya çıkmaktadır. Çelik yapılar için kesitlerde moment - eğrilik bağıntısı için ideal elastoplastik modelin alınması uygun iken betonarme kesitler için çok fazla model bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, kolonlarda fiber mafsallarda çelik için elastoplastik model, beton için Takeda modeli kullanılmıştır. Fiber mafsallarda çalışma prensibi Şekil 4.62’de görülmektedir.

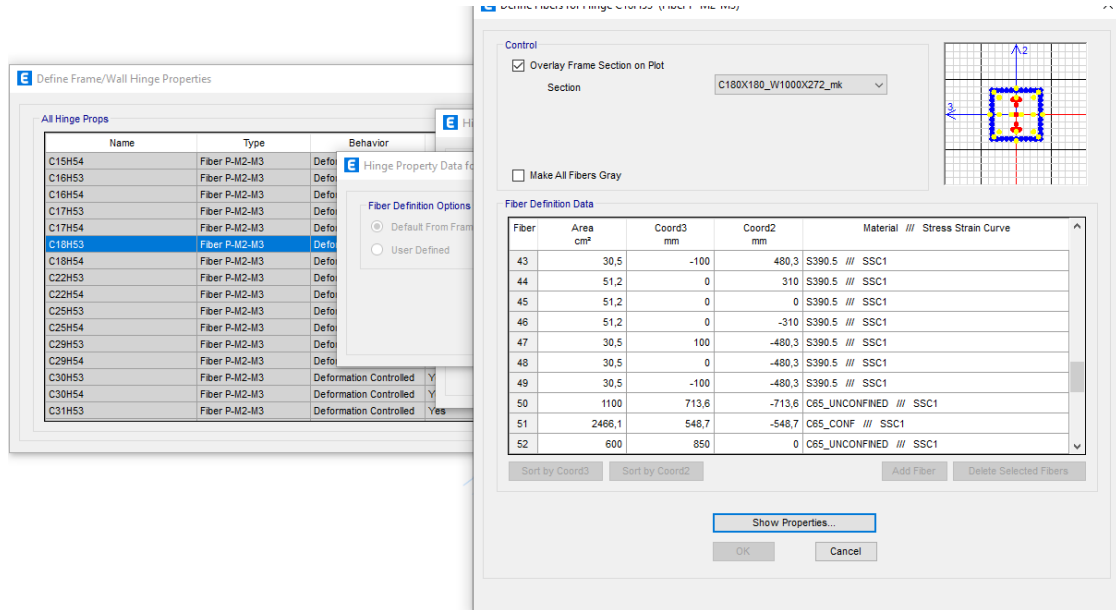


Şekil 4.61. Tipik bir çevrimsel model ve elastoplastik dayanım-yerdeğiştirme modeli (URL-22)



Şekil 4.62. Fiber model çalışma mantığı

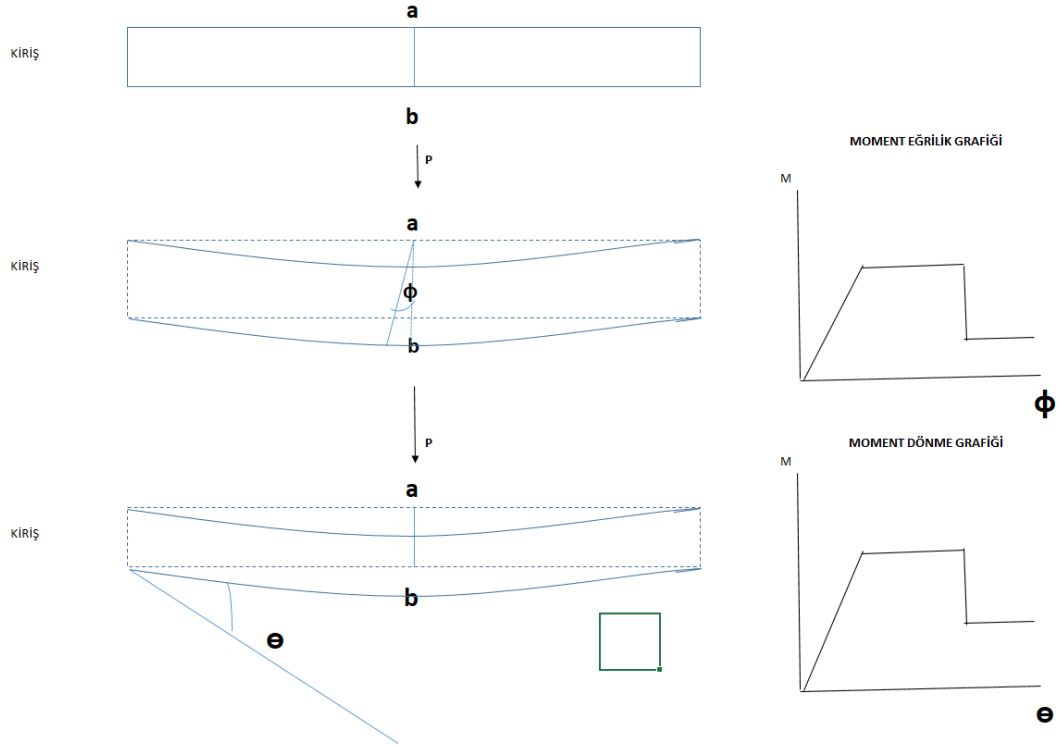
ETABS programında fiber atama işlemi Şekil 4.63'te gösterilmiştir.



Şekil 4.63. ETABS programında fiber atama işlemi

4.8.6.3. Yığılı plastik davranış modeli (plastik mafsal modeli)

Yığılı plastik davranış modelinde, moment - eğrilik veya moment - dönme grafikleri üzerinden yapı elemanları üzerinde oluşan dönme veya eğilme miktarlarının saptanması esas alınmaktadır. Yönetmelikte belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılıp dönme veya eğilmenin hangi aralıkta kaldığı belirlenmektedir. Yığılı plastik model çalışma mantığı Şekil 4.64'te görülmektedir.



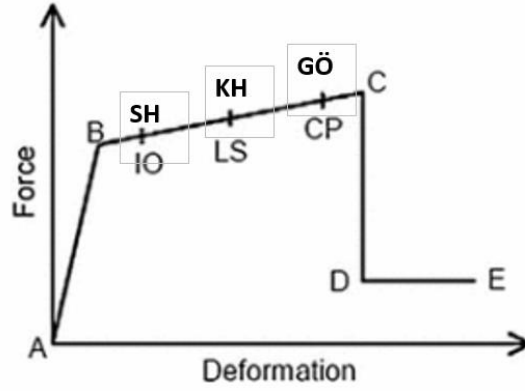
Şekil 4.64. Yığılı plastik davranış modelinin çalışma mantığı

Bazı yönetmeliklerin moment - eğrilik grafiği üzerinden hesap yapılmasına müsaade etmesine karşın hesap kolaylığı açısından ASCE 41-17 yönetmeliği, esasları belirtilmiş olan moment - dönme grafikleri üzerinden hesabı yaygın olarak kullanılmaktadır. Moment - dönme hesaplarında parçanın uzunluğuna gerek duyulmamaktadır (Şekil 4.65). Fiber modelden farklı olarak bu davranış türünde gerilme - şekil değiştirme grafiklerine de ihtiyaç duyulmamaktadır.

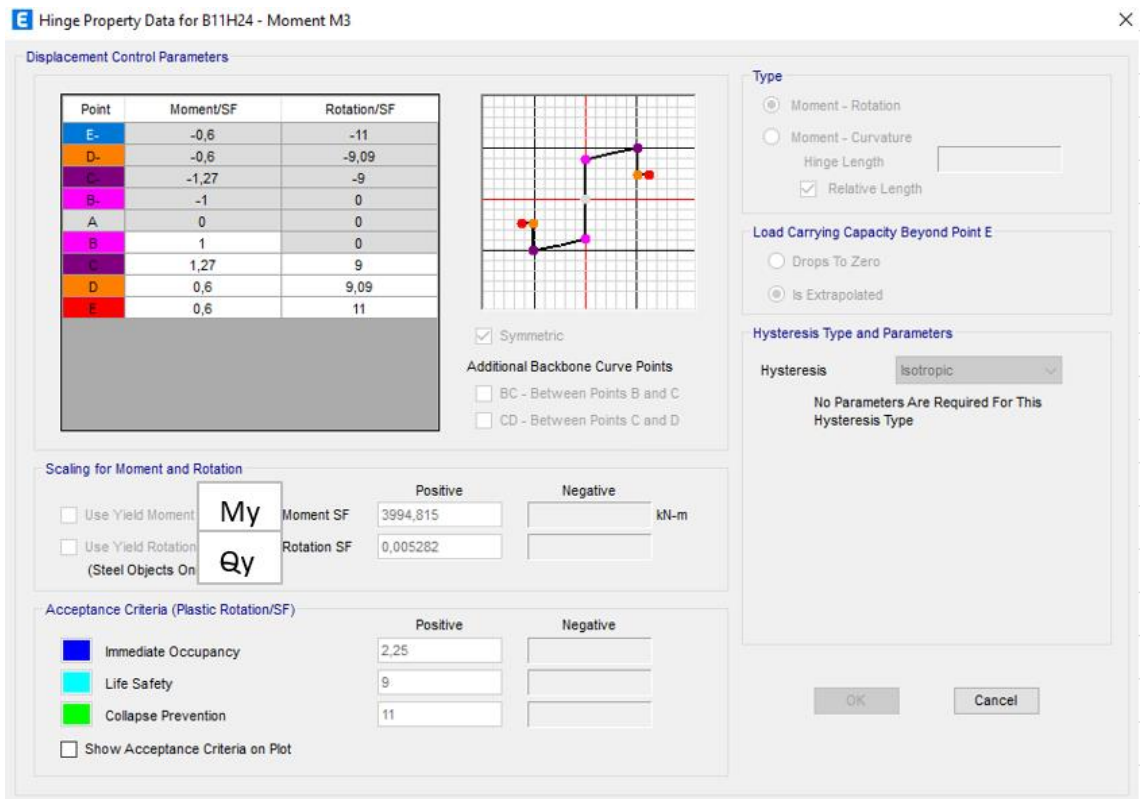
birim şekildeğiştirme değerlerinin sınır değerlerine göre hasar bölgeleri belirlenmektedir (Şekil 4.67 ve Şekil 4.68).

Plastik mafsalların plastik dönme değerleri,

- Sınırlı Hasar (SH) sınır değerine ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi 'nde
- Sınırlı Hasarı (SH) ve Kontrollü Hasar (KH) sınır değerleri arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi 'nde
- Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi (GÖ) sınır değerleri arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi 'nde
- Göçme Öncesi (GÖ) sınır değerini aşan elemanlar Göçme Bölgesi 'nde yer alır.



Şekil 4.68. Kesit davranışı ve hasar sınırları



Şekil 4.69. ETABS programında ASCE 41-17 için gözönüne alınan örnek moment - dönme ilişkisi

- Çelik Kirişler için Akma Dönmesi Hesaplanması: Denklem (4.303)'e göre yapılmaktadır.

Bütün kesit türleri için:

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_b}{6EI_b} \quad (4.303)$$

- Çelik Kirişlerde Plastik Dönme Sınır değerleri: Çizelge 4.46'ya göre yapılmaktadır.

Çizelge 4.46. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (TBDY 2018)

Kiriş (Eğilme)	Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Süneklik Düzeyi Yüksek (Bkz.Tablo 9.3)	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı (Bkz.Tablo 9.3)	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$

- Çelik Kolonlarda Akma Dönmesi: Denklem (4.304)'e göre hesaplanmaktadır.

Bütün kesit türleri için:

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_k}{6EI_k} \left[1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \quad (4.304)$$

- Çelik Kolonlar için plastik dönmesinin sınır değerleri: Çizelge 4.47'ye göre alınmaktadır.

Çizelge 4.47. Çelik kolonlar için akma dönmesinin hesaplanması (TBDY 2018)

Kolon (Eğilme)	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ
$P / P_c < 0.20$ (Bkz.Tablo 9.3)			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
$0.20 \leq P / P_c \leq 0.50$ (Bkz.Tablo 9.3)			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1.5 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$	$9 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$	$13.5 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$0.7\theta_y$	$1\theta_y$
Kayma Bölgesi	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$12\theta_y$

- Çelik çaprazlarda Akma Dönmesi: Denklem (4.305) ve Denklem (4.306)'ya göre hesaplanmaktadır.

$$\Delta_c = \frac{P_{CL}}{EA} L \quad (4.305)$$

$$\Delta_T = \frac{P_{ye}}{EA} L \quad (4.306)$$

- Çelik çaprazlarda için Plastik Dönme değerler sınırları: Çizelge 4.48'e göre belirlenmektedir.

Çizelge 4.48. Çelik çaprazlar için akma dönmesinin hesaplanması (TBDY 2018)

Eleman Tipi	Eksenel Plastik Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Basınç Altında Çapraz Elemanlar (Dışmerkez Çaprazlar Hariç)			
<i>Narin Kesitler</i> $\frac{KI}{r} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$			
W, I, 2L, 2C kesitler: düzlem içi burkulma	$0.5 \Delta_c$	$7 \Delta_c$	$10 \Delta_c$
2L, 2C kesitler: düzlem dışı burkulma	$0.5 \Delta_c$	$6 \Delta_c$	$9 \Delta_c$
HSS, boru, kutu kesitler	$0.5 \Delta_c$	$6 \Delta_c$	$9 \Delta_c$
L kesit	$0.5 \Delta_c$	$9 \Delta_c$	$12 \Delta_c$
<i>Tok Kesitler</i> $\frac{KI}{r} \leq 2.1 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$			
HD, I, 2L, 2C kesitler: düzlem içi burkulma	$0.5 \Delta_c$	$6 \Delta_c$	$8 \Delta_c$
2L, 2C kesitler: düzlem dışı burkulma	$0.5 \Delta_c$	$5 \Delta_c$	$7 \Delta_c$
HSS, boru, kutu kesitler	$0.5 \Delta_c$	$5 \Delta_c$	$7 \Delta_c$
Çekme Altında Çapraz Elemanlar (Dışmerkez Çaprazlar Hariç)			
W kesit	$0.5 \Delta_T$	$10 \Delta_T$	$13 \Delta_T$
2L kesit	$0.5 \Delta_T$	$9 \Delta_T$	$12 \Delta_T$
HSS kesit	$0.5 \Delta_T$	$8 \Delta_T$	$11 \Delta_T$
Boru kesit	$0.5 \Delta_T$	$7 \Delta_T$	$9 \Delta_T$
L kesit	$0.5 \Delta_T$	$8 \Delta_T$	$10 \Delta_T$
Çekme altında kiriş ve kolonlar	$0.5 \Delta_T$	$6 \Delta_T$	$7 \Delta_T$
Burkulması engellenmiş çelik çaprazlar	$1 \Delta_y$	$10 \Delta_y$	$13.3 \Delta_y$

Beton için performans düzeyi sınırlarıGöçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi sınırları:

Beton ve çelik donatı için birim uzama, kısalma ve dönme değerleri Denklem (4.307), Denklem (4.308) ve Denklem (4.309)'da verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{WE}} \leq 0.018 \quad (4.307)$$

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4 \varepsilon_{su} \quad (4.308)$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[\left[(\varphi_u - \varphi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) \right] + 4.5 \varphi_u d_b \right] \quad (4.309)$$

Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi sınırları:

Beton ve çelik donatı için birim uzama, kısalma ve dönme değerleri Denklem (4.310), Denklem (4.311), Denklem (4.312) ve Denklem (4.313)'te verilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad (4.310)$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad (4.311)$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (4.312)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \quad (4.313)$$

Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi sınırları:

Beton ve çelik donatı için birim uzama, kısalma ve dönme değerleri Denklem (4.314), Denklem (4.315) ve Denklem (4.316)'da verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad (4.314)$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (4.315)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0 \quad (4.316)$$

4.8.8. Deprem Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi

Seçilen deprem kayıtları, tasarıma esas yer hareket düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, faya uzaklık, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılmalıdır. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş depremlerin bulunması durumunda öncelikle bu deprem kayıtlarının kullanılması önerilmektedir. Aksi halde başka bölgelerde meydana gelen depremlere ait ivme kayıtları yapının bulunduğu bölgeye ait elastik spektruma benzeştirilerek yada ölçeklendirilerek kullanılabilir. Bu kayıtlar en az 11 adet olmalıdır. Bir depreme ait en fazla 3 adet istasyondan veri alınabilir. Bir istasyondan en fazla 3

depreme ait veri kullanılabilir. Bu esaslar göz önünde bulundurularak bu tez kapsamında ilgili kayıtların bir kısmı TADAS bir kısmı ise PEER internet sitesi üzerinden seçilmiş ve düzenlenmiştir. Tez kapsamında gözönüne alınan depremler Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Tez kapsamında kullanılan deprem kayıtları

1	1999 GÖLCÜK DEPREMİ	TADAS5401
2	PAZARCIK DEPREMI	TADAS4614
3	12.11.1999 DÜZCE DEPREMİ	TADAS1401
4	VAN MERKEZ	TADAS6503
5	2020 SİVRİCE ELAZIĞ	TADAS2308
6	2023 NURDAĞI GAZİANTEP	TADAS2702
7	Darfield New Zealand	RSN6948
8	Hector Mine	RSN1762
9	Hector Mine	RSN1787
10	Landers	RSN3756
11	Darfield New Zealand	RSN6915
12	1992 ERZINCAN	RSN821

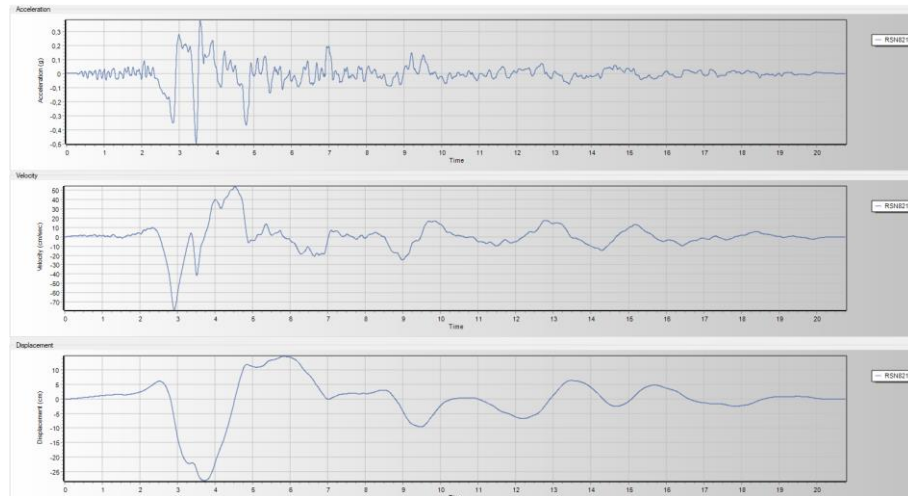
Alınan bu kayıtlar olduğu gibi kullanılamamaktadır. Öncelikle verilerin işlenip temizlenmesi gerekmektedir. PEER üzerinden indirilen verilerde genelde buna pek ihtiyaç duyulmasada TADAS üzerinden indirilen verilerde deprem esnasında oluşan düşük genlikli ses dalgalarının ivme - zaman grafiği üzerinden ayıklanması gerekmektedir. Bu işlemten sonra yönetmeliğe göre ivme - zaman grafiklerinin benzeştirme veya ölçeklendirme işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Basit ölçeklendirme genelde iki boyutlu doğrusal olmayan analizlerde tercih edilmektedir. Elastik spektrumla uyum göstermesi ve üç boyutlu analiz yapılması sebebiyle bu tez kapsamında benzeştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu benzeştirme işlemi SEİSMOMATCH programında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.70’de PEER NGA dan alınan ivme kayıtları gösterilmektedir.

PEER NGA STRONG MOTION DATABASE RECORD
 Erzincan Turkey, 3/13/1992, Erzincan, EW
 ACCELERATION TIME SERIES IN UNITS OF G
 NPTS= 4156, DT= .0050 SEC, 4 POLE @ 40.00000 HZ, -5 POLE @ .10000

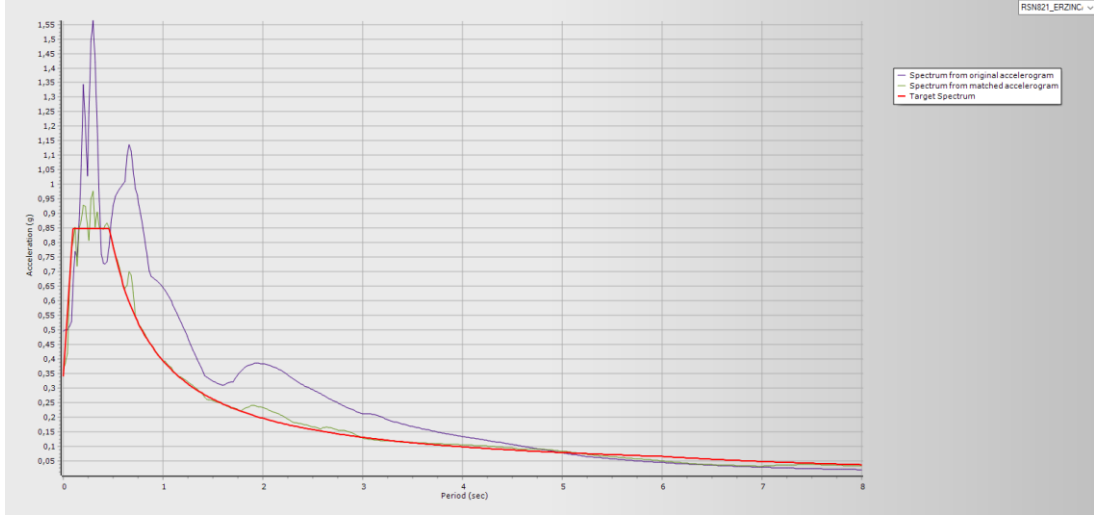
.5197379E-02	.5182839E-02	.5168166E-02	.5152008E-02	.5134309E-02
.5117428E-02	.5104397E-02	.5097395E-02	.5098250E-02	.5104442E-02
.5111416E-02	.5112610E-02	.5100138E-02	.5072218E-02	.5027591E-02
.4976290E-02	.4931484E-02	.4907468E-02	.4913162E-02	.4930783E-02
.4950634E-02	.4961947E-02	.4957635E-02	.4955432E-02	.4956590E-02
.4955380E-02	.4953444E-02	.4949657E-02	.4944911E-02	.4940302E-02
.4936651E-02	.4935455E-02	.4933315E-02	.4916605E-02	.4873042E-02
.4789446E-02	.4658151E-02	.4490381E-02	.4292471E-02	.4079515E-02
.3867465E-02	.3672911E-02	.3519691E-02	.3431952E-02	.3427260E-02
.3495523E-02	.3617316E-02	.3733346E-02	.3803633E-02	.3814129E-02
.3742942E-02	.3602494E-02	.3388818E-02	.3128368E-02	.2895602E-02
.2766406E-02	.2606639E-02	.1923184E-02	.5950333E-03	-.9681846E-03
-.2474063E-02	-.3416178E-02	-.3647725E-02	-.3725638E-02	-.3807442E-02
-.3942236E-02	-.4100646E-02	-.3776932E-02	-.2707765E-02	-.8472749E-03
.1521319E-02	.3428265E-02	.4978915E-02	.7432650E-02	.1049540E-01
.1239818E-01	.1292802E-01	.1334660E-01	.1390260E-01	.1435396E-01
.1455235E-01	.1415833E-01	.1358748E-01	.1350342E-01	.1228814E-01
.5866330E-02	-.4751009E-02	-.1195505E-01	-.1464236E-01	-.1772960E-01
-.2156527E-01	-.2376213E-01	-.2214315E-01	-.1377734E-01	-.6915214E-03
.7699560E-02	.9844015E-02	.1217602E-01	.1517651E-01	.1686716E-01
.1702281E-01	.1560097E-01	.1283916E-01	.9109631E-02	.4550164E-02
-.7136042E-03	-.6469246E-02	-.1240350E-01	-.1818643E-01	-.2353424E-01
-.2822776E-01	-.3213604E-01	-.3479105E-01	-.3515954E-01	-.3255742E-01
-.2673578E-01	-.1787869E-01	-.7725151E-02	.2404952E-02	.1085954E-01
.1641989E-01	.1927079E-01	.1935811E-01	.1792000E-01	.1588018E-01
.1396660E-01	.1236350E-01	.9866992E-02	.7087205E-02	.6435443E-02
.8314158E-02	.1091911E-01	.1312549E-01	.1309735E-01	.9953590E-02
.4675872E-02	-.2209137E-02	-.8615476E-02	-.1275873E-01	-.1311175E-01
-.9347249E-02	-.4617968E-02	-.4032385E-03	.2367506E-02	.3434042E-02
.5123995E-02	.7746773E-02	.1024431E-01	.1223757E-01	.1332614E-01
.1456999E-01	.1860309E-01	.2426009E-01	.2567580E-01	.2217966E-01
.1834833E-01	.1496043E-01	.1060748E-01	.4257962E-02	-.6107888E-02
-.1964407E-01	-.3127215E-01	-.3903017E-01	-.4310625E-01	-.4331367E-01
-.4153118E-01	-.3819866E-01	-.3294377E-01	-.2619688E-01	-.1834833E-01
-.9914546E-02	-.1460594E-02	.6566672E-02	.1387740E-01	.2029837E-01
.2556527E-01	.2843168E-01	.2676108E-01	.2154437E-01	.1839617E-01
.1858022E-01	.1904693E-01	.1883927E-01	.1611183E-01	.9619599E-02
-.4172340E-03	-.1311648E-01	-.2422155E-01	-.3156092E-01	-.3462313E-01
-.3272208E-01	-.2753409E-01	-.1973713E-01	-.1045609E-01	-.1253366E-02
.6249932E-02	.1116918E-01	.1458406E-01	.1691769E-01	.1914313E-01

Şekil 4.70. PEER NGA'dan alınan ivme kayıtları

Örnek olarak 1992 Erzincan depremine ait Şekil 4.71'deki kayıt incelendiğinde değerlerin 0.005 sn aralıklarla alındığı ve 4156 adet veri olduğu görülmektedir. $0,005 \times 4156 = 20.7$ sn sürmüştür.

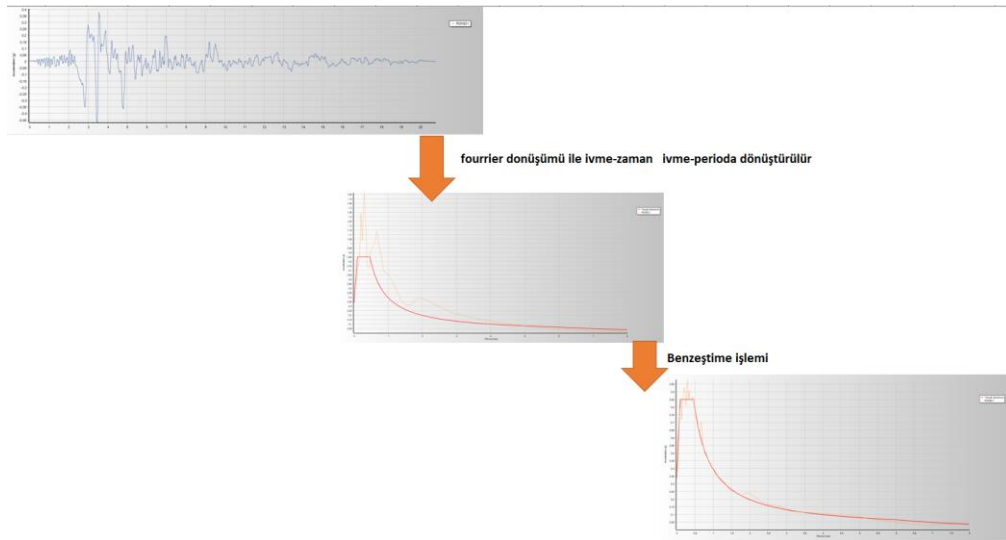


Şekil 4.71. Erzincan depremine ait doğu-batı doğrultulu ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafiği



Şekil 4.72. İvme periyod grafiği

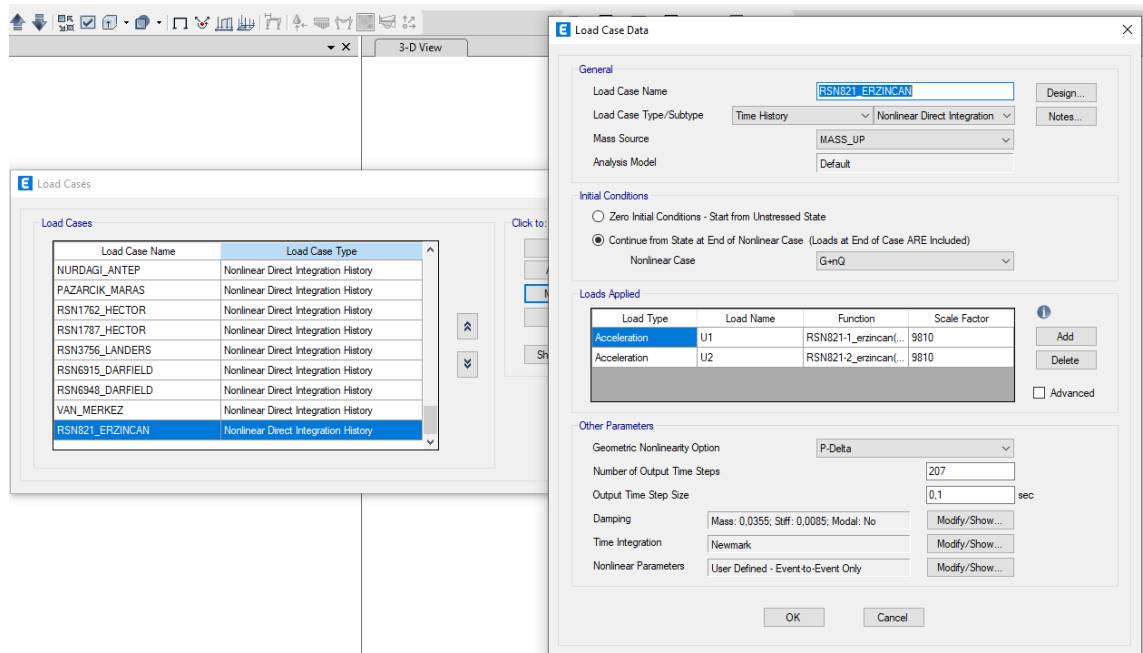
Şekil 4.72'deki grafik incelendiğinde mavi renk ile görülen eğri, seçilen deprem kaydına ait ivme-periyod grafiğidir. Zemin sınıfı, yapının lokasyonu, deprem yer hareket düzeyi DD-1'e ait veriler seçilerek oluşturulan elastik ivme spektrumunun üzerinde kalan bu mavi renkle gösterilmiş olan grafiği elastik ivme spektrumuna benzeştirerek ve yakınlaştırarak yeşil renkli benzeştirilmiş grafik elde edilir. Buradaki amaç depremi olduğu gibi kullanmak yerine yapının bulunduğu bölgedeki depremleri temsil eden elastik ivme spektrumuna benzeştirmektir. Bu şekilde, çok yüksek ivmelerin önüne geçip yapıyı elastik ivme kayıtlarındaki ivme değerlerine indirmek ya da çok düşük ivmeleri yukarı çıkartmak mümkün olmaktadır. Şekil 4.73'ten benzeştirme işlemine ait dönüşüm izlenebilmektedir.



Şekil 4.73. Benzeştirme işlemi

4.8.9. Time History Analizi (Zaman Tanım Alanında Analiz)

Bu analizde geçmiş depremlerden birinin seçiminin yapılması gerekmektedir. Şekil 4.74'te ETABS programında time history analizinin (zaman tanım alanında hesap) giriş ekranı görülmektedir. Giriş ekranı incelendiğinde analiz adımlarının 0.1 sn aralıklarla alındığı görülmektedir. 20.7 sn süren bu deprem kaydı, 0.1 sn işlem adımlarıyla çalıştırıldığında $20.7/0.1 = 207$ adet çıktı veri olduğu görülmektedir. Sonrasında bulunan her deprem kaydı için benzer işlem adımları ve deprem analizleri yapılmış ve maksimum deprem ötelenmesi bulunmuştur. 12 adet kayıt için benzer analiz yapılmıştır.

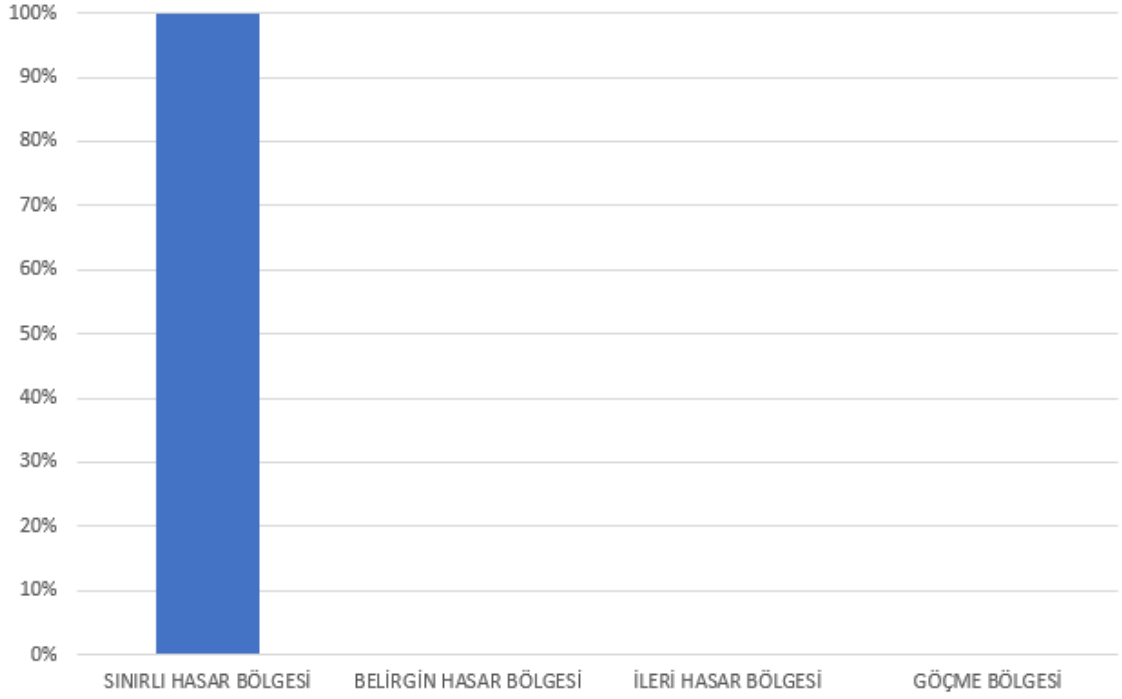


Şekil 4.74. ETABS programında time history analiz (zaman tanım alanında hesap) giriş ekranı

4.8.10. Time history analizi (Zaman tanım alanında analiz) işlem sonuçları

4.8.10.1. Kirişlerde doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan 1728 adet kirişe ait kiriş hasar bölgeleri Şekil 4.75'teki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.75. Kirişlere ait kiriş hasar bölgeleri

İki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan toplam 1728 adet kirişe ait kiriş hasar bölgeleri Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 4.50-devamı. Kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

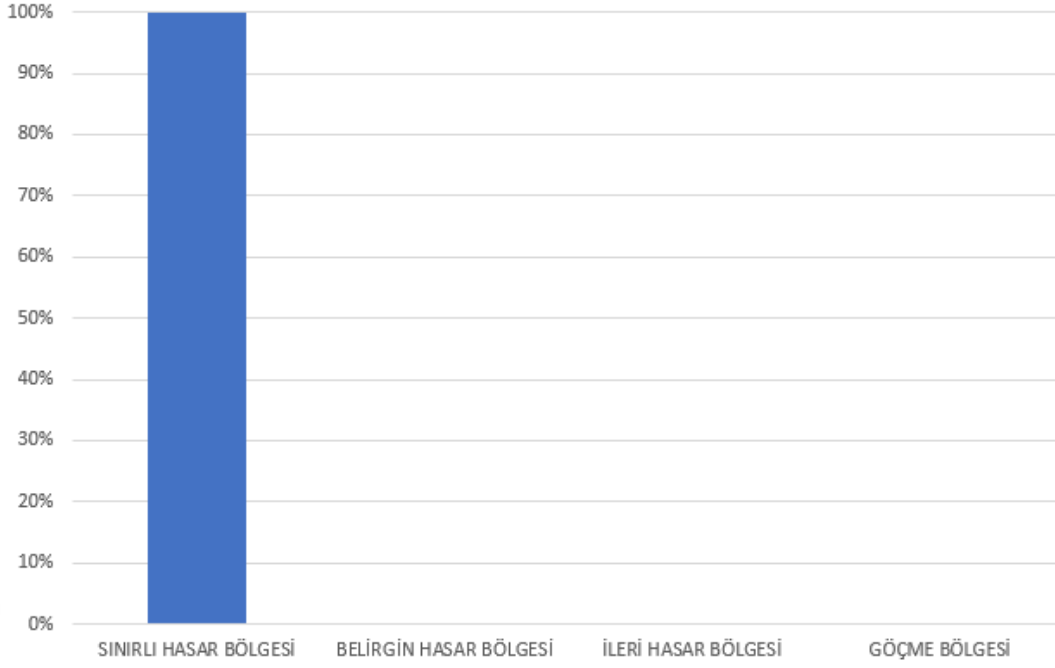
Çizelge 4.50-devamı. Kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 4.50’de model yapıda bulunan 1728 adet kirişin 1728 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Kirişlerin tamamının sınırlı hasar bölgelerinde kaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar TBDY 2018 Bölüm 15.8.5’de verilen kurallar çerçevesinde değerlendirildiğinde göçme bölgesine geçen betonarme kirişlerin bulunması ve bu oranın %20 değerinden küçük olması nedeniyle yapının en az göçmenin önlenmesi performans düzeyinde olduğu belirlenmektedir. Ancak çelik elemanlar için böyle bir istisna durum yoktur. Bu maddede yer alan diğer koşulların kontrol edilmesi sonrasında, yapının göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı belirlenecektir.

4.8.10.2. Kolonlarda Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan 1728 adet kolona ait kolon hasar bölgeleri Şekil 4.76’da grafik şeklinde verilmiştir.



Şekil 4.76. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri

24 adet analiz sonucunda binanın tüm katlarında bulunan 1728 adet kolona ait kolon hasar bölgeleri Çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 4.51-devamı. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 4.51-devamı. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 4.51 incelendiğinde yapıda bulunan 1728 adet kolonun 1728 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Kolonların tamamının sınırlı hasar bölgesinde kaldığı görülmektedir.

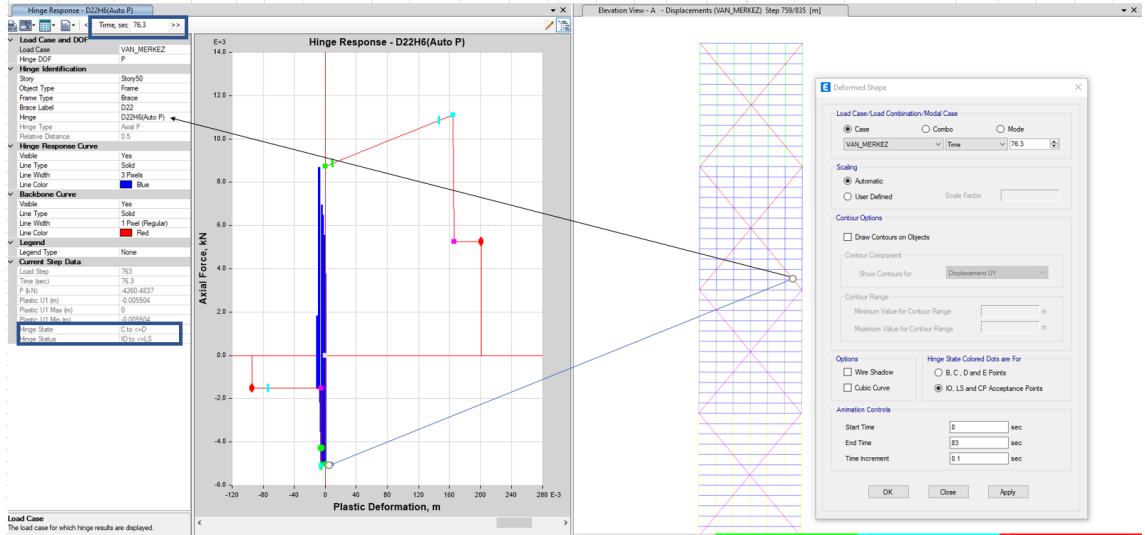
4.8.10.3. Çaprazlarda Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan 288 adet çapraza ait hasar bölgeleri Şekil 4.77’de verilmiştir. Şekil 4.78’de ise çaprazlar üzerinde hasar meydana gelen bölgeler görülmektedir.

Çizelge 4.52-devamı. Çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	ÇAPRAZ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
20	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19									
18	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17									
16	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15									
14	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13									
12	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11									
10	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9									
8	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7									
6	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5									
4	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3									
2	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1									

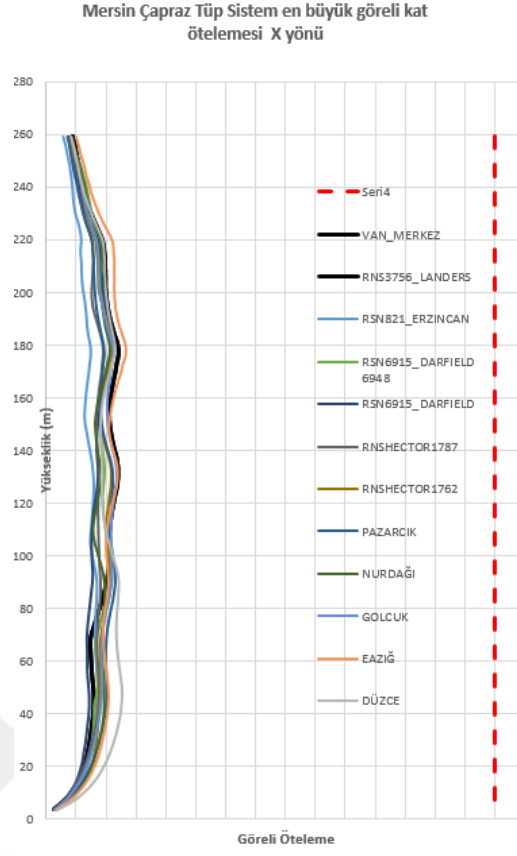
Çizelge 4.52’de yapıda bulunan 288 adet çaprazın 276 adedi (%95) sınırlı hasar bölgesinde, 12 adedi (%5) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır.



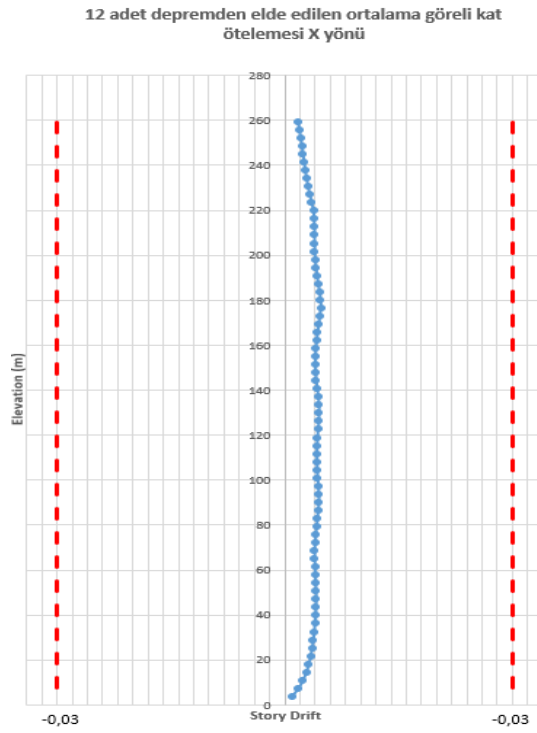
Şekil 4.78. Çaprazlar üzerinde hasar meydana gelen bölgeler

4.8.10.4. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

III. Aşama performans değerlendirmesi görelî kat ötelemesi kontrolü ile tamamlanmıştır. TBDY 2018, Bölüm 13.6.5.2 uyarınca, yapılan doğrusal olmayan hesap sonucunda her bir katta gözönüne alınan 12 adet depremden elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi oranı 0.03'ü, tek bir depremden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi oranı ise 0.045'i geçmeyecektir. Bu kontroller Şekil 4.79 ve Şekil 4.80, Şekil 4.81 ve Şekil 4.82'de verilmiştir.

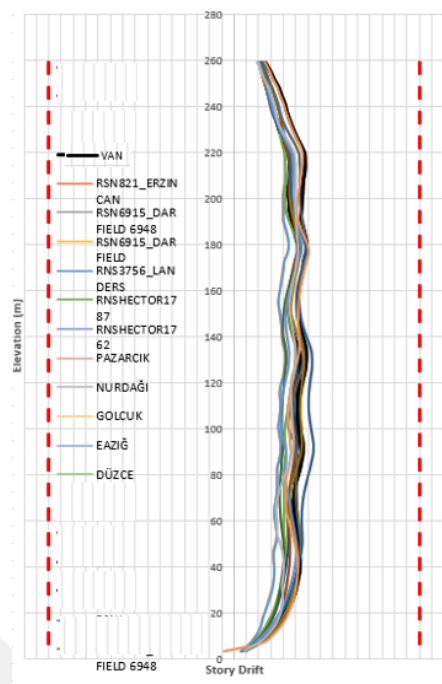


Şekil 4.79. Depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-X yönü



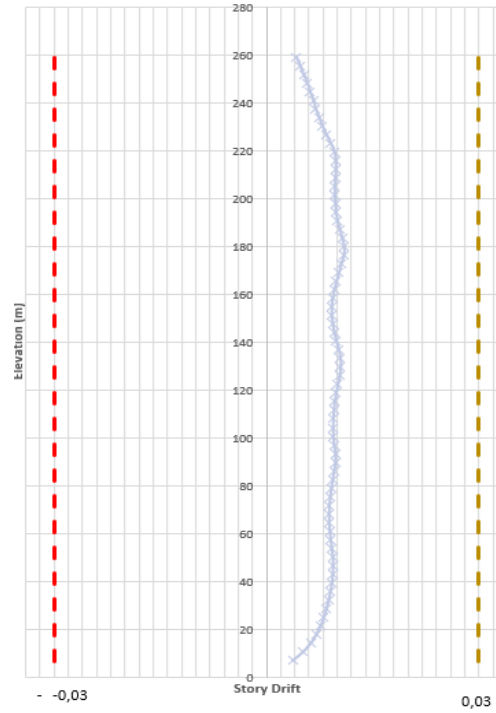
Şekil 4.80. 12 adet depremden elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi-X yönü

Mersin Çapraz Tüp Sistem en büyük görel kat ötelemesi Y yönü



Şekil 4.81. Depremlerden elde edilen en büyük görel kat ötelemesi-Y yönü

12 adet depremden elde edilen ortalama görel kat ötelemesi Y yönü

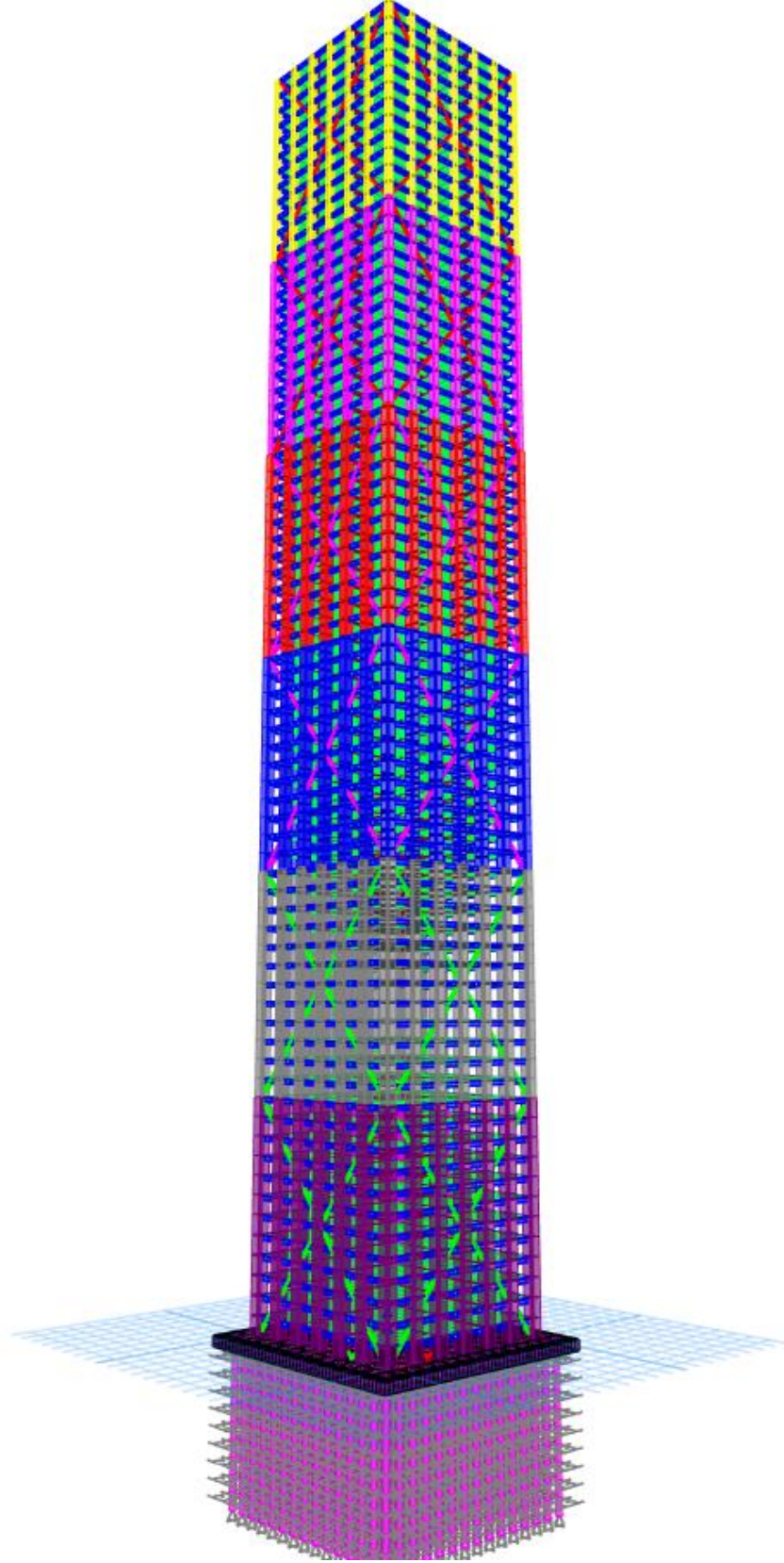


Şekil 4.82. 12 adet depremden elde edilen ortalama görel kat ötelemesi-Y yönü

4.8.11. Yüksek Bina Temellerinin İncelenmesi

Yüksek katlı binaların inşası için projenin hazırlanmasında, mühendislik ve jeolojik araştırmalar en önemli hazırlık aşamalarından biridir. Bina arsası ultrason taramasına tabi tutulmakta, zeminde kuyular açılmakta, farklı seviyelerde, bileşimlerini belirlemek için toprak örnekleri alınmaktadır. Yüksek katlı bir binanın temeli için ideal seçenek, kayalık topraklarda kurulmasıdır. Yoğun kaya, temel elemanlarının dikey ve yatay yüklere karşı koymasına yardımcı olacaktır.

Yapı temellerinin projelendirilmesinde yüzeysel temeller yeterli koşulları sağlamadığında kazıklı temel tasarımına geçilmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde yüksek katlı binalarda gerek taşıma gücü sağlanması, gerek oturmaların sınırlandırılması ve yatay yüklere karşı oluşabilecek stabilite sorunlarına karşı radye temel ve kazıklı radye temel uygulamalarının yapıldığı görülmüştür. Bu kapsamda da öncelikle kazıklı temeller ve kazıklı radye temeller konusuna değinilmiş devamında TBDY 2018, Bölüm 16.9 – Kazıklı Temeller, başlıklı kısmında konuyla alakalı yöntem ve kriterlerinden bahsedilmiştir. Bu tez kapsamında kazıklı temellerin taşıma gücü hesabında TBDY2018 kriterleri dikkate alınarak yüksek yapılarda kazıklı radye temel uygulaması excel programı üzerinden yapılmıştır. Şekil 4.83'te binaya ait ETABS programında oluşturulan temel modeli görülmektedir.

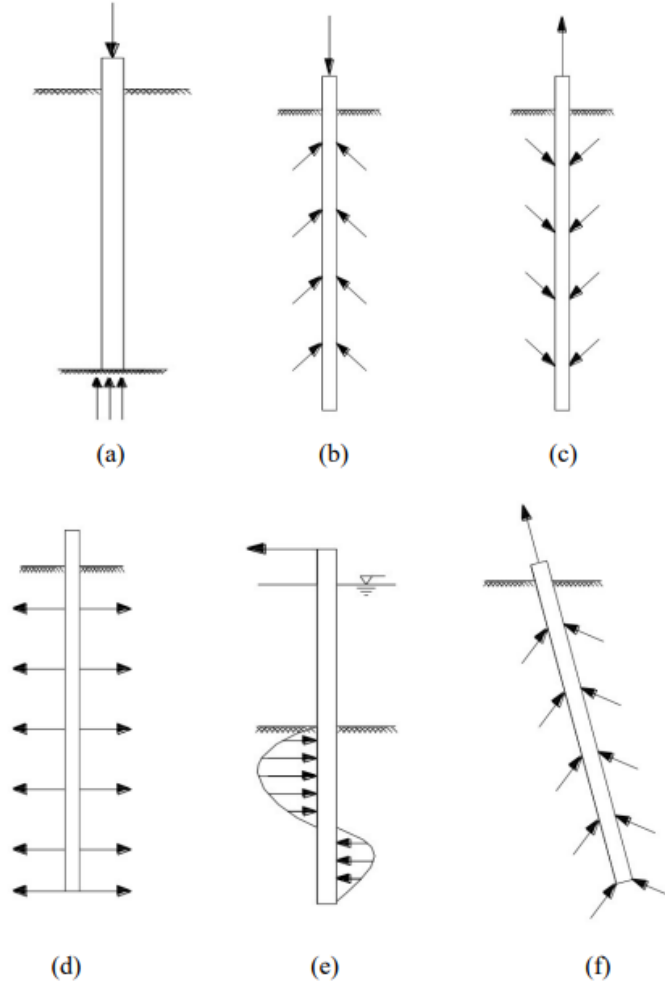


Şekil 4.83. Binaya ait ETABS'ta oluşturulan temel modeli

4.8.11.1. Kazıklı temellere genel bir bakış

Kazıklı yapılar tarihine bakıldığında yüzeysel temellerin tarihinden daha eskilere gittiği görülmektedir. Genelde ilk çağlarda insanların korunma amacıyla sulak alanlara ahşap kazıklar çaktığı, barınaklarını bunların üzerine inşaa ettiği bilinmektedir. Sonraki dönemlerde romalılar tarafından köprü ayaklarında ahşap ve taş kazıklar kullanılmıştır. Günümüzde ise dünyanın birçok yerinde birçok yapıda farklı amaçlarla kazıklı temel sisteminin tercih edildiği görülmektedir. Bunlar kendi içinde birçok faktöre göre çeşitlendirilebilir. Yapım yöntemine göre delme ve çakma kazıklar, imal edildiği malzemeye göre ahşap, beton, çelik ve kompozit kazıklar, imalat tarzına göre prekast ve yerinde dökme kazıklar, kesit biçimine göre kare, dikdörtgen, altıgen ve sekizgen kazıklar, uç baş kısmına göre düz ve ampül kazıklar gibi birçok faktöre göre çeşitlenebilmektedir. Kazıklar kullanım amaçlarına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (Erdoğan, 2020).

