

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

**FARKLI KOMPOZİT KOLONLU YAPILARIN DEPREM
PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL
OLMAYAN YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muaz HATTAB

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI PR.
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi. Hüseyin KASAP

Temmuz 2022

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

**FARKLI KOMPOZİT KOLONLU YAPILARIN DEPREM
PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL
OLMAYAN YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muaz HATTAB

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 27,07,2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Dr. Öğr. Üyesi.
Hüseyin KASAP
Jüri Başkanı**

**Dr. Öğr. Üyesi.
Yusuf SÜMER
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi.
Necati MERT
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Muaz HATTAB

27,07,2022

TEŞEKKÜR

En başta bana gerekli teknik bilgileri ve her açıdan yol gösteren, yardımını esirgemeyen Mühendislik fakültesi- İnşaat Mühendisliği Bölümü değerli Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin KASAP hocama en içten dileklerimle teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Eğitim hayatımı boyunca beni destekleyen aileme, arkadaşlarıma ve öğrendiğim her şeyde emeğini geçen bütün hocalarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
TABLolar LİSTESİ	xxiii
ÖZET	xxviii
SUMMARY	xxix

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Tanımı	1
1.2. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar	2

BÖLÜM 2.

KOMPOZİT YAPILAR	9
2.1. Kompozit Kolonlar	9
2.2.1. Çelik gömme kompozit kolonlar	10
2.2.2. Beton dolgulu kompozit kolonlar	11
2.2. Kompozit Kirişler	11
2.3. Kompozit Yapılarda Kolon-Kiriş Birleşim Detayları.....	12
2.3.1. Çelik gömme kompozit kolon-kiriş birleşim detayları	13
2.3.1.1. Çelik gömme kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi..	13

2.3.1.2. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme giriş birleşimi.....	13
2.3.2. Beton Dolgulu Kompozit Kolon-Kiriş Birleşim Detayları....	14
2.4. Sınırlamalar.....	16
2.4.1. Kompozit elemanlarda malzeme sınırları	16
2.4.2. Çelik gömme kompozit elemanlarda tasarım sınırlamaları ...	16
2.4.3. Beton dolgulu kompozit elemanlarda tasarım sınırlamaları ..	17

BÖLÜM 3.

DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TASARIMI İÇİN GENEL ESASLAR	18
3.1. Materyal Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	18
3.2. Deprem Tasarım Sınıfları	19
3.3. Bina Yüksekliği ve Bina Yükseklik Sınıfları	19
3.4. Bina Performans Düzeyleri	20
3.4.1. Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi	20
3.4.2. Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi	20
3.4.2. Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi	20
3.4.2. Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi	21
3.5. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları	21
3.6. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	21

BÖLÜM 4.

DEPREM YÜKÜ DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ	23
4.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı	23
4.2. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi	24
4.2. Seçilen Zemin Sınıfı Özelliklerinin ve Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi	25

BÖLÜM 5.

NONLİNEER İTME ANALİZİ YÖNTEMİ (PUSHOVER).....	30
5.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçimi	30
5.1.1. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri	30
5.1.2. Hesap yönteminin seçilmesi	30
5.2. İtme Analizi Yöntemi	31
5.2.1. İtme analizi eğrisi	31
5.2.1.1. Yanal rijitlik	31
5.2.1.2. Süneklik	32
5.3. Kesit Hasar Bölgeleri	32
5.4. Plastik Mafsalların Tanımlanması	32
5.5. Malzeme Dayanımları	33
5.6. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	33
5.7. Betonarme Bina Elemanları İçin İzin Verilen Şekildeğiştirme Sınırları	34
5.8. Çelik Kiriş ve Kolonların Şekildeğiştirme Sınırları	37
5.9. İtme Analizi Yöntemi ile Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi	38
5.10. Depremin Modal Yerdeğiştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirme Olarak Elde Edilmesi	40

BÖLÜM 6.

TAŞIYICI SİSTEMLERİN GENEL BİLGİLERİ	42
6.1. Tanımlanan Yük Kombinasyonları	46

BÖLÜM 7.

BİRİNCİ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ	47
7.1. Birinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi	47
7.1.1. Model 1 taşıyıcı sistemin modellenmesi	47

7.1.1.1. Deprem yükü hesabı	49
7.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	49
7.1.1.3. Sonuçlar	49
7.1.2. Model 2 taşıyıcı sistemin modellenmesi	51
7.1.2.1. Deprem yükü hesabı	53
7.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	53
7.1.2.3. Sonuçlar	53
7.1.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması	55
7.1.3.1. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırılması	55
7.1.3.2. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	56
7.1.3.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması	59
7.2. Birinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi	61
7.2.1. Model 1 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	61
7.2.1.1. Model 1 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	61
7.2.1.2. Model 1 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	63
7.2.1.3. Model 1 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	65
7.2.2. Model 2 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	79
7.2.2.1. Model 2 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	79
7.2.2.2. Model 2 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	81

7.2.2.3. Model 2 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	83
7.2.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması	95
7.2.3.1. X yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	96
7.2.3.2. Y yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	97
 BÖLÜM 8.	
İKİNCİ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ	99
8.1. İkinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi	99
8.1.1. Model 3 taşıyıcı sistemin modellenmesi	99
8.1.1.1. Deprem yükü hesabı	101
8.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	101
8.1.1.3. Sonuçlar	102
8.1.2. Model 4 taşıyıcı sistemin modellenmesi	104
8.1.2.1. Deprem yükü hesabı	105
8.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	106
8.1.2.3. Sonuçlar	106
8.1.3. Model 5 taşıyıcı sistemin modellenmesi	108
8.1.3.1. Deprem yükü hesabı	110
8.1.3.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	110
8.1.3.3. Sonuçlar	111
8.1.4. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması	113
8.1.4.1. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırılması	113

8.1.4.2. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	114
8.1.4.3. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması	116
8.2. İkinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi	118
8.2.1. Model 3 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	118
8.2.1.1. Model 3 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	118
8.2.1.2. Model 3 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	121
8.2.1.3. Model 3 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	122
8.2.2. Model 4 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	128
8.2.2.1. Model 4 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	128
8.2.2.2. Model 4 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	130
8.2.2.3. Model 4 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	131
8.2.3. Model 5 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	137
8.2.3.1. Model 5 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	137
8.2.3.2. Model 5 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	139
8.2.3.3. Model 5 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	140
8.2.4. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması	146
8.2.4.1. X yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	146

8.2.4.2. Y yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	148
---	-----

BÖLÜM 9.

ÜÇÜNCÜ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ	150
9.1. Üçüncü Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi	150
9.1.1. Model 6 taşıyıcı sistemin modellenmesi	150
9.1.1.1. Deprem yükü hesabı	152
9.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	152
9.1.1.3. Sonuçlar	153
9.1.2. Model 7 taşıyıcı sistemin modellenmesi	155
9.1.2.1. Deprem yükü hesabı	156
9.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi..	157
9.1.2.3. Sonuçlar	157
9.1.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması	159
9.1.3.1. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırılması	159
9.1.3.2. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	160
9.1.3.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması	163
9.2. Üçüncü Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi	164
9.2.1. Model 6 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	164
9.2.1.1. Model 6 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	164
9.2.1.2. Model 6 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı	166

9.2.1.3. Model 6 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	167
9.2.2. Model 7 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi	173
9.2.2.1. Model 7 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarını tanımlanması	173
9.2.2.2. Model 7 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı	175
9.2.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması	181
9.2.3.1. X yönünde üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	181
9.2.3.2. Y yönünde üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.....	183
BÖLÜM 10.	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	185
KAYNAKLAR	187
EKLER	190
ÖZGEÇMİŞ	204

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_{cr}	: Boyuna Donatı Alanı [mm^2]
A_g	: Kompozit Elemanın Toplam Enkesit Alanı [mm^2]
A_{sh}	: Enine Donatı Alanı [mm^2]
$a^{(X,k)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin K'ıncı İtme Adımında Birinci Moda Ait Modal Tek Serbestlik Dereceli Sistem'in Modal Sözd-İvmesi [m/s^2]
a_i	: Yatayda Bir Etriye Kolu veya Çiroz Tarafından Mesnetlenen Boyuna Donatıların Eksenleri Arasındaki Uzaklık [mm]
B420C	: Beton Çeliği Sınıfı
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
BD	: Beton Dolgulu
B420C	: Beton Çeliği Sınıfı
b_k	: Çekirdek Boyutu (En Dıştaki Enine Donatı Eksenleri Arasındaki Uzaklık) [mm]
b_o	: Göbek Betonunu Sargılayan Etriyelerin Eksenleri Arasında Kalan Kesit Boyutu [mm]
C30	: Basınç Dayanımı 30 MPa olan Beton Sınıfı
Cr	: Spektral Yerdeğiştirme Oranı
ÇG	: Çelik Gömme
ÇYTHYE	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı

DD2	: 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 (Tekrarlanma Periyodu 475 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DBD	: Donatılı Beton Dolgulu
d	: Deplasman [m]
$d_1^{(X,k)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin k'ıncı İtme Adımında Birinci Moda Ait Modal Tek Serbestlik Dereceli Sistem'in Modal Yerdeğiştirmesi [m]
d_b	: Boyuna Donatı Çapı [m]
E	: Elastisite Modülü [kN/m^2]
$(EI)_e$	: Etkin Kesit Rijitliğı
$E_d^{(Z)}$	: Düşey Deprem Etkisi
F	: Kuvvet [kN]
F_1	: 1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
F_s	: Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
F_y	: Yapısal Çelik Elemanların Karakteristik Akma Gerilmesi [kN/m^2]
F_{ysr}	: Beton Çeliğinin Karakteristik Akma Gerilmesi [kN/m^2]
f_{ce}	: Betonun Ortalama Basınç Dayanımları [MPa]
f_{ck}	: Betonun Karakteristik Basınç Dayanımları [MPa]
f_{ye}	: Çeliğın veya Donatının Ortalama Akma Dayanımları [MPa]
f_{yk}	: Çeliğın veya Donatının Karakteristik Akma Dayanımları [MPa]
f_{ywe}	: Enine Donatının Ortalama (Beklenen) Akma Dayanımını [MPa]
G	: Sabit Yük Etkisi [kN]
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Sınır Durumu
g	: Yerçekimi İvmesi ($g= 9,81 \text{ m/s}^2$)
h	: Kesit Yüksekliğı [m]
h_o	: Göbek Betonunu Sargılayan Etriyelerin Eksenleri Arasında Kalan Kesit Boyutu [mm]
h_i	: Kat Yüksekliğı [mm]
h_r	: Çelik sac hadve yüksekliğı [mm]

I	: Bina Önem Katsayısı
I_b	: Kiriş Kesit Eylemsizlik Momenti [m^4]
I_k	: Kolon Kesit Eylemsizlik Momenti [m^4]
K	: Rijitlik
KK	: Kesintisiz Kullanım Sınır Durumu
KH	: Kontrollü Hasar Sınır Durumu
$KÇG$	: Kısmen Çelik Gömme
h	: Kesit Yüksekliği [m]
h_o	: Göbek Betonunu Sargılayan Etriyelerin Eksenleri Arasında Kalan Kesit Boyutu [mm]
L_p	: Plastik Mafsal Boyu [m]
L_s	: Kesme Açıklığı [m]
l_b	: Kiriş boyu [m]
l_k	: Kolon boyu [m]
M_y	: Etkin Akma Momenti [kNm]
m_i	: İ'inci Katın Toplam Kütlesi [t]
$m_{ix1}^{(X,1)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin X Eksenı Doğrultusunda Birinci İtme Adımında Belirlenen ve İtme Hesabı Boyunca Hiç Değiştirilmeyen Sabit Mod Şekli'ne Göre Hesaplanan İ'inci Kat Modal Etkin Kütlesi [t]
n	: Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı
P	: Maksimum Plastik Dönmenin Durumunda Çelik Kesitte Bulunan Eksenel Yük [kN]
PGA	: En Büyük Yer İvmesi [g]
PGV	: En Büyük Yer Hızı [cm/sn]
P_c	: Çelik Elemanın Beklenen Eksenel Basınç Dayanımı [kN]
P_{ye}	: Çelik Elemanın Beklenen Eksenel Akma Kuvveti [kN]
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
Q	: Hareketli Yük Etkisi [kN]
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

R_y	: Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı
S_1	: 1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı
S275	: Yapısal Çelik Sınıfı
$S_{aR(T)}$	: Azaltılmış Tasarım Spektral İvme Değerleri
S_{ae}	: Spektral İvme
$S_{ae(T)}$	: Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi (g)
$S_{aeD(T)}$	: Düşey Elastik Tasarım Spektral İvmesi (g)
S_{de}	: Spektral Yerdeğiştirme
S_{D1}	: 1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_{DS}	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısının
S_S	: Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı,
SH	: Sınırlı Hasar Sınır Durumu
s	: Enine Donatı Aralığı [m]
ŞGDT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
T	: Periyot [s]
T_1	: Yapının 1. Doğal Titreşim Periyodu [s]
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
TBDY 2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)
t	: Çelik Profilin Et Kalınlığı [mm]
U_{NX1}	: Yapının X Yönü Tepe Yer Değiştirme İstemi [m]
U_{NY1}	: Yapının Y Yönü Tepe Yer Değiştirme İstemi [m]
$u_{ix1}^{(X,1)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin K'ıncı İtme Adımında İ'inci Katta X Eksenini Doğrultusunda Hesaplanan Yerdeğiştirme [m]
V_t	: Taban Kesme Kuvveti [kN]
V_{tE}	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne Göre Hesaplanan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü [kN]
V_{tx}	: Mod Birleştirme Yöntemine'e Göre Elde Edilen Toplam Deprem Yüğü [kN]
$V_{tx1}^{(X,1)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin K'ıncı İtme Adımında X Eksenini Doğrultusunda Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti [kN]

W_p	: Plastik Mukavemet Momenti [m^3]
w_r	: Ortalama Hadve Genişliği
ZB	: Yerel Zemin Sınıfı
α_{se}	: Sargı Donatısı Etkinlik Katsayısı
β_{tE}	: Eşdeğer Taban Kesme Kuvveti Büyütme Katsayısı
ϵ_c	: Beton Birim şekil Değiştirmesi
ϵ_s	: Donatı şeliği Birim şekil Değiştirmesi
ϵ_{cu}	: Maksimum Basınç Dayanımına Karşı Gelen Birim kısalması
ϵ_{su}	: Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
$\Gamma_1^{(X,1)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin Birinci İtme Adımında Belirlenen ve İtme Hesabı Boyunca Hiç Değiştirilmeyen Sabit Mod şekli'ne Göre Hesaplanan Modal Katkı Çarpanı
Δ_{max}	: Nihai Yer Değiştirme veya Çökmeden Hemen Önceki Yer Değiştirmenin Değeri
Δ_i	: Azaltılmış Görelı Kat Ötelemesi
Δ_y	: İlk Hasar veya Akmadaki Yer Değiştirme Değeri
δ_i	: Etkin Görelı Kat Ötelemesi
ρ_{sr}	: Boyuna Donatı Oranı
ρ_{sh}	: Gözönüne Alınan Doğrultuda Enine Donatının Hacimsel Oranı
ϕ_y	: Plastik Mafsal Kesitindeki Etkin Akma Eğriliği [m^{-1}]
ϕ_u	: Plastik Mafsal Kesitindeki Göçme Öncesi Eğriliği [m^{-1}]
$\Phi_{Nx1}^{(1)}$	: N'inci Katta Birinci İtme Adımında Belirlenen ve İtme Hesabı Boyunca Hiç Değiştirilmeyen Sabit Mod şekli'nin X Doğrultusundaki Genliği
θ_y	: Akma Dönmesi [rad]
θ_p	: Plastik Mafsal Dönmesi [rad]
ω_{we}	: Etkin Sargı Donatısının Mekanik Donatı Oranı
λ	: Binanın Göz Önüne Alınan Deprem Doğrultusundaki Hâkim Titreşim Periyodu İçin DD-3 Deprem Yer Hareketinin Hesaplanan

Elastik Tasarım Spektral İvmesi'nin, DD-2 Deprem Yer Hareketinin
Elastik Tasarım Spektral İvmesi'ne Oranıdır

μ : Süneklik Faktörü
 γ_E : Eşdeğer Taban Kesme Kuvveti Büyütme Katsayısı β_E Hesabında
Kullanılan Çarpan



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kompozit Yapı.....	9
Şekil 2.2. Tam ve kısmen çelik gömme kompozit kesitler	10
Şekil 2.3. Çelik gömme kompozit kolon örnekleri	10
Şekil 2.4. Beton dolgulu kompozit kesitler	11
Şekil 2.5. Kompozit kiriş	11
Şekil 2.6. Şekil verilmiş çelik sac için konstrüktif esaslar	12
Şekil 2.7. Çelik gömme kompozit kolon-çelik kiriş örnek birleşim detayları	13
Şekil 2.8. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme kiriş örnek birleşim detayları	14
Şekil 2.9. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimi (örnek)	14
Şekil 2.10. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 1)	15
Şekil 2.11. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 2)	15
Şekil 2.12. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 3)	15
Şekil 3.1. İç kuvvet-Şekil değiştirme ve bina hasar durumları	20
Şekil 4.1. Tasarlanacak yapıların konumu	25
Şekil 4.2. Yapıların konumu ve Deprem Tasarım Parametreleri	26
Şekil 4.3. Yatay elastik tasarım spektrumu	28
Şekil 4.4. Düşey elastik tasarım spektrumu	29
Şekil 5.1. Kesit hasar bölgeleri	32
Şekil 5.2. İtme analizi eğrisi ve model kapasite diyagramı	39
Şekil 5.3. Depremin Modal Yerdeğiştirme Talebinin hesabı.....	41
Şekil 6.1. Normal kat plan kesiti	44
Şekil 6.2. 1-1 Kesiti.....	45
Şekil 6.3. A-A Kesiti	45
Şekil 7.1. Model 1 3D görünüşü	48

Şekil 7.2. Model 1 kat kesit planı.....	48
Şekil 7.3. Model 1 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	51
Şekil 7.4. Model 2 3D görünüşü	52
Şekil 7.5. Model 2 kat kesit planı.....	52
Şekil 7.6. Model 2 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	55
Şekil 7.8. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri.....	56
Şekil 7.9. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri.....	56
Şekil 7.9. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	57
Şekil 7.10. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	58
Şekil 7.11. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri.....	58
Şekil 7.12. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri.....	58
Şekil 7.13. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri	60
Şekil 7.14. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri	60
Şekil 7.15. Betonarme kolonun plastik mafsâl boyunun tanımlanması	61
Şekil 7.16. Betonarme kolonun lif özellikleri	62
Şekil 7.17. Betonarme kirişin mafsâl özelliklerinin tanımlanması	63
Şekil 7.18. Betonarme kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	64
Şekil 7.19. Betonarme kiriş elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	64
Şekil 7.20. Model 1 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	65
Şekil 7.21. Model 1 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı.....	65
Şekil 7.22. Model 1 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı....	66
Şekil 7.23. Model 1 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	67
Şekil 7.24. Model 1 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı.....	68
Şekil 7.25. Model 1 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı..	69
Şekil 7.26. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 13 No'lu beton lifin gerilme birim şekil değıştirme grafiğı	72
Şekil 7.27. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 2 No'lu donatı gerilme-birim şekil değıştirme	72
Şekil 7.28. Model 1 X doğrultusunda hasar durumu	73
Şekil 7.29. Model 1 X doğrultusunda hasar durumu (1-1 aks)	73

Şekil 7.30. Model 1 X doğrultusunda hasar durumu (A-A aks)	74
Şekil 7.31. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 13 No'lu beton lifin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.....	77
Şekil 7.32. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 3 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	77
Şekil 7.33. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu	78
Şekil 7.34. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu (A-A aksı)	78
Şekil 7.35. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu (1-1 aksı).....	79
Şekil 7.36. Çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsal boyunun tanımlanması.....	80
Şekil 7.37. Çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri.....	80
Şekil 7.38. Betonarme kirişin mafsal özelliklerinin tanımlanması	81
Şekil 7.39. Çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	82
Şekil 7.40. Betonarme kiriş elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	82
Şekil 7.41. Model 2 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	83
Şekil 7.42. Model 2 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı.....	83
Şekil 7.43. Model 2 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı..	84
Şekil 7.44. Model 2 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	85
Şekil 7.45. Model 2 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı.....	86
Şekil 7.46. Model 2 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı....	87
Şekil 7.47. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 2), 1.kat C1 kolonu 12 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	90
Şekil 7.48. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu	90
Şekil 7.49. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu (1-1 aksı)	91
Şekil 7.50. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu (A-A aksı)	91
Şekil 7.51. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 2), 1.kat C1 kolonu 7 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	94
Şekil 7.52. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu	94
Şekil 7.53. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu (A-A aksı)	95
Şekil 7.54. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu (1-1 aksı)	95

Şekil 7.55. Birinci grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	96
Şekil 7.56. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	98
Şekil 8.1. Model 3 3D görünüşü	100
Şekil 8.2. Model 3 kat kesit planı.....	100
Şekil 8.3. Model 3 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	103
Şekil 8.4. Model 4 3D görünüşü	104
Şekil 8.5. Model 4 kat kesit planı.....	105
Şekil 8.6. Model 4 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	108
Şekil 8.7. Model 5 3D görünüşü	109
Şekil 8.8. Model 5 kat kesit planı.....	109
Şekil 8.9. Model 5 etkin görelî ötelemeleri kat kontrolü	112
Şekil 8.10. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri.....	113
Şekil 8.11. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri.....	114
Şekil 8.12. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	115
Şekil 8.13. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri.....	115
Şekil 8.14. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri...	116
Şekil 8.15. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri...	116
Şekil 8.16. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri	117
Şekil 8.17. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri	118
Şekil 8.18. Çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsâl boyunun tanımlanması...	119
Şekil 8.19. Çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri.....	119
Şekil 8.20. 5 m uzunluktaki çelik kirişlerin plastik mafsallarının tanımlanması	120
Şekil 8.21. 6 m uzunluktaki çelik kirişlerin plastik mafsallarının tanımlanması	121
Şekil 8.22. Çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	122
Şekil 8.23. Model 3 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	122
Şekil 8.24. Model 3 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı.....	123

Şekil 8.25. Model 3 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	124
Şekil 8.26. Model 3 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	125
Şekil 8.27. Model 3 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı	125
Şekil 8.28. Model 3 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı...	126
Şekil 8.29. Model 3 X doğrultusunda hasar durumu	127
Şekil 8.30. Model 3 Y doğrultusunda hasar durumu	128
Şekil 8.31. Beton dolgulu kompozit kolonun plastik mafsal boyunun tanımlanması..	129
Şekil 8.32. Beton dolgulu kompozit kolonun lif özellikleri.....	129
Şekil 8.33. Beton dolgulu kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması	130
Şekil 8.34. Model 4 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	131
Şekil 8.35. Model 4 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı	131
Şekil 8.36. Model 4 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	132
Şekil 8.37. Model 4 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	133
Şekil 8.38. Model 4 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı	134
Şekil 8.39. Model 4 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı...	135
Şekil 8.40. Model 4 X doğrultusunda hasar durumu	136
Şekil 8.41. Model 4 Y doğrultusunda hasar durumu	137
Şekil 8.42. Donatılı beton dolgulu kompozit kolonun plastik mafsal boyunun tanımlanması	138
Şekil 8.43. Donatılı beton dolgulu kompozit kolonun lif özellikleri	138
Şekil 8.44. Donatılı beton dolgulu kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması.....	139
Şekil 8.45. Model 5 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	140
Şekil 8.46. Model 5 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı	140
Şekil 8.47. Model 5 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı..	141
Şekil 8.48. Model 5 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	142
Şekil 8.49. Model 5 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı	143
Şekil 8.50. Model 5 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı..	144

Şekil 8.51. Model 5 X doğrultusunda hasar durumu	145
Şekil 8.52. Model 5 Y doğrultusunda hasar durumu	146
Şekil 8.53. İkinci grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	147
Şekil 8.54. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	149
Şekil 9.1. Model 6 3D görünüşü	151
Şekil 9.2. Model 6 kat kesit planı.....	151
Şekil 9.3. Model 6 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	154
Şekil 9.4. Model 7 3D görünüşü	155
Şekil 9.5. Model 7 kat kesit planı.....	156
Şekil 9.6. Model 7 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	159
Şekil 9.7. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri	160
Şekil 9.8. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri	160
Şekil 9.9. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri...	161
Şekil 9.10. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri..	162
Şekil 9.11. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri.....	162
Şekil 9.12. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri.....	162
Şekil 9.13. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri.....	163
Şekil 9.14. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri.....	164
Şekil 9.15. Kısmen çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsallık boyunun tanımlanması	165
Şekil 9.16. Kısmen çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri	165
Şekil 9.17. Kısmen çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması.....	166
Şekil 9.18. Model 6 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	167
Şekil 9.19. Model 6 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı	167

Şekil 9.20. Model 6 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	168
Şekil 9.21. Model 6 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	169
Şekil 9.22. Model 6 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı	170
Şekil 9.23. Model 6 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	171
Şekil 9.24. Model 6 X doğrultusunda hasar durumu	172
Şekil 9.25. Model 6 Y doğrultusunda hasar durumu	173
Şekil 9.26. 1.Kat çelik kolonlarda plastik mafsalların tanımlanması.....	174
Şekil 9.27. Model 7 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	175
Şekil 9.28. Model 7 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı	175
Şekil 9.29. Model 7 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	176
Şekil 9.30. Model 7 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)	177
Şekil 9.31. Model 7 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı	178
Şekil 9.32. Model 7 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	179
Şekil 9.33. Model 7 X doğrultusunda hasar durumu	180
Şekil 9.34. Model 7 Y doğrultusunda hasar durumu	181
Şekil 9.35. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	182
Şekil 9.36. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi	183

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları	18
Tablo 3.2. Deprem tasarım sınıfları (DTS)	19
Tablo 3.3. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.....	19
Tablo 3.4. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar.....	21
Tablo 4.1. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı F_S	26
Tablo 4.2. 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı F_1	27
Tablo 4.3. Seçilen zemin sınıfı özellikleri ve deprem tasarım parametreleri.....	27
Tablo 5.1. Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları	33
Tablo 5.2. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları.....	38
Tablo 5.3. Çelik kolonlarda plastik dönme sınırları.....	38
Tablo 6.1. Taşıyıcı sistemlerin kolon ve kiriş bilgileri	43
Tablo 6.2. Sistemlerin genel bilgileri.....	44
Tablo 6.3. Betonarme taşıyıcı modeller için yük kombinasyonları	46
Tablo 6.4. Çelik taşıyıcı modeller için yük kombinasyonları	46
Tablo 7.1. Model 1 kolon ve kiriş bilgileri	47
Tablo 7.2. Model 1 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	49
Tablo 7.3. Model 1 kat kesme kuvvetleri.....	50
Tablo 7.4. Model 1 (+X) yönünde kat ötelemeleri	50
Tablo 7.5. Model 1 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	51
Tablo 7.6. Model 2 kolon ve kiriş bilgileri	51
Tablo 7.7. Model 2 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	53
Tablo 7.8. Model 2 kat kesme kuvvetleri.....	54

Tablo 7.9. Model 2 (+X) yönünde kat ötelemeleri	54
Tablo 7.10. Model 2 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	55
Tablo 7.11. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri.....	57
Tablo 7.12. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri.....	59
Tablo 7.13. Model 1 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	63
Tablo 7.14. Model 1 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	66
Tablo 7.15. Model 1 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	67
Tablo 7.16. Model 1 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	68
Tablo 7.17. Model 1 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	69
Tablo 7.18. Model 1 (+X) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları	70
Tablo 7.19. (+X) yönünde itme analizi, (Model 1), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri	71
Tablo 7.20. Model 1 (+Y) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları	75
Tablo 7.21. (+Y) yönünde itme analizi, (Model 1), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri	76
Tablo 7.22. Model 2 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	81
Tablo 7.23. Model 2 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	84
Tablo 7.24. Model 2 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	85
Tablo 7.25. Model 2 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	86
Tablo 7.26. Model 2 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	87
Tablo 7.27. Model 2 (+X) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları	88
Tablo 7.28. (+X) yönünde itme analizi, (Model 2), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri	89
Tablo 7.29. Model 2 (+Y) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları	92
Tablo 7.30. (+Y) yönünde itme analizi, (Model 2), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri	93
Tablo 7.31. Birinci grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları.....	97

Tablo 7.32. Birinci grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanı ilk rijitliğine oranı	97
Tablo 7.33. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları.....	98
Tablo 7.34. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı	98
Tablo 8.1. Model 3 kolon ve kiriş bilgileri	99
Tablo 8.2. Model 3 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	101
Tablo 8.3. Model 3 kat kesme kuvvetleri.....	102
Tablo 8.4. Model 3 (+X) yönünde kat ötelemeleri	103
Tablo 8.5. Model 3 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	103
Tablo 8.6. Model 4 kolon ve kiriş bilgileri	104
Tablo 8.7. Model 4 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	106
Tablo 8.8. Model 4 kat kesme kuvvetleri.....	107
Tablo 8.9. Model 4 (+X) yönünde kat ötelemeleri	107
Tablo 8.10. Model 4 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	107
Tablo 8.11. Model 5 kolon ve kiriş bilgileri	108
Tablo 8.12. Model 5 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	110
Tablo 8.13. Model 5 kat kesme kuvvetleri.....	111
Tablo 8.14. Model 5 (+X) yönünde kat ötelemeleri	112
Tablo 8.15. Model 5 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	112
Tablo 8.16. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri.....	114
Tablo 8.17. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri.....	117
Tablo 8.18. Çelik kirişlerin akma dönmesinin hesabı.....	120
Tablo 8.19. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları.....	120
Tablo 8.20. Model 3 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	121
Tablo 8.21. Model 3 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	123
Tablo 8.22. Model 3 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	124

Tablo 8.23. Model 3 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı	126
Tablo 8.24. Model 3 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	127
Tablo 8.25. Model 4 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	130
Tablo 8.26. Model 4 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	132
Tablo 8.27. Model 4 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	133
Tablo 8.28. Model 4 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	134
Tablo 8.29. Model 4 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	135
Tablo 8.30. Model 5 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	139
Tablo 8.31. Model 5 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	141
Tablo 8.32. Model 5 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	142
Tablo 8.33. Model 5 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	143
Tablo 8.34. Model 5 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	144
Tablo 8.35. İkinci grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları	147
Tablo 8.36. İkinci grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı	148
Tablo 8.37. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları	149
Tablo 8.38. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı	149
Tablo 9.1. Model 6 kolon ve kiriş bilgileri	150
Tablo 9.2. Model 6 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	152
Tablo 9.3. Model 6 kat kesme kuvvetleri.....	153
Tablo 9.4. Model 6 (+X) yönünde kat ötelemeleri	154
Tablo 9.5. Model 6 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	154
Tablo 9.6. Model 7 kolon ve kiriş bilgileri	155
Tablo 9.7. Model 7 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı.....	157
Tablo 9.8. Model 7 kat kesme kuvvetleri.....	158
Tablo 9.9. Model 7 (+X) yönünde kat ötelemeleri	158
Tablo 9.10. Model 7 (+Y) yönünde kat ötelemeleri	158

Tablo 9.11. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri.....	160
Tablo 9.12. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri.....	163
Tablo 9.13. Model 6 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	166
Tablo 9.14. Model 6 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	168
Tablo 9.15. Model 6 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	169
Tablo 9.16. Model 6 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	170
Tablo 9.17. Model 6 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	171
Tablo 9.18. 1.Kat Çelik kolonlarda akma dönmesinin hesabı	174
Tablo 9.19. Çelik kolonlarda akma sınır durumları	174
Tablo 9.20. Model 7 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	176
Tablo 9.21. Model 7 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	177
Tablo 9.22. Model 7 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı	178
Tablo 9.23. Model 7 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı	179
Tablo 9.24. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları	182
Tablo 9.25. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı	182
Tablo 9.26. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları	184
Tablo 9.27. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı	184

ÖZET

Anahtar kelimeler: Betonarme yapı, Çelik yapı, Kompozit yapı, Beton dolgulu, Çelik gömme, Kısmen çelik gömme, Mod birleştirme yöntemi, İtme analizi yöntemi.

Çelik ve betonu birlikte kullanılması ile inşa edilen kompozit yapılar, son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit yapı hem çelik hem de betonun olumlu özelliklerini bir araya getirmesi nedeniyle dünya çapında geniş kabul görmüştür. Bu tez çalışmasında, farklı kompozit yapıların deprem davranışlarını incelemek için, 3 gruba ayrılan aynı mimari tasarımına sahip 7 farklı model bina tasarlanıp, analiz edilmiştir. Her gruptaki yapıların analiz sonuçlarına göre birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2016 yönetmeliklerine göre uygun şekilde yapılmıştır. Analiz için ETABS V19.1 bilgisayar programı kullanılmıştır. Farklı modellerin elastik deprem hesabında mod birleştirme yöntemi ve lineer olmayan analizi için (Pushover) itme analizi yöntemi kullanılmıştır. İncelenen yapılarda malzeme olarak C30 betonu, B420C beton çeliği ve S275 çelik sınıfı kullanılmıştır. İncelenen yapıların kullanım amacı işyeri, Zemin sınıfı ZB ve Deprem yer hareketi düzeyi DD-2 olarak seçilmiştir.

Birinci Grup bina modelleri; bu grupta seçilen yapılardan birinin bütün taşıyıcı elemanları betonarme olup, diğer yapının ise kolonlarında çelik gömme kompozit elemanlar kullanılmış, diğer bütün taşıyıcı elemanları betonarmedir.

İkinci Grup bina modelleri üç farklı kompozit kolonlara sahip yapılardır, bu yapıların kolonları dışındaki elemanları benzer özelliklere sahiptir. Bu yapılarda kirişler ve döşemeler çelik profiller ve betonarme döşemenin birleşiminden oluşan kompozit elemanlardır. Kolonlarda, çelik gömme, donatısız ve donatılı beton dolgulu kompozit kesitler kullanılmıştır.

Üçüncü Grup bina modelleri; bu grupta seçilen yapılardan birinin kolonları çelik taşıyıcı elemanlardan oluşmaktadır, diğer yapının ise kolonlarında kısmen çelik gömme kompozit elemanlar kullanılmıştır. Her iki tip yapının da kiriş ve döşemeleri, çelik profiller ve betonarme döşemenin birleşiminden oluşan kompozit elemanlarından meydana gelmektedir.

Genel olarak kompozit yapıların betonarme ve çelik yapılara göre daha iyi deprem performansı gösterdiği görülmüştür.

COMPARISON OF EARTHQUAKE PERFORMANCES OF DIFFERENT COMPOSITE COLUMN STRUCTURES WITH LINEAR AND NONLINEAR ANALYSIS METHODS

SUMMARY

Keywords: Reinforced concrete structure, Steel structure, Composite structure, Concrete filled steel tube section, Concrete encased steel section, Partially concrete encased section, Response spectrum analysis method, Pushover analysis method.

Composite structures have gained wide acceptance worldwide because it combines the positive properties of both Steel and concrete. In this thesis, 7 different model buildings with the same design, divided into 3 groups, were analyzed in order to determine the earthquake behavior of different composite structures. The structures in each group were compared with each other according to the results of the analysis. This study was carried out in accordance with the regulations of TBDY-2018 and ÇYTHYE-2016. ETABS V19.1 computer program was used for the analysis. Response spectrum method was used for the linear earthquake calculation, while the pushover analysis method was used for the non-linear analysis. In these structures, C30 concrete, B420C rebar bars, and S275 steel were used. The structures were chosen as workplace, soil class ZB and Earthquake ground motion level DD-2.

In the first Group of building models, two structures were used, the first structure is an RCC structure, while the second structure is a composite structure, the difference between these two structures is that the columns of the second one are encased steel composite columns. In the second Group of building models, three different composite structures were used, the elements of these structures except the columns have similar properties, composite beams were used while in the columns three different composite columns were used. Concrete encased steel sections, unreinforced, and reinforced concrete-filled steel tube composite sections are used in the columns. In the third Group of building models; steel structure and partially concrete encased steel composite structure were used. Composite beams were used in both structures, just the columns are made from different sections. Generally, better seismic performance was observed for composite structures compared to reinforced concrete and steel structures.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İki veya daha fazla farklı malzemeden oluşan yapısal elemanlar, kompozit elemanlar olarak biliniyor. Kompozit yapılar, çelik profilleri ile betonarme elemanların birlikte kullanılmasına dayanan ve bunların özelliklerinden yapı yararına maksimum düzeyde yararlanmayı amaçlayan modern bir yapı yöntemidir.

Çelik ve betonu bir araya getirerek inşa edilen kompozit yapılar, betonarme yapılar ve çelik yapılar üzerindeki kombinasyonları nedeniyle çok beğenilmektedir. Betonarme yapılar, artan kendi ölü yükleri yüzünden daha fazla deprem kuvvetleri çeker. Çelik yapılar ise daha az rijitliğe sahip olduğundan, deprem etkisi altında büyük yer değiştirmeler yapar. Betonarme ve çelik yapıların kabul edilebilir özellikleri kompozit yapılarda birleştirilmiştir. Buna ek olarak daha düşük maliyet, hızlı inşaat, yangından korunma vb. avantajlara sahiptir.

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Tanımı

Bu tez çalışmasında kompozit yapıların deprem davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. İncelenen kompozit yapıların hem birbiriyle hem de geleneksel betonarme ve çelik yapılara göre avantajları ve dezavantajları araştırılmaya hedeflenmiştir. Bu amaçla farklı kesitli modeller ETABS V19.1 bilgisayar programıyla TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2016 yönetmeliklerine göre uygun şekilde tasarlanıp hem lineer hem de non-lineer olarak analiz edilmiştir. Lineer yöntem olarak mod birleştirme yöntemi, non-lineer analiz yöntemi olarak ise itme analizi (Pushover) yöntemi kullanılmıştır.

Tez kapsamında 3 gruba ayrılan aynı mimari tasarımına sahip 7 farklı model bina kullanılmıştır; Birinci grup olarak iki model bina kullanılmıştır, bu iki modellerden biri betonarme olup, diğeri ise betonarme yapıdan farkı sadece kolonları çelik gömme kompozit olarak modellenmesidir. İkinci grup olarak üç farklı kompozit yapı kullanılmıştır. Kolonları kompozit olan bu yapıların kirişleri çelik profillerden oluşmaktadır, döşemeleri ise betonarmedir. Çelik kirişler betonarme döşemeler ile birlikte kompozit eleman olarak çalışmaktadır. Kolonlarda, çelik gömme, donatısız ve donatılı beton dolgulu kompozit kesitler kullanılmıştır. Üçüncü grup olarak kiriş ve döşemeleri ikinci gruba benzer olup, iki model bina tasarlanmıştır, bu iki modelin sadece kolonları farklı elemanlardan oluşturulmuştur. Bu modellerden birinin kolonları çelik profillerden oluşmaktadır, diğeri yapının kolonlarında ise kısmen çelik gömme kompozit elemanlar tasarlanmıştır.

Her gruptaki yapılar analiz sonuçlarına göre birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu modellerin periyotları, kat kesme kuvvetleri, deplasmanları, süneklik oranları ve hasar durumları karşılaştırılmıştır.

1.2. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde; yapılarda kullanılan farklı taşıyıcı sistemlerin deprem performansına etkisinin araştırılması için yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Emre S, tez çalışmasında çelik-beton karma (kompozit) yapı elemanlarının sismik tasarım kuralları anlatılmaktadır. Kompozit elemanlar hakkında genel bilgiler verilmiş ve kompozit elemanların tasarımı anlatılmıştır. Betonarme ve kompozit kolon kesitli yapıların sismik analizi yapılarak, yapı deplasmanları karşılaştırılmıştır. Analiz için mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Betonarme yapı, ideCAD 6.0 programında çözülerek donatılandırılmıştır. XTRACT programından elde edilen kompozit kolon EI eğilme rijitlik değeri hesaplanıp ETABS programına girilmiştir. ETABS program ile hem betonarme yapı hem de kompozit kolon kesitli yapı için deprem X ve Y pozitif yönlerinde tepki

spektrumu deprem parametreleri kullanılarak analiz edilmiştir. Betonarme ve kompozit kolonlu yapının sismik analizi sonucunda, kompozit kolonlu yapının deplasmanları, betonarme yapıya göre artmışsa da yönetmelik sınırları içerisinde kalmıştır (Emre S, 2010) [1].

Shariff F Z ve Devi S, çalışmalarında Etabs programını kullanarak, iki yapı türü arasında, taban kesme kuvveti, eksenel kuvvet ve eğilme momenti gibi parametrelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Birinci yapı betonarme yapı olup, ikinci yapıda ise kolonlarda beton dolgulu kompozit kesitler ve kirişlerde ise çelik profiller kullanılmıştır. Sismik analizi için hem eşdeğer deprem yükü yöntemi ve hem de mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Betonarme yapıya kıyasla kompozit yapıda, taban kesme kuvveti artmıştır, betonarme yapının kolonlarındaki kesme kuvveti hem boyuna hem de enine yönlerde kompozit yapıya göre daha düşük değerlere sahiptir (Shariff F. Z. ve Devi S, 2015) [2].

Purushothaman V ve Sukumaran A, çalışmalarında dairesel beton dolgulu ve çelik gömme kompozit kolonların karşılaştırılması yapılmıştır. Bu makalede, esas olarak, çok katlı binaların, Dikdörtgen, C, L ve H-şekli gibi farklı plan konfigürasyonları için yapısal davranışı vurgulanmıştır. Ayrıca hangi kompozit kolonlu binanın yanal yüklere karşı daha etkili olduğu bulunmuştur. 15 katlı binaların modellenmesi, ETABS 2015 sayesinde Tepki Spektrumu Analizi yöntemini kullanarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, beton dolgulu kompozit kolonların düzenli (dikdörtgen) binalarda daha iyi performans gösterdiği ve çelik gömme kompozit kolonların düzensiz (C, L ve H) binalarda daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır (Purushothaman V ve Sukumaran A, 2017) [3].

Amini H, tez çalışmasında, aynı mimari projeye sahip 5 ve 15 katlı iki yapı, kompozit ve betonarme yapı elemanları kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Betonarme yapıların tasarımı ACI 318-14 yönetmeliğine, kompozit yapıların tasarımı ise AISC 360-16 yönetmeliğine uygun olarak yapılmıştır. Tasarlanan yapıların kat ötelemeleri, periyotları, kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yükleri tespit edilmiş ve

betonarme yapılar ile kompozit yapıların bu değerleri karşılaştırılmıştır. Kompozit yapıların kat ötelemelerinin ve periyotlarının betonarme yapılardan daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak, kompozit yapıların kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yüklerinin betonarme yapılardan daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kompozit yapıların daha hafif olması ve daha az deprem yükünün etkimesi sebebiyle kompozit yapıların deprem performanslarının betonarme yapılardan daha iyi olacağı anlaşılmıştır (Amini H, 2018) [4].

Mersha D, tez çalışmasında betonarme, çelik ve kompozit yapısal sistemlerine, X ve Y doğrultusunda farklı rijitliklere sahip binaların değerlendirilmesi için karşılaştırılmalı çalışma yapılmıştır. Modelleme ve analizler ETABS 2016 programı yardımıyla yapılmıştır. Yükler EBCS EN 1992-2013'e göre tanımlanmıştır. Sonuç olarak, betonarme yapının temel periyodunun (Birinci mod periyodu) çelik yapıya göre yaklaşık %36 daha düşük ve kompozit yapıya göre %16 daha yüksek olduğu bulunmuştur. Betonarme yapının X-yönündeki maksimum deplasmanı, çelik yapıya göre %41 daha düşük ve kompozit yapıya göre %26 daha yüksektir. Betonarme yapının Y-yönündeki maksimum deplasmanı, çelik yapıya göre %55 daha düşük ve kompozit yapıya göre %31 daha yüksektir. Betonarme Yapının X-yönünde taban kesme kuvveti, kompozit yapıya göre %1,1 daha azdır. Y-yönü için betonarme yapının taban kesme kuvveti kompozit yapıya göre %4,8 daha fazladır. Betonarme yapının maksimum eksenel yükü, çelik yapıya göre %11, kompozit yapıya göre %7 daha fazladır. Betonarme yapı, çelik ve kompozit yapılara göre daha ağırdır, bu nedenle maksimum eksenel yükü daha fazladır. Kompozit yapının çelik ve betonarme yapılardan daha rijit olduğunu bulunmuştur. Sünekliği en fazla olan çelik yapı daha az deprem kuvvetleri çeker. Betonarme yapı daha ağır olduğu için taban kesme kuvveti en yüksektir (Mersha D, 2017) [5].

Rajan D ve Abraham J K, çalışmalarında kütle düzensizlikleri olan binalarda betonarme, beton dolgulu çelik tüp kompozit ve çelik gömme kompozit kolonların karşılaştırılması yapılmıştır. Binalar ETABS 2016 programını kullanılarak modellenmiştir. Analiz için 11 katlı bina seçilmiştir. Sismik analizi, eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak

yapılmıştır. Taban kesme kuvveti, kat yer değiştirmesi, kat ötelemesi gibi çeşitli parametrelerden sonuçlar elde edilmiştir. Kütte düzensizliklere sahip binalarda betonarme, beton dolgulu çelik tüp kompozit ve çelik gömme kompozit yapıların kat yer değiştirmesinin hemen hemen benzer olduğu bulunmuştur. Beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlar, betonarme ve çelik gömme kompozit kolonlara kıyasla kütte düzensizlikleri olan binalarda kullanılmaya daha uygundur (Rajan D ve Abraham J K, 2020) [6].

Wagh M AG ve Mohod M V, çalışmalarında 5, 9 ve 17 katlı binalar için çelik, Dikdörtgen ve dairesel beton dolgulu kompozit kolonların performansları karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla ETABS 2015 programı kullanılmıştır. Analiz için eşdeğer deprem yükü ve tepki spektrumu analizi yöntemleri kullanılmıştır. Kat ötelemeleri, taban kesme kuvveti, kat rijitliği gibi parametreler elde edilmiştir. Dairesel beton dolgulu kompozit kolonlar karşılaştırıldığında, dikdörtgen beton dolgulu kompozit ve çelik kolonlardan daha iyi performans göstermiştir (Wagh M AG ve Mohod M V, 2016) [7].

Akif Uddin M ve Azeem M A, çalışmalarında beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu, betona gömülü kompozit kesit kolonlu ve betonarme yapılarının karşılaştırılması yapılmıştır. T ve artı işareti şeklinde 16 katlı bina modellerine tepki spektrumu analizi yapıldıktan sonra kompozit yapıların rijitliği betonarme yapılara göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Betonarme yapılarda daha büyük rijitlik değeri nedeniyle yer değiştirmeler daha azdır ancak izin verilen sınırlar içindedir. Kompozit yapıların sabit yükü betonarme yapılara göre daha az olması nedeniyle, kompozit yapılarda taban kesme kuvveti ve taban momentleri daha az bulunmuştur. İki kompozit yapının sonuçlarında önemli bir fark yoktur (Akif Uddin M ve Azeem M A, 2020) [8].

Kumar K M ve Rao H S, çalışmalarında (5, 10 ve 15) katlı Betonarme ve çelik gömme kompozit yapılar kullanılmıştır. Yapılar sismik analizi tepki spektrumu analizi ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Modelleme ve analiz için ETABS yazılımı kullanılmıştır. Kompozit yapıların periyotları ve

deplasmanları betonarme yapılara göre daha fazla, kolonlara etkiyen kesme kuvvetleri ve momentleri ise daha az çıkmıştır (Kumar K M ve Rao H S, 2016) [9].

Namratha N, Ganesh M ve Spandana B, çalışmalarında 20 katlı bina için farklı çelik-beton kompozit (tam ve kısmen betona gömülü kompozit, dairesel tüp ve kutu profili beton dolgulu kompozit) ve betonarme kesitlerin tepkisi üzerine karşılaştırılmalı bir çalışma yapılmıştır. Eşdeğer deprem yükü ve tepki spektrumu analizi yöntemleri kullanılmıştır. Analiz ETABS-2016 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme momenti, kesme kuvveti, zaman periyodu, kat yer değiştirmesi, kat öteleme oranı, taban kesme kuvveti gibi farklı parametreler, iki deprem bölgeleri için çeşitli modeller için çıkarılmış ve daha iyi performans gösteren yapıyı değerlendirmek için karşılaştırılmıştır. Betonarme modellerine göre kompozit modellerin en üst kattaki yer değiştirmesi, eşdeğer deprem yükü yöntemi için %21-26 ve tepki spektrumu analizi yöntemi için %16-23 aralığında artırmıştır. Kutu profili beton dolgulu kompozit model, diğer tüm kompozit model türlerine göre daha az periyoda sahiptir, taban kesme kuvvetinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur (Namratha N ve ark., 2018) [10].

Jagadale S, Shiyekar M R ve Ghugal Y M, çalışmalarında 8 katlı çelik, betonarme ve çelik gömme kompozit çerçevelerin sismik performansı için karşılaştırılmalı çalışma yapılmıştır. Sismik analizi için Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. ETAB-2015 programı kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kompozit çerçeve için taban kesme kuvveti, betonarme çerçeveye göre %84 daha az ve çelik çerçeveye göre %16 daha fazladır. Kompozit çerçevenin ağırlığı, 8 katlı bina modeli için çelik çerçeveden %15 daha fazla ve betonarme çerçeveden %34 daha azdır. Kompozit çerçevenin maliyeti, 8 katlı bina modeli için çelik çerçevenin yaklaşık yarısı ve betonarme çerçevenin maliyetinden %15 daha yüksektir (Jagadale S ve ark., 2019) [11].

Reddy Lomada N K ve Bhagyamma G, çalışmasında çok katlı yapılarda kompozit kolonların geleneksel çelik kolonlara karşı avantajlarını ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Bu amaçla. Sismik olarak aktif orta bölgede bulunan 13 katlı bina modelinde çelik ve beton dolgulu kompozit kolonlar kullanılmıştır. Etabs yazılımı kullanılarak eşdeğer

deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Seçilen çok katlı yapının sismik performansı, taban kesme kuvveti, kat devrilme momenti, kat ötelemesi ve çatı yer değiştirmesi gibi çeşitli yapısal tepki parametreleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. Sismik kuvvetlerin neden olduğu taban kesme kuvveti ve kat devrilme momenti kompozit kolon için %22 ila 28 oranında azalmıştır. Beton dolgulu kolon durumunda, çelik kolona kıyasla çatı deplasmanı %26,6 oranında azalmıştır. Bu da kompozit kolonlu çerçevenin çelik kolonlara göre daha yüksek yanal rijitliğe sahip olduğunu göstermektedir (Reddy Lomada N K ve Bhagyamma G, 2021) [12].

Vamsi Krishna T.G.N.C., Surendhar S V ve Shiva Rama Krishna M, çalışmalarında geometrik olarak düzensiz 19 katlı konut bina modeli için hem betonarme hem de çelik çerçeveli çelik gömme kompozit yapılar ETABS yazılımı kullanılarak tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Yapı, eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında yöntemi gibi doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada, yapının zaman periyodu, kat yer değiştirmesi ve kat ötelenmesi, taban kesme kuvveti ve eğilme momenti gibi parametreler için bir betonarme yapının ile kompozit yapı karşılaştırılması yapılmıştır. Gözlenen sonuçlardan, bir kompozit yapının, bir betonarme yapı ile karşılaştırıldığında yapısal bütünlük açısından daha iyi performans gösterdiği açıkça çıkarılabilir (Vamsi Krishna T.G.N.C ve ark., 2019) [13].

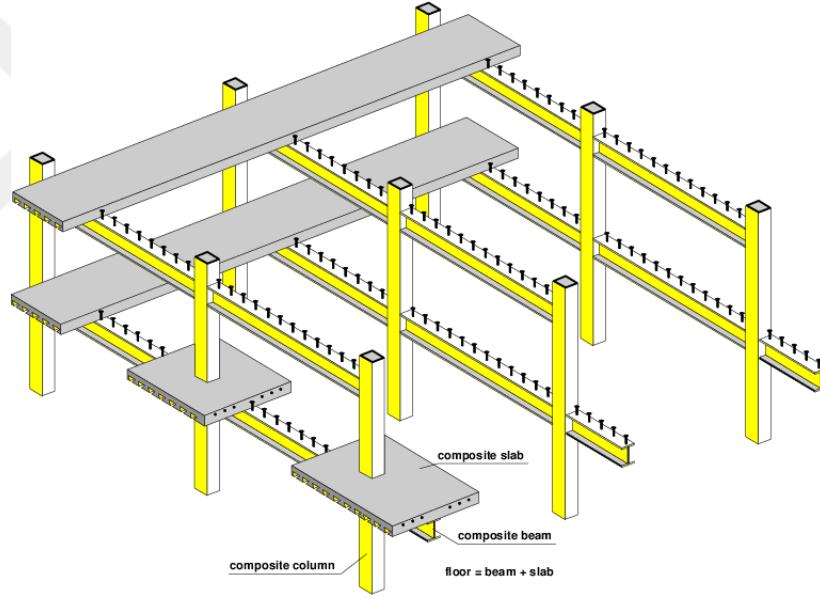
Preetha V ve Arun Prasad M S, çalışmalarında, 10 katlı bina ETABS-2016 kullanılarak modellenmiş ve analiz edilmiştir. Bu araştırmada üç farklı model, betonarme, çelik gömme ve beton dolgulu kompozit iki farklı kolon tipine sahip çelik kirişli sistemler kullanılmıştır. Yukarıdaki üç bina tipi için maliyet karşılaştırması yapılmıştır, kat ötelemeleri ve kat kesme kuvvetleri gibi parametrelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak, kompozit yapıların doğal süneklik özelliğinden dolayı deprem koşullarında betonarme yapıdan daha iyi performans gösterirler. Kompozit yapıların kat ötelemeleri, betonarme yapılardan nispeten daha fazladır ancak izin verilen sınırlar içindedir. Kompozit yapılarda kat kesme kuvvetleri betonarme yapıya göre daha azdır (Preetha V ve Arun Prasad M S, 2017) [14].

Han Thi Thuy Hang, çalışmasında, iki tip kare kompozit kolonlu çok katlı binaların sismik davranışını incelemektedir. Beton dolgulu ve çelik gömme kompozit kolonlar kullanılmıştır. Çok katlı bina dikdörtgenler, U şekli, L şekli, H şekli ve düzensiz plan gibi farklı kat planı şekilleri kullanılmıştır. Kompozit kolonların hangisi binanın yanal yüklere karşı daha etkili olduğunu bulmaya çalışmıştır. Bu çalışma, ETABS 2016 yazılımı kullanılarak Vietnam yönetmeliği TCVN 9386:2012'ye göre mod birleştirme yöntemi ile değerlendirilmiştir (Han Thi Thuy Hang, 2019) [15].

Bu tez çalışmasında bu çalışmalardan farklı olarak incelenen yapıların TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2016 yönetmeliklerine göre tasarlanmış olup, hem lineer mod birleştirme yöntemi ile hem de non-lineer itme analizi yöntemi ile analiz edilmesidir.

BÖLÜM 2. KOMPOZİT YAPILAR

Çelik ve betonu bir araya getirerek inşa edilen kompozit yapılar (Şekil 2.1.), inşaat sektörü için yeni bir kavramdır. Kompozit yapı hem Çelik hem de Betonun olumlu özelliklerini bir araya getirmesi nedeniyle geniş kabul görmüştür.



Şekil 2.1. Kompozit Yapı

2.1. Kompozit Kolonlar

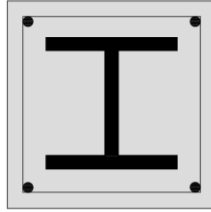
Çelik ve beton elemanlardan oluşan kompozit elemanlar, çelik-beton kompozit kolonlar olarak adlandırılabilir. İki çeşit kompozit kolon vardır; çelik gömme kompozit kolonlar ve beton dolgulu kompozit kolonlar.

2.1.1. Çelik gömme kompozit kolonlar

Çelik gömme kompozit kolonlar iki kısma ayrılır:

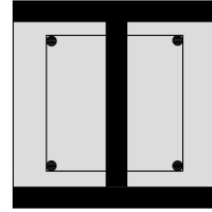
- Tam Çelik Gömme Kompozit Kolonlar; Betona gömülü yapısal çelik elemanlar ile teşkil edilmiş kompozit kolonlar (Şekil 2.2(a)).
- Kısmen Çelik Gömme Kompozit Kolonlar; Gövde boşlukları betonla doldurulan yapısal çelik kesitlerle teşkil edilen yarı gömme kompozit kolonlar (Şekil 2.2(b)).

a)



TAM ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLON

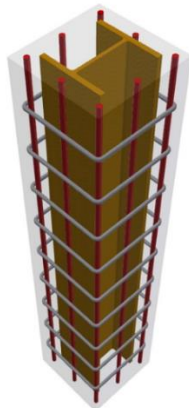
b)



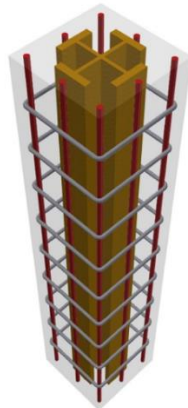
KISMEN ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLON

Şekil 2.2. Tam ve kısmen çelik gömme kompozit kesitler

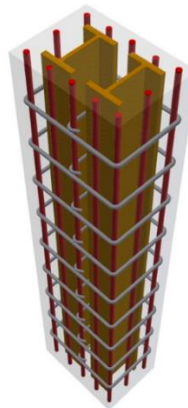
Çelik gömme kompozit kolon çeşitlerine örnekler Şekil 2.3.'te görülmektedir (Lai B ve ark, 2020) [16].



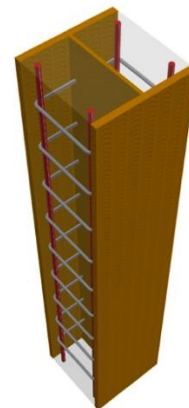
H ÇELİK PROFİLİ



+ ÇELİK PROFİLİ



ÇİFT I ÇELİK PROFİLİ

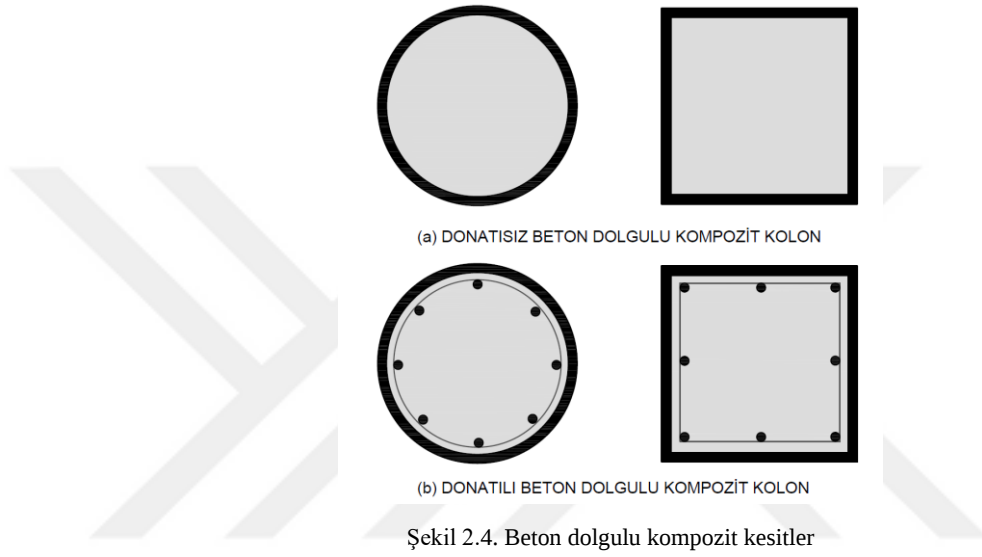


KISMEN ÇELİK GÖMME

Şekil 2.3. Çelik gömme kompozit kolon örnekleri (Lai B ve ark, 2020)

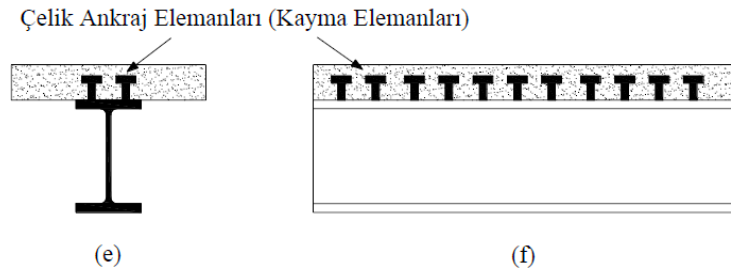
2.1.2. Beton dolgulu kompozit kolonlar

İçine beton doldurulan kapalı boru veya kutu çelik kesitlerle teşkil edilmiş kompozit kolonlar. Donatısız (Şekil 2.4(a).) veya donatılı (Şekil 2.4(b).) olarak tasarlanabilir.



2.2. Kompozit Kirişler

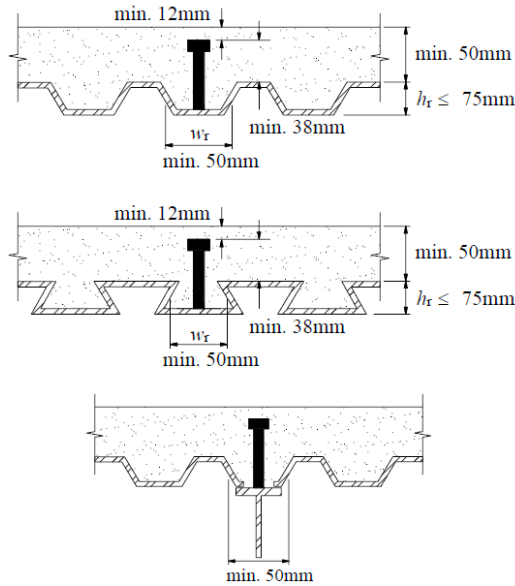
Kompozit kirişler, genel olarak çelik kirişlere tutturulmuş ve desteklenmiş betonarme döşemeden oluşan bir yapı elemanıdır (Şekil 2.5.). Kompozit kirişler, kendilerini oluşturan elemanların toplamından daha güçlüdür ve her iki malzemenin dayanım özelliklerinin uygun bir kombinasyonunu sergiler.



Şekil 2.5. Kompozit kiriş

(ÇYTHYE-2016) bölüm 12.4.2.3'e göre:

- Çelik sac hadve yüksekliği, h_r , en fazla 75mm olacaktır. Ortalama hadve genişliği, w_r , en az 50mm olacağı,
- Betonarme döşeme, çelik kiriş başlığına doğrudan veya şekil verilmiş çelik sac üzerinden kaynaklanan başlıklı çelik ankrajlar ile bağlanacaktır. Başlıklı çelik ankrajın kaynaklı bağlantısı sonrasında, çelik sacın hadve üst kotu üstünde kalan kısmı en az 38mm olacak ve beton döşeme üst kotu ile arasında en az 12 mm bulunacağı,
- Hadve üst kotu ile beton döşeme üst kotu arasında en az 50 mm olacağı belirtilmiş olup (Şekil 2.6.), bu çalışma kapsamında bu kurallara uyulmuştur.



Şekil 2.6. Şekil verilmiş çelik sac için konstrüktif esaslar

2.3. Kompozit Yapılarda Kolon-Kiriş Birleşim Detayları

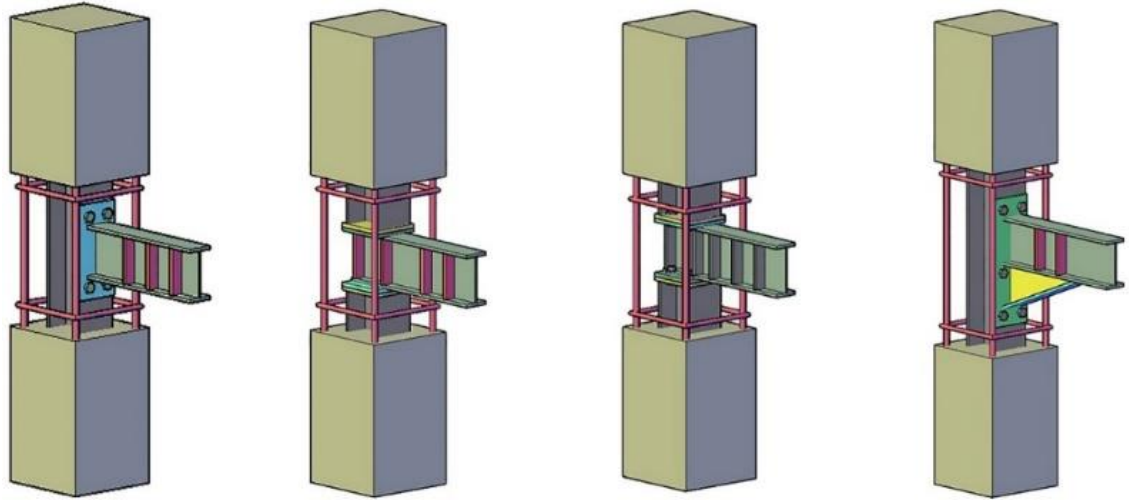
Çelik gömme ve beton dolgulu kompozit yapılarda kolon-kiriş birleşim detayları alt bölümlerde anlatılmıştır.

2.3.1. Çelik gömme kompozit kolon-kiriş birleşim detayları

Çelik gömme kompozit kolon, çelik ve betonarme kirişler ile birleşim detayları anlatılmıştır.

2.3.1.1. Çelik gömme kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi

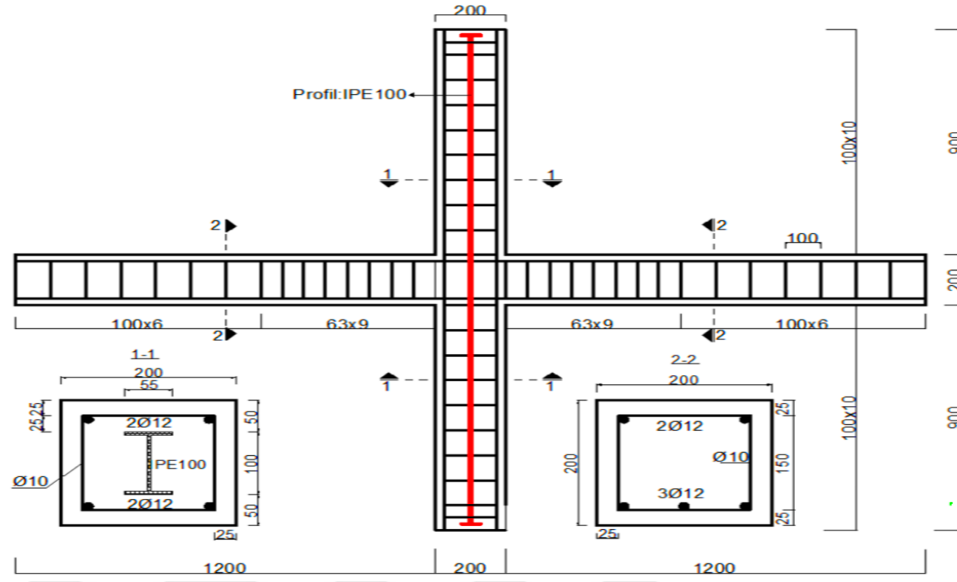
Çelik gömme kompozit kolon-çelik kiriş birleşimlerinde çelik kirişler direkt kolon betonu içinde gömülen çelik profillere bağlanır. Bazı örnek bileşim detayları Şekil 2.7.'de verilmiştir (Nasery M M ve ark., 2020) [17].



Şekil 2.7. Çelik gömme kompozit kolon-çelik kiriş örnek birleşim detayları (Nasery M M ve ark., 2020)

2.3.1.2. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimi

Betonarme yapıların kolonlarında kullanılacak çelik gömme kompozit kesit-betonarme kiriş birleşim detaylarına Şekil 2.8. (Şermet F ve ark, 2020) [18] ve Şekil 2.9.'da örnekler verilmiştir.



Şekil 2.8. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme kiriş örnek birleşim detayları (Şermet F ve ark., 2020)



Şekil 2.9. Çelik gömme kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimi (örnek)

2.3.2. Beton dolgulu kompozit kolon-kiriş birleşim detayları

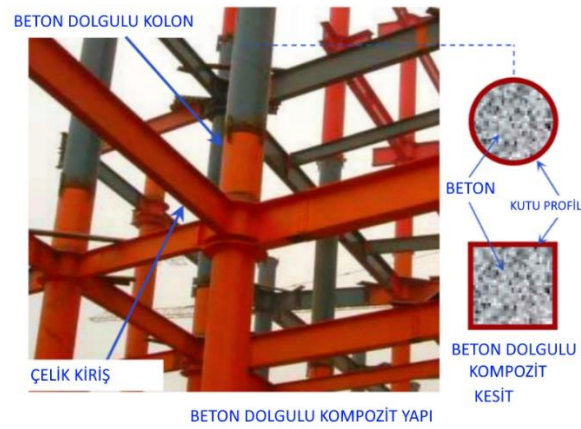
Beton dolgulu kompozit kolon-kiriş birleşimi, çelik yapılarda kolon olarak kutu ya da tüp profili kullanıldığında çelik kirişlerle nasıl bağlanıyorsa aynı şekilde bağlanır. Şekil 2.10., Şekil 2.11. ve Şekil 2.12.'de örnekler verilmiştir.



Şekil 2.10. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 1)



Şekil 2.11. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 2)



Şekil 2.12. Beton dolgulu kompozit kolon-çelik kiriş birleşimi (örnek 3)

2.4. Sınırlamalar

Kompozit elemanlarda malzeme sınırları ve tasarım sınırlamaları alt bölümlerde açıklanmıştır, bu çalışma kapsamında bu sınırlamalar dikkate alınmıştır.

2.4.1. Kompozit elemanlarda malzeme sınırları

(ÇYTHYE-2016) bölüm 12.2.3'e göre kompozit elemanları oluşturan beton, beton çeliği ve yapısal çelik dayanımları ile ilgili sınırlamalar aşağıda açıklanmıştır.

- Kompozit elemanların kapasitelerinin hesabında kullanılan karakteristik beton basınç dayanımı, f_{ck} , 20MPa ile 70MPa arasında olacaktır.
- Beton çeliğinin karakteristik akma gerilmesi, F_{ysr} , 500MPa ile sınırlıdır.
- Yapısal çelik elemanların karakteristik akma gerilmesi, F_y , 460MPa ile sınırlıdır.

2.4.2. Çelik gömme kompozit elemanlarda tasarım sınırlamaları

(ÇYTHYE-2016) bölüm 12.3.1.1 uyarınca çelik gömme kompozit elemanların aşağıdaki sınırları sağlaması gerekmektedir.

- Yapısal çelik çekirdeğin enkesit alanı, toplam kompozit enkesit alanının en az %1'i kadar olmalıdır.
- Kompozit kesitte boyuna ve enine donatı kullanılmalıdır. Enine donatı etriye veya spiral sargı şeklinde olabilir. Etriye kullanılması durumunda en az 10mm çapında etriyeler en fazla 300mm aralıkla, 12mm veya daha büyük çaplı etriyeler en fazla 400mm aralıkla teşkil edilmelidir. Etriye aralığı kompozit elemanın en küçük kenar uzunluğunun 0.5 katından daha fazla olamaz.
- Denk. (2.1) ile tanımlanan boyuna donatı oranı, ρ_{sr} 'nin minimum değeri 0.004 olacaktır.

$$\rho_{sr} = \frac{A_g}{A_{sr}} \geq 0.004 \quad (2.1)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_g : Kompozit elemanın toplam enkesit alanı.

A_{sr} : Boyuna donatı alanı.

2.4.3. Beton dolgulu kompozit elemanlarda tasarım sınırlamaları

(ÇYTHYE-2016) bölüm 12.3.2.1 uyarınca Beton dolgulu kompozit elemanların aşağıdaki sınırları sağlaması gerekmektedir.

- a. Yapısal çelik enkesit alanı, toplam kompozit enkesit alanının en az %1'i kadar olmalıdır.
- b. Beton dolgulu kompozit elemanlar yerel burkulma sınır durumu açısından madde 12.2.4'e uygun olarak sınıflandırılmalıdır.
- c. Kompozit enkesitte boyuna donatı kullanılması gerekli değildir. Boyuna donatı kullanılması halinde de dayanım hesapları açısından enine donatıya gerek olmamaktadır.

BÖLÜM 3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TASARIMI İÇİN GENEL ESASLAR

3.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bu çalışmada incelenen yapıların kullanım amacı işyeri olarak seçilmiş olup, TBDY 2018 Tablo 3.1.'den faydalanarak Bina Kullanım Sınıfı (BKS=3) ve Bina Önem Katsayısı (I=1) değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.1.).

Tablo 3.1. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

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

3.2. Deprem Tasarım Sınıfları

DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), TBDY 2018 Tablo 3.2.'den DTS=1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2.).

Tablo 3.2. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

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

3.3. Bina Yüksekliği ve Bina Yükseklik Sınıfları

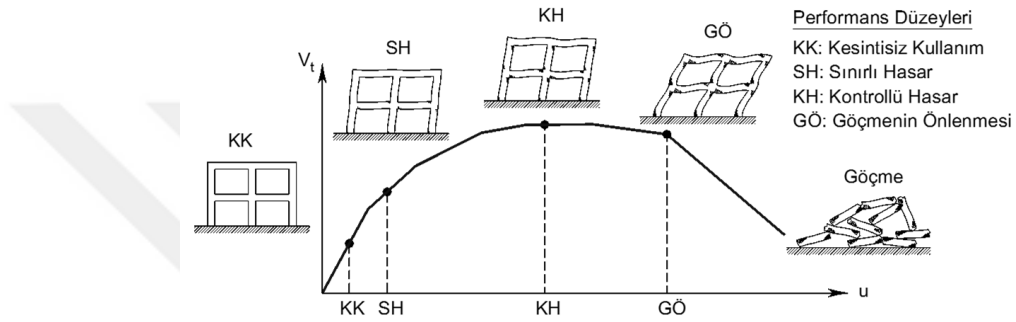
TBDY 2018 Tablo 3.3.'den Bina toplam yüksekliği 15 metre olan Bina Yükseklik Sınıfı (BYS=6) olarak belirlenmiştir (Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

3.4. Bina Performans Düzeyleri

Bina Performans Hedefleri'nin tanımına (Şekil 3.1.) esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4'te tanımlanmıştır.



Şekil 3.1. İç kuvvet-Şekil değiştirme ve bina hasar durumları

3.4.1. Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

3.4.2. Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.3. Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi

Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.4. Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

3.5. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları

Bina Performans Hedefleri TBDY-2018 Tablo 3.4.'den belirlenmiştir (Tablo 3.4.).

Tablo 3.4. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar

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

3.6. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

TBDY-2018 4.9.1'den (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi Δ_i , Denk. (3.1) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (3.1)$$

Tipik (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i^{(X)}$, Denk. (3.2) ile elde edilecektir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (3.2)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i ' inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk. (3.2) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}$, aşağıda (a) veya (b)'de verilen koşulları sağlayacaktır.

- a. Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (3.3)$$

- b. Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (3.4)$$

Denklemlerde yer alan λ katsayısı, binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hâkim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinin hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesi' nin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesi' ne oranıdır. Denklemlerde yer alan κ katsayısı ise betonarme binalarda $\kappa = 1$, çelik binalarda $\kappa = 0.5$ alınacaktır. Bu tez kapsamında; Bütün modellerde duvarlar ile kolon ve kirişler arasında esnek derzler yapıldığı varsayılmıştır.

BÖLÜM 4. DEPREM YÜKÜ DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ

Dayanıma Göre Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları TBKD-2018 4.7’de açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile ayrıntıları TBKD-2018 4.8’de açıklanan Modal Hesap Yöntemleridir.

4.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı

Deprem yüğü hesabında mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Mod Birleştirme Yönteminde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak göz önüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir.

Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütleleri toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Bu çalışmada, yapıların kütlesi TBKD-2018 Denk. (4.16) ile tanımlanmıştır, bu denklemde yer alan hareketli yük kütle katılım katsayısı (n) TBKD-2018 Tablo 4.3.’e göre işyeri olarak kullanılacak yapılar için ($n=0,30$) olarak belirlenmiştir.

TBKD 2018 Tablo 4.1.’den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web

Uygulaması aracıyla elde edilen Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu ile yatay spektrum değerleri kullanılarak spektrum grafiği oluşturulmuştur. TBDY 2018 Denklem 4.8 ile azaltılmış tasarım spektral ivme değerleri ($S_a(T)$) hesaplanmıştır.

TBDY 2018 4.4.3.2’de belirtildiği üzere düşey deprem etkisi TBDY 2018 Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

$$E_d(Z) = (2/3) S_{DS} G \quad (4.1)$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı’nı göstermektedir.

4.2. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

Herhangi bir (X) deprem doğrultusu için $V_{tx} < \gamma_E \cdot V_{tE}$ olması durumunda, uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, Denk. (4.2) ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülecektir.

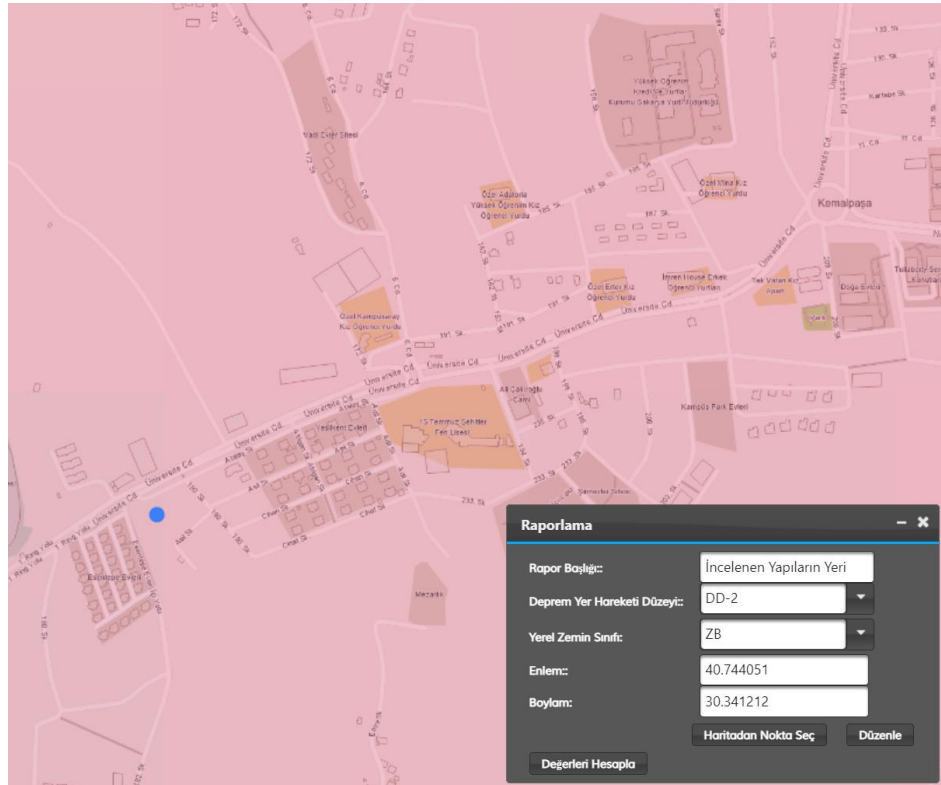
$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tX}^{(X)}} \geq 1 \quad (4.2)$$

Burada V_{tE} Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ne göre hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünü (taban kesme kuvvetini), V_{tx} ise mod birleştirme yöntemine göre x doğrultusunda elde edilen toplam deprem yükünü göstermektedir. γ_E çarpanı aşağıdaki şekilde alınacaktır:

- a. TBDY 2018 Tablo 3.6.'da tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\gamma_E = 0.90$ alınacaktır.
- b. TBDY 2018 Tablo 3.6.'da tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmaması durumunda $\gamma_E = 0.80$ alınacaktır.

4.3. Seçilen Zemin Sınıfı Özelliklerinin ve Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi

Tasarlanacak yapının yeri Sakarya ili, Serdivan ilçesi, Esentepe mahallesi, olarak düşünülmüştür (Şekil 4.1.). Deprem tasarım parametreleri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması" internet sitesinden elde edilmiştir. Yapının inşa edileceği alandaki yerel zemin sınıfının ZB olduğu varsayılmıştır. Seçilen zemin sınıfı özellikleri ve deprem parametreleri Şekil (4.2.)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanacak yapıların konumu

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	İncelenen Yapıların Yeri	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	40.744051°	
Boylam	30.341212°	

Çıktılar

$S_s = 1.692$ $S_1 = 0.463$ $PGA = 0.688$ $PGV = 58.895$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 4.2. Yapıların konumu ve Deprem Tasarım Parametreleri

Kısa periyot bölgesi ve 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1 Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.'den elde edilir.

Tablo 4.1. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı F_s

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

Tablo 4.2. 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı F_1

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

Yerel zemin sınıfı ZB ve $S_S = 1.692$ için $F_S = 0.900$

Yerel Zemin Sınıfı ZB ve $S_1 = 0.463$ için $F_1 = 0.800$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları Hesabı aşağıdaki denklemlerle yapılır:

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (4.3)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (4.4)$$

$$\rightarrow S_{DS} = 1.692 \times 0.900 = 1.523$$

$$\rightarrow S_{D1} = 0.463 \times 0.800 = 0.370$$

Tablo 4.3. Seçilen zemin sınıfı özellikleri ve deprem tasarım parametreleri

Yer	Sakarya/Serdivan
Enlem	40,744051
Boylam	30,341212
Deprem Yer Hareketi Sınıfı	DD2
Zemin Sınıfı	ZB
S_S	1,692
S_1	0,463
PGA	0,688
PGV	58,895
S_{D1}	0,37
S_{DS}	1,523
T_A	0,049 s
T_B	0,243 s
T_L	6 s
T_{AD}	0,016 s
T_{BD}	0,081 s
T_{LD}	3 s

Yatay elastik tasarım spektrumunun elde edilmesi:

Yatay elastik tasarım spektrumu aşağıdaki formüller ile elde edilir (Şekil 4.3.).

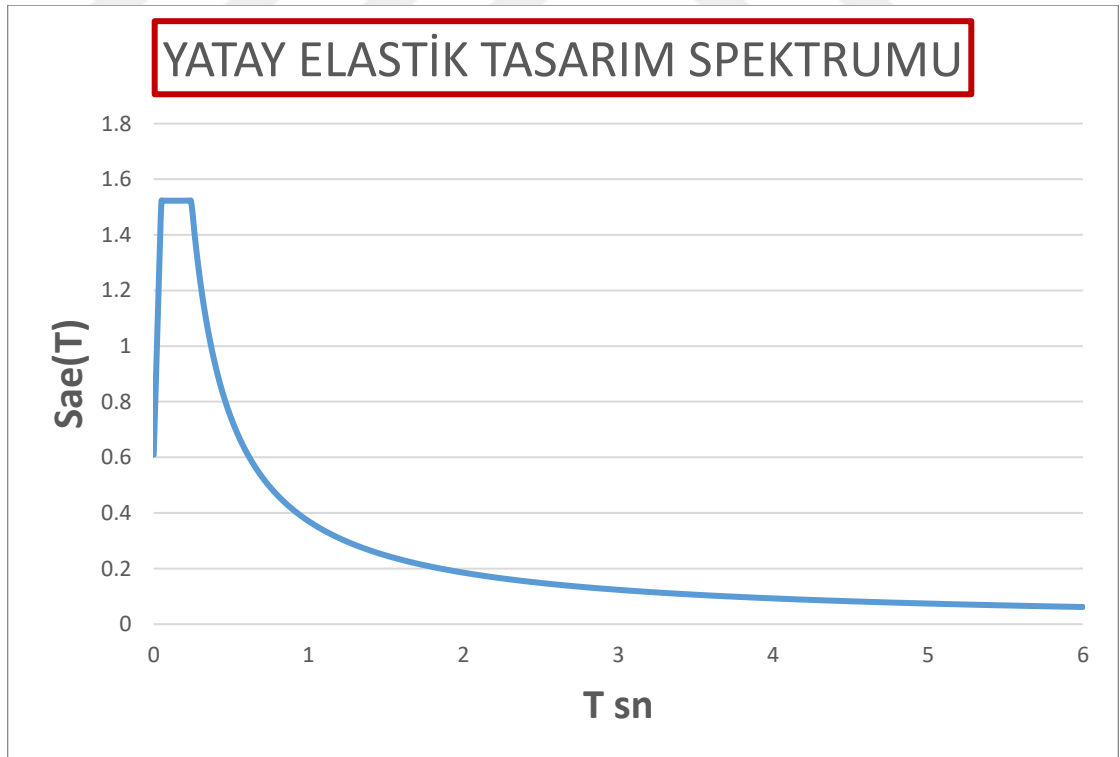
$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.5)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4.6)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (4.7)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (4.8)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6s \quad (4.9), (4.10)$$



Şekil 4.3. Yatay elastik tasarım spektrumu

Düşey elastik tasarım spektrumunun elde edilmesi:

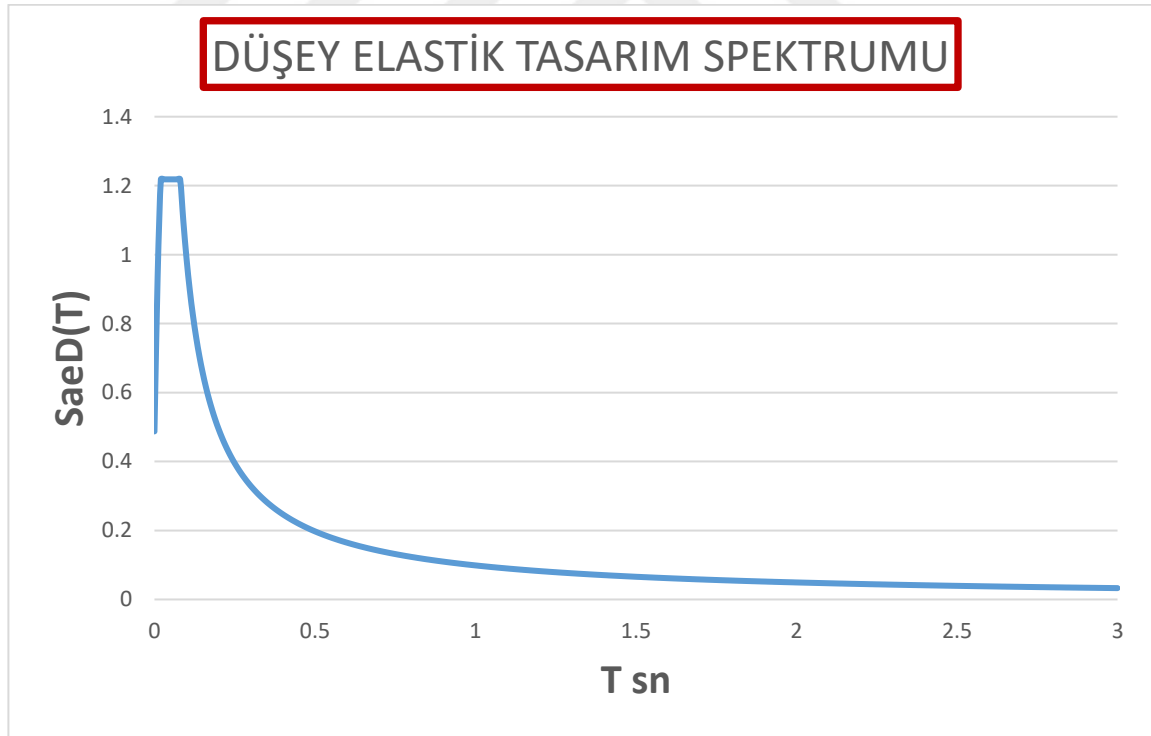
Düşey elastik tasarım spektrumu aşağıdaki formüller ile elde edilir (Şekil 4.4.).

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (4.11)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (4.12)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (4.13)$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad TL = 3s \quad (4.15), (4.16)$$



Şekil 4.4. Düşey elastik tasarım spektrumu

BÖLÜM 5. NONLİNEER İTME ANALİZİ YÖNTEMİ (PUSHOVER)

5.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçimi

5.1.1. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, ayrıntıları TBDY 2018 5.6'da açıklanan İtme Yöntemleri ile TBDY 5.7'de açıklanan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir.

5.1.2. Hesap yönteminin seçilmesi

Ayrıntıları TBDY 2018 5.6.2 ila TBDY 2018 5.6.5'de açıklanan Tek Modlu İtme Yöntemleri, Bina Yükseklik Sınıfı $BYS \geq 5$ olan ve aşağıdaki verilen koşulları sağlayan binalar için kullanılabilir. TBDY 2018 5.6.6'da tanımlanan Çok Modlu İtme Yöntemleri ise $BYS \geq 2$ olan tüm binalar için kullanılabilir.

Tasarlanan modellerin TBDY-2018 5.6.2.2 (a) ve (b)'de belirlenen şartları sağladığı için Tek Modlu İtme Yöntemi kullanılmıştır:

- a. Herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranış esas alınarak TBDY 2018 Bölüm 3, Tablo 3.5.'e göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı'nın $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir.
- b. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin

kütlesi'nin toplam bina kütesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Bu çalışmada, yapıların kütlesi TBDY-2018 Denk. (4.16) ile tanımlanmıştır, bu denklemde yer alan hareketli yük kütle katılım katsayısı (n) TBDY-2018 Tablo (4.3.)'göre işyeri olarak kullanılacak yapılar için ($n=0,30$) olarak belirlenmiştir.

5.2. İtme Analizi Yöntemi

Bir yapının doğrusal olmayan davranışı genellikle doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntem, lineer statik yöntemden farklı olarak, yapının rijitlik matrisi, uygulanan yüklere göre değiştiğinden, yüksek hesaplamalar gerektirir. Kuvvetlerin her adımda arttırılarak uygulandığı bir yöntemdir. Her adımda, her eleman içindeki iç gerilmeler kontrol edilir ve rijitlik matrisi buna göre değiştirilir. Bu yaklaşım, sınır durumuna ulaşılan kadar devam eder.

5.2.1. İtme analizi eğrisi

Doğrusal olmayan statik itme analizinin sonuçları, taban kesme kuvveti ve yer değiştirmesinin grafiği çizilerek sunulabilir. Bu eğri hem yapının yanal rijitliği hem de yapının sünekliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

5.2.1.1. Yanal rijitlik

Bir birim yer değiştirme elde etmek için gereken kuvvetin büyüklüğüne yanal rijitlik denir. Yanal rijitlik, yüksek yanal kuvvetlere maruz kalan binaların tasarımında en önemli parametrelerden biridir. Ancak, rijitliğin arttırılması, arzu edilmeyen bir gevrek performansa neden olabilir. Yapı mühendisliğinde rijitlik, binaların rijitliğini ifade eder. Rijitlik elastik bölgede sabittir. Bununla birlikte, bina itme analizi eğrisi plastik bölgesine yaklaştıkça yanal rijitlik önemli ölçüde azalır, yapının yanal rijitliği (K) Denklem (5.1)'e göre belirlenebilir.

$$K = F/d \quad (5.1)$$

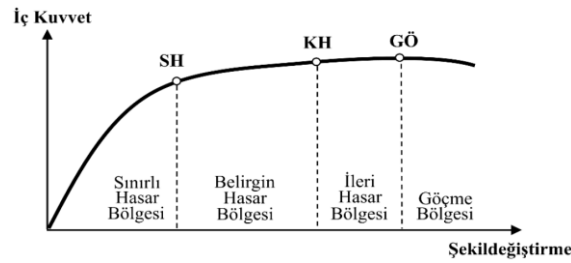
5.2.1.2. Süneklik

Süneklik, şiddetli yer hareketlerine maruz kalan binalar için önemli bir faktördür. Süneklik, rijitlik veya dayanımda önemli bir kayıp olmaksızın yapının büyük deformasyon yapma kapasitesidir. Süneklik, nihai yer değiştirme veya çökmeden hemen önceki yer değiştirmenin, ilk hasar veya akmadaki yer değiştirme değerine oranını ifade eder. Yer değiştirme süneklik faktörü (μ), Denklem (5.2)'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$\mu = \Delta_{max} / \Delta_y \quad (5.2)$$

5.3. Kesit Hasar Bölgeleri

TBDY-2018 15.3.2'e göre kritik kesitlerinin hasarı SH'ya ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ'yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 5.2.).



Şekil 5.1. Kesit hasar bölgeleri

5.4. Plastik Mafsalların Tanımlanması

Betonarme ve kompozit kolonlarda kesit hücresi (lif) modeli kullanılmıştır. Plastik davranış modeli tanımlamak için, Etabs programında mafsal tanımlama menüsünden

“Fiber P-M₂-M₃” mafsali tipi seçilerek tanımlanmıştır. Betonarme kirişlerin doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, mafsali tanımlama menüsünden “Moment M₃” tipi seçilmiştir. Plastik mafsali boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5h$).

TBDY-2018 5C.1’göre çelik kirişlerde ve kolonlarda (eğilme) şekil değiştirme sınırları akma dönmesi cinsinden hesaplanmıştır. Akma dönmelerinin hesabında çelik kirişler için TBDY-2018 Tablo (5C.1.), çelik kolonlar için ise Tablo (5C.2.) esas alınarak tanımlanmıştır.

5.5. Malzeme Dayanımları

TBDY 2018 5.4.1.5 (b)’e göre yeni yapılacak binaların şekil değiştirmeye göre değerlendirilme ve tasarımında beton ve donatı çeliği ile yapı çeliğinin Tablo 5.1.’de tanımlanan beklenen (ortalama) dayanımları esas alınacaktır. Tabloda f_{ce} ve f_{ck} betonun ortalama ve karakteristik basınç dayanımlarını, f_{ye} ve f_{yk} ise çeliğin ortalama ve karakteristik akma dayanımlarını göstermektedir.

Tablo 5.1. Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları

Beton	$f_{ce} = 1.3 f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye} = 1.2 f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye} = 1.5 f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye} = 1.3 f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$

5.6. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

TBDY 2018 5.4.5’ göre, betonarme kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin etkin kesit rijitlikleri Denk. (5.3)’e göre belirlenecektir.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \quad (5.3)$$

Burada M_y ve θ_y çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmeleri 'nin ortalamalarını göstermektedir. L_s ise kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı)'dır. Kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilir. Denk. (5.3)'de yer alan plastik mafsalsal akma dönmesi θ_y Denk. (5.4) ile hesaplanacaktır:

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (5.4)$$

Burada ϕ_y plastik mafsalsal kesitindeki etkin akma eğriliğini göstermektedir. Kiriş ve kolonlarda $\eta = 1$, perdelerde ise $\eta = 0.5$ alınacaktır. h kesit yüksekliğidir. Akma durumu için donatı sıyrılması dönmelerini ifade eden son terimde yer alan d_b mesnede (düğüm noktasına veya temele) kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_{ce} ve f_{ye} ise betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı ile donatının ortalama akma dayanımını göstermektedir.

Yönetmeliğin kompozit elemanlar için ayrı bir tanım verilmediğinden betonarme elemanlarda etkin kesit rijitliği hesabında verilen denklemler kullanılmıştır.

5.7. Betonarme Bina Elemanları İçin İzin Verilen Şekildeğiştirme Sınırları

TBDY-2018 5.8.1'e göre Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekil değiştirmeleri $\epsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$ için izin verilen sınırlar aşağıda tanımlanmıştır. Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısalması (Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde):

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04 \omega_{we} \leq 0.018 \quad (5.5)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntılardaki ilk terim sargısız betonun (kabuk betonu) birim kışalmasına karşı gelmektedir. ω_{we} etkin sargı donatısının mekanik donatı Oran'ını göstermektedir:

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh.min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (5.6)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Denk. (5.6)'de yer alan α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$ dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını, f_{ywe} enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını göstermektedir. α_{se} ve ρ_{sh} (5.7) bağıntısı ile hesaplanır

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (5.7)$$

Denk. (5.7)'de A_{sh} ve ρ_{sh} gözönüne alınan doğrultuda enine donatının alanını ve hacimsel oranını, b_k dik doğrultudaki çekirdek boyutunu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık), s enine donatı aralığını, b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını, a_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirmesi:

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4 \varepsilon_{su} \quad (5.8)$$

Burada ε_{su} çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, betonarme bina elemanlarında yığılı plastik

davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır, kesite etkiyen aksinel kuvvet ve TBDY 2018 (EK 5A)'da verilen beton ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak yapılacak eğrilik analizi sonucunda Denk. (5.9) ile hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left((\phi_u - \phi_y) L_P \left(1 - 0.5 \frac{L_P}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right) \quad (5.9)$$

Burada ϕ_u , beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirmeleri ile TBDY 2018 (EK 5A)'da verilen beton ve donatı çeliği modellerinden yararlanılarak ve kesite etkiyen aksinel kuvvet dikkate alınarak yapılan analizden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliğini göstermektedir. Denk. (5.9)'daki son terim, akma sonrası (göçme öncesine kadar) durum için akma uzaması penetrasyonuna bağlı donatı sıyrılması dönmesi 'ne karşı gelmektedir.

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları, Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için tanımlanan değerlere bağlı olarak Denk. (5.10)'de tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(G\ddot{O})} ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(G\ddot{O})} \quad (5.10a)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G\ddot{O})} \quad (5.10b)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ Denk. (5.11a)'da tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (5.11a)$$

TBDY-2018 5.4’de tanımlanan etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsall oluşumuna izin verilmeyecektir:

$$\theta_p^{(SH)}=0 \quad (5.11b)$$

5.8. Çelik Kiriş ve Kolonların Şekildeğiştirme Sınırları

TBDY-2018 5C.1’e göre, çelik kirişlerde ve kolonlarda (eğilme) şekil değıştirme sınırları akma dönmesi cinsinden hesaplanacaktır. Akma dönmelerinin hesabında, çelik kirişler Denk. (5.12) ve çelik kolonlar için Denk. (5.13)’te verilen bağıntılar kullanılacaktır.

Çelik Kirişler için Akma Dönmesinin Hesaplanması (bütün kesit türleri için):

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} l_b}{6EI_b} \quad (5.12)$$

Çelik Kolonlar için Akma Dönmesinin Hesaplanması (bütün kesit türleri için):

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} l_k}{6EI_k} \left(1 - \frac{P}{P_{ye}}\right) \quad (5.13)$$

bu bağıntılarda yer alan W