

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BETONARME BİNALARDA BURKULMASI ENGELLENMİŞ ÇELİK
ÇAPRAZLARIN EKONOMİK OLMA KRİTERLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Aynur BARIN SEVİK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MART 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BETONARME BİNALARDA BURKULMASI ENGELLENMİŞ ÇELİK
ÇAPRAZLARIN EKONOMİK OLMA KRİTERLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Aynur BARIN SEVİK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

MART 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME BİNALARDA BURKULMASI ENGELLENMİŞ ÇELİK
ÇAPRAZLARIN EKONOMİK OLMA KRİTERLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Aynur BARIN SEVİK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MART 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA BURKULMASI ENGELLENMİŞ ÇELİK
ÇAPRAZLARIN EKONOMİK OLMA KRİTERLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Aynur BARIN SEVİK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANSTEZİ

Bu tez 31/03/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Doç. Dr. Ferhat ERDAL

Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ

ÖZET

BETONARME BİNALARDA BURKULMASI ENGELLENMİŞ ÇELİK ÇAPRAZLARIN EKONOMİK OLMA KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aynur BARIN SEVİK

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Mart 2023; 76 sayfa

Bulunduğu konumdan dolayı sismik hareketliliğin fazla olduğu ülkemizde, can ve mal kayıplarını engellemek amacıyla herhangi bir yapı tasarımında emniyet koşullarının sağlanması temel esastır. Günümüz ekonomik koşulları göz önünde bulundurulduğunda güvenlik sınırları dahilinde tasarımda dikkat edilmesi gereken diğer husus yapım aşamasındaki maliyettir. İnşaat sektöründe betonarme yapılarda maliyet hesabında başlıca kalemler beton, kalıp ve donatı çeliğidir. Betonarme bir binada burkulması engellenmiş çelik çaprazların (BEÇÇ) kullanılmasının yapı maliyetine etkisi ve beton, kalıp, donatı miktarına alternatif olabilirliği incelenmektedir. Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayıları (S_{DS}) değeri 2,333 olan Bingöl ili Karlıova ilçesinde bulunan 20 katlı betonarme konut binaları çerçeve sistem, perdeli sistem ve BEÇÇ'li çerçeve sistem olmak üzere modellenmiş, analizleri yapılmış ve beton, kalıp, donatı metrajları belirlenmiştir. Bu doğrultuda amaç; aynı bölgede bulunan farklı taşıyıcı sistemlerdeki kullanım amacı aynı olan 3 adet betonarme binanın davranışını ve maliyetini inceleyerek en avantajlı tasarımın elde edilmesidir. Buna bağlı olarak BEÇÇ'lerin yatay yük taşıyan betonarme perde elemanlar yerine kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Bu teze konu olan 20 katlı betonarme konutlar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY) esasları doğrultusunda modellenmiş ve analiz edilmiştir. Çerçeve sistem ve perdeli sistemden oluşan binalar STA4CAD programıyla, BEÇÇ'lerin diagonal olarak perde elemanlar yerine kullanıldığı bina ETABS programıyla tasarlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER:Betonarme yapı tasarımı, Burkulması engellenmiş çelik çapraz, çaprazlı çerçeve sistem, ekonomi, Kısa periyot spektral ivme katsayıları

JÜRİ: Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Doç. Dr. Ferhat ERDAL

Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ

ABSTRACT

**EVALUATION OF THE ECONOMIC CRITERIA OF BUCKLING
PREVENTED STEEL CROSSES IN REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES**

Aynur BARIN SEVİK

MScThesis in Department of Civil Engineering

Supervisor: Associate Prof. Dr. Ramazan Özçelik

March 2023; 76 pages

Our country is located in an earthquake prone to zone and a large portion of our population lives in areas with a high risk of earthquakes. As with many earthquakes in the past, the recent Kahramanmaraş earthquakes on February 6, 2023, caused significant loss of life and property damage. An economic, practical, and safe building design is seen as the most important issue in the construction area from past to present. In this context, the main items in the cost calculation of reinforced concrete structures are concrete, formwork, and reinforcing steel. The effect of using buckling restrained braces (BRBs) in reinforced concrete buildings on the cost of construction and its potential as an alternative to concrete, formwork, and reinforcing steel quantities is being examined in this study. Twenty story reinforced concrete residential buildings located in the Karlıova district of Bingöl province, where the Short Period Design Spectral Acceleration Coefficients (S_{DS}) value is 2.333, were modeled as frame system, shear wall system, and BRB braced frame system. Analyses were conducted and the amount of concrete (m^3), formwork (m^2), and reinforcing steel (ton) were determined in order to compare them with respect to the most economical condition. In other words, the aim is to examine the behavior and cost of three reinforced concrete buildings with the same usage purpose but different lateral load carrying systems in the same region to obtain the most advantageous design. As a result, the usability of the BRBs instead of reinforced concrete shear walls carrying horizontal loads was evaluated.

The 20 story reinforced concrete buildings studied in this thesis were modeled and analyzed in accordance with the 2018 Turkish Earthquake Code (TBDY-2018). Buildings consisting of frame systems and shear walls were designed by using with the STA4CAD program, while the building using BRBs braced building instead of shear elements was designed by using with the ETABS program. The analysis results indicated that the BRBs braced system can be seen as an alternative lateral load caring system instead of shear walls.

KEYWORDS: RC structure design, Buckling restrained brace, shear wall, frame system, economical RC design

COMMITTEE: Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Assoc. Prof. Dr. Ferhat ERDAL

Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez programımın yürütüldüğü esnada, çalışmalarına yön veren, önemli bilgi ve yardımlarını paylaşmayı esirgemeyen ve her türlü desteği sonuna kadar sağlayan başta danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK'e ve hocam Arş. Grv. Hüseyin SÖĞÜT'e en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmaları boyunca bana her türlü desteği sağlayan ve çalışmalarına saygı gösteren eşim Sercan SEVİK'e, annem ve babam Ayşe BARIN ve Ali Mesut BARIN'a, kardeşlerim Mete Han BARIN ve Mehmet Oğul BARIN'a, güzel kızlarım Nehir ve İnci'ye varlıklarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, bu tezin ilk başlangıç fikri olan TUBİTAK121M814 no'lu projeye teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ... ..	iv
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. BEÇÇ Mekanizması.....	3
2.2. BEÇÇ Kesitleri ve Yapı Geometrisi	5
2.3. BEÇÇ Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları.....	6
2.3.1. BEÇÇ Avantajları	6
2.3.2. BEÇÇ Dezavantajları	6
2.4. BEÇÇ İle İlgili Yapılmış Araştırmalar	6
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. GİRİŞ	12
3.2. DEPREM ETKİSİNDE BİNALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN KURALLAR.....	12
3.2.1. Deprem Etkisi.....	12
3.2.1.1. Yer Hareketi Deprem Düzeyleri Tanımlanması	12
3.2.1.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları	13
3.2.1.3. Tasarım ve Harita Spektral İvme Katsayıları.....	13
3.2.1.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	14

3.2.1.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu.....	15
3.2.2. Tasarım ve Değerlendirme İçin Genel Esaslar.....	16
3.3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI	19
3.3.1 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	20
3.3.2 Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (R ve D) Belirlenmesi.....	20
3.3.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi	21
3.4. TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİ VE HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİNE İLİŞKİN KOŞULLAR	22
3.4.1. Taşıyıcı Sistem Modellemesi	22
3.4.2. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	23
3.4.3. Betonarme Taşıyıcı Elemanların Enkesit Koşulları ve Donatılandırılmasına İlişkin Genel Bilgiler	25
3.4.3.1. Enkesit Koşulları.....	25
3.4.3.2. Betonarme Taşıyıcı Elemanların Donatılandırılmasına İlişkin Genel Bilgiler ..	25
3.4.4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Kesme Güvenliği.....	26
3.5. BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	26
3.5.1. Binaların Bulunduğu Arazi Bilgileri ve Zemin Sınıfı.....	27
3.5.2. Binaların Performans Düzeyleri Tayini	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ VE BİNALARIN MODELLENMESİ.....	31
4.1.1. Betonarme Çerçeve Sistem	31
4.1.2. Betonarme Perdeli Sistem	44
4.1.3. Burkulması Engellenmiş Çaprazlı Çerçeve Betonarme Sistem	56
5. SONUÇLAR	70
6. KAYNAKLAR	73

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Betonarme Yapılarda Burkulması Engellenmiş Çelik Çaprazların Ekonomik Olma Kriterlerinin Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

31/03/2023

Aynur BARIN SEVİK



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
D_{bi}	: i 'inci katta ek dışmerkezlik büyütme katsayısı
E	: 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
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
F_S	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
G	: Sabit yük etkisi
g	: Yerçekimi ivmesi H Kesit yüksekliği
H_i	: Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
H_N	: Bina Toplam Yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
L_p	: Plastik mafsal boyu
L_s	: Kesme açıklığı
M_{DEV}	: Taban devrilme momenti m_i i 'inci katın toplam kütlesi
M_o	: Toplam devrilme momenti
m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi
$m_{\theta i}$	: i 'inci katın kütle eylemsizlik momenti
N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümdeki toplam kat sayısı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Q	: Hareketli yük etkisi
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

$R_a(T)$: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

R_y : Dayanımı Azaltma Katsayısı

S : Kar yüğü etkisi

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi

$S_{aeD}(T)$: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi

$S_{aR}(T)$: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

$S_{de}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral yer değıştirmesi

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

T : Doğal titreşim periyodu”

T_A : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_{AD} : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_{BD} : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_L : Düşey spektrumunda sabit yer değıştirme bölgesine geçiş periyodu

T_L : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğıştirme bölgesine geçiş

T_n : n’inci moda ait doğal titreşim periyodu

T_p : Binanın hakim doğal titreşim periyodu

T_{pA} : Amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu

$T_p^{(X)}$: X deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu

$V_i^{(X)}$: Kat kesme kuvveti

$V_{tE}^{(X)}$: X deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)

$V_{tx}^{(X)}$: X doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yüğü

- K : Görelî kat ötelemelerinin tanımında kullanılan katsayı
- Λ : Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan katsayı
- Φ : Donatı çapı

Kısaltmalar

- BEÇÇ : Burkulması engellenmiş çelik çapraz
- BKS : Bina kullanım sınıfı
- BYS : Bina Yükseklik Sınıfı
- ÇÇ : Çelik çapraz
- DGT : Dayanıma Göre Tasarım
- DTS : Deprem Tasarım Sınıfı
- GÖ : Göçmenin Önlenmesi
- KK : Kesintisiz Kullanım
- MBY : Mod Birleştirme Yöntemi
- MN : Minimum Hasar Sınırı
- ŞDGT : Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
- TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı
- TDTH : Türkiye Deprem Tehlike Haritaları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çelik çaprazlı çerçeve	3
Şekil 2.2. Burkulması Engellenmiş Çelik Çapraz Mekanizması	4
Şekil 2.3. BEÇÇ ve geleneksel çelik çapraz histeretik davranış eğrileri	5
Şekil 2.4. BEÇÇ elemanlara ait enkesit çeşitleri	5
Şekil 2.5. Çelik çapraz bağlantı şekilleri	6
Şekil 3.1. Yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği	15
Şekil 3.2. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri yer değiştirme grafiği	15
Şekil 3.3. Düşeyde elastik tasarım ivme spektrumunun grafiği	16
Şekil 3.4. Binaların yapılacağı konum	27
Şekil 3.5. Yatay elastik tasarım spektrumu	28
Şekil 3.6. Düşey elastik tasarım spektrumu	28
Şekil 4.1. Kat aplikasyon planı	31
Şekil 4.2. Binanın yandan görünüşü	32
Şekil 4.3. Bina 3D görüntüsü	32
Şekil 4.4. Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları grafikleri	34
Şekil 4.5. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı kontrolü	36
Şekil 4.6. Perdeli bina kat aplikasyon planı	44
Şekil 4.7. Perdeli bina yandan görünüş	45
Şekil 4.8. Perdeli 3D görünüş	45
Şekil 4.9. Perdeli sistemin yatay ve düşey elastik tasarım spektrum grafiği	47
Şekil 4.10. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı kontrolü ...	49
Şekil 4.11. BEÇÇ'li bina kat aplikasyon planı	56
Şekil 4.12. BEÇÇ'li yandan görünüş	57
Şekil 4.13. BEÇÇ'li bina 3D görünüş	57

Şekil 4.14. BEÇÇ’li bina yatay elastik tasarım spektrum grafiği	58
Şekil 4.15. ETABS programından ölçeklendirme	60
Şekil 5.1. Beton metrajları grafiği	71
Şekil 5.2. Kalıp metrajları grafiği	71
Şekil 5.3. Donatı metrajları grafiği	72
Şekil 5.3 Donatı metrajları grafiği	71



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kısaperiyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	13
Çizelge 3.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları	14
Çizelge 3.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	17
Çizelge 3.4. Deprem tasarım sınıfları	18
Çizelge 3.5. Bina yükseklik sınıfları ve yükseklik aralıkları	18
Çizelge 3.6. Performans hedefleri ve tasarım yaklaşımlar/yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar (BYS=1)	19
Çizelge 3.7. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı	20
Çizelge 3.8. Hareketli yükler için kütle katılım katsayısı	22
Çizelge 3.9. Etkin kesit rijitlikleri çarpanları.....	22
Çizelge 3.10. Konut için BKS	29
Çizelge 3.11. Bina Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	29
Çizelge 3.12. Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	30
Çizelge 3.13. Yeni yapılacak bina tasarım yaklaşımları ve performans hedefleri.....	30
Çizelge 4.1. Deprem yükü azaltma katsayısı	33
Çizelge 4.2. Doğal titreşim periyodunun kontrolü.....	34
Çizelge 4.3. Kat kütlesi.....	35
Çizelge 4.4. Mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabı	35
Çizelge 4.5. Kat deplasmanları	36
Çizelge 4.6. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı	36
Çizelge 4.7. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri tablosu.....	37
Çizelge 4.8. Çerçeve sistem beton ve kalıp metrajı	37
Çizelge 4.9. Çerçeve sistem donatı metrajı.....	40
Çizelge 4.10. Perdeli sistem deprem yükü azaltma katsayısı	46
Çizelge 4.11. Doğal titreşim periyodunun kontrolü.....	47

Çizelge 4.12. Perdeli sistem kat kütlesi	48
Çizelge 4.13. Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı	48
Çizelge 4.14. Perdeli sistem kat deplasmanları	49
Çizelge 4.15. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri	49
Çizelge 4.16. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı tablosu ..	50
Çizelge 4.17. Perde taban momenti	50
Çizelge 4.18. Perdeli sistem beton ve kalıp metrajı	51
Çizelge 4.19. Perdeli sistem donatı metrajı	53
Çizelge 4.20 BEÇÇ'li bina doğal titreşim periyodu	58
Çizelge 4.21. BEÇÇ'li bina kat kütleleri	58
Çizelge 4.22. BEÇÇ'li bina eşdeğer deprem yükü hesabı	59
Çizelge 4.23. Taban kesme kuvveti	59
Çizelge 4.24. Eşdeğer deprem kuvvetine göre büyütülme ($\beta_{TE}^{(X)}$ koşulu)	60
Çizelge 4.25. Azaltılmış görelî kat ötelemeleri ($\Delta_i^{(X)}$)	61
Çizelge 4.26. Etkin görelî kat ötelemeleri ($\delta i^{(X)}$)	62
Çizelge 4.27. Azaltılmış kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerleri	63
Çizelge 4.28. İkinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$	64
Çizelge 4.29. İkinci mertebe gösterge değerinin maximumu	64
Çizelge 4.30. BEÇÇ çerçevesli bina beton ve kalıp metrajı	65
Çizelge 4.31. BEÇÇ çerçevesli bina donatı metrajı	67
Çizelge 5.1. Binaların analiz sonuçları	70
Çizelge 5.2. Binaların metraj sonuçları	70

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasının asıl amacı, öncelikle $S_{DS}=2,333$ bir bölgedeki 20 katlı betonarme konut binasının çerçevesi ve perdeli sistemlerdeki donatı miktarlarının belirlenmesi, sonrasında yatay yük taşıyan perde elemanlar yerine BEÇÇ'leri kullanarak yeniden tasarlanması ve metrajlarının tayin edilmesiyle BEÇÇ'lerin donatı, beton, kalıp miktarı konusunda avantaj sağlayıp sağlamadığının saptanmasıdır. Tez çalışmasının ana amacı doğrultusunda elde edilebilecek kazanımlar şöyledir:

1) Bir bölgede perdeli, çerçeve ve burkulması engellenmiş çelik çaprazlı (BEÇÇ) betonarme olarak üç şekilde tasarlanmış taşıyıcı sistemlerden avantajlı olanın seçilmesi.

2) Betonarme yapılarda yatay yük etkisi karşılayan perde elemanların kaldırılması ve taşıyıcı sistemin BEÇÇ'ler ile güçlendirilmesi sonucunda ekonomiklik elde etme durumunun tayin edilmesi.

3) Sadece betonarme taşıyıcı sistemlerin ekonomik olarak değerlendirilmesidir.

Deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde, mevcut yönetmelik ve yapım teknikleri ile depreme karşı dayanıklı yapıların yapılması mümkün hale gelmiştir. Yapı tasarımında en önemli faktörlerden birinin emniyet olduğu bir gerçektir. Fakat günümüz koşulları da göz önünde bulundurulduğunda diğer faktörün ekonomi olduğu aşıkardır. Sonuç olarak amaç bilimsel veriler, yönetmelik ve tekniklerle en güvenli ve ekonomik yapıyı tasarlayabilmektir. Modellenmiş ve inşa edilmiş yapılarda bu hususlara dikkat edildiği gibi inşaatı tamamlanmış ve kullanılan kusurlu sayılabilecek yapıların güçlendirilmesinde de emniyet ve ekonomi önceliktir. Özellikle 2000 yılından önceki yapılan yapıların can ve mal güvenliği açısından risk oluşturdukları düşünüldüğünde mevcut yapıların yıkılıp yerine yenilerinin tasarlanması ve sahaya taşınması ekonomik olarak büyük bir külfettir. Yıkıp yeniden yapmaktansa uygun binalarda güçlendirme yoluna gidilmesi bu bahsedilen maliyetin çok ciddi anlamda azalmasını sağlamaktadır. Bu sebeple mevcut yapıların çeşitli güçlendirme yöntemleri ile depreme karşı güçlendirilmesi uygundur.

Çelik çaprazlar ekonomik olarak avantaj sağlamak adına binada deprem ve rüzgar yüklerine karşı kullanılan yapısal elemanlardır. Çelik çaprazlar binaya gelen yataydaki kuvvetleri orantılı bir şekilde eksenel rijitlikleri sayesinde taşımaktadır ve yapının rijitliğini arttırarak gerçekleştirecek deplasmanları minimuma indirir. Çelik çaprazların en önemli özelliğini, yüksek eksenel rijitliğe sahip olması ve bundan dolayı deprem kuvvetlerini emniyetli bir biçimde karşılaması ve yanal deformasyonların sınırlandırılmasına olanak vermesidir. Çelik malzemesi basınç kuvvetleri altında burkulma davranışı gösterir, bu durum ise araştırmacıları BEÇÇ üzerinde çalışmaya sevk etmiştir. Literatürde, çeşitli araştırmacılarca tasarlanmış farklı tiplerdeki BEÇÇ modelleri bulunmaktadır. Yapı içerisine eklenince tekrar tekrar uygulanan yanal kuvvetlere karşı yapının rijitliğini ve eksenel yük taşıma kapasitesini arttırmaktadır. BEÇÇ'lerin ana çalışma prensibi, çelik çaprazların basınç ve çekme kuvvetleri altında benzer bir histeretik davranış göstererek yükleri güvenle taşıma ve plastikleşerek enerji sönmelenmesine katkı sağlama esasına dayanmaktadır. Ülkemizde sismik hareketlilik oldukça fazla ve etkin olup hemen hemen bütün bölgelerinde deprem riski vardır. En

güvenli ve ekonomik tasarım için; TBDY 2018'e göre sahaya göre yapıların deprem etkisinde tasarımı yapılırken kullanılan deprem hareketleri değerleri ve tanımlanan 4 adet deprem yer hareketi düzeyinde (DD-1, DD-2, DD-3, DD-4) oluşabilen deprem verileri, 22.01.2018 tarihinde, "2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla yürürlüğe girmiş Türkiye Deprem Tehlike Haritalarıyla" (TDTH) ifade edilmiştir. DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitilemektedir. Bu deprem yer hareketi (DD2), standart tasarım deprem yer hareketi olarak da bilinmektedir. Deprem yer hareketi spektrumları, belirli deprem yer hareketi %5 sönümde "harita spektral ivme katsayıları (S_s , S_1) ve yerel zemin etki katsayıları" (F_s , F_1) bağlıdır. Sahaya özel veya standart şekilde deprem tehlike durumunu analizlerle özel bir biçimde ifade etmektedirler. Değerlendirilen düzeydeki yer hareketinin yatay elastik tasarım ivme spektrumunun grafiğindeki ordinat, "yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$ ", "doğal titreşim periyoduna (T)" bağlıdır ve "yerçekimi ivmesi (g)" cinsinden ifade edilmektedir. S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B , S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır.

Deprem etkisi altında binaların değerlendirilmesi ve tasarımı için Deprem Tasarım Sınıflarının (DTS) belirlenmesine esas olmak üzere binaların kullanım amaçlarına göre (AVM, konut, hastane vb.) Bina Kullanım Sınıfları (BKS) tanımlanmıştır. Bina yükseklikleri (H_N) ve Bina Yükseklik Sınıfları (BYS) doğrultusunda DTS'lere göre bina performans hedeflerine bağlı bina performans düzeyleri (Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi, Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi, Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi) belirlenir. Belirlenen bu hedeflere göre uygulanacak tasarım yaklaşımları saptanır.

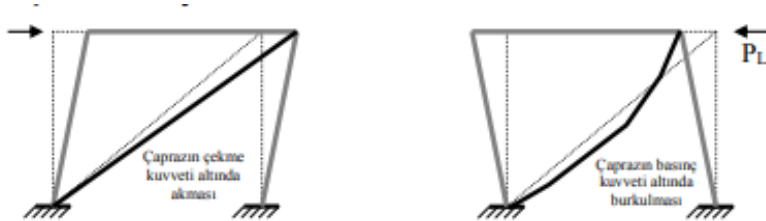
Sonuç olarak, bu tez kapsamında TBDY 2018'e göre çerçeve, perdeli ve BEÇÇ çerçeveli olmak üzere 3 tip bina modellenmiş ve metrajları çıkartılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Ülkemizde deprem afetinin yarattığı veya yaratacağı can ve mal kayıplarının önüne geçmek ve yaşam kalitesinin yükseltebilmek için geçmişte olduğu gibi günümüzde de süregelen inşaat alanında birçok alternatif arayışı oluşmuştur. Bu alternatiflerden biri özel bir yapı elemanı olarak değerlendirilebilecek BEÇÇ'lerdir. Yeni sayılabilecek ve ülkemizde henüz çok tercih edilmeyen Japonya' da keşfedilmiş olan ve daha çok Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaya başlayan bu yapı elemanı hem yeni yapılacak binalarda hem de güçlendirilmesi gereken zayıf binalarda kullanılabilir. Söz konusu BEÇÇ'ler binanın dayanıklılığını deprem kuvveti ve rüzgar etkisi gibi yatay yüklere karşı arttırmaktadır. Ayrıca özel mekanizmasıyla güvenilirliği arttırdığı için ekonomik olarak da avantaj sağlamaktadır.

2.1. BEÇÇ Mekanizması

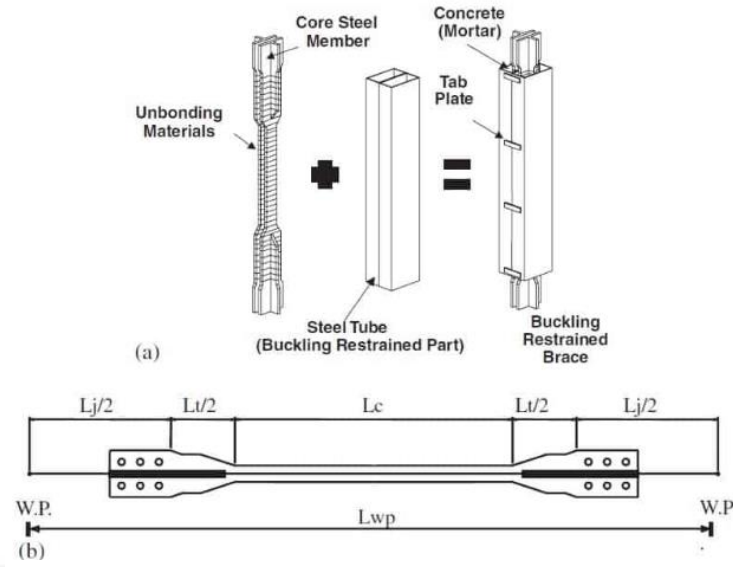
Çelik çaprazlar deprem ve rüzgar etkisi gibi yatay kuvvetlere karşı yük taşıyan elemanlardır. Bu çaprazların mekanizması gereği karşılaşılan en büyük problem çevrimsel yükler etkisi altında çekme ve basınçta kapasitelerinin eşit olmaması nedeniyle çekme kuvvetleri etkisi altında çeliğin akmasıyla (plastikleşme) birlikte basınç kuvvetleriyle burkulmasıdır. Burkulma sonucu çelik çaprazların eksenel yük taşıma kapasiteleri büyük ölçüde azalmaktadır.



Şekil 2.1. Çelik çaprazlı çerçeve (Özçelik 2015)

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi çelik çaprazlı çerçeve yatay kuvvet (PL) etkisi altında yatay deplasmanlara bağlı olarak eksenel basınç ve çekme yüklerine uğramaktadır. Burada çelik çaprazın basınç deformasyonu ile burkulduğu, çekme deformasyonu ile ise plastikleştiği görülmektedir. (Özçelik 2015)

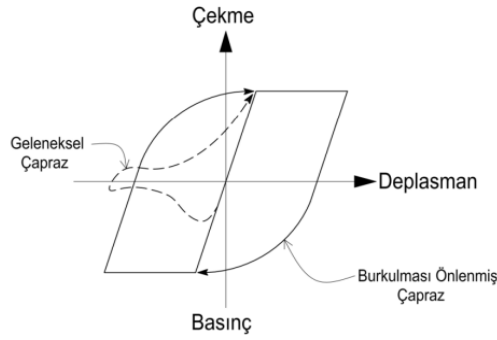
Deprem enerjisini sönmölemek, yanal ötelemeleri sınırlamak amacıyla kullanılan çelik çaprazların burkulma sorununu önleyebilmek için geliştirilen BEÇÇ'lerin mekanizması Şekil 2.2' de gösterilmiştir. (Meriç 2020)



Şekil 2.2. Burkulması Engellenmiş Çelik Çapraz Mekanizması (Meriç 2020)

Şekil 2.2’de gösterildiği gibi çelik çekirdek elemanın etrafı yüksek mukavemetli beton ile çevrilidir(Meriç 2020). Burada aksenal yükleri karşılayan kısım çelik çekirdek, rijitliği arttırarak burkulmayı engelleyen kısım ise beton kabuk ve bunları çevreleyen kasadır. Bu sistemle BEÇÇ’ler sünek davranış sergilemektedirler. Bu mekanizmada çekirdek kısım ile kabuk kısım (burkulmayı önleyen) arasında herhangi bir yük aktarımı olmaması için yüzey ayırıcı malzeme kullanılmaktadır. Ayrıca BEÇÇ elemanındaki yerel burkulmaların önüne geçebilmek için çekirdek ile birleşim yeri arasında kalan bölgede (geçiş bölgesi) enkesit alanı arttırılmaktadır.

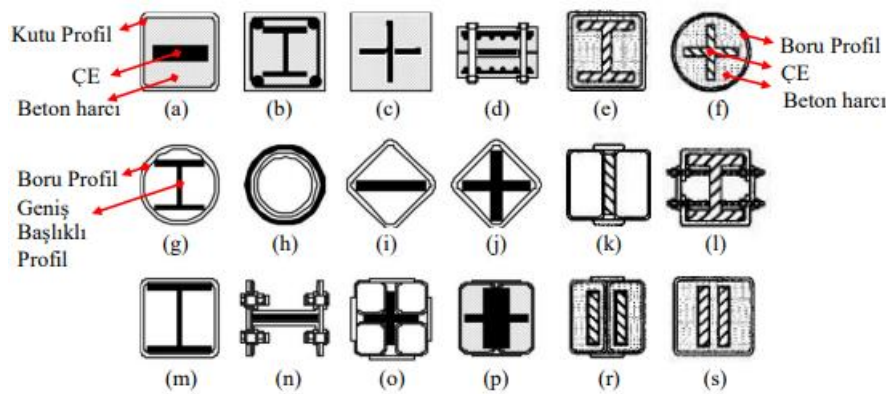
BEÇÇ’lerin tasarımları, aksenal kuvvetler etkisinde burkulmadan akmasına ve plastik şekildeğiş-tirmelerinin yüksek olmasına göre yapılır. Çelik çapraz elemanlar BEÇÇ’lere göre çevrimsel yükler etkisi altında asimetrik bir davranış sergilerler. Yani yüksek çekme kapasitesiyle düşük basınç kapasitesinin yaratmış olduğu zıtlıktan dolayı çelik çaprazlar, BEÇÇ elemanlara göre zayıf bir tavır sergiler (Bozkurt/Çelik yapılar sempozyumu) (Şekil 2.3). BEÇÇ’lerin aksenal çekme ve basınç etkisi altında gösterdiği davranışları hemen hemen birbirine eşittir. Buna bağlı olarak BEÇÇ’ler daha karardır, oldukça sünek davranış sergiler, yüksek ve stabil enerji sönümleme kapasitesine sahiptir.



Şekil 2.3. BEÇÇ ve geleneksel çelik çapraz histeretik davranış eğrileri (Bozkurt/Çelik yapılar sempozyumu)

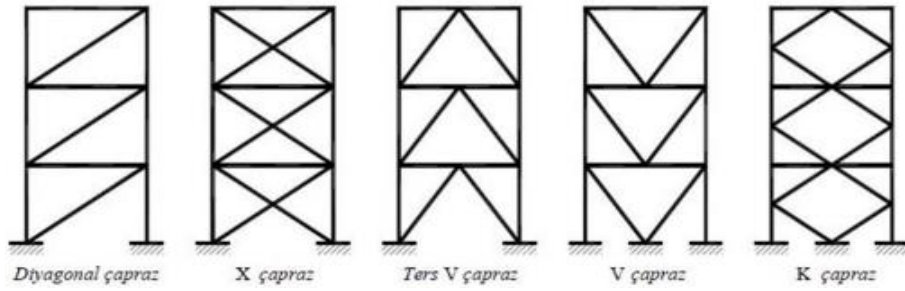
2.2. BEÇÇ Kesitleri ve Yapı Geometrisi

Şekil 2.3'te gösterildiği gibi BEÇÇ çeşitleri farklı tipteki enkesitlerde tasarlanabilir (Qiang 2005, Tsai vd 2004). Burada (a) ve (f) enkesitine sahip olan BEÇÇ'lerde çekirdek eleman ve beton arası izolasyon malzemesi konulur ve profil kabuk içine oturtulur. Görüldüğü gibi (p) enkesitine sahip olan BEÇÇ'ler ise iki adet T kesitli BEÇÇ'nin yan yana birleştirilmesiyle elde edilir. Bu kesite sahip olan BEÇÇ'ler bayrak levhası kullanılarak kolay montaj edildiğinden sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca (k), (l), (n) ve (o) kesitli olan elemanlarda ise beton harcı kullanılmaksızın sadece çelik malzemelerle imal edilir. Aynı şekilde beton kullanmadan çelik elemanın profil içinde yerleştirdiği kesitler (g), (h), (i), (j) ve (m) kesitleridir. BEÇÇ tasarımında en önemli husus elemanın histeretik davranışdır.



Şekil 2.4. BEÇÇ elemanlara ait enkesit çeşitleri (Qiang 2005, Tsai vd 2004)

BEÇÇ'ler binada perde elemanlar yerine kullanılabilirler. Şekil 2.4'te TBDY 2018'in öngördüğü çelik çaprazların konumlandırılma şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Çelik çapraz bağlantı şekilleri (TBDY 2018)

2.3. BEÇÇ Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları

2.3.1. BEÇÇ Avantajları

Çaprazların yüksek basınç etkisinde burkulması engellendiği için deprem etkisi gibi çevrimsel yükler altında çekme ve basınçta üniform olarak yeterli şekildeğiştirme ve dayanıma sahip olmaktadır (Histeretik Davranış).

Enerji sönmüleme kabiliyetinin oldukça yüksek olması döngüsel yükler etkisinde çekme ve basınç şekildeğiştirme kapasitesinin fazla olmasıdır (Enerji Sönümleyici).

Yatay yükler karşısında betonarme perde gibi bir davranış gösterdiği için ve yönetmeliğe göre $R=8$ alınmasından dolayı deprem kuvvetleri daha küçük kesitlerle karşılanabilmektedir (Ekonomiklik).

Tasarımı özel hesaplarla ve deneylerle yapıldığı için ve imalatında birçok teste tabi tutulduğu için burkulması engellenen çelik çaprazlar oldukça emniyetli yapı elemanlarıdır (Güvenilirlik).

2.3.2. BEÇÇ Dezavantajları

Tasarım zorluğu, üretim maliyetleri ve ülkemizden çok yaygın kullanılmadığı için temin edebilme imkanlarının kısıtlı olması gibi etkenlerden dolayı BEÇÇ'lerin yapı elemanı olarak kullanılması dezavantajlar yaratmaktadır.

2.4. BEÇÇ İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Özel bir yapı elemanı sayılabilecek BEÇÇ yapı elemanları ile ilgili geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmıştır. BEÇÇ'ler için yapılan çalışmalar öncelikle deneysel olarak sadece eksenel deformasyonların uygulanıldığı eleman bazında ve hem

eksenel yüklerin hem de uç dönmelerin uygulandığı çerçeve sistem bazındadır. Bu çalışmaları BEÇÇ'lerin çerçeve sistem dahilinde olduğu çalışmalar takip etmiştir. Yapılan araştırmalar ve çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibidir:

Yashino ve Karino (1971), yaptığı çalışmada iki adet çelik elemanı betonla aderansını önleyerek numune beton ile çevrelemiştir. Kabuk betonun burkulmayı engellemesini sağlayarak çelik elemanın sadece eksenel yüklere karşı direnç göstermesini sağlamıştır.

Watanaba vd. (1988), çalışmasında $P_e/P_y > 1$ olduğu halde çekirdek elemandaki kusurlardan dolayı bu oranın yetersiz olduğunu analitik olarak belirtmişlerdir. Hesap sonuçlarına göre $P_e/P_y > 1,5$ olmasını uygun görmüş ve önermişlerdir.

Maheri ve Sahebi (1997), yaptığı araştırmalarda betonarme bina içerisinde çelik çaprazların kullanılmasını değerlendirmiştir. Bu araştırma sonucunda betonarme binaya uygun bir şekilde monte edilen çelik çaprazların yatay yük taşıyıcı perde elemanlar yerine kullanılabileceği görülmüştür.

Tremblay vd. (1999), mevcuttaki 4 katlı çelik taşıyıcı sisteme sahip binayı güçlendirmek amacıyla tasarlamış oldukları BEÇÇ elemanları tek katlı, tek açıklı ve 4 düğüm noktasının mafsallı olduğu çelik çerçeve sistemde kullanarak deneysel olarak gözlemlemişlerdir.

Clark vd. (1999), BEÇÇ ile ilgili deneyleri Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk kez Kaliforniya Üniversitesinde gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışmada burkulması engellenmiş mekanizması profil ve beton birleşiminden oluşan 3 adet BEÇÇ deneye tabii tutulmuştur. BEÇÇ'lerin çekirdek elemanları dikdörtgen ve “+” kesitlerinden oluşmaktadır ve çekirdek elemanların akma gerilmesi 419 Mpa'dır.

Black vd. (2002), yaptığı deney Clark vd.(1999)'un devamı şeklinde olup “+” enkesite sahip ve akma gerilmesinin 285 MPa olduğu çekirdek elemandan oluşan 2 adet BEÇÇ'nin incelenmesi ile ilgilidir.

Merit vd. (2003), kutu profil ve betondan oluşan burkulması engellenmiş mekanizmaya sahip iki adedi dikdörtgen, dört adedi “+” enkesitindeki çekirdek elemanlı toplam 6 adet BEÇÇ'yi uç dönmeye ve eksenel deformasyona maruz kaldığı bir deney düzeneğinde test etmişlerdir. Böylece çelik çerçevenin içinde BEÇÇ'nin maruz kaldığı deformasyonlara ulaşarak BEÇÇ'lerin davranışı gözlemlenmiştir.

Kim ve Choi (2004), yaptığı çalışmada taşıyıcı sistemi sadece BEÇÇ elemanlardan oluşan çelik çerçeve yapıyı lineer olmayan yöntemle analiz ederek yapının enerji sönümlemesini ve deprem etkisi altındaki davranışını incelemişlerdir. Sonuçta maksimum şekildeğiştirmeler azalmış, çapraz elemanların rijitliği artmıştır.

Tsai ve Lai (2004), çalışmasında yüzey malzemeleri birbirinden farklı olan BEÇÇ'lerden meydana gelen çerçeveleri ardarda uygulanan yükler etkisi altında inceleyerek BEÇÇ elemanın davranışını gözlemlemişlerdir. Bunun dışında 11 metre uzunluğundaki BEÇÇ'lerin artan döngüsel yükler etkisinde deformasyon kapasitesinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Qiang (2005), tarafından burkulması engellenmiş çelik çaprazların çeşitleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda çekme ve basınç etkisi altında şekildeğiştirmelerin aynı olduğunu, rijitliklerin ve buna bağlı olarak enerji sönümleme kabiliyetinin fazla olduğunu gözlemlemiştir.

Xie (2005), yaptığı çalışmasında çekme ve basınç etkisinde benzer davranış sergileyen BEÇÇ'leri deneysel olarak incelemiştir. Farklı parametrelerdeki BEÇÇ'leri ve BEÇÇ'li çerçeve sistemi tersinir tekrarların yükler etkisi altında test etmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre BEÇÇ'lerin bu sistemde sismik güçlendirmede uygun olduğunu görmüştür.

Christopoulos (2005), tarafından yapılan çalışma beş adet diyagonal tasarlanmış BEÇÇ'li çerçevenin zemine paralel şekilde hazırlanan bir deney düzeneğiyle test edilmesidir. Çerçeve sistem zemine paralel olduğu halde kutu profil ve betondan oluşan BEÇÇ'lerin burkulmayı engelleyen mekanizmasının çekirdek elemanlarında kaymayı engelleyen mekanizması olmadığı için aşağıdan yukarıya doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir.

Tremblay vd. (2006), altı adet BEÇÇ'yi çerçeve sistem benzeri bir sistemde diyagonal çapraz olarak yerleştirilerek deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmanın amacı BEÇÇ'lerin maruz kaldığı eğilme momentleri ve bu eğilme momentlerinin BEÇÇ elemanlar üzerindeki etkisinin gözlemlenmesiyle birlikte çekirdek elemanın plastik bölge uzunluğunun kapasiteye ve rijitliğe olan etkisinin incelenmesidir.

Korkmaz (2007), tasarladığı 10 katlı betonarme çerçeve sisteme binayı farklı şekillerle yerleştirdiği BEÇÇ elemanlarla güçlendirmiştir. Farklı şekillerle güçlendirilmiş olan binaları doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz etmiş ve

analizler sonucunda hem kapasitenin arttığını hem de BEÇÇ'lerin konumlandırılmasına göre kapasitenin iki kat kadar bir artış gösterdiğini tespit etmiştir.

Fahnestock vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada 6/10 ölçekli olan tek açıklıklı ve dört katlı çerçeve deneysel olarak incelenmiştir. Deneyde sırasıyla hibrit dinamik benzerli yükleme ve statik yükleme olmak üzere iki tip yükleme yapılmıştır. Deneyde kullanılan bağlantı detaylarının diğer deneylerden farklı olduğu için BEÇÇ'ler bulonlu birleşimler yerine bayrak levhasına mafsallı olarak bağlanmıştır. Deney sonucunda çerçeve %5 kat öteleme değerine kadar kapasitesini korumuştur ve bayrak levhasında hasar gözlenmemiştir.

Tsai vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada dinamik benzeri yüklemeyle tam ölçekli olan üç katlı ve üç açıklıklı BEÇÇ'li çerçeveyi deneysel olarak incelemişlerdir. Deneydeki çelik çerçeve sistemde beton plak, çelik kirişler ve kompozit kolonlar mevcuttur. 1989 Loma Prieta ve 1999 Chi-Chi deprem kayıtları kullanılarak dinamik benzeri yükleme yapılmıştır.

Tsai vd. (2008), yaptığı çalışmada geleneksel BEÇÇ'lerin imalatı ve birleşim yerlerindeki eksikliklere bağlı olarak çıkan olumsuzlukları gidermek amacıyla kavisli çekirdek elemana sahip BEÇÇ'li yapı sistemini deneysel olarak incelemiştir. Deney sonuçlarına göre incelediği yapı sisteminin döngüsel yükler etkisinde deprem yüklerine karşı performansının arttığını ve sabit bir davranış sergilediğini gözlemlemiştir.

Andrews vd. (2009), BEÇÇ ile ilgili yapılmış deney sonuçlarından elde ettiği verilerle BEÇÇ'ler için süneklik kapasitesi modelleri geliştirerek çalışmalar yapmıştır.

Young vd. (2009), yapmış oldukları deneyde burkulması engellenmiş mekanizması betonsuz kutu profil içine geniş başlıklı I profilin yerleştirilmesiyle oluşmuş ve sürtünmeleri engellemek amacıyla silikon gresin kullanıldığı BEÇÇ'leri incelemişlerdir.

Özçelik vd. (2011), yaptığı çalışmada hasarlı betonarme yapıların deprem etkisi altında performansını arttırmak amacıyla BEÇÇ elemanları ters V ve iç çelik çapraz şeklinde olmak üzere iki farklı metotla güçlendirilerek binaları deneysel olarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre BEÇÇ'lerin ters V şeklinde bağlandığı bina yatay ötelenmelerin sınırlandığını, iç çelik çaprazlı binada ise sünekliğin arttığını gözlemlemiştir.

Özkan (2013), çalışmasında AISC ve FEMA 450 standartlarına göre taşıyıcı sistemi çelik olan 5 katlı bir yapıyı BEÇÇ'lerle tasarlamıştır. Çekirdek eleman başlık alanını ve akma uzunluğu çalışmasında esas aldığı parametrelerdir. Elde ettiği sonuçlara göre çekirdek elemanın enkesit alanı arttıkça yapıya ait yanal ötelenmeler ve dönmeler azalmıştır. Ayrıca enkesit alanı sabit olmak koşuluyla çekirdek elemanın akma uzunluğunun arttırılmasıyla yapıdaki kat ötelenmelerinin arttığının gözlemlemiştir.

Tunca ve Güneyisi (2013), mevcut bir betonarme binanın performansına BEÇÇ'lerin etkisini inceleyebilmek için analitik çalışmalar yapmışlardır. X ve Y yönlerinde simetrik olan 3 katlı ve 4 açıklıklı olan betonarme binayı BEÇÇ elemanları kenar akslara yerleştirerek deprem etkisi altında doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Elde edilen performans raporlarına göre BEÇÇ'ler kullanılarak tasarlanmış çerçeve sistem betonarme binanın deprem etkisi altında rijitliğinin arttığını, doğal titreşim periyodunun ve kat ötelenmelerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Khampanit, Leelataviwat, Kochanin ve Warnitchai (2014); yapmış oldukları çalışmada yerçekimi yüklerine maruz kalmış 5 kattan oluşan bir okul binasında BEÇÇ'lerin enerji sönmüleme kabiliyetini ve yanal yük kapasitelerini ileri derecede arttırdığını görmüşlerdir.

Özçelik (2015), yapmış olduğu deneylerle çekme ve basınç kapasiteleri eş 5 çeşit burkulması engellenmiş çelik çaprazın eksenel yükler etkisi altındaki davranışlarını gözlemlemiştir.

İnce vd. (2015), yaptığı çalışmasında tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeve ile BEÇÇ'lerin V çapraz şekilde monte edildiği mevcut betonarme çerçeve sistemin tersinir tekrarlanır yükler etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre BEÇÇ'lerle güçlendirilmiş betonarme çerçeve sistemin enerji sönmüleme kapasitesinin ve yanal yükler etkisi altında dayanımının arttığını gözlemlenmiştir.

Gültekin ve Güneyisi (2015), yaptıkları çalışmada 8 katlı ve 3 açıklıklı olan betonarme binayı V ve ters V şeklinde yerleştirdiği BEÇÇ elemanlarla yeniden modellemiş ve analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre BEÇÇ'lerin kullanıldığı binalarda deprem etkisi altında davranışın iyileştiğini gözlemlemiştir.

Chou vd (2016), yaptığı deneyde çift çekirdekli ve yüzey plakalı olmak üzere iki BEÇÇ elemanı kıyaslamıştır. Eksenel elastik rijitliklerin çift çekirdekli BEÇÇ'de yüzey plakalı BEÇÇ'lere göre 2-5 kat kadar fazla çıktığı gözlemlenmiştir. Yanal yükler etkisi

altında kapasite olarak çift çekirdekli BEÇÇ'lerin davranışının daha kararlı olduğunu tespit etmiştir. Enerji sönümleme kapasitesinin ise yüzey plakalı BEÇÇ'lerde çift çekirdekli BEÇÇ'lere göre 3 katı olduğunu elde etmiştir.

Entezari vd. (2017), yapmış olduğu deneyde 1/3 ölçekle küçülterek tasarladığı betonarme çerçeve sistem binayı X, V, ters V, diagonal gibi farklı şekillerde yerleştirdiği BEÇÇ elemanlarla güçlendirerek incelemiştir. İncelemeler sonucunda X şeklindeki güçlendirmenin çatlatma kontrolü ve kuvvet açısından daha uygun olduğunu gözlemlemiştir.

Seker ve Shen (2017), BEÇÇ'leri boru içerisine yerleştirerek deneysel olarak incelemişlerdir. Elde edilen deney sonuçlarına göre, boru içerisine yerleştirilen BEÇÇ'lerin kırılmasının geciktiği, gerilmelerin 7-8 kadar azaldığı görülmüştür.

Karataş ve Çelik (2019), yapmış oldukları deneyde birbirinden farklı uç detaylarına sahip 5 adet BEÇÇ elemanı tersinir tekrarlanır yükler etkisi altında incelemiş ve davranış olarak kıyaslamışlardır. Bu detaylara sahip BEÇÇ'lerde performans düzeyinin yeterli olduğunu görmüşlerdir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. GİRİŞ

Bu tezin konusu, betonarme yapılacak binaların taşıyıcı sistemlerine ve bulunduğu sahalara göre metrajlarının tayin edilmesiyle birlikte söz konusu binalarda kullanılabilecek BEÇÇ'lerin ekonomik olma durumunun incelenmesidir. Söz konusu bu tez tamamen TBDY 2018 yönetmeliğine bağlı tasarım esasları ve sayısal verilere dayanmış olup incelenen binalar ETABS ve STA4CAD programlarıyla modellenmiş ve analiz edilmiştir. Deprem yer hareketlerine ilişkin veriler TDTH ile tanımlanan <https://tdth.afad.gov.tr/> web sitesinden alınmıştır.

3.2. DEPREM ETKİSİNDE BİNALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

Bu tez kapsamında Bingöl ili, Karlıova ilçesinde 20 katlı konut betonarme yapısının yeni tasarımı incelenmiştir. Söz konusu yapının yapılacağı lokasyondan elde edilen S_{DS} değeri 2,333'tür ($S_{DS}=2,333$). Yapıların betonarme çerçeve, betonarme perdeli sistem ve betonarme BEÇÇ'li sistemden meydana gelmesi öngörülmüştür. Yapı tasarımlarında TBDY 2018 kullanılmıştır. Bina yüksekliği 60 m olup bina yükseklik sınıfı (BYS) 2'dir. Bina önem katsayısı, $I=1$ ve bina kullanım sınıfı $BKS=3$ 'tür. TBDY 2018'deki Bölüm 2'ye göre Deprem yer hareketi spektrumları, deprem düzeyleri belirlenmiştir. TBDY 2018 Bölüm 3'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayılarına göre deprem tasarım sınıfları belirlenmiş ve bina yükseklik sınıfları ile tablolaştırılarak bina performans düzeyi ve uygulanacak değerlendirme tasarım yaklaşımları saptanmıştır. Bölüm 14'e göre deprem etkisi altında taşıyıcı sistemlerin dayanıma göre tasarımı kullanılarak performans analizleri yapılmıştır. Binalarda kullanılması gereken donatı miktarları belirlenmiştir.

3.2.1. Deprem Etkisi

3.2.1.1. Yer Hareketi Deprem Düzeyleri Tanımlanması

Deprem yönetmeliğinde tanımlanan 4 çeşit deprem yer hareketi vardır. (Bölüm 2 / 2.2)

(a) (DD-1) Düzeyindeki Deprem Yer Hareketi

Deprem periyodunu 2475 yıl kabul edildiği spektral büyüklüklerin 50 yıl aşılma olasılığı %2 olan yer hareketidir. Bir yapı için oluşması en seyrek ve en büyük olabilecek deprem düzeyidir.

(b) (DD-2) Düzeyindeki Deprem Yer Hareketi

Deprem periyodunu 475 yıl kabul edildiği spektral büyüklüklerin 50 yıl aşılma olasılığı %10 olan seyrek görülen yer hareketidir. Standart tasarım deprem hareketi olarak ifade edilmektedir.

(c) (DD-3) Düzeyindeki Deprem Yer Hareketi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

(d) (DD-4) Düzeyindeki Deprem Yer Hareketi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan deprem yer hareketidir. Servis deprem hareketi olarak da adlandırılmaktadır ve çok gerçekleşen deprem hareketlerini ifade etmektedir.

3.2.1.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, %5 sönüm oranında belirli deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak yerel zemin etki ve harita spektral ivme katsayılarına göre veya bulunduğu sahaya has deprem değerlendirmeleriyle (ZF yerel zemin sınıfına girenler için) ifade edilmektedir.

3.2.1.3. Tasarım ve Harita Spektral İvme Katsayıları

- S_1 : 1.0 saniye periyottaki harita spektral ivme katsayısını
- S_s : Kısa periyottaki harita spektral ivme katsayısını

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları boyutsuz olarak tanımlanmıştır.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (3.2)$$

Denk(3.1) ve Denk(3.2)'de gösterilen F_s ve F_1 ifadeleri, yerel zemin etki katsayılarıdır. Bu katsayılar Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de gösterilmiştir (TBDY 2018).

Çizelge 3.1. Kısaperiyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısaperiyot 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

Çizelge3.1'in devamı

ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahayaözelzemindavranışanaliziyapılacaktır.					

Çizelge 3.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0saniyeperiyotiçinYerelZeminEtkiKatsayısıF ₁					
	S ₁ ≤0.10	S ₁ =0.20	S ₁ =0.30	S ₁ =0.40	S ₁ =0.50	S ₁ ≥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	Sahayaözelzemindavranışanaliziyapılacaktır.					

3.2.1.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Denk(3.3), Denk(3.4), Denk(3.5) ve Denk(3.6)'da yatay elastik tasarım ivme spektrumu doğal titreşim periyoduna göre yerçekimi ivmesi (g) cinsinden tanımlanmıştır.

$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.4)$$

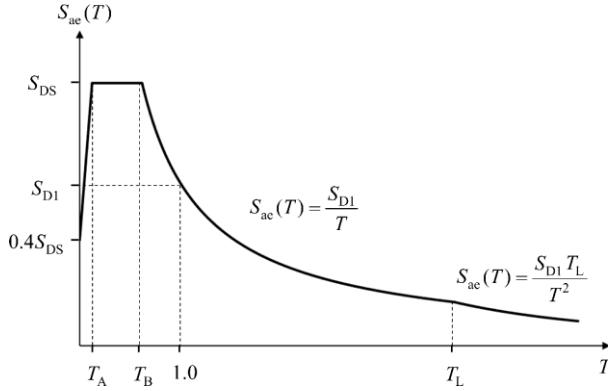
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.6)$$

Denklemdaki “S_{DS} ve S_{D1}, tasarım spektral ivme katsayılarını” göstermektedir. “T ise doğal titreşim periyodunu” tanımlamaktadır. T_A ve T_B ise Denk(3.7) ile ifade edilmektedir.

$$T_A = \left(0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}\right) \quad ; \quad T_B = \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}}\right) \quad (3.7)$$

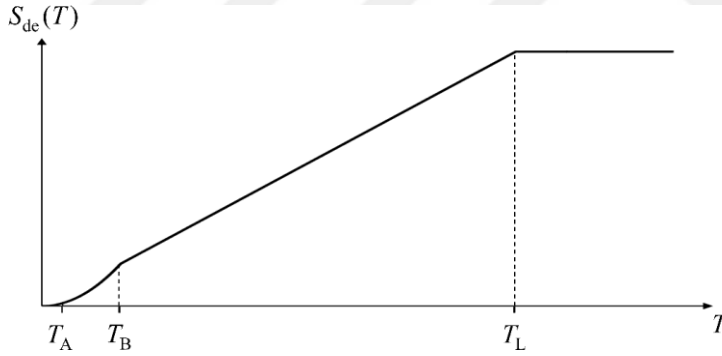
Sabit yerdeğiştirme bölgesine doğru geçiş periyodu T_L değeri 6 s alınmaktadır.



Şekil 3.1. Yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği

Yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeleri $S_{de}(T)$, herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için doğal titreşim periyoduna bağlı metre cinsinden Denk(3.8) ile tanımlanmıştır ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.8)$$



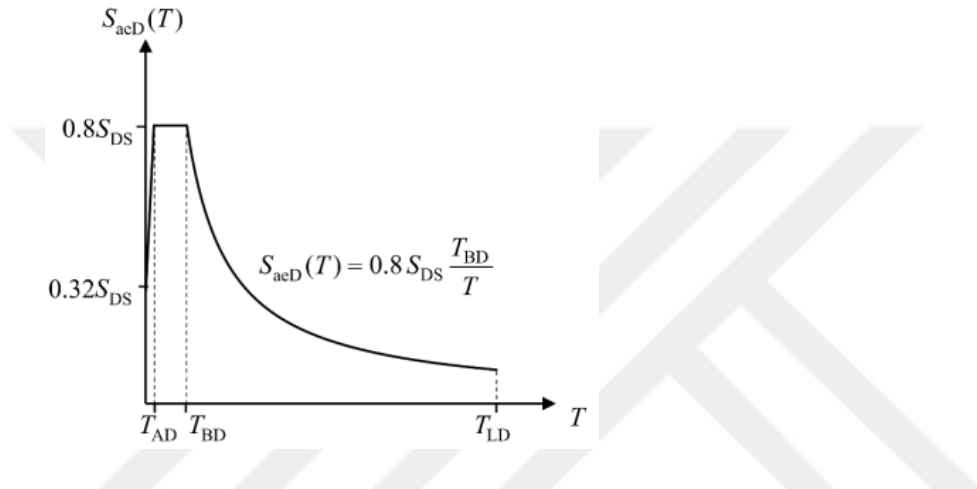
Şekil 3.2. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri yer değiştirme grafiği (TBDY 2018)

3.2.1.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Şekil 3.3’te gösterilen düşey elastik tasarım spektrum grafiğinin ordinatını gösteren $S_{aed}(T)$ yani tasarım spektral ivmesi, yataydaki deprem S_{DS} değerine T ’ye bağlı olarak g cinsinden ifade edilmiştir ((Denk (3.9)). Denk (3.9)’daki T_{AD} , T_{BD} , T_{LD} ile ifade edilen spektrumun köşe periyotları Denk (3.10) ile gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
S_{aeD}(T) &= \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\
S_{aeD}(T) &= 0,8 S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\
S_{aeD}(T) &= \left(0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T}\right) & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})
\end{aligned} \tag{3.9}$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}, \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3}, \quad T_{LD} = \frac{T_L}{3} \tag{3.10}$$



Şekil 3.3. Düşeyde elastik tasarım ivme spektrumunun grafiği (TBDY 2018)

3.2.2. Tasarım ve Değerlendirme İçin Genel Esaslar

TBDY 2018, Bölüm 3'te belirtildiği gibi binanın performans hedeflerinin belirlenmesi ve tasarım yaklaşımlarının tespitinin yapılması 4 adımda gerçekleştirilmektedir.

İlk adımda TBDY 2018, Bölüm 3'te yer alan Tablo 3.1'deki bina önem katsayısına (I) göre bina kullanım sınıfının (BKS) belirlenmesidir ve Çizelge 3.3'te gösterilmiştir (TBDY 2018).

Çizelge 3.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY 2018)

BinaKullanımSınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrasında kullanılması 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, binatürü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Belirlenen BKS'lere göre 2. Adımda DD-2 deprem yer hareketi düzeyindeki S_{DS} değerlerine bağlı olarak TBDY 2018, Bölüm 3 Tablo 3.2'deki DTS değerleri tayin edilmektedir (Çizelge 3.4) (TBDY 2018).

Çizelge 3.4. Deprem tasarım sınıfları (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

Deprem tasarım sınıfı belirlenmiş olan binanın yüksekliğine (H_N) bağlı olan bina yükseklik sınıflarını (BYS) belirleyebilmek için 3. adımda TBDY 2018’de bulunan Tablo 3.3 kullanılmaktadır (Çizelge 3.5) (TBDY 2018).

Çizelge 3.5. Bina yükseklik sınıfları ve yükseklik aralıkları (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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Son olarak TBDY 2018, Bölüm 3’teki Tablo 3.4.a-b-c’te gösterildiği gibi tasarımın yaklaşımları ve performans hedefleri belirlenmektedir. YYS=1 ve yeni

yapılacak yüksek binalar için yönetmelikteki Tablo 3.4 (b) uygundur (TBDY 2018) (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Performans hedefleri ve tasarım yaklaşımlar/yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar (BYS=1) (TBDY 2018)

Depre mY.H. Düzeyi	DTS=1, 2,3, 3a,4, 4a		DTS=1a,2a	
	NormalPerformans Hedefi	Değerlendirme/Tasarı mYaklaşımı	İleriPerformans Hedefi	Değerlendirme/Tasarı mYaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

3.3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE DEĞERLENDİRME VE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI

Deprem etkisi altında binaların tasarımında kullanılan 2 ana yaklaşımdan biri olan dayanıma göre tasarım (DGT), TBDY 2018 Bölüm 4'e göre tanımlanmaktadır. Bu tasarım yaklaşımında kullanılan doğrusal hesap yönteminin esasları açıklanmaktadır. DD-2 deprem yer hareketi etkisinde performans hedeflerinden kontrollü hasar performans hedefi için kullanılandayanıma göre tasarım yaklaşımında:

(a) Tanımlanmış taşıyıcı sistemin süneklik kapasitesinde azaltılmış deprem yükleri belirlenmektedir.

(b) Belirlenenazaltılmış deprem yüklerine göre doğrusal hesap yapılmaktadır. Bu hesap doğrultusunda belirlenen azaltılmış iç kuvvetler ve diğer kuvvetler sonucunda oluşan iç kuvvetler toplanarak dayanım talepleri elde edilmektedir.

(c) Elde edilen dayanım talepleri, öngörülen performans hedefleri ile uyumlu dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılmaktadır. Yönetmeliğe göre dayanım talepleri dayanım kapasitelerinin altında olmak zorundadır.

(d) Yapılan deprem hesabı sonucunda bulunan görelî kat ötelemeleri yönetmeliğin izin verdiği sınır değerlerle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda kat ötelemelerin sınır değerinin altında kalması gerekmektedir. Dayanım talepleri ve kat ötelemeleri ile ilgili koşullar saplanmadığı takdirde tasarımda gerekli iyileştirmeler yapılarak deprem hesabı tekrarlanmaktadır.

3.3.1 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

DGT kapsamında, doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasına ilişkin kullanılan deprem yüğü azaltma katsayısı $R_a(T)$ Denk(3.11) ve Denk(3.12)'de gösterilmiştir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.11)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.12)$$

3.3.2 Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (R ve D) Belirlenmesi

Taşıyıcı sistemin R ve D katsayıları bina yükseklik sınıfları baz alınarak TBDY 2018'e göre Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

DTS=1 değerinde olan BEÇÇ'li ve/veya betonarme perdeli sistemlerde tek bir elemanın aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} tüm binanın taban devrilme momenti olan M_o değerinin 1/3'ünden fazla olduğunda ve kenar akslarda bulunan elemanların devrilme momentleri tüm binanın aynı doğrultudaki deprem yüklerinin oluşturduğu toplam devrilme momentinin 1/6'sından büyük olduğu taktirde R davranış katsayısı 4/5R şeklinde alınmaktadır.

Çizelge 3.7. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY 2018)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A.YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaransüneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥3
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥2
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluklu betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥2

Çizelge 3.7'nin devamı

A14. Deprem etkilerinin moment aktaransüneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birliğe karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaransüneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birliğe karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

3.3.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

TBDY 2018 Bölüm 4'e göre mod birleştirme ve eş değer deprem yükü hesap yöntemlerinde belirlenmesi gereken yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri için kullanılacak olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ Denk(3.13)'te gösterilmektedir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.13)$$

Yatay doğrultuda birbirine dik doğrultular (X) ve (Y)'de tanımlanmış deprem etkileri Denk(3.14)' da gösterilmektedir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0,3 E_d^{(Y)} \quad (3.14)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0,3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)}$$

Aşağıdaki denklemlerde deprem etkisini içeren yük birleşimleri TBDY 2018 Bölüm 4'e göre tanımlanmaktadır. (Denk (3.15) ve Denk (3.16))

$$G + Q + 0,2S + E_d^{(H)} + 0,3E_d^Z \quad (3.15)$$

$$0,9G + H + E_d^{(H)} - 0,3E_d^Z \quad (3.16)$$

3.4. TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİ VE HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİNE İLİŞKİN KOŞULLAR

3.4.1. Taşıyıcı Sistem Modellemesi

Binanın taşıyıcı sistem modellemesi 3 boyutlu olarak yapılmaktadır.

Deprem etkisi daima birbirine dik iki yatay doğrultuda alınmaktadır.

Sönüm oranı %5 olarak alınmaktadır.

Çizelge 3.8 kullanılarak bina kullanım amacına bağlı olarak hareketli yük kütle katılım katsayısı (n) belirlenmektedir.

Çizelge 3.8. Hareketli yükler için kütle katılım katsayısı (TBDY 2018)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, sportesis, sinema, tiyatro, konsersalONU, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Yük kombinasyonlarında kullanılmak üzere Çizelge 3.9'daki etkin kesit rijitlikleri çarpanları kullanılmaktadır (TBDY 2018).

Çizelge 3.9. Etkin kesit rijitlikleri çarpanları (TBDY 2018)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde–Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde–Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00

Çizelge 3.9'un devamı

Döşeme	0.25	1.00
Çubukeleman	Eğilme	Kesme
Bağkirişi	0.15	1.00
Çerçevекirişi	0.35	1.00
Çerçevеkolonu	0.70	1.00
Perde(eşdeğerçubuk)	0.50	0.50

3.4.2. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

TBDY 2018 Bölüm 4'e göre DGT kapsamında kullanılan hesap yöntemleri "eşdeğer deprem yükü hesabı" ve "modal hesap yöntemi"dir. Bu teze konu olan binaların BYS değerleri 2'dir. TBDY 2018'e göre söz konusu binalar izin verilen BYS koşulunu sağlamadığı için eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar kapsamının dışındadır ($BYS \geq 4$). Buna bağlı olarak tasarımda kullanılan hesap yöntemi modal hesap yöntemleri ile doğrusal deprem hesabıdır. Modal hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabında deprem spektrumuna dayalı hesap yapılmaktadır. Verilen doğrultudaki deprem tasarım spektrumundan faydalanarak elde edilen her bir titreşim modundaki davranış büyüklüklerinin maksimum değerleri hesaplanır. Eş zamanlı olmayan maksimum modal davranış büyüklükleri istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir.

(X) deprem doğrultusunda binanın tamamına etki eden taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(X)}$ Denk(3.17)'de tanımlanmaktadır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (3.17)$$

Azaltılmış iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvveti ise Denk(3.18) ile ifade edilmektedir. Burada $V_{tx}^{(X)}$, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen (X) doğrultusundaki en büyük toplam deprem yükünü ifade etmektedir.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (3.18)$$

Minimum taban kesme kuvveti Denk(3.19)'a göre tanımlanmaktadır.

$$V_{t,min} = 0,04 \alpha_H m_t S_{DS} g \quad (3.19)$$

Binalar simetrik olduğu için düzenli binalar kapsamındadır. Hesaplanan $V_{t,min}$, $V_{tE}^{(X)}$ yerine kullanılarak $\gamma_E = 0,8$ alınmaktadır.

(X) doğrultusundaki depremde ardışık iki kattaki kolon veya perdelerin arasındaki yerdeğiştirme farkı olan azaltılmış görel kat ötelemesi $\Delta_i^{(X)}$ Denk(3.20)'de gösterilmektedir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (3.20)$$

(X) deprem doğrultusunda i'inci katta bulunan kolon ve perde elemanlardaki etkin görel kat ötelenmesi $\delta_i^{(X)}$ Denk(3.21) ile tanımlanmaktadır.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (3.21)$$

Etkin görel kat ötelemelerinin en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$ değeri cephe elemanlarının çerçeve sistem elemanlarına doğrudan bitişik olması durumunda Denk(3.22)'ye göre hesaplanmaktadır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0,008K \quad (3.22)$$

Burada λ değeri DD-3 ve DD-2 deprem yer hareketlerinde tanımlı olan elastik tasarım spektral ivmelerinin birbirine oranını ifade etmektedir. K değeri betonarme binalarda 1 olarak alınmaktadır.

Herhangi bir kattaki ikinci mertebe gösterge değeri olan $\theta_{II,i}^{(X)}$ Denk(3.23) ile ifade edilmektedir.

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (3.23)$$

$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$, değeri burada azaltılmış görel kat ötelemelerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Bütün katlar için hesaplanmış olan $\theta_{II,i}^{(X)}$ (ikinci mertebe gösterge) değerlerinden maksimum olan $\theta_{II,max}^{(X)}$ değeri Denk(3.24)'te verilen koşulu sağladığı takdirde iç kuvvetlerin hesabında ikinci mertebe etkilerinin göz önüne alınmasına gerek yoktur.

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0,12 \frac{D}{C_h R} \quad (3.24)$$

Burada kullanılan C_h değeri betonarme sistemlerde 0,5 olarak alınmaktadır. BEÇÇ' li sistem binalarda ise 1 olarak kabul edilmektedir.

3.4.3. Betonarme Taşıyıcı Elemanların Enkesit Koşulları ve Donatılandırılmasına İlişkin Genel Bilgiler

TBDY 2018 Bölüm 7'ye göre kesit hesaplarında ve malzeme seçimlerinde TS500'de verilen kabullerin uygulanacağı esas alınmıştır.

3.4.3.1. Enkesit Koşulları

Dikdörtgen kesitli kolonlarda minimum enkesit boyutu 300mm'dir. Brüt enkesit alanı için Denk(3.25)'te gösterilen koşulu sağlaması gerekmektedir.

$$A_c \geq N_{dm} / (0,40f_{ck}) \quad (3.25)$$

Perde elemanlar için uzun kenarın perde kalınlığının minimum 6 katı kadar olması gerekmektedir. Minimum en kesit boyutu 250 mm'dir. Betonarme perdelerde enkesit alanı Denk(3.26)'daki koşula uygun olmalıdır.

$$A_c \geq N_{dm} / (0,35f_{ck}) \quad (3.26)$$

Burada N_{dm} değeri $G+Q+E$ altında hesaplanmış olan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğünü göstermektedir.

Betonarme kiriş elemanlarda gövde genişliği 250 mm'den daha küçük olamaz. Kiriş olarak tasarlanan betonarme elemanlarda Denk(3.27)'de verilen koşulu sağlaması zorunludur.

$$N_d \leq 0,10A_c f_{ck} \quad (3.27)$$

3.4.3.2. Betonarme Taşıyıcı Elemanların Donatılandırılmasına İlişkin Genel Bilgiler

Ülkemizde kullanılan TBDY 2018'e göre kolonlarda kullanılacak boyuna donatı alanı brüt kesit alanının %1'inden küçük, %4'ünden büyük olamaz. Minimum boyuna donatı çapı $\phi 14$ 'tür. Bindirmeler kolon yüksekliğinin orta 1/3'lük bölgesine yapılmaktadır. Bindirmeler boyunca yerleştirilecek olan enine donatı aralıkları 150 mm'den ve kolonun en küçük enkesit uzunluğunun 1/3'ünden büyük yapılamaz. Her bir kolonun alt ve üst uçlarında sarılma bölgesi oluşturulmaktadır. Kolon sarılma bölgesinin uzunluğu kolon yüksekliğinin 1/6'sından ve kolonun en büyük enkesit uzunluğunun 1,5 katından büyük olmaktadır. Kolon orta bölgesinde bulunan enine donatılar ise minimum $\phi 8$ olmak zorundadır. Ayrıca etriye aralıkları en küçük enkesit uzunluğunun yarısından ve 200 mm'den büyük kullanılamaz.

Kiriş mesnetlerinde çekme bölgesinde minimum donatı oranı TBDY 2018'de bulunan Denk(3.28)'de gösterilen koşula göre uygulanmaktadır. Boyuna donatı çapı

minimum $\phi 12$, donatı boyu kiriş açıklığı boyunca sürekli bir şekilde kirişin altında ve üstünde en az 2 tane donatı çubuğu olacak şekilde kullanılmaktadır.

$$\rho \geq 0,8 f_{ctd}/f_{yd} \quad (3.28)$$

3.4.4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Kesme Güvenliği

Kolonlarda enine donatı hesabı için kullanılacak kesme kuvveti V_e , Denk(3.29) ile hesaplanmaktadır. Ayrıca V_e değeri Denk(3.30) ve Denk(3.31)'deki koşulları sağlamak zorundadır. Denk(3.31)'deki koşulu sağlamadığı takdirde kesitler iyileştirilmelidir.

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}})/l_b \quad (3.29)$$

$$V_e \leq V_r \quad (3.30)$$

$$V_e \leq 0,85 A_w \sqrt{f_{ck}} \quad (3.31)$$

Kirişlerde enine donatı hesabı için kullanılacak kesme kuvveti V_e Denk(3.32) ile hesaplanmaktadır. Ayrıca V_e değeri Denk(3.33) ve Denk(3.34)'deki koşulları sağlamak zorundadır. Denk(3.34)'deki koşulu sağlamadığı takdirde kesitler iyileştirilmelidir.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj})/l_b \quad (3.32)$$

$$V_e \leq V_r \quad (3.33)$$

$$V_e \leq 0,85 b_w d \sqrt{f_{ck}} \quad (3.34)$$

3.5. BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bu tez kapsamında aynı konumda bulunan 20 katlı taşıyıcı sistemleri birbirinden farklı olan 3 adet betonarme bina Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kriterlerine göre modellenmiş, tasarımları yapılmış ve metrajları elde edilmiştir. İncelenen bu binaların taşıyıcı sistemleri şu şekildedir:

- (a) Çerçevesiz sistem
- (b) Perdeli sistem
- (c) BEÇÇ'li çerçeve sistemdir.

Kat yükseklikleri 3,00 metredir. Toplam bina yüksekliği 60 metredir.

Bina X ve Y doğrultularında 20'şer metre şeklinde simetrik ve düzenlidir. Konut amaçlı kullanılan bir bina modelidir.

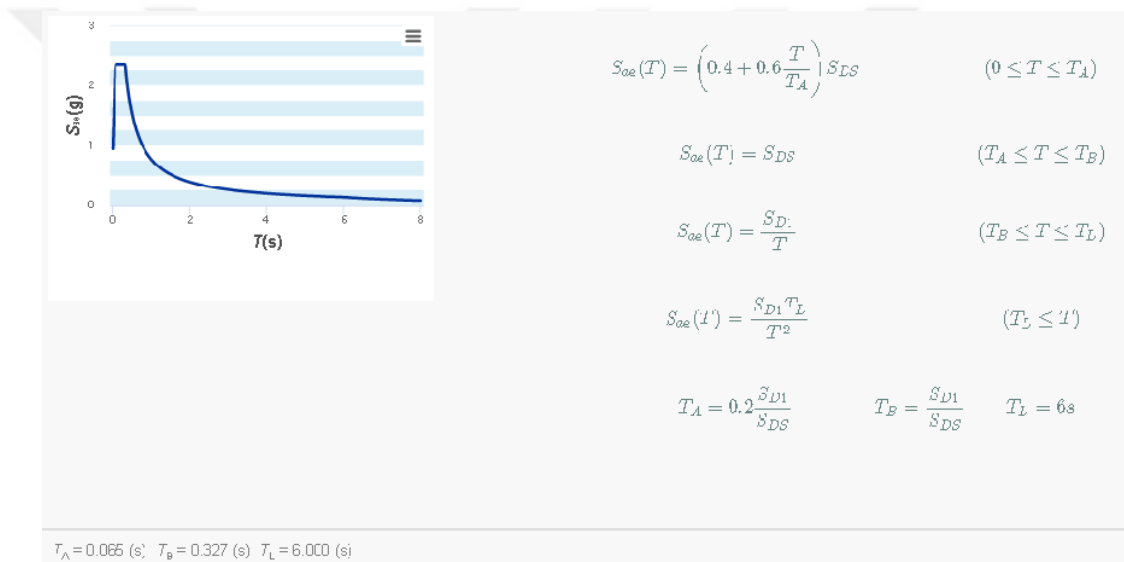
Tasarımda kullanılan döşeme zati yük $G = 2 \text{ kN/m}^2$, hareketli yük $Q = 2$

- PGV=60,171
- Yerel zemin sınıfı ZC ve $S_s=1,944$ için $F_s=1,200$
- Yerel zemin sınıfı ZC ve $S_1=0,513$ için $F_1=1,487$

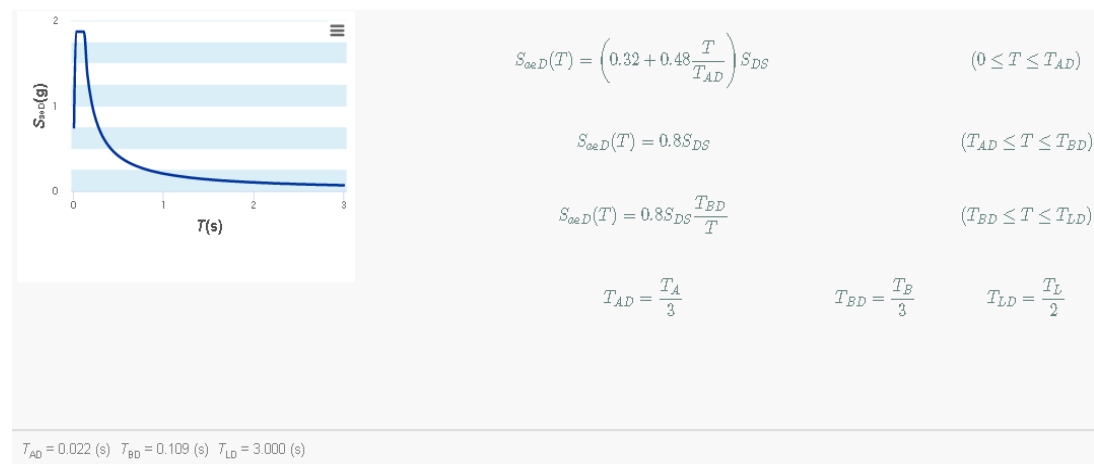
Yerel zemin etki katsayıları ve spektral ivme katsayılarına bağlı olarak tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{D1} ve S_{DS} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (TDTH).

- $S_{DS} = S_s F_s = 1,944 \times 1,200 = 2,333$
- $S_{D1} = S_1 F_1 = 0,513 \times 1,487 = 0,763$

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da TDTH’daki rapordan aldığımız yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları gösterilmektedir. (TDTH)



Şekil 3.5. Yatay elastik tasarım spektrumu (TDTH)



Şekil 3.6. Düşey elastik tasarım spektrumu (TDTH)

Tasarım spektral ivme katsayıları belirlendikten sonra TBDY 2018 Bölüm 3'teki tablolara göre performans hedefi belirlenmektedir.

Çizelge 3.10'a göre bina önem katsayısına (I) göre BKS belirlenmiştir. Bina kullanım amacı konuttur (I=1) ve bina kullanım sınıfı BKS= 3'tür.

Çizelge 3.10. Konut için BKS (TBDY 2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (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

Çizelge 3.11'e göre "bina kullanım sınıfı (BKS) ve DD2- S_{DS} (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı) ile deprem tasarım sınıfı (DTS)" tespit edilmiştir. S_{DS} değerimizi de 2,333 olarak hesaplamıştır. Sonuç olarak TBDY 2018'de bulunan Tablo 3.2'ye göre DTS değeri 1 şeklinde belirlenmiştir.

Çizelge 3.11. Bina Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) (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

Saptanan DTS ve yapı yüksekliğine göre TBDY Tablo 3.3'e göre BYS belirlenmiştir. DTS=1 ve bina yüksekliği $H_N=60$ metre olduğundan Tablo 3.3'te bulunan BYS=2'dir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) (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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Son olarak Çizelge 3.13'te görüldüğü gibi BYS=2 değeri için Tablo 3.4 (a)'dan deprem düzeylerine göre binanın performans hedefiyle birlikte hesapta kullanılacak tasarım yaklaşımları tespit edilmiştir.

Çizelge 3.13. Yeni yapılacak bina tasarım yaklaşımları ve performans hedefleri (TBDY 2018)

(a) Yeni Yapılacak Yerde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Çizelge 3.13'e göre yapılacak konut binaları kontrollü hasar performans hedefinde dayanıma göre tasarım yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır.

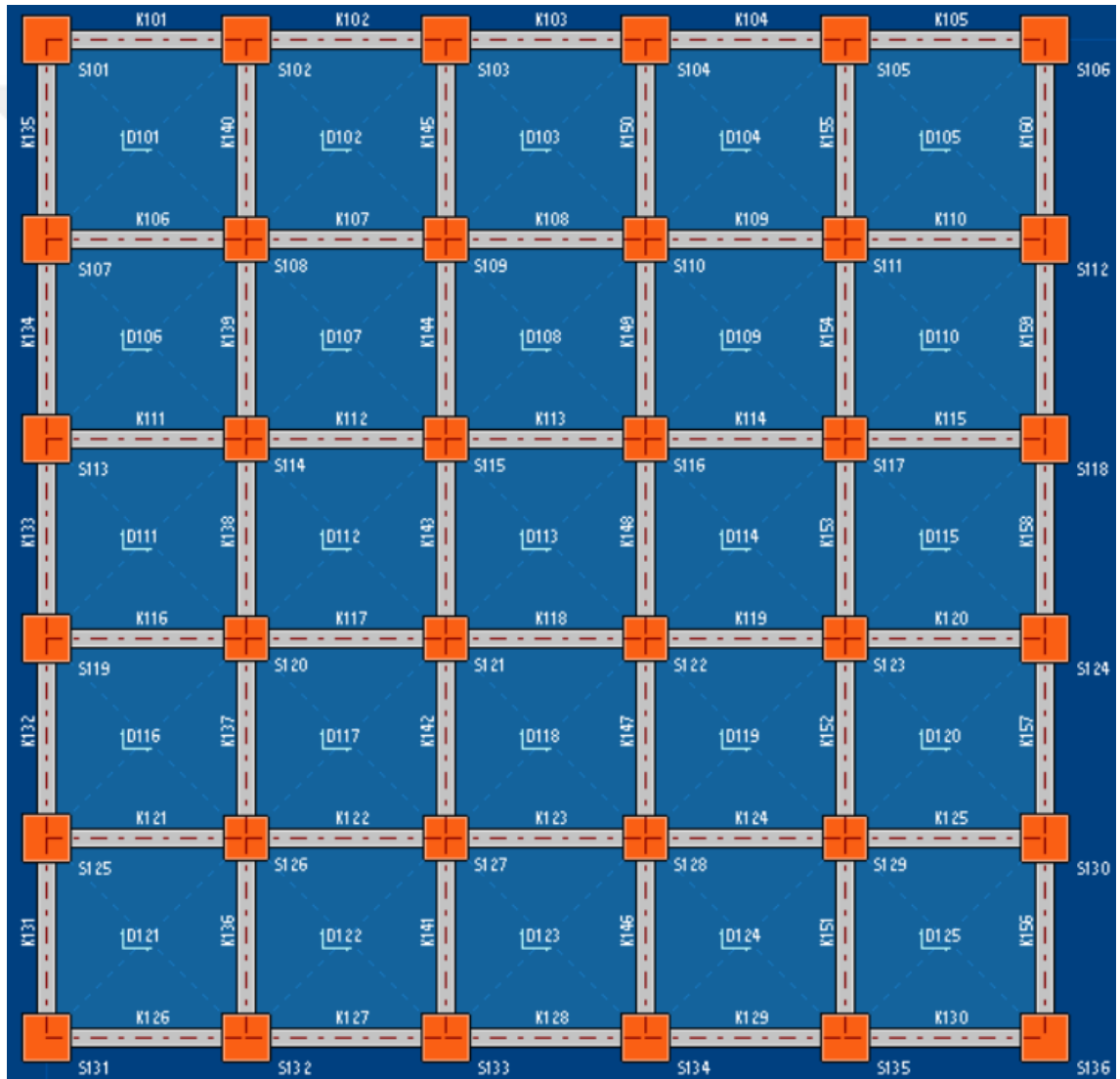
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ VE BİNALARIN MODELLENMESİ

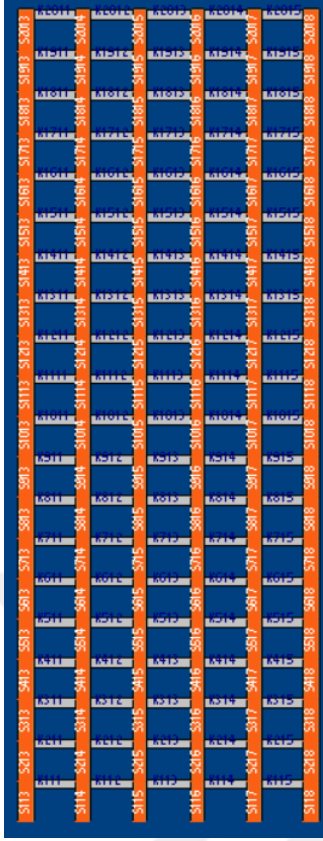
3 adet 20 katlı konut binası çerçevesi, perdeli ve BEÇÇ'li sistem olarak 3 boyutlu olarak TBDY 2018 kriterleri esas alınarak modellenmiştir. Minimum kesitler kullanılarak en avantajlı kesitler doğrusal hesap yöntemleriyle tayin edilmiştir. İkinci mertbe etkileri, görel kat ötelemeleri analiz raporları mevcuttur.

4.1.1. Betonarme Çerçeve Sistem

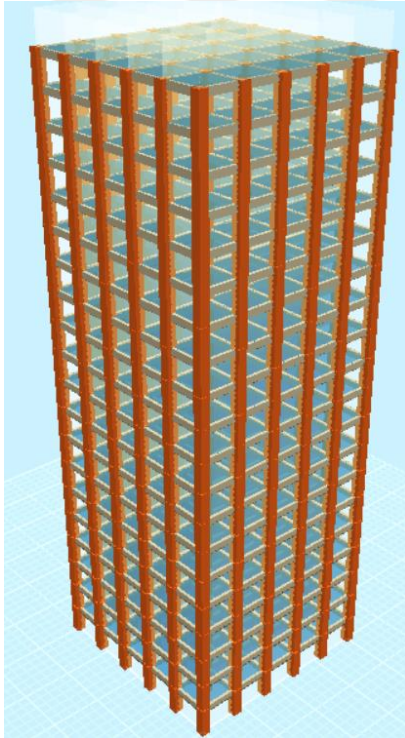
Betonarme taşıyıcı sistem sadece kolonlardan ve kirişlerden oluşmaktadır. Şekil 4.1'de kolon ve kirişlerin aplikasyon planı gösterilmektedir. (STA4CAD)



Şekil 4.1. Kat aplikasyon planı (STA4CAD)



şekil 4.2. Binanın yandan görünüşü (STA4CAD)



şekil 4.3. Bina 3D görüntüsü (STA4CAD)

Şekil 4.2’de binanın yandan kesit görünüşü, Şekil 4.3’te binanın 3 boyutlu görseli mevcuttur (STA4CAD).

Dış (kenar) akslarda 90/90 kesitlerinde, iç (orta) akslarda 80/80 kesitlerinde kare kolonlar mevcuttur. Kiriş kesitleri 30/70’ tir. Dayanım kapasiteleri yeterli olan kesitlerin STA4CAD programıyla elde edilen sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

TBDY 2018 4.2.1.2’nci maddeye göre deprem yükü azaltma katsayısı Çizelge 4.1 ile gösterilmiştir.

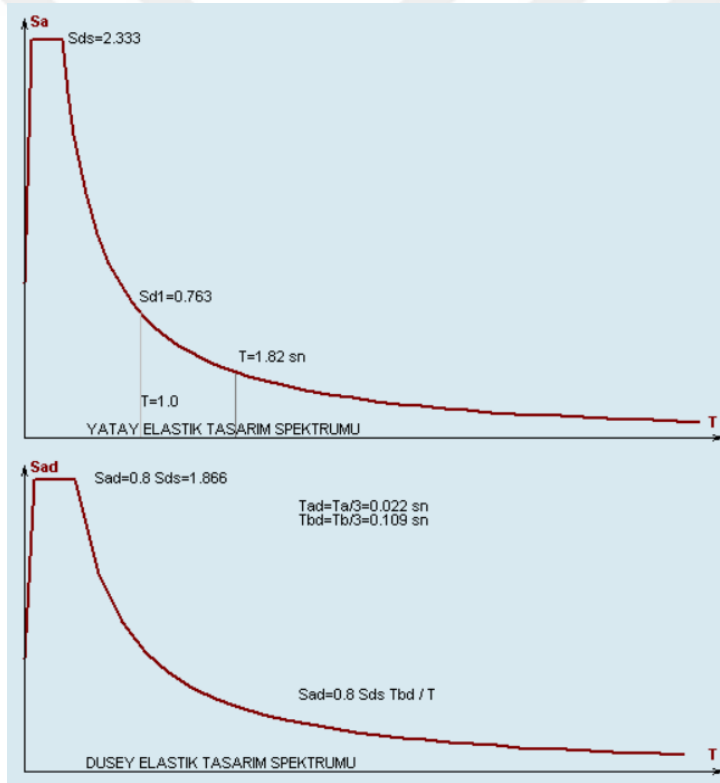
Çizelge 4.1. Deprem yükü azaltma katsayısı (STA4CAD)

T(s)	Sa
0,07	2,333
0,07	2,333
0,33	2,333
0,38	2,024
0,43	1,787
0,53	1,448
0,63	1,217
0,73	1,049
0,83	0,923
0,93	0,823
1,03	0,743
1,13	0,677
1,23	0,622
1,33	0,575
1,43	0,535
1,53	0,5
1,63	0,469
1,73	0,442
1,83	0,418
1,93	0,396
2,03	0,376
2,23	0,343
2,43	0,314
2,63	0,29
2,83	0,27
3,03	0,252
3,23	0,236
3,43	0,223
3,63	0,21
3,83	0,199

Çizelge 4.1'in devamı

4,03	0,189
4,23	0,181
4,43	0,172
4,63	0,165
4,83	0,158
5,03	0,152
5,23	0,146
5,43	0,141
5,63	0,136
5,83	0,131

Spektrum eğrisi Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları grafikleri (STA4CAD)

Binanın doğal titreşim periyodu Çizelge 4.2'de hesaplanmış haldedir.

Çizelge 4.2. Doğal titreşim periyodunun kontrolü (STA4CAD)

Hn=60.0m	Ctx=0.1	Cty=0.1
	$\frac{3}{4}$	
Tlx=Ctx . Hn =	2.156 s.	Tx= 1.818 s. < 1.4 x 2.156 s. >> Tx1=1.818 s. ✓
	$\frac{3}{4}$	
Tly=Cty . Hn =	2.156 s.	Ty= 1.818 s. < 1.4 x 2.156 s. >> Ty1=1.818 s. ✓

Çizelge 4.3'te analiz raporuna göre kat kütlesi hesabına ilişkin tablo gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Kat kütlesi (STA4CAD)

Kat (dyf)	H (m)	W _g	W _q	n	R R _x /R _y	D D _x /D _y	X _g (m)	X _r (m)	Y _g (m)	Y _r (m)	Σ W _k
20	60.00	603.00	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	627.000
19	57.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
18	54.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
17	51.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
16	48.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
15	45.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
14	42.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
13	39.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
12	36.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
11	33.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
10	30.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
9	27.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
8	24.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
7	21.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
6	18.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
5	15.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
4	12.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
3	9.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
2	6.00	582.38	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	606.380
1	3.00	580.49	80.00	0.30	8	3	10.00	10.00	10.00	10.00	604.488
											W _t = 12146.332

TBDY 2018 Mad. 4.7.1.1 ve Mad. 4.8.4'ün kapsamında seçilen hesap yöntemi mod birleştirmeyeyle deprem hesabına göre taban kesme kuvveti ve azaltılmış iç kuvvet değerlerinin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi Çizelge 4.4'te gösterilmiştir (STA4CAD).

Çizelge 4.4. Mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabı (STA4CAD)

Deprem tepe yükü F _{tx} = 170.02 F _{ty} = 170.02 (t)								
X YÖNÜ					Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
20	117.185	264.599	181.699	UST KAT	117.185	264.599	181.699	UST KAT
19	62.882	86.891	97.500	NORMAL	62.882	86.891	97.500	NORMAL
18	45.324	82.318	70.276	NORMAL	45.324	82.318	70.276	NORMAL
17	35.466	77.745	54.991	NORMAL	35.466	77.745	54.991	NORMAL
16	29.222	73.171	45.309	NORMAL	29.222	73.171	45.309	NORMAL
15	25.656	68.598	39.780	NORMAL	25.656	68.598	39.780	NORMAL
14	23.369	64.025	36.234	NORMAL	23.369	64.025	36.234	NORMAL
13	22.092	59.452	34.255	NORMAL	22.092	59.452	34.255	NORMAL
12	21.023	54.879	32.597	NORMAL	21.023	54.879	32.597	NORMAL
11	20.144	50.305	31.233	NORMAL	20.144	50.305	31.233	NORMAL
10	19.213	45.732	29.791	NORMAL	19.213	45.732	29.791	NORMAL
9	18.305	41.159	28.382	NORMAL	18.305	41.159	28.382	NORMAL
8	17.522	36.586	27.168	NORMAL	17.522	36.586	27.168	NORMAL
7	16.945	32.013	26.273	NORMAL	16.945	32.013	26.273	NORMAL
6	16.986	27.439	26.338	NORMAL	16.986	27.439	26.338	NORMAL
5	17.326	22.866	26.864	NORMAL	17.326	22.866	26.864	NORMAL
4	18.442	18.293	28.596	NORMAL	18.442	18.293	28.596	NORMAL
3	19.334	13.720	29.977	NORMAL	19.334	13.720	29.977	NORMAL
2	20.446	9.146	31.701	NORMAL	20.446	9.146	31.701	NORMAL
1	17.951	4.559	27.833	NORMAL	17.951	4.559	27.833	NORMAL
Σ	584.830	1133.496	906.797	GENEL	584.830	1133.496	906.797	GENEL
V _{tx} = 584.83 > 0.04.I.Sds.W = 1133.50 TBDY2018 4.7.1.1								
V _{ty} = 584.83 > 0.04.I.Sds.W = 1133.50								
X Deprem kontrol: 0.80 × 1133.496 = 906.797 > 584.830 >>> 906.797								
Y Deprem kontrol: 0.80 × 1133.496 = 906.797 > 584.830 >>> 906.797								

Kat deplasmanları ile ilgili hesap tablosu Çizelge 4.5'te gösterilmiştir (STA4CAD).

Çizelge 4.5. Kat deplasmanları (STA4CAD)

Kat no	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
20	0.1046924	0.0009737	0.1046924	-0.000973	-0.104692	-0.000973	-0.104692	0.0009737
19	0.1022259	0.0009551	0.1022259	-0.000955	-0.102225	-0.000955	-0.102225	0.0009551
18	0.0991811	0.0009307	0.0991811	-0.000930	-0.099181	-0.000930	-0.099181	0.0009307
17	0.0955924	0.0009007	0.0955924	-0.000900	-0.095592	-0.000900	-0.095592	0.0009007
16	0.0915405	0.0008660	0.0915405	-0.000866	-0.091540	-0.000866	-0.091540	0.0008660
15	0.0870985	0.0008272	0.0870985	-0.000827	-0.087098	-0.000827	-0.087098	0.0008272
14	0.0823208	0.0007848	0.0823208	-0.000784	-0.082320	-0.000784	-0.082320	0.0007848
13	0.0772461	0.0007393	0.0772461	-0.000739	-0.077246	-0.000739	-0.077246	0.0007393
12	0.0719018	0.0006907	0.0719018	-0.000690	-0.071901	-0.000690	-0.071901	0.0006907
11	0.0663094	0.0006394	0.0663094	-0.000639	-0.066309	-0.000639	-0.066309	0.0006394
10	0.0604877	0.0005854	0.0604877	-0.000585	-0.060487	-0.000585	-0.060487	0.0005854
9	0.0544542	0.0005290	0.0544542	-0.000529	-0.054454	-0.000529	-0.054454	0.0005290
8	0.0482261	0.0004702	0.0482261	-0.000470	-0.048226	-0.000470	-0.048226	0.0004702
7	0.0418203	0.0004092	0.0418203	-0.000409	-0.041820	-0.000409	-0.041820	0.0004092
6	0.0352541	0.0003461	0.0352541	-0.000346	-0.035254	-0.000346	-0.035254	0.0003461
5	0.0285503	0.0002812	0.0285503	-0.000281	-0.028550	-0.000281	-0.028550	0.0002812
4	0.0217518	0.0002148	0.0217518	-0.000214	-0.021751	-0.000214	-0.021751	0.0002148
3	0.0149608	0.0001479	0.0149608	-0.000147	-0.014960	-0.000147	-0.014960	0.0001479
2	0.0084415	0.0000835	0.0084415	-0.000083	-0.008441	-0.000083	-0.008441	0.0000835
1	0.0028741	0.0000284	0.0028741	-0.000028	-0.002874	-0.000028	-0.002874	0.0000284

Deprem yapı salınımı: x= 0.00174 y= 0.00174

Analiz raporunda bulunan ve Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5 ile de verilenlere göre TBDY 2018 Mad. 4.9.1.3 esas alınarak binanın göreceli kat ötelemelerinin kontrolleri yapılmıştır (STA4CAD). Ayrıca TBDY 2018' de bulunan Tablo 3.6'daki A1 burulma düzensizliği ve B2 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Son olarak aynı tablodan TBDY 2018 Mad. 4.9.2.2 kriterleri doğrultusunda ikinci mertebe etkileri koşuluna uygunluğu tayin edilmiştir.

Çizelge 4.6. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı (STA4CAD)

$d_i = R/I \cdot \Delta$, $K=1$, $T_x=1.818s$, $T_y=1.818s$
 $\lambda_x = S_a(T_x, DD3) / S_a(T_x, DD2) = 0.162 / 0.420 = 0.386$
 $\lambda_y = S_a(T_y, DD3) / S_a(T_y, DD2) = 0.162 / 0.420 = 0.386$
 $\lambda_x \cdot X \max(d_i/h_i) \leq 0.008 \cdot K = 0.008$ $\lambda_y \cdot Y \max(d_i/h_i) \leq 0.008 \cdot K = 0.008$ $\Rightarrow$ Kat ötelemeleri
 $Ch=0.5$, $D=3.00$, $R=8.00$
 $\theta_{ni} = [ort(\Delta_i) \cdot \sum w_k] / (V_i \cdot h_i) \leq 0.12 \cdot D / (Ch \cdot R) \Rightarrow \max \theta_{ni} = 0.090$ $\Rightarrow$ İkinci mertebe etkileri

TBDY 3.6.2.1 A1 burulma düzensizliği:

$n_{bi}=1.099 < 1.2$, modal analizle çözülmüştür ✓

TBDY 3.6.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaktadır. ✓

TBDY 4.9.1.3 koşulu sağlanmaktadır. $X \max(d_i/h_i) = 0.0077 < 0.008$ ✓ $Y \max(d_i/h_i) = 0.0077 < 0.008$ ✓

TBDY 4.9.2.2 koşulu sağlanmaktadır. $\max \theta_{ni} = 0.029 < 0.090$ ✓

Şekil 4.5. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı kontrolü (STA4CAD)

Çizelge 4.7. Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etikleri tablosu (STA4CAD)

Kat	$\Delta X_{düst}(m)$	$\Delta X_{dalt}(m)$	ΔX_{ort}	nbi	nki	$\lambda \cdot R/I \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
20	0.0022800» S2001	0.0026530» S2031	0.0024665	1.08	0.00	0.00273 ✓	0.00284 ✓	Normal kat
19	0.0028006» S1901	0.0032888» S1931	0.0030447	1.08	1.23	0.00339 ✓	0.00448 ✓	Normal kat
18	0.0032894» S1801	0.0038881» S1831	0.0035887	1.08	1.18	0.00400 ✓	0.00630 ✓	Normal kat
17	0.0037047» S1701	0.0043991» S1731	0.0040519	1.09	1.13	0.00453 ✓	0.00817 ✓	Normal kat
16	0.0040539» S1601	0.0048301» S1631	0.0044420	1.09	1.10	0.00497 ✓	0.01005 ✓	Normal kat
15	0.0043539» S1501	0.0052015» S1531	0.0047777	1.09	1.08	0.00536 ✓	0.01190 ✓	Normal kat
14	0.0046189» S1401	0.0055306» S1431	0.0050747	1.09	1.06	0.00570 ✓	0.01372 ✓	Normal kat
13	0.0048589» S1301	0.0058297» S1331	0.0053443	1.09	1.05	0.00600 ✓	0.01550 ✓	Normal kat
12	0.0050791» S1201	0.0061055» S1231	0.0055923	1.09	1.05	0.00629 ✓	0.01723 ✓	Normal kat
11	0.0052823» S1101	0.0063611» S1131	0.0058217	1.09	1.04	0.00655 ✓	0.01893 ✓	Normal kat
10	0.0054692» S1001	0.0065978» S1031	0.0060335	1.09	1.04	0.00680 ✓	0.02059 ✓	Normal kat
9	0.0056403» S901	0.0068159» S931	0.0062281	1.09	1.03	0.00702 ✓	0.02221 ✓	Normal kat
8	0.0057958» S801	0.0070159» S831	0.0064059	1.10	1.03	0.00723 ✓	0.02380 ✓	Normal kat
7	0.0059353» S701	0.0071970» S731	0.0065661	1.10	1.03	0.00741 ✓	0.02532 ✓	Normal kat
6	0.0060541» S601	0.0073535» S631	0.0067038	1.10	1.02	0.00757 ✓	0.02674 ✓	Normal kat
5	0.0061343» S501	0.0074628» S531	0.0067986	1.10	1.01	0.00769 ✓	0.02794 ✓	Normal kat
4	0.0061228» S401	0.0074590» S431	0.0067909	1.10	1.00	0.00768 ✓	0.02861 ✓	Normal kat
3	0.0058748» S301	0.0071638» S331	0.0065193	1.10	0.96	0.00738 ✓	0.02805 ✓	Normal kat
2	0.0050162» S201	0.0061187» S231	0.0055675	1.10	0.85	0.00630 ✓	0.02437 ✓	Normal kat
1	0.0025904» S101	0.0031577» S131	0.0028741	1.10	0.52	0.00325 ✓	0.01283 ✓	Normal kat

Yapılan modelleme ve analizler sonucunda 20 katlı çerçeve sistem konut binasının tasarımı bu şekilde tamamlanmıştır. Elde edilen hesap sonuçlara göre metraj tabloları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 4.8, Çizelge 4.9) (STA4CAD).

Çizelge 4.8. Çerçeve sistem beton ve kalıp metrajı (STA4CAD)

BETON VE KALIP METRAJI			
Kat	Yapı Elemanı	Beton / m ³	Kalıp / m ²
1	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	1. Kat Toplam	170,39	960,83
2	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	2. Kat Toplam	170,39	960,83
3	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	3. Kat Toplam	170,39	960,83
4	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	4. Kat Toplam	170,39	960,83
5	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	5. Kat Toplam	170,39	960,83

Çizelge 4.8'in devamı

6	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	6. Kat Toplam	170,39	960,83
7	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	7. Kat Toplam	170,39	960,83
8	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	8. Kat Toplam	170,39	960,83
9	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	9. Kat Toplam	170,39	960,83
10	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	10. Kat Toplam	170,39	960,83
11	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	11. Kat Toplam	170,39	960,83
12	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	12. Kat Toplam	170,39	960,83
13	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	13. Kat Toplam	170,39	960,83
14	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	14. Kat Toplam	170,39	960,83
15	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	15. Kat Toplam	170,39	960,83

Çizelge 4.8'in devamı

16	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	16. Kat Toplam	170,39	960,83
17	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	17. Kat Toplam	170,39	960,83
18	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	18. Kat Toplam	170,39	960,83
19	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	19. Kat Toplam	170,39	960,83
20	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	39,73	274,18
	Kolon	79,32	344,4
	20. Kat Toplam	170,39	960,83
	Bina Toplam	3407,79	19216,6

Çizelge 4.9. Çerçeve sistem donatı metrajı (STA4CAD)

ÇERÇEVELİ SİSTEM BİNA DONATI METRAJI									
Kat	Eleman	ø8	ø10	ø12	ø14	ø16	ø18	ø20	TOPLAM/kg
1	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1950	0	2651	0	681	6875,7
	Kolon	0	4764	0	0	9681	0	0	14445
	1. Kat Toplam	3922	4764	1950	0	12332	0	681	23649
2	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2042	1016	1105	1807	1020	1678	8666,3
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	2. Kat Toplam	2328	6806	1016	1105	9804	1020	1678	23755
3	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2131	1016	738,4	2617	398	2113	9012,4
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	3. Kat Toplam	2328	6894	1016	738,4	10614	398	2113	24101
4	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2190	1016	372,1	3089	216,8	2299	9182,6
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	4. Kat Toplam	2328	6954	1016	372,1	11086	216,8	2299	24271
5	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2141	1016	738,4	2617	325,5	2157	8994,5
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	5. Kat Toplam	2328	6904	1016	738,4	10614	325,5	2157	24083

Çizelge 4.9'un devamı

6	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2131	1016	942,1	2592	331,3	1916	8927,1
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	6. Kat Toplam	2328	6894	1016	942,1	10589	331,3	1916	24016
7	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2081	1016	1105	2319	537,7	1620	8678,7
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	7. Kat Toplam	2328	6845	1016	1105	10317	537,7	1620	23767
8	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2052	1016	1105	1897	910,6	1584	8563,9
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	8. Kat Toplam	2328	6815	1016	1105	9894	910,6	1584	23652
9	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	2052	1016	1236	1897	652	1634	8485,7
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	9. Kat Toplam	2328	6815	1016	1236	9894	652	1634	23574
10	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	1973	1016	1170	2167	687,5	1163	8176,3
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	10. Kat Toplam	2328	6737	1016	1170	10164	687,5	1163	23265
11	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	1894	1064	1105	1984	451	1410	7907,6
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	11. Kat Toplam	2328	6658	1064	1105	9981	451	1410	22996

Çizelge 4.9'un devamı

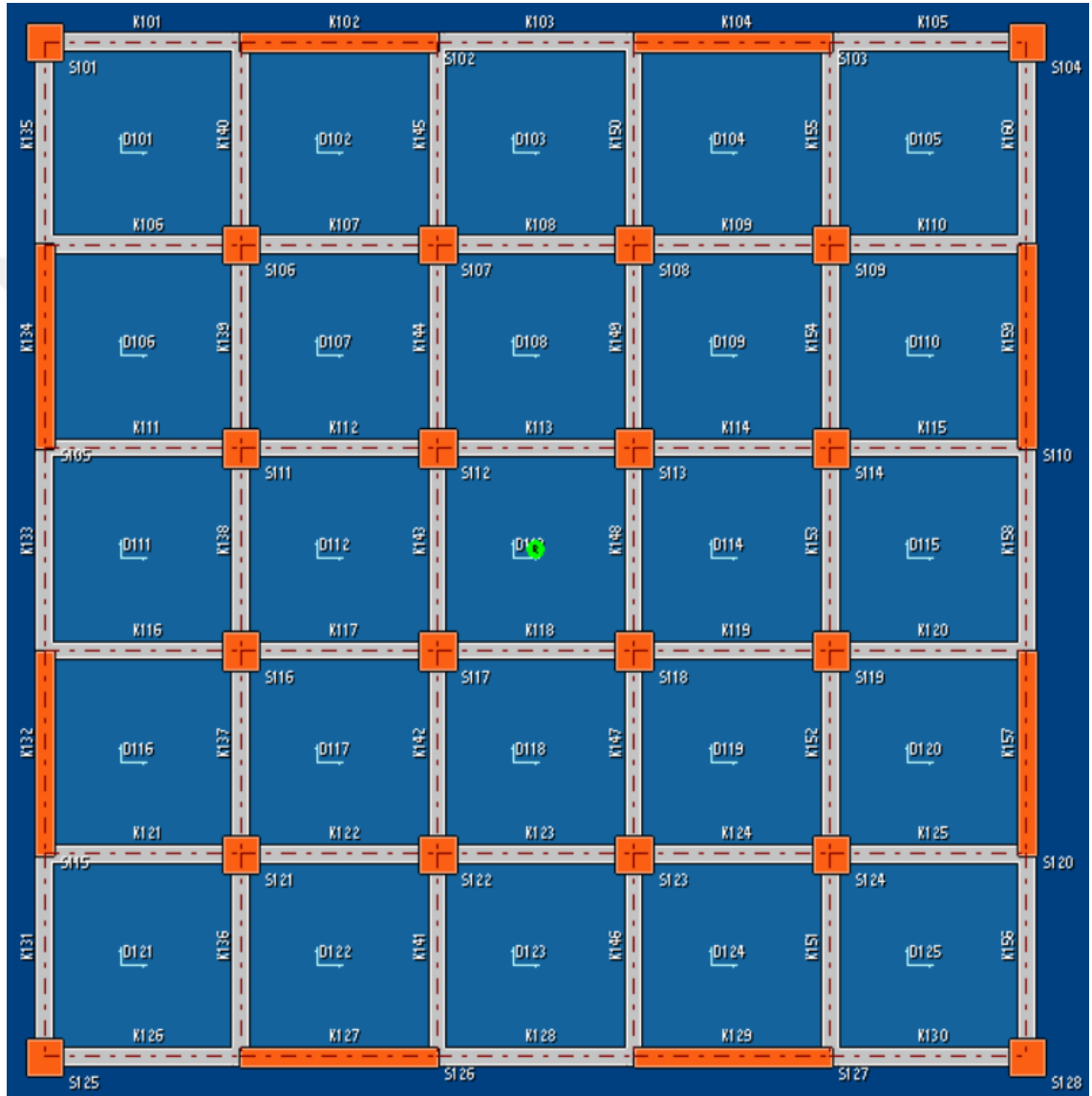
12	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	1820	1050	1105	1882	643,5	1122	7621,9
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	12. Kat Toplam	2328	6584	1050	1105	9879	643,5	1122	22710
13	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	0	1776	1082	1140	1981	417,1	1058	7453,8
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	13. Kat Toplam	2328	6539	1082	1140	9978	417,1	1058	22542
14	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	842,8	813,8	1600	444,8	2081	255,2	990,9	7028,4
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	14. Kat Toplam	3171	5577	1600	444,8	10078	255,2	990,9	22117
15	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1902	0	2434	146,3	640	6715,7
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	15. Kat Toplam	3922	4764	1902	0	10431	146,3	640	21804
16	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1861	57,7	1953	874,3	118	6458,3
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	16. Kat Toplam	3922	4764	1861	57,7	9950	874,3	118	21547
17	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1862	70	2192	301,6	190,9	6210,3
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	17. Kat Toplam	3922	4764	1862	70	10189	301,6	190,9	21299

Çizelge 4.9'un devamı

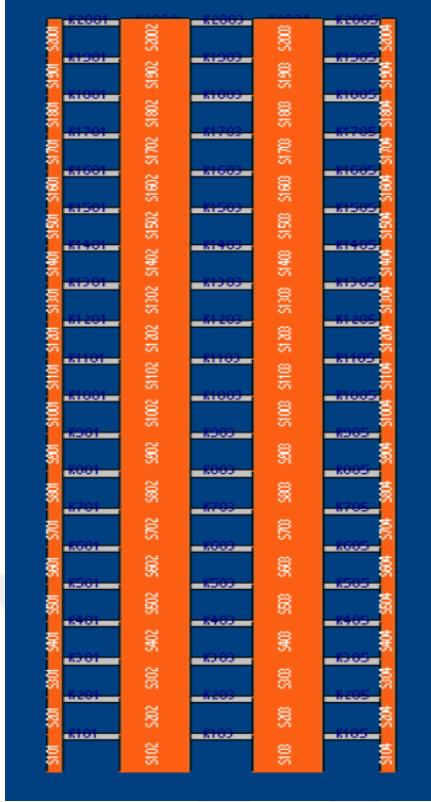
18	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1879	0	1863	454,6	188,9	5979,7
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	18. Kat Toplam	3922	4764	1879	0	9861	454,6	188,9	21068
19	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	1750	71,1	1807	308	94,2	5623,4
	Kolon	0	4764	0	0	7997	0	0	12761
	19. Kat Toplam	3922	4764	1750	71,1	9804	308	94,2	20712
20	Döşeme	2328	0	0	0	0	0	0	2327,8
	Kiriş	1594	0	2027	0	1863	78,3	0	5562,9
	Kolon	0	4764	0	0	5566	0	0	10329
	20. Kat Toplam	3922	4764	2027	0	7429	78,3	0	18220
	Bina Toplam	58558	1E+05	27165	12504	2E+05	9009	22658	453148

4.1.2. Betonarme Perdeli Sistem

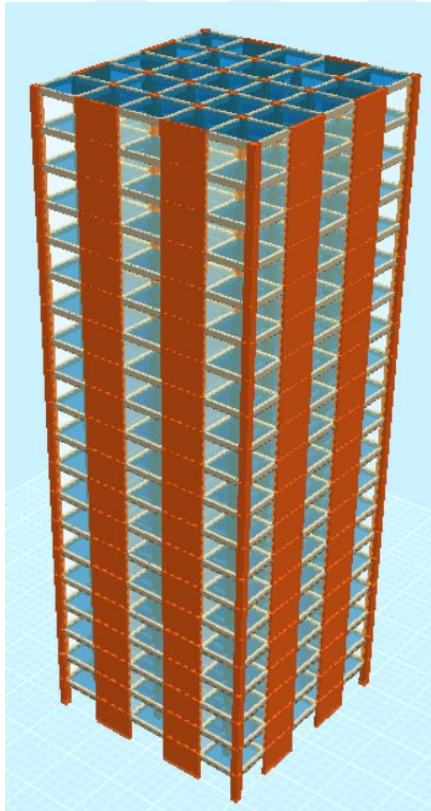
Binanın taşıyıcı sistemi kolonlar, kirişler ve betonarme perdelerden oluşmaktadır. Perdeler 35/400 enkesitlerine sahip ve dış aksların orta kısımlarında bulunmaktadır. Kolon kesitleri tüm binada 70/70'tir ve her katta 20 adettir. Kiriş kesitleri 30/55 şeklindedir. Binanın kat aplikasyon planı, yandan görünüşü ve 3 boyutlu model hali aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8) (STA4CAD)



Şekil 4.6. Perdeli bina kat aplikasyon planı (STA4CAD)



şekil 4.7. Perdeli bina yandan görünüş (STA4CAD)



şekil 4.8. Perdeli 3D görünüş (STA4CAD)

TBDY 2018 4.2.1.2'nci maddeye göre deprem yükü azaltma katsayısı Çizelge 4.10 ile gösterilmiştir. (STA4CAD)

Çizelge 4.10. Perdeli sistem eprem yükü azaltma katsayısı (STA4CAD)

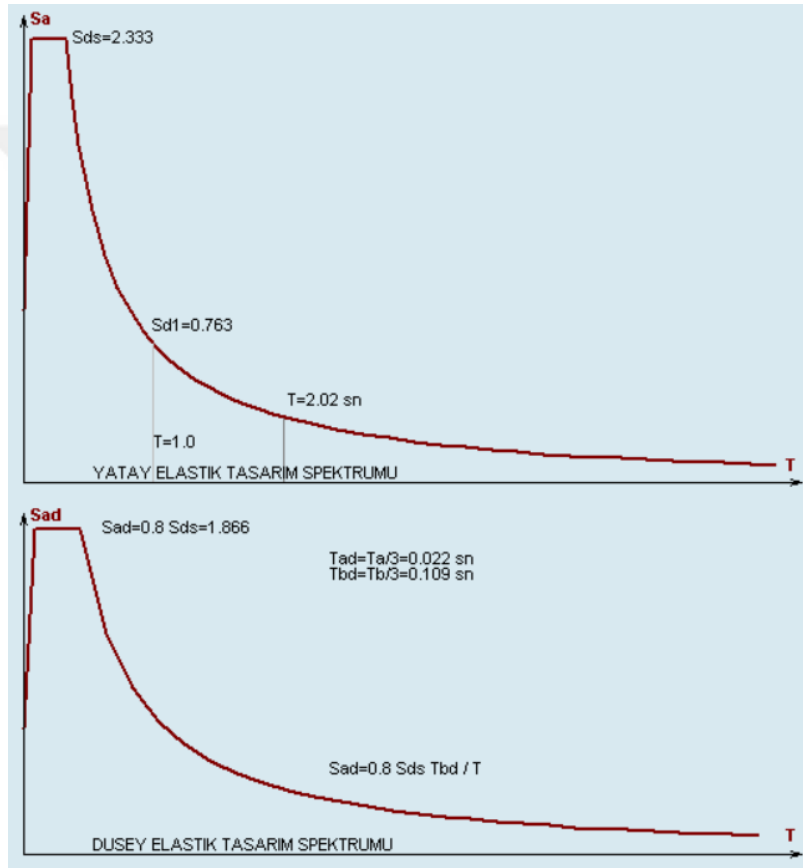
T(s)	Sa
0,07	2,333
0,07	2,333
0,33	2,333
0,38	2,024
0,43	1,787
0,53	1,448
0,63	1,217
0,73	1,049
0,83	0,923
0,93	0,823
1,03	0,743
1,13	0,677
1,23	0,622
1,33	0,575
1,43	0,535
1,53	0,5
1,63	0,469
1,73	0,442
1,83	0,418
1,93	0,396
2,03	0,376
2,23	0,343
2,43	0,314
2,63	0,29
2,83	0,27
3,03	0,252
3,23	0,236
3,43	0,223
3,63	0,21
3,83	0,199
4,03	0,189
4,23	0,181
4,43	0,172
4,63	0,165
4,83	0,158
5,03	0,152

Çizelge 4.10'nin devamı

5,23	0,146
5,43	0,141
5,63	0,136
5,83	0,131

$$Ra(T)_x = 8.000 \quad Ra(T)_y = 8.000 \quad T > T_b \Rightarrow Ra(T) = R / I \quad T < T_a$$

Spektrum eğrisi Şekil 4.9'da gösterilmiştir (STA4CAD).



Şekil 4.9. Perdeli sistemin yatay ve düşey elastik tasarım spektrum grafiği (STA4CAD)

Binanın doğal titreşim periyodu Şekil 4.11'de hesaplanmış haldedir (STA4CAD).

Çizelge 4.11. Doğal titreşim periyodunun kontrolü (STA4CAD)

$H_n=60.0m$	$C_{tx}=0.1$	$C_{ty}=0.1$
	$\frac{3}{4}$	
$T_{1x}=C_{tx} \cdot H_n^{\frac{3}{4}} = 2.156 \text{ s.}$	$T_x = 2.018 \text{ s.}$	$< 1.4 \times 2.156 \text{ s.} >> T_{x1}=2.018 \text{ s.} \quad \checkmark$
$T_{1y}=C_{ty} \cdot H_n^{\frac{3}{4}} = 2.156 \text{ s.}$	$T_y = 1.981 \text{ s.}$	$< 1.4 \times 2.156 \text{ s.} >> T_{y1}=1.981 \text{ s.} \quad \checkmark$

Çizelge 4.12’de analiz raporuna göre kat kütlesi hesabına ilişkin tablo okunmuştur.

Çizelge 4.12. Perdeli sistem kat kütlesi (STA4CAD)

Kat (dyf)	H (m)	W _g	W _q	n	R R _x /R _y	D D _x /D _y	X _g (m)	X _r (m)	Y _g (m)	Y _r (m)	Σ W _k
20	60.00	313.04	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	337.036
19	57.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	433.533
18	54.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	433.533
17	51.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	433.533
16	48.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	433.533
15	45.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.04	10.01	10.04	433.533
14	42.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.04	433.533
13	39.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.04	433.533
12	36.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.04	433.533
11	33.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.04	433.533
10	30.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.04	433.533
9	27.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.03	433.533
8	24.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.03	433.533
7	21.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.03	10.01	10.03	433.533
6	18.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.02	10.01	10.03	433.533
5	15.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.02	10.01	10.03	433.533
4	12.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.02	10.01	10.02	433.533
3	9.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.01	10.01	10.02	433.533
2	6.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.01	10.01	10.01	433.533
1	3.00	409.53	80.00	0.30	6.4	3	10.00	10.00	10.01	10.01	433.533
W _t = 8574.166											

TBDY 2018 Mad. 4.7.1.1 ve Mad. 4.8.4’ün kapsamında seçilen hesap yöntemi mod birleştirmeye deprem hesabına göre taban kesme kuvveti ve azaltılmış iç kuvvet değerlerinin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi Çizelge 4.13’te gösterilmiştir (STA4CAD).

Çizelge 4.13. Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı (STA4CAD)

Deprem tepe yükü F _{tx} = 120.02 F _{ty} = 120.02 (t)								
X YÖNÜ					Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
20	98.472	171.468	127.499	UST KAT	104.315	171.468	129.938	UST KAT
19	66.333	62.867	85.886	NORMAL	70.305	62.867	87.573	NORMAL
18	35.720	59.559	46.250	NORMAL	36.418	59.559	45.363	NORMAL
17	24.634	56.250	31.895	NORMAL	24.292	56.250	30.259	NORMAL
16	19.262	52.941	24.940	NORMAL	18.976	52.941	23.637	NORMAL
15	16.980	49.632	21.985	NORMAL	16.477	49.632	20.524	NORMAL
14	16.563	46.323	21.445	NORMAL	16.028	46.323	19.965	NORMAL
13	16.295	43.015	21.099	NORMAL	15.873	43.015	19.772	NORMAL
12	15.891	39.706	20.576	NORMAL	15.381	39.706	19.158	NORMAL
11	15.255	36.397	19.751	NORMAL	14.684	36.397	18.290	NORMAL
10	14.137	33.088	18.304	NORMAL	13.680	33.088	17.041	NORMAL
9	12.945	29.779	16.760	NORMAL	12.750	29.779	15.881	NORMAL
8	12.283	26.470	15.903	NORMAL	12.423	26.470	15.475	NORMAL
7	12.305	23.162	15.932	NORMAL	12.910	23.162	16.081	NORMAL
6	13.397	19.853	17.347	NORMAL	14.801	19.853	18.437	NORMAL
5	16.100	16.544	20.846	NORMAL	18.233	16.544	22.712	NORMAL
4	19.560	13.235	25.325	NORMAL	22.052	13.235	27.469	NORMAL
3	22.913	9.926	29.668	NORMAL	25.834	9.926	32.179	NORMAL
2	25.521	6.618	33.044	NORMAL	27.981	6.618	34.854	NORMAL
1	19.817	3.309	25.659	NORMAL	20.476	3.309	25.505	NORMAL
Σ	494.382	800.141	640.113	GENEL	513.890	800.141	640.113	GENEL
V _{tx} = 494.38 > 0.04.I.Sds.W = 800.14 TBDY2018 4.7.1.1 V _{ty} = 513.89 > 0.04.I.Sds.W = 800.14 X Deprem kontrol: 0.80 × 800.141 = 640.113 > 494.382 >>> 640.113 Y Deprem kontrol: 0.80 × 800.141 = 640.113 > 513.890 >>> 640.113								

Kat deplasmanları ile ilgili hesap tablosu Çizelge 4.14'te gösterilmiştir (STA4CAD).

Çizelge 4.14. Perdeli sistem kat deplasmanları (STA4CAD)

Kat no	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
20	0.1344384	0.0011791	0.1344371	-0.001252	-0.132025	-0.001157	-0.132023	0.0012539
19	0.1297905	0.0011286	0.1297896	-0.001198	-0.126826	-0.001107	-0.126825	0.0011992
18	0.1246620	0.0010755	0.1246616	-0.001141	-0.121236	-0.001054	-0.121236	0.0011418
17	0.1191026	0.0010197	0.1191028	-0.001082	-0.115295	-0.000999	-0.115295	0.0010816
16	0.1131126	0.0009610	0.1131132	-0.001019	-0.108997	-0.000941	-0.108998	0.0010184
15	0.1067151	0.0008996	0.1067161	-0.000953	-0.102361	-0.000881	-0.102362	0.0009525
14	0.0999350	0.0008355	0.0999364	-0.000885	-0.095407	-0.000818	-0.095409	0.0008839
13	0.0927977	0.0007690	0.0927994	-0.000814	-0.088162	-0.000752	-0.088164	0.0008128
12	0.0853313	0.0007003	0.0853335	-0.000741	-0.080655	-0.000685	-0.080657	0.0007395
11	0.0775696	0.0006298	0.0775721	-0.000666	-0.072921	-0.000616	-0.072924	0.0006645
10	0.0695538	0.0005580	0.0695566	-0.000589	-0.065006	-0.000546	-0.065010	0.0005882
9	0.0613357	0.0004855	0.0613389	-0.000512	-0.056966	-0.000475	-0.056970	0.0005113
8	0.0529796	0.0004130	0.0529831	-0.000435	-0.048868	-0.000404	-0.048871	0.0004345
7	0.0445654	0.0003415	0.0445691	-0.000359	-0.040795	-0.000334	-0.040799	0.0003589
6	0.0361948	0.0002719	0.0361985	-0.000285	-0.032851	-0.000266	-0.032855	0.0002854
5	0.0280028	0.0002057	0.0280063	-0.000215	-0.025172	-0.000201	-0.025175	0.0002156
4	0.0201748	0.0001444	0.0201779	-0.000151	-0.017935	-0.000141	-0.017938	0.0001510
3	0.0129756	0.0000901	0.0129780	-0.000093	-0.011386	-0.000088	-0.011389	0.0000940
2	0.0067912	0.0000454	0.0067927	-0.000047	-0.005866	-0.000044	-0.005867	0.0000473
1	0.0021686	0.0000139	0.0021691	-0.000014	-0.001838	-0.000013	-0.001838	0.0000144

Deprem yapı salınımı: $x= 0.00224$ $y= 0.00220$

Analiz raporunda bulunan ve Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ile Şekil 4.10'da verilenlere göre TBDY 2018 Mad. 4.9.1.3 esas alınarak binanın göreceli kat ötelemelerinin kontrolleri yapılmıştır (STA4CAD). Ayrıca TBDY 2018'de bulunan Tablo 3.6'daki A1 burulma düzensizliği ve B2 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Son olarak aynı tablodan TBDY 2018 Mad. 4.9.2.2 kriterleri doğrultusunda ikinci mertebe etkileri koşuluna uygunluğu tayin edilmiştir.

Çizelge 4.15. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri (STA4CAD)

$d_i = R / I \cdot \Delta$, $K=1$, $T_x=2.018s$, $T_y=1.981s$ $\lambda_x = S_a(T_x, DD3) / S_a(T_x, DD2) = 0.146 / 0.378 = 0.386$ $\lambda_y = S_a(T_y, DD3) / S_a(T_y, DD2) = 0.149 / 0.385 = 0.386$ $\lambda_x \cdot X \max(d_i / h_i) \leq 0.008 \cdot K = 0.008$ $\lambda_y \cdot Y \max(d_i / h_i) \leq 0.008 \cdot K = 0.008$ $\rightarrow$ Kat ötelemeleri $Ch=0.5$, $D=3.00$, $R=6.40$ $\theta_{ni} = [ort(\Delta_i) \cdot \sum w_k] / (V_i \cdot h_i) \leq 0.12 \cdot D / (Ch \cdot R) \Rightarrow \max \theta_n = 0.113 \rightarrow$ İkinci mertebe etkileri	
TBDY 3.6.2.1 A1 burulma düzensizliği: $n_{bi}=1.116 < 1.2$, modal analizle çözülmüştür ✓ TBDY 3.6.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaktadır. ✓ TBDY 4.9.1.3 koşulu sağlanmaktadır. $X \max(d_i / h_i) = 0.0076 < 0.008$ ✓ $Y \max(d_i / h_i) = 0.0073 < 0.008$ ✓ TBDY 4.9.2.2 koşulu sağlanmaktadır. $\max \theta_i = 0.035 < 0.1125$ ✓	

Şekil 4.10. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı kontrolü (STA4CAD)

Çizelge 4.16. Perdeli sistem kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri hesabı tablosu (STA4CAD)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	$\lambda \cdot R/I \cdot \Delta x/h$	θ_i	kat tipi
20	0.0041410» S2001	0.0051500» S2025	0.0046455	1.11	0.00	0.00424 ✓	0.00409 ✓	Normal kat
19	0.0045946» S1901	0.0056571» S1925	0.0051259	1.10	1.10	0.00466 ✓	0.00617 ✓	Normal kat
18	0.0049985» S1801	0.0061149» S1825	0.0055567	1.10	1.08	0.00504 ✓	0.00859 ✓	Normal kat
17	0.0054008» S1701	0.0065739» S1725	0.0059873	1.10	1.08	0.00542 ✓	0.01121 ✓	Normal kat
16	0.0057803» S1601	0.0070090» S1625	0.0063947	1.10	1.07	0.00578 ✓	0.01395 ✓	Normal kat
15	0.0061363» S1501	0.0074180» S1525	0.0067771	1.09	1.06	0.00611 ✓	0.01672 ✓	Normal kat
14	0.0064690» S1401	0.0077996» S1425	0.0071343	1.09	1.05	0.00643 ✓	0.01941 ✓	Normal kat
13	0.0067763» S1301	0.0081502» S1325	0.0074633	1.09	1.05	0.00672 ✓	0.02202 ✓	Normal kat
12	0.0070538» S1201	0.0084634» S1225	0.0077586	1.09	1.04	0.00697 ✓	0.02451 ✓	Normal kat
11	0.0072947» S1101	0.0087305» S1125	0.0080126	1.09	1.03	0.00719 ✓	0.02687 ✓	Normal kat
10	0.0074899» S1001	0.0089399» S1025	0.0082149	1.09	1.03	0.00737 ✓	0.02910 ✓	Normal kat
9	0.0076282» S901	0.0090777» S925	0.0083529	1.09	1.02	0.00748 ✓	0.03115 ✓	Normal kat
8	0.0076957» S801	0.0091268» S825	0.0084113	1.09	1.01	0.00752 ✓	0.03288 ✓	Normal kat
7	0.0076722» S701	0.0090634» S725	0.0083678	1.08	0.99	0.00747 ✓	0.03412 ✓	Normal kat
6	0.0075270» S601	0.0088521» S625	0.0081896	1.08	0.98	0.00729 ✓	0.03459 ✓	Normal kat
5	0.0072128» S501	0.0084390» S525	0.0078259	1.08	0.96	0.00695 ✓	0.03390 ✓	Normal kat
4	0.0066546» S401	0.0077406» S425	0.0071976	1.08	0.92	0.00638 ✓	0.03163 ✓	Normal kat
3	0.0057371» S301	0.0066296» S325	0.0061833	1.07	0.86	0.00546 ✓	0.02732 ✓	Normal kat
2	0.0043066» S201	0.0049376» S225	0.0046221	1.07	0.75	0.00407 ✓	0.02041 ✓	Normal kat
1	0.0020297» S101	0.0023073» S125	0.0021685	1.06	0.47	0.00190 ✓	0.00968 ✓	Normal kat

Çizelge 4.17’de perde taban momenti hesabı tablosu bulunmaktadır (STA4CAD).

Çizelge 4.17. Perde taban momenti (STA4CAD)

Perde	M_x	$\Sigma M_{xk} =$	ΣM_{xr}	$M/M_o < 1/3$	M_y	$\Sigma M_{yk} =$	ΣM_{yr}	$M/M_o < 1/3$
S102	1030.27	985.44	2015.71	0.080 ✓	-	-	-	-
S103	1030.26	988.14	2018.40	0.080 ✓	-	-	-	-
S105	-	-	-	-	1230.38	970.26	2200.64	0.088 ✓
S115	-	-	-	-	1230.37	972.12	2202.49	0.088 ✓
S110	-	-	-	-	1432.12	1181.87	2613.99	0.105 ✓
S120	-	-	-	-	1432.12	1182.56	2614.68	0.105 ✓
S126	1176.32	1203.32	2379.63	0.095 ✓	-	-	-	-
S127	1176.31	1204.13	2380.44	0.095 ✓	-	-	-	-
TOPLAM			8794.19				9631.80	

Yapılan modelleme ve analizler sonucunda 20 katlı perdeli sistem betonarme konut binasının tasarımı bu şekilde tamamlanmıştır. Elde edilen hesap sonuçlarına göre metraj tabloları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19) (STA4CAD).

Çizelge 4.18. Perdeli sistem beton ve kalıp metrajı (STA4CAD)

PERDELİ BİNA BETON VE KALIP METRAJİ			
Kat	Yapı Elemanı	Beton/m ³	Kalıp/m ²
1	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	1. Kat Toplam	148,94	945,83
2	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	2. Kat Toplam	148,94	945,83
3	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	3. Kat Toplam	148,94	945,83
4	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	4. Kat Toplam	148,94	945,83
5	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	5. Kat Toplam	148,94	945,83
6	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	6. Kat Toplam	148,94	945,83
7	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	7. Kat Toplam	148,94	945,83
8	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	8. Kat Toplam	148,94	945,83
9	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	9. Kat Toplam	148,94	945,83

Çizelge 4.18'in devamı

10	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	10. Kat Toplam	148,94	945,83
11	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	11. Kat Toplam	148,94	945,83
12	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	12. Kat Toplam	148,94	945,83
13	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	13. Kat Toplam	148,94	945,83
14	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	14. Kat Toplam	148,94	945,83
15	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	15. Kat Toplam	148,94	945,83
16	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	16. Kat Toplam	148,94	945,83
17	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	17. Kat Toplam	148,94	945,83
18	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	18. Kat Toplam	148,94	945,83

Çizelge 4.18'in devamı

19	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	19. Kat Toplam	148,94	945,83
20	Döşeme	51,23	341,51
	Kiriş	34,71	247,32
	Kolon	63	357
	20. Kat Toplam	148,94	945,83
	Bina toplam	2978,8	18916,6

Çizelge 4.19. Perdeli sistem donatı metrajı (STA4CAD)

PERDELİ BİNA DONATI METRAJİ									
Kat	Eleman	ø8	ø10	ø12	ø14	ø16	ø18	ø20	TOPLAM/kg
1	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	775,2	1541,7	188,9	111,4	119,7	4073
	Kolon	0	3977	585,9	3384,8	225	782,4	1450	10404,7
	1. Kat Toplam	3409	3977	1361	4926,4	413,9	893,8	1570	16550,6
2	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	1087	1709,1	179,5	323,2	364,8	5000
	Kolon	0	3934	585,9	2753,2	225	782,4	1450	9730,4
	2. Kat Toplam	3409	3934	1673	4462,3	404,5	1106	1815	16803,3
3	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1319	0	594,5	2105	377,1	622,9	573	5591,2
	Kolon	0	3715	585,9	2753,2	225	782,4	1450	9512
	3. Kat Toplam	3392	3715	1181	4858,2	602,1	1405	2023	17176,1
4	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1216	136,3	424,7	2240	150	940,2	1007	6114,1
	Kolon	0	3625	764,5	2753,2	0	782,4	1160	9085
	4. Kat Toplam	3289	3761	1189	4993,2	150	1723	2167	17272

Çizelge 4.19'un devamı

5	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	888,1	570,2	62,7	2747,6	390	1132	682,1	6472,6
	Kolon	0	3524	764,5	2753,2	0	782,4	1160	8984,4
	5. Kat Toplam	2961	4094	827,2	5500,8	390	1914	1842	17529,9
6	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	740,5	763	62,7	2719,7	283,1	1214	852,3	6634,9
	Kolon	0	3524	764,5	2753,2	0	749,8	994,3	8786
	6. Kat Toplam	2813	4287	827,2	5472,9	283,1	1963	1847	17493,8
7	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	560,8	998,8	62,7	2660	264,1	1158	1106	6810,7
	Kolon	0	3524	753,4	2753,2	600	0	994,3	8625,2
	7. Kat Toplam	2634	4523	816,1	5413,2	864,1	1158	2101	17508,7
8	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	512,5	1059	62,7	2645,2	310,5	1141	1104	6834,6
	Kolon	0	3524	742,3	2753,2	500	782,4	0	8302,2
	8. Kat Toplam	2585	4583	805	5398,4	810,5	1923	1104	17209,7
9	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	499,1	1059	78,3	2651	411,4	1220	808,1	6726,7
	Kolon	0	3524	720,2	3161,5	600	0	0	8005,9
	9. Kat Toplam	2572	4583	798,5	5812,6	1011	1220	808,1	16805,5
10	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	616,4	918,1	62,7	2693,3	386,5	1103	824,6	6604,7
	Kolon	0	3524	720,2	3124,4	500	0	0	7868,8
	10. Kat Toplam	2689	4442	782,9	5817,7	886,5	1103	824,6	16546,4
11	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	829,1	666,6	146	2665	199,4	1216	765,4	6487,5
	Kolon	0	3524	709,1	3569,9	0	0	0	7803,2
	11. Kat Toplam	2902	4191	855,1	6234,9	199,4	1216	765,4	16363,6

Çizelge 4.19'un devamı

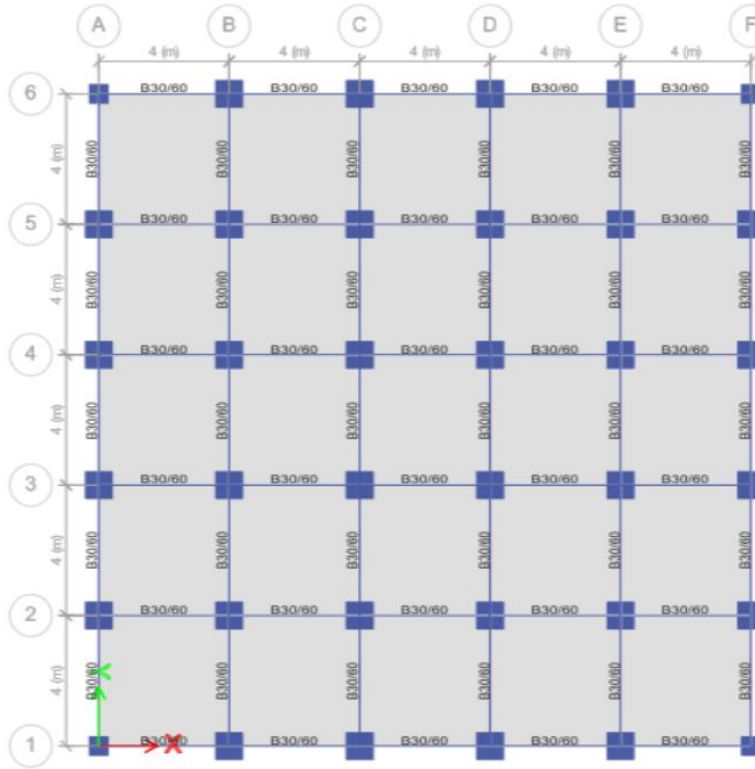
12	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1006	432,9	93,9	2654	352,9	1117	649,8	6305,5
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	12. Kat Toplam	3078	3957	803	6149,7	352,9	1117	649,8	16107,4
13	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1260	127,9	91,8	2638,7	320,8	852,3	809,5	6101,4
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	13. Kat Toplam	3333	3652	800,9	6134,4	320,8	852,3	809,5	15903,3
14	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1332	32,5	468,6	2161,6	468,4	654,7	745	5862,9
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	14. Kat Toplam	3405	3557	1178	5657,2	468,4	654,7	745	15664,7
15	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1334	0	549,2	2202,5	261,2	564,7	782,8	5694,6
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	15. Kat Toplam	3407	3524	1258	5698,1	261,2	564,7	782,8	15496,5
16	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1330	0	786,6	1842,4	354	763,8	409,6	5486,6
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	16. Kat Toplam	3403	3524	1496	5338	354	763,8	409,6	15288,4
17	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	947,1	1715,4	417,1	439,8	453,8	5309,4
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	17. Kat Toplam	3409	3524	1656	5211	417,1	439,8	453,8	15111,2
18	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	1045	1629,5	344,1	444,1	309,9	5108,5
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	18. Kat Toplam	3409	3524	1754	5125,1	344,1	444,1	309,9	14910,4
19	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	1050	1692,5	242,5	393,5	222	4936,6
	Kolon	0	3524	709,1	3495,6	0	0	0	7729
	19. Kat Toplam	3409	3524	1759	5188,1	242,5	393,5	222	14738,4

Çizelge 4.19'un devamı

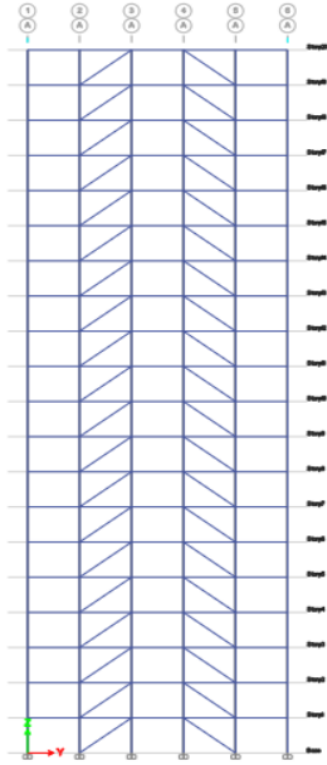
20	Döşeme	2073	0	0	0	0	0	0	2072,9
	Kiriş	1336	0	956,5	1664,5	281,5	91	249,8	4579,4
	Kolon	0	3524	609,4	2558,6	0	0	0	6692,2
	20. Kat Toplam	3409	3524	1566	4223	281,5	91	249,8	13344,5
	Bina toplam	62919	78402	23387	107615	9058	20946	21498	323824

4.1.3. Burkulması Engellenmiş Çaprazlı Çerçeve Betonarme Sistem

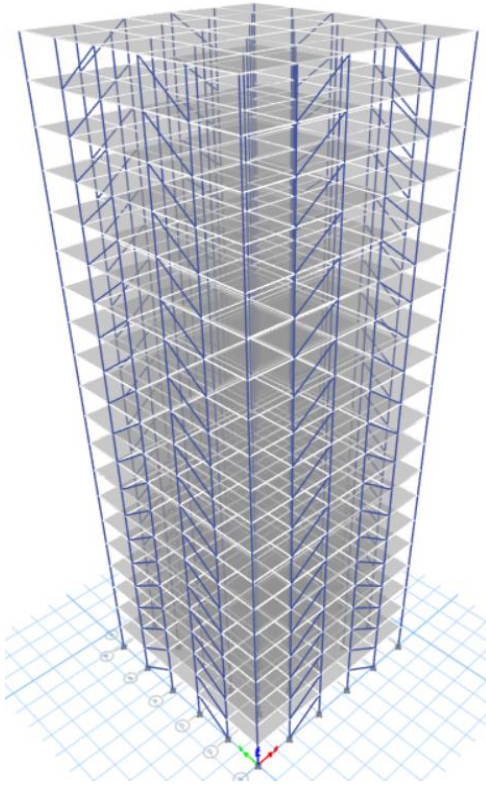
Bina tasarımında kolonlar, kirişler ve BEÇÇ elemanlar kullanılmıştır. Modelleme ve analiz ETABS programıyla yapılmıştır. Tasarımdan sonra belirlenen donatı alanlarına göre binanın toplam metraj hesabı yapılmıştır. Kirişler 30/60 enkesitlerine sahiptir. Köşe kolon kesitleri 60/60, orta ve kenar akslarda bulunan kolon kesitleri ise 85/85 şeklindedir. Tasarımda kullanılan BEÇÇ eleman kesitleri kat ötelemeleri göz önünde bulundurularak minimum koşullara uygun olarak 50, 80, 73, 68, 25 olmak üzere kenar akslardadır ve kolonlar arası diagonal şekilde bağlanmıştır. Kat planı, binanın yandan görünüşü ve binanın 3 boyutlu modeli Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de sırasıyla gösterilmiştir (ETABS).



Şekil 4.11. BEÇÇ'li bina kat aplikasyon planı (ETABS)



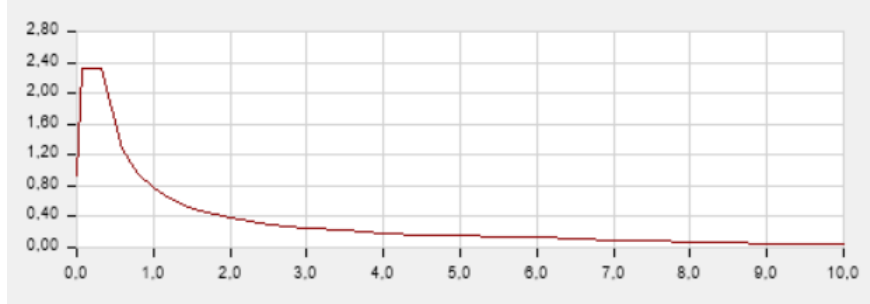
şekil 4.12. BEÇÇ'li yandan görünüş (ETABS)



şekil 4.13. BEÇÇ'li bina 3D görünüş (ETABS)

ETABS programında yapılan tasarım ve analiz sonuçlarına göre elde edilen verilen aşağıdaki gibidir.

Spektrum eğrisi Şekil 4.14'te gösterilmiştir (ETABS).



Şekil 4.14. BEÇÇ'li bina yatay elastik tasarım spektrum grafiği (ETABS)

Binanın doğal titreşim periyodu Çizelge 4.20'de gösterilmiştir (ETABS).

Çizelge 4.20 BEÇÇ'li bina doğal titreşim periyodu (ETABS)

Case	Mode	Period sec
Modal	1	1,999
Modal	2	1,999

Kat kütlesi ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.21'de tanımlanmıştır (ETABS).

Çizelge 4.21. BEÇÇ'li bina kat kütleleri (ETABS)

Story	UX kg	UY kg
Story20	553551,04	553551,04
Story19	642147,6	642147,6
Story18	642147,6	642147,6
Story17	642147,6	642147,6
Story16	642147,6	642147,6
Story15	642461,52	642461,52
Story14	642775,44	642775,44
Story13	642775,44	642775,44
Story12	643450,48	643450,48
Story11	644125,53	644125,53
Story10	644125,53	644125,53
Story9	644204,02	644204,02
Story8	644282,51	644282,51
Story7	644392,38	644392,38
Story6	644502,25	644502,25
Story5	644502,25	644502,25
Story4	644502,25	644502,25
Story3	644502,25	644502,25
Story2	643324,93	643324,93
Story1	642147,6	642147,6
Base	88596,55	88596,55

TBDY 2018 Mad. 4.7.1.1 ve Mad. 4.8.4'ün kapsamında seçilen hesap yöntemi mod birleştirmeyeyle deprem hesabına göre taban kesme kuvveti ve azaltılmış iç kuvvet değerlerinin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi hesabı yapılmıştır. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesabı yapılan toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) analiz raporunda Çizelge 4.22'deki gibi gösterilmiştir (ETABS).

Çizelge 4.22. BEÇÇ' li bina eşdeğer deprem yükü hesabı (ETABS)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX kN
Story20	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	1435,1612
Story19	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	2753,1083
Story18	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	3697,1726
Story17	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	4323,367
Story16	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	4764,0636
Story15	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	5150,9603
Story14	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	5541,0069
Story13	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	5918,9881
Story12	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	6269,0519
Story11	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	6605,0885
Story10	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	6935,9613
Story9	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	7250,5934
Story8	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	7530,9846
Story7	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	7780,7555
Story6	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	8039,9555
Story5	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	8359,3781
Story4	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	8750,5536
Story3	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	9154,4804
Story2	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	9460,8889
Story1	Ex	LinRespSpec	Max	Bottom	9581,2894

Çizelge 4.22'den aldığımız verilerden TBDY 2018'e göre binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) TBDY 2018'de tanımlanan Denk(4.19)'daki koşulunun kontrolü yapılmış ve Çizelge 4.23'te gösterilmiştir (ETABS). Buna bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Taban kesme kuvveti (ETABS)

Ex	Wk(kn)	I	Sds	katsayı
11924,6	11925,5	1	2,333	0,04

TBDY 2018 Denk(4.19)'a göre $9581,2894 < 11924,6$ olduğu için taban kesme kuvveti Çizelge 4.33'teki değer olarak belirlenmiştir.

TBDY 2018’de bulunan Denk(4.31)’e göre uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı ile çarpılarak büyütülmek zorundadır.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (4.31)$$

ETABS programında $\beta_{tE}^{(X)}=1$ değerini elde edebilmek için Şekil 4.15’te gösterilen SCALE FACTOR değeri taban kesme kuvveti ile büyütülmüştür (ETABS).

Şekil 4.15. ETABS programından ölçeklendirme (ETABS)

Sonuç olarak $\beta_{tE}^{(X)}$ kontrolü Çizelge 4.24’te gösterilmiştir (ETABS).

Çizelge 4.24. Eşdeğer deprem kuvvetine göre büyütülme ($\beta_{tE}^{(X)}$ koşulu) (ETABS)

$\beta_{tE}^{(X)}$	γ_E	$V_{tE}^{(X)}$	$V_{tx}^{(X)}$
0,99566	0,8	11924,6	9581,289

TBDY 2018 Bölüm 4.9.1’e göre etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanmasında kullanılan azaltılmış görelî kat ötelemeleri ($\Delta_i^{(X)}$) analiz raporunda Çizelge 4.25’ten elde edilmiştir.

Çizelge 4.25. Azaltılmış görelî kat ötelemeleri ($\Delta_i^{(X)}$) (ETABS)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Story20	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,001112
Story19	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,001411
Story18	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,001716
Story17	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,001959
Story16	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002122
Story15	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002213
Story14	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002295
Story13	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002336
Story12	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002309
Story11	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002331
Story10	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002378
Story9	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002413
Story8	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002436
Story7	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002437
Story6	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002441
Story5	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,00245
Story4	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002464
Story3	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002487
Story2	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,002359
Story1	Ex	LinRespSpec	Max	X	0,001237

Azaltılmış görelî kat ötelemeleri belirlendikten sonra TBDY 2018 Denk(4.33)'e göre etkin görelî kat ötelemeleri ($\delta_i^{(X)}$) hesaplanmıştır ve TBDY 2018 Denk(4.34a)'da bulunan sınır değeri sağladığı tayin edilmiştir (Çizelge 4.26) (ETABS).

Çizelge 4.26. Etkin görelî kat ötelemeleri ($\delta_i^{(x)}$) (ETABS)

Kat	Δ	Etkin Görelî K.Ö.	$(R \cdot \Delta / I) \cdot \lambda / h$	Sınır	%
Story20	0,00111	0,0089	0,00352109	0,008	0,44014
Story19	0,00141	0,01129	0,00446786	0,008	0,55848
Story18	0,00172	0,01373	0,00543363	0,008	0,6792
Story17	0,00196	0,01567	0,00620307	0,008	0,77538
Story16	0,00212	0,01698	0,0067192	0,008	0,8399
Story15	0,00221	0,0177	0,00700735	0,008	0,87592
Story14	0,0023	0,01836	0,007267	0,008	0,90837
Story13	0,00234	0,01869	0,00739682	0,008	0,9246
Story12	0,00231	0,01847	0,00731133	0,008	0,91392
Story11	0,00233	0,01865	0,00738099	0,008	0,92262
Story10	0,00238	0,01902	0,00752981	0,008	0,94123
Story9	0,00241	0,0193	0,00764064	0,008	0,95508
Story8	0,00244	0,01949	0,00771347	0,008	0,96418
Story7	0,00244	0,0195	0,00771663	0,008	0,96458
Story6	0,00244	0,01953	0,0077293	0,008	0,96616
Story5	0,00245	0,0196	0,0077578	0,008	0,96972
Story4	0,00246	0,01971	0,00780213	0,008	0,97527
Story3	0,00249	0,0199	0,00787496	0,008	0,98437
Story2	0,00236	0,01887	0,00746965	0,008	0,93371
Story1	0,00124	0,0099	0,0039169	0,008	0,48961
R	I	DD-2	DD-3	λ	K
8	1	0,38169	0,15107554	0,39581	1

TBDY 2018 Bölüm 4.9.2'deki ikinci mertebe etkilerinin hesabında kullanılan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin her kat için ortalama değerleri analiz raporundan elde edilmiştir ve Çizelge 4.27'de gösterilmektedir (ETABS).

Çizelge 4.27. Azaltılmış kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerleri (ETABS)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Avg Drift mm
Story20	Ex	LinRespSpec	Max	X	3,335
Story19	Ex	LinRespSpec	Max	X	4,232
Story18	Ex	LinRespSpec	Max	X	5,147
Story17	Ex	LinRespSpec	Max	X	5,878
Story16	Ex	LinRespSpec	Max	X	6,367
Story15	Ex	LinRespSpec	Max	X	6,638
Story14	Ex	LinRespSpec	Max	X	6,885
Story13	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,009
Story12	Ex	LinRespSpec	Max	X	6,928
Story11	Ex	LinRespSpec	Max	X	6,994
Story10	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,133
Story9	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,24
Story8	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,307
Story7	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,312
Story6	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,322
Story5	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,349
Story4	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,392
Story3	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,46
Story2	Ex	LinRespSpec	Max	X	7,076
Story1	Ex	LinRespSpec	Max	X	3,712

İkinci mertebe etkileri ile ilgili hesap tablosunda her bir kattaki ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$, TBDY 2018 Denk(4.35)'e göre hesaplanmıştır ve Çizelge 4.28'de gösterilmiştir (ETABS).

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (4.35)$$

Çizelge 4.28. İkinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$ (ETABS)

Kat	$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	Wi	Wk(kn)	Vi(kn)	Hi(mm)	$\theta_{II,i}^{(X)}$
Story20	3,335	5535,51	5535,51	1435,161	3000	0,004287771
Story19	4,232	6421,48	11957	2753,108	3000	0,006126647
Story18	5,147	6421,48	18378,5	3697,173	3000	0,008528494
Story17	5,878	6421,48	24799,9	4323,367	3000	0,011239237
Story16	6,367	6421,48	31221,4	4764,064	3000	0,013908767
Story15	6,638	6424,62	37646	5150,96	3000	0,016171376
Story14	6,885	6427,75	44073,8	5541,007	3000	0,018254685
Story13	7,009	6427,75	50501,5	5918,988	3000	0,019933885
Story12	6,928	6434,5	56936	6269,052	3000	0,020973555
Story11	6,994	6441,26	63377,3	6605,089	3000	0,022369664
Story10	7,133	6441,26	69818,6	6935,961	3000	0,023933993
Story9	7,24	6442,04	76260,6	7250,593	3000	0,025383058
Story8	7,307	6442,83	82703,4	7530,985	3000	0,026747892
Story7	7,312	6443,92	89147,3	7780,756	3000	0,027925539
Story6	7,322	6445,02	95592,4	8039,956	3000	0,029018705
Story5	7,349	6445,02	102037	8359,378	3000	0,029901457
Story4	7,392	6445,02	108482	8750,554	3000	0,030546714
Story3	7,46	6445,02	114927	9154,48	3000	0,03121818
Story2	7,076	6433,25	121361	9460,889	3000	0,030256078
Story1	3,712	6421,48	127782	9581,289	3000	0,016501863

TBDY 2018 Denk(4.36)' daki ikinci mertebe gösterge değerlerinin maximumu olan $\theta_{II,max}^{(X)}$ Çizelge 4.29'da hesaplanmış ve koşulu sağlanmıştır (ETABS).

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0,12 \frac{D}{C_h R} \quad (4.36)$$

Çizelge 4.29. İkinci mertebe gösterge değerinin maximumu (ETABS)

D	R	C_h	I	S_{ds}	$\theta_{II,max}^{(X)}$	$\theta_{II,i}^{(X)}$	%
3	8	1	1	2,333	0,045	0,03122	69,3737

Yapılan modelleme ve analizler sonucunda 20 katlı BEÇÇ'li çerçeve sisteme sahip betonarme konut binasının tasarımı bu şekilde tamamlanmıştır. Elde edilen hesap sonuçlarına göre metraj tabloları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 4.30, Çizelge 4.31) (ETABS).

Çizelge 4.30. BEÇÇ çerçevesli bina beton ve kalıp metrajı (ETABS)

BEÇÇ'Lİ BİNA BETON VE KALIP METRAJİ			
Kat	Yapı Elemanı	Beton/m ³	Kalıp/m ²
1	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	1. Kat Toplam	159,22	913,45
2	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	2. Kat Toplam	159,22	913,45
3	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	3. Kat Toplam	159,22	913,45
4	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	4. Kat Toplam	159,22	913,45
5	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	5. Kat Toplam	159,22	913,45
6	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	6. Kat Toplam	159,22	913,45
7	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	7. Kat Toplam	159,22	913,45
8	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	8. Kat Toplam	159,22	913,45

Çizelge 4.30'un devamı

9	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	9. Kat Toplam	159,22	913,45
10	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	10. Kat Toplam	159,22	913,45
11	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	11. Kat Toplam	159,22	913,45
12	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	12. Kat Toplam	159,22	913,45
13	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	13. Kat Toplam	159,22	913,45
14	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	14. Kat Toplam	159,22	913,45
15	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	15. Kat Toplam	159,22	913,45
16	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	16. Kat Toplam	159,22	913,45

Çizelge 4.30'un devamı

17	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	17. Kat Toplam	159,22	913,45
18	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	18. Kat Toplam	159,22	913,45
19	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	19. Kat Toplam	159,22	913,45
20	Döşeme	51,34	342,25
	Kiriş	34,2	237,6
	Kolon	73,68	333,6
	20. Kat Toplam	159,22	913,45
	Bina toplam	3184,35	18269

Çizelge 4.31. BEÇÇ çerçevesli bina donatı metrajı (ETABS)

BEÇÇ'Lİ BİNA DONATI METRAJI								
Kat	Eleman	ø8	ø12	ø14	ø16	ø18	ø20	Toplam/kg
1	Döşeme	2473,1						2473,1
	Kiriş	1062,5		1760,2	720,6	152,8	458,0	4154,1
	Kolon	882,5		1131,0			14490,9	16504,4
2	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7674,1	8558,9
3	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
4	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6

Çizelge 4.31'in devamı

5	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
6	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
7	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
8	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
9	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
10	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
11	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
12	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
13	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
14	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
15	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
16	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1236,4		566,7	1469,0	1527,0	569,9	5369,0
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6

Çizelge 4.31'in devamı

17	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1047,9	97,6	2004,8	403,3	314,0		3867,6
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
18	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	1047,9	97,6	2004,8	403,3	314,0		3867,6
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
19	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	848,8	868,1	511,4	608,4	127,2		2963,9
	Kolon	884,8					7454,8	8339,6
20	Döşeme	2247,9						2247,9
	Kiriş	848,8	868,1	511,4	608,4	127,2		2963,9
	Kolon	853,1					4835,6	5688,7
Genel toplam (kg) :								316062

5. SONUÇLAR

Depreme dayanıklı yapı tasarımı bağli bulunduğumuz TBDY 2018 esasları doğrultusunda tasarlanan betonarme taşıyıcı sistemi çerçeve, perdeli ve burkulması engellenmiş çelik çaprazlı çerçeve olmak üzere 3 adet konutun tasarımı yapılmıştır. Binalar 20 katlı olup 60 m yüksekliğindedir ve oturma alanları 400 m²'dir. Tasarımı yapılan binalar Bingöl ili, Karlıova ilçesi merkezindedir ve bölgenin depremselliği oldukça yüksektir. Deprem verilerinin tümü TDTH kullanılarak <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> sitesinden elde edilmiştir. Mod birleştirme yöntemi ile doğrusal deprem hesabı yapılmıştır. DD-2 deprem düzeyinde normal performans hedefindekontrollü hasar (KH) ve dayanıma göre tasarım yapılmıştır. Dayanıma göre tasarım sonucunda yapılan analizlere göre binalar yönetmelik sınır ve koşullarına bağli olarak güvenli tarafta olup ve Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

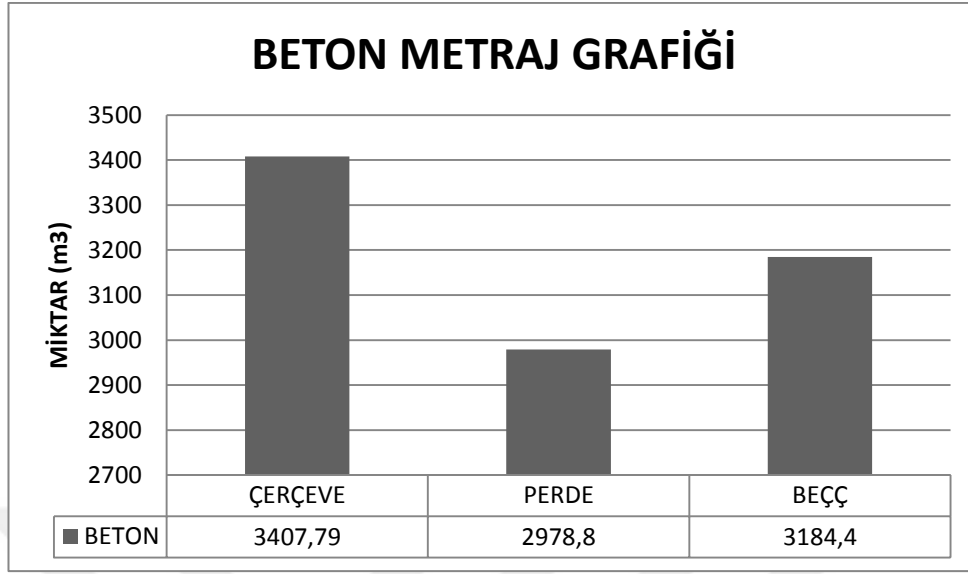
Çizelge 5.1. Binaların analiz sonuçları

BİNA MODELİ	ANALİZ SONUÇLARI		
	MOD BİRLEŞTİRME DEPREM HESABI	KAT ÖTELEME	2. MERTEBE
ÇERÇEVE	1133	0,077<0,008	0,029<0,090
PERDE	800	0,073<0,008	0,035<0,1125
BEÇÇ	11924	0,0079<0,008	0,031<0,045

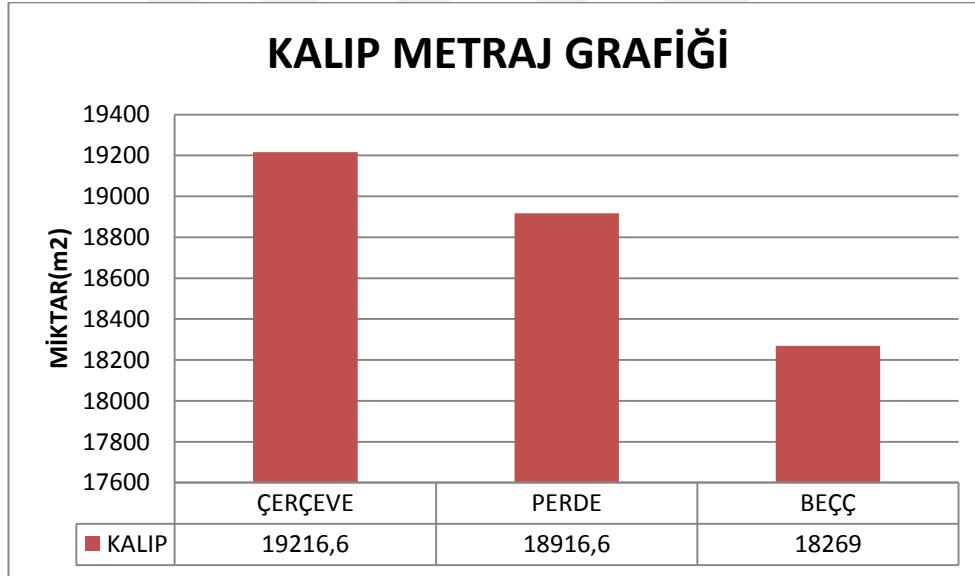
BEÇÇ'lerin bina davranışına ve dayanıma olan katkısı birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Fakat günümüz koşullarında can güvenliğinden sonra inşaat sektöründe yapıım aşamasında ekonomik faktörlerin etkisinin göz önünde bulundurulması gerektiği aşikardır. Bu tez kapsamında asıl amaç depreme dayanıklı olarak tasarlanmış olan bu binalarda BEÇÇ elemanlar kullanılmasının maliyet açısından avantaj sağlama durumunun tespit edilmesidir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen metrajlar Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Metraj sonuçları grafiksel olarak Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Binaların metraj sonuçları

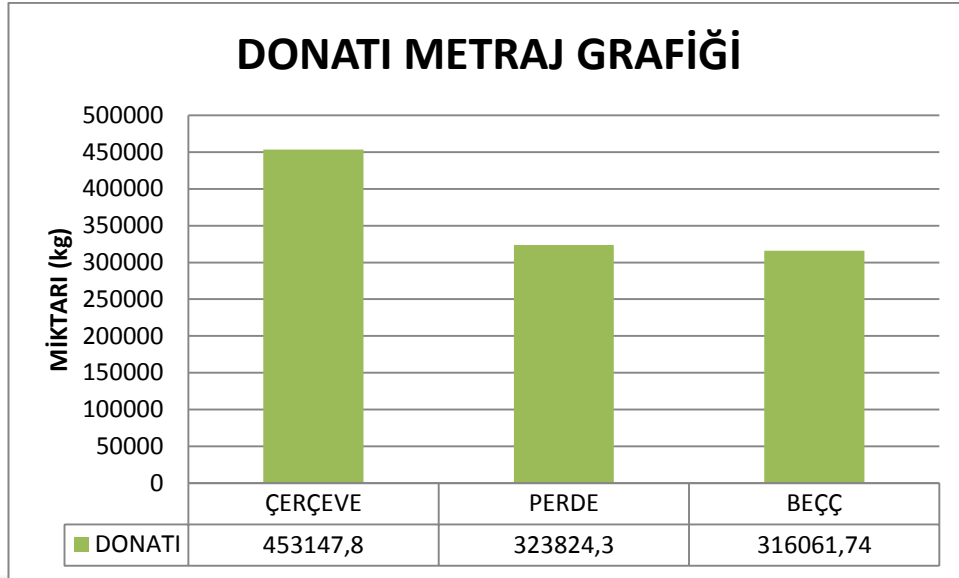
BİNA MODELİ	KESİTLER			METRAJ		
	CM	CM	CM	M3	M2	KG
	KOLON	KİRİŞ	DÖŞEME	BETON/C25	KALIP	DONATI/S420
ÇERÇEVE	80x80/90x90	30/70	15	3408	19217	453148
PERDE	70x70/35x400	30/55	15	2979	18917	323824
BEÇÇ	60x60/85x85	30/60	15	3185	18269	316062



Şekil 5.1. Beton metrajları grafiği



Şekil 5.2. Kalıp metrajları grafiği



Şekil 5.3. Donatı metrajları grafiği

Bu tez kapsamında yapılan çalışma sonucunda betonarme çerçeveli, perdeli ve BEÇÇ’li sistemlere ait metraj verileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar sadece bir yapı tipi için geçerli olmakla beraber bütün yapı tipleri için ek çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen ve sadece 20 katlı konut yapısına ait sonuçlara göre BEÇÇ’li çerçeveden oluşan yapının, betonarme perdeli yapıya alternatif olabileceği görülmüştür. Bunun yanında sonuç olarak BEÇÇ’li sistemlerin davranışı ile ilgili genel bir sonuç elde edilebilmesi için ek detaylı bir araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Watanabe A, Hitomi Y, Yaeki E, Wada A, Fujimoto M. “Properties of brace encased in buckling-restraining concrete and steel tube”. 9th World Conference on Earthquake Engineering, Kyoto-Tokyo, Japan, 2-9 August 1988.

Celep, Z. 2018. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı. Beta Basım, İstanbul, 720 s. Doğançün, A. 2019. Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul, 844 s.

Döndüren, M. S., Karaduman, A. 2007. Çok katlı binaların deprem analizi. TeknikOnline Dergi, 6(1): 31-41.

Drosdov, P. F., Lishak, V. 1978. I. Spatial rigidity & stability of tall buildings of different structural schemes, Prefabricated Multi-Storey Buildings, Proceedings of Conference held in Moscow, October 1976, Central Research and Design Institute for Dwellings, Moscow.

Elçi, H., Göker, K. A. 2018. Comparison of earthquake codes (TEC 2007 and TBEC 2018) in terms of seismic performance of RC columns. International Journal of Scientific and Technological Research, 4(6): 9-21.

ETABS. 2019. V17.0.1- The ultimate integrated software package for the structural analysis and design of buildings. [online]. Computer & Structures Inc., Available from www.csiamerica.com.

Yoshino T, Karino Y. 1971. Experimental study on shear wall with braces: Part 2, Summaries of technical papers of annual meeting, Architectural Institute of Japan, Structural Engineering Section, Cilt 11. S.403-404.

Maheri M, Sahebi A. 1997. Use of steel bracing in reinforced concrete frames. Engineering Structures, Cilt.19, No.12, s.1018-1024. DOI: 10.1016/S0141-0296(97)00041-2

Kim J, Choi H. 2004. Behavior and design of structures with bucklingrestrained braces, Engineering Structures, Cilt.26, No.6, s.693-706. DOI: 10.1016/j.engstruct.2003.09.010

Qiang X. 2005. State of the art of buckling-restrained braces in Asia. Journal of Constructional Steel Research, Cilt.61, s.727–748. DOI: 10.1016/j.jcsr.2004.11.005

Khampanit A, Leelataviwat S, Kochanin J, Pennung Warnitchai P. 2014. Energy-based seismic strengthening design of nonductile reinforced concrete frames using buckling-restrained braces, Engineering Structures, Cilt.81, s.110-122 DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.09.033

Tsai, C.S., Chen, W.S., Lin, Y.C., 2008, Full scale shaking table tests of a steel structure with multi-curved buckling restrained braces, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, China, 1-7.

Tsai, K. C., Lai, J. W., Hwang, Y. C., Lin, S. L., Weng, C. H., 2004, Research and application of double-core buckling restrained braces in Taiwan, The 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2179.

Tunca, O. ve Güneyisi, E.M., 2013, Burkulması önlenmiş çaprazların betonarme çerçeveli yapının deprem performansı üzerine etkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 1-8.

Xie, Q., 2005, State of the art of buckling-restrained braces in Asia, Journal of constructional steel research, 61(6), 727-748.

Özçelik, R., Dikiciaşık, Y., Civelek, K.B., 2015, Yeni nesil burkulması engellenmiş çelik çaprazların histeretik davranışları, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu, 329-339.

Özkan, H., Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik yapıların tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1-63.

Seker, O. ve Shen, J., 2017, Developing an all-steel buckling controlled brace, Journal of Constructional Steel Research, 131, 94-109.

TDBY, 2018, Türkiye deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara

Xie, Q., 2005, State of the art of buckling-restrained braces in Asia, Journal of constructional steel research, 61(6), 727-748.

Özçelik, R., Binici, B., Kurç, Ö., 2011, Yapısal çelik elemanlarla güçlendirilmiş betonarme çerçevelerin dinamik benzeri deney performansı, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ANKARA, 1-10.

Andrews, B. M., Fahnestock, L. A., Song, J., 2009, Ductility capacity models for buckling-restrained braces, Journal of Constructional Steel Research, 65(8-9), 1712-1720.

Chou, C. C., Chung, P. T., Cheng, Y. T., 2016, Experimental evaluation of large-scale dual-core self-centering braces and sandwiched buckling-restrained braces, Engineering Structures, 116, 12-25.

İnce, G., Tekeli, H., İnce, H. H., Öcal, C., Mercan, K., Ulutaş, H., 2015, Betonarme çerçevelerin düşey bağ kirişli dışmerkez çaprazlarla güçlendirilmesi, Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, IBEEES-2015, Burdur, 7-9.

Güneyisi, E. M., Altay, G., 2004, Seismic behavior of an r/c frame retrofitted by eccentric steel bracing, Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering, İstanbul, 6-8.

Gültekin, A. ve Güneyisi, E.M., 2015, Yapısal çelik elemanlarla güçlendirilmiş sekiz katlı betonarme bir yapının doğrusal olmayan davranışı, Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 1021-1064.

Jia, L. J., Ge, H., Maruyama, R., Shinohara, K., 2017, Development of a novel highperformance all-steel fish-bone shaped buckling-restrained brace. Engineering Structures, 138, 105-119.

Karataş, Ç. A. ve Çelik, O. C., 2019, Çelik çekirdekli burkulması önlenmiş çaprazların (BÖÇ) tasarımı, üretimi ve deneysel incelenmesi, Teknik Dergi, 8861(8886), 526.

Korkmaz, K. A., 2007, Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilen betonarme yapıların deprem davranışlarının incelenmesi, Doğu Üniversitesi Dergisi, 8(2), 191-201.

Lee, C. H., Lho, S. H., Kim, D. H., Oh, J., Ju, Y. K., 2016, Hourglass-shaped strip damper subjected to monotonic and cyclic loadings, Engineering Structures, 119, 122-134.

Clark P, Aiken I, Kasai K, Ko E, Kimura I, 1999, “Design procedures for buildings incorporating hysteretic damping devices”. 69th Annual Convention of Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, USA.

Meritt S, Uang CM, Benzon G., 2003 “Subassembly Testing of Star Seismic Buckling Restrained Braces”. University of California, La Jolla, San Diego, California, USA. Report No TR-2003/04, 2003.

Tremblay R, Degrange G, Blouin J., 1999, “Seismic rehabilitation of a four-story building with a stiffened bracing system”. 8th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, 13-19 June 1999.

Black CJ, Makris N, Aike, ID., 2002, “Component Testing, Stability Analysis and Characterization of Buckling Restrained Braces”. University of California, Berkeley, California, USA. Technical Report, PEER 2002/08, 2002.

Qiang X., 2005, “State of the art of buckling-restrained braces in asia”. Journal of Constructional Steel Research, 61(6), 727- 748, 2005.

Young KJ, Kim, MH, Kim J, Kim, SD., 2009, “Component tests of buckling-restrained braces with unconstrained length”. Engineering Structures, 31(2), 507-516, 2009.

Christopoulos ., 2005, AS. Improved Seismic Performance of Buckling Restrained Braced Frames. MSc Thesis, Civil Engineering University, Washington, USA, 2005.

Fahnestock LA, Ricles JM, Sause R.2007, “Experimental Evaluation of a Large-Scale Buckling-Restrained Braced Frame”. Journal of Structural Engineering, 133(9), 1205-1214, 2007

Tremblay R, Bolduc P, Neville R, DeVall R. 2006, “Seismic testing and performance of buckling restrained bracing systems”. Canadian Journal of Civil Engineering, 33(2), 183-198, 2006



ÖZGEÇMİŞ

AYNUR BARIN SEVİK



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2023	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
2011-2015	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

İnşaat Mühendisi	Özel Sektör
2011-Devam Ediyor	