- **Uç Kazık:** Taşıma kapasitesi düşük ve sıkışabilirliği yüksek zeminlerde, kazık sağlam tabakaya kadar uzatılır ve yükler kazık ucunun direnci ile taşınır (Şekil 4.84-a).
- **Sürtünme Kazığı:** Taşıma kapasitesi yüksek zeminlerde, yükler kazık yüzeyindeki gevşek toprakla oluşan sürtünme kuvveti ile taşınır. Kazık boyu, yeterli sürtünme kuvveti elde edilene kadar uzatılır (Şekil 4.84-b).
- **Çekme Kazıkları:** Zeminin kabarması, büzülmesi yada yapının yüksek devrilme momentine maruz kalması durumuna karşı stabiliteyi artırmak amacıyla kullanılır (Şekil 4.84-c).
- **Sıkıştırma Kazığı:** Gevşek ve ayırık taneli zeminlerde, taşıma kapasitesini artırmak için zemin sıkıştırılır. Bu amaçla sıkıştırma kazıkları kullanılır (Şekil 4.84-d).
- **Yatay Yüklü Kazık:** Kıyı yapıları ve iksa sistemlerinde, dalga, zemin ve deniz taşıtlarının etkisi gibi yatay yükleri taşımak için kullanılır (Şekil 4.84-e).
- **Eğik Kazıklar:** Açık deniz platformları gibi aşırı yatay yük alan yapılarda, hem yatay hem de düşey yükleri taşıyan eğik kazıklar kullanılır (Şekil 4.84-f).



Şekil 4.84. Kazıkların kullanım amaçları (Erdoğan, 2020)

4.8.11.2. Kazıkların düşey taşıma gücü hesabı

Yapının kolonlarından gelen yükleri taşıyan kazıklar esas olarak eksenel yüklere göre boyutlandırılmaktadır. Kazık kapasitesini belirleyen iki ana kriter bulunmaktadır. Bunlar kazık çapı ve kazık boyudur. Üst yapıdan gelen bu yükler, kazığın altında oluşan uç kuvvet ve zeminle kazık yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvvetiyle taşınır. Bazı durumlarda sadece kazığın uç taşıma kuvvetiyle, bazen sadece zeminle kazık yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvvetiyle, bazen de her iki durumun katkılarıyla bu durum sağlanmaktadır. TBDY 2018’de kazıkların eksenel taşıma gücü ile ilgili formüller Denklem (4.317), Denklem (4.318) ve Denklem (4.319)’da belirtildiği şekildedir.

$$P_{tv} \leq Q_{tv} \quad (4.317)$$

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rs}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{Ru}} \quad (4.318)$$

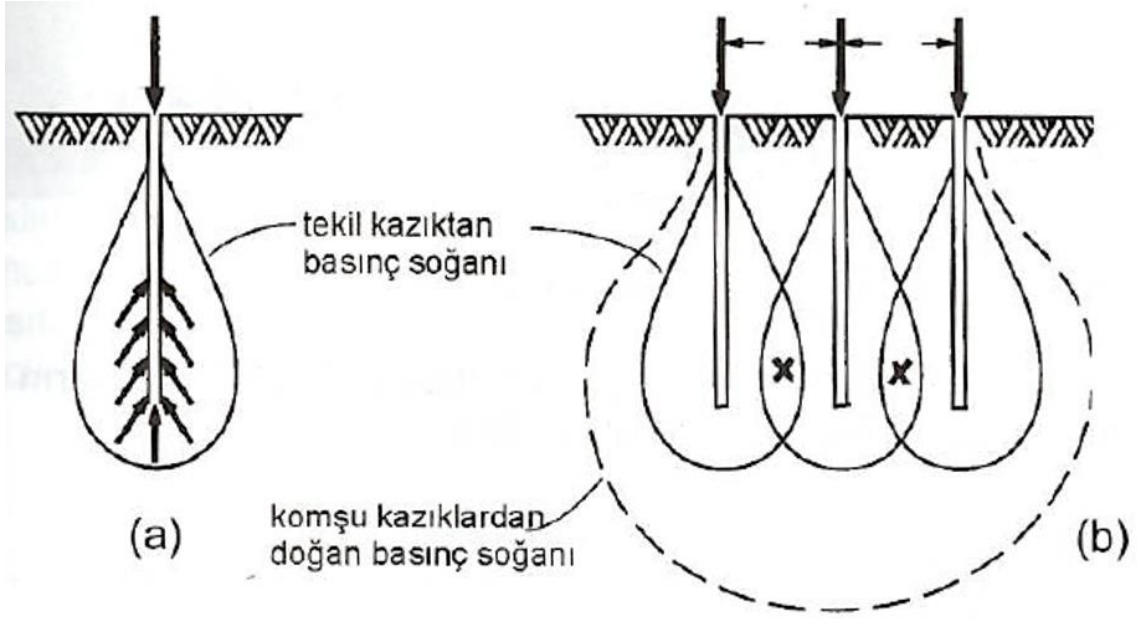
$$Q_{tv} = \frac{Q_{ktv}}{\gamma_{Rt}} \quad (4.319)$$

Bu denklemlerde; Q_{ks} ve Q_{ku} kazığın karakteristik çevre sürtünmesi direncini ve karakteristik uç direncini, Q_{ktv} ise karakteristik toplam kazık taşıma gücünü göstermektedir. TBDY2018'deki kazık taşıma gücüne ait dayanım katsayısı değerleri Çizelge 4.53'te görülmektedir.

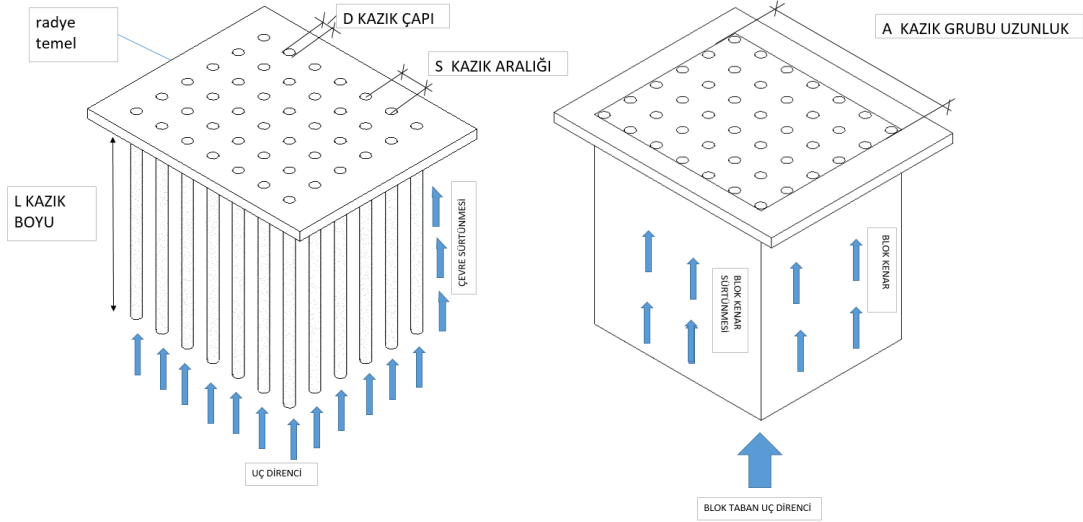
Çizelge 4.53. Kazık taşıma gücüne ait dayanım katsayısı değerleri (TBDY 2018)

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri	
		Kazık yükleme deneyi yapılmamış ise	Kazık yükleme deneyi yapılmış ise
Çevre sürtünmesi (basınç)	γ_{Rsb}	1.5	1.3
Çevre sürtünmesi (çekme)	γ_{Rsc}	1.6	1.4
Uç direnci	γ_{Ru}	2.0	1.5
Toplam taşıma gücü (basınç)	γ_{Rt}	—	1.4

Yapıların altındaki kazıklar çoğu durumda tek başına bulunmazlar. Bunlar grup şeklinde tasarlanmaktadır. Grup halinde inşa edilen bu kazıkların belirli bir mesafe ile uygulanması gerekmektedir. Bu mesafe belirli bir değer kazık çaplarının 5 katının altına düştüğünde kazıklar birbirlerinin etkileşim alanına girmektedirler. Bu, iki farklı durum meydana getirmektedir. Bu etkileşim ile bir grup şeklinde hareket eden tekil kazıklar normalden daha fazla oturma yapmaktadır. Öte tarafta grup halindeki bu davranış şekli daha büyük basınç soğanı meydana getirmektedir (Şekil 4.85). Yapılan teorik çalışmalarda ve testlerde killi zeminlerde sürtünmeden kaynaklı kazık grubunun taşıma gücünün, kazık grubundaki kazıkların taşıma gücünün toplamından daha az değer verdiği ortaya çıkmıştır. Bu sebeble grup davranışı gösterecek kazıklı temellerde taşıma gücü; grup içinde bulunan her bir kazığın toplam taşıma gücü ile kazıklar ve arasında kalan zeminden oluşan bloğun taşıma gücü değerlerinin küçük olanı olarak seçilecektir (Şekil 4.86).



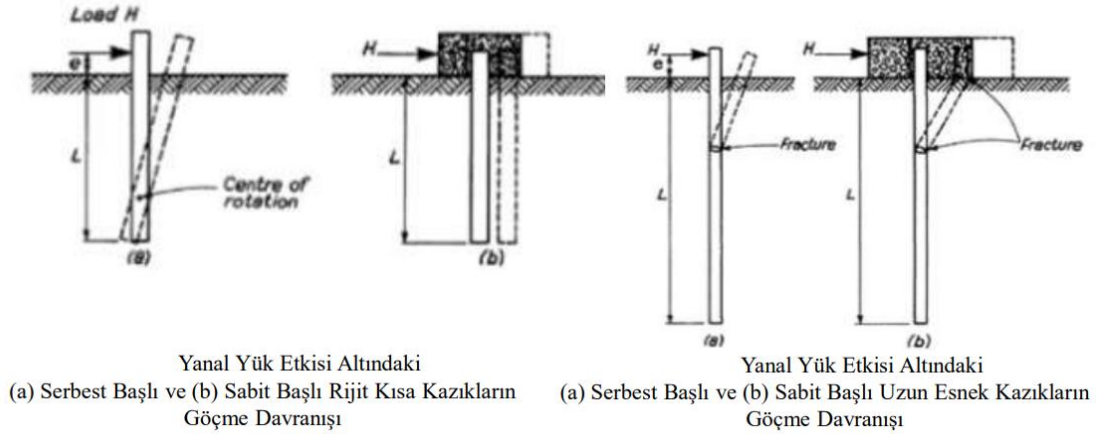
Şekil 4.85. Kazıklarda grup etkisi (Önalp ve Sert, 2016)



Şekil 4.86. Kazıklı temellerin taşıma gücü mantığı

4.8.11.3. Kazık ve kazık grubunun yanal etkiler altında davranışı

Kazıkların yanal etkiler altında davranışı, içinde bulunduğu zeminin özellikleri yanında iki etkene daha bağlıdır. Birincisi kazığın boyu; kazığın kısa (rijit) veya uzun (esnek) kazık olması durumudur. İkincisi ise kazık başlarının esnek (serbest) veya rijit başlıkla tutulu olmasına bağlıdır (Şekil 4.87).



Şekil 4.87. Kazıkların yanal yük etkisine göre sınıflandırılması (URL-25)

Kazık başlarının esnek serbest veya rijit başlıkla tutuluşu, belirli özelliklere bağlıdır. Kısa kazıklar, yükler aşırı arttığında zeminin ötelenmesine neden olabilecek kadar güçlüdür. Betonarme ve çelik kazıklar için uzun kazıklar, L/D oranının 30'dan büyük olduğu durumlarda geçerli sayılırken bu oranın altı, kısa kazık olarak nitelendirilmektedir. Bu bulgular, kazık sistemlerinin tasarımında ve zemin mühendisliğinde önemli bir rol oynamaktadır. TBDY 2018'de kazıkların yanal taşıma gücü ile ilgili Denklem (4.320)'de belirtildiği şekildedir.

$$P_{ty} \leq Q_{ty} \quad (4.320)$$

Burada:

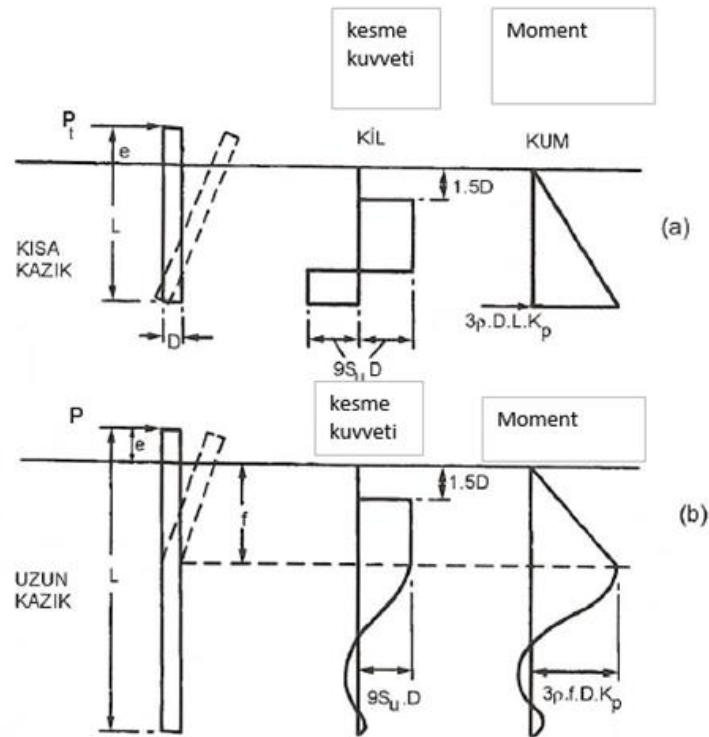
- P_{ty} , kazığa etki eden yanal tasarım kuvvetidir.
- Q_{ty} , kazığın yanal tasarım dayanımını temsil eder.

Ayrıca, doğrusal olmayan yük-yerdeğiştirme davranışı gösteren yanal yüklü kazıkların tasarımında, izin verilen yerdeğiştirmelerin ve kazık kesitinin taşıma gücünün aşılmadığının hesaplamalarla kanıtlanması gerekmektedir.

Yanal yüklü kazıkların çözümü ile ilgili olarak literatürde mevcut bazı yöntemler şunlardır (Şekil 4.88):

a) Yaklaşık kazık boyu ve rijitliğini gözönüne alan yöntem:

Bu yöntemde çeşitli formül ve abaklardan bir adet kazığın yanal taşıma kapasitesi ve yerdeğiştirme miktarı bulunabilmektedir. Daha çok el hesabına uygun manuel bir yöntemdir.

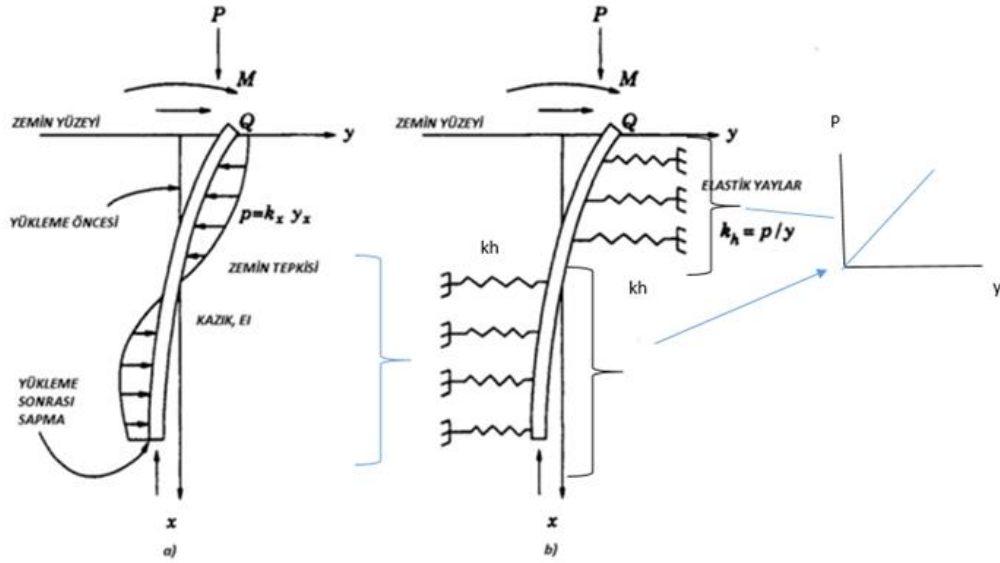


Şekil 4.88. Yanal yüklü kazıklarda kesme ve dönme hesapları a) Kısa kazık b)Uzun kazık
(Önalp ve Sert, 2016)

Grup kazıkların yanal davranışını dikkate almak için literatürde çeşitli yöntemler mevcut olup en yagın olanı tekil kazıklar için bulunan ötelemeleri çeşitli katsayıların çarpımı ile dikkate alan büyütme katsayısı yöntemidir.

b) Yatak katsayısı yaklaşımı:

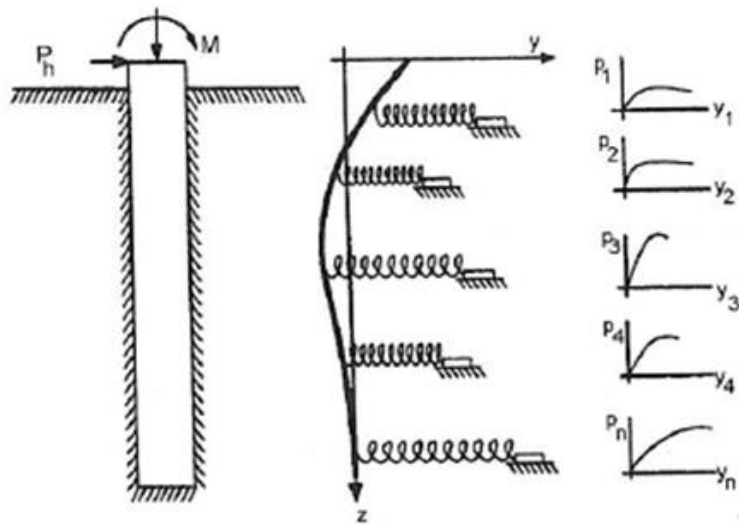
Zeminin yatayda ve düşeyde idealleştirilmiş bir dizi yaydan oluştuğu varsayımına dayanır. Bu yaylara atanan yay katsayıları yerdeğiştirmelerle çarpılıp toplam yük değeri elde edilmektedir. Yay katsayısı tüm derinlik boyunca sabit olup daha çok tek tabakalı zeminler için kullanılmaktadır. Bu yöntem, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak bilgisayar programları yardımıyla çözüm yapmaya uygundur. Sabit katsayılı yaylarla idealize edilmiş yatay yüklü zemin gösterimi Şekil 4.89’da görülmektedir.



Şekil 4.89. Sabit katsayılı yaylarla idealize edilmiş yatay yüklü zemin gösterimi (Erdoğan, 2020)

c) Doğrusal olmayan çözümler:

Yatak katsayısı yöntemine benzerlik göstermektedir. Burada yatak katsayısı yönteminden farklı olarak zemini daha doğru modellemek için yaylara sabit bir katsayı vermek yerine çeşitli yaylara zeminin doğrusal olmayan davranışını yansıtması bakımından yük – yerdeğiştirme, p - y eğrileri tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, sonlu elemanlar metodu kullanılarak bilgisayar programları yardımıyla çözümü yapılmaktadır. Yanal yüklü kazıkların doğrusal olmayan yaylarla çözüm yöntemi Şekil 4.90'da gösterilmiştir.



Şekil 4.90. Yanal yüklü kazıkların doğrusal olmayan yaylarla çözümü (Birand, 2007)

4.8.11.4 Kazık ve kazık gruplarının oturması

Kolon gibi tümüyle iç dirence çalışanlar dışında kalan kazıklar zaman içinde oturabilmektedir. Bu durum, özellikle kazık gruplarında zaman zaman ciddi sorunlar meydana getirebilmekte, seçilen yüksek güvenlik sayılarına karşın düşey hareketler kabul edilebilir limitlerin üstüne çıkabilmektedir. Kazık başında beliren oturmalar kazığın yük altında elastik şekil değiştirmesi, uç direnci ve çevre yapışması sürtünmesi uyanana kadar beliren ötelemeler, kazık ucu ve altındaki zeminin sıkışması ve konsolidasyonunu sonucudur.

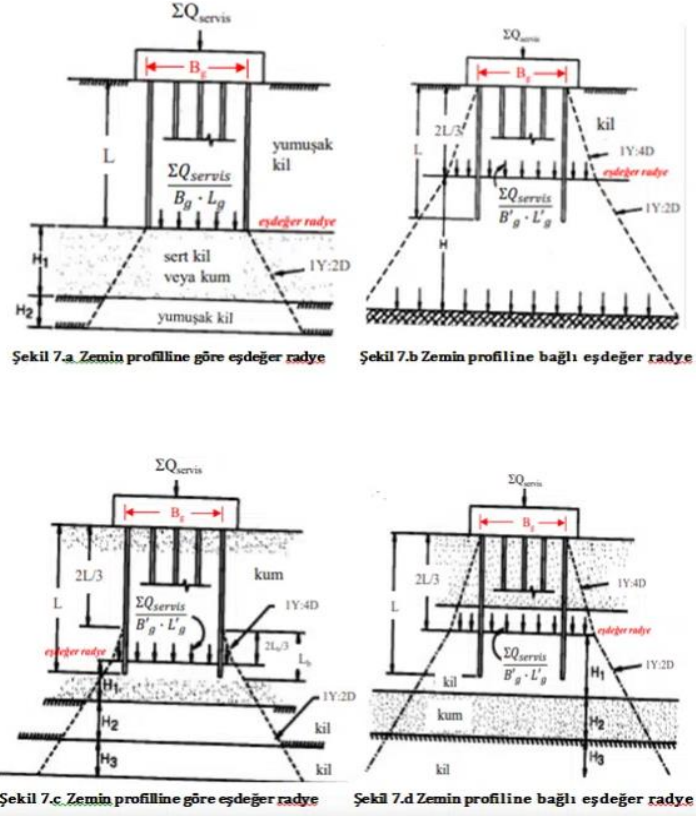
Tekil kazıkların oturması elastisite yakalaşımı, yük transferi (t-z) yaklaşımı ve sayısal yöntemlerle hesaplanmaktadır. Bu hesaplama tekil kazığın hiç uygulanmayacağı gerekçesi ile teorik ve gereksiz olarak nitelendirilmemelidir. Zira kazık grubunun oturması onu oluşturan bireylerin gerilme artışı çözümü ile yapılabilmektedir. Yaklaşık yöntem kullanılmak istendiğinde fellenius veya vesic çözümü yeterli olabilmektedir.

Aynı yükleme seviyesinde tekil kazığın oturması, içinde bulunduğu gruba oranla çok farklı olabilir. Buna bağlı olarak grup oturmasını hesaplamak üzere birçok yöntem geliştirilmiştir (Önalap ve Sert, 2020).

Bu tez kapsamında killi zeminlerde en çok kullanılan yöntem olan kazık grubunun belirli bir karakteristik derinlikte yayılı temel gibi etkidiği varsayımının yapıldığı eşdeğer yayılı temel metodu ile çözüme gidilecektir.

Bu yöntem geniş ölçüde kullanılan bir yöntem olup kazık grubunun belirli bir derinlikte oturan sanal bir yayılı temelle temsil edilebileceği varsayımından geliştirilmiştir. Zeminin kum veya kil, yüzen veya uç kazık olması durumlarına göre farklılık arz etmektedir. Kazık gruplarının blok halinde oturması, eşdeğer radye temel seviyesinin belirlenmesi ile başlamaktadır.

Bu seviye, genellikle zemin profillerinin çoğunda kazık başlığı tabanından itibaren $2L/3$ derinliğinde (L: serbest kazık boyu) bulunur. Ancak, bu derinlik zemin tabakalarının durumuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Farklı zemin koşullarının kazık gruplarının oturma davranışları üzerindeki etkileri ve bu etkilerin nasıl değerlendirileceği de önemli bir noktadır. Eşdeğer temel yaklaşımına göre kazıklı radye temellerde oturma Şekil 4.91’de gösterilmiştir.



Şekil 4.91. Eşdeğer temel yaklaşımına göre kazıklı radye temellerde oturma (URL-26)

4.8.11.5. Kazıklı radye temeller

Kazıklı radye temeller artan bina yükleriyle binada radye temellerin yetersiz kalması ile beraber kullanılmaya başlanılan bir karma yöntemdir. Radye temelleri bazen taşıma anlamında yeterli performans sağlasalar bile oturmaları karşılayamaz duruma gelmektedir. Bu durumda bazen temel genişletme yada bodrum inme gibi çözümler yetersiz kalabilmektedir. Radye temelin bazen tümüne bazen de aşırı yada farklı oturmaları önleyecek kritik yerlere konularak belirlenen oturmaların istenen seviyelere çekilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca, bu sistemle yüksek yapılarda yapıyı sağlam zemine oturtma yada kayaya oturtarak taşıma gücünü artırıcı çözümler sağlanabilir. Yapı temele akrajlanarak deprem ve rüzgar gibi yatay yüklere karşı yapı stabilitesi sağlanmaktadır. Geleneksel hesaplama yönteminde yüklerin tamamının kazıklar tarafından taşındığı düşünülmektedir. Bu yaklaşıma göre radye temel altında bulunan yumuşak zeminlerin oluşacak oturmalar sebebiyle radye temelle teması kesilmektedir. Bu yaklaşım ekonomik olmayan sonuçlar doğurmaktadır. Öte taraftan kazıkların çok fazla kullanılmadığı durumlarda taşınacak yükün büyük kısmının radye temeller

tarafından taşındığı varsayılmaktadır. Bu sebeple zemine temas eden yapılarda yükün radye temel ve kazıklar arasında paylaştırılması doğru bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Bununla alakalı yapılan deneysel çalışmalar yükün başlangıçta kazıklar tarafından taşındığını, oturmanın arttıkça radye temelin de yük almaya başladığını ve yükün radye temel ve kazıklar arasında paylaştırıldığını göstermektedir. Radye temelin taşıdığı bu yükün toplam yüke oranının %40 mertebelere çıktığı saptanmıştır (Önalp 2016). Bu oranın bulunması ile alakalı basitleştirilmiş hesap yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olanı Poulos –Davis - Randolph yöntemi'dir. Bunun dışında yaylar üzerinde şerit yaklaşımı, yaylar üzerinde plak yaklaşımı gibi kazığın yaylarla gösterildiği yöntem olan yaklaşık sayısal analiz yöntemleri bulunmaktadır. Bir diğer yöntem olan probleme gerçeğe en yakın şekilde çözüm sunan üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemidir. Bu yöntemde yapı-temel-zemin bir bütün halinde modellenmektedir. Bu çözümün dezavantajı çok büyük kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duymasıdır. Fakat artan yüksekliklerle beraber temel sistemlerinin geleneksel yöntemlerden ziyade uzman geoteknik mühendislerince yapı-kazık-zemin etkileşimlerinin karmaşıklığı nedeniyle bu etkilerin dikkate alındığı sonlu elemanlar, sonlu farklar gibi uygun yöntemlerin dikkate alınmasının gerektiği öne çıkmıştır.

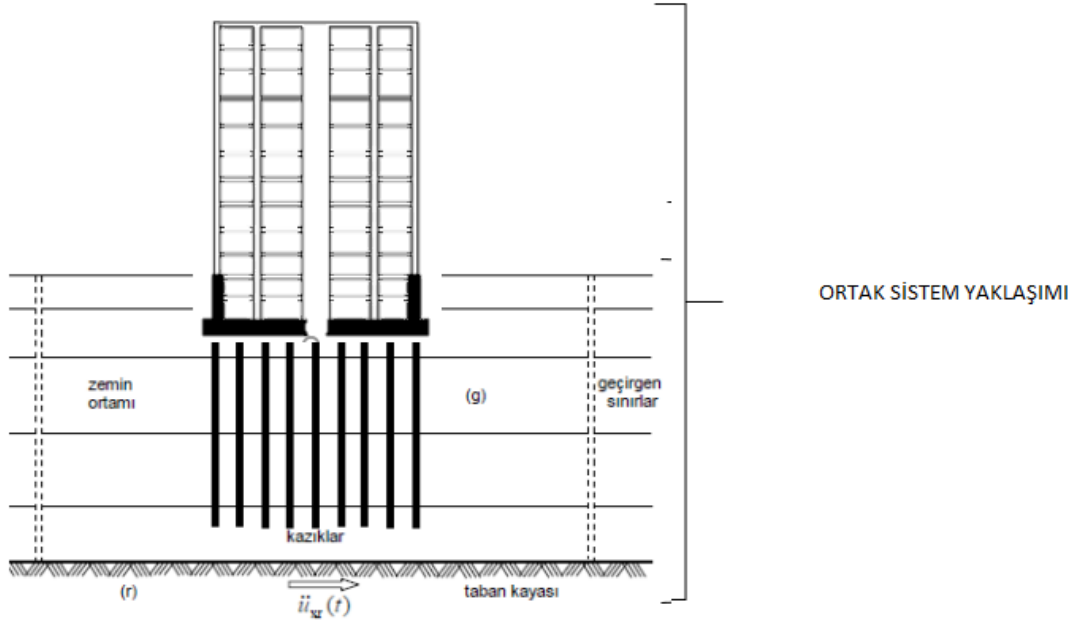
4.8.11.6. TBDY 2018'e göre kazıklı temeller

TBDY 2018'de kazıklı temellerin taşıma gücü hesabında aşağıdaki yöntemlerden birinin uygulanabileceği belirtilmektedir.

- (a) Statik yükleme deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak hesaplanabilir.
- (b) Zemin araştırmalarından elde edilen zemin özellikleri kullanılarak hesaplanabilir.
- (c) Statik yükleme deneyleri ile geçerliliği sağlanmış dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanabilir.

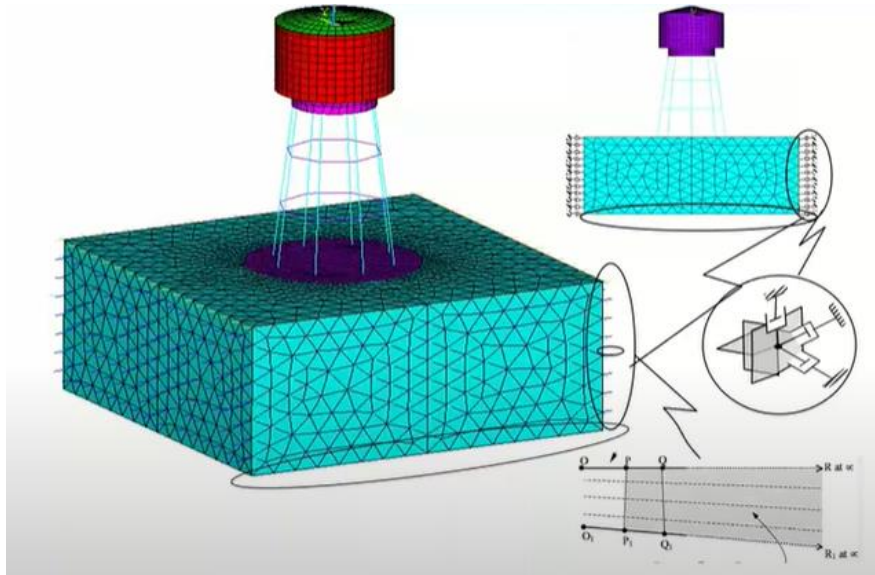
Kazıklı temellerin deprem hesabı için dinamik yapı-kazık-zemin etkileşimi çerçevesinde iki ana hesap yaklaşımı kullanılabilir:

(a) Ortak sistem yaklaşımı: Üstyapı, bina temeli, kazıklar ve zemin, bir bütün olarak modellenir ve analiz edilir. Bu yaklaşımda, tüm bileşenlerin doğrusal olmayan davranışları dikkate alınır. Ortak sistem yaklaşımı Şekil 4.92'de gösterilmiştir.



Şekil 4.92. Ortak sistem yaklaşımı (Aydınlioğlu, 2012)

Ortak Sistem Yaklaşımı Yöntem 1: Zemin+kazıklı temel+yapının bir bütün halinde tasarlanıp zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle sonlu elemanlar yöntemine göre analizi yapılmaktadır. İşlem adımlarının fazlalığından analiz sürelerinin çok uzun sürmesinden ötürü çok yüksek kapasiteli bilgisayarlar gerekmektedir (Şekil 4.93).

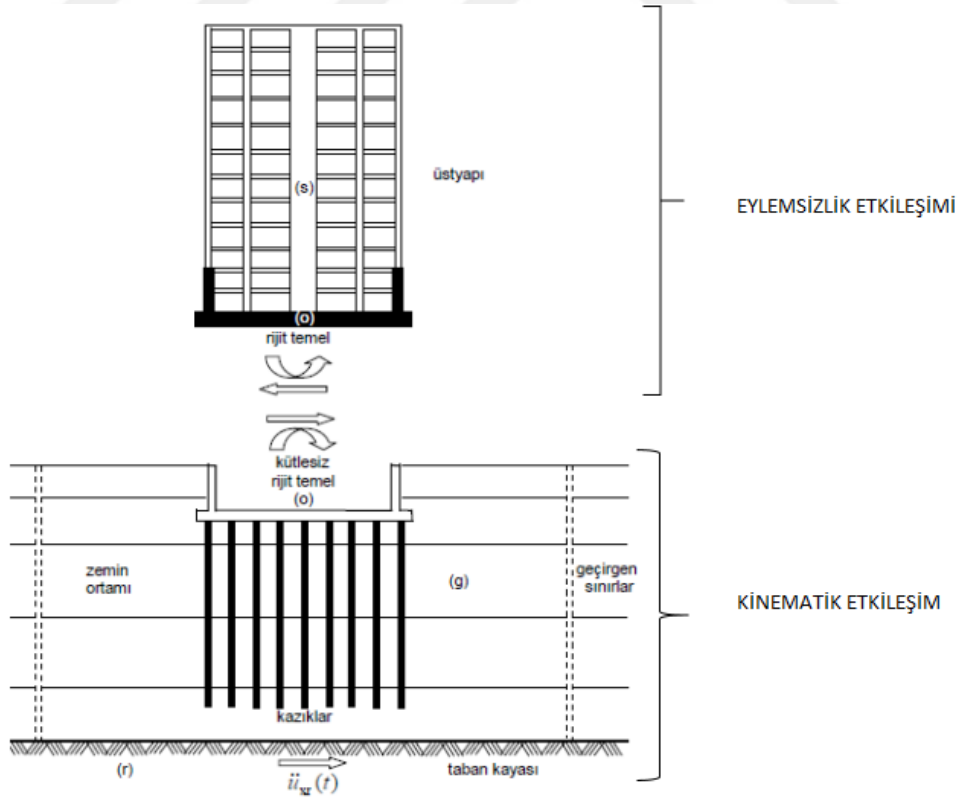


Şekil 4.93. Ortak sistem yaklaşımı (URL-27)

Ortak Sistem Yaklaşımı Yöntem 2: Zemin yerine doğrusal olmayan yaylar + kazıklı temel + yapının bir bütün halinde tasarlanıp zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle sonlu elemanlar yöntemine göre analizi yapılır. Öncesinde serbest zemin analizi yapılarak zeminde bulunan doğrusal olmayan kuvvet yerdeğiştirme grafiği zemini temsilen atanan yayların p-y eğrilerine atanır. Yöntem 1'e göre işlem kapasitesi daha düşüktür.

Ortak Sistem Yaklaşımı Yöntem 3: Zemin yerine doğrusal olan yaylar + kazıklı temel + yapının bir bütün halinde tasarlanıp zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle sonlu elemanlar yöntemine göre analizi yapılır. P-y eğrilerine sabit bir değer atanır. Zayıf zeminler dışında tüm zeminlerde uygulama kolaylığı bakımından tercih edilmektedir.

(b) Altsistem Yaklaşımı: Üstyapı-temel altsistemi ve temel-kazık-zemin altsistemi ayrı ayrı modellenir. Bu yaklaşım, genellikle doğrusal davranışı esas alır, ancak mühendislik pratiğinde doğrusal olmayan davranışlar için de uygulanmasına izin verilmektedir. Bu iki alt sistem arasındaki etkileşim de dikkate alınmaktadır (Şekil 4.94).



Şekil 4.94. Alt sistem yaklaşımı (Aydınlioğlu, 2012)

Altsistem yaklaşımında zemin ortamı+kazıklar+kütlesiz rijit temel (varsa bodrum kutusu) kinematik etkileşim olarak adlandırılır.

Kütleli temel+üstyapı, eylemsiz etkileşimi olarak adlandırılır. Bu yöntemde radye temel geçiş yada keşişim elemanı olarak adlandırılabilir, kinematik etkileşimde radye temelin tabanında deprem kayıtları okunur.

Eylemsizlik etkileşimde zemin kazık etkileşimini radye temel tabanında tanımlanmaktadır. Zemin+kazık+temel (varsa bodrum) sonsuz rijit üç boyutlu olarak ve temel kütlesiz kazıklar çubuk eleman olarak modellenir.

Altsistem yaklaşımı çerçevesinde yapı – kazık – zemin etkileşimi iki aşamada ele alınır. Kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi olarak adlandırılan bu aşamaların ve bu aşamalar için kullanılabilecek hesap yöntemleri ile tasarım kurallarının ayrıntıları TBDY 2018 EK 16C’de verilmiştir. Yöntem I, Yöntem II ve Yöntem III olarak adlandırılan bu yöntemlerin uygulama alanları Yerel Zemin Sınıfı’na, Deprem Tasarım Sınıfı’na ve Bina Yükseklik Sınıfı’na bağlı olarak TBDY 2018 - Tablo 16.5’te tanımlanmıştır. Yapı sahibinin / tasarım mühendisinin tercihine bağlı olarak Yöntem II yerine Yöntem I, Yöntem III yerine Yöntem II kullanılabilmekte ve yöntemlerin uygulama alanları genişletilebilmektedir.

Kinematik etkileşim ise serbest sahada elde edilen zemin yerdeğiştirmelerinin kazıklarda oluşturacağı iç tesirlerin belirlenmesidir.

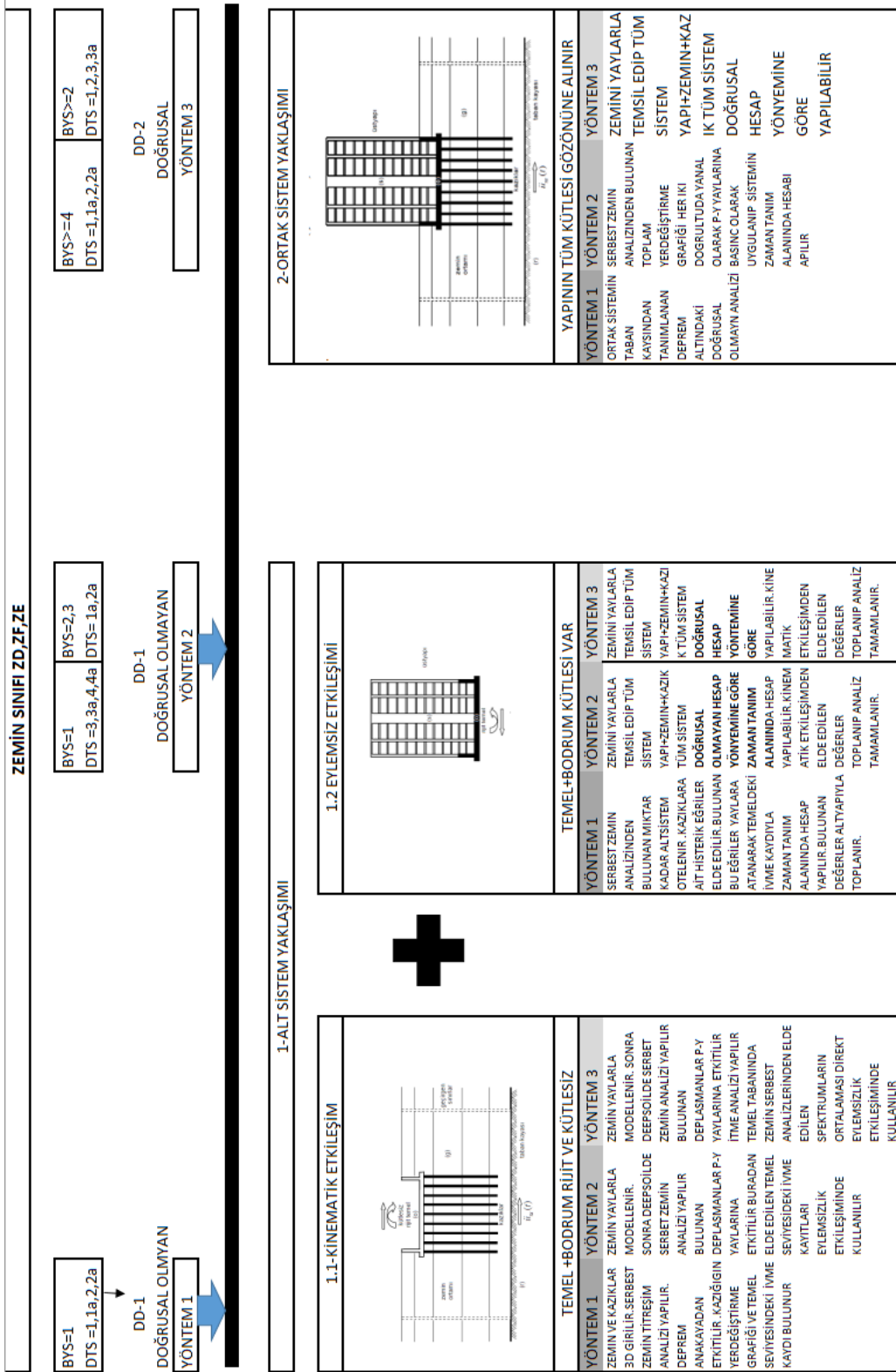
Altsistem Yaklaşımı Yöntem 1: Anakayadan verilen 11 adet deprem kaydı zemin yüzeyine çıkarken tabakalar arasında ilerler. Zemin tabakaları arasında ilerleme esnasında serbest zeminde nasıl bir deplasman profili oluşturacağının cevabı aranır. Elde edilen bu 11 depreme ait datalar zamana bağlı bir grafikte gösterilir. Bu noktada zemine ait maksimum öteleme miktarlarının ortalaması bulunur. Bulunan bu noktaya kadar kazıklarda itme analizi yapılır. Kazıklarda kuvvet yerdeğiştirme eğrileri elde edilir. Bu sistemde kayadan en az 11 çift deprem kaydı etkililerek zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılarak temel seviyesinde deprem kayıtları ve kazık iç kuvvetleri elde edilir. Kazıkların mutlak değerce elde edilen değerlerin en büyüğünün ortalaması ilgili değerce en büyük iç kuvvet kabul edilir. Temel+üst yapı tasarlanır, bulunan bu eğriler temel tabanında ilgili yaylara atanır. Temel seviyesinde elde edilen deprem kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilir. Üst yapı ve temelde bulunan bu kuvvetler ve yerdeğiştirmeler elde edilmiş olur.

Temel tabanında tanımlanmış olan kuvvet yerdeğiştirme yaylarından yararlanılarak eylemsizlik etkileşimi hesabı için kazık iç kuvvetleri elde edilir. Her iki sistemden toplanan, elde edilen iç kuvvetler toplanarak herbir kazık için nihai iç kuvvet bulunur. Üstyapı kazık temel zemin bir bütün şeklinde bir arada modellenir. Elde edilen bu ortak sisteme taban kayasından zamana bağlı deprem kaydı verilerek yapı ve temel üzerinde meydana gelen yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler bulunur.

Altsistem Yaklaşımı Yöntem 2: Üst yapı dikkate alınmadan temel kazık modellenip zemin ise p-y, t-z, Q,Z yayları ile temsil edilerek analiz gerçekleştirilir. Zemin yaylarla modellenir. Daha sonra zemin serbest titreşim analizinden bulunan deplasmanlar p-y yaylarına atanır. Buradan elde edilen kuvvet - yerdeğiştirme eğrileri eylemsizlik etkileşinde kullanılmak üzere temelin altındaki kazıkları temsilen kullanılan yaylara atanır. Sonrasında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılarak temel seviyesinde bulunan iç kuvvetler kinematik etkileşimle bulunan değerler ile toplanarak işlem adımları tamamlanır.

Altsistem Yaklaşımı Yöntem 3: Yöntem 2'nin daha da basitleştirilmiş hali denilebilir. Zemin yaylarla modellenir. Serbest zemin analizi yapılır. Bulunan deplasmanlar p-y eğrilerine atanır. İtme analizi yapılarak bulunan spektrumlar direkt olarak eylemsizlik analizinde kullanılabilir. Zemini yaylarla temsil edip sistem Yapı+Kazık+Zemin tüm sistem doğrusal hesap yöntemine göre analiz yapılır. Kinematik etkileşimden elde edilen değerler bu aşamada elde edilen değerler ile toplanarak işlem tamamlanır.

şekil 4.95'te TBDY 2018'e göre temellerle ilgili sistem yaklaşımları şematik olarak görölmektedir.



Şekil 4.95. TBDY 2018 göre sistem yaklaşımları

Yukarıda TBDY 2018'in 16. bölümünde kazıklı yapılar ile ilgili anlatılan kısma genel itibariyle değinilmiştir. Konunun kapsamı itibariyle geleneksel mühendislik yaklaşımlarının ötesine geçilmesi gerektiği ve multidisipliner bir bakış açısının benimsenmesinin zorunlu kılmakta olduğu görülmektedir.

Zeminlerin girift davranışı, yükleme altında farklı tepkiler vermesiyle karmaşık hale gelmektedir. Ayrıca, doğrusal olmayan kazık – zemin - yapı etkileşimi, yapının zeminle olan etkileşimini ve bu etkileşimin dinamik yükler altındaki etkilerini anlamak için detaylı analizler gerektirmektedir.

Burada TBDY 2018 ile birlikte zemin girift davranışı, doğrusal olmayan kazık - zemin - yapı etkileşimi gibi konular özel ihtisas gerektirdiği için yapı mühendisliğinin tek başına ele alabileceği bir konu olmaktan uzaktır. Bu tarz yapı - kazık - zemin etkileşimi gibi doğrusal olmayan analizler için Midas, Plaxis, Deepsoil gibi geoteknik yazılımlardan yararlanılabilmektedir.

Yukarıda belirtilen sistemlerin, genel itibariyle ZD, ZE, ZF sınıfı gibi zayıf zeminlerde kullanılması gerekmektedir (TBDY 2018). Bu tez kapsamında yapının bulunduğu zemin sınıfının ZC olması itibari ile altsistem yaklaşımlarına gerek duyulmamaktadır. Bu tez kapsamında kullanılan yöntem ortak yaklaşım sisteminde olup Yöntem 3'ün eylemsizlik etkileşim sistemine benzerlik göstermektedir. Bu sebeple yapının bir bütün olarak tasarlanıp yapı temelının doğrusal yöntemler ile analizi gerçekleştirilmiş bulunmaktadır. Zemin, kazıklara atanan yaylarla tanımlanmıştır.

Bu tez kapsamında kazıklı radye temel hesabı yapılmıştır. Zemin türü olarak ilk 30 metrede sert kil, devamında kayaç olduğu varsayılmıştır. Kazıklı radye temel yapılmasının sebebi aşırı oturmaların önüne geçebilmektir. Bu kapsamda zemin elastik yaylarla modellenmiş olup yapı - temel - zemin etkileşimi bir bütün halinde ele alınmıştır. Radye temel kalınlığı 2 metre olarak belirlenmiştir. Kazık boyu 25 metre ve kazık kesiti 1 metre kalınlıkta bulunmuştur. Tez kapsamında tasarlanan kazıklı radye temele ait plan ve kesit görünüşleri Şekil 4.96 ve Şekil 4.97'de verilmiştir. Bu konuyla ilgili excelde program yazılmış ve yapılan analizlerin sonuçları Ek-1 bölümünde verilmiştir.

5. KOMPOZİT TÜBÜLER SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI

4. bölümde tasarım ve analiz aşamaları detaylı şekilde açıklanan çaprazlı kafes kompozit tübüler sistemlerin ardından, bu bölümde karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla çerçeve kompozit tübüler sistemler için de bir örnek bina ele alınmıştır. Her iki bina modeli üzerinde, farklı deprem tasarım sınıflarına ait lokasyonlarda depremsellik incelemeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Düşey yükler altında tasarlanan tali kirişler, ana tali kirişler ve çekirdekteki kolonlarda hesaplar 4. bölümde yapılmıştır. Bu nedenle, işlem adımlarının tekrarını önlemek amacıyla hesaplamalar, yapının çevresindeki kompozit kolon ve kirişler üzerinden yapılmış ve sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.

Çizelge 5.1’de, incelenen kompozit çaprazlı kafes tübüler sistem ve kompozit çerçeve tübüler sisteme ait tasarım parametreleri verilmiştir. Her iki bina modelinin, ZC zemin sınıfı altında farklı deprem tasarım sınıflarının etkisinde olması durumunda davranışlarının değerlendirilmesi amacıyla Hatay ve Mersin gibi iki farklı lokasyon seçilmiştir.

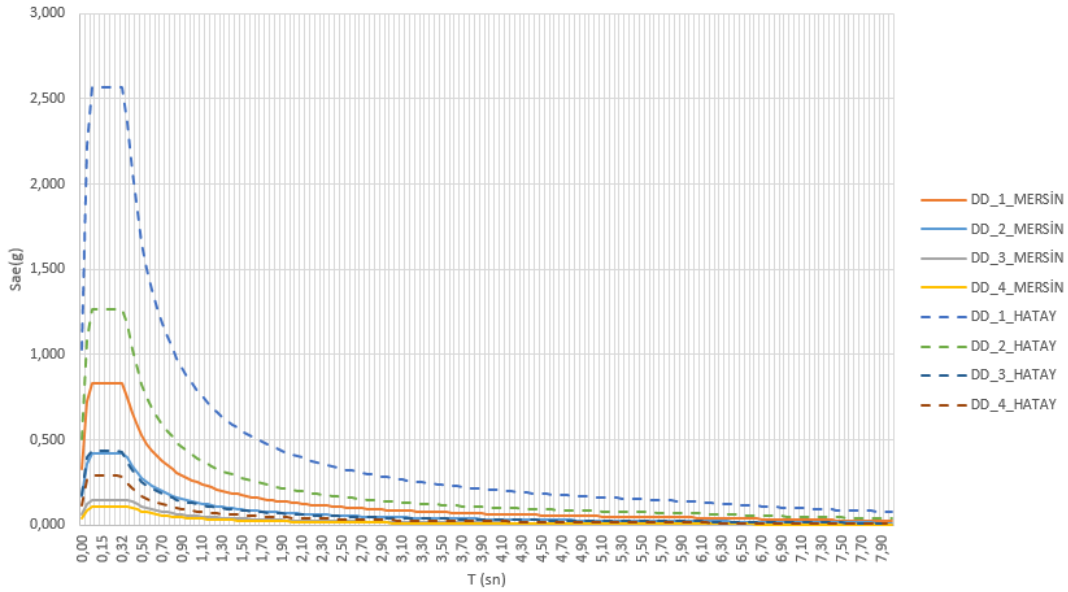
Çizelge 5. 1. Tasarım yapılan bina modellerine ait parametreler

Bina modeli	Bina Kullanım Sınıfı	Lokasyon	Deprem Tasarım Sınıfı	Zemin sınıfı	Tasarım Aşamaları
Çaprazlı Kafes tübüler sistem	BKS 3	Hatay	DTS1 ($S_{ds}=1.26$)	ZC	1.Aşama
					2.Aşama
					3.Aşama
		Mersin	DTS3 ($S_{ds}=0.42$)	ZC	1.Aşama
					2.Aşama
					3.Aşama
Çerçeve tübüler sistem	BKS 3	Hatay	DTS1 ($S_{ds}=1.26$)	ZC	1.Aşama
					2.Aşama
					3.Aşama
		Mersin	DTS3 ($S_{ds}=0.42$)	ZC	1.Aşama
					2.Aşama
					3.Aşama

Çizelge 5.2’de, tasarım aşamalarında, kompozit çaprazlı kafes tübüler sistem ve kompozit çerçeve tübüler sisteme ait yatay spektrum eğrileri için kullanılan parametreler görülmektedir. Bu parametreler kullanılarak oluşturulan yatay ivme grafikleri Şekil 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. İki farklı bina modeline ait deprem parametreleri

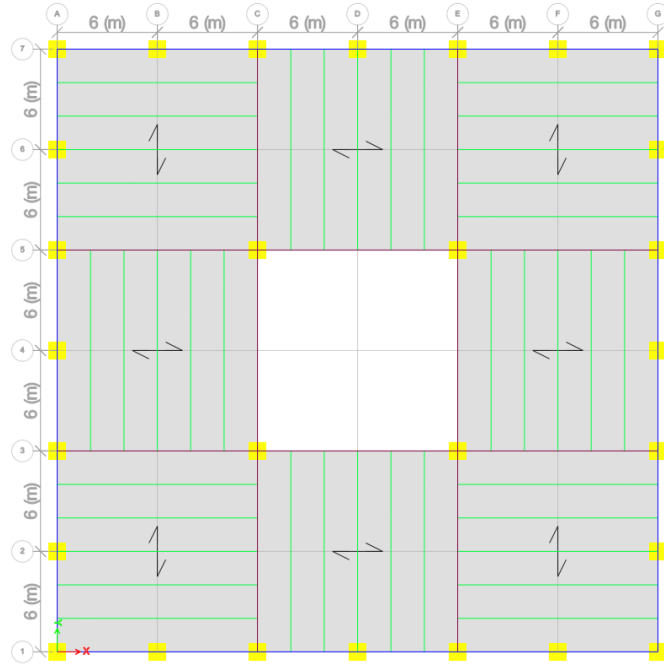
	HATAY				MERSİN				
	ÇERÇEVE TÜBÜLER SİSTEM		ÇAPRAZ TÜBÜLER SİSTEM		ÇERÇEVE TÜBÜLER SİSTEM		ÇAPRAZ TÜBÜLER SİSTEM		
	PROJE BİLGİLERİ		PROJE BİLGİLERİ		PROJE BİLGİLERİ		PROJE BİLGİLERİ		TASARIM AŞAMASI
	Proje Adı	HATAY/ ANTAKYA	Proje Adı	HATAY/ ANTAKYA	Proje Adı	MERSİN/ MERTİM	Proje Adı	MERSİN/ MERTİM	
	Enlem	36.202.545	Enlem	36.202.545	Enlem	36.803.555	Enlem	36.803.555	
	Boylam	36.160.348	Boylam	36.160.348	Boylam	36.623.985	Boylam	36.623.985	
ZEMİN	Zemin Sınıfı	ZC	Zemin Sınıfı	ZC	Zemin Sınıfı	ZC	Zemin Sınıfı	ZC	3. TASARIM AŞAMASI
DD-1	Ss	2,139	Ss	2,139	Ss	0,675	Ss	0,675	
	S1	0,585	S1	0,585	S1	0,175	S1	0,175	
	Fs	1,2	Fs	1,2	Fs	1,3	Fs	1,3	
	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	
	Sds	2,5668	Sds	2,5668	Sds	0,8775	Sds	0,8775	
Sd1	0,8775	Sd1	0,8775	Sd1	0,2625	Sd1	0,2625	1. TASARIM AŞAMASI	
DD-2	Ss	1,055	Ss	1,055	Ss	0,323	Ss		0,323
	S1	0,275	S1	0,275	S1	0,092	S1		0,092
	Fs	1,2	Fs	1,2	Fs	1,3	Fs		1,3
	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	F1		1,5
	Sds	1,266	Sds	1,266	Sds	0,420	Sds		0,420
	Sd1	0,413	Sd1	0,413	Sd1	0,138	Sd1	0,138	
DD-3	Ss	0,333	Ss	0,333	Ss	0,115	Ss	0,115	2. TASARIM AŞAMASI
	S1	0,085	S1	0,085	S1	0,037	S1	0,037	
	Fs	1,3	Fs	1,3	Fs	1,3	Fs	1,3	
	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	
	Sds	0,43	Sds	0,43	Sds	0,15	Sds	0,15	
	Sd1	0,128	Sd1	0,128	Sd1	0,056	Sd1	0,056	
DD-4	Ss	0,224	Ss	0,224	Ss	0,081	Ss	0,081	
	S1	0,057	S1	0,057	S1	0,027	S1	0,027	
	Fs	1,2	Fs	1,2	Fs	1,3	Fs	1,3	
	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	F1	1,5	
	Sds	0,2688	Sds	0,2688	Sds	0,1053	Sds	0,1053	
	Sd1	0,0855	Sd1	0,0855	Sd1	0,0405	Sd1	0,0405	
Yapı Davranış Kats.	Rx	8	Rx	6	Rx	8	Rx	6	
	Dx	3,00	Dx	2,50	Dx	3,00	Dx	2,50	
	Ry	8	Ry	6	Ry	8	Ry	6	
	Dy	3,0	Dy	2,5	Dy	3,0	Dy	2,5	
	I	1	I	1	I	1	I	1	



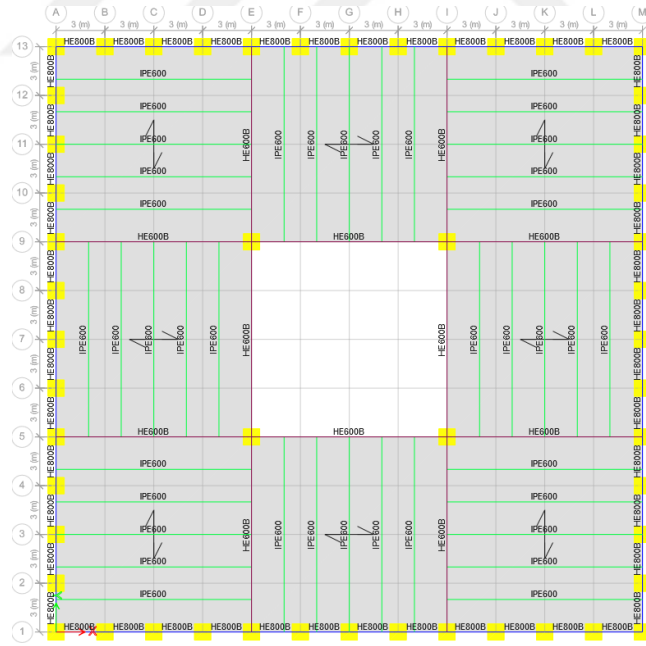
Şekil 5.1. Tasarım aşamalarında kullanılan yatay tasarım spektrumu

Şekil 5.1'deki grafik incelendiğinde, Hatay ile Mersin bölgeleri arasında depremsellik açısından yaklaşık 3 kat fark olduğu görülmektedir. Bu spektrumlar çeşitli tasarım aşamalarında kullanılmaktadır. Tasarım aşaması 1 için, kontrollü hasar, yani hasarın yapının belirlenen bölgelerinde meydana gelmesi durumu olduğu söylenebilir ve DD-2 spektrumu kullanılır. Tasarım aşaması 2, DD-4 depremi (konfor depremi) altında yapıda hasardan ziyade, yapının taşıyıcı olmayan kısımlarında ve hastane gibi önemli yapılarda içinde kullanılan hassas cihazlarda meydana gelecek hasarların sınırlandırılması amacıyla yapılan analiz olarak kabul edilir ve DD-4 spektrumu altında analizler gerçekleştirilir. Tasarım aşaması 3, DD-1 depremi altında yapıda tüm elemanların sınırlı hasar, belirgin hasar ve ileri hasar, kiriş elemanlarında kısmi olarak göçmenin önlenmesi hasar durumlarının meydana geldiği tasarım aşamasıdır. Bu aşamada binada göçme meydana gelmemektedir. Bu aşamada ise DD-1 depremi altında analizler gerçekleştirilmektedir.

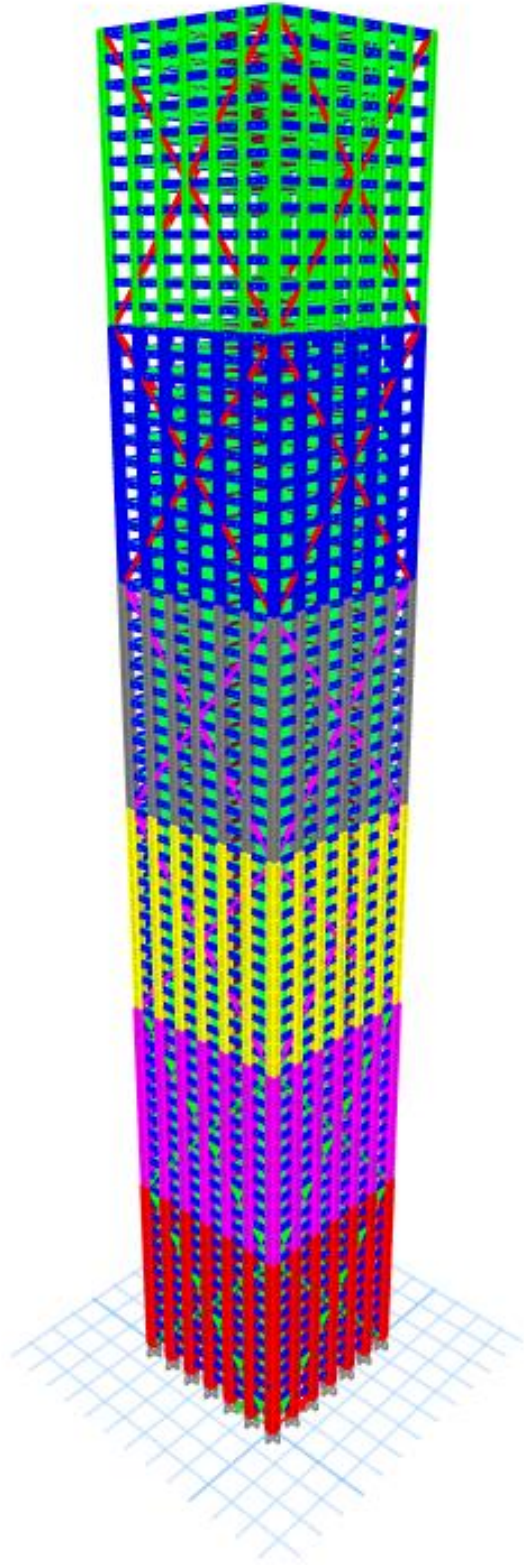
Çaprazlı tübüler sistem ve çerçeve tübüler sistemler arasındaki en büyük fark, kolon aralıkları ve çaprazlardır. Bu tez kapsamında, çaprazlı tübüler sistemlerde kullanılan kolon aralıkları 6 metre, çerçeve tübüler sistemlerde ise yapısı gereği sık kolon örgüsü nedeniyle kolon aralıkları 3 metre olarak belirlenmiştir. Her iki bina modeline ait kat planları Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te, 3 boyutlu görüntüler Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te sunulmuştur.



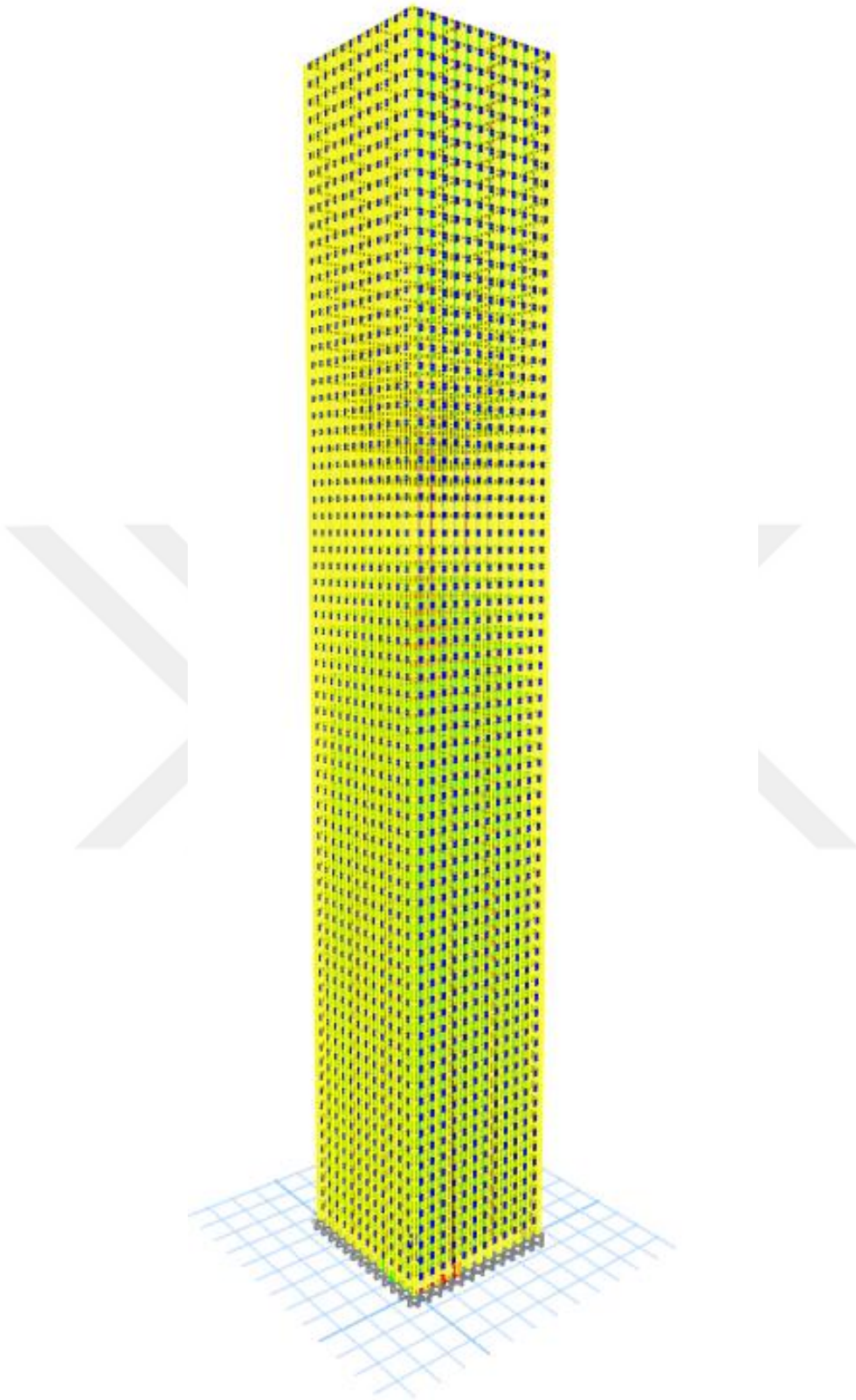
Şekil 5.2. Çaprazlı kafes kompozit tübüler sisteme ait kat planı



Şekil 5.3. Çerçeve kompozit tübüler sisteme ait kat planı

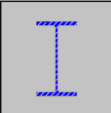
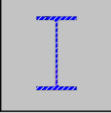
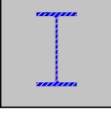
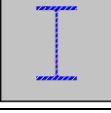
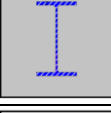
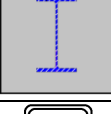


Şekil 5.4. Tezde analizi gerçekleştirilen çaprazlı kafes tübüler sistem bina modelinin 3 boyutlu görünümü



Şekil 5.5. Tezde analizi gerçekleştirilen çerçeve tübüler sistem bina modelinin 3 boyutlu görünümü

Çizelge 5.3. Kat yüksekliklerine göre çaprazlı kafes tübüler ve çerçeve tübüler kompozit bina modellerinde kullanılan kesitler

KESİTLER					
ELEMANLAR	KATLAR	TİP	ÇAPRAZLI KAFES TUBÜLER SİSTEM	ÇERÇEVE TUBÜLER SİSTEM	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	1-12		C200X200-W1000X412	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	12-24		C180X180-W1000X272	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	24-36		C160X160-W920X238	C100X100-W460X106- C120X120-W530X150	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	36-48		C140X140-W840X240	C100X100-W460X106	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	48-60		C120X120-W530X150	C100X100-W460X106	
KOLON(GÖMME TİP KOMPOZİT)	60-72		C100X100-W460X106	C100X100-W460X106	
ÇAPRAZLAR	1-24		SHS 400X400X25	-----	
ÇAPRAZLAR	24-48		SHS 400X400X20	-----	
ÇAPRAZLAR	48-72		SHS 300X300X20	-----	
KİRİŞLER	1-72	I PROFİL	HEB800	HEB800	HEB600

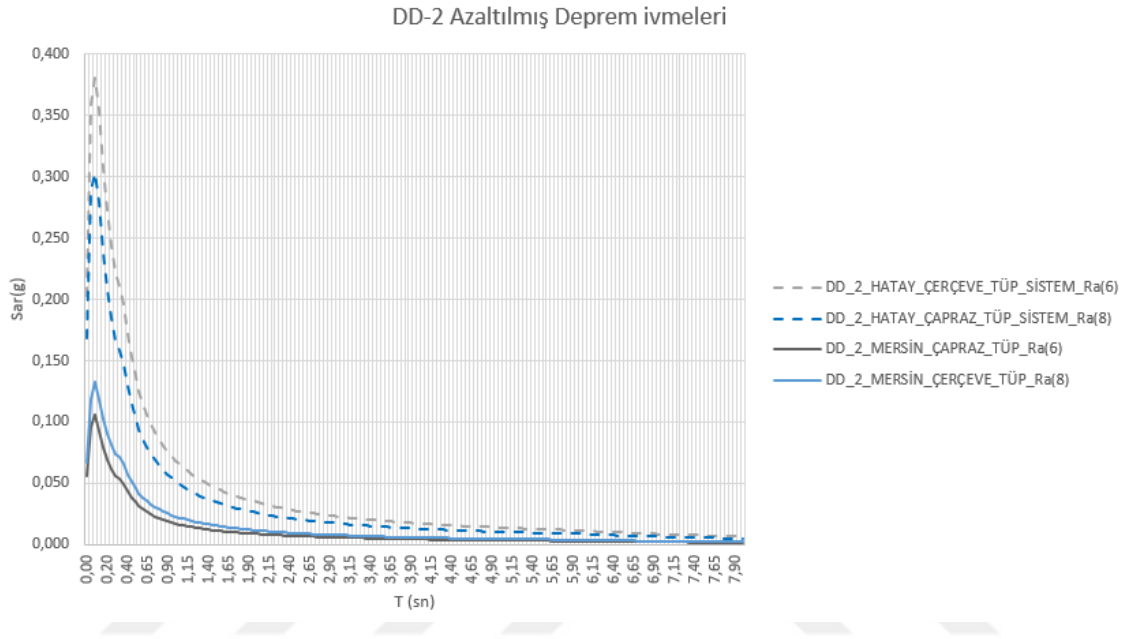
Not: Koyu belirtilen kesitler Hatay bölgesinde ilgili katlarda kesit değişikliği yapıldığını göstermektedir.

Çizelge 5.3'te çaprazlı kafes tübüler ve kompozit tübüler bina modellerinde taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılan kesitler görülmektedir. Ana kiriş, tali kiriş ve çekirdek kolonlar düşey yükler altında tasarlandığı için her iki yapıda da bu kısımlar benzer tutulmuştur. Her iki lokasyonda yapılan analizlerde yeterli olmayan bazı kesitler değiştirilmiştir.

Bu bölümde grafiklerde çaprazlı kafes tübüler sistem, “kafes tüp” olarak, çerçeve tübüler sistem “çerçeve tüp” olarak kısaltılmıştır.

5.1. Tasarım Aşaması 1

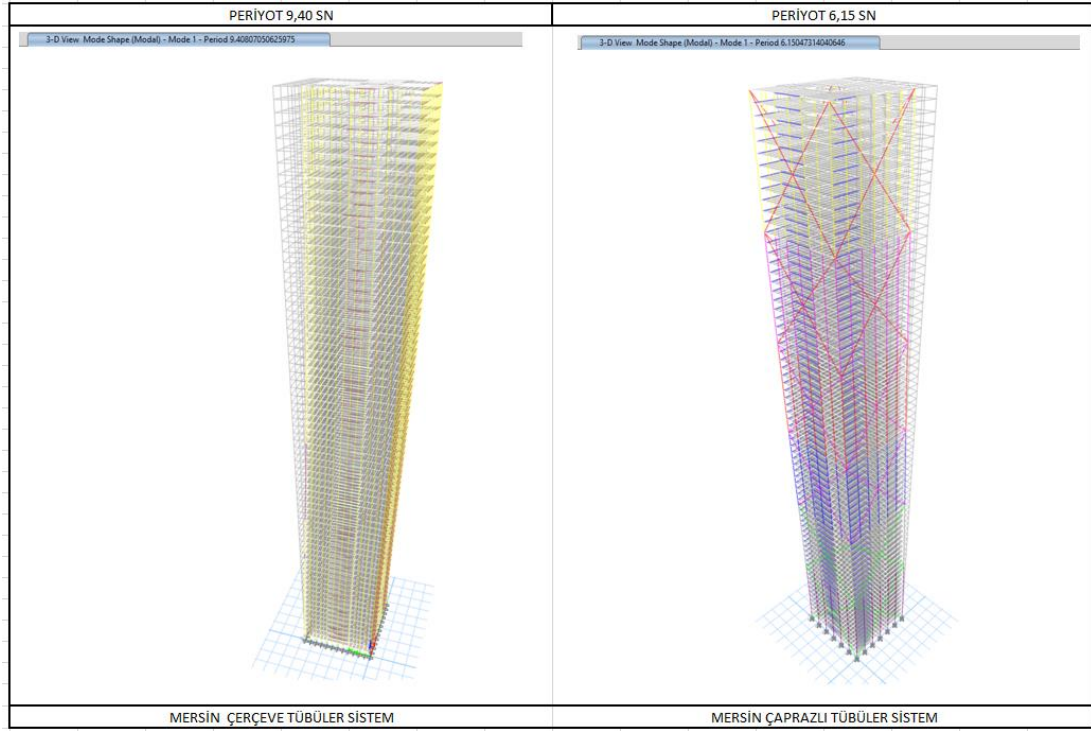
Tasarım aşaması 1 için, kontrollü hasar, yani hasarın yapının belirlenen bölgelerinde meydana gelmesi durumu hedeflenmektedir ve DD-2 spektrumu kullanılmıştır. DD-2 depreminde kullanılan tüm azaltılmış ivme spektrum eğrileri Şekil 5.6’da verilmiştir.



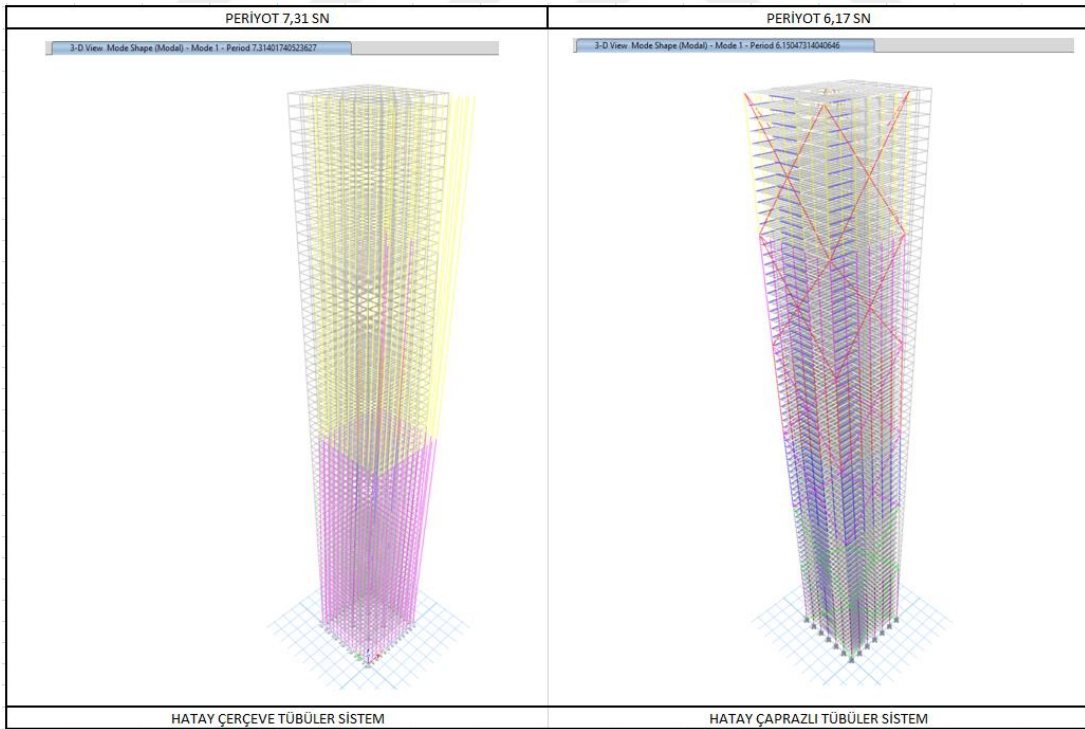
Şekil 5.6. Azaltılmış tasarım spektral ivme – periyot (spektrum) grafikleri

Şekil 5.6’daki grafikte farklı yapı sistemlerinin deprem ivmelerine nasıl tepki verdiği görülmektedir. Şekil 5.6’daki grafik incelendiğinde DD-2 tasarım depremi altında azaltılmış ivmelerinden en büyük değer Hatay’da çerçeve tüp sisteminde oluşacağı görülmektedir. En küçük azaltılmış ivmelerin ise Mersin’de çaprazlı kafes tüp sisteminde oluşacağı görülmektedir.

Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de Mersin’de ve Hatay’da çerçeve tübüler ve çaprazlı kafes tübüler sistemlerdeki modal analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 5.7. Mersin-çerçeve tübüler sistem ve Mersin-çaprazlı kafes tübüler sistemlerden elde edilen modal analiz sonuçları



Şekil 5.8. Hatay-çerçeve tübüler sistem ve Hatay-çaprazlı kafes tübüler sistemlerden elde edilen modal analiz sonuçları

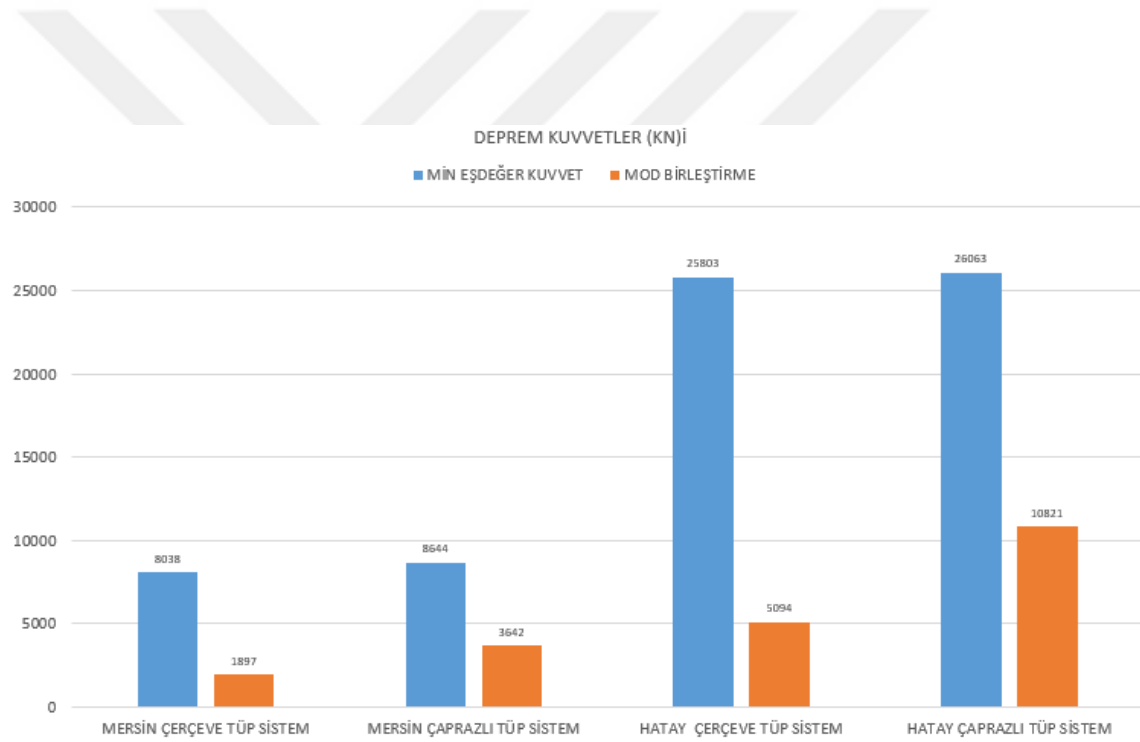
Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de görülen modal analiz sonuçları incelendiğinde, çaprazlı tüp sistemlerin periyot sürelerinin çerçeve tüp sistemlerine göre daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durum, yapı davranışı açısından yapıya üstünlük sağlamakta ve bu da çaprazlı kafes tüp sistemleri, çerçeve tüp sistemlerine göre avantajlı hale getirmektedir.

Şekil 5.9'da incelenen tübül sistemler için minimum eşdeğer kuvvet $V_{t,min}$, mod birleştirme analiz sonuçları ve mod birleştirme deprem büyütme katsayısı β değerleri görülmektedir.

MERSİN ÇERÇEVE TÜBÜL SİSTEM									
TÜM YAPI			ÜST YAPI			RİJİT BODRUM KONTROLÜ			
Periyod	Kütle Kat.		Periyod	Kütle Kat.		Tall,x/Tup,x	1,0	OK	
Tx	9,4		Tx	9,4		Tall,y/Tup,y	1,0	OK	
Ty	9,4		Ty	9,4					
Hn (m)	259,2	Sds	0,4199	Rx	8	Ry	8		
Ct	0,07	Sd1	0,138	Dx	3	Dy	3		
Tpa	4,52	Ta	0,066	I	1				
1.4*Tpa	6,33	Tb	0,329	ah	0,5				
mt (ton)	97570	Ti	8,000						
EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ									
Periyod	Sae,DD-2	Ra	Sar	Vt (kN)	Vt,min (kN)	Vt (kN)			
X Yönü	6,33	0,022	8,00	0,003	2608,09	8038	8038		
Y Yönü	6,33	0,022	8,00	0,003	2608,09	8038	8038		
MOD BİRLEŞTİRME									
Vt (kN)		β							
X Yönü	1879	4,28							
Y Yönü	1879	4,28							
Not : Mod Birleştirmeden elde edilen kuvvetler SRSS ile alınmıştır.									
Sae : Elastik ivme katsayısı									
Ra : Deprem azaltma katsayısı									
Sar : Azaltılmış ivme katsayısı									
Vt : Eşdeğer Deprem Yüğü									
β : Mod birleştirme deprem büyütme katsayısı									
$0,04 \cdot a_h \cdot m_t \cdot S_{ds} \cdot g$									
MERSİN ÇAPRAZLI TÜBÜL SİSTEM									
TÜM YAPI			ÜST YAPI			RİJİT BODRUM KONTROLÜ			
Periyod	Kütle Kat.		Periyod	Kütle Kat.		Tall,x/Tup,x	1,0	OK	
Tx	6,17		Tx	6,17		Tall,y/Tup,y	1,0	OK	
Ty	6,17		Ty	6,17					
Hn (m)	259,2	Sds	0,4199	Rx	6	Ry	6		
Ct	0,07	Sd1	0,138	Dx	2,5	Dy	2,5		
Tpa	4,52	Ta	0,066	I	1				
1.4*Tpa	6,33	Tb	0,329	ah	0,5				
mt (ton)	104927	Ti	6,000						
EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ									
Periyod	Sae,DD-2	Ra	Sar	Vt (kN)	Vt,min (kN)	Vt (kN)			
X Yönü	6,17	0,022	6,00	0,004	3731,34	8644	8644		
Y Yönü	6,17	0,022	6,00	0,004	3731,34	8644	8644		
MOD BİRLEŞTİRME									
Vt (kN)		β							
X Yönü	3642	2,37							
Y Yönü	3642	2,37							
Not : Mod Birleştirmeden elde edilen kuvvetler SRSS ile alınmıştır.									
Sae : Elastik ivme katsayısı									
Ra : Deprem azaltma katsayısı									
Sar : Azaltılmış ivme katsayısı									
Vt : Eşdeğer Deprem Yüğü									
β : Mod birleştirme deprem büyütme katsayısı									
$0,04 \cdot a_h \cdot m_t \cdot S_{ds} \cdot g$									
HATAY ÇERÇEVE TÜBÜL SİSTEM									
TÜM YAPI			ÜST YAPI			RİJİT BODRUM KONTROLÜ			
Periyod	Kütle Kat.		Periyod	Kütle Kat.		Tall,x/Tup,x	1,0	OK	
Tx	7,31		Tx	7,31		Tall,y/Tup,y	1,0	OK	
Ty	7,31		Ty	7,31					
Hn (m)	259,2	Sds	1,266	Rx	8	Ry	8		
Ct	0,07	Sd1	0,4125	Dx	3	Dy	3		
Tpa	4,52	Ta	0,065	I	1				
1.4*Tpa	6,33	Tb	0,326	ah	0,5				
mt (ton)	103880	Ti	8,000						
EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ									
Periyod	Sae,DD-2	Ra	Sar	Vt (kN)	Vt,min (kN)	Vt (kN)			
X Yönü	6,33	0,065	8,00	0,008	8300,09	25803	25803		
Y Yönü	6,33	0,065	8,00	0,008	8300,09	25803	25803		
MOD BİRLEŞTİRME									
Vt (kN)		β							
X Yönü	5094	5,07							
Y Yönü	5094	5,07							
Not : Mod Birleştirmeden elde edilen kuvvetler SRSS ile alınmıştır.									
Sae : Elastik ivme katsayısı									
Ra : Deprem azaltma katsayısı									
Sar : Azaltılmış ivme katsayısı									
Vt : Eşdeğer Deprem Yüğü									
β : Mod birleştirme deprem büyütme katsayısı									
$0,04 \cdot a_h \cdot m_t \cdot S_{ds} \cdot g$									
HATAY ÇAPRAZLI TÜBÜL SİSTEM									
TÜM YAPI			ÜST YAPI			RİJİT BODRUM KONTROLÜ			
Periyod	Kütle Kat.		Periyod	Kütle Kat.		Tall,x/Tup,x	1,0	OK	
Tx	6,17		Tx	6,17		Tall,y/Tup,y	1,0	OK	
Ty	6,17		Ty	6,17					
Hn (m)	259,2	Sds	1,266	Rx	6	Ry	6		
Ct	0,07	Sd1	0,4125	Dx	2,5	Dy	2,5		
Tpa	4,52	Ta	0,065	I	1				
1.4*Tpa	6,33	Tb	0,326	ah	0,5				
mt (ton)	104927	Ti	6,000						
EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ									
Periyod	Sae,DD-2	Ra	Sar	Vt (kN)	Vt,min (kN)	Vt (kN)			
X Yönü	6,17	0,065	6,00	0,011	11153,46	26063	26063		
Y Yönü	6,17	0,065	6,00	0,011	11153,46	26063	26063		
MOD BİRLEŞTİRME									
Vt (kN)		β							
X Yönü	10821	2,41							
Y Yönü	10787	2,42							
Not : Mod Birleştirmeden elde edilen kuvvetler SRSS ile alınmıştır.									
Sae : Elastik ivme katsayısı									
Ra : Deprem azaltma katsayısı									
Sar : Azaltılmış ivme katsayısı									
Vt : Eşdeğer Deprem Yüğü									
β : Mod birleştirme deprem büyütme katsayısı									
$0,04 \cdot a_h \cdot m_t \cdot S_{ds} \cdot g$									

Şekil 5.9. Tübül sistemlerde minimum eşdeğer kuvvet, mod birleştirme analiz sonuçları ve β katsayıları

Şekil 5.10'daki tübüler yapı sistemlerine ait deprem kuvvetleri grafiği incelendiğinde minimum eşdeğer deprem kuvvetlerinin aynı bölge için benzer olduğu görülmektedir. Bu durum, yapının S_{ds} ve kütlelerinin benzer olmasından kaynaklanmaktadır. Öte tarafta yapı sistemlerine ait mod birleştirme analizlerinden elde edilen kuvvetlerin, incelenen tüm tübüler yapı sistemlerinde minimum eşdeğer kuvvetlerin altında kaldığı görülmüştür. Bu durumda mod birleştirme yöntemlerinden elde edilen kuvvetler ilgili büyütme katsayılarıyla minimum eşdeğer deprem kuvvetine getirilir. Bir diğer husus olarak öngörüldüğü üzere en büyük deprem kuvveti Hatay çaprazlı tüp sistemlerine sahip yapıda meydana gelmiştir. Bu durumun, Hatay bölgesinin depremseliğinden yani DTS'nin büyük olmasından kaynaklandığı görülmektedir.



Şekil 5.10. Yapı sistemlerine ait deprem kuvvetleri

5.1.1. Göreli kat öteleme kontrolleri

Yapısal sistemlere ait göreli kat öteleme değerleri Çizelge 5.4, Çizelge 5.5, Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7'de verilmiştir. Bu çizelgelerdeki sonuçlar ise Şekil 5.11'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Hatay çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

HATAY ÇAPRAZ TÜP SİSTEM															
TABLO: Görelî Kat Ötelemeleri															
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
259,2	Story72	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000613	-0,000613	0,004904	-0,004904	0,001515782	-0,001515782	0,008	-0,008	OK
255,6	Story71	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000692	-0,000692	0,005536	-0,005536	0,001711127	-0,001711127	0,008	-0,008	OK
252	Story70	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000767	-0,000767	0,006136	-0,006136	0,001896582	-0,001896582	0,008	-0,008	OK
248,4	Story69	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000852	-0,000852	0,006816	-0,006816	0,002106764	-0,002106764	0,008	-0,008	OK
244,8	Story68	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000908	-0,000908	0,007264	-0,007264	0,002245236	-0,002245236	0,008	-0,008	OK
241,2	Story67	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000966	-0,000966	0,007728	-0,007728	0,002388655	-0,002388655	0,008	-0,008	OK
237,6	Story66	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00101	-0,00101	0,00808	-0,00808	0,002497455	-0,002497455	0,008	-0,008	OK
234	Story65	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001068	-0,001068	0,008544	-0,008544	0,002640873	-0,002640873	0,008	-0,008	OK
230,4	Story64	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001131	-0,001131	0,009048	-0,009048	0,002796655	-0,002796655	0,008	-0,008	OK
226,8	Story63	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001212	-0,001212	0,009696	-0,009696	0,002996945	-0,002996945	0,008	-0,008	OK
223,2	Story62	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001297	-0,001297	0,010376	-0,010376	0,003207127	-0,003207127	0,008	-0,008	OK
219,6	Story61	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001367	-0,001367	0,010936	-0,010936	0,003380218	-0,003380218	0,008	-0,008	OK
216	Story60	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001379	-0,001379	0,011032	-0,011032	0,003409891	-0,003409891	0,008	-0,008	OK
212,4	Story59	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001389	-0,001389	0,011112	-0,011112	0,003434618	-0,003434618	0,008	-0,008	OK
208,8	Story58	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00138	-0,00138	0,01104	-0,01104	0,003412364	-0,003412364	0,008	-0,008	OK
205,2	Story57	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001381	-0,001381	0,011048	-0,011048	0,003414836	-0,003414836	0,008	-0,008	OK
201,6	Story56	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001385	-0,001385	0,01108	-0,01108	0,003424727	-0,003424727	0,008	-0,008	OK
198	Story55	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001399	-0,001399	0,011192	-0,011192	0,003459345	-0,003459345	0,008	-0,008	OK
194,4	Story54	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001419	-0,001419	0,011352	-0,011352	0,0035088	-0,0035088	0,008	-0,008	OK
190,8	Story53	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00145	-0,00145	0,0116	-0,0116	0,003585455	-0,003585455	0,008	-0,008	OK
187,2	Story52	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00149	-0,00149	0,01192	-0,01192	0,003684364	-0,003684364	0,008	-0,008	OK
183,6	Story51	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001536	-0,001536	0,012288	-0,012288	0,003798109	-0,003798109	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.4-devamı. Hatay çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
180	Story50	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001576	-0,001576	0,012608	-0,012608	0,003897018	-0,003897018	0,008	-0,008	OK
176,4	Story49	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001569	-0,001569	0,012552	-0,012552	0,003879709	-0,003879709	0,008	-0,008	OK
172,8	Story48	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001511	-0,001511	0,012088	-0,012088	0,003736291	-0,003736291	0,008	-0,008	OK
169,2	Story47	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001484	-0,001484	0,011872	-0,011872	0,003669527	-0,003669527	0,008	-0,008	OK
165,6	Story46	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001451	-0,001451	0,011608	-0,011608	0,003587927	-0,003587927	0,008	-0,008	OK
162	Story45	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001428	-0,001428	0,011424	-0,011424	0,003531055	-0,003531055	0,008	-0,008	OK
158,4	Story44	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001413	-0,001413	0,011304	-0,011304	0,003493964	-0,003493964	0,008	-0,008	OK
154,8	Story43	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001411	-0,001411	0,011288	-0,011288	0,003489018	-0,003489018	0,008	-0,008	OK
151,2	Story42	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00142	-0,00142	0,01136	-0,01136	0,003511273	-0,003511273	0,008	-0,008	OK
147,6	Story41	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001441	-0,001441	0,011528	-0,011528	0,0035632	-0,0035632	0,008	-0,008	OK
144	Story40	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001474	-0,001474	0,011792	-0,011792	0,0036448	-0,0036448	0,008	-0,008	OK
140,4	Story39	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001516	-0,001516	0,012128	-0,012128	0,003748655	-0,003748655	0,008	-0,008	OK
136,8	Story38	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001562	-0,001562	0,012496	-0,012496	0,0038624	-0,0038624	0,008	-0,008	OK
133,2	Story37	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001596	-0,001596	0,012768	-0,012768	0,003946473	-0,003946473	0,008	-0,008	OK
129,6	Story36	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001613	-0,001613	0,012904	-0,012904	0,003988509	-0,003988509	0,008	-0,008	OK
126	Story35	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001607	-0,001607	0,012856	-0,012856	0,003973673	-0,003973673	0,008	-0,008	OK
122,4	Story34	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001579	-0,001579	0,012632	-0,012632	0,003904436	-0,003904436	0,008	-0,008	OK
118,8	Story33	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001555	-0,001555	0,01244	-0,01244	0,003845091	-0,003845091	0,008	-0,008	OK
115,2	Story32	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001536	-0,001536	0,012288	-0,012288	0,003798109	-0,003798109	0,008	-0,008	OK
111,6	Story31	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001529	-0,001529	0,012232	-0,012232	0,0037808	-0,0037808	0,008	-0,008	OK
108	Story30	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001531	-0,001531	0,012248	-0,012248	0,003785745	-0,003785745	0,008	-0,008	OK
104,4	Story29	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001543	-0,001543	0,012344	-0,012344	0,003815418	-0,003815418	0,008	-0,008	OK
100,8	Story28	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001563	-0,001563	0,012504	-0,012504	0,003864873	-0,003864873	0,008	-0,008	OK
97,2	Story27	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001586	-0,001586	0,012688	-0,012688	0,003921745	-0,003921745	0,008	-0,008	OK
93,6	Story26	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001609	-0,001609	0,012872	-0,012872	0,003978618	-0,003978618	0,008	-0,008	OK
90	Story25	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001607	-0,001607	0,012856	-0,012856	0,003973673	-0,003973673	0,008	-0,008	OK
86,4	Story24	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001578	-0,001578	0,012624	-0,012624	0,003901964	-0,003901964	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.4-devamı. Hatay çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
82,8	Story23	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001548	-0,001548	0,012384	-0,012384	0,003827782	-0,003827782	0,008	-0,008	OK
79,2	Story22	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001508	-0,001508	0,012064	-0,012064	0,003728873	-0,003728873	0,008	-0,008	OK
75,6	Story21	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001475	-0,001475	0,0118	-0,0118	0,003647273	-0,003647273	0,008	-0,008	OK
72	Story20	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001451	-0,001451	0,011608	-0,011608	0,003587927	-0,003587927	0,008	-0,008	OK
68,4	Story19	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001438	-0,001438	0,011504	-0,011504	0,003555782	-0,003555782	0,008	-0,008	OK
64,8	Story18	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001434	-0,001434	0,011472	-0,011472	0,003545891	-0,003545891	0,008	-0,008	OK
61,2	Story17	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001441	-0,001441	0,011528	-0,011528	0,0035632	-0,0035632	0,008	-0,008	OK
57,6	Story16	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001456	-0,001456	0,011648	-0,011648	0,003600291	-0,003600291	0,008	-0,008	OK
54	Story15	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001478	-0,001478	0,011824	-0,011824	0,003654691	-0,003654691	0,008	-0,008	OK
50,4	Story14	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001502	-0,001502	0,012016	-0,012016	0,003714036	-0,003714036	0,008	-0,008	OK
46,8	Story13	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001514	-0,001514	0,012112	-0,012112	0,003743709	-0,003743709	0,008	-0,008	OK
43,2	Story12	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00151	-0,00151	0,01208	-0,01208	0,003733818	-0,003733818	0,008	-0,008	OK
39,6	Story11	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001494	-0,001494	0,011952	-0,011952	0,003694255	-0,003694255	0,008	-0,008	OK
36	Story10	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001464	-0,001464	0,011712	-0,011712	0,003620073	-0,003620073	0,008	-0,008	OK
32,4	Story9	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00143	-0,00143	0,01144	-0,01144	0,003536	-0,003536	0,008	-0,008	OK
28,8	Story8	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001391	-0,001391	0,011128	-0,011128	0,003439564	-0,003439564	0,008	-0,008	OK
25,2	Story7	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001343	-0,001343	0,010744	-0,010744	0,003320873	-0,003320873	0,008	-0,008	OK
21,6	Story6	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001281	-0,001281	0,010248	-0,010248	0,003167564	-0,003167564	0,008	-0,008	OK
18	Story5	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001193	-0,001193	0,009544	-0,009544	0,002949964	-0,002949964	0,008	-0,008	OK
14,4	Story4	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001067	-0,001067	0,008536	-0,008536	0,0026384	-0,0026384	0,008	-0,008	OK
10,8	Story3	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000881	-0,000881	0,007048	-0,007048	0,002178473	-0,002178473	0,008	-0,008	OK
7,2	Story2	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000621	-0,000621	0,004968	-0,004968	0,001535564	-0,001535564	0,008	-0,008	OK
3,6	Story1	EQX	LinStatic	Step By Step	1	X	2,44E-04	-0,000244	0,001952	-0,001952	0,000603345	-0,000603345	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.5. Mersin çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

MERSİN ÇAPRAZ TÜP SİSTEMİ															
TABLO: Görelî Kat Ötelemeleri															
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/l	GKO,min*R/l	λ *GKO,max*R/l	λ *GKO,min*R/l	Sınır	Sınır	Kontrol
259,2	CK	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000448	-0,000448	0,002688	-0,002688	0,001080576	-0,001080576	0,008	-0,008	OK
255,6	N20	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000464	-0,000464	0,002784	-0,002784	0,001119168	-0,001119168	0,008	-0,008	OK
252	N19	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000459	-0,000459	0,002754	-0,002754	0,001107108	-0,001107108	0,008	-0,008	OK
248,4	N18	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000454	-0,000454	0,002724	-0,002724	0,001095048	-0,001095048	0,008	-0,008	OK
244,8	N17	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000447	-0,000447	0,002682	-0,002682	0,001078164	-0,001078164	0,008	-0,008	OK
241,2	N16	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000447	-0,000447	0,002682	-0,002682	0,001078164	-0,001078164	0,008	-0,008	OK
237,6	N15	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00045	-0,00045	0,0027	-0,0027	0,0010854	-0,0010854	0,008	-0,008	OK
234	N14	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000458	-0,000458	0,002748	-0,002748	0,001104696	-0,001104696	0,008	-0,008	OK
230,4	N13	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000471	-0,000471	0,002826	-0,002826	0,001136052	-0,001136052	0,008	-0,008	OK
226,8	N12	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000489	-0,000489	0,002934	-0,002934	0,001179468	-0,001179468	0,008	-0,008	OK
223,2	N11	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000509	-0,000509	0,003054	-0,003054	0,001227708	-0,001227708	0,008	-0,008	OK
219,6	N10	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000523	-0,000523	0,003138	-0,003138	0,001261476	-0,001261476	0,008	-0,008	OK
216	N9	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000519	-0,000519	0,003114	-0,003114	0,001251828	-0,001251828	0,008	-0,008	OK
212,4	N8	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000515	-0,000515	0,00309	-0,00309	0,00124218	-0,00124218	0,008	-0,008	OK
208,8	N7	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000503	-0,000503	0,003018	-0,003018	0,001213236	-0,001213236	0,008	-0,008	OK
205,2	N6	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000493	-0,000493	0,002958	-0,002958	0,001189116	-0,001189116	0,008	-0,008	OK
201,6	N5	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000485	-0,000485	0,00291	-0,00291	0,00116982	-0,00116982	0,008	-0,008	OK
198	N4	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000482	-0,000482	0,002892	-0,002892	0,001162584	-0,001162584	0,008	-0,008	OK
194,4	N3	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000482	-0,000482	0,002892	-0,002892	0,001162584	-0,001162584	0,008	-0,008	OK
190,8	N2	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000487	-0,000487	0,002922	-0,002922	0,001174644	-0,001174644	0,008	-0,008	OK
187,2	N1	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000496	-0,000496	0,002976	-0,002976	0,001196352	-0,001196352	0,008	-0,008	OK
183,6	Z	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000506	-0,000506	0,003036	-0,003036	0,001220472	-0,001220472	0,008	-0,008	OK
180	B1	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000515	-0,000515	0,00309	-0,00309	0,00124218	-0,00124218	0,008	-0,008	OK
176,4	B2	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000509	-0,000509	0,003054	-0,003054	0,001227708	-0,001227708	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.5-devamı. Mersin çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
172,8	B3	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	4,89E-04	-0,000489	0,002934	-0,002934	0,001179468	-0,001179468	0,008	-0,008	OK
169,2	B4	EQY	LinStatic	Step By Step	2	X	4,78E-04	-0,000478	0,002868	-0,002868	0,001152936	-0,001152936	0,008	-0,008	OK
165,6	B5	EQY	LinStatic	Step By Step	3	X	4,65E-04	-0,000465	0,00279	-0,00279	0,00112158	-0,00112158	0,008	-0,008	OK
162	B6	EQY	LinStatic	Step By Step	4	X	4,53E-04	-0,000453	0,002718	-0,002718	0,001092636	-0,001092636	0,008	-0,008	OK
158,4	B7	EQY	LinStatic	Step By Step	5	X	4,44E-04	-0,000444	0,002664	-0,002664	0,001070928	-0,001070928	0,008	-0,008	OK
154,8	B8	EQY	LinStatic	Step By Step	6	X	4,39E-04	-0,000439	0,002634	-0,002634	0,001058868	-0,001058868	0,008	-0,008	OK
151,2	B9	EQY	LinStatic	Step By Step	7	X	4,37E-04	-0,000437	0,002622	-0,002622	0,001054044	-0,001054044	0,008	-0,008	OK
147,6	B10	EQY	LinStatic	Step By Step	8	X	4,40E-04	-0,00044	0,00264	-0,00264	0,00106128	-0,00106128	0,008	-0,008	OK
144	B11	EQY	LinStatic	Step By Step	9	X	4,47E-04	-0,000447	0,002682	-0,002682	0,001078164	-0,001078164	0,008	-0,008	OK
140,4	B12	EQY	LinStatic	Step By Step	10	X	4,55E-04	-0,000455	0,00273	-0,00273	0,00109746	-0,00109746	0,008	-0,008	OK
136,8	B13	EQY	LinStatic	Step By Step	11	X	4,65E-04	-0,000465	0,00279	-0,00279	0,00112158	-0,00112158	0,008	-0,008	OK
133,2	B14	EQY	LinStatic	Step By Step	12	X	4,72E-04	-0,000472	0,002832	-0,002832	0,001138464	-0,001138464	0,008	-0,008	OK
129,6	B15	EQY	LinStatic	Step By Step	13	X	4,74E-04	-0,000474	0,002844	-0,002844	0,001143288	-0,001143288	0,008	-0,008	OK
126	B16	EQY	LinStatic	Step By Step	14	X	4,69E-04	-0,000469	0,002814	-0,002814	0,001131228	-0,001131228	0,008	-0,008	OK
122,4	B17	EQY	LinStatic	Step By Step	15	X	4,58E-04	-0,000458	0,002748	-0,002748	0,001104696	-0,001104696	0,008	-0,008	OK
118,8	B18	EQY	LinStatic	Step By Step	16	X	4,48E-04	-0,000448	0,002688	-0,002688	0,001080576	-0,001080576	0,008	-0,008	OK
115,2	B19	EQY	LinStatic	Step By Step	17	X	4,38E-04	-0,000438	0,002628	-0,002628	0,001056456	-0,001056456	0,008	-0,008	OK
111,6	B20	EQY	LinStatic	Step By Step	18	X	4,31E-04	-0,000431	0,002586	-0,002586	0,001039572	-0,001039572	0,008	-0,008	OK
108	B21	EQY	LinStatic	Step By Step	19	X	4,27E-04	-0,000427	0,002562	-0,002562	0,001029924	-0,001029924	0,008	-0,008	OK
104,4	B22	EQY	LinStatic	Step By Step	20	X	4,26E-04	-0,000426	0,002556	-0,002556	0,001027512	-0,001027512	0,008	-0,008	OK
100,8	B23	EQY	LinStatic	Step By Step	21	X	4,28E-04	-0,000428	0,002568	-0,002568	0,001032336	-0,001032336	0,008	-0,008	OK
97,2	B24	EQY	LinStatic	Step By Step	22	X	4,30E-04	-0,00043	0,00258	-0,00258	0,00103716	-0,00103716	0,008	-0,008	OK
93,6	B25	EQY	LinStatic	Step By Step	23	X	4,33E-04	-0,000433	0,002598	-0,002598	0,001044396	-0,001044396	0,008	-0,008	OK
90	B26	EQY	LinStatic	Step By Step	24	X	4,29E-04	-0,000429	0,002574	-0,002574	0,001034748	-0,001034748	0,008	-0,008	OK
86,4	B27	EQY	LinStatic	Step By Step	25	X	4,20E-04	-0,00042	0,00252	-0,00252	0,00101304	-0,00101304	0,008	-0,008	OK
82,8	B28	EQY	LinStatic	Step By Step	26	X	4,09E-04	-0,000409	0,002454	-0,002454	0,000986508	-0,000986508	0,008	-0,008	OK
79,2	B29	EQY	LinStatic	Step By Step	27	X	3,95E-04	-0,000395	0,00237	-0,00237	0,00095274	-0,00095274	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.5-devamı. Mersin çaprazlı tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
75,6	B30	EQY	LinStatic	Step By Step	28	X	3,83E-04	-0,000383	0,002298	-0,002298	0,000923796	-0,000923796	0,008	-0,008	OK
72	B31	EQY	LinStatic	Step By Step	29	X	3,72E-04	-0,000372	0,002232	-0,002232	0,000897264	-0,000897264	0,008	-0,008	OK
68,4	B32	EQY	LinStatic	Step By Step	30	X	3,64E-04	-0,000364	0,002184	-0,002184	0,000877968	-0,000877968	0,008	-0,008	OK
64,8	B33	EQY	LinStatic	Step By Step	31	X	3,58E-04	-0,000358	0,002148	-0,002148	0,000863496	-0,000863496	0,008	-0,008	OK
61,2	B34	EQY	LinStatic	Step By Step	32	X	3,54E-04	-0,000354	0,002124	-0,002124	0,000853848	-0,000853848	0,008	-0,008	OK
57,6	B35	EQY	LinStatic	Step By Step	33	X	3,53E-04	-0,000353	0,002118	-0,002118	0,000851436	-0,000851436	0,008	-0,008	OK
54	B36	EQY	LinStatic	Step By Step	34	X	3,52E-04	-0,000352	0,002112	-0,002112	0,000849024	-0,000849024	0,008	-0,008	OK
50,4	B37	EQY	LinStatic	Step By Step	35	X	3,53E-04	-0,000353	0,002118	-0,002118	0,000851436	-0,000851436	0,008	-0,008	OK
46,8	B38	EQY	LinStatic	Step By Step	36	X	3,51E-04	-0,000351	0,002106	-0,002106	0,000846612	-0,000846612	0,008	-0,008	OK
43,2	B39	EQY	LinStatic	Step By Step	37	X	3,47E-04	-0,000347	0,002082	-0,002082	0,000836964	-0,000836964	0,008	-0,008	OK
39,6	B40	EQY	LinStatic	Step By Step	38	X	3,41E-04	-0,000341	0,002046	-0,002046	0,000822492	-0,000822492	0,008	-0,008	OK
36	B41	EQY	LinStatic	Step By Step	39	X	3,30E-04	-0,00033	0,00198	-0,00198	0,00079596	-0,00079596	0,008	-0,008	OK
32,4	B42	EQY	LinStatic	Step By Step	40	X	3,18E-04	-0,000318	0,001908	-0,001908	0,000767016	-0,000767016	0,008	-0,008	OK
28,8	B43	EQY	LinStatic	Step By Step	41	X	3,04E-04	-0,000304	0,001824	-0,001824	0,000733248	-0,000733248	0,008	-0,008	OK
25,2	B44	EQY	LinStatic	Step By Step	42	X	2,88E-04	-0,000288	0,001728	-0,001728	0,000694656	-0,000694656	0,008	-0,008	OK
21,6	B45	EQY	LinStatic	Step By Step	43	X	2,69E-04	-0,000269	0,001614	-0,001614	0,000648828	-0,000648828	0,008	-0,008	OK
18	B46	EQY	LinStatic	Step By Step	44	X	2,45E-04	-0,000245	0,00147	-0,00147	0,00059094	-0,00059094	0,008	-0,008	OK
14,4	B47	EQY	LinStatic	Step By Step	45	X	2,15E-04	-0,000215	0,00129	-0,00129	0,00051858	-0,00051858	0,008	-0,008	OK
10,8	B48	EQY	LinStatic	Step By Step	46	X	1,74E-04	-0,000174	0,001044	-0,001044	0,000419688	-0,000419688	0,008	-0,008	OK
7,2	B49	EQY	LinStatic	Step By Step	47	X	1,20E-04	-0,00012	0,00072	-0,00072	0,00028944	-0,00028944	0,008	-0,008	OK
3,6	B50	EQY	LinStatic	Step By Step	48	X	4,60E-05	-0,000046	0,000276	-0,000276	0,000110952	-0,000110952	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.6. Hatay çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

HATAY ÇERÇEVE TÜP SİSTEM															
TABLO: Görelî Kat Ötelemeleri															
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
259,2	Story72	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00093	-0,00093	0,00744	-0,00744	0,002299636	-0,002299636	0,008	-0,008	OK
255,6	Story71	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001021	-0,00102	0,008168	-0,008168	0,002524655	-0,002524655	0,008	-0,008	OK
252	Story70	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001137	-0,00114	0,009096	-0,009096	0,002811491	-0,002811491	0,008	-0,008	OK
248,4	Story69	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001258	-0,00126	0,010064	-0,010064	0,003110691	-0,003110691	0,008	-0,008	OK
244,8	Story68	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001373	-0,00137	0,010984	-0,010984	0,003395055	-0,003395055	0,008	-0,008	OK
241,2	Story67	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001477	-0,00148	0,011816	-0,011816	0,003652218	-0,003652218	0,008	-0,008	OK
237,6	Story66	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001568	-0,00157	0,012544	-0,012544	0,003877236	-0,003877236	0,008	-0,008	OK
234	Story65	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001647	-0,00165	0,013176	-0,013176	0,004072582	-0,004072582	0,008	-0,008	OK
230,4	Story64	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001717	-0,00172	0,013736	-0,013736	0,004245673	-0,004245673	0,008	-0,008	OK
226,8	Story63	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00178	-0,00178	0,01424	-0,01424	0,004401455	-0,004401455	0,008	-0,008	OK
223,2	Story62	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001839	-0,00184	0,014712	-0,014712	0,004547345	-0,004547345	0,008	-0,008	OK
219,6	Story61	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001897	-0,0019	0,015176	-0,015176	0,004690764	-0,004690764	0,008	-0,008	OK
216	Story60	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001951	-0,00195	0,015608	-0,015608	0,004824291	-0,004824291	0,008	-0,008	OK
212,4	Story59	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002002	-0,002	0,016016	-0,016016	0,0049504	-0,0049504	0,008	-0,008	OK
208,8	Story58	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002049	-0,00205	0,016392	-0,016392	0,005066618	-0,005066618	0,008	-0,008	OK
205,2	Story57	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002092	-0,00209	0,016736	-0,016736	0,005172945	-0,005172945	0,008	-0,008	OK
201,6	Story56	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002131	-0,00213	0,017048	-0,017048	0,005269382	-0,005269382	0,008	-0,008	OK
198	Story55	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002166	-0,00217	0,017328	-0,017328	0,005355927	-0,005355927	0,008	-0,008	OK
194,4	Story54	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002197	-0,0022	0,017576	-0,017576	0,005432582	-0,005432582	0,008	-0,008	OK
190,8	Story53	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002226	-0,00223	0,017808	-0,017808	0,005504291	-0,005504291	0,008	-0,008	OK
187,2	Story52	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002254	-0,00225	0,018032	-0,018032	0,005573527	-0,005573527	0,008	-0,008	OK
183,6	Story51	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002281	-0,00228	0,018248	-0,018248	0,005640291	-0,005640291	0,008	-0,008	OK
180	Story50	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002308	-0,00231	0,018464	-0,018464	0,005707055	-0,005707055	0,008	-0,008	OK
176,4	Story49	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,002334	-0,00233	0,018672	-0,018672	0,005771345	-0,005771345	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.6-devamı. Hatay çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
172,8	Story48	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	2,36E-03	-0,00236	0,018864	-0,018864	0,005830691	-0,005830691	0,008	-0,008	OK
169,2	Story47	EQY	LinStatic	Step By Step	2	X	2,38E-03	-0,00238	0,019016	-0,019016	0,005877673	-0,005877673	0,008	-0,008	OK
165,6	Story46	EQY	LinStatic	Step By Step	3	X	2,39E-03	-0,00239	0,019152	-0,019152	0,005919709	-0,005919709	0,008	-0,008	OK
162	Story45	EQY	LinStatic	Step By Step	4	X	2,41E-03	-0,00241	0,01928	-0,01928	0,005959273	-0,005959273	0,008	-0,008	OK
158,4	Story44	EQY	LinStatic	Step By Step	5	X	2,42E-03	-0,00242	0,019392	-0,019392	0,005993891	-0,005993891	0,008	-0,008	OK
154,8	Story43	EQY	LinStatic	Step By Step	6	X	2,44E-03	-0,00244	0,019496	-0,019496	0,006026036	-0,006026036	0,008	-0,008	OK
151,2	Story42	EQY	LinStatic	Step By Step	7	X	2,45E-03	-0,00245	0,019592	-0,019592	0,006055709	-0,006055709	0,008	-0,008	OK
147,6	Story41	EQY	LinStatic	Step By Step	8	X	2,46E-03	-0,00246	0,019696	-0,019696	0,006087855	-0,006087855	0,008	-0,008	OK
144	Story40	EQY	LinStatic	Step By Step	9	X	2,47E-03	-0,00247	0,019784	-0,019784	0,006115055	-0,006115055	0,008	-0,008	OK
140,4	Story39	EQY	LinStatic	Step By Step	10	X	2,48E-03	-0,00248	0,019848	-0,019848	0,006134836	-0,006134836	0,008	-0,008	OK
136,8	Story38	EQY	LinStatic	Step By Step	11	X	2,48E-03	-0,00248	0,019872	-0,019872	0,006142255	-0,006142255	0,008	-0,008	OK
133,2	Story37	EQY	LinStatic	Step By Step	12	X	2,48E-03	-0,00248	0,019824	-0,019824	0,006127418	-0,006127418	0,008	-0,008	OK
129,6	Story36	EQY	LinStatic	Step By Step	13	X	2,42E-03	-0,00242	0,019352	-0,019352	0,005981527	-0,005981527	0,008	-0,008	OK
126	Story35	EQY	LinStatic	Step By Step	14	X	2,42E-03	-0,00242	0,019328	-0,019328	0,005974109	-0,005974109	0,008	-0,008	OK
122,4	Story34	EQY	LinStatic	Step By Step	15	X	2,42E-03	-0,00242	0,019344	-0,019344	0,005979055	-0,005979055	0,008	-0,008	OK
118,8	Story33	EQY	LinStatic	Step By Step	16	X	2,43E-03	-0,00243	0,0194	-0,0194	0,005996364	-0,005996364	0,008	-0,008	OK
115,2	Story32	EQY	LinStatic	Step By Step	17	X	2,43E-03	-0,00243	0,019472	-0,019472	0,006018618	-0,006018618	0,008	-0,008	OK
111,6	Story31	EQY	LinStatic	Step By Step	18	X	2,45E-03	-0,00245	0,01956	-0,01956	0,006045818	-0,006045818	0,008	-0,008	OK
108	Story30	EQY	LinStatic	Step By Step	19	X	2,46E-03	-0,00246	0,019672	-0,019672	0,006080436	-0,006080436	0,008	-0,008	OK
104,4	Story29	EQY	LinStatic	Step By Step	20	X	2,47E-03	-0,00247	0,019784	-0,019784	0,006115055	-0,006115055	0,008	-0,008	OK
100,8	Story28	EQY	LinStatic	Step By Step	21	X	2,49E-03	-0,00249	0,019888	-0,019888	0,0061472	-0,0061472	0,008	-0,008	OK
97,2	Story27	EQY	LinStatic	Step By Step	22	X	2,50E-03	-0,0025	0,019992	-0,019992	0,006179345	-0,006179345	0,008	-0,008	OK
93,6	Story26	EQY	LinStatic	Step By Step	23	X	2,51E-03	-0,00251	0,02008	-0,02008	0,006206545	-0,006206545	0,008	-0,008	OK
90	Story25	EQY	LinStatic	Step By Step	24	X	2,52E-03	-0,00252	0,02016	-0,02016	0,006231273	-0,006231273	0,008	-0,008	OK
86,4	Story24	EQY	LinStatic	Step By Step	25	X	2,53E-03	-0,00253	0,020232	-0,020232	0,006253527	-0,006253527	0,008	-0,008	OK
82,8	Story23	EQY	LinStatic	Step By Step	26	X	2,54E-03	-0,00254	0,020304	-0,020304	0,006275782	-0,006275782	0,008	-0,008	OK
79,2	Story22	EQY	LinStatic	Step By Step	27	X	2,55E-03	-0,00255	0,020384	-0,020384	0,006300509	-0,006300509	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.6-devamı. Hatay çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
75,6	Story21	EQY	LinStatic	Step By Step	28	X	2,56E-03	-0,00256	0,02048	-0,02048	0,006330182	-0,006330182	0,008	-0,008	OK
72	Story20	EQY	LinStatic	Step By Step	29	X	2,57E-03	-0,00257	0,020592	-0,020592	0,0063648	-0,0063648	0,008	-0,008	OK
68,4	Story19	EQY	LinStatic	Step By Step	30	X	2,59E-03	-0,00259	0,020696	-0,020696	0,006396945	-0,006396945	0,008	-0,008	OK
64,8	Story18	EQY	LinStatic	Step By Step	31	X	2,60E-03	-0,0026	0,020792	-0,020792	0,006426618	-0,006426618	0,008	-0,008	OK
61,2	Story17	EQY	LinStatic	Step By Step	32	X	2,61E-03	-0,00261	0,020864	-0,020864	0,006448873	-0,006448873	0,008	-0,008	OK
57,6	Story16	EQY	LinStatic	Step By Step	33	X	2,61E-03	-0,00261	0,020888	-0,020888	0,006456291	-0,006456291	0,008	-0,008	OK
54	Story15	EQY	LinStatic	Step By Step	34	X	2,61E-03	-0,00261	0,020848	-0,020848	0,006443927	-0,006443927	0,008	-0,008	OK
50,4	Story14	EQY	LinStatic	Step By Step	35	X	2,59E-03	-0,00259	0,020752	-0,020752	0,006414255	-0,006414255	0,008	-0,008	OK
46,8	Story13	EQY	LinStatic	Step By Step	36	X	2,57E-03	-0,00257	0,020584	-0,020584	0,006362327	-0,006362327	0,008	-0,008	OK
43,2	Story12	EQY	LinStatic	Step By Step	37	X	2,55E-03	-0,00255	0,020416	-0,020416	0,0063104	-0,0063104	0,008	-0,008	OK
39,6	Story11	EQY	LinStatic	Step By Step	38	X	2,54E-03	-0,00254	0,02028	-0,02028	0,006268364	-0,006268364	0,008	-0,008	OK
36	Story10	EQY	LinStatic	Step By Step	39	X	2,51E-03	-0,00251	0,020072	-0,020072	0,006204073	-0,006204073	0,008	-0,008	OK
32,4	Story9	EQY	LinStatic	Step By Step	40	X	2,47E-03	-0,00247	0,019768	-0,019768	0,006110109	-0,006110109	0,008	-0,008	OK
28,8	Story8	EQY	LinStatic	Step By Step	41	X	2,41E-03	-0,00241	0,019304	-0,019304	0,005966691	-0,005966691	0,008	-0,008	OK
25,2	Story7	EQY	LinStatic	Step By Step	42	X	2,33E-03	-0,00233	0,018632	-0,018632	0,005758982	-0,005758982	0,008	-0,008	OK
21,6	Story6	EQY	LinStatic	Step By Step	43	X	2,21E-03	-0,00221	0,017664	-0,017664	0,005459782	-0,005459782	0,008	-0,008	OK
18	Story5	EQY	LinStatic	Step By Step	44	X	2,04E-03	-0,00204	0,016288	-0,016288	0,005034473	-0,005034473	0,008	-0,008	OK
14,4	Story4	EQY	LinStatic	Step By Step	45	X	1,80E-03	-0,0018	0,014368	-0,014368	0,004441018	-0,004441018	0,008	-0,008	OK
10,8	Story3	EQY	LinStatic	Step By Step	46	X	1,47E-03	-0,00147	0,01172	-0,01172	0,003622545	-0,003622545	0,008	-0,008	OK
7,2	Story2	EQY	LinStatic	Step By Step	47	X	1,01E-03	-0,00101	0,008112	-0,008112	0,002507345	-0,002507345	0,008	-0,008	OK
3,6	Story1	EQY	LinStatic	Step By Step	48	X	4,02E-04	-0,0004	0,003216	-0,003216	0,000994036	-0,000994036	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.7. Mersin çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

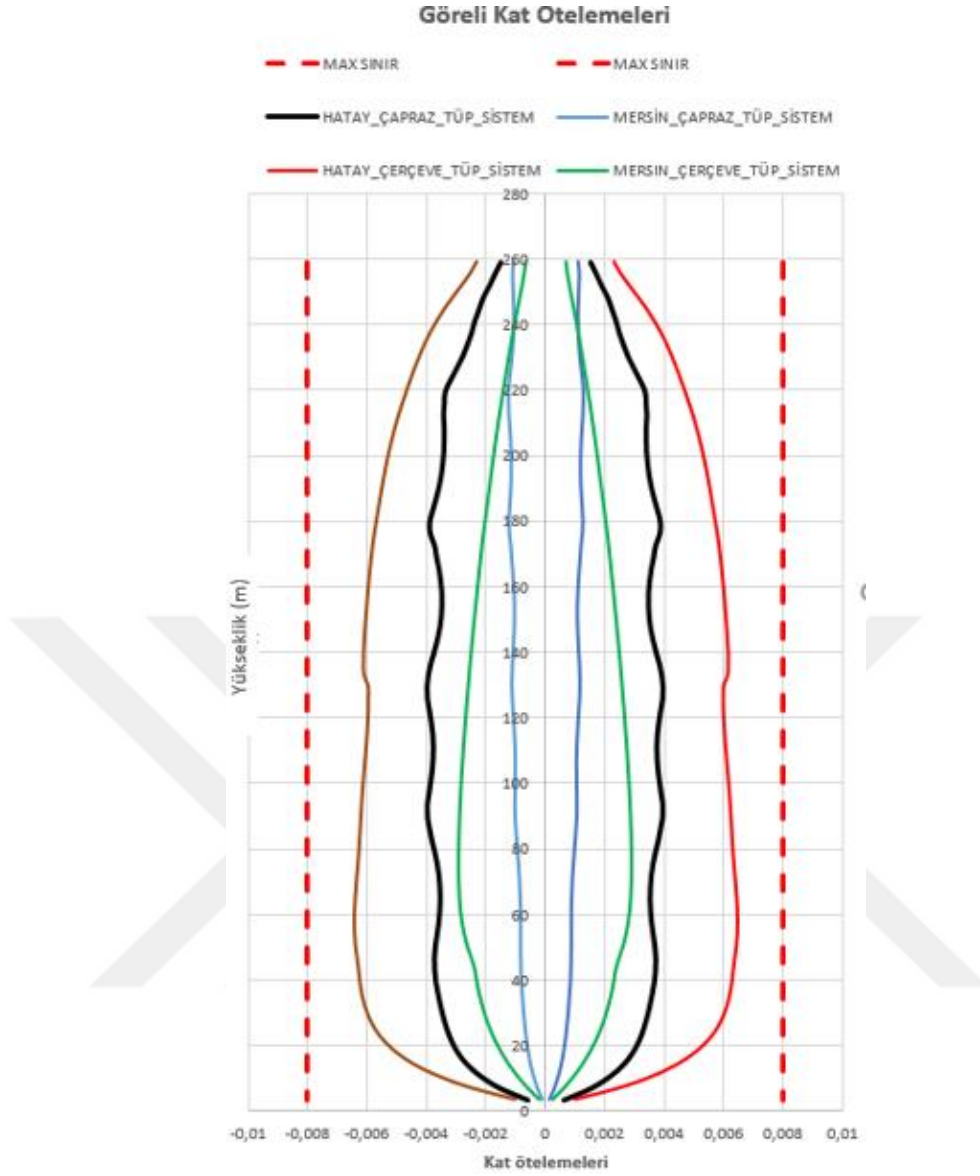
TABLO: Görelî Kat Ötelemeleri															
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
259,2	Story72	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000309	-0,00031	0,002472	-0,00247	0,000993744	-0,00099	0,008	-0,008	OK
255,6	Story71	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00034	-0,00034	0,00272	-0,00272	0,00109344	-0,00109	0,008	-0,008	OK
252	Story70	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000382	-0,00038	0,003056	-0,00306	0,001228512	-0,00123	0,008	-0,008	OK
248,4	Story69	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000425	-0,00043	0,0034	-0,0034	0,0013668	-0,00137	0,008	-0,008	OK
244,8	Story68	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000467	-0,00047	0,003736	-0,00374	0,001501872	-0,0015	0,008	-0,008	OK
241,2	Story67	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000504	-0,0005	0,004032	-0,00403	0,001620864	-0,00162	0,008	-0,008	OK
237,6	Story66	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000537	-0,00054	0,004296	-0,0043	0,001726992	-0,00173	0,008	-0,008	OK
234	Story65	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000565	-0,00057	0,00452	-0,00452	0,00181704	-0,00182	0,008	-0,008	OK
230,4	Story64	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00059	-0,00059	0,00472	-0,00472	0,00189744	-0,0019	0,008	-0,008	OK
226,8	Story63	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000613	-0,00061	0,004904	-0,0049	0,001971408	-0,00197	0,008	-0,008	OK
223,2	Story62	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000634	-0,00063	0,005072	-0,00507	0,002038944	-0,00204	0,008	-0,008	OK
219,6	Story61	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000655	-0,00066	0,00524	-0,00524	0,00210648	-0,00211	0,008	-0,008	OK
216	Story60	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000676	-0,00068	0,005408	-0,00541	0,002174016	-0,00217	0,008	-0,008	OK
212,4	Story59	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000695	-0,0007	0,00556	-0,00556	0,00223512	-0,00224	0,008	-0,008	OK
208,8	Story58	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000713	-0,00071	0,005704	-0,0057	0,002293008	-0,00229	0,008	-0,008	OK
205,2	Story57	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00073	-0,00073	0,00584	-0,00584	0,00234768	-0,00235	0,008	-0,008	OK
201,6	Story56	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000745	-0,00075	0,00596	-0,00596	0,00239592	-0,0024	0,008	-0,008	OK
198	Story55	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000759	-0,00076	0,006072	-0,00607	0,002440944	-0,00244	0,008	-0,008	OK
194,4	Story54	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000771	-0,00077	0,006168	-0,00617	0,002479536	-0,00248	0,008	-0,008	OK
190,8	Story53	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000783	-0,00078	0,006264	-0,00626	0,002518128	-0,00252	0,008	-0,008	OK
187,2	Story52	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000795	-0,0008	0,00636	-0,00636	0,00255672	-0,00256	0,008	-0,008	OK
183,6	Story51	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000807	-0,00081	0,006456	-0,00646	0,002595312	-0,0026	0,008	-0,008	OK
180	Story50	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,000818	-0,00082	0,006544	-0,00654	0,002630688	-0,00263	0,008	-0,008	OK
176,4	Story49	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00083	-0,00083	0,00664	-0,00664	0,00266928	-0,00267	0,008	-0,008	OK
172,8	Story48	EQY	LinStatic	Step By Step	1	X	0,00084	-0,00084	0,00672	-0,00672	0,00270144	-0,0027	0,008	-0,008	OK
169,2	Story47	EQY	LinStatic	Step By Step	2	X	0,00085	-0,00085	0,0068	-0,0068	0,0027336	-0,00273	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.7-devamı. Mersin çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
165,6	Story46	EQY	LinStatic	Step By Step	3	X	0,000858	-0,00086	0,006864	-0,00686	0,002759328	-0,00276	0,008	-0,008	OK
162	Story45	EQY	LinStatic	Step By Step	4	X	0,000866	-0,00087	0,006928	-0,00693	0,002785056	-0,00279	0,008	-0,008	OK
158,4	Story44	EQY	LinStatic	Step By Step	5	X	0,000873	-0,00087	0,006984	-0,00698	0,002807568	-0,00281	0,008	-0,008	OK
154,8	Story43	EQY	LinStatic	Step By Step	6	X	0,000881	-0,00088	0,007048	-0,00705	0,002833296	-0,00283	0,008	-0,008	OK
151,2	Story42	EQY	LinStatic	Step By Step	7	X	0,000888	-0,00089	0,007104	-0,0071	0,002855808	-0,00286	0,008	-0,008	OK
147,6	Story41	EQY	LinStatic	Step By Step	8	X	0,000895	-0,0009	0,00716	-0,00716	0,00287832	-0,00288	0,008	-0,008	OK
144	Story40	EQY	LinStatic	Step By Step	9	X	0,000903	-0,0009	0,007224	-0,00722	0,002904048	-0,0029	0,008	-0,008	OK
140,4	Story39	EQY	LinStatic	Step By Step	10	X	0,00091	-0,00091	0,00728	-0,00728	0,00292656	-0,00293	0,008	-0,008	OK
136,8	Story38	EQY	LinStatic	Step By Step	11	X	0,000917	-0,00092	0,007336	-0,00734	0,002949072	-0,00295	0,008	-0,008	OK
133,2	Story37	EQY	LinStatic	Step By Step	12	X	0,000924	-0,00092	0,007392	-0,00739	0,002971584	-0,00297	0,008	-0,008	OK
129,6	Story36	EQY	LinStatic	Step By Step	13	X	0,000929	-0,00093	0,007432	-0,00743	0,002987664	-0,00299	0,008	-0,008	OK
126	Story35	EQY	LinStatic	Step By Step	14	X	0,000934	-0,00093	0,007472	-0,00747	0,003003744	-0,003	0,008	-0,008	OK
122,4	Story34	EQY	LinStatic	Step By Step	15	X	0,000939	-0,00094	0,007512	-0,00751	0,003019824	-0,00302	0,008	-0,008	OK
118,8	Story33	EQY	LinStatic	Step By Step	16	X	0,000944	-0,00094	0,007552	-0,00755	0,003035904	-0,00304	0,008	-0,008	OK
115,2	Story32	EQY	LinStatic	Step By Step	17	X	0,000949	-0,00095	0,007592	-0,00759	0,003051984	-0,00305	0,008	-0,008	OK
111,6	Story31	EQY	LinStatic	Step By Step	18	X	0,000955	-0,00096	0,00764	-0,00764	0,00307128	-0,00307	0,008	-0,008	OK
108	Story30	EQY	LinStatic	Step By Step	19	X	0,000961	-0,00096	0,007688	-0,00769	0,003090576	-0,00309	0,008	-0,008	OK
104,4	Story29	EQY	LinStatic	Step By Step	20	X	0,000967	-0,00097	0,007736	-0,00774	0,003109872	-0,00311	0,008	-0,008	OK
100,8	Story28	EQY	LinStatic	Step By Step	21	X	0,000972	-0,00097	0,007776	-0,00778	0,003125952	-0,00313	0,008	-0,008	OK
97,2	Story27	EQY	LinStatic	Step By Step	22	X	0,000978	-0,00098	0,007824	-0,00782	0,003145248	-0,00315	0,008	-0,008	OK
93,6	Story26	EQY	LinStatic	Step By Step	23	X	0,000982	-0,00098	0,007856	-0,00786	0,003158112	-0,00316	0,008	-0,008	OK
90	Story25	EQY	LinStatic	Step By Step	24	X	0,000986	-0,00099	0,007888	-0,00789	0,003170976	-0,00317	0,008	-0,008	OK
86,4	Story24	EQY	LinStatic	Step By Step	25	X	0,00099	-0,00099	0,00792	-0,00792	0,00318384	-0,00318	0,008	-0,008	OK
82,8	Story23	EQY	LinStatic	Step By Step	26	X	0,000994	-0,00099	0,007952	-0,00795	0,003196704	-0,0032	0,008	-0,008	OK
79,2	Story22	EQY	LinStatic	Step By Step	27	X	0,000998	-0,001	0,007984	-0,00798	0,003209568	-0,00321	0,008	-0,008	OK
75,6	Story21	EQY	LinStatic	Step By Step	28	X	0,001002	-0,001	0,008016	-0,00802	0,003222432	-0,00322	0,008	-0,008	OK
72	Story20	EQY	LinStatic	Step By Step	29	X	0,001007	-0,00101	0,008056	-0,00806	0,003238512	-0,00324	0,008	-0,008	OK

Çizelge 5.7-devamı. Mersin çerçeve tüp sisteme ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yükleme Tipi	Adım Tipi	Adım Sayısı	Yön	GKO,max	GKO,min	GKO,max*R/I	GKO,min*R/I	λ *GKO,max*R/I	λ *GKO,min*R/I	Sınır	Sınır	Kontrol
68,4	Story19	EQY	LinStatic	Step By Step	30	X	0,00101	-0,00101	0,00808	-0,00808	0,00324816	-0,00325	0,008	-0,008	OK
64,8	Story18	EQY	LinStatic	Step By Step	31	X	0,001013	-0,00101	0,008104	-0,0081	0,003257808	-0,00326	0,008	-0,008	OK
61,2	Story17	EQY	LinStatic	Step By Step	32	X	0,001013	-0,00101	0,008104	-0,0081	0,003257808	-0,00326	0,008	-0,008	OK
57,6	Story16	EQY	LinStatic	Step By Step	33	X	0,00101	-0,00101	0,00808	-0,00808	0,00324816	-0,00325	0,008	-0,008	OK
54	Story15	EQY	LinStatic	Step By Step	34	X	0,001003	-0,001	0,008024	-0,00802	0,003225648	-0,00323	0,008	-0,008	OK
50,4	Story14	EQY	LinStatic	Step By Step	35	X	0,000989	-0,00099	0,007912	-0,00791	0,003180624	-0,00318	0,008	-0,008	OK
46,8	Story13	EQY	LinStatic	Step By Step	36	X	0,000968	-0,00097	0,007744	-0,00774	0,003113088	-0,00311	0,008	-0,008	OK
43,2	Story12	EQY	LinStatic	Step By Step	37	X	0,000946	-0,00095	0,007568	-0,00757	0,003042336	-0,00304	0,008	-0,008	OK
39,6	Story11	EQY	LinStatic	Step By Step	38	X	0,000933	-0,00093	0,007464	-0,00746	0,003000528	-0,003	0,008	-0,008	OK
36	Story10	EQY	LinStatic	Step By Step	39	X	0,000917	-0,00092	0,007336	-0,00734	0,002949072	-0,00295	0,008	-0,008	OK
32,4	Story9	EQY	LinStatic	Step By Step	40	X	0,000893	-0,00089	0,007144	-0,00714	0,002871888	-0,00287	0,008	-0,008	OK
28,8	Story8	EQY	LinStatic	Step By Step	41	X	0,000862	-0,00086	0,006896	-0,0069	0,002772192	-0,00277	0,008	-0,008	OK
25,2	Story7	EQY	LinStatic	Step By Step	42	X	0,000821	-0,00082	0,006568	-0,00657	0,002640336	-0,00264	0,008	-0,008	OK
21,6	Story6	EQY	LinStatic	Step By Step	43	X	0,000766	-0,00077	0,006128	-0,00613	0,002463456	-0,00246	0,008	-0,008	OK
18	Story5	EQY	LinStatic	Step By Step	44	X	0,000695	-0,0007	0,00556	-0,00556	0,00223512	-0,00224	0,008	-0,008	OK
14,4	Story4	EQY	LinStatic	Step By Step	45	X	0,000602	-0,0006	0,004816	-0,00482	0,001936032	-0,00194	0,008	-0,008	OK
10,8	Story3	EQY	LinStatic	Step By Step	46	X	0,000483	-0,00048	0,003864	-0,00386	0,001553328	-0,00155	0,008	-0,008	OK
7,2	Story2	EQY	LinStatic	Step By Step	47	X	0,000329	-0,00033	0,002632	-0,00263	0,001058064	-0,00106	0,008	-0,008	OK
3,6	Story1	EQY	LinStatic	Step By Step	48	X	0,000129	-0,00013	0,001032	-0,00103	0,000414864	-0,00041	0,008	-0,008	OK



Şekil 5.11. Tüp sistemlere ait görelî kat ötelemelerinin karşılaştırması

Şekil 5.11’de tübüler yapısal sistemlere ait görelî kat ötelemeleri grafiğı incelendiğinde, en büyük kat ötelemelerinin DTS’den kaynaklı olarak Hatay bölgesinde meydana geldiğı görölmektedir. Yine en düşük görelî ötelemelerin de Mersin lokasyonunda meydana geldiğı görölmektedir. Sistemler kendi içinde değerlendirildiğinde ise görelî kat ötelemeleri açısından, çaprazlı tübüler sistemlerin çerçeve tübüler sistemlere göre daha iyi bir davranış sergilediğı açıkça görölmektedir. Grafik incelendiğinde, çerçeve tübüler sistemlere ait görelî kat ötelemeleri şekil açısından serbest bırakılmış bir torbaya benzetilebilir. Ancak çaprazlı tübüler sistemlere ait şekle bakıldığında, bu torbalanma etkisinin kaybolduğı ve bunun da çaprazların sağladığı bir etki olduğı yorumu yapılabilir. Bu durumda çaprazların yer yer toparlayıcı

bir davranış biçimi sergileyerek yapının daha stabil hale gelmesini sağladığı açıkça gözlemlenmektedir.

5.1.2. Deplasman ötelemeleri

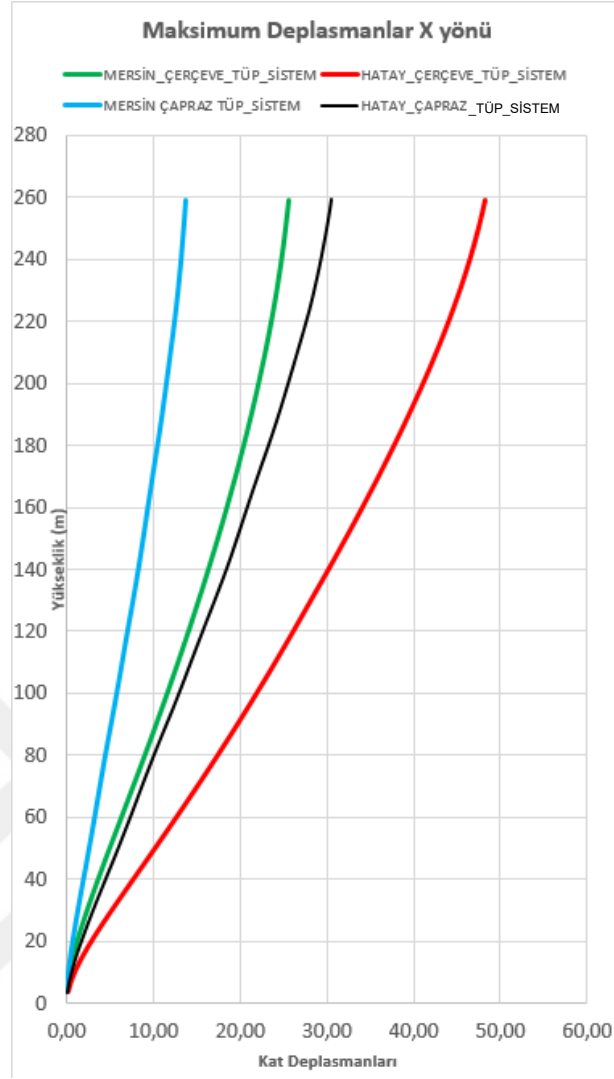
Tübüler yapısal sistemlere ait deplasman ötelemelerinin değerleri Çizelge 5.8’de verilmiştir. Bu çizelgedeki sonuçlar ise Şekil 5.12’de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.8. Tübüler yapısal sistemlere ait deplasman ötelemeleri

MAKSİMUM DEPLASMANLAR (cm)											
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ		HATAY ÇAPRAZ		MERSİN ÇERÇEVE		HATAY ÇERÇEVE	
				mt	cm	mt	cm	mt	cm	mt	cm
259,2	Story72	EQX	X	0,14	13,63	0,31	30,55	0,26	25,66	0,48	48,30
255,6	Story71	EQX	X	0,14	13,54	0,30	30,36	0,26	25,52	0,48	48,01
252	Story70	EQX	X	0,13	13,45	0,30	30,15	0,25	25,37	0,48	47,70
248,4	Story69	EQX	X	0,13	13,35	0,30	29,93	0,25	25,22	0,47	47,37
244,8	Story68	EQX	X	0,13	13,25	0,30	29,69	0,25	25,06	0,47	47,02
241,2	Story67	EQX	X	0,13	13,14	0,29	29,44	0,25	24,88	0,47	46,65
237,6	Story66	EQX	X	0,13	13,02	0,29	29,18	0,25	24,70	0,46	46,26
234	Story65	EQX	X	0,13	12,90	0,29	28,91	0,25	24,50	0,46	45,85
230,4	Story64	EQX	X	0,13	12,77	0,29	28,62	0,24	24,30	0,45	45,42
226,8	Story63	EQX	X	0,13	12,64	0,28	28,31	0,24	24,08	0,45	44,97
223,2	Story62	EQX	X	0,12	12,49	0,28	27,98	0,24	23,86	0,45	44,51
219,6	Story61	EQX	X	0,12	12,34	0,28	27,63	0,24	23,62	0,44	44,02
216	Story60	EQX	X	0,12	12,17	0,27	27,26	0,23	23,38	0,44	43,52
212,4	Story59	EQX	X	0,12	12,01	0,27	26,89	0,23	23,12	0,43	43,01
208,8	Story58	EQX	X	0,12	11,84	0,27	26,51	0,23	22,86	0,42	42,48
205,2	Story57	EQX	X	0,12	11,67	0,26	26,13	0,23	22,59	0,42	41,94
201,6	Story56	EQX	X	0,11	11,50	0,26	25,75	0,22	22,31	0,41	41,38
198	Story55	EQX	X	0,11	11,33	0,25	25,36	0,22	22,02	0,41	40,81
194,4	Story54	EQX	X	0,11	11,16	0,25	24,97	0,22	21,73	0,40	40,23
190,8	Story53	EQX	X	0,11	10,98	0,25	24,58	0,21	21,42	0,40	39,63
187,2	Story52	EQX	X	0,11	10,80	0,24	24,17	0,21	21,11	0,39	39,03
183,6	Story51	EQX	X	0,11	10,61	0,24	23,75	0,21	20,79	0,38	38,41
180	Story50	EQX	X	0,10	10,41	0,23	23,31	0,20	20,47	0,38	37,79
176,4	Story49	EQX	X	0,10	10,21	0,23	22,85	0,20	20,13	0,37	37,15
172,8	Story48	EQX	X	0,10	10,01	0,22	22,40	0,20	19,79	0,37	36,50
169,2	Story47	EQX	X	0,10	9,81	0,22	21,95	0,19	19,45	0,36	35,84
165,6	Story46	EQX	X	0,10	9,61	0,22	21,51	0,19	19,09	0,35	35,18
162	Story45	EQX	X	0,09	9,42	0,21	21,09	0,19	18,73	0,35	34,50
158,4	Story44	EQX	X	0,09	9,23	0,21	20,66	0,18	18,37	0,34	33,82
154,8	Story43	EQX	X	0,09	9,04	0,20	20,24	0,18	18,00	0,33	33,13
151,2	Story42	EQX	X	0,09	8,85	0,20	19,81	0,18	17,62	0,32	32,43

Çizelge 5.8-devamı. Tübüler yapısal sistemlere ait deplasman ötelemeleri

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ		HATAY ÇAPRAZ		MERSİN ÇERÇEVE		HATAY ÇERÇEVE	
				mt	cm	mt	cm	mt	cm	mt	cm
147,6	Story41	EQX	X	0,09	8,65	0,19	19,38	0,17	17,23	0,32	31,73
144	Story40	EQX	X	0,08	8,46	0,19	18,94	0,17	16,84	0,31	31,01
140,4	Story39	EQX	X	0,08	8,25	0,18	18,49	0,16	16,45	0,30	30,29
136,8	Story38	EQX	X	0,08	8,04	0,18	18,02	0,16	16,05	0,30	29,56
133,2	Story37	EQX	X	0,08	7,82	0,18	17,54	0,16	15,64	0,29	28,83
129,6	Story36	EQX	X	0,08	7,60	0,17	17,04	0,15	15,23	0,28	28,09
126	Story35	EQX	X	0,07	7,37	0,17	16,53	0,15	14,82	0,27	27,36
122,4	Story34	EQX	X	0,07	7,14	0,16	16,03	0,14	14,39	0,27	26,63
118,8	Story33	EQX	X	0,07	6,92	0,16	15,53	0,14	13,97	0,26	25,90
115,2	Story32	EQX	X	0,07	6,70	0,15	15,04	0,14	13,54	0,25	25,15
111,6	Story31	EQX	X	0,06	6,48	0,15	14,55	0,13	13,10	0,24	24,40
108	Story30	EQX	X	0,06	6,26	0,14	14,06	0,13	12,66	0,24	23,64
104,4	Story29	EQX	X	0,06	6,04	0,14	13,57	0,12	12,21	0,23	22,87
100,8	Story28	EQX	X	0,06	5,81	0,13	13,07	0,12	11,76	0,22	22,09
97,2	Story27	EQX	X	0,06	5,59	0,13	12,57	0,11	11,31	0,21	21,30
93,6	Story26	EQX	X	0,05	5,35	0,12	12,05	0,11	10,85	0,21	20,51
90	Story25	EQX	X	0,05	5,12	0,12	11,52	0,10	10,39	0,20	19,70
86,4	Story24	EQX	X	0,05	4,88	0,11	10,99	0,10	9,92	0,19	18,89
82,8	Story23	EQX	X	0,05	4,64	0,10	10,47	0,09	9,45	0,18	18,06
79,2	Story22	EQX	X	0,04	4,41	0,10	9,95	0,09	8,97	0,17	17,23
75,6	Story21	EQX	X	0,04	4,19	0,09	9,45	0,08	8,50	0,16	16,39
72	Story20	EQX	X	0,04	3,97	0,09	8,96	0,08	8,01	0,16	15,54
68,4	Story19	EQX	X	0,04	3,75	0,08	8,47	0,08	7,53	0,15	14,69
64,8	Story18	EQX	X	0,04	3,53	0,08	7,98	0,07	7,04	0,14	13,82
61,2	Story17	EQX	X	0,03	3,32	0,07	7,50	0,07	6,55	0,13	12,95
57,6	Story16	EQX	X	0,03	3,10	0,07	7,01	0,06	6,06	0,12	12,07
54	Story15	EQX	X	0,03	2,87	0,07	6,51	0,06	5,57	0,11	11,18
50,4	Story14	EQX	X	0,03	2,65	0,06	6,00	0,05	5,09	0,10	10,29
46,8	Story13	EQX	X	0,02	2,41	0,05	5,48	0,05	4,60	0,09	9,39
43,2	Story12	EQX	X	0,02	2,18	0,05	4,95	0,04	4,12	0,08	8,49
39,6	Story11	EQX	X	0,02	1,95	0,04	4,42	0,04	3,66	0,08	7,59
36	Story10	EQX	X	0,02	1,71	0,04	3,90	0,03	3,19	0,07	6,69
32,4	Story9	EQX	X	0,01	1,49	0,03	3,38	0,03	2,74	0,06	5,79
28,8	Story8	EQX	X	0,01	1,26	0,03	2,87	0,02	2,29	0,05	4,91
25,2	Story7	EQX	X	0,01	1,04	0,02	2,38	0,02	1,87	0,04	4,05
21,6	Story6	EQX	X	0,01	0,83	0,02	1,90	0,01	1,46	0,03	3,21
18	Story5	EQX	X	0,01	0,63	0,01	1,44	0,01	1,09	0,02	2,42
14,4	Story4	EQX	X	0,00	0,44	0,01	1,01	0,01	0,74	0,02	1,68
10,8	Story3	EQX	X	0,00	0,27	0,01	0,63	0,00	0,45	0,01	1,04
7,2	Story2	EQX	X	0,00	0,14	0,00	0,31	0,00	0,22	0,01	0,51
3,6	Story1	EQX	X	0,00	0,04	0,00	0,09	0,00	0,06	0,00	0,14



Şekil 5.12. Tübüler yapısal sistemlere ait kat deplasmanları

Şekil 5.12’de yapısal sistemlere ait kat deplasman değerleri incelendiğinde, en büyük kat ötelemelerinin DTS’den kaynaklı olarak Hatay bölgesinde meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca, en düşük deplasman ötelemelerinin Mersin bölgesinde meydana geldiği gözlemlenmektedir. Sistemleri kendi içinde değerlendirildiğinde ise, deplasman ötelemeleri açısından çaprazlı tübüler sistemlerin çerçeve tübüler sistemlere göre daha iyi bir davranış sergilediği ve tepe deplasmanlarını kısıtladığı yorumu yapılabilir. Hatay bölgesi için çerçeve tüp sistemine ait 48 cm olan tepe deplasmanı, aynı bölgede yer alan çaprazlı tüp sisteminde 25 cm seviyesine çekildiği ve yaklaşık yarı değere indiği görülmektedir.

5.1.3. Kat kesme kuvvetleri

Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.9’de verilmiştir. Bu çizelgedeki sonuçlar ise Şekil 5.13’te grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.9. Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri

KAT KESME KUVVETLERİ (KN)							
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ	HATAY ÇAPRAZ	MERSİN ÇERÇEVE	HATAY ÇERÇEVE
259,2	Story72	EQX	X	474,40	1427,07	375,11	1403,75
				41,69	124,66	375,11	1403,75
255,6	Story71	EQX	X	490,38	1469,26	801,54	3010,93
				490,38	1469,26	801,54	3010,93
252	Story70	EQX	X	1379,99	4140,61	1184,73	4462,91
				458,80	1380,28	1184,73	4462,91
248,4	Story69	EQX	X	786,83	2353,77	1518,56	5730,14
				786,83	2353,77	1518,56	5730,14
244,8	Story68	EQX	X	1983,89	5924,94	1800,32	6796,48
				726,28	2187,35	1800,32	6796,48
241,2	Story67	EQX	X	895,08	2671,61	2032,16	7664,37
				895,08	2671,61	2032,16	7664,37
237,6	Story66	EQX	X	2369,15	7031,69	2221,16	8355,73
				835,11	2501,25	2221,16	8355,73
234	Story65	EQX	X	959,25	2845,29	2378,30	8908,67
				959,25	2845,29	2378,30	8908,67
230,4	Story64	EQX	X	2708,29	7994,45	2516,34	9370,40
				968,58	2871,85	2516,34	9370,40
226,8	Story63	EQX	X	1126,83	3319,88	2646,92	9787,23
				1126,83	3319,88	2646,92	9787,23
223,2	Story62	EQX	X	3025,33	8889,83	2777,96	10194,33
				1312,32	3865,21	2777,96	10194,33
219,6	Story61	EQX	X	1443,42	4229,57	2912,29	10608,82
				1443,42	4229,57	2912,29	10608,82
216	Story60	EQX	X	3280,62	9594,46	3048,87	11031,81
				1529,30	4489,08	3048,87	11031,81
212,4	Story59	EQX	X	1631,35	4761,33	3183,01	11448,72
				1631,35	4761,33	3183,01	11448,72
208,8	Story58	EQX	X	3530,84	10285,97	3308,71	11837,44
				1354,47	3957,69	3308,71	11837,44
205,2	Story57	EQX	X	1480,01	4309,69	3422,47	12182,51
				1480,01	4309,69	3422,47	12182,51
201,6	Story56	EQX	X	3775,49	10970,14	3523,62	12478,33
				1386,24	4055,86	3523,62	12478,33
198	Story55	EQX	X	1491,46	4348,49	3614,34	12730,73

Çizelge 5.9-devamı. Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri

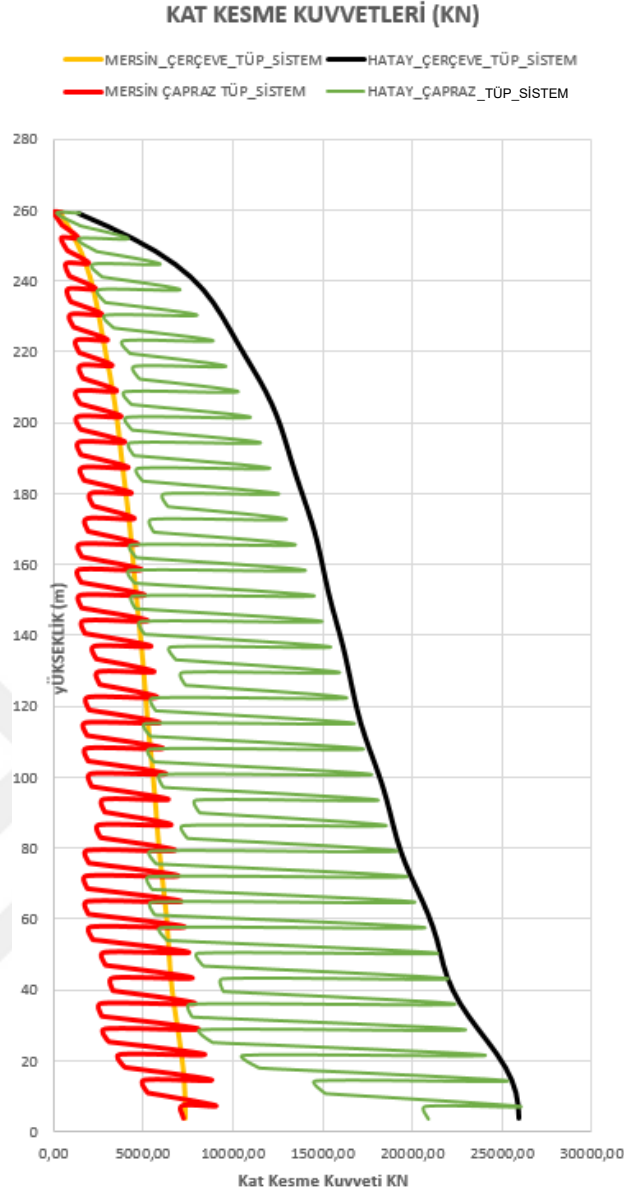
Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ	HATAY ÇAPRAZ	MERSİN ÇERÇEVE	HATAY ÇERÇEVE
				1491,46	4348,49	3614,34	12730,73
194,4	Story54	EQX	X	3981,21	11537,26	3698,70	12954,57
				1455,56	4251,12	3698,70	12954,57
190,8	Story53	EQX	X	1529,85	4448,49	3781,20	13168,27
				1529,85	4448,49	3781,20	13168,27
187,2	Story52	EQX	X	4169,71	12055,36	3865,11	13387,44
				1611,66	4679,87	3865,11	13387,44
183,6	Story51	EQX	X	1703,09	4934,11	3951,50	13619,63
				1703,09	4934,11	3951,50	13619,63
180	Story50	EQX	X	4351,72	12559,37	4039,11	13862,47
				2122,93	6139,27	4039,11	13862,47
176,4	Story49	EQX	X	2199,35	6346,72	4125,09	14105,55
				2199,35	6346,72	4125,09	14105,55
172,8	Story48	EQX	X	4507,27	12978,56	4207,67	14339,22
				1878,22	5433,00	4207,67	14339,22
169,2	Story47	EQX	X	1931,89	5560,59	4284,81	14552,61
				1931,89	5560,59	4284,81	14552,61
165,6	Story46	EQX	X	4693,01	13480,55	4355,13	14738,33
				1486,69	4307,18	4355,13	14738,33
162	Story45	EQX	X	1587,15	4583,37	4420,43	14900,74
				1587,15	4583,37	4420,43	14900,74
158,4	Story44	EQX	X	4898,98	14044,67	4483,81	15051,15
				1446,91	4217,43	4483,81	15051,15
154,8	Story43	EQX	X	1545,86	4488,86	4548,50	15203,56
				1545,86	4488,86	4548,50	15203,56
151,2	Story42	EQX	X	5085,47	14543,66	4616,73	15369,40
				1515,14	4412,49	4616,73	15369,40
147,6	Story41	EQX	X	1567,33	4534,79	4688,88	15553,12
				1567,33	4534,79	4688,88	15553,12
144	Story40	EQX	X	5250,82	14973,69	4763,45	15750,54
				1680,62	4843,52	4763,45	15750,54
140,4	Story39	EQX	X	1756,95	5041,70	4837,63	15950,49
				1756,95	5041,70	4837,63	15950,49
136,8	Story38	EQX	X	5433,28	15460,94	4908,49	16139,22
				2279,18	6508,41	4908,49	16139,22
133,2	Story37	EQX	X	2382,71	6794,27	4974,08	16305,75
				2382,71	6794,27	4974,08	16305,75
129,6	Story36	EQX	X	5615,15	15950,81	5034,23	16459,27
				2514,17	7164,96	5034,23	16459,27
126	Story35	EQX	X	2580,18	7332,78	5090,67	16610,59
				2580,18	7332,78	5090,67	16610,59
122,4	Story34	EQX	X	5767,63	16353,15	5146,44	16763,22

Çizelge 5.9-devamı. Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ	HATAY ÇAPRAZ	MERSİN ÇERÇEVE	HATAY ÇERÇEVE
				1923,32	5497,24	5146,44	16763,22
118,8	Story33	EQX	X	1989,92	5671,96	5204,80	16931,00
				1989,92	5671,96	5204,80	16931,00
115,2	Story32	EQX	X	5924,57	16780,82	5268,06	17125,28
				1779,29	5096,70	5268,06	17125,28
111,6	Story31	EQX	X	1878,32	5382,84	5336,60	17350,11
				1878,32	5382,84	5336,60	17350,11
108	Story30	EQX	X	6103,90	17290,78	5408,75	17600,09
				1856,49	5328,49	5408,75	17600,09
104,4	Story29	EQX	X	1937,43	5559,38	5481,33	17861,75
				1937,43	5559,38	5481,33	17861,75
100,8	Story28	EQX	X	6264,28	17743,40	5550,88	18118,02
				2085,66	5966,95	5550,88	18118,02
97,2	Story27	EQX	X	2135,58	6097,60	5614,95	18354,27
				2135,58	6097,60	5614,95	18354,27
93,6	Story26	EQX	X	6397,49	18109,73	5673,11	18563,57
				2790,87	7932,30	5673,11	18563,57
90	Story25	EQX	X	2859,84	8124,21	5727,27	18749,71
				2859,84	8124,21	5727,27	18749,71
86,4	Story24	EQX	X	6555,55	18559,05	5781,62	18928,20
				2538,95	7202,74	5781,62	18928,20
82,8	Story23	EQX	X	2622,38	7441,86	5840,46	19119,41
				2622,38	7441,86	5840,46	19119,41
79,2	Story22	EQX	X	6763,03	19167,75	5906,49	19341,22
				1881,21	5396,51	5906,49	19341,22
75,6	Story21	EQX	X	1982,82	5694,21	5980,66	19604,92
				1982,82	5694,21	5980,66	19604,92
72	Story20	EQX	X	6952,69	19718,65	6061,12	19909,28
				1830,72	5289,49	6061,12	19909,28
68,4	Story19	EQX	X	1894,31	5461,92	6143,59	20239,85
				1894,31	5461,92	6143,59	20239,85
64,8	Story18	EQX	X	7113,25	20172,54	6222,71	20570,20
				1888,04	5443,00	6222,71	20570,20
61,2	Story17	EQX	X	1952,88	5618,12	6293,69	20877,18
				1952,88	5618,12	6293,69	20877,18
57,6	Story16	EQX	X	7305,79	20730,52	6354,08	21144,60
				2072,47	5950,20	6354,08	21144,60
54	Story15	EQX	X	2195,53	6315,54	6404,80	21365,73
				2195,53	6315,54	6404,80	21365,73
50,4	Story14	EQX	X	7540,51	21430,13	6450,14	21553,08
				2800,91	8033,02	6450,14	21553,08

Çizelge 5.9-devamı. Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri

Yükseklik (m)	Kat	Yükleme	Yön	MERSİN ÇAPRAZ	HATAY ÇAPRAZ	MERSİN ÇERÇEVE	HATAY ÇERÇEVE
46,8	Story13	EQX	X	2902,21	8332,47	6496,59	21733,85
				2902,21	8332,47	6496,59	21733,85
43,2	Story12	EQX	X	7736,00	22007,17	6555,49	21959,03
				3294,25	9413,36	6555,49	21959,03
39,6	Story11	EQX	X	3315,19	9454,24	6633,41	22268,88
				3315,19	9454,24	6633,41	22268,88
36	Story10	EQX	X	7876,06	22407,17	6725,99	22661,92
				2651,20	7591,55	6725,99	22661,92
32,4	Story9	EQX	X	2695,89	7711,76	6829,89	23132,26
				2695,89	7711,76	6829,89	23132,26
28,8	Story8	EQX	X	8070,88	22996,38	6939,59	23657,66
				2858,95	8181,36	6939,59	23657,66
25,2	Story7	EQX	X	3073,15	8852,64	7048,01	24202,18
				3073,15	8852,64	7048,01	24202,18
21,6	Story6	EQX	X	8422,97	24106,82	7147,65	24722,54
				3680,96	10592,38	7147,65	24722,54
18	Story5	EQX	X	3958,78	11469,82	7231,75	25176,39
				3958,78	11469,82	7231,75	25176,39
14,4	Story4	EQX	X	8809,61	25336,98	7295,58	25530,55
				5056,62	14613,86	7295,58	25530,55
10,8	Story3	EQX	X	5231,75	15164,31	7337,32	25767,80
				5231,75	15164,31	7337,32	25767,80
7,2	Story2	EQX	X	9019,66	26005,81	7358,61	25891,57
				7178,11	20752,03	7358,61	25891,57
3,6	Story1	EQX	X	7232,54	20915,44	7364,79	25928,22
				7232,54	20915,44	7364,79	25928,22

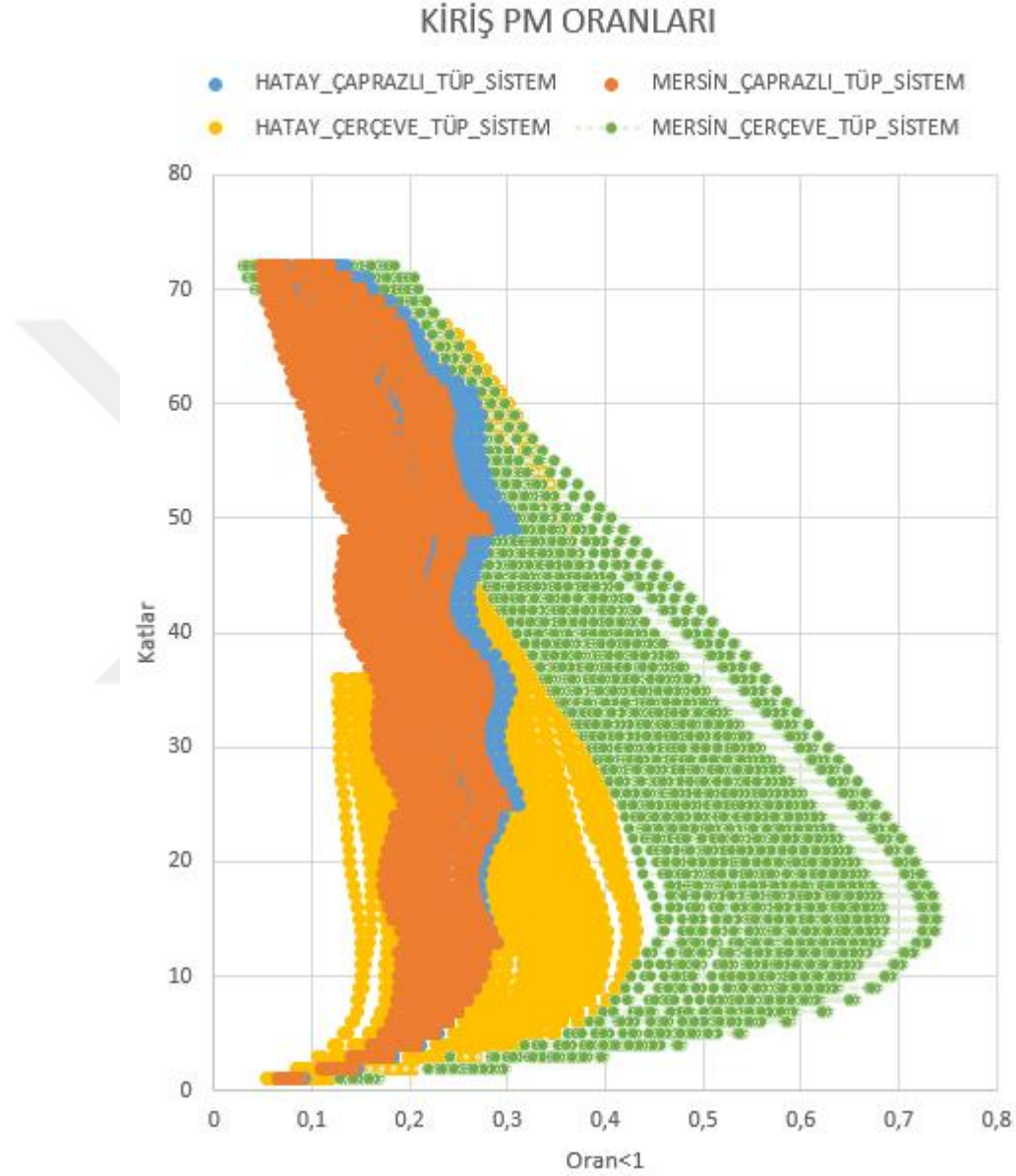


Şekil 5.13. Tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri

Şekil 5.13'teki tübüler yapısal sistemlere ait kat kesme kuvvetleri değerleri incelendiğinde, en büyük kat kesme kuvvetlerinin beklendiği üzere DTS'den kaynaklı olarak Hatay bölgesinde meydana geldiği görülmektedir. Yapısal sistemelerin her iki lokasyonda da benzer davranış eğrileri sergilediği görülmektedir. Sistemler kendi içinde değerlendirildiğinde ise, kat kesme kuvvetleri açısından çapraz tübüler sistemlerin çerçeve tübüler sistemlere göre daha iyi bir davranış sergilediği ve katların alt ve üst noktalarında meydana gelen kesme kuvvetlerinin kat içinde zigzag yaparak kesme kuvvetlerinin artışlarını kısıtladığı yorumu yapılabilir.

5.1.5. Eleman kapasiteleri

Tübüler yapısal sistemlere ait kiriş eleman kapasite oranı sonuçları tüm kombinasyon durumları için kat bazında ETABS programından alınmış ve Şekil 5.14'te grafik olarak sunulmuştur.

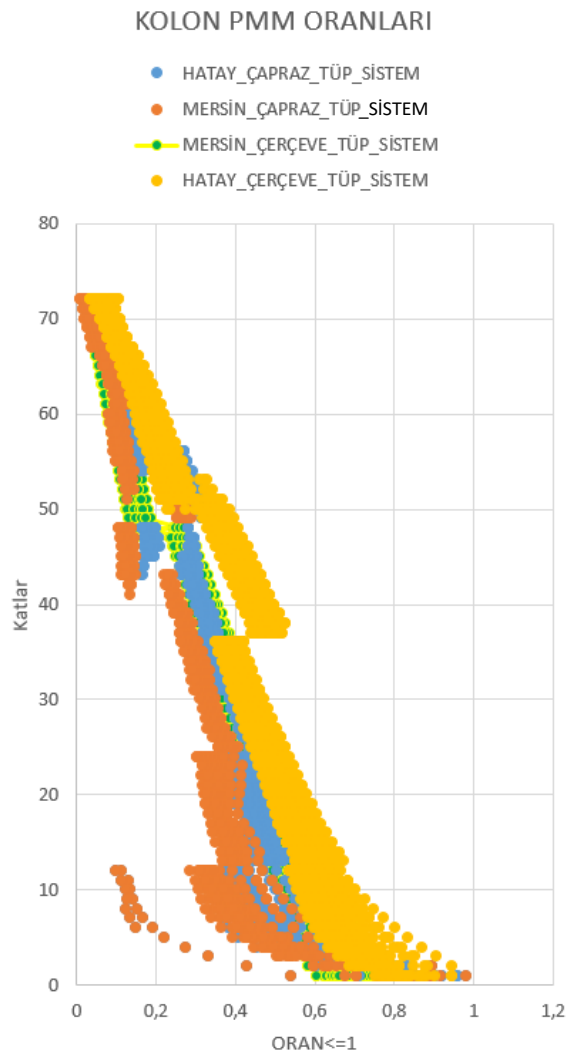


Şekil 5.14. Tübüler yapısal sistem kirişlerinde oluşan tüm kombinasyonlara ait PM kapasite oranları

Tübüler yapısal sistem kirişlerinde oluşan tüm kombinasyonlara ait PM kapasite oranı tablosu incelendiğinde, en büyük PM oranlarının Mersin çerçeve tüp sistemlerine ait olduğu görülmektedir. Bu durum, diğer sistemlerde HEB800 olan kiriş elaman kesitinin burada HEB600 olmasıyla açıklanabilir. HEB600 kesiti Mersin gibi

DTS'nin az olduğu bir konumda bile kapasite itibariyle PM oranlarını 1'e yaklaştırmıştır. Bu kesit Hatay bölgesinde kullanıldığında PM oranının 1 değerinden büyük olacağı görülebilir. Benzer kesit diğer sistemler için de denenmiş olup görel kat ötelemeleri kontrollerini sağlayamadığı için bu yapısal sistemlerde kiriş eleman kesitleri HEB800 olarak alınarak devam edilmiştir. Yine her iki lokasyonda da benzer davranış eğrilerinin sergilendiği görülmektedir. Sistemler kendi içinde değerlendirildiğinde, çerçeve tübüler sistemlere ait PM oranları şekil açısından serbest bırakılmış içi su dolu bir torbaya benzetilebilir. Ancak çaprazlı tübüler sistemlere ait PM oranları şekline bakıldığında, bu torbalanma etkisinin kaybolduğu ve bunun da çaprazların kiriş PM oranları üzerine sağladığı bir etki olduğu yorumu yapılabilir.

Tübüler yapısal sistemlere ait kolon eleman etki/kapasite sonuçları tüm kombinasyon durumları için kat bazında ETABS programından alınmış ve Şekil 5.15'te grafik olarak sunulmuştur.

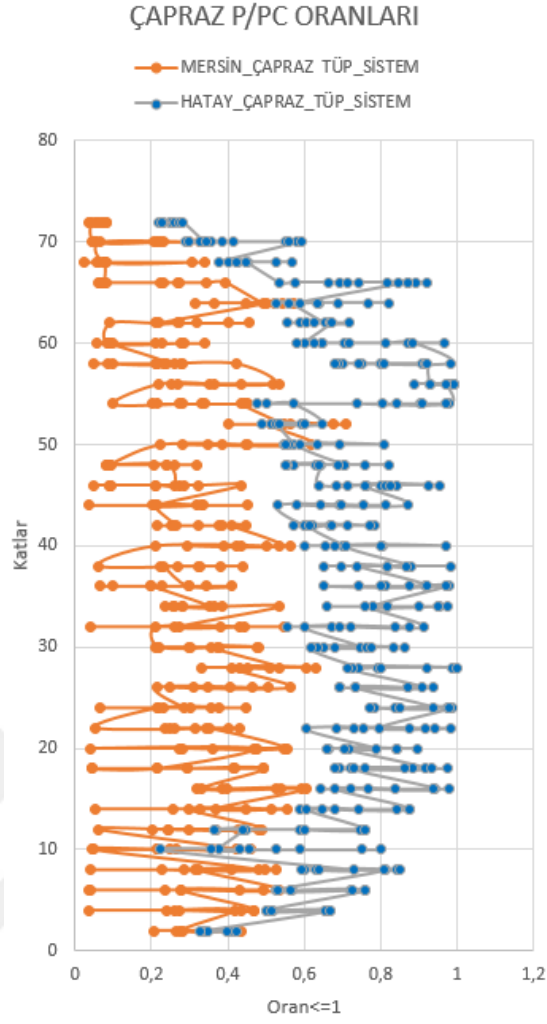


Şekil 5.15. Tübüler yapısal sistem kolonlarında oluşan tüm kombinasyonlara ait PMM oranları

Şekil 5.15'teki yapısal sistem kolonlarında oluşan tüm kombinasyonlara ait PMM oranı değerleri incelendiğinde, en büyük PMM kapasite oranlarının turuncu renkli gösterimle Hatay çerçeve tüp sistemlerine ait olduğu görülmektedir. Bu durum, Hatay'da lokasyon olarak deprem tasarım sınıfının büyük olması ile açıklanabilir. Diğer taraftan sistemler kendi içinde kıyaslandığında çerçeve türü yapısal sistemler kendisine gelen yatay kuvvetleri kolon ve kiriş elemanlar ile karşıladığı için çaprazlı tüp sistemlerine göre kolon elemanlarında oluşacak etki/kapasite oranlarının yüksek değerler alacağı söylenebilir. Çaprazlı tüp sistemlerde, gelen yatay kuvvetlerin bir kısmı çaprazlarla karşılandığı için kolon kesitlerinin PMM oranları diğer sisteme göre düşük kalmıştır. Bu durum çaprazlı tüp sistemlerin bir diğer avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine Hatay çerçeve tüp sistemde kolon kesitlerinin değişimi grafik üzerindeki çentikten okunabilmektedir. Tüm elemanlardaki kapasite oranlarının sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir. En alt katlarda yapısal sistemdeki kolon etki/kapasite oranları 1 değerine yaklaşmaktadır. Bu durum, kesitlerin efektif kapasite kullanımını göstermektedir.

Çaprazlı kafes tübüler yapısal sistemlerdeki çapraz elemanlara ait etki/kapasite sonuçları, ilgili tüm kombinasyon durumları için kat bazında ETABS programından alınmış ve Şekil 5.16'da grafik olarak sunulmuştur.

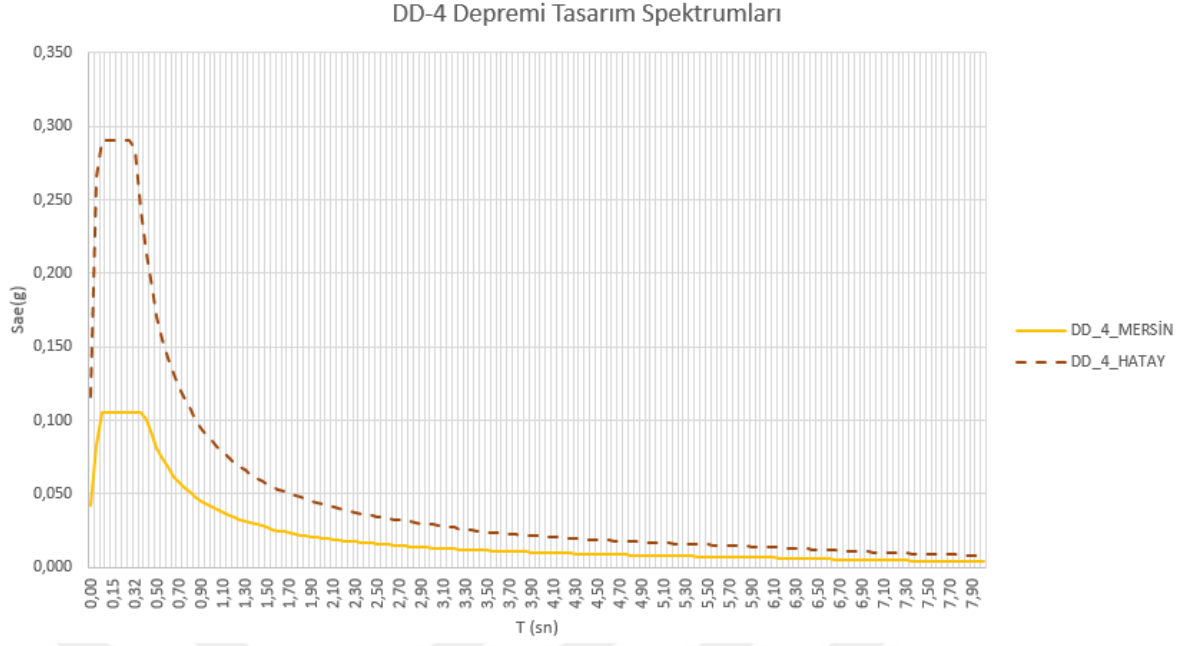
Çaprazlı kafes tübüler yapısal sistem çaprazlarında oluşan tüm kombinasyonlara ait P/P_c oranlarına ait değerler incelendiğinde, en büyük oranlarının mavi renkli gösterimle Hatay çerçeve tüp sistemlerine ait olduğu görülmektedir. Bu durum, Hatay'da lokasyon olarak deprem tasarım sınıfının büyük olması ile açıklanabilir. Tüm elemanların sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.16. Çaprazlı kafes tübüler yapısal sistem çapraz elemanlarda oluşan tüm kombinasyonlara ait P/P_c oranları

5.2. Tasarım Aşaması 2

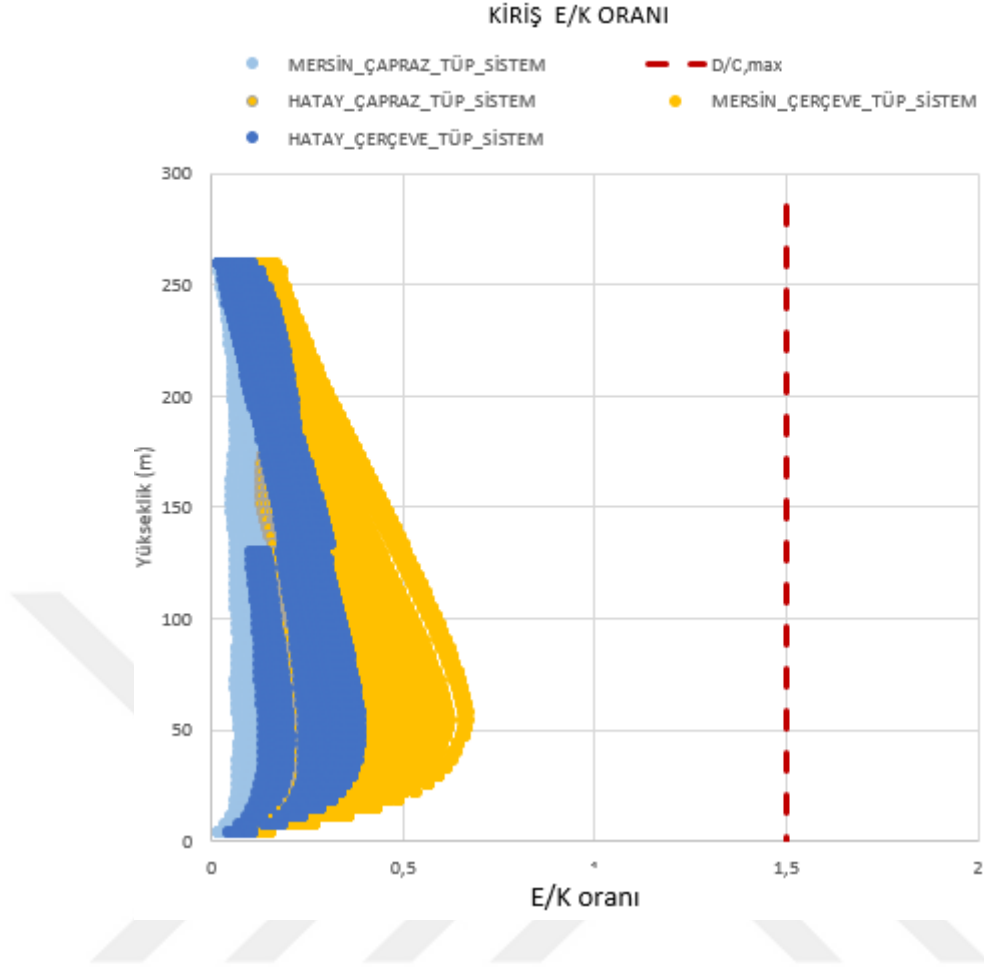
Tasarım aşaması 2 için, DD-4 depremi altında kesintisiz kullanım performans durumu hedeflenmiştir. Şekil 5.17’de gösterilen ve bu tasarım aşamasında kullanılan DD-4 depremine ait ivme spektruma bakıldığında ivme kayıtlarının çok düşük olduğu bu sebepten ötürü herhangi bir azaltma yapılmadan doğrudan kullanılması gerektiği yönetmelik tarafından belirtilmektedir.



Şekil 5.17. Tasarım 2 aşamasında kullanılan DD-4 depremine ait spektrum

Yukarıda belirtilen hususlar dışında tasarım ve hesap adımları birinci adımla benzer olduğu için bu aşamada tekrar olmaması için sadece ETABS programından elemanlara ait kapasite oranları sonuçları verilmiştir.

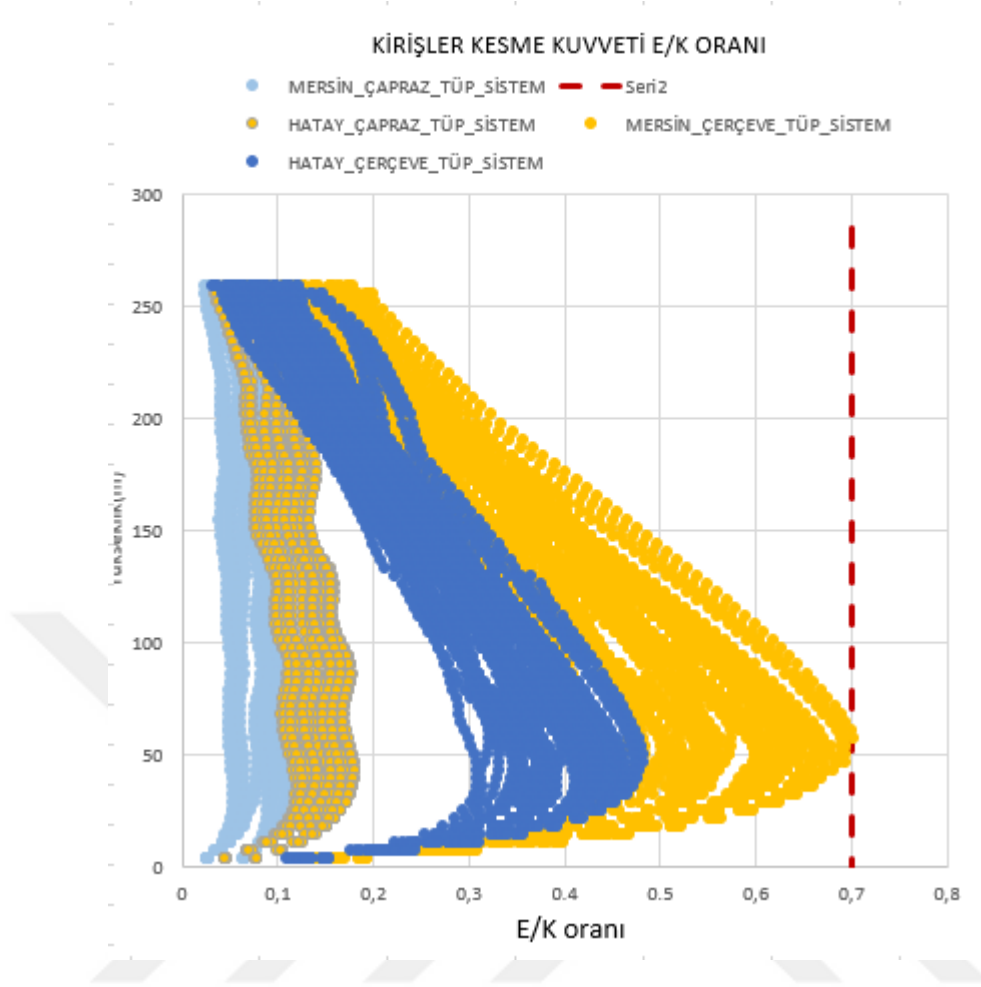
Sünek davranışa sahip kiriş elemanlardaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafiği Şekil 5.18’de gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Kiriş elemanlarındaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı

Sünek davranışa sahip kiriş elemanlardaki iç kuvvetler için Şekil 5.18'deki talep/kapasite oranı grafiği incelendiğinde tüm elemanların belirlenen sınır değerin altında kaldığı görülmektedir. Konfor depremi olarak literatürde geçen bu DD-4 depreminin şiddetinin düşük olmasından kaynaklı olarak eleman etki/kapasite oranları düşüktür. Bu da beklenen bir durumdur. Sistemler kendi içerisinde kıyaslandığında en büyük değerlerin çerçeve tüp sistemlerde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu kısımda yine çaprazlı tüp sistemlerin üstünlüğü görülebilmektedir.

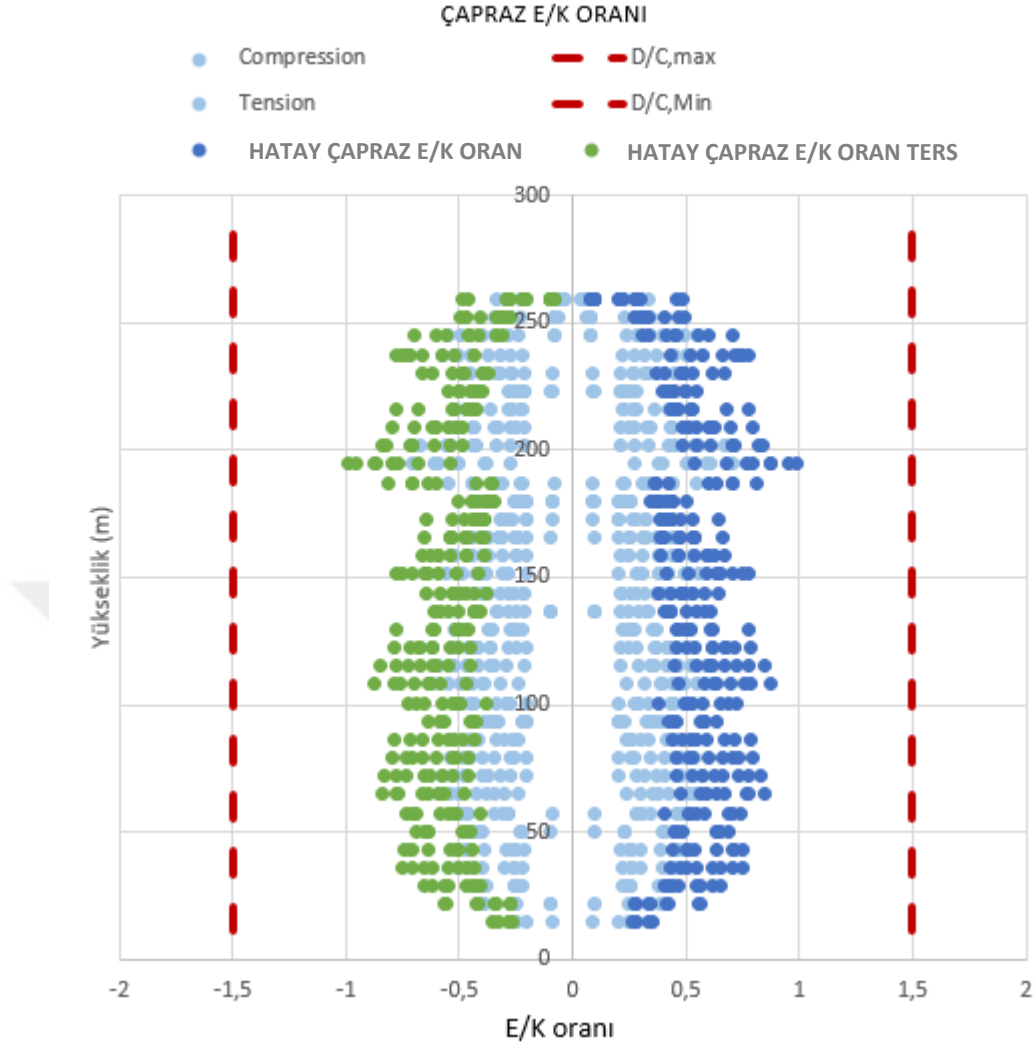
Gevrek davranış özelliğine sahip olabilen kısa yüksek kiriş elemanlarındaki kesme kuvvetleri için talep/kapasite oranı grafiği Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



Şekil 5.19. Kiriş elemanlarındaki kesme kuvvetleri için talep/ kapasite oranı

Şekil 5.19’da verilmiş olan gevrek davranışa sahip kiriş elemanlarındaki iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafiği incelendiğinde, tüm elemanların belirlenen sınır durumların altında kaldığı görülmektedir. Bu grafikte en büyük değerlerin lokasyondan bağımsız olarak çerçeve tüp sistemlerinde meydana geldiği görülebilmektedir. Bu durum, çerçeve tüp sistemlere etkiyen yatay kesme kuvvetlerinin kolon ve kiriş elemanları ile karşılanmasından dolayı elemanlar üzerinde büyük kesme kuvvetlerinin meydana gelmesiyle açıklanabilir. Öte taraftan çerçeve tüp sistemlerinde kolon mesafelerinin sıklığından dolayı oluşan küçük kirişlerin adeta bağ kiriş gibi davranarak büyük kesme kuvvetlerini karşılamasıyla açıklanabilir. Sistemler kendi içerisinde kıyaslandığında, çapraz tübüler sistemlerin çerçeve tübüler sistemlere göre daha sabit bir durum sergilediği görülebilmektedir.

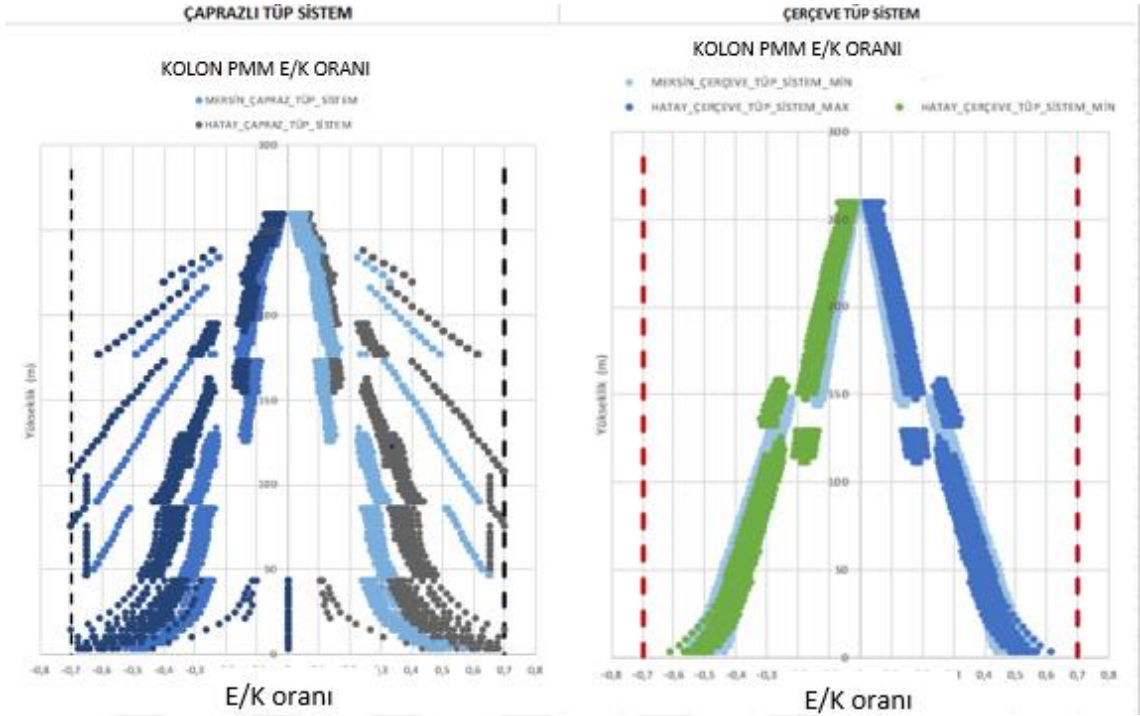
Sünek davranışa sahip çapraz elemanlardaki P iç kuvvetleri için talep/ kapasite oranı grafiği Şekil 5.20’de gösterilmiştir.



Şekil 5.20. Çapraz elemanlardaki P iç kuvvetler için talep/ kapasite oranları

Şekil 5.20’de sünek davranışa sahip çapraz elemanlardaki P iç kuvvetler için talep/kapasite oranı grafiği incelendiğinde genel manada çapraz tüp sistemlerin her iki lokasyonda benzer davranış eğilimi sergilediği DTS’den kaynaklı olarak Hatay’da P/P_c oranlarında artış görüldüğü söylenebilir.

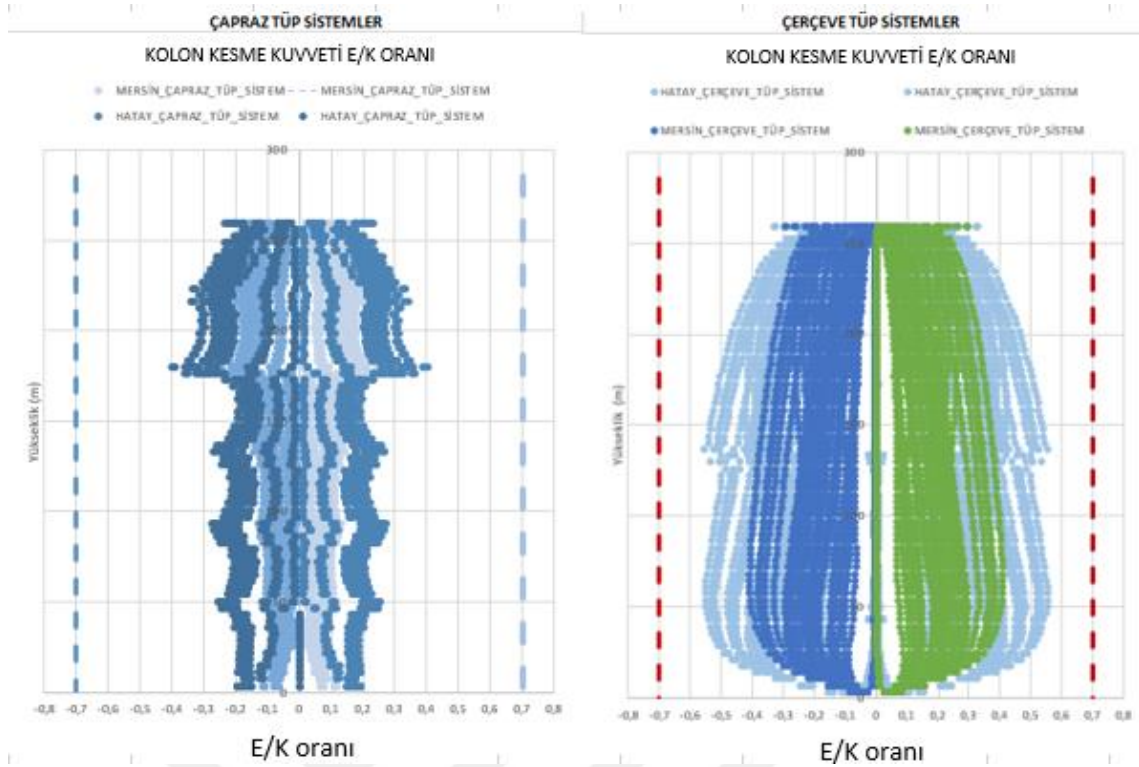
Kolon elemanlardaki PMM iç kuvvetler için talep/ kapasite oranı grafikleri Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



Şekil 5.21. Kolon elemanlardaki PMM iç kuvvetler için talep/kapasite oranları

Şekil 5.21’de verilmiş olan kolon elemanlardaki PMM iç kuvvetler için talep/kapasite oranı grafikleri incelendiğinde tüm elemanların sınır durumların altında kaldığı görülmektedir. Sistemler lokasyon bazında incelendiğinde oran olarak farklılıklar arzetsede benzer saçılım eğrileri gösterdikleri görülmektedir. Sistemler kendi içerisinde kıyaslandığında çapraz tübüler sistemlerdeki çapraz etkilerinden kaynaklı olarak saçılımları yer yer dağınık ta olsa çaprazların dağılım üzerindeki toparlayıcı etkileri kendini burada da hissettirmektedir. Öte yandan çerçeve tüp sistemler aşağıdan yukarıya daha öngörülebilir bir dağılım sergilediğinden çapraz tüp sistemlere göre bu noktada bir adım öne geçtiği söylenebilir.

Kolon elemanlardaki kesme iç kuvvetleri için talep/kapasite oranı grafikleri Şekil 5.22’de gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Kolon elemanlardaki kesme iç kuvvetleri için talep/kapasite oranları

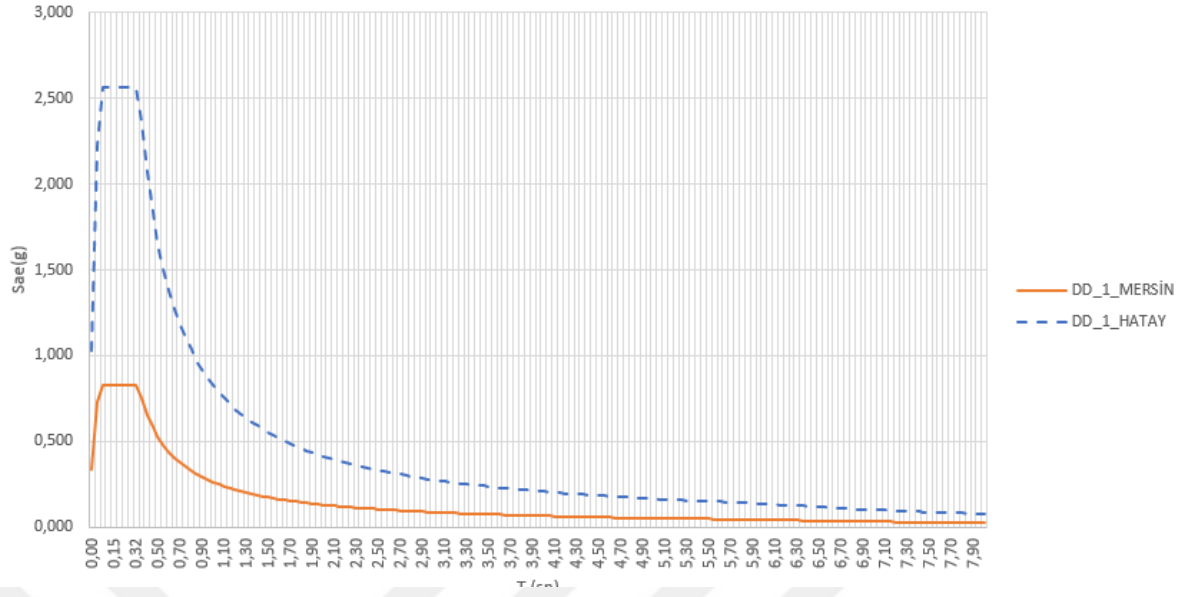
Şekil 5.22’de kolon elemanlardaki kesme iç kuvvetleri için talep/kapasite oranı grafikleri incelendiğinde tüm elemanların sınır durumların altında kaldığı görülmektedir. Sistemler lokasyon bazında incelendiğinde oran olarak farklılıklar arzetsede benzer saçılım eğrileri gösterdikleri görülmektedir. Sistemler kendi içerisinde kıyaslandığında çaprazlı tübüler sistemlerdeki çapraz etkilerinden kaynaklı olarak toparlayıcı etkileri kendini yine burada da hissettirmektedir.

Bu aşamada Tasarım aşaması 2 tamamlanmış olup tüm sistemlerin yönetmeliğin istemiş olduğu sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Genel olarak lokasyon bazında DTS’den kaynaklı olarak en fazla kapasite/etki oranlarının Hatay bölgesinde tasarlanan çerçeve tüp elemanlarda görüldüğü gözlemlenmiştir. Sistemler kendi aralarında kıyas edildiğinde çapraz tüp sistemlerin oranlarını sınır değerlerden uzak olduğu bunda da çaprazların büyük katkılarının olduğu söylenebilir.

5.3. Tasarım Aşaması 3

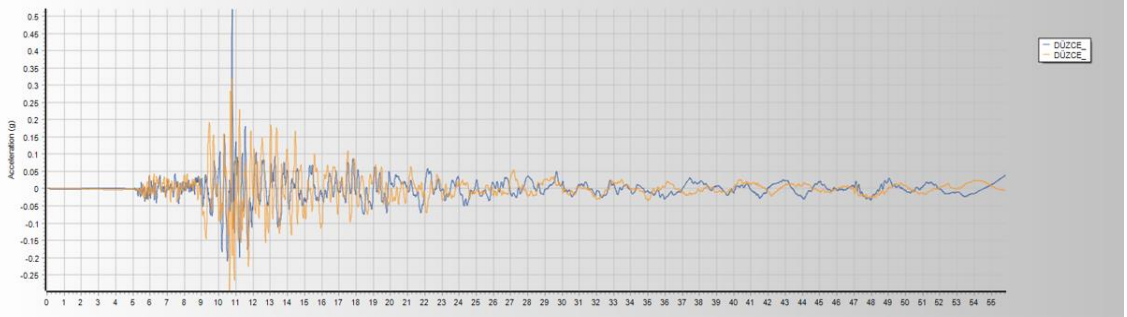
Tasarım aşaması 3 için, DD-1 depremi altında Göçme öncesi performans durumu hedeflenmiştir. Şekil 5.23’te Tasarım 3 aşamasında kullanılan DD-1 depremine ait spektrum grafikleri görülmektedir.

DD-1 Depremi Tasarım Spektrumları

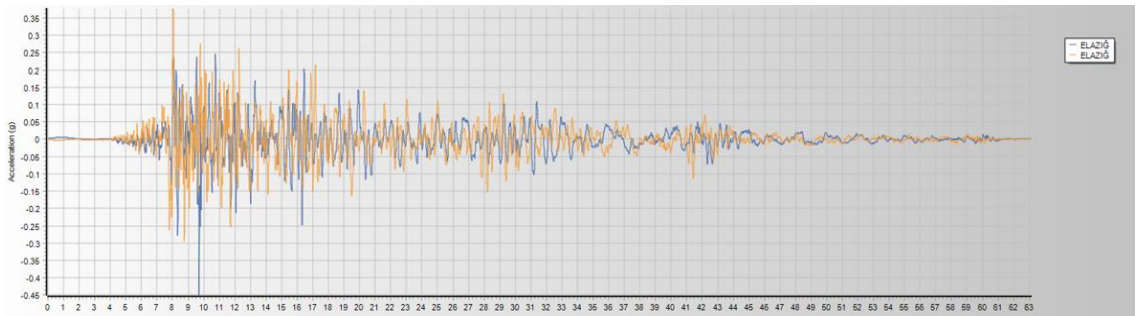


Şekil 5.23. Tasarım 3 aşamasında kullanılan DD-1 depremine ait spektrum

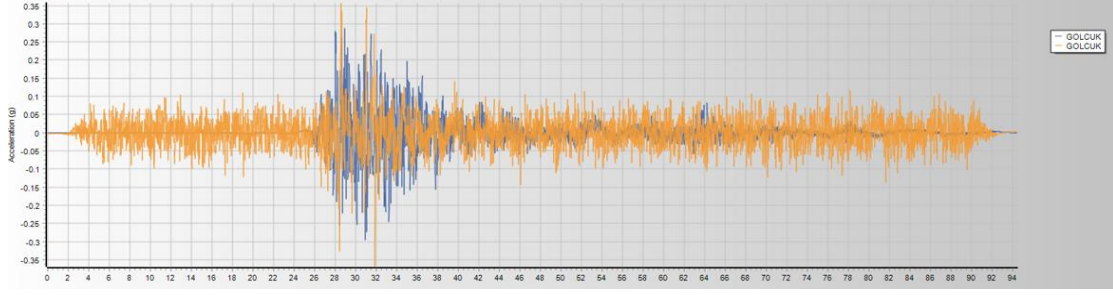
Tasarım aşaması 3, zaman tanım alanında kullanılan deprem ivme kayıtları Şekil 5.24 - Şekil 5.35 arasında sırasıyla verilmiştir. Şekil 5.36'da tüm depremlere ait ivme kayıtları bir grafikte gösterilmiştir.



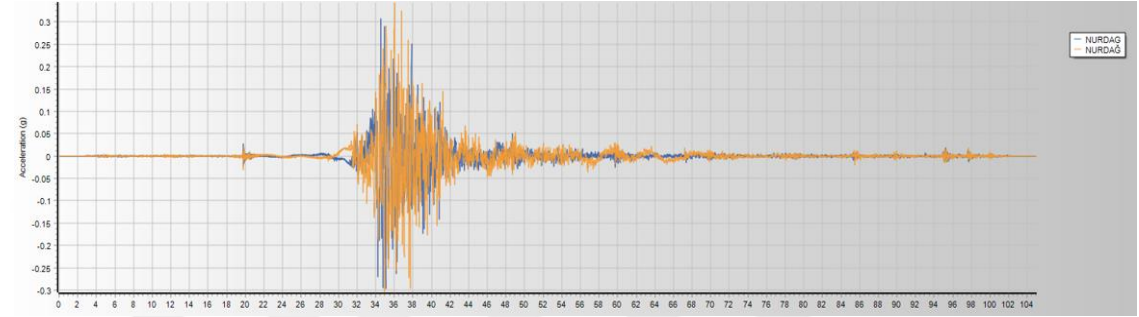
Şekil 5.24. Düzce_1401 ivme kayıtları



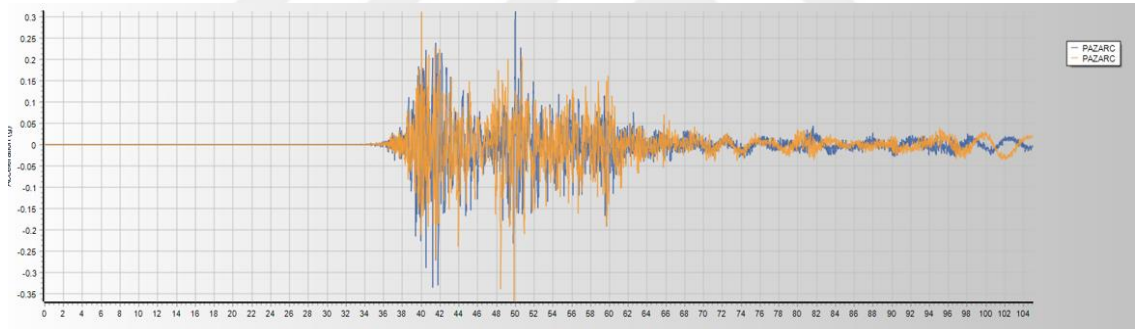
Şekil 5.25. Elazığ_2308 depremi ivme kayıtları



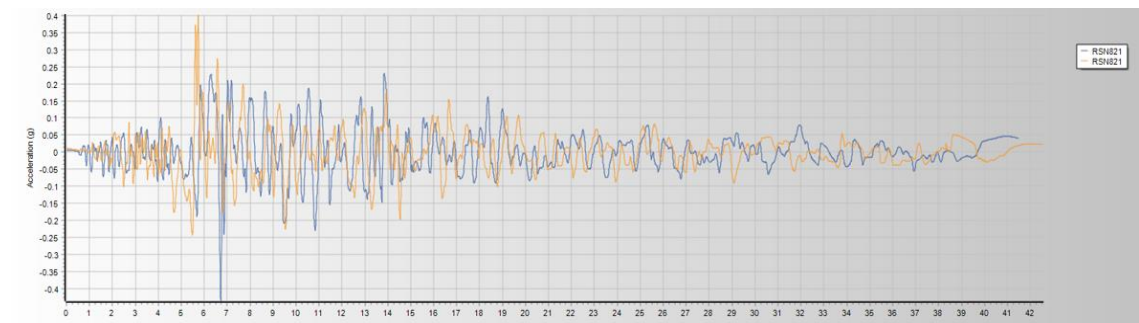
Şekil 5.26. Gölcük_5401 depremi ivme kayıtları



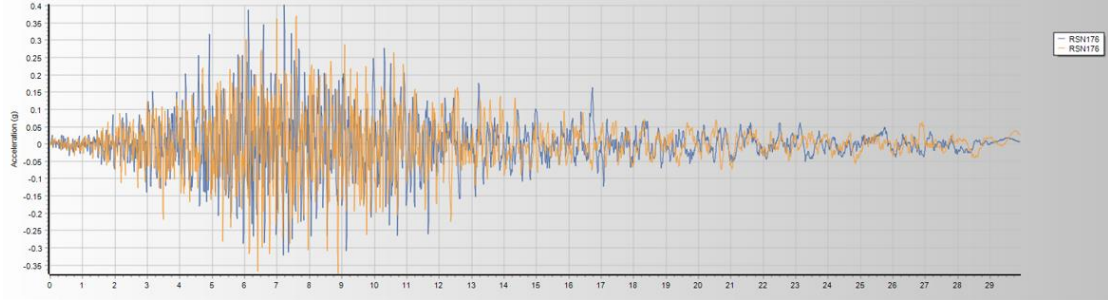
Şekil 5.27. Nurdağı_2702 ivme kayıtları



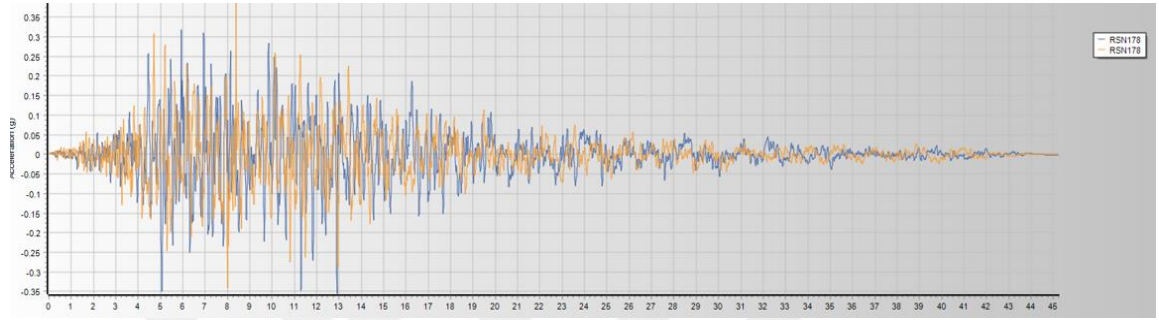
Şekil 5.28. Pazarcık_4614 deprem ivme kayıtları



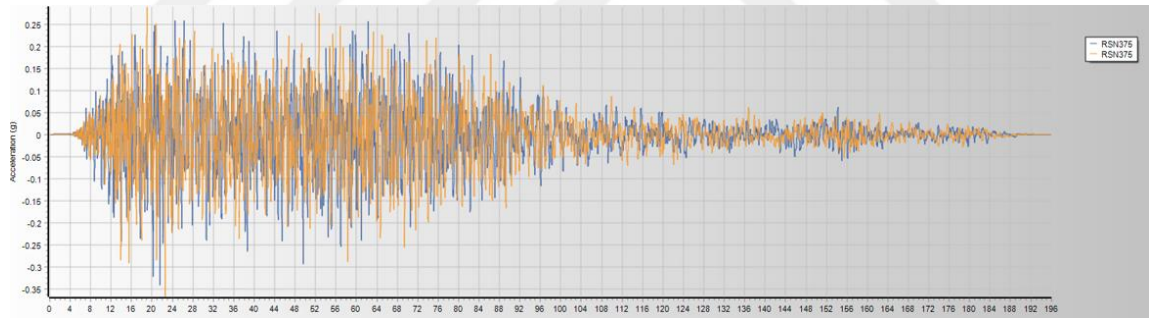
Şekil 5.29. Erzincan_RNS821 deprem ivme kayıtları



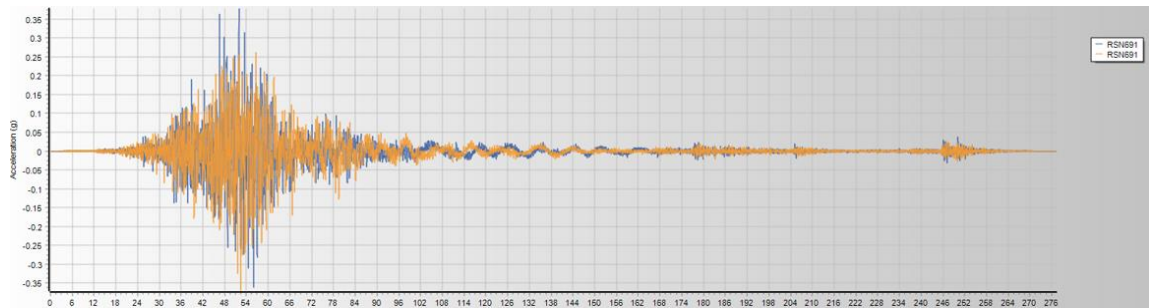
Şekil 5.30. Hector_RSN1762 deprem ivme kayıtları



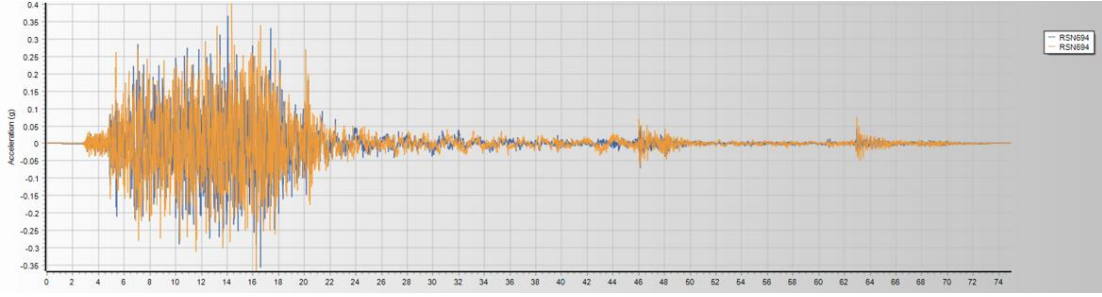
Şekil 5.31. Hector_RSN1762 deprem ivme kayıtları



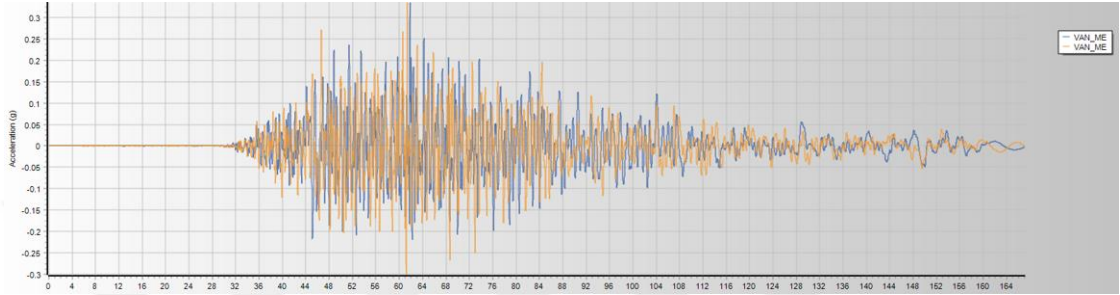
Şekil 5.32. Landers_RSN3756 deprem ivme kayıtları



Şekil 5.33. Darfield_RSN6915 deprem ivme kayıtları



Şekil 5.34. Darfiel_6948 deprem ivme kayıtları

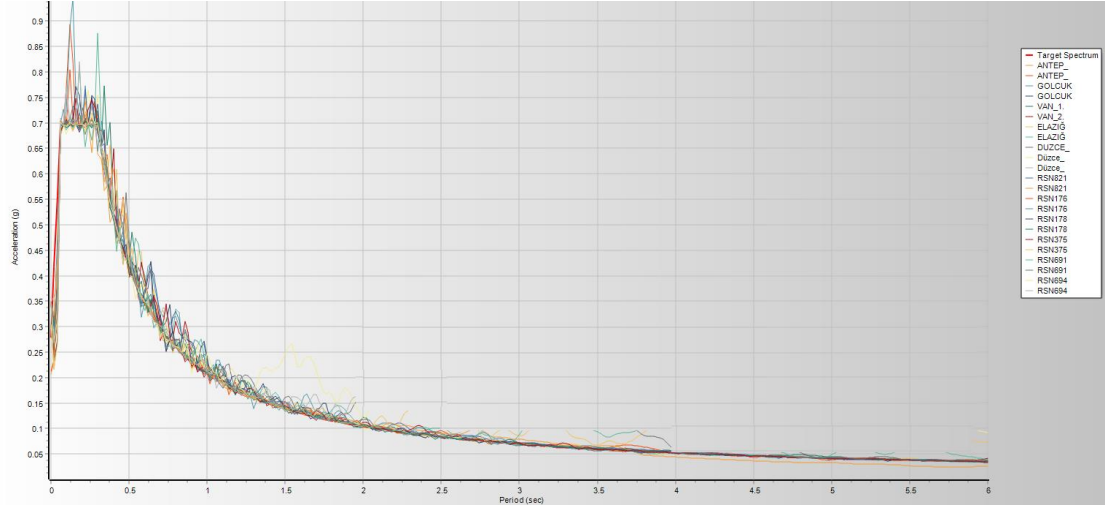


Şekil 5.35. Van Merkez_6503 deprem ivme kayıtları

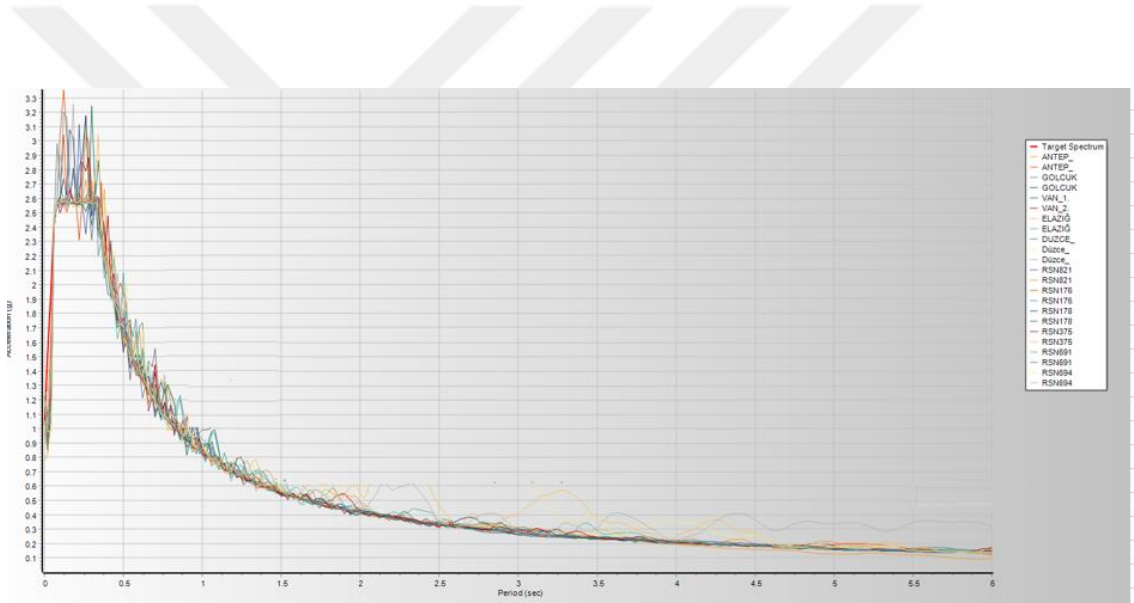


Şekil 5.36. Tüm depremlere ait ivme kayıtları

Şekil 5.37’de Mersin için, Şekil 5.38’de Hatay için tüm depremlere ait benzeştirilmiş ivme kayıtları görülmektedir.



Şekil 5.37. Tüm depremlere ait benzeştirilmiş ivme kayıtları (Mersin)



Şekil 5.38. Tüm depremlere ait benzerleştirilmiş ivme kayıtları (Hatay)

5.3.1. Zaman Tanım Alanında Analiz (Time History Analizi) işlem sonuçları

5.3.1.1. Kirişlerde Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda tüm bina modellerinin tüm katlarında bulunan tüm kirişlere ait kiriş hasar bölgeleri Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.10. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

MERSİN ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM KİRİŞ HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.10-devamı. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.11. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

HATAY ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM KİRİŞ HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.11-devamı. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	23	96%	1	4%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	4%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.12. Mersin çerçeve tüp sistem girişlerinde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

MERSİN ÇERÇEVE TÜP SİSTEM KİRİŞ HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.12-devamı. Mersin çerçeve tüp sistem kırışlarında meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIş SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
32	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
	3456	3456	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.13. Hatay çerçeve tüp sistemine ait girişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

HATAY ÇERÇEVE TÜP SİSTEM KİRİŞ HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	48	46	96%	2	4%	0	0%	0	0%
58	48	42	88%	6	13%	0	0%	0	0%
57	48	35	73%	13	27%	0	0%	0	0%
56	48	28	58%	20	42%	0	0%	0	0%
55	48	10	21%	38	79%	0	0%	0	0%
54	48	4	8%	44	92%	0	0%	0	0%
53	48	2	4%	46	96%	0	0%	0	0%
52	48	2	4%	43	90%	3	6%	0	0%
51	48	2	4%	40	83%	6	13%	0	0%
50	48	1	2%	40	83%	7	15%	0	0%
49	48	1	2%	37	77%	10	21%	0	0%
48	48	0	0%	38	79%	9	19%	1	2%
47	48	1	2%	36	75%	9	19%	2	4%
46	48	1	2%	35	73%	9	19%	3	6%
45	48	1	2%	36	75%	9	19%	2	4%
44	48	0	0%	37	77%	10	21%	1	2%
43	48	0	0%	37	77%	11	23%	0	0%
42	48	0	0%	38	79%	10	21%	0	0%
41	48	0	0%	40	83%	8	17%	0	0%
40	48	0	0%	45	94%	3	6%	0	0%
39	48	0	0%	48	100%	0	0%	0	0%
38	48	0	0%	48	100%	0	0%	0	0%
37	48	0	0%	48	100%	0	0%	0	0%
36	48	1	2%	47	98%	0	0%	0	0%
35	48	1	2%	47	98%	0	0%	0	0%
34	48	3	6%	45	94%	0	0%	0	0%
33	48	3	6%	45	94%	0	0%	0	0%

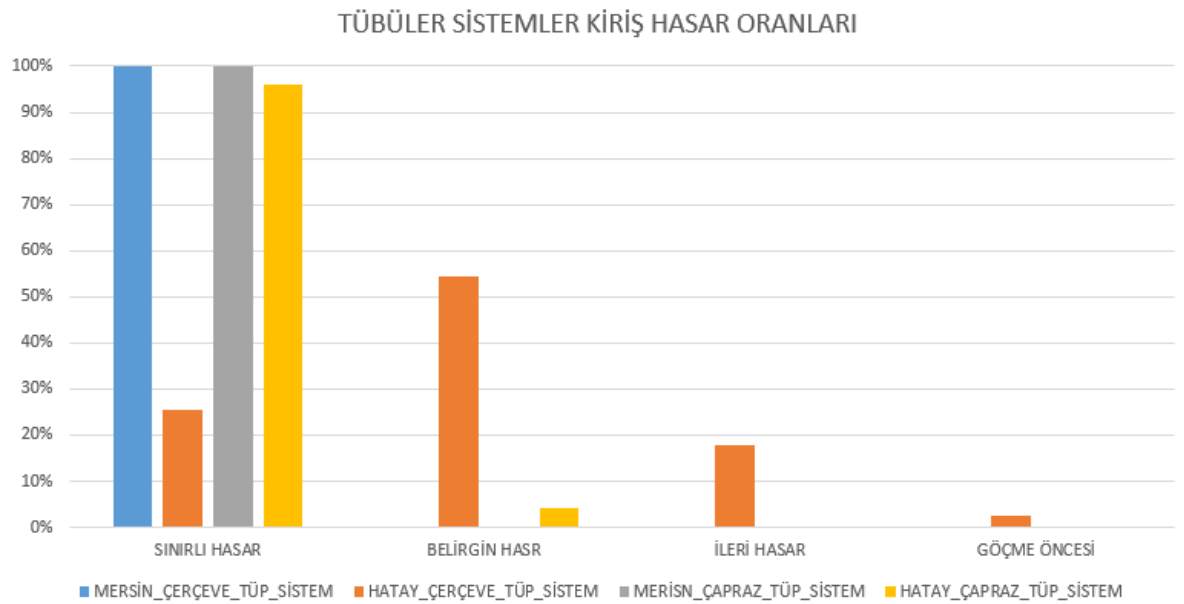
Çizelge 5.13-devamı. Hatay çerçeve tüp sistemine ait kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
32	48	2	4%	46	96%	0	0%	0	0%
31	48	2	4%	46	96%	0	0%	0	0%
30	48	1	2%	45	94%	2	4%	0	0%
29	48	1	2%	43	90%	4	8%	0	0%
28	48	2	4%	38	79%	8	17%	0	0%
27	48	1	2%	31	65%	16	33%	0	0%
26	48	1	2%	29	60%	18	38%	0	0%
25	48	1	2%	29	60%	18	38%	0	0%
24	48	1	2%	29	60%	17	35%	1	2%
23	48	1	2%	28	58%	18	38%	1	2%
22	48	0	0%	29	60%	18	38%	1	2%
21	48	0	0%	26	54%	22	46%	0	0%
20	48	0	0%	24	50%	23	48%	1	2%
19	48	0	0%	22	46%	25	52%	1	2%
18	48	0	0%	20	42%	26	54%	2	4%
17	48	0	0%	16	33%	30	63%	2	4%
16	48	0	0%	19	40%	26	54%	3	6%
15	48	0	0%	15	31%	31	65%	2	4%
14	48	0	0%	17	35%	29	60%	2	4%
13	48	0	0%	16	33%	27	56%	5	10%
12	48	0	0%	20	42%	22	46%	6	13%
11	48	0	0%	20	42%	21	44%	7	15%
10	48	0	0%	20	42%	19	40%	9	19%
9	48	0	0%	21	44%	18	38%	9	19%
8	48	0	0%	22	46%	19	40%	7	15%
7	48	0	0%	29	60%	13	27%	6	13%
6	48	0	0%	30	63%	16	33%	2	4%
5	48	1	2%	30	63%	16	33%	1	2%
4	48	2	4%	35	73%	10	21%	1	2%
3	48	6	13%	40	83%	1	2%	1	2%
2	48	19	40%	27	56%	1	2%	1	2%
1	48	31	65%	14	29%	1	2%	2	4%
	3456	880	25%	1875	54%	619	18%	82	2%

Çizelge 5.14'e göre 24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan tüm kirişlere ait kiriş hasar bölgeleri Şekil 5.39'daki grafikte verilmiştir.

Çizelge 5.14. Kirişlerde meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri özet tablosu

TOPLAM SAYI	SINIRLI HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME ÖNCESİ		TÜP SİSTEMLER
	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	
3456	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	MERSİN ÇERÇEVE TÜP SİSTEM
3456	25%	880	54%	1875	18%	619	2%	82	HATAY ÇERÇEVE TÜP SİSTEM
1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	MERSİN ÇAPRAZLI TÜP SİSTEM
1728	96%	1727	4%	1	0%	0	0%	0	HATAY ÇAPRAZLI TÜP SİSTEM



Şekil 5.39. Kirişlere ait giriş hasar bölgeleri

Çizelge 5.14 ve Şekil 5.39'daki grafik incelendiğinde tüm yapı sistemlerinin kirişlerinde doğrusal olmayan analizler sonucu Mersin çerçeve tüp sisteme ait model yapıda bulunan 3456 adet kirişin 3456 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Hatay çerçeve tüp sisteme ait model yapıda bulunan 3456 adet kirişin 880 adedi (%25) sınırlı hasar bölgesinde, 1875 adedi (%54) belirgin hasar bölgesinde, 619 adedi (%18) ileri hasar bölgesinde 82 adedi (%2) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Bu sonuçlar, TBDY 2018 Bölüm 15.8.5'de verilen kurallar çerçevesinde değerlendirildiğinde göçme bölgesine geçen betonarme kirişlerin bulunması ve bu

oranın %20 değerinden küçük olması nedeniyle yapının en az göçmenin önlenmesi performans düzeyinde olduğu belirlenmektedir. Ancak çelik elemanlar için böyle bir istisna durum yoktur. Mersin çaprazlı tüp sisteme ait model yapıda bulunan 1728 adet kirişin 1728 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Kirişlerin tamamının sınırlı hasar bölgelerinde kaldığı görülmektedir. Hatay çaprazlı tüp sisteme ait model yapıda bulunan 1728 adet kirişin 1727 adedi (%96) sınırlı hasar bölgesinde, 1 adedi (%4) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Bu maddede yer alan diğer koşulların kontrol edilmesi sonrasında, yapının göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı belirlenecektir. Sistemler genel olarak kıyaslandığında DTS'den dolayı beklendiği üzere Hatay bölgesinde kirişlerde oluşan mafsallı sayılarının artışı gözlemlenebilmektedir. Tüp sistemler arasında yapılan karşılaştırmalarda, plastik mafsallaşmaların daha fazla çerçeve tüp sistemlerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, sistemin yapısal mekanizması gereği, çerçeve tüp sistemlerinde plastik mafsallaşmaların özellikle ilk olarak kirişlerde beklenmesinden kaynaklanmaktadır.

5.3.1.2. Kolonlarda doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

24 adet analizin sonucunda yapısal sistemlerin tüm katlarında bulunan tüm kolonlara ait kolon hasar bölgeleri Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18 de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Mersin çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

MERSİN ÇERÇEVE TÜP SİSTEM KOLON HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.15-devamı. Mersin çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
63	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
62	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
32	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.15-devamı. Mersin çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
23	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
22	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
	3456	3456	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.16. Hatay çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

HATAY ÇERÇEVE TÜP SİSTEM KOLON HASAR ORANLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.16-devamı. Hatay çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
62	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	48	46	96%	2	4%	0	0%	0	0%
53	48	45	94%	3	6%	0	0%	0	0%
52	48	45	94%	3	6%	0	0%	0	0%
51	48	43	90%	5	10%	0	0%	0	0%
50	48	43	90%	5	10%	0	0%	0	0%
49	48	42	88%	6	13%	0	0%	0	0%
48	48	42	88%	6	13%	0	0%	0	0%
47	48	40	83%	8	17%	0	0%	0	0%
46	48	38	79%	10	21%	0	0%	0	0%
45	48	38	79%	10	21%	0	0%	0	0%
44	48	35	73%	13	27%	0	0%	0	0%
43	48	30	63%	18	38%	0	0%	0	0%
42	48	29	60%	19	40%	0	0%	0	0%
41	48	28	58%	20	42%	0	0%	0	0%
40	48	28	58%	20	42%	0	0%	0	0%
39	48	26	54%	22	46%	0	0%	0	0%
38	48	25	52%	23	48%	0	0%	0	0%
37	48	34	71%	14	29%	0	0%	0	0%
36	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
35	48	48	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
33	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
32	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
31	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
30	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
29	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
28	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
27	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
26	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
25	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
24	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
23	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.16-devamı. Hatay çerçeve tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
22	48	47	98%	1	2%	0	0%	0	0%
21	48	46	96%	2	4%	0	0%	0	0%
20	48	45	94%	3	6%	0	0%	0	0%
19	48	42	88%	6	13%	0	0%	0	0%
18	48	41	85%	7	15%	0	0%	0	0%
17	48	39	81%	9	19%	0	0%	0	0%
16	48	34	71%	14	29%	0	0%	0	0%
15	48	33	69%	15	31%	0	0%	0	0%
14	48	32	67%	16	33%	0	0%	0	0%
13	48	32	67%	16	33%	0	0%	0	0%
12	48	31	65%	17	35%	0	0%	0	0%
11	48	28	58%	20	42%	0	0%	0	0%
10	48	25	52%	23	48%	0	0%	0	0%
9	48	23	48%	25	52%	0	0%	0	0%
8	48	19	40%	29	60%	0	0%	0	0%
7	48	17	35%	31	65%	0	0%	0	0%
6	48	16	33%	32	67%	0	0%	0	0%
5	48	16	33%	30	63%	2	4%	0	0%
4	48	16	33%	30	63%	2	4%	0	0%
3	48	17	35%	27	56%	4	8%	0	0%
2	48	18	38%	25	52%	5	10%	0	0%
1	48	0	0%	37	77%	11	23%	0	0%
	3456	2797	100%	635	1323%	24	0%	0	0%

Çizelge 5.17. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

MERSİN ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM KOLON MAFSAL SONUÇLARI									
KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.17-devamı. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KİRİŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.17-devamı. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.18. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

HATAY ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM KOLON MAFSAL SONUÇLARI									
KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
70	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
68	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
66	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
64	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.18-devamı. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
62	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
60	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
58	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
56	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
55	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
54	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
52	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
51	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
50	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
49	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
48	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
46	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
44	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
42	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
40	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
38	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
36	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
34	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
32	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
30	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
26	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
24	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%

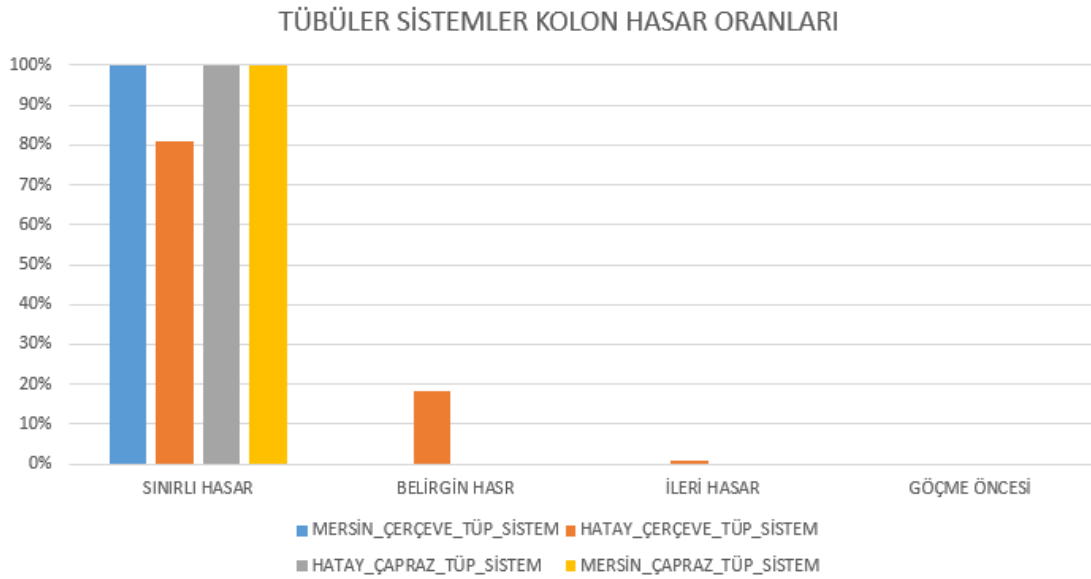
Çizelge 5.18-devamı. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	KIRIŞ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
22	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
20	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
18	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
16	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
14	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
12	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
8	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
6	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
4	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
2	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1	24	24	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.19. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri özet tablosu

	SINIRLI HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME ÖNCESİ		TÜP SİSTEMLER
	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	
3456	100%	3456	0%	0	0%	0	0%	0%	MERSİN ÇERÇEVE TÜP SİSTEM
3456	81%	2797	18%	635	1%	24	0%	0%	HATAY ÇERÇEVE TÜP SİSTEM
1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	MERSİN ÇAPRAZ TÜP SİSTEM
1728	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	HATAY ÇAPRAZ TÜP SİSTEM

İki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda tüm katlarında bulunan tüm kolonlara ait kolon hasar bölgeleri Şekil 5.40'da grafik şeklinde verilmiştir.



Şekil 5.40. Kolonlarda meydana gelen hasar bölgeleri

Çizelge 5.19’da özet olarak sunulan ve Şekil 5.40’da grafik olarak verilen sonuçlara bakıldığında tüm yapı sistemlerinde kolonlarda doğrusal olmayan analizler sonucu Mersin çerçeve tüp sisteme ait model yapıda bulunan 3456 adet kirişin 3456 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Hatay çerçeve tüp sisteme ait model yapıda bulunan 3456 adet kolonun 2979 adedi (%81) sınırlı hasar bölgesinde, 635 adedi (%18) belirgin hasar bölgesinde, 24 adedi (%1) ileri hasar bölgesinde 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Mersin çaprazlı tüp sisteme ait model yapıda bulunan 1728 adet kolon 1728 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Kolonların tamamının sınırlı hasar bölgelerinde kaldığı görülmektedir. Hatay çaprazlı tüp sisteme ait model yapıda bulunan 1728 adet kolonun 1728 adedi (%100) sınırlı hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Diğer yapı elemanlarında hasar durumlarının kontrol edilmesi sonrasında, yapının göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı belirlenecektir. Sistemler genel olarak kıyaslandığında DTS’den dolayı beklendiği üzere Hatay bölgesinde çerçeve tüp sistem kolonlarında oluşan mafsallı sayılarının ve hasar bölgelerinin arttığı gözlemlenebilmektedir. Bu durum, sistemin yapısal mekanizması

gereği, çerçeve tüp sistemlerinde plastik mafsallaşmaların özellikle ilk olarak kirişlerde sonrasında kolonlarda beklenmesinden kaynaklanmaktadır.

Tüp sistemleri arasında yapılan karşılaştırmalarda, plastik mafsallaşmaların daha fazla çerçeve tüp sistemlerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, sistemin yapısal mekanizması gereği, yatay yüklere karşı çerçeve tüp sistemlerinde plastik mafsallaşmaların özellikle ilk olarak kirişlerde sonrasında kolonlarda oluşması beklenirken çaprazlı tüp sistemlerde ilk olarak çaprazların sonra kirişlerin en son kolonların devreye girmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum ise çaprazlı tüp sistemlerin avantajını birkez daha gözönüne sermektedir.

5.3.1.3. Çaprazlarda doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

24 adet analizin sonucunda çaprazlı tüp sistemlerin tüm katlarında bulunan 288 adet çapraza ait hasar bölgeleri Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

MERSİN ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM ÇAPRAZ MAFSAL SONUÇLARI									
KAT	ÇAPRAZ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
71									
70	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
69									
68	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
67									
66	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
65									
64	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
63									
62	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
61									
60	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
59									
58	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
57									
56	8	7	88%	1	12%	0	0%	0	0%
55									
54	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
53									
52	8	2	25%	6	75%	0	0%	0	0%
51									
50	8	3	38%	5	62%	0	0%	0	0%
49									
48	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
47									

Çizelge 5.20-devamı. Mersin çaprazlı kafes tüp sistemine ait çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	ÇAPRAZ	SINIRLI HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
46	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
45									
44	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
43									
42	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
41									
40	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
39									
38	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
37									
36	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
35									
34	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
33									
32	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
31									
30	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
29									
28	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
27									
26	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
25									
24	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
23									
22	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
21									
20	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
19									
18	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
17									
16	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
15									
14	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
13									
12	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
11									
10	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
9									
8	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
7									
6	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
5									
4	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
3									
2	8	8	100%	0	0%	0	0%	0	0%
1									
	288	276	100%	12	75%	0	0%	0	0%

Çizelge 5.21. Hatay çaprazlı tüp sistemine ait çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

HATAY ÇAPRAZLI KAFES TÜP SİSTEM ÇAPRAZ MAFSAL SONUÇLARI									
KAT	ÇAPRAZ SAYISI	SINIRLI HASAR BÖLGESİ		BELİRGİN HASAR BÖLGESİ		İLERİ HASAR BÖLGESİ		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
72									
71	8	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
70									
69	8	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
68									
67	8	3	37,5%	5	62,5%	0	0,0%	0	0,0%
66									
65	8	1	12,5%	7	87,5%	0	0,0%	0	0,0%
64									
63	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
62									
61	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
60									
59	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
58									
57	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
56									
55	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
54									
53	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
52									
51	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
50									
49	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
48									
47	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
46									
45	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
44									
43	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
42									
41	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
40									
39	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
38									
37	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
36									
35	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
34									
33	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
32									
31	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
30									
29	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
28									
27	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
26									
25	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
24									
23	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
22									
21	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
20									
19	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%

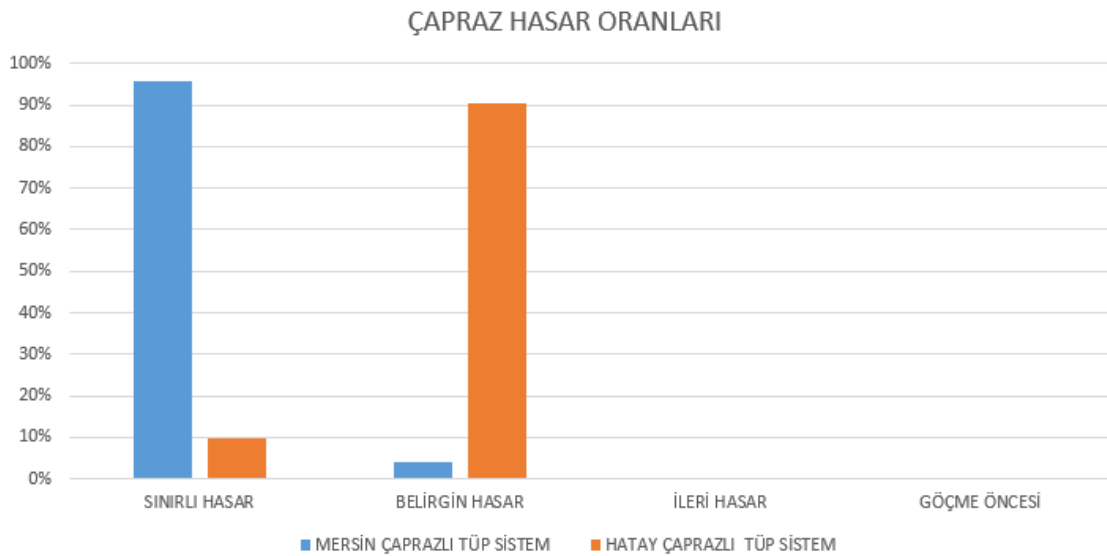
Çizelge 5.21-devamı. Hatay çaprazlı kafes tüp sistemine ait çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

KAT	ÇAPRAZ SAYISI	SINIRLI HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
		ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN	ADET	ORAN
18	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
17									
16	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
15									
14	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
13									
12	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
11									
10	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
9									
8	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
7									
6	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
5									
4	8	0	0,0%	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
3									
2	8	8	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
1									
	288	28	100,0%	260	100,0%	0	0,0%	0	0,0%

Çizelge 5.22. Çaprazlı kafes tüp sistemlerine ait çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri ve adetleri

	SINIRLI HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME ÖNCESİ		
288	96%	276	4%	12	0%	0	0%	0	MERSİN ÇAPRAZ TÜP SİSTEM
288	10%	28	90%	260	0%	0	0%	0	HATAY ÇAPRAZ TÜP SİSTEM

Çizelge 5.22'ye göre iki doğrultudaki toplam 24 adet analizin sonucunda binanın tüm katlarında bulunan 288 adet çaprazla ait hasar bölgeleri Şekil 5.41'de verilmiştir.



Şekil 5.41. Çaprazlarda meydana gelen hasar bölgeleri

Çizelge 5.22’de Mersin çaprazlı tüp sistem yapıda bulunan 288 adet çaprazın 276 adedi (%96) sınırlı hasar bölgesinde, 12 adedi (%4) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Öte yandan Hatay çaprazlı tüp sistem 288 adet çaprazın 28 adedi (%10) sınırlı hasar bölgesinde, 260 adedi (%90) belirgin hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) ileri hasar bölgesinde, 0 adedi (%0) göçme bölgesinde bulunmaktadır. Sistemler lokasyon açısından kıyas edildiğinde Mersin’de sınırlı hasar bölgesinde kalan çapraz elemanlarının çoğunun Hatay bölgesinde belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir. Bu durum sistemde öngörüldüğü üzere kiriş, kolon elemanlarından ziyade çapraz elemanların çalıştığını sistemin kendisinden beklenen performansı sağladığını göstermektedir.

Şekil 5.42 ve Şekil 5.47 arasında Mersin ve Hatay lokasyonunda çaprazlı kafes tübüler ve çerçeve tübüler sistemlerde en fazla hasarın meydana geldiği depremler için hasar bölgeleri görülmektedir.

Şekil 5.42’den Gölcük depremi için Mersin’de çerçeve tüp sistemde kolon ve kiriş elemanların sınırlı hasar noktasını aşmadığı Hatay’da çerçeve tüp sistemde ise kiriş elemanların belirgin hasar ve ileri hasar bölgesine geçtiği bazı kolon elemanlarında ise belirgin hasar meydana geldiği görülmektedir.

Şekil 5.43’ten Darfield depremi için Mersin’de çerçeve tüp tüp sistemde kolon ve kiriş elemanların sınırlı hasar noktasını aşmadığı Hatay’da çerçeve tüp sistemde ise kiriş elemanların belirgin hasar ve ileri hasar bölgesine geçtiği bazı kolon elemanlarında ise belirgin hasar meydana geldiği görülmektedir.

Şekil 5.44’ten Darfield depremi için Mersin’de çaprazlı kafes tüp sistemde sınırlı hasarı noktasının aşılmadığı, Hatay’da çaprazlı kafes tüp sistemde çaprazların belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir.

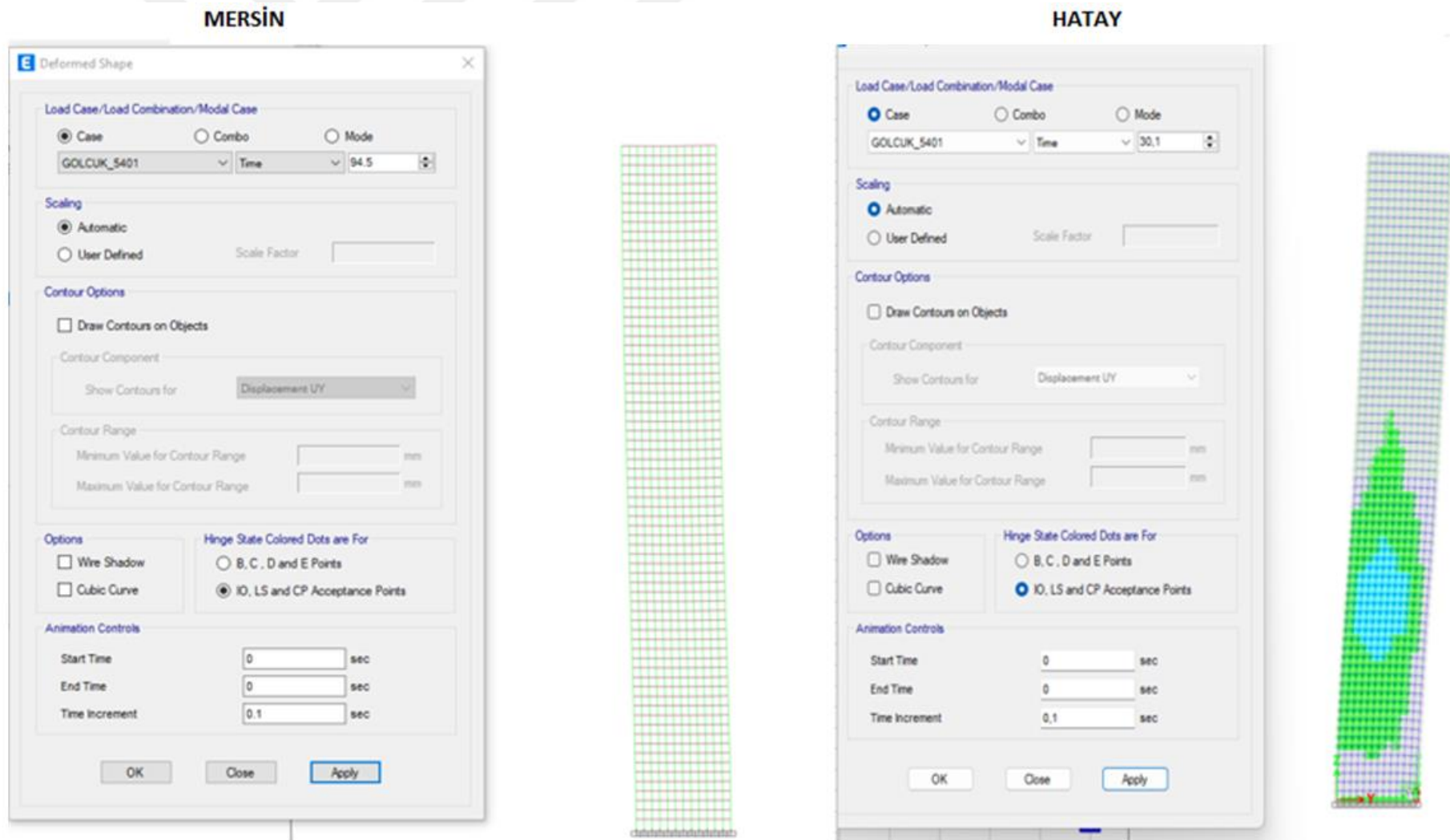
Şekil 5.45’te, Gölcük depremi için Mersin’de çaprazlı kafes tüp sistemde çaprazlarda sınırlı hasar noktası aşılmadığı Hatay’da çaprazlı kafes tüp sistemde çaprazların belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir.

Şekil 5.46’da, Van depremi için Mersin’de çaprazlı kafes tüp sistemde çapraz elemanlardan bazılarının belirgin hasar bölgelerine geçtiği , Hatay’da çaprazlı kafes tüp sistemde çaprazların çoğunun belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir.

Şekil 5.47’de, Van depremi için Mersin’de çerçeve tüp sistemde kolon ve kiriş elemanların sınırlı hasar noktasını aşmadığı Hatay’da çerçeve tüp sistemde ise kiriş elemanların belirgin hasar bölgesine geldiği görülmektedir.

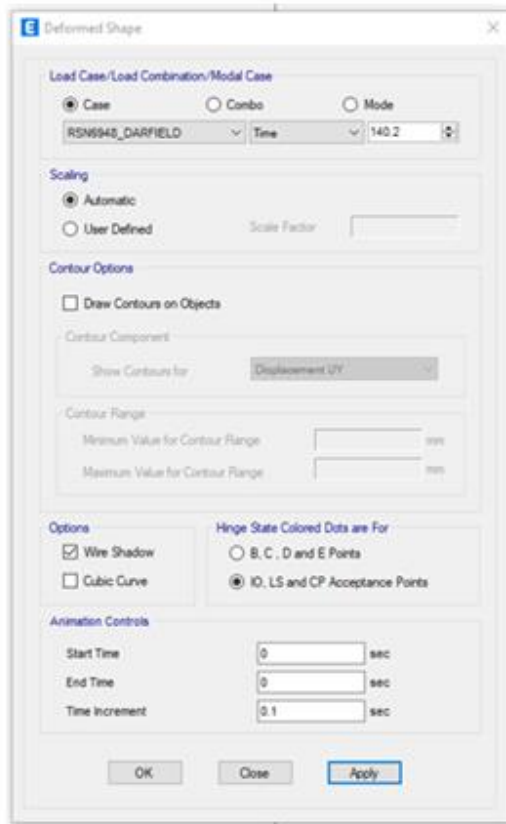
Şekil 5.48’de çerçeve t p sistemleri ve  aprazlı kafes t p sistemlerine ait enerji tüketim eğrileri, Şekil 5.49’da,  er eve t p sistemleri ve  aprazlı kafes t p sistemlerine ait plastik mafsall maksimum enerji tüketim değerlerinin karşılaştırması görülmektedir.



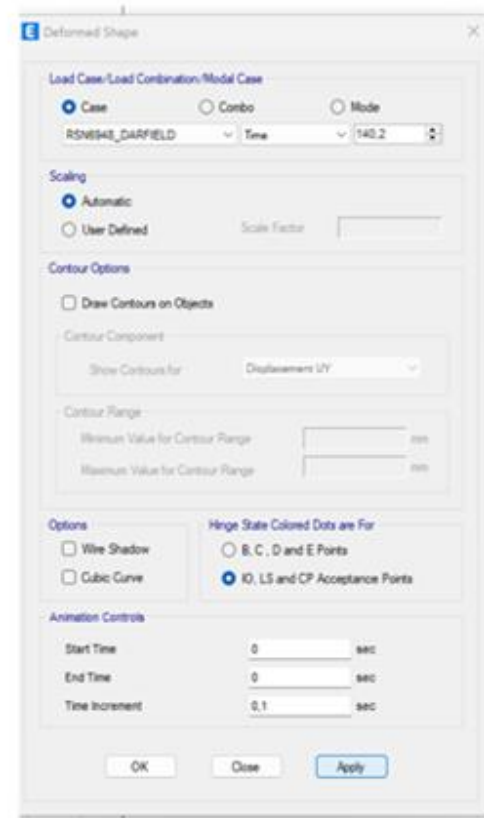


Şekil 5.42. Mersin ve Hatay çerçeve tüp sistemlerinde Gölçük depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri

MERSİN



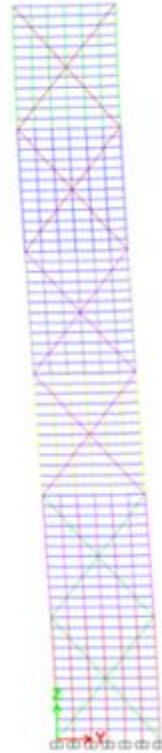
HATAY



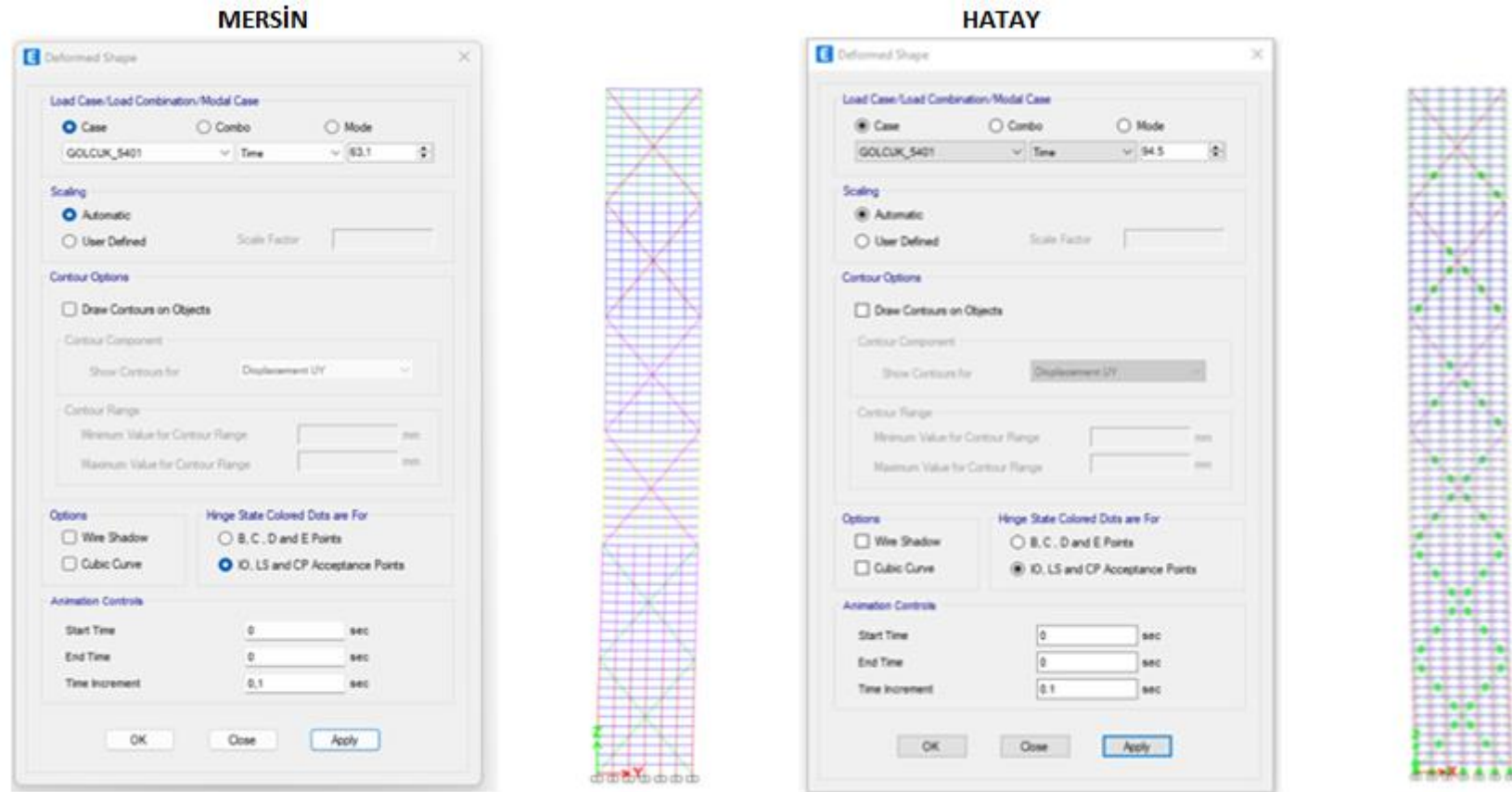
Şekil 5.43. Mersin ve Hatay çerçeve tüp sistemlerinde Darfield depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri

MERSİN

HATAY



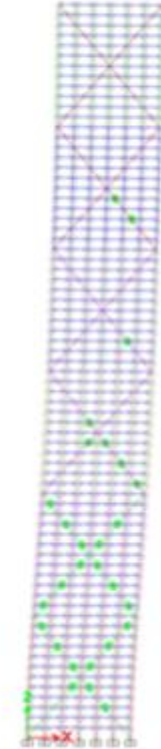
Şekil 5.44. Mersin ve Hatay çaprazlı kafes tüp sistemlerinde Darfield depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri



Şekil 5.45. Mersin ve Hatay çaprazlı kafes tüp sistemlerinde Gölçük depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri

MERSİN

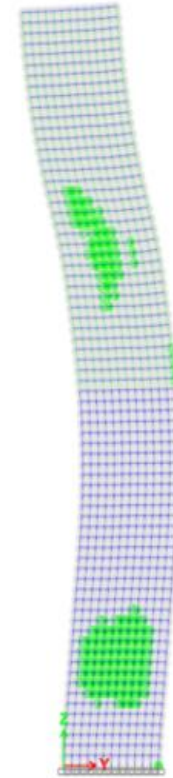
HATAY



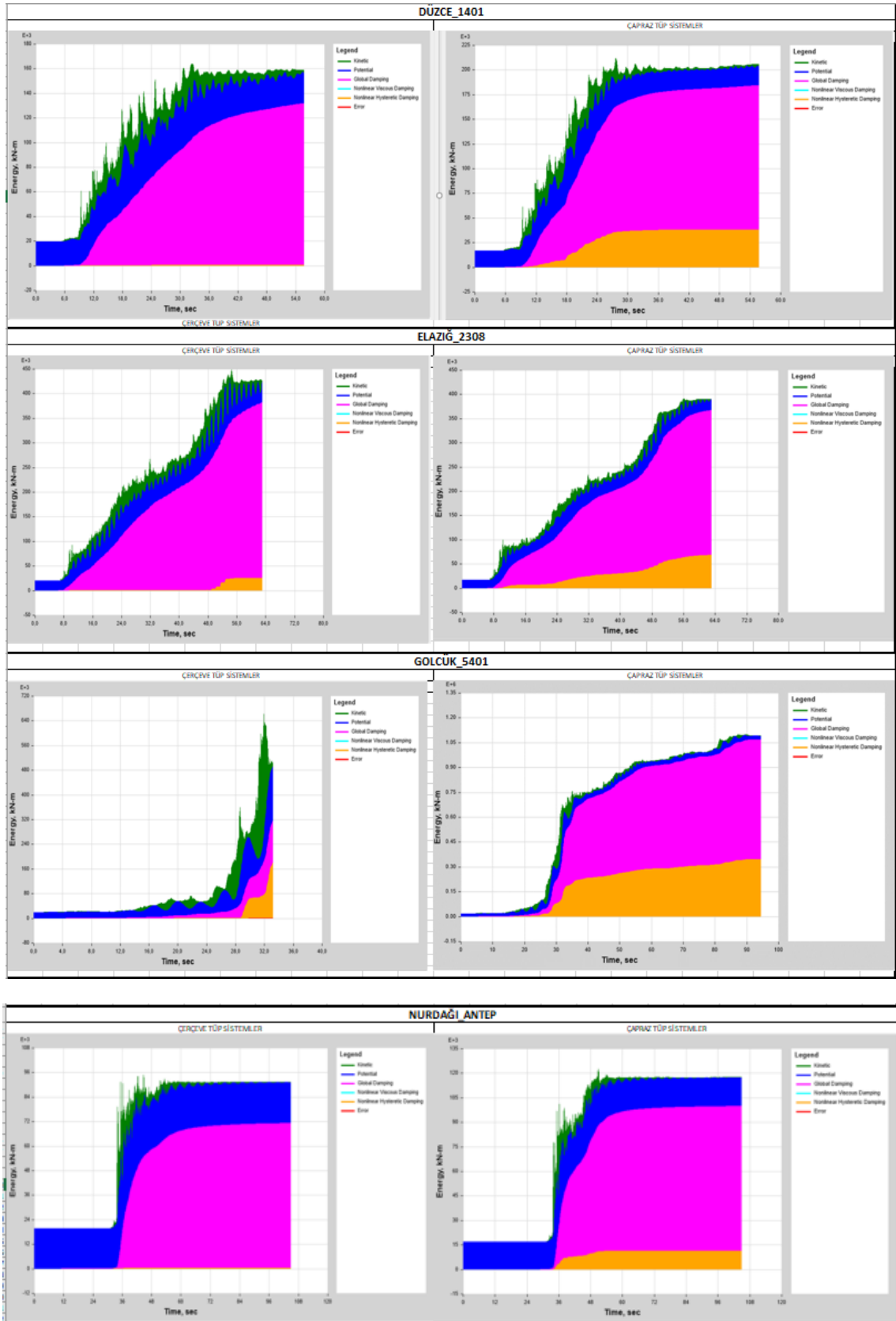
Şekil 5.46. Mersin ve Hatay çaprazlı kafes tüp sistemlerinde Van depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri

MERSIN

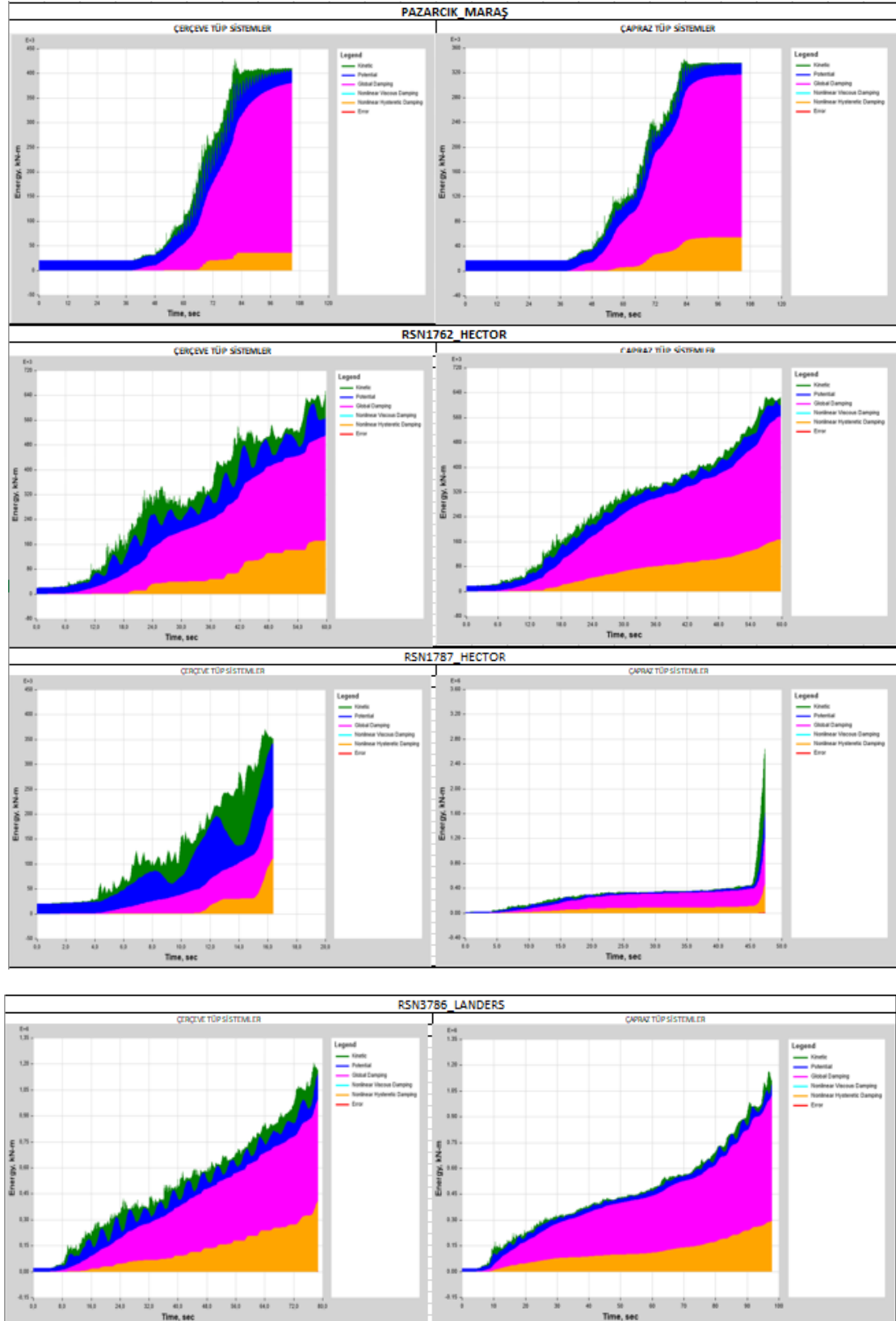
HATAY



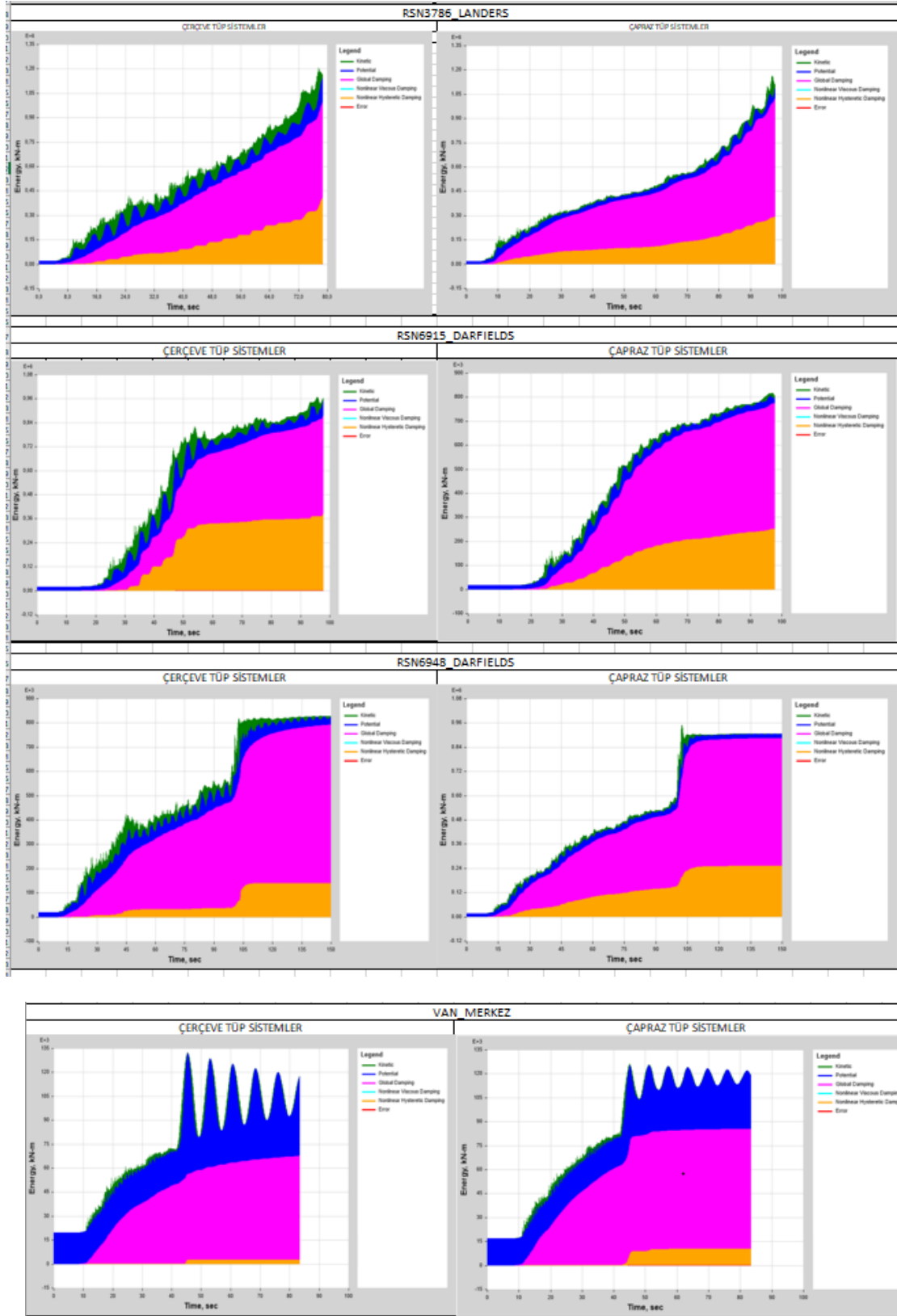
Şekil 5.47. Mersin ve Hatay çerçeve tüp sistemlerinde Van depremi durumunda meydana gelen hasar bölgeleri



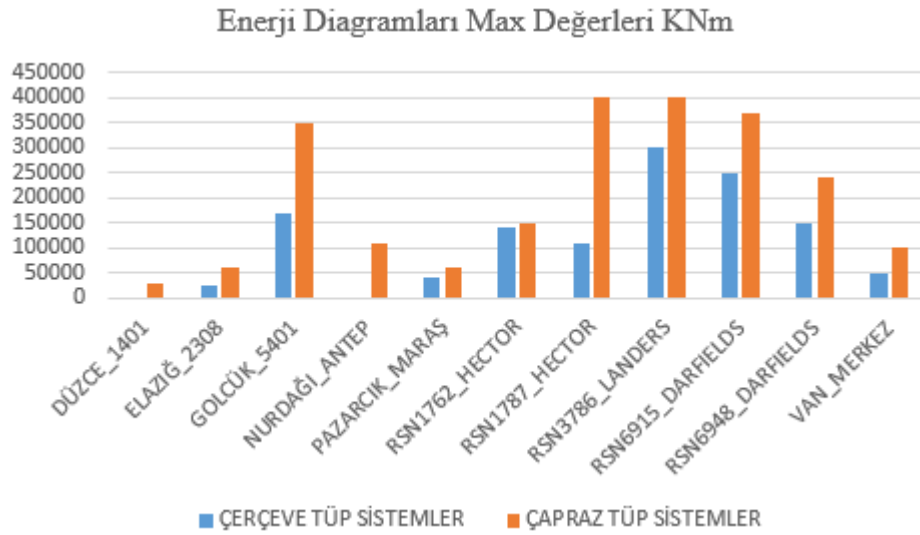
Şekil 5.48. Çerçeve tüp ve çaprazlı kafes tüp sistemlerine ait enerji tüketim eğrileri



Şekil 5.48-devamı. Çerçeve tüp ve çaprazlı kafes tüp sistemlerine ait enerji tüketim eğrileri



Şekil 5.48-devamı. Çerçeve tüp ve çaprazlı kafes tüp sistemlerine ait enerji tüketim eğrileri



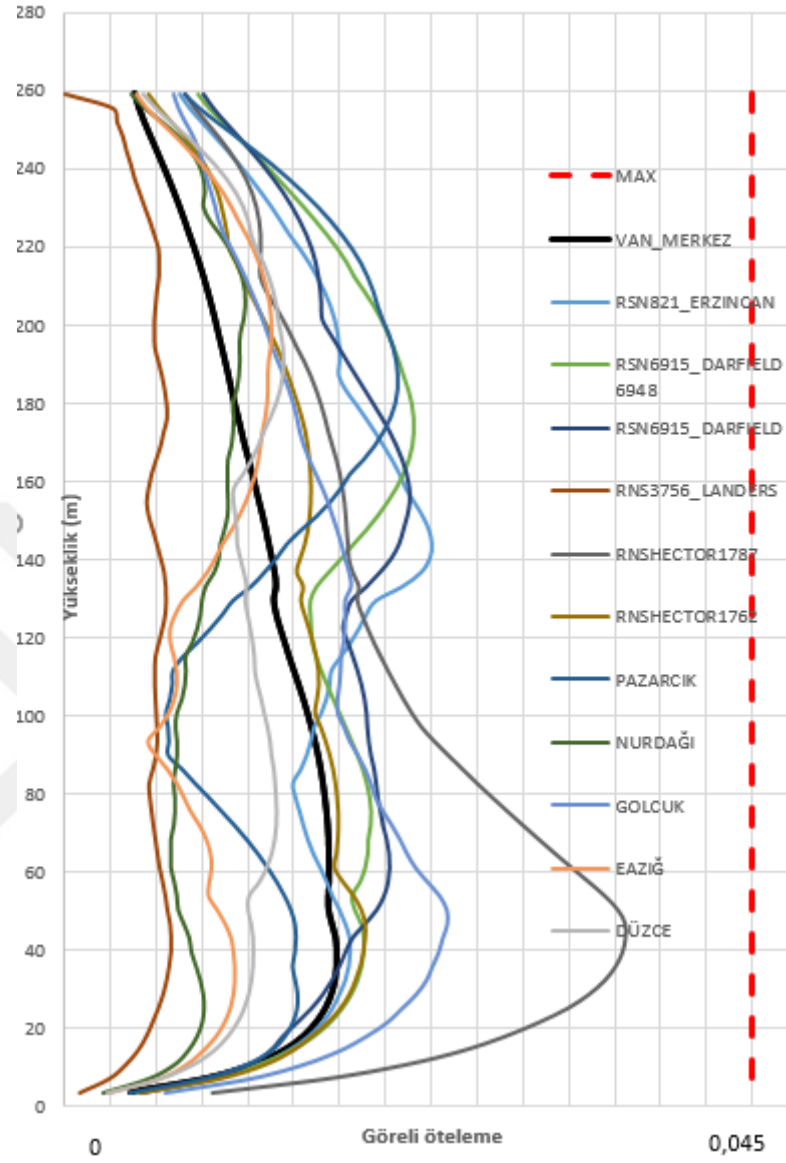
Şekil 5.49. Çerçe tıp sistemleri ve çaprazlı kafes tıp sistemlerine ait plastik mafsall maksimum enerji tüketim değerleri

Şekil 5.48 incelendiğinde çeşitli sönüm mekanizmalarına ait içsel sönüm, elastik sönüm, elastik olmayan sönüm gibi enerji tüketme eğrileri görülmektedir. Turuncu renkli alanlar ile plastik mafsallarda tüketilen enerji miktarı temsil edilmektedir. Şekil 5.49'da çapraz tıp sistemleri ve çerçeve tıp sistemlerine ait yalnızca plastik mafsallardan kaynaklı elastik olmayan sönüm eğrilerinin maksimum değerleri gösterilmiştir. Grafikte çapraz sistemlere ait plastik mafsallardan kaynaklı sönüm mekanizmasının daha fazla enerji tükettiği görülmektedir. Çapraz sistemlerin davranış açısından daha sünek bir davranış sergilediği yorumu yapılabilir.

5.3.1.4. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

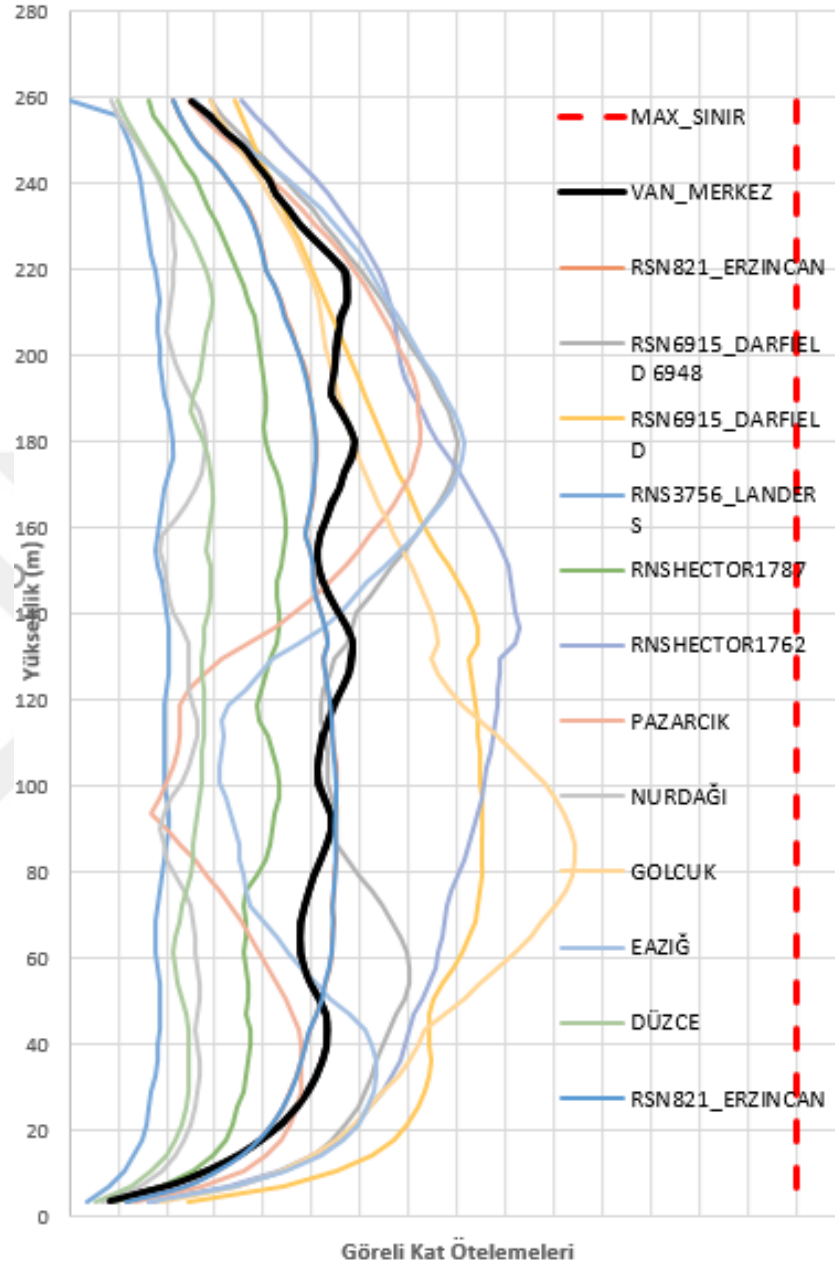
III. Aşama performans değerlendirmesi göreli kat ötelemesi kontrolü ile tamamlanmıştır. TBDY 2018, Bölüm 13.6.5.2 uyarınca, yapılan doğrusal olmayan hesap sonucunda her bir katta gözönüne alınan 12 adet depremden elde edilen ortalama göreli kat ötelemesi oranı 0.03'ü, tek bir depremden elde edilen en büyük göreli kat ötelemesi oranı ise 0.045'i geçmeyecektir. Bu kontroller Şekil 5.50 ile Şekil 5.58 arasında verilmiştir.

Hatay Çerçeve Tüp Sistemine ait en büyük görelî kat
ötelemesi X yönü



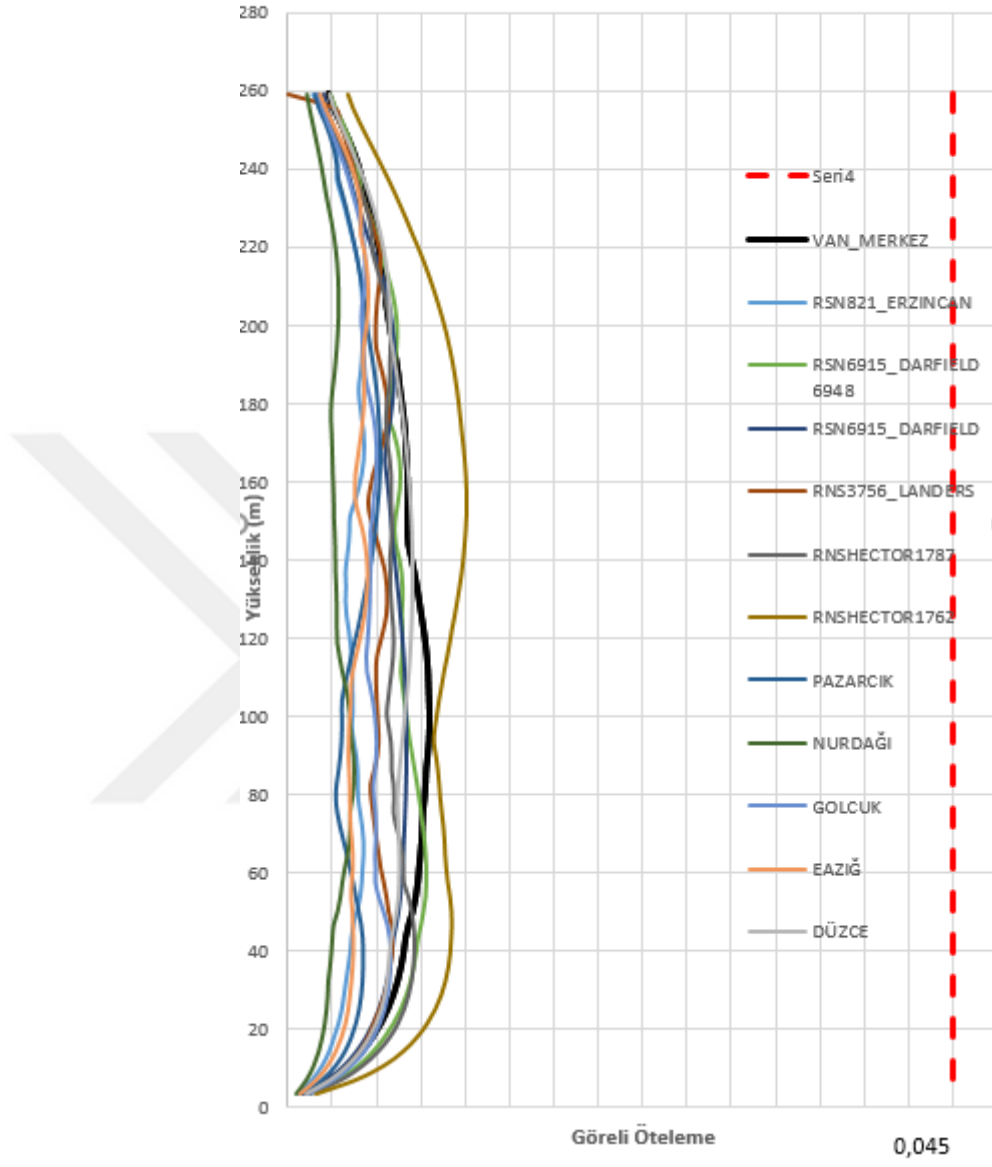
Şekil 5.50. Hatay çerçeve tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
X yönü

Hatay Çerçeve Tüp Sistemine ait en büyük görel kat
ötelemesi Y yönü



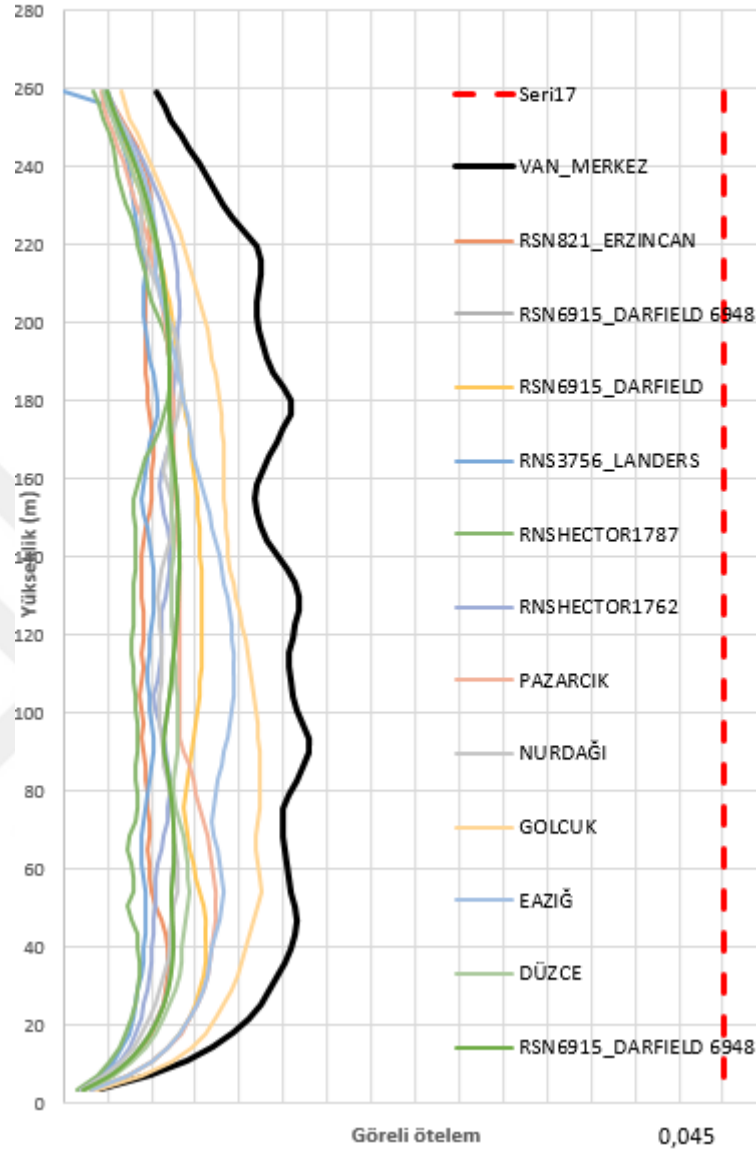
Şekil 5.51. Hatay çerçeve tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görel kat ötelemesi-
Y yönü

**Mersin Çerçeve Sistem en büyük görelî kat ötelemesi
X yönü**



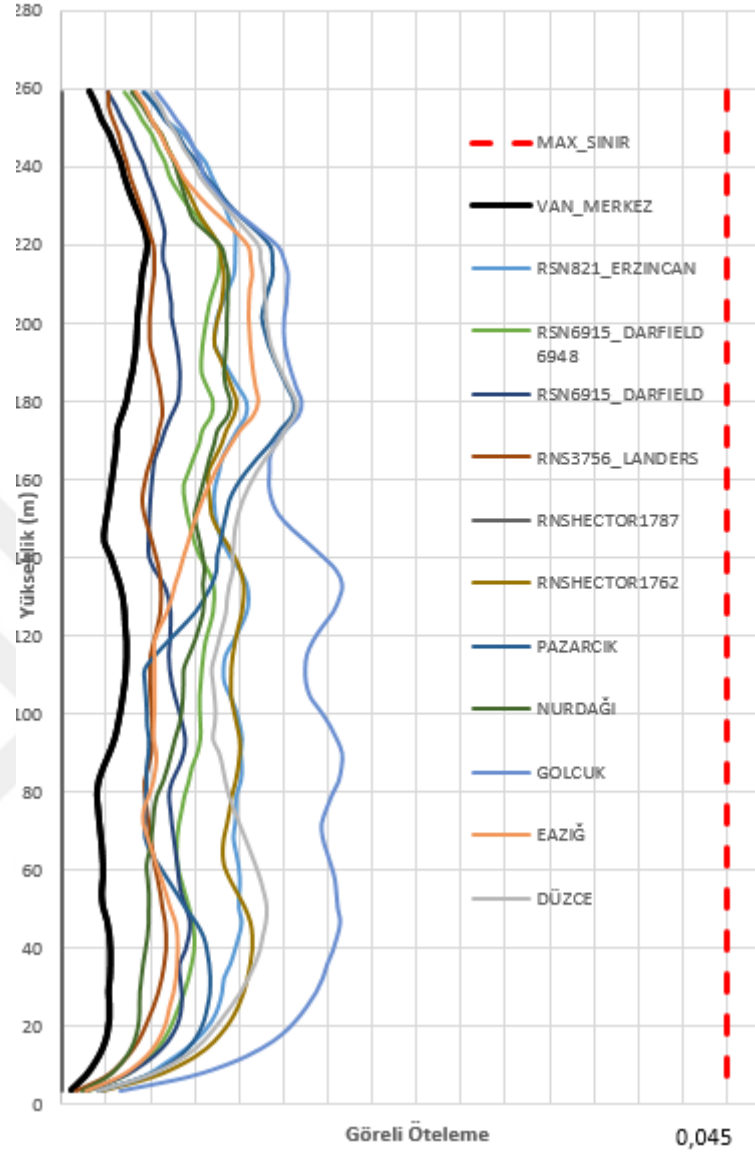
Şekil 5.52. Mersin çerçeve tûp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
X yönü

**Mersin Çerçeve Tüp Sistem en büyük görelî
kat ötelemesi Y yönü**



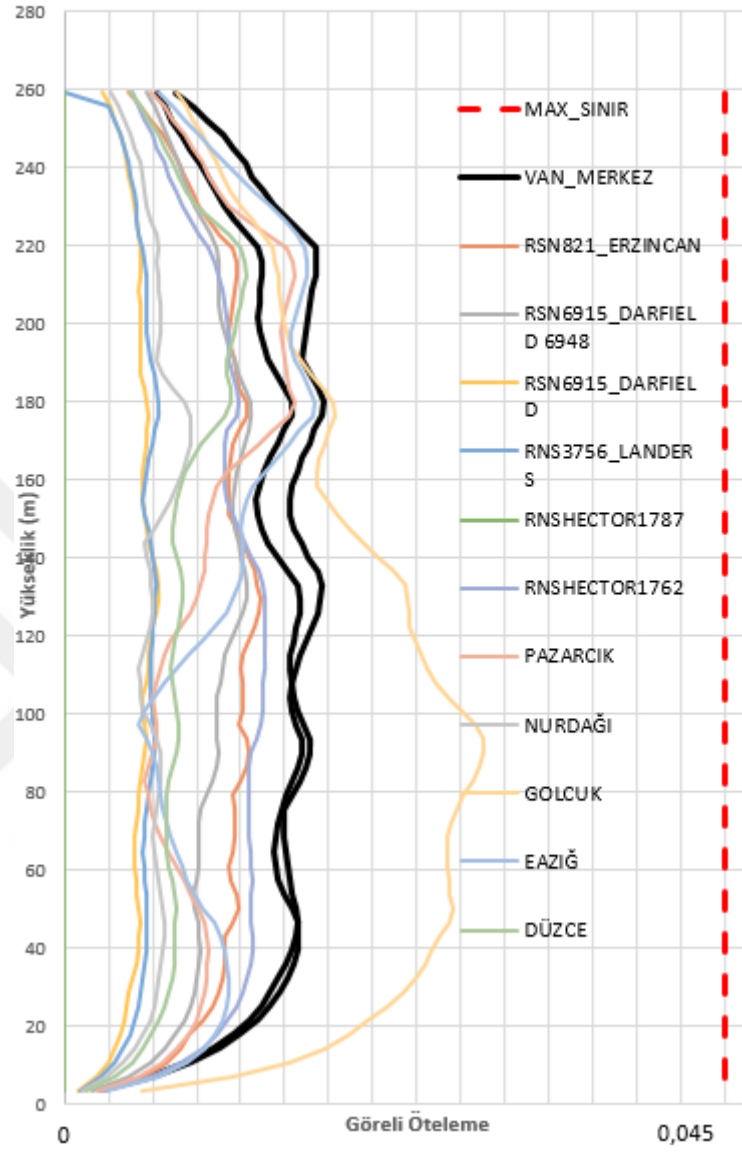
Şekil 5.53. Mersin çerçeve tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
Y yönü

Hatay Çapraz Tüp Sistem en büyük görel kat
ötelemesi X yönü

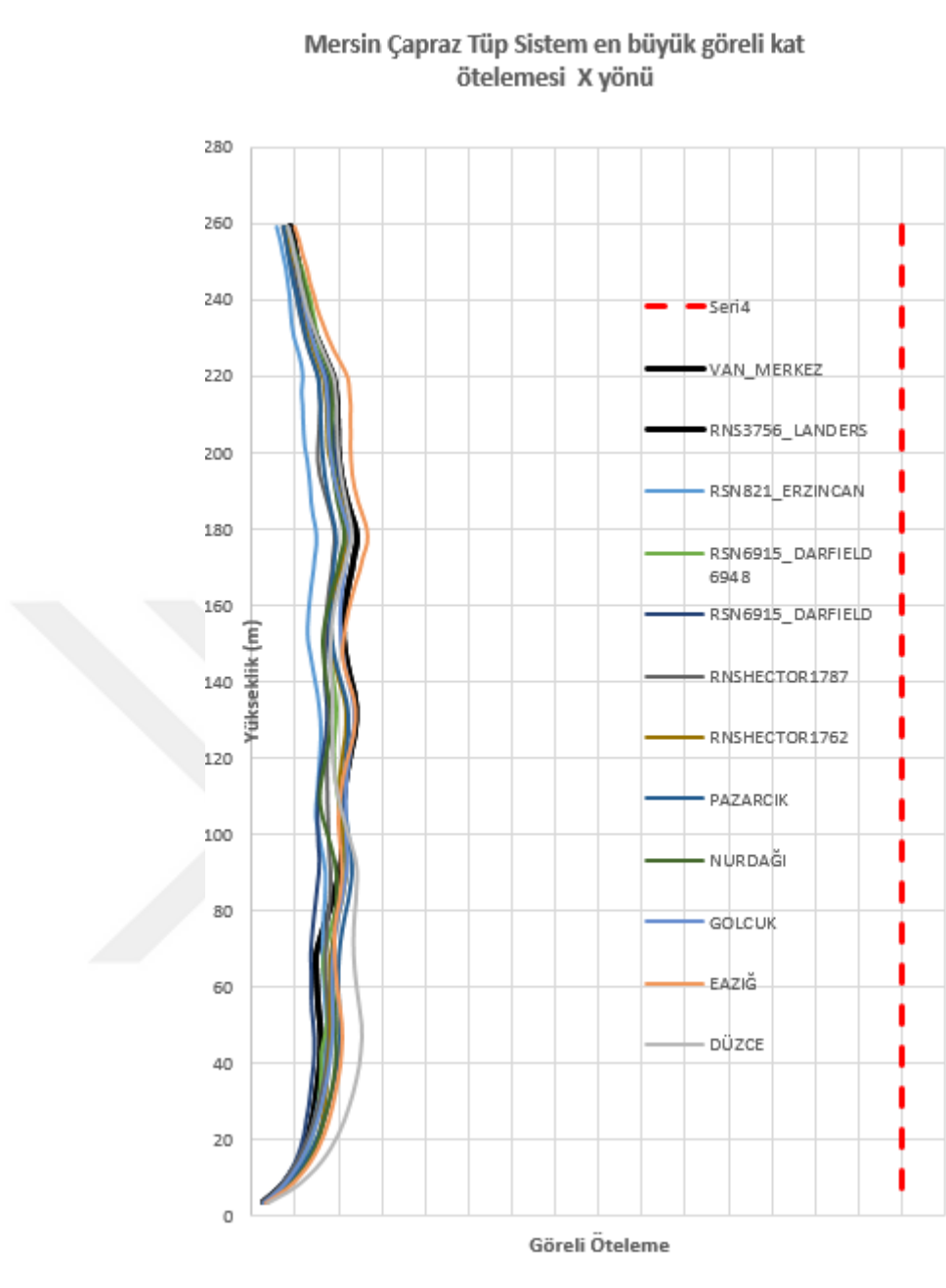


Şekil 5.54. Hatay çapraz tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
X yönü

**Hatay Çapraz Tüp Sistem en büyük görel kat
ötelemesi Y yönü**

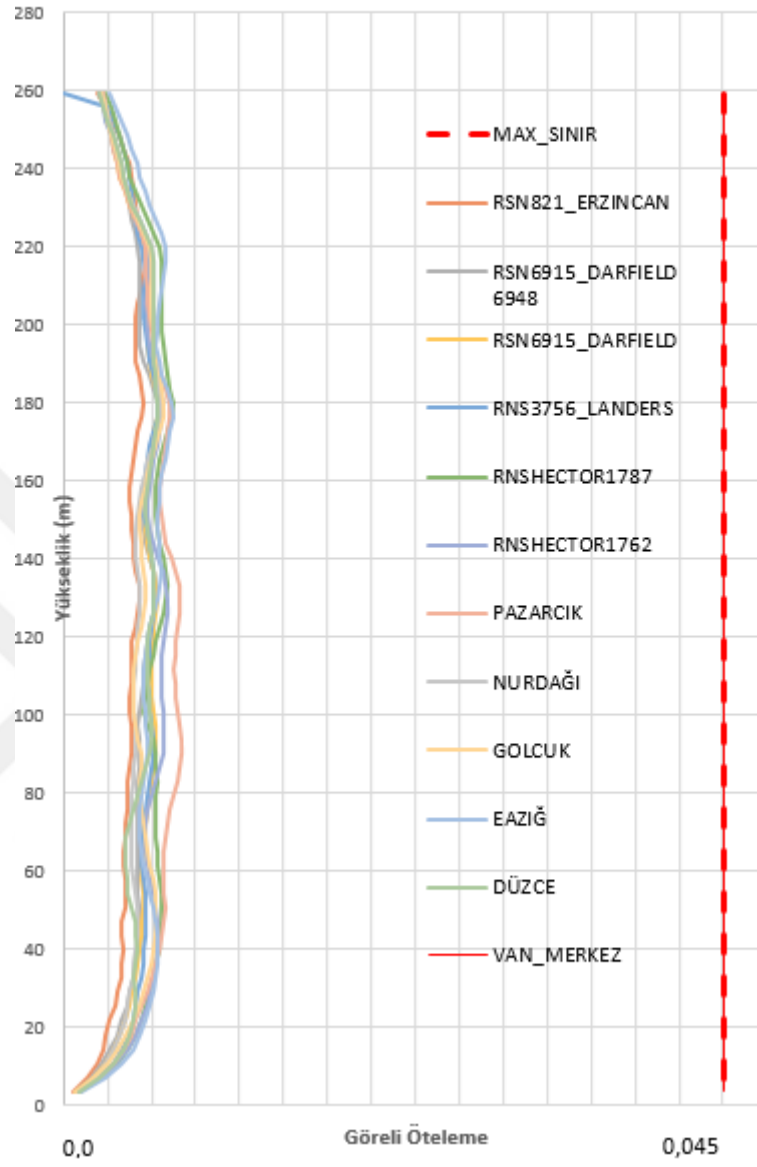


Şekil 5.55. Hatay çapraz tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
Y yönü



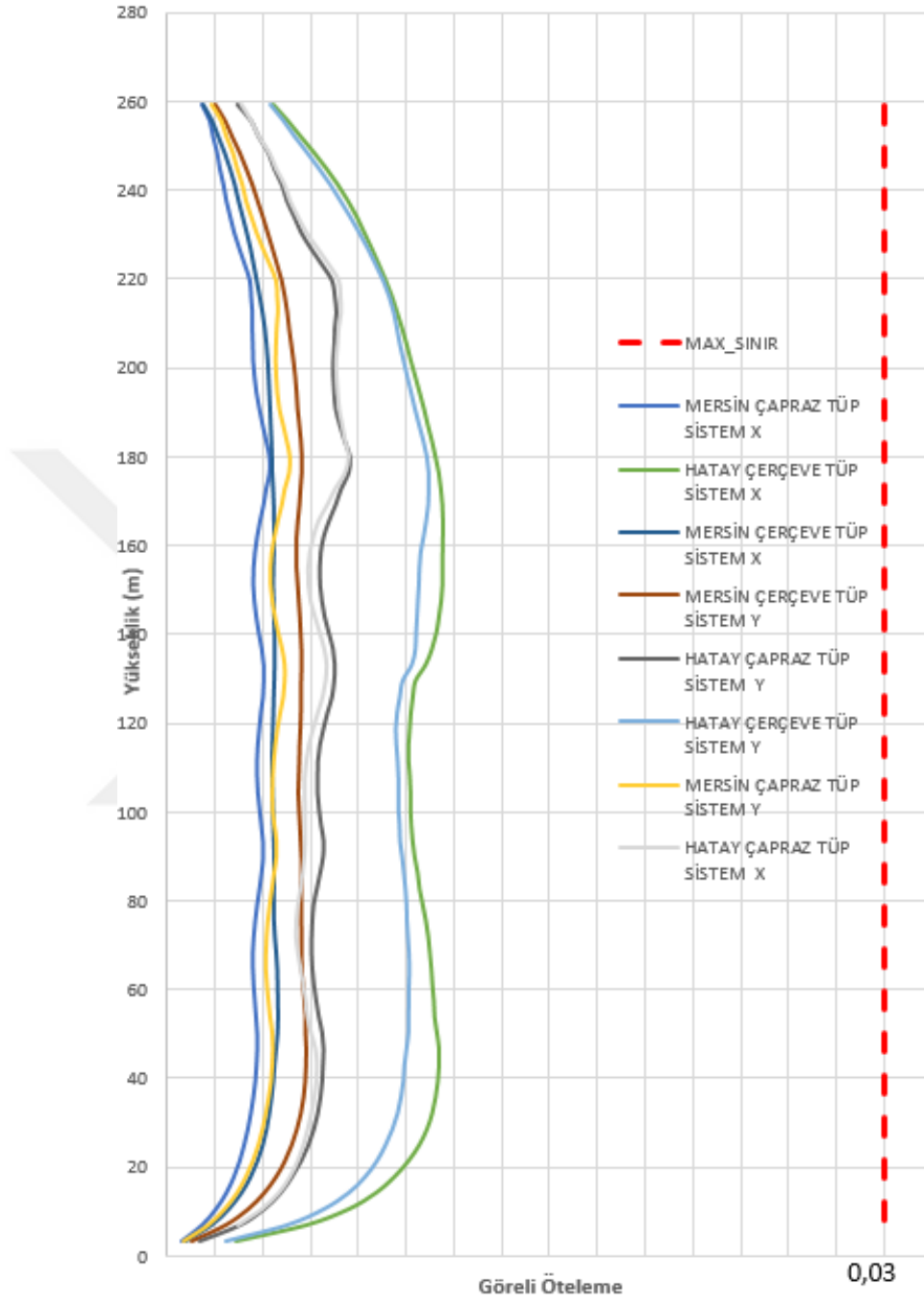
Şekil 5.56. Mersin çapraz tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
X yönü

**Mersin Çapraz Tüp Sistem en büyük görelî
kat ötelemesi Y yönü**



Şekil 5.57. Mersin çapraz tüp sistemine ait depremlerden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi-
Y yönü

**Depremlerden elde edilen ORTALAMA görelî kat
ötelemesi X ve Y yönü**



Şekil 5.58. 12 adet depremden elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi, X ve Y yönü

Farklı tübüler sistemler arasındaki görelî kat öteleme kontrolleri incelendiğinde, tüm sistemlerin her bir depremde, sınır değeri olan 0.045'in altında kaldığı görülmüştür. Ayrıca, Şekil 5.58'deki tüm depremler için hesaplanan ortalama görelî kat öteleme değerlerinin 0.03 sınır değeri altında olduğu görülmektedir. Karşılaştırmalarda, görelî

kat ötelemesinin en fazla Hatay çerçeve tüp sistemlerinde meydana geldiği, bunu Hatay çapraz tüp sistemlerinin izlediği görülmektedir. Bu durumun, Hatay bölgesindeki DTS değerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Sistemler kendi arasında kıyaslandığında ise, çaprazlı kafes tüp sistemlerinin görelî kat öteleme konusunda, çerçeve tüp sistemlerine göre daha iyi performans sergilediği, ortalama görelî kat öteleme grafiklerinden açıkça görülebilmektedir. Bu sonuç, çapraz tüp sistemlerinin tasarım aşamasında daha verimli bir deprem performansı sunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde çaprazlı tüp sistemlere ait grafikler incelendiğinde, çaprazların etkisi grafikler üzerinde oluşan zigzaglı yapıdan izlenebilmektedir. Bu durum, yapılara görelî ötelemeler açısından daha stabil bir durum sunmaktadır.

5.4. Metrajlar

Sistemler arasında yapılan metraj kıyasında farklılık arz eden elemanlara ait metrajlar Çizelge 5.23, Çizelge 5.24 ve Çizelge 5.25 te sunulmuştur.

Çizelge 5.23. Tübüler sistemlere ait beton metrajları

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
BETON							BETON						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR
72	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	72	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
71	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	71	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
70	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	70	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
69	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	69	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
68	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	68	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
67	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	67	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
66	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	66	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
65	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	65	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
64	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	64	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
63	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	63	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
62	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	62	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
61	C100X100-W460X106	28	1	1	3,6	100,8	61	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
60	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	60	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
59	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	59	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2

Çizelge 5.23-devamı. Tübüler sistemlere ait beton metrajları

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
BETON							BETON						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR
58	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	58	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
57	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	57	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
56	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	56	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
55	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	55	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
54	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	54	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
53	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	53	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
52	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	52	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
51	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	51	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
50	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	50	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
49	C120X120-W530X150	28	1,2	1,2	3,6	145,2	49	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
48	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	48	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
47	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	47	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
46	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	46	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
45	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	45	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
44	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	44	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
43	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	43	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
42	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	42	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
41	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	41	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
40	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	40	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
39	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	39	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
38	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	38	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
37	C140X140-W840X240	28	1,4	1,4	3,6	197,6	37	C100X100-W460X106	52	1	1	3,6	187,2
36	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	36	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
35	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	35	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
34	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	34	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
33	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	33	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
32	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	32	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
31	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	31	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
30	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	30	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
29	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	29	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
28	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	28	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6

Çizelge 5.23-devamı. Tübüler sistemlere ait beton metrajları

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
BETON							BETON						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	BOY	UZUNLUK	MİKTAR
27	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	27	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
25	C160X160-W920X238	28	1,6	1,6	3,6	258,0	25	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
24	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	24	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
23	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	23	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
22	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	22	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
21	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	21	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
20	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	20	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
19	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	19	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
18	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	18	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
17	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	17	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
16	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	16	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
15	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	15	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
14	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	14	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
13	C180X180-W1000X272	28	1,8	1,8	3,6	326,6	13	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
12	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	12	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
11	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	11	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
10	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	10	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
9	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	9	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
8	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	8	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
7	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	7	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
6	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	6	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
5	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	5	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
4	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	4	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
3	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	3	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
2	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	2	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
1	C200X200-W1000X412	28	2	2	3,6	403,2	1	C120X120-W530X150	52	1,2	1,2	3,6	269,6
	TOPLAM				M3	17176,3		TOPLAM				M3	16443,6

Çizelge 5.24. Tübüler sistemlere ait yapısal çelik metrajları

ÇAPRAZLI TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
YAPISAL ÇELİK							YAPISAL ÇELİK						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR
72	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	72	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
71	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	71	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
70	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	70	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
69	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	69	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
68	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	68	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
67	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	67	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
66	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	66	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
65	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	65	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
64	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	64	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
63	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	63	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
62	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	62	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
61	C100X100-W460X106	24		106	3,6	9158,4	61	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
60	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	60	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
59	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	59	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
58	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	58	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
57	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	57	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
56	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	56	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
55	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	55	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
54	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	54	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
53	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	53	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
52	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	52	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
51	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	51	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
50	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	50	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
49	C120X120-W530X150	24		150	3,6	12960,0	49	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
48	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	48	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
47	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	47	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
46	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	46	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
45	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	45	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
44	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	44	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
43	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	43	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
42	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	42	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8

Çizelge 5.24-devamı. Tübüler sistemlere ait yapısal çelik metrajları

ÇAPRAZLI TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
YAPISAL ÇELİK							YAPISAL ÇELİK						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR
41	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	41	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
40	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	40	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
39	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	39	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
38	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	38	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
37	C140X140-W840X240	24		240	3,6	20736,0	37	C100X100-W460X106	48		106	3,6	18316,8
36	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	36	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
35	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	35	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
34	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	34	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
33	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	33	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
32	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	32	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
31	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	31	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
30	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	30	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
29	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	29	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
28	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	28	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
27	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	27	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
26	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	26	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
25	C160X160-W920X238	24		238	3,6	20563,2	25	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
24	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	24	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
23	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	23	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
22	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	22	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
21	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	21	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
20	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	20	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
19	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	19	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
18	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	18	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
17	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	17	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
16	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	16	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
15	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	15	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
14	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	14	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
13	C180X180-W1000X272	24		272	3,6	23500,8	13	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
12	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	12	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
11	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	11	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0

Çizelge 5.24-devamı. Tübüler sistemlere ait yapısal çelik metrajları

ÇAPRAZLI TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
YAPISAL ÇELİK							YAPISAL ÇELİK						
KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR	KAT LAR	KOLON	ADET	EN	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR
10	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	10	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
9	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	9	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
8	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	8	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
7	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	7	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
6	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	6	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
5	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	5	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
4	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	4	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
3	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	3	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
2	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	2	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
1	C200X200-W1000X412	24		412	3,6	35596,8	1	C120X120-W530X150	48		150	3,6	25920,0
	TOPLAM				TON	1470,2		TOPLAM				TON	1592,5

Çizelge 5.25. Çaprazlara ait yapısal çelik metrajı

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM						
KATLAR	ÇAPRAZ	ADET	EN	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR
72	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
71						
70						
69	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
68						
67						
66	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
65						
64						
63	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
62						
61						
60	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
59						
58						
57	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
56						
55						
54	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
53						
52						
51	SHS 300X300X20	8		175	9,37	13118,0
50						
49						
48	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
47						
46						
45	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2

Çizelge 5.25-devamı. Çaprazlara ait yapısal çelik metrajı devamı

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM						
KATLAR	ÇAPRAZ	ADET	EN	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR
44	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
43						
42	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
41						
40	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
39						
38	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
37						
36	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
35						
34	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
33						
32	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
31						
30	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
29						
28	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
27						
26	SHS 400X400X20	8		238	9,37	17847,2
25						
24	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
23						
22	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
21						
20	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
19						
18	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
17						
16	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
15						
14	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
13						
12	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
11						
10	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
9						
8	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
7						
6	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
5						
4	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
3						
2	SHS 400X400X25	8		294	9,37	22015,0
1						
						635,8 TON

Çizelge 5.26. Tübüler sistemlere ait kolon boy demir metrajları

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
BOY DEMİR							BOY DEMİR						
KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUN LUK	MİKTAR KG	KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUN LUK	MİKTAR KG
72	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	72	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
71	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	71	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
70	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	70	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
69	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	69	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
68	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	68	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
67	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	67	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
66	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	66	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
65	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	65	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
64	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	64	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
63	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	63	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
62	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	62	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
61	C100X100-W460X106	30	24	9,86	3,6	25557,1	61	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
60	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	60	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
59	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	59	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
58	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	58	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
57	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	57	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
56	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	56	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
55	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	55	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
54	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	54	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
53	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	53	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
52	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	52	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
51	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	51	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
50	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	50	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
49	C120X120-W530X150	30	24	9,86	3,6	25557,1	49	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
48	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	48	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
47	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	47	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
46	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	46	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
45	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	45	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
44	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	44	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
43	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	43	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
42	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	42	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2

Çizelge 5.26-devamı. Tübüler sistemlere ait kolon boy demir metrajları

KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLU	MİKTAR, KG	KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR KG
41	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	41	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
40	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	40	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
39	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	39	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
38	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	38	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
37	C140X140-W840X240	30	24	9,86	3,6	25557,1	37	C100X100-W460X106	30	48	9,86	3,6	51114,2
36	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	36	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
35	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	35	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
34	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	34	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
33	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	33	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
32	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	32	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
31	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	31	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
30	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	30	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
29	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	29	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
28	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	28	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
27	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	27	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
26	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	26	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
25	C160X160-W920X238	30	24	9,86	3,6	25557,1	25	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
24	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	24	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
23	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	23	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
22	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	22	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
21	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	21	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
20	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	20	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
19	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	19	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
18	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	18	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
17	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	17	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
16	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	16	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
15	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	15	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
14	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	14	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
13	C180X180-W1000X272	30	24	9,86	3,6	25557,1	13	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
12	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	12	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
11	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	11	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
10	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	10	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2

Çizelge 5.26-devamı. Tübüler sistemlere ait kolon boy demir metrajları

KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR, KG	KAT LAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR KG
9	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	9	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
8	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	8	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
7	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	7	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
6	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	6	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
5	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	5	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
4	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	4	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
3	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	3	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
2	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	2	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
1	C200X200-W1000X412	30	24	9,86	3,6	25557,1	1	C120X120-W530X150	30	48	9,86	3,6	51114,2
					TON	1840,1						TON	3680,2

Çizelge 5.27. Tübüler sistemlere ait kolon etriye metrajları

ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
ETRİYE							ETRİYE						
KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR	KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/ MT	UZUNLUK	MİKTAR
72	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	72	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
71	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	71	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
70	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	70	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
69	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	69	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
68	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	68	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
67	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	67	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
66	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	66	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
65	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	65	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
64	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	64	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
63	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	63	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
62	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	62	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
61	C100X100-W460X106	48	24	0,62	3,6	2558,8	61	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
60	C120X120-W530X150	48	24	0,62	4,4	3127,4	60	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
59	C120X120-W530X150	48	24	0,62	4,4	3127,4	59	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
58	C120X120-W530X150	48	24	0,62	4,4	3127,4	58	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
57	C120X120-W530X150	48	24	0,62	4,4	3127,4	57	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5

Çizelge 5.27-devamı. Tübüler sistemlere ait kolon etriye metrajları

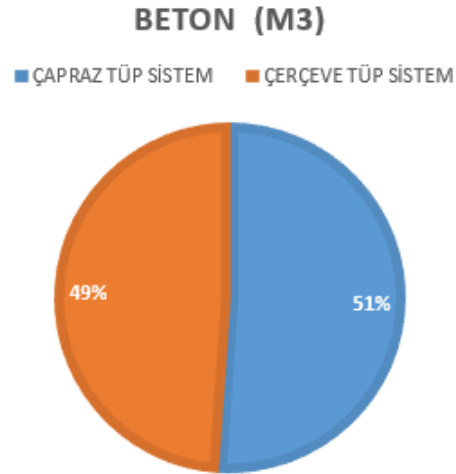
ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
ETRİYE							ETRİYE						
KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR	KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR
42	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	42	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
41	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	41	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
40	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	40	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
39	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	39	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
38	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	38	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
37	C140X140-W840X240	48	24	0,62	5,2	3696,1	37	C100X100-W460X106	48	48	0,62	3,6	5142,5
36	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	36	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
35	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	35	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
34	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	34	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
33	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	33	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
32	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	32	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
31	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	31	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
30	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	30	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
29	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	29	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
28	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	28	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
27	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	27	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
26	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	26	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
25	C160X160-W920X238	48	24	0,62	6	4264,7	25	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
24	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	24	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
23	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	23	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
22	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	22	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
21	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	21	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
20	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	20	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
19	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	19	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
18	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	18	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
17	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	17	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
16	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	16	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
15	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	15	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
14	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	14	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
13	C180X180-W1000X272	48	24	0,62	6,8	4833,3	13	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
12	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	12	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3

Çizelge 5.27-devamı. Tübüler sistemlere ait kolon etriye metrajları

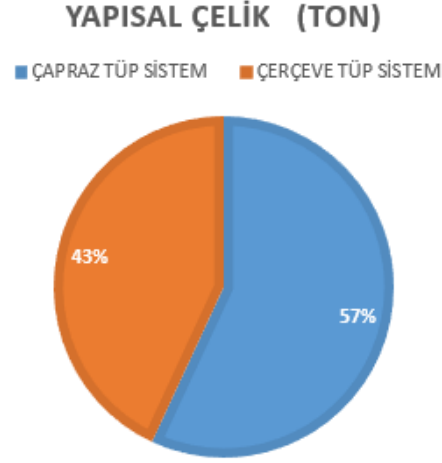
ÇAPRAZ TÜP SİSTEM							ÇERÇEVE TÜP SİSTEM						
ETRİYE							ETRİYE						
KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR	KATLAR	KOLON	ADET	BENZER	KG/MT	UZUNLUK	MİKTAR
11	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	11	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
10	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	10	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
9	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	9	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
8	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	8	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
7	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	7	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
6	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	6	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
5	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	5	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
4	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	4	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
3	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	3	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
2	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	2	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
1	C200X200-W1000X412	48	24	0,62	7,6	5402,0	1	C120X120-W530X150	48	48	0,62	4,4	6285,3
					TON	286,6						TON	411,4

Çizelge 5.28. Tübüler sistemlere ait malzeme metrajları

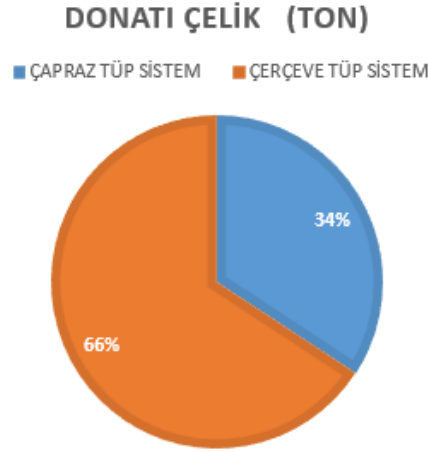
	ÇAPRAZ TÜP SİSTEM	ÇERÇEVE TÜP SİSTEM
BETON (M ³)	17176,3	16443,6
YAPISAL ÇELİK (TON)	2105,9	1592,5
DONATI ÇELİK (TON)	2126,7	4091,6



Şekil 5.59. Tübüler sistemlere ait beton metraj oranları



Şekil 5.60. Tübüler sistemlere ait yapısal çelik metraj oranları



Şekil 5.61. Tübüler sistemlere ait donatı çelik metraj oranları

Şekil 5.59, Şekil 5.60 ve Şekil 5.61'deki grafikler incelendiğinde, kompozit tübüler sistemler üzerinden yapılan metraj hesaplamalarında, beton miktarlarının neredeyse eşit olduğu, ancak yapısal çelik açısından çerçeve tüp sistemlerinin avantajlı olduğu görülmektedir. Çapraz tüp sistemlerinde metraj bakımından daha fazla çelik kullanıldığı, bu durumun çaprazlarda kullanılan çelik miktarından kaynaklandığı söylenebilir. Diğer yandan, donatı çeliği açısından yapılan kıyaslamada ise, çapraz tüp sistemlerinin metraj bakımından avantajlı olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun sebebi, çerçeve tüp sistemlerinde kullanılan kolonların daha sık aralıklarla yerleştirilmesi ve bu yüzden daha fazla donatı çeliği kullanılmasıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Yapılan Çalışmaların Özetlenmesi

Bu tez kapsamında, TBDY 2018 Bölüm 13'e göre yüksek yapıların tasarım esasları incelenmiş olup konu özelinde farklı deprem tasarım sınıflarına sahip ve farklı kompozit tübüler sistemlerin deprem etkileri altındaki davranışları karşılaştırılmıştır. Bu konuyla ilgili olarak farklı depremsellik sınıflarına ait Mersin ve Hatay illerinde 72 kattan oluşan çaprazlı kafes ve çerçeve tübüler sistemlere sahip binaların tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda gözönüne alınan tübüler sistemlerin tasarım aşamaları adım adım incelenmiştir. Bu çalışmada, tübüler sistemler için üç aşamalı bir analiz yöntemi uygulanmıştır. Tasarım 1 kapsamında, DD2 deprem düzeyi altında KH performans düzeyini sağlamak üzere DGT yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmıştır. Tasarım 2 kapsamında, DD-4 depremi altında KK performans düzeyi sağlamak üzere DGT yaklaşımı ile değerlendirilmeler yapılmıştır. Tasarım 3 kapsamında, DD-1 depremi altında GÖ performans düzeyini sağlamak üzere ŞDGT yaklaşımı ile değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak belirlenen temel sistemi altında temel analizi yapılarak çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip ilk yapıya ait analizler tamamlanmıştır.

Bina modelleri, ETABS programında 3 boyutlu olarak modellenmiş ve tüm analizler ETABS programı ile gerçekleştirilmiştir. Boyutlandırma işlemlerinin ve hesaplamalarının detayları çaprazlı kafes tübüler sisteme sahip ilk örnek bina modeli için adım adım yapılmıştır. Diğer bina modelleri için de ETABS programında benzer işlem adımları tekrarlanarak sonuçlar elde edilmiştir.

Yapının taşıyıcı sistemi, ilk örnek bina modelinde kompozit çaprazlı kafes tüp sistem, diğer örnek bina modelinde ise kompozit çerçeve tüp sistemden teşkil edilmiştir. Yapıda sabit ve hareketli yükler gibi düşey yükler TS 498'den alınmıştır. Yatay yükler belirlenirken, deprem yükleri için TBDY 2018, rüzgâr yükleri içinse yapı yüksekliği 200 metreyi aştığı için ASCE 7-16 yönetmeliğinden yararlanılmıştır.

Tasarım 1 aşamasında, doğrusal hesap için TBDY 2018 Bölüm 2, Bölüm 3 ve Bölüm 4'ten yararlanılmıştır. Yapıya etkiyen yükler belirlendikten sonra gerekli dayanım ve kapasite kontrolleri için TBDY 2018 Bölüm 9 ve ÇYTHYE 2018 yönetmelikleri gözönüne alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. İlgili taşıyıcı sistem elemanlarının seçilen kesitlerinin yeterli dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Devamında binanın düşeyde yer değiştirme kontrolleri yapılmıştır. Ayrıca, görelî kat

öteleme değerlerinin limit değerlerin altında olduğu görülmüştür. Tasarım 1 aşaması, yüksek bina sınıfında olmayan normal binalardakine benzer olup sadece minimum kesme kuvveti kontrollerinde bir farklılık olduğu söylenebilir.

Tasarım 2 aşamasında, DD-4 deprem düzeyi için KK performans düzeyi aşaması Tasarım 1 aşamasına benzerlik göstermektedir. Bu aşamada da DGT yöntemi kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Tasarım 1 aşamasından farklı olarak R/I ve Dayanım katsayısı değerleri 1.0 olarak alınmıştır. Sönüm oranı ise % 2.5 olarak alınmıştır. Yine bu aşamada TBDY'ne göre sünek davranış gösteren elemanlar için E/K oranı 1.0, sünek davranış göstermeyen elemanlar için E/K oranı 0.7 alınarak değerlendirme yapılmıştır. DD-4 deprem düzeyine göre ivme kayıtları düşük olduğu için yeniden R katsayısı ile bölünmesine gerek yoktur. Bu aşamada spektrum eğrisindeki ivme kayıtları aynen kullanılmaktadır. Bu sebeple elemanlarda plastikleşme görülmemektedir.

Tasarım 3 aşamasında, DD-1 deprem düzeyi ve GÖ performans düzeyi için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Bina modellerinin yüksek katlı olmasından ötürü analiz sürelerinin kısa tutulabilmesi ve çıkan verilerinin kapasitesinin azaltılabilmesi için yapı her yönden simetrik olarak tasarlanmıştır. Bu sebepten dolayı deprem kayıtlarını döndürmeye gerek kalmamıştır. Zaman tanım alanında analizde 12 adet ivme kaydı kullanılmıştır. İvme kayıtlarının seçiminde deprem doğrultusu, faya uzaklık, zemin türü benzeri faktörler göz önünde tutulup TADAS ve PEER ivme kayıtları kullanılmıştır. Kullanılan bu ivme kayıtları SEISMOMATCH ile bir takım dönüşüm ayıklama işlemlerinden sonra belirlenen zeminine ait yatay spekturum eğrisine göre ölçeklendirilmiş ve ETABS programına veri girişi yapılmıştır. Bu işlem adımlarından sonra elemanlara mafsalları atamaları gerçekleştirilmiştir. Kolonlarda kompozit olmasından dolayı yayılı plastik model, kirişlerde ve çaprazlarda yığılı plastik model kullanılmıştır. Mafsallarda kirişler için yığılı plastik modelde moment-dönme, çaprazlarda kuvvet-uzama/kısalma, kolonlarda ise gerilme-şekildeğiştirme modelleri tanımlanmıştır. Yapılan analizler neticesinde bu şekildeğiştirme talepleri ilgili sınır değerler ile kıyaslanmış ve GÖ performans düzeyi için belirlenenen sınır değerleri ve oranları sağladığı görülmüştür. Son olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda binadaki ötelemelerin kontrolleri yapılmış olup sınır değerlerin altında kaldığı gösterilmiştir.

Yapı temellerinin projelerilmesinde yüksek katlı binalarda kullanılan temel türleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde, gerek taşıma

gücünü artırma, gerek oturmaları kısıtlaması ve gerek yanal kuvvetlerin yapıda oluşturduğu yanal stabilite problemlerine karşı kazıklı radye temel uygulamalarının tercih edildiği görülmüştür. Bu tez kapsamında da kazıklı temellerle ilgili açıklamalar yapıp yapı temel zemin etkileşimi gözönünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY2018)'nin "16.9 Kazıklı Temeller" başlıklı kısmında belirtilen yöntemler incelenmiş konunun çok detaylı olduğu, konunun kapsamı itibariyle geleneksel mühendislik yaklaşımlarının ötesine geçilmesi gerektiğini ve multidisipliner bir bakış açısının benimsenmesini zorunlu kılmakta olduğu görülmüştür.

Yine zeminlerin girift davranışı, yükleme altında farklı tepkiler vermesiyle karmaşık konu daha da karmaşık hale gelmektedir. Ayrıca, doğrusal olmayan kazık-zemin yapı etkileşimi, yapının zeminle olan etkileşimini ve bu etkileşimin dinamik yükler altındaki etkilerini anlamak için detaylı analizler gerektirmektedir. Doğrusal olmayan kazık zemin yapı etkileşimi gibi konular özel ihtisas gerektirdiği için, bu konuda yapı mühendisleri ve geoteknik mühendislerinin multidisipliner olarak çalışması gerektiğinin sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu tez kapsamında, zemin sınıfına bağlı olarak ortak sistem yaklaşımı yöntem 3'e göre temel-kazık-yapı bir arada ele alınmış ve ilgili kriterler uygulanmıştır. Zemin türü olarak ilk 30 metrede sert kil devamında kayaç olduğu varsayılmıştır. Bu kapsamda zemin elastik yaylarla modellenmiş olup yapı temel zemin etkileşimi bir bütün halinde ele alınmıştır. Radye temel kalınlığı 2 metre olarak belirlenmiştir. Kazık boyu 30 metre ve kalınlığı 1.5 metre bulunmuştur. Bu aşamada yönetmelikte tüm tahkikler yapılmış ilgili sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Son bölümde çaprazlı kafes tüp sistemleri ve çerçeve tüp sistemlerine sahip farklı yapıların farklı DTS'ler altında tasarımları yapılmış ve deprem etkileri altında davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çizelgeler ve grafiklerle karşılaştırılmış ve değerlendirilmeler yapılmıştır.

6.2. Tübüler Sistemlerin Tasarım ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

6.2.1 Tasarım Aşaması 1, sistemler arası karşılaştırma

Bu bölümde, tübüler taşıyıcı sistemler tasarım 1 aşamasında, rijitlik ve stabilite, görelî kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri, PMM (Eksenel kuvvet-moment etkileşimi) oranları bakımından karşılaştırılmıştır. İlgili tablo bölüm sonunda da Çizelge 6.1’de genel olarak sunulmuştur.

- **Rijitlik ve Stabilite:**

- Çaprazlı tüp sistemler, daha kısa periyot süreleri (Mersin Çaprazlı tüp sistem 6.15 sn, Hatay çaprazlı tüp sistem 6,17 sn) ile çerçeve tüp (Mersin çerçeve tüp sistem 9.40 sn, Hatay çerçeve tüp sistem 7.31 sn) sistemlerine göre daha rijit ve stabil bir davranış sergilemektedir.
- Mersin için Çerçeve tüp sistemler/çaprazlı tüp sistemler oranı 1.52 Hatay bölgesi içinse bu oran 1.18 olarak bulunmuştur.
- Bu sonuçlara göre, çaprazlı tüp sistemlerin sismik dayanım açısından önemli bir avantaj sağladığı söylenebilir.

- **Görelî Kat Ötelemeleri ve Yerdeğiştirme deplasmanları.**

- Çaprazlı tüp sistemler, çerçeve tüp sistemlerine göre daha düşük görelî kat ötelemeleri göstermektedir. Örneğin Mersin çaprazlı tüp sistemi için bulunan görelî kat ötelemeleri, Mersin çerçeve tüp sistemleri için bulunan görelî kat öteleme oranının 2.53 katı iken aynı oran Hatay bölgesi için 1.68 oranında bulunmuştur.
- Hatay bölgesinde çerçeve tüp sistemleri için bulunan tepe deplasman 48.30 cm iken çapraz tüp sistemleri için bulunan bu değer 30.55 cm’e düşmüştür. Yine Mersin bölgesi için çerçeve tüp sistemleri için tepe deplasmanı 25.66 cm iken aynı bölgede çapraz tüp sistem için bu değer 13.63 cm olarak bulunmuştur. Bu durumda yine çaprazlı tüp sistemlerin tepe deplasmanlarının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.
- Bu durum, çaprazların yapıyı stabil hale getirerek toparlayıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir.

- Çerçeve tüp sistem bina modelinde, özellikle Hatay bölgesi gibi depremseliğin yoğun olduğu yerlerde daha büyük görelî kat ötelemelerine ulaştığı tespit edilmiştir.
- Yine çerçeve tüp sistemlerde, yapının görelî kat ötelemeleri grafiğinin şekil itibarıyla armut formunu benzediği ve bu durumun stabiliteyi olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.

- **Kat Kesme Kuvvetleri:**

- Kat kesme kuvvetleri bakımından eşdeğer deprem yükü yöntemine göre ve mod birleştirme yöntemlerine göre bulunan kuvvetlerin tüm analizlerde yönetmelik tarafından istenen minimum kesme kuvvetinin altında kaldığı görülmüştür. Bu sebeple hesaplarda minimum kesme kuvveti dikkate alınmıştır.
- Yine mod birleştirme yöntemine göre kesme kuvvetleri; Mersin çapraz tüp sistemi için 3642 kN aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için 1879 kN olarak bulunmuştur. Hatay çapraz tüp sistemi için 10821 kN aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için 5092 kN bulunmuştur. Kesme kuvvetleri bakımından Mersin çapraz tüp sistem/Mersin çerçeve tüp sistem oranı 1.93 olarak bulunmuştur. Yine aynı oran Hatay bölgesi için 2.12 olarak tespit edilmiştir.
- Yine eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kesme kuvvetleri; Mersin çapraz tüp sistemi için 3731 kN aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için 2608 kN bulunmuştur. Hatay çapraz tüp sistemi için 11153 kN aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için 5094 kN bulunmuştur. Mersin çapraz tüp sistem/ Mersin çerçeve tüp sistemi oranı 1.43 olarak bulunmuştur. Yine aynı oran Hatay bölgesi için 2.18 olarak tespit edilmiştir.
- Mersin çapraz tüp sistemi için $V_{t,min}$ değeri 8644 kN aynı bölge için çerçeve tüp sistem için $V_{t,min}$ değeri 8038 kN bulunmuştur. Hatay çapraz tüp sistemi için $V_{t,min}$ değeri 26063 kN aynı bölge için çerçeve tüp sistem için $V_{t,min}$ değeri 25083 kN bulunmuştur.
- Yine β katsayısına göre; Mersin çapraz tüp sistemi için $\beta = 2.37$ aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için $\beta = 4.28$ değerinde bulunmuştur. Hatay çapraz tüp sistemi için $\beta = 2.41$ aynı bölgedeki çerçeve tüp sistem için $\beta = 5.07$ değerinde bulunmuştur. Mersin çerçeve tüp sistem/Mersin

çapraz tüp sistem oranı 1.80 olarak bulunmuştur. Yine aynı oran Hatay bölgesi için 2.10 olarak tespit edilmiştir.

- Çaprazlı tüp sistemlerin, kat kesme kuvvetlerini çerçeve tüp sistemlerine göre daha iyi kontrol altında tuttuğu belirlenmiştir.
- Kesme kuvvetlerinin katlar arasında zigzag yaparak artışı kısıtladığı, bu durumun yapının daha dengeli davranmasını sağladığı gözlemlenmiştir.
- Çerçeve tüp sistemler, yatay kuvvetleri kolon ve kirişlerle karşıladığı için daha yüksek kesme kuvvetlerine maruz kaldığı görülmüştür.
- Bu durumun, sistemin daha yüksek etki/kapasite oranları göstermesine neden olduğu söylenebilir.

- **PMM (Eksenel Kuvvet-Moment Etkileşimi) Oranları:**

- Yapılan analizlerde Mersin çapraz tüp sistemi için alt kat kolon PMM oranları 0.9, Mersin çerçeve tüp sistemi için kat kolon PMM oranları 0.8, Hatay çapraz tüp sistemi için alt kat kolon PMM oranları 0.92, Hatay çerçeve tüp sistemi için kat kolon PMM oranları 0.93 olarak tespit edilmiştir. Eleman PMM oranları alt kat kolonlarında benzerlik gösterse de bu durumun alt kat kolon eleman boyutlarının değişkenliğinden kaynaklandığı söylenebilir.
- Şekil 5.21 incelendiğinde, çaprazlı kafes tüp sistemlerin, yatay kuvvetlerin bir kısmını çaprazlarla karşılamasından dolayı daha düşük PMM oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir.
- Bu durumun, çerçeve tüp sistemlerine göre önemli bir avantaj olduğu görülmektedir.
- Şekil 5.21'e göre çerçeve tüp sistemlerde, özellikle Hatay bölgesinde yüksek PMM oranları gözlemlenmiştir.
- Bu sonucun, yüksek deprem tasarım sınıfı ve bölgenin depremsellik özellikleriyle ilişkili olduğu söylenebilir.

Lokasyon Bazında Karşılaştırma:

- **Hatay Bölgesi:**

- En büyük kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri ve PMM oranları bu bölgede gözlemlenmiştir.

- Bu durumun, bölgenin yüksek deprem riski olmasından (büyük S_{ds} değeri) ve deprem tasarım sınıfı ile ilişkili olduğu görülebilmektedir.
-
- **Mersin Bölgesi:**
 - En düşük kat ötelemeleri ve daha stabil davranışlar bu bölgede gözlemlenmiştir.
 - Bu, bölgenin daha düşük deprem riski ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Sonuç:

- Çaprazlı Kafes Tüp Sistemler, deprem performansı açısından çerçeve tüp sistemlerine göre daha avantajlıdır. Daha düşük görelî kat ötelemeleri, daha dengeli kesme kuvveti dağılımı ve daha düşük PMM oranları ile öne çıkmaktadır.
- Çerçeve Tüp Sistemler, özellikle yüksek deprem riski olan bölgelerde daha büyük ötelemeler göstermektedir.
- Hatay Bölgesi gibi yüksek depremsellik özellikleri nedeniyle en büyük yapısal etkilerin gözlemlendiği bölgelerde çapraz sistemlerin tercih edilmesi yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur.
- Mersin Bölgesi gibi daha düşük deprem riski nedeniyle daha stabil davranışlar sergilenen yerlerde çerçeve tüp sistemlerin tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.
- Bu bulgular, yapısal sistem seçiminde deprem performansı, lokasyonun depremsellik özellikleri ve analiz yöntemlerinin önemini vurgulamaktadır. Çaprazlı kafes tüp sistemler, özellikle yüksek deprem riski olan bölgelerde tercih edilmesi gereken bir sistem olarak öne çıkmaktadır.

6.2.2. Tasarım Aşaması 2, sistemler arası karşılaştırma

Bulgular :

1. **Sünek Davranışa Sahip Kiriş Elemanlar:**
 - DD-4 depremi (konfor depremi) gibi düşük şiddetli depremlerde, sünek davranış gösteren kiriş elemanların talep/kapasite oranları TBDY Bölüm

13'te belirtilen 1.5 oranından düşük çıkmış ve bu beklenen bir durum olarak değerlendirilmiştir.

- Çerçeve tüp sistemlerde en büyük kapasite oranı 0.65 olarak gözlemlenmiş, ancak çaprazlı tüp sistemlerde kapasite oranının 0.3 olduğu görülmüştür. Bu durumda çaprazlı tüp sistemlerde daha düşük kapasite oranlarıyla daha üstün performans sergilendiği belirlenmiştir.

2. Gevrek Davranışa Sahip Kiriş Elemanlar:

- Gevrek davranış gösteren kiriş elemanlarında da talep/kapasite oranları TBDY Bölüm 13'te belirtilen sınır değer olan 0.7 'nin altında kalmıştır.
- En büyük değerler, çerçeve tüp sistemlerde meydana gelmiştir. Bu oran 0.7 değerlerine yaklaşmıştır. Bu durum, çerçeve tüp sistemlerin yatay kesme kuvvetlerini kolon ve kiriş elemanları ile karşılaması ve kısa kirişlerin bağ kiriş olarak davranmasıyla açıklanabilir.
- Çaprazlı tüp sistemlerin daha stabil bir davranış sergilediği ve oranın 0.15 civarlarında kaldığı gözlemlenmiştir.

3. Sünek Davranışa Sahip Çapraz Elemanlar:

- Çapraz elemanlarda, TBDY Bölüm 13'te belirtilen üst sınır olan 1.5 sınırının altında kalmıştır. Depremsellikten kaynaklı olarak P/P_c oranlarında Hatay bölgesinde üst sınır olan 1.5'e yaklaştığı ancak genel olarak çapraz tüp sistemlerin benzer davranış eğilimi sergilediği görülmüştür.

4. Kolon Elemanlar (PMM İç Kuvvetler):

- Kolon elemanlarda da talep/kapasite oranları TBDY Bölüm 13'te belirtilen sınır değerleri olan 0.7'nin altında kalmıştır.
- Şekil 5.21'de görüldüğü gibi çaprazlı tüp sistemlerde, çaprazların toparlayıcı etkisi nedeniyle dağılımların daha kontrollü olduğu gözlemlenmiştir.
- Şekil 5.21'de görüldüğü gibi çerçeve tüp sistemlerinin ise daha öngörülebilir bir dağılım sergilediği belirlenmiş ve bu noktada bir adım önde olduğu görülmüştür.

5. Kolon Elemanlar (Kesme İç Kuvvetler):

- Kesme kuvvetleri için de talep/kapasite oranları TBDY Bölüm 13'te belirtilen sınır değerleri olan 0.7 sınır değerlerin altında kalmıştır.
- Şekil 5.22'de görüldüğü gibi çaprazlı tüp sistemlerin toparlayıcı etkisi burada da kendini göstermiştir.

Genel Değerlendirme:

- Tasarım aşaması 2 tamamlanmış ve tüm sistemlerin yönetmeliğin belirlediği sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür.
- Hatay bölgesinde tasarlanan çerçeve tüp elemanlarda, depremsellikten kaynaklı olarak en yüksek kapasite/etki oranları gözlemlenmiştir.
- Çaprazlı tüp sistemlerin sınır değerlerden daha uzak olduğu ve bu durumda çaprazların büyük katkısının bulunduğu belirlenmiştir.

Sonuç:

Sonuç olarak, çaprazlı tüp sistemlerin küçük depremlerde deprem performansı açısından daha stabil ve güvenilir olduğu, çerçeve tüp sistemlerin ise yatay yükleri karşılama konusunda daha yüksek kesme kuvvetlerine maruz kaldığı ortaya konmuştur. Çerçeve tüp sistemlerde ilk tasarım aşamasında belirlenen kesitlerin büyük görünmesine karşın sonraki tasarım aşamalarında büyük kesme kuvvetleri açısından yetersiz kalabileceği gözönünde bulundurulmalıdır. Bu bulgular, yapısal tasarım açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

6.2.3 Tasarım Aşaması 3, sistemler arası karşılaştırma

6.2.3.1 Elemanlarda oluşan hasar karşılaştırmaları

Bulgular :

1. Kirişlerde Hasar Durumu

- **Mersin Çerçeve Tüp Sistem:**

- 3456 kirişin tamamı (%100) sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
- Hiçbir kiriş belirgin hasar, ileri hasar veya göçme bölgesine geçmemiştir.
- Sistem, deprem etkilerine karşı kirişler açısından oldukça dayanıklıdır.

- **Hatay Çerçeve Tüp Sistem:**
 - 3456 kirişin %25'i sınırlı hasar, %54'ü belirgin hasar, %18'i ileri hasar ve %2'si göçme bölgesindedir.
 - Göçme bölgesindeki kiriş oranı %20'nin altında olduğu için, yapı "göçmenin önlenmesi" performans düzeyini sağlamaktadır.
- **Mersin Çaprazlı Tüp Sistem:**
 - 1728 kirişin tamamı (%100) sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
 - Hiçbir kiriş daha ileri hasar bölgelerine geçmemiştir.
- **Hatay Çaprazlı Tüp Sistem:**
 - 1728 kirişin %96'sı sınırlı hasar, %4'ü belirgin hasar bölgesindedir.
 - Hiçbir kiriş ileri hasar veya göçme bölgesine geçmemiştir.

2. Kolonlarda Hasar Durumu:

- **Mersin Çerçeve Tüp Sistem:**
 - 3456 kolonun tamamı (%100) sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
 - Hiçbir kolon ileri hasar bölgelerine geçmemiştir.
- **Hatay Çerçeve Tüp Sistem:**
 - 3456 kolonun %81'i sınırlı hasar, %18'i belirgin hasar ve %1'i ileri hasar bölgesindedir.
 - Hiçbir kolon göçme bölgesine geçmemiştir.
- **Mersin Çaprazlı Tüp Sistem:**
 - 1728 kolonun tamamı (%100) sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
 - Hiçbir kolon ileri hasar bölgelerine geçmemiştir.
- **Hatay Çaprazlı Tüp Sistem:**
 - 1728 kolonun tamamı (%100) sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
 - Hiçbir kolon ileri hasar bölgelerine geçmemiştir.

3. Çaprazlarda Hasar Durumu :

- **Mersin Çaprazlı Tüp Sistem:**
 - 288 çaprazın %96'sı sınırlı hasar, %4'ü belirgin hasar bölgesindedir.
 - Hiçbir çapraz ileri hasar veya göçme bölgesine geçmemiştir.

- **Hatay Çaprazlı Tüp Sistem:**

- 288 çaprazın %10'u sınırlı hasar, %90'ı belirgin hasar bölgesindedir.
- Hiçbir çapraz ileri hasar veya göçme bölgesine geçmemiştir.

Genel Değerlendirme:

Çerçeve Tüp Sistemler:

- **Kirişler:** Hatay bölgesinde, çerçeve tüp sistemlerde kirişlerde belirgin hasar ve göçme bölgesi hasar durumlarının sayısı artmıştır. Bu, sistemin yatay yükleri karşılarken kirişlerin plastik mafsallaşmalara maruz kaldığını göstermektedir.
- **Kolonlar:** Hatay bölgesinde, kolonlarda da belirgin ve ileri hasar oranları artmıştır. Bu durum, çerçeve tüp sistemlerde yatay yüklerin önce kirişlerde, sonra kolonlarda plastik mafsallaşmalara neden olduğunu göstermektedir. Bu, sistemin yapısal mekanizmasının kendisinden beklenen performansı sergilediğini göstermektedir.

Çaprazlı Tüp Sistemler:

- **Kirişler ve Kolonlar:** Hem Mersin hem de Hatay bölgelerinde, çaprazlı tüp sistemlerde kiriş ve kolonların tamamı sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Bu, durum ise çaprazların yatay yükleri karşılayarak kiriş ve kolonların hasar görmesini engellediğini göstermektedir.
- **Çaprazlar:** Hatay bölgesinde, çaprazların %90'ı belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Bu, çaprazların yatay yükleri karşılamada öncelikli olarak çalıştığını ve sistemin beklenen performansı sağladığını göstermektedir.

Sistem Davranışı:

- **Çerçeve Tüp Sistemler:** Yatay yüklerden kaynaklı hasarlar önce kirişlerde, sonra kolonlarda plastik mafsallaşmalara neden olmaktadır. Bu, sistemin yapısal mekanizması gereği beklenen bir durumdur.
- **Çaprazlı Tüp Sistemler:** Yatay yükler önce çaprazlar tarafından karşılanmakta, kiriş ve kolonlar en son devreye girmektedir. Bu mekanizma, çaprazlı tüp sistemlerin deprem performansını önemli ölçüde artırmaktadır.

Sonuç:

- Çaprazlı Tüp Sistemler, hem kirişlerde hem de kolonlarda çerçeve tüp sistemlere göre daha iyi performans göstermiştir. Özellikle yüksek deprem riski olan bölgelerde, çaprazların yatay yükleri karşılamadaki etkisi, sistemin genel stabilitesini ve hasar kontrolünü önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum ise çaprazlı tüp sistemlerin avantajını bir kez daha ortaya koymuş, sistemin beklenen performansı sağladığını göstermiştir.
- Çerçeve Tüp Sistemler, özellikle Hatay gibi yüksek deprem riski olan bölgelerde daha fazla hasar görmüştür. Bu sistemlerde plastik mafsallaşmalar önce kirişlerde, sonra kolonlarda oluşarak sistemin kendisinden beklenen performansı sergilediğini bir kez daha göstermiştir.

6.2.3.2. Görelî kat ötelemeleri - sistemler arası karşılaştırma

Genel Bulgular:

- Tüm sistemlerde (hem çerçeve tüp hem de çaprazlı tüp sistemler), görelî kat öteleme değerleri, sınır değeri olan 0.045'in altında kalmıştır.
- Ayrıca, tüm depremler için hesaplanan ortalama görelî kat öteleme değerlerinin, 0.03 sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.
- Bu sonuçlar, tüm sistemlerin deprem performansı açısından yönetmeliklerin belirlediği sınır değerleri sağladığını göstermektedir.

Sistemler Arası Karşılaştırma:

- **En Yüksek Görelî Kat Ötelemesi:**
 - Hatay Çerçeve Tüp Sistemlerinde meydana gelmiştir.
 - Bunu, Hatay Çaprazlı Tüp Sistemleri takip etmiştir.
 - Bu durum, Hatay bölgesindeki yüksek DTS - Deprem Tehlikesi Seviyesi değerinden kaynaklanmaktadır.
- **En İyi Performans:**
 - Çaprazlı Tüp Sistemleri, görelî kat öteleme konusunda çerçeve tüp sistemlerine göre daha iyi performans sergilemiştir.
 - Çaprazların yapısal davranışa katkısı, sistemin daha stabil ve dengeli bir şekilde çalışmasını sağlamıştır.

- Çaprazlı tüp sistemlere ait grafikler incelendiğinde, çaprazların etkisiyle grafiklerde zigzaglı yapı oluştuğu gözlemlenmiştir.
- Bu durum, çaprazların yatay yükleri karşılamadaki etkinliğini ve sistemin görelî kat ötelemeleri açısından daha stabil bir davranış sergilediğini göstermektedir.

- **Stabilite ve Verimlilik:**

- Çaprazlı tüp sistemler, yatay yükleri önce çaprazlar üzerinden karşıladığı için, kiriş ve kolonların daha az etkilenmesini sağlamıştır.
- Bu mekanizma, sistemin genel stabilitesini artırmış ve görelî kat ötelemelerini daha kontrollü hale getirmiştir.

Sonuç:

- Çaprazlı Kafes Tüp Sistemler, görelî kat öteleme konusunda çerçeve tüp sistemlerine göre daha iyi performans göstermiştir.
- Çaprazların yapısal davranışa katkısı, sistemin daha stabil ve dengeli çalışmasını sağlamış, bu da deprem performansını olumlu yönde etkilemiştir.
- Hatay bölgesindeki yüksek DTS değeri, çerçeve tüp sistemlerde daha büyük görelî kat ötelemelerine neden olmuştur. Ancak, çaprazlı tüp sistemler bu durumu daha iyi yönetmiştir.
- Genel olarak, çaprazlı kafes tüp sistemlerin tasarım aşamasında daha verimli bir deprem performansı sunduğu ortaya konulmuştur. Bu, özellikle yüksek deprem riski olan bölgelerde çaprazlı tüp sistemlerin tercih edilmesinin avantajlarını bir kez daha vurgulamaktadır.

6.2.4. Metraj hesaplamaları ve sistemler arası karşılaştırma

Bulgular :

1. Beton Miktarları:

- Her iki tübüler sistemde de beton miktarları benzerdir. Çapraz tüp sisteminde % 4 kadar az miktar kullandığı görülmüştür. Bu, beton kullanımı açısından sistemler arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir.

2. Yapısal Çelik Miktarları:

- **Çerçeve Tüp Sistemleri:** Çaprazların bulunmaması nedeniyle daha az çelik kullanılabilmesi açısından avantajlı olmuştur.
- **Çaprazlı Tüp Sistemleri:** Çaprazlar için ek çelik kesitler gerektirmesi nedeniyle daha fazla çelik kullanılmıştır.
- Oransal olarak çerçeve tüp sisteminde çapraz tüp sistemine göre %32 kadar fazla çelik kullandığı görülmüştür.

3. Donatı Çeliği Miktarları:

- **Çaprazlı Tüp Sistemleri:** Kolonların daha seyrek yerleştirilmesi nedeniyle daha az donatı çeliği kullanıldığı için ve bu açıdan avantajlıdır.
- **Çerçeve Tüp Sistemleri:** Sık aralıklı kolonlar kullanılması nedeniyle daha fazla donatı çeliği gerektirmiştir.
- Oransal olarak çapraz tüp sisteminde çerçeve tüp sistemine göre %50 kadar daha az çelik kullandığı görülmüştür.

Sonuç:

- Çerçeve Tüp Sistemleri, yapısal çelik açısından daha ekonomik bir çözüm sunarken, çaprazlı kafes tüp sistemleri donatı çeliği açısından daha avantajlıdır.
- Çaprazlı tüp sistemler, yapısal stabilite ve deprem performansı açısından üstünlük sağlarken, çerçeve tüp sistemler yapısal çelik maliyetlerini düşürme konusunda avantajlıdır.
- Proje gereksinimlerine ve bütçe hedeflerine bağlı olarak, her iki sistemin avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak uygun sistem seçimi yapılmalıdır.

6.3. Genel Öneriler

Yüksek katlı tübüler sistemler kendi içerisinde değerlendirildikten sonra genel itibariyle yüksek katlı bina tasarımlarının normal binalardan farklı olarak uzmanlık gerektiren ayrı bir alan olarak ele alınması ve binanın mimari konsept aşamasındayken bina taşıyıcı sisteminin doğru kurgulanması gerekmektedir.

Yüksek katlı binalarda işlem adımları çok uzun ve zahmetli olduğundan mimari tasarım aşamasında mümkün mertebe simetrik formların tercih edilmesi önerilmektedir. Böylece yük transfer mekanizmalarının doğru belirlendiği strüktürel sistemler sayesinde

yüksek veri kapasiteleri düşürüldüğü için daha öngörülebilir tasarımlar üzerinde çalışma imkânı sağlanmış olacaktır.

Yüksek katlı yapılarda işlem boyutlarının çok büyük olduğu zaman tanım alanında hesap - time history analizleri neticesinde ortaya çıkan veriler için işlemci hızı yüksek çekirdek sayısının fazla olduğu yüksek kapasiteli bilgisayarların kullanılması gerektiği önerilmektedir.

ASCE 41-17 standardı, plastik mafsallı modellemeleri, şekil değiştirme sınır değerleri, akma dönmesi hesabı ve beklenen eğilme dayanımı hesapları gibi konulara yer vermektedir. Ancak, TBDY-2018'de plastik mafsallı model parametreleri belirtilmemiş ve plastik mafsallı tanımına yönelik beklenen eğilme dayanımı ile ilgili bir denklem önerilmemektedir. Bu durum, TBDY-2018'in çelik yapıların deprem performansının doğrusal olmayan prosedüre dayalı olarak belirlenmesinde eksiklikler olduğunu göstermektedir. TBDY-2018'in kiriş ve kolon elemanlarındaki hasar tahminini daha doğru yapabilmesi için plastik mafsallı parametrelerinin ve beklenen eğilme dayanımı hesaplarını içeren denklemlerin eklenmesi önerilmektedir.

Yüksek yapılar sadece deprem değil, aynı zamanda rüzgar yükleri gibi diğer dinamik yüklerden de etkilenebilmektedir. Ülkemizde kullanıma sunulan Eurocode 1991-1-4 rüzgar yükleriyle alakalı detaylı hesaplama metodları sunmakla birlikte yapı yüksekliği 203 metre ile sınırlı tutulmuştur. Bu durumda ülkemizdeki coğrafi ve meteorolojik koşulları göz önüne alan yüksek yapılarla ilgili yönetmeliğin halihazırda olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, yüksek yapıların rüzgar etkilerini daha doğru bir şekilde değerlendirebilmek için, rüzgar tüneli testleri ve analiz yöntemlerini içeren bir yönetmeliğin yayınlanması önerilmektedir. Bu tür bir yönetmelik, yüksek yapıların rüzgar yükleri altındaki davranışlarını daha güvenilir şekilde modelleyebilmek ve yapı güvenliğini artırabilmek için gerekli bir adım olacaktır.

TBDY 2018, deprem etkilerini azaltmak amacıyla yapıların tasarımında kullanılan bir dizi kural ve katsayı içermektedir. Çelik – beton kompozit yapılar için deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılan "deprem yükü azaltma katsayısı" (R katsayısı), yapının süneklik (duktilite) kapasitesine ve enerji sönmüleme özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. TBDY 2018'e göre, çelik yapılar ve betonarme yapılar için R ve D katsayısı, belirtilmişken kompozit kolonlu yapılar için özel bir başlık açılmadığı görülmüştür. Çelik yapılar başlığı altında sunulan R ve D katsayılarının kullanımının gerçek durumu tam manasıyla yansıtmadığı düşünülmektedir. Konuyla alakalı

yönetmeliğin yeni versiyonlarında ilgili tablonun eklenmesi yapılan hesapların gerçeği yansıtması bakımından daha önemlidir. Bu tabloların eklenmesi önerilmektedir.



Çizelge 6.1. Tübüler sistemlere ait sonuçların genel karşılaştırması

Taşıyıcı sistem	Periyot değeri, T	T/T _{ref}	Maks. tepe deplasmanı (mm), Δ	Δ ₀ / Δ _{ref}	Maks. kat ötelenme oranı Δ / h	(Δ / h)/ (Δ / h) _{ref}	Maks.kat kesme kuvveti (kN), V (Eşdeğer yöntem)	Maks.kat kesme kuvveti (kN), V (Mod birleştirme Yöntemi)	V _{tmin}	V _{tmin} / V _{tmin,ref}	β	β/β _{ref}	Maksimum kapasite oranı değerleri					
													Kolon (C= E /K)	C/C _{ref}	Kiriş (C= E/K)	C/C _{ref}	Çapraz (C= E /K)	C/C _{ref}
Kafes tüp-Mersin	6.15	1	13.63	1	0.00126	1	3731.34	3642	8644	1	2.37	1	0.9	1	0.3	1	0.8	1
Kafes tüp-Hatay	6.17	1	30.55	2.24	0.0038	3.01	11153.46	10821	26063	3.01	2.41	1.01	0.92	1.02	0.33	1.02	1	1.25
Çerçeve tüp-Mersin	9.40	1.52	25.66	1.87	0.0032	2.53	2608.09	1879	8038	0.92	4.28	1.80	0.8	0.88	0.74	2.46	-	-
Çerçeve tüp-Hatay	7.31	1.18	48.30	3.54	0.0064	5.07	8300	5094	25803	2.98	5.07	2.13	0.93	1.03	0.44	1.46	-	-

KAYNAKLAR

- Abi O. Aghayere, Jason Vigil. (2018). *Çelik yapı Tasarımı Uygulamaya yönelik bir Yaklaşım*.
- Abdollahzadeh, G., Faghihmaleki, H. and Alghosi, R. (2022). Proposal of the Location and Shape of the Outrigger Arm and Belt Truss in the High-Rise Buildings with the Central Core. *Numerical Methods in Civil Engineering*, 7 (2), 1-15.
- Ağrı, M. H. (2017). *Çelik endüstri binalarının depreme dayanıklı tasarımı ve deprem performansları*. Kocaeli.
- Alver, O., & Özden, G. (2015). Tabakalı Zeminlerde Kazıklı Radye Temellerin Optimum tasarımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 14-25.
- Aslan, F. (2019). *Yüksek yapılarda farklı tip dış destek kullanımının yapı performansına etkisi*. Kocaeli.
- Ayash, N., & Helmy, M. (2019). Non-linear seismic analysis of high raised RC buildings with outrigger systems. *International Journal of Scientific and Engineering Research*.
- Aydın R, Günaydın A ,(2016). *Çelik Yapılar*. Eskişehir.
- B.Taranath. (1998). *Steel Concrete& Composite Design of Tall Buildings*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Bal, C. (2003). *Yüksek bina yapım sistemlerinin tasarım kısıtlamaları üzerine bir araştırma* /. İstanbul.
- Battal, E. (2023). *Farklı Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinin Yüksek Yapıların Deprem Performansına Ve Kaba İnşaat Maliyetine Etkisinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi* /. Karabük.
- Bennett, D. (1995). *Skyscrapers:Form& Function*., New York: Simon & Schuster Ltd.
- Bildik, S. (2019). *TBDY 2018'e göre Temel Mühendisliği Uygulamaları*. Diyarbakır: İmo.
- Birand, A. (2007). *Kazıklı Temeller*. İstanbul: Teknik Yayınevi.
- Bozat, F. U. (2013). *Düşey süreksizlik bulunan bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal elastik ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi*. İstanbul.
- Bozdağ, Ö. (2010). *Binaların deprem performansının belirlenmesi için yönlü modal birleştirme ve enerji esaslı yer değiştirmeye dayalı bir artımsal itme analiz yöntemi*. İzmir.

- Budak, E., & Sucuoğlu, H. (2015). Yüksek Yapıların Performans Esaslı Tasarımı,. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Ankara.
- Celik, O.C., Bruneau, M.,. (2009). Seismic behaviour of bidirectional-resistant. *Engineering Structures*, 380-393.
- Celep, Z, (2020). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, İstanbul
- Colaco, J. (2005). Structural System for Tall Apartment Towers. *CTBUH 7 World Congress 2005*. New York.
- Corley, G. (2003). A Structural Investigation of the World Trade Center Collapses. *CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings*. Malaysia.
- ÇYTHYE (2018). *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Çelik, M. D. (2003). *Yüksek yapılarda çelik taşıyıcı sistemler*. İstanbul.
- Demirözkan, N. (2023). *Çelik endüstri yapılarının farklı rüzgar yükü yönetmeliklerine göre analizi*, Yüksek Lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Eraslan, G. (2019). *Yüksek binaların deprem ve rüzgar etkileri altında statik ve dinamik davranışının incelenmesi*. İzmir.
- Ersoy, D. O. (1993). *Yüksek binalarda tasarım ilkeleri*. İstanbul.
- Erdoğan, A. (2020). *Kazıklı Temellerin Statik Davranışının P-Y Yöntemi ile Kum Zeminlerde Modellenmesi*. Bursa.
- Fakıoğlu, B., & Ay, B. O. (2019). Evaluation of the Effects of Service Core Reduction on Tall Building Structures. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*.
- FEMA. (2001). *World Trade Center Building Performance Study*.
- Fidan, S. Ö. (2019). *Yüksek yapılarda cephelerin taşıyıcı sistemle olan ilişkisinin incelenmesi ve İzmir yüksek yapıları üzerine bir araştırma*. Çukurova.
- Godfrey, B. (1985). *Multi-Storey Buildings in Steel* . London: Collins.
- Gupta A., Mohan, R. & Podder, D. (2020) Parametric study of position of an outrigger-belt system through pushover analysis *IOP Conference Series:Materials Science and Engineering*
- Günel, M. H., & Ilgın, H. E. (2010). *Yüksek Binalar Taşıyıcı Sistem Ve Aerodinamik Form*. Ankara.
- Harris, B. (2001). *The World Trade Center :A Tribute*. The United States: Running Press Book Publishers.

- Hothot, Y. M. (2018). *Betonarme çekirdek perdeli ve çelik taşıyıcı sisteme sahip yüksek binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi*. Ankara.
- Hasrat, H. A., & Bhandari, M. (2025). Performance-Based Wind Analysis for Optimal Structural System Selection in High-Rise Reinforced Concrete Buildings. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 13(1), 85-101.
- İYBDY (2008). *İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği*.
- Iyengar, H. (2000, Mayıs). Reflections on the Hancock Concept. *CTBUH Review* , s. 44-52.
- Kanat, M. (2017). *Non linear time history analysis of a 28 story steel building*. İstanbul.
- Kapıdaş, F. (2019). *Betonarme Yüksek Binaların TBDY-2018 Kapsamında Analizi* Konya.
- Kulak, M. (2019). *Çelik yapıların zaman tanım alanında doğrusal analizi ve spektrum eşleştirme parametrelerinin etkisi*. Eskişehir.
- Kürçe, M. (2020). *Bir çelik endüstri yapısının sünelik düzeyi yüksek olarak tasarımı ve doğrusal olmayan dinamik analizi*. İstanbul.
- Lee, J. (2019). Geometric nonlinear analysis of tall building structures with outriggers. *International Journal of Scientific and Engineering Research* .
- John, N. E., & Kamath, K. (2023). An investigation on optimal outrigger locations for hybrid outrigger. *Asian Journal of Civil Engineering*, 759-778.
- Mir, M. A., & Moon, K. S. (2007). Strucural Developments in Tall Buildings:Current Trends and Future Prospects. *Architectural Science Review*, 205-223.
- Mufti, A. A., & Bakht, B. (2011, February). Fazlur Khan (1929-1982):reflections on his life and works. *Journal of Civil Engineering* , s. 238-245.
- Mehdi R. (2019). *Time History Analysis For High Rise Braced And Unbraced Steel Structures* Gaziantep.
- Moon, K.S. (2023). Evolution of Tall Building Structures with Perimeter Diagonals for Sustainable Vertical Built Environments. *International Journal of High-Rise Buildings*, 12 (4), 307-319.
- Niğdelioğlu, A. (2022). *Burgulu Yüksek Yapıların Yanal Yükler Altında Davranışlarının İncelenmesi* İstanbul.
- Okumuş, V. (2022). *Deprem Etkisi Altında Kazıklı Yüksek Yapılarda Yapı-Zemin-Yapı Etkileşiminin İncelenmesi* İstanbul.
- Özşahin, B. (2022). An Assessment of the Relation between Architectural and Structural Systems in the Design of Tall Buildings in Turkey. *Buildings* , 1-20.

- Patel, J., Patel, P. V. (2022). Comparative Study of Outrigger and Wall-Frame Structural Systems in Steel–Concrete Composite Tall Buildings. *In International Conference Innovation in Smart and Sustainable Infrastructure* (pp. 373-386). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Şimşek, Y. E. (2018). *Taşıyıcı sistemi beton dolgulu kompozit kolon ve çelik kirişlerden oluşan bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi*. İstanbul.
- Tansel, M. (2010). *Çok katlı çelik yapıların 2007 deprem yönetmeliğine göre analiz ve tasarımı*. Adana.
- Taranath, B. (2005). *Wind and Earthquake Resistant Buildings: Structural Analysis and Desing*. Atlanta: Georgia Institute of Tecnology.
- Tomlinson, M., & Woodward, J. (2008). *Pile Design and Construction Praactice*. New York: Taylor&Francis.
- TS-EN-1991-1-4 (2005). Yapılar üzerindeki etkiler – Bölüm 1 – 4: Genel etkiler, rüzgar etkileri, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TBDY (2018), *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- TS500 (2000), *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Uzun, S. (2018). *Beton dolgulu kompozit kolonlu bir ofis binasının türkiye bina deprem yönetmeliği-2018 esas alınarak tasarımı ve doğrusal olmayan analizi*. İstanbul.
- Uzuner, B. A. (2007). *Temel Zemin Mekaniği*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik Uygulama Kılavuzu, 2017
- Yaba, M. (2016). *Bir çelik yüksek binanın deprem davranışının belirlenmesi*. İzmir.
- Yaşarer, D. (2019). *Yüksek yapıların tasarımında gelişmeler*. Diyarbakır.
- Yıldırım, A. M. (2013). *Çelik taşıyıcı sisteme sahip yüksek binaların tasarımı ve analizi*. Gebze.
- Zaknic , I., Smith, M., & Rice, D. (1998). *100 of The World's Tallest Buildings*. Newyork: McGraw-Hill Book Company.
- Zhao P.-P., Wang, Z.-Y., Babaei, M., Asemi, K. (2025). Applying Improved Performance-Based Instructions to Investigate Seismic Performance of a Code Conforming Steel Trussed-Tube Building, *Buildings*, s. 15-34.
- Zeybek, Ö. (2011). *Çok katlı çelik yapıların geometri bakımından doğrusal olmayan davranışının artımsal ve pratik 2. mertebe analiz yöntemleri ile incelenmesi*. İzmir.

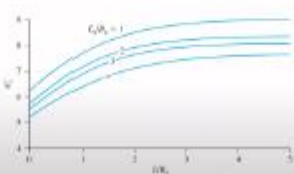
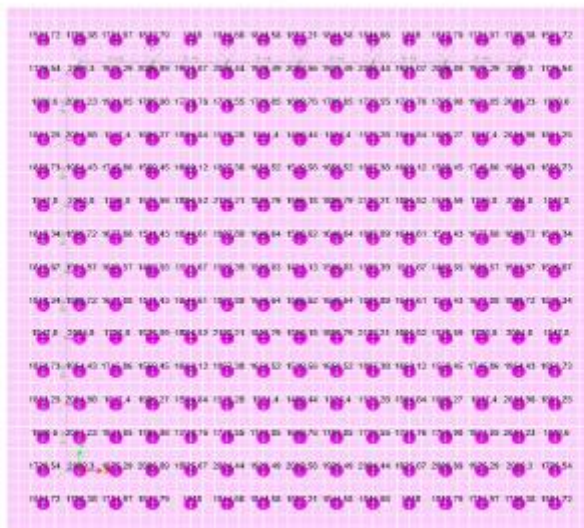
ALINTILAR

- URL-1: <https://en.wikiarquitectura.com/building/home-insurance-building/home-insurance-building/> erişim Haziran 2024
- URL-2: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Woolworth_bldg_nov2005c.jpg erişim Haziran 2024
- URL-3: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Empire_State_Building_from_the_Top_of_the_Rock.jpg erişim Haziran 2024
- URL-4: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/KLCC_twin_towers1.JPG erişim Haziran 2024
- URL-5: <https://yapsal.weebly.com/goumlkdelenler.html> erişim Nisan 2024
- URL-6: https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g295424-d676922-i114234160-Burj_Khalifa-Dubai_Emirate_of_Dubai.html erişim Ocak 2024
- URL-7: <https://www.insaport.com/haberler/sektorel/dunyanin-en-yuksek-yapisi-burj-khalifa/> erişim Mart 2024
- URL-8: https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_en_y%C3%BCksek_binalar_listesi
- URL-9: <https://ar.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/162/2016/08/S.Wijanto-ITB-Program-Studi-Arsitektur-27-Oct-2017-PDF.pdf> erişim Mart 2024
- URL-10: <https://www.munzur.edu.tr/birimler/akademik/fakulteler/muhendislik/bolumler/insaaf/Pages/file/Hafta-1-2.pdf> erişim Ocak 2024
- URL-11: <https://acikerisim.dicle.edu.tr/server/api/core/bitstreams/66045b6d-d00d-48ac-925b-38ddece8e48/content>
- URL-12: <http://acl.digimat.in/nptel/courses/video/124105015/lec39.pdf> erişim Ocak 2024
- URL-13: <https://embed-3dwarehouse.classic.sketchup.com/model/107a54fa0f75d5f5efb376e326997fbb/One-World-Trade-Center-Freedom-Tower-Structural-Frame> erişim Nisan 2024
- URL-14: <http://acl.digimat.in/nptel/courses/video/124105015/lec39.pdf> erişim Şubat 2024
- URL-15: <https://tr.pinterest.com/pin/esto-gallery-ezra-stoller-photographer--471541023507710446/> , erişim Nisan 2024
- URL-16: <http://acl.digimat.in/nptel/courses/video/124105015/lec39.pdf> erişim Mart 2024
- URL-17: https://www.researchgate.net/figure/interaction-of-core-and-outrigger-Source-Tarnath_fig6_276487851 , erişim Ocak 2024
- URL 18: <https://what-when-how.com/Tutorial/topic-1737ro07krl/Tall-Buildings-Structural-Systems-and-Aerodynamic-Form-168.html> , Nisan 2024.
- URL 19: <https://conf.ncree.org.tw/download/i0981026-structural%20design%20of%20taipei%20101%20tower.pdf> April 2024.
- URL 20: https://old.skyscraper.org/EXHIBITIONS/TEN_TOPS/engineering.php , April 2024.
- URL-21: <https://dipukentseldonusum.com/bina-performans-analizi/> erişim Eylül 2023
- URL-22: <https://www.insaport.com/makale/yuksel-kaya/deprem-yuku-katsayilari-ve-kapasite-tasarimi/> , erişim Aralık 2023
- URL-23: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029623017145> , erişim Eylül 2023
- URL-24: <https://help.idecad.com.tr/ideCAD/kesit-hasar-boelgeleri-15-3-2> , erişim Mart 2024
- URL-25: <https://www.researchgate.net/profile/Abitha-Babu-2/publication/355645750/figure/fig2/AS:11431281156418741@1683537055921/Long-vertical-pile-under-horizontal-load-a-Free-head-b-Fixed-head-1.png> erişim Haziran 2024
- URL-26: <https://www.youtube.com/watch?v=zceAkjD80Cw> erişim Mart 2024
- URL-27: <https://www.youtube.com/watch?v=zceAkjD80Cw> erişim Mart 2024

EKLER

EK-1 Kazıklı Temel Excel Hesabı

RADYE TEMEL TAŞIMA GÜCÜ									
Bindan gelen yük	q=	1049270 kN							
Temel kısa boyu	B=	48 mt							
Temel uzun boyu	L=	48 mt							
Temel kalınlığı	Df=	2 mt							
Kil kohezyon	Cu=	100 Kpa							
Katsayı	a=	0,55							
Sürtünme direnci	yRsb=	1,4							
Tapıma Gücü	qk=	5,14xcu x(1+0,195x8/L)x(1+0,4xDf/B)= 624,47 kN/m2 kpa							
Radye temel taşıma gücü	qt=qk/1,4	446,05 kN/m2 > 455,412326 kN/m2 Hata Radye temel kurtarmıyor Kazıklı temel imal edilecektir							
KAZIK TASARIM HESABI									
KAZIK ADEDİ		225							
KAZIĞIN ÇEVRE SÜRTÜNME DİRENCİ									
Kazık boyu	L=	25	mt	$\alpha = 0,55 \rightarrow \frac{C_u}{P_0} \leq 1,5$ $\alpha = 0,55 - 0,1 \left(\frac{C_u}{P_0} - 1,5 \right) \rightarrow 1,5 \leq \frac{C_u}{P_0} \leq 2,5$ $P_0 = 100 \text{ kPa (atmosferik basınç)}$					
Kazık Çapı	D=	1,5	mt						
Kil kohezyon	Cu=	100	Kpa						
Katsayı	a=	0,55							
Kazık Alanı	As=	117,75	m2						
Sürtünme direnci faktörü	yRsb=	1,5							
Sürtünme direnci	Qks=	a	x	Cu	x	As			
	Qks=	0,55	x	100	x	117,75	=	6476,25	kN
Kazığın Sürtünme direnci	Qks	/	yRsb	=					
	6476,25	/	1,5	=	4317,5 kN				
KAZIĞIN UÇ DİRENCİ									
Kazık boyu	L=	25	mt						
Kazık Çapı	D=	1,5	mt						
Kil kohezyon	Cu=	100	Kpa						
Katsayı	a=	0,55							
Kazık Alanı	Ap=	1,76625	m2						
Uç direnci güvenlik faktörü	yRu=	2							
Kazık Uç direnci Kapasitesi	Qku=	9	x	Cu	x	Ap			
	Qks=	9	x	100	x	1,76625	=	1589,625	kN
Kazık Uç direnci Kapasitesi/güvenlik faktörü	Qku	/	yRu	=					
	1589,625	/	2	=	794,8125 kN				
KAZIĞIN TOPLAM TAŞIMA KAPASİTESİ									
Kazığın Toplam taşıma Kapasitesi	Qtv=	Qks/yRs	+	Qku/yRu					
	Qtv=	4317,5	x	794,8125	=	5112,313	kN		
KAZIĞIN GRUP ETKİSİ									
toplam yük	Pvt=	1049270 kN							
	KARELAJ=	3 x 3							
Kazık grubunun kısa	Lg=	45 mt							
Kazık grubunun uzun	Bg=	45 mt							
Kazık başından kazık	L=	30 mt							
	Lg/Bg=	1							
	L/Bg=	0,666666667							
Kazık grubunun uç	cu=	100 kPa							
	Nc=	7,2							
	d=	3 x							
Kazık arası mesefa	d=	3 x							
		D 1,5 = 4,5 mt							

Kazık adedi x yönü	m=	15 adet	
Kazık adedi y yönü	n=	15 adet	
Toplam kazık adedi	N=	225 adet	
Kazık çapı	d=	1,5 mt	
teta açısı	θ=	18,43 derece	
Grup verimliliği	Eg=	0,62	Converse Labarre formülü
nihiyüyük taşıma kapasitesi	Qu=	1814821,875 KN	herbir kazığın bireysel nihiyüyük taşıma kapasitesi toplamı
Kazık grubunun nihai yük taşıma kapasitesi	Qg(u)=	1791528,573 KN	Kazık grubunun nihai yük taşıma kapasitesi
Grup etkisi	η=	0,987164965	AASHTO 2012 Yönetmeliğinde verilen kazık grup etkisi önerileri η<1 ise grup etkisi vardır.
Qu ve Qgu küçük olan dikkate alınır ve kazık adet sayısına bölünür	Qu=	7962,349214 KN	Qu ve Qgu küçük olan dikkate alınır ve kazık adet sayısına bölünür
Bir adet kazık için emniyetli taşıma gücü=	Bir adet kazık için emniyetli taşıma gücü=	7962,34921 kN	
Kil zemininde grup taşıma gücü			
		$\sum Q_{(u)} = n_1 \cdot n_2 \left[A_p \cdot (9c_{u(1)}) + \sum n \cdot p \cdot c_u \cdot \Delta L \right]$ $Q_{g(u)} = L_p \cdot B_g \cdot c_u \cdot N_c + \sum 2(L_g + B_g) \cdot c_u \cdot \Delta L$ $\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_{u1}}$	
Kazıklar blok olarak hareket ettiğinde		$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_{u1}} = \frac{f_{av} \cdot p_g \cdot L}{f_{av} \cdot p \cdot L \cdot n_1 \cdot n_2} = \frac{p_g}{p \cdot n_1 \cdot n_2} = \frac{2(L_g + B_g)}{p \cdot n_1 \cdot n_2}$	
Kazıklar bireysel hareket ettiğinde		$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_{u1}} = \frac{Z(n_1 + n_2 - Z)d + 4D}{p \cdot n_1 \cdot n_2}$	
			
KAZIKLARA GELEN MAX YÜKLER			
KAZIĞA GELEN MAZ YÜK	2006 <	7962,349 KN	OLDUĞUNDAN YETERLİDİR

KAZIĞIN GRUP OTURMA HESABI

Pvt=	1049270 kN		
Kazık boyu	L kazık=	25 mt	
	Lbaşlık	0 mt	
Kazık grubunun kısa	B=	45 mt	
Kazık grubunun uzun	L=	45 mt	
Üst yapıdan gelen	q=	832,75 kPa(kN/m ²)	
	z=	28 mt	
Sıkışmaz tabaka	H=	16,67 mt	
Hacimsel sıkışma k	mv=	0,00018 m ² /kN	
Derinlik faktörü	μd=	0,85	
Jeolojik faktör	μg=	0,2	
Sıkışmaz tabaka	2/3L=	16,67 mt	
Δq3= Tabanı uzun k	B'=	49,17 mt	
Δq3= Tabanı kısa kenarı	L'=	49,17 mt	
	Δq=	434,06 kPa	
	poed=		
	pc=	cm	

Δq1 Δq2 arasında oluşan gerilme	A1=	0,5 X	(518,158 + 422,8736)*	4,166667 =	1960,483
Δq2 Δq3 arasında oluşan gerilme	A2=	0,5 X	(422,8736 + 351,6449)*	4,166667 =	1613,58
Δq3 Δq4 arasında oluşan gerilme	A3=	0,5 X	(351,6449 + 287,6162)*	4,166667 =	1598,153
	mv		Δq		
	poed1=	0,00018 X	1960,483 =	0,035 mt	
	poed2=	0,00018 X	1613,58 =	0,029 mt	
	poed3=	0,00018 X	1598,153 =	0,029 mt	
	poed toplam			0,093 mt	
	pc toplam= μd	x	μg	x	poedtoplam
Toplam oturma	pc toplam=	0,85 x	0,2 x	93,1 =	15,8 mm < 25 mm OK

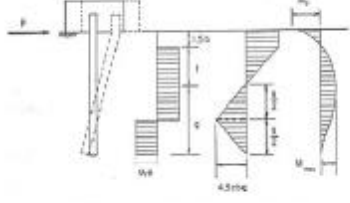
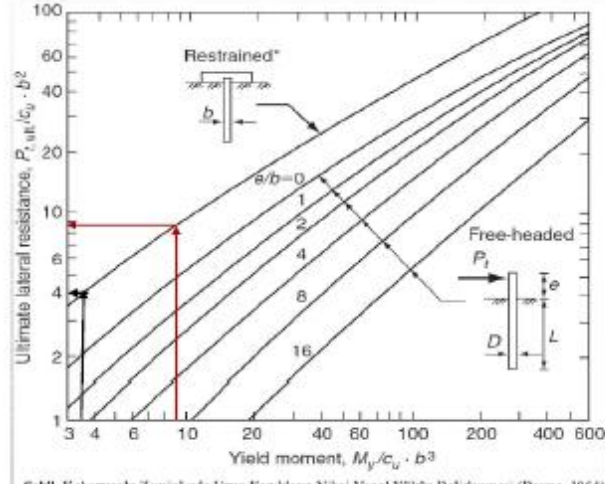
Depth factor = z/H = 0.00 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00

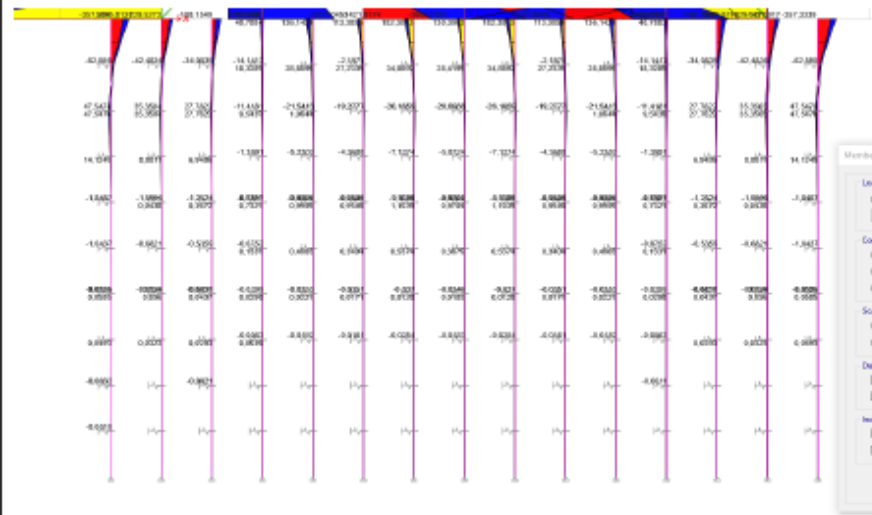
Normalized settlement = Δq/Δq1 = 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

$\rho_{oed} = \mu_d m_v \times \sigma_z \times H$
 $\rho_c = \mu_g \times \rho_{oed}$

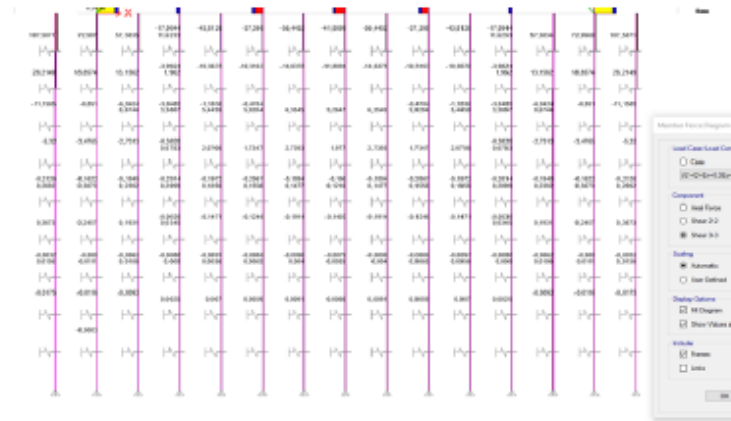
L_{kazık} (m): Kazık boyu
B (m): Kazık grubunun kısa kenarı
L (m): Kazık grubunun uzun kenarı
q (kPa): Üst yapıdan gelen yük
H (m): Sıkışabilir tabaka kalınlığı
m_v (m²/kN): Hacimsel sıkışma katsayısı
μ_d: Derinlik faktörü
μ_g: Jeolojik faktör
Δq: Z derinliğine gerilme
ρ_c: Toplam oturma

Type of clay	ρ _c water
Very sensitive clays (soft silts, estuarine and marine clays)	1.0-1.3
Normally consolidated clays	0.7-1.0
Over-consolidated clays (London Clay, Weald, Kimmeridge, Oxford and Lac Clay)	0.5-0.7
Heavily over-consolidated clays (preweathered glacial till, Meria Mudstone)	0.2-0.5

YANAL KAZIK TAŞIMA KAPASİTESİ			
Kazığın Elastisitesi	E=	32000000 KN	
Kazığın Ataleti	I=	0,785 X	
Yatak katsayısı	kh=	6700	
	R=	7,83 mt	
Kazık boyu	L=	30 mt	
Kazık çapı	b=	1 mt	
Kuvvetin etkiye yüksekliği	e=	2 mt	
Tutulu	e/b	0	
Kohezyon değeri	cu=	100 kPa	
Tip belirleme faktörü	L/R	3,833849378	
Kısa kazık	L/R <= 2	KISA KAZIK OLARAK TASARLANIR	
Uzun kazık	L/R ≥ 3	UZUN KAZIK OLARAK TASARLANIR	
Kazık boyuna donatı %1 porsantaj ile tasarlanırsa			
Etabstan okunan değer	My	357 KN/m	buradan
Grafiğin yatay ekseninin değeri	My/cuxb ³	3,57	
Grafiğin düşey eksen değeri	Kazığın yanal direnci 4 olarak belirlenir		
Pult/cu*b2=4 ten	Yanal Taşıma Kapasitesi=	4 x 100 x	1 = 400 kN
			
Şekil 6.7. Ankastr Beşli bir Kazıkta Kesit Kuvvetleri			
			
Şekil. Kohezyonlu Zeminlerde Uzun Kazıkların Nihai Yanal Yükün Belirlenmesi (Broms, 1964)			
Kazık yanal emniyet taşıma kapasitesi	Buna göre; Kazık yanal emniyet taşıma kapasitesi, Qty =	400 / 2,5 =	160 kN
16.9.4.1 – Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde Denk.(16.16)'daki eşitsizlik sağlanacaktır:			
$P_{ty} \leq Q_{ty} \quad (16.16)$			
Burada P_{ty} kazığa etkiyen yanal tasarım kuvvetidir. Q_{ty} ise kazığın yanal tasarım dayanımını göstermektedir.			
Pty = 107 kN olarak etabstan bulunmuştur. Bu durumda, Pty ≤ Qty olup, 107≤160 KN			
TBDY Denk 16.16'nın eşitliğini sağlamıştır.			
(TBDY 2018'de kazık yanal taşıma kapasitesi için herhangi bir formül ve güvenlik sayısı belirlenmediğinden, genel literatüre dayandırarak yapılmıştır).			



Etablan hesap sonucu bunulan Moment değeri



Etablan hesap sonucu bunulan kesme değeri

TBDY 2018 BETONARME KURALLAR

16.10.2.1 – Kinematik etkileşim kapsamında taşıyıcıları hasar riskleri nedeni ile, deprem etkisi altındaki bina temellerinde **çelik kazıklara izin verilmez**.

16.10.2.2 – Betonarme ve öngerilmeli betonarme kazıkların minimum enkesit boyutları 30 cm / 30 cm veya **Ø 35 cm** olacaktır.

Tablo 16.5 – Etkileşim Analiz Yöntemlerinin Uygulama Alanları

Analiz Yöntemi	Deprem Tasarım Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfı	Yerel Zemin Sınıfı
Yöntem I	DTS = 1, 1a, 2, 2a	BYS = 1	ZD, ZE, ZF
Yöntem II	DTS = 1a, 2a	BYS = 2, 3	ZD, ZE, ZF
	DTS = 3, 3a, 4, 4a	BYS = 1	
Yöntem III	DTS = 1a, 2a	BYS ≥ 4	ZD, ZE, ZF
	DTS = 1, 2, 3, 3a	BYS ≥ 2	

16.10.2.3 – Betonarme kazıklarda kazık başlığının altındaki kazık boyunun, 3 metreden az olmamak üzere, üstten 1/3'ünde boyuna donatı oranı, DTS = 1, 1a, 2, 2a olan binalarda 0.01'den, DTS = 3, 3a, 4, 4a olan binalarda ise 0.008'den az olmayacaktır. Bu bölgeye konulacak spiral donatı (veya dikkörtgen kesitli çakma kazıklar için etriye) çapı DTS = 1, 1a, 2, 2a olan binalarda 10 mm'den, DTS = 3, 3a, 4, 4a olan binalarda ise 8 mm'den az ve spiral adımı (veya etriye aralığı) 200 mm'den fazla olmayacak, ancak üstten en az iki kazık çapı kadar yükseklikte 100 mm'ye indirilecektir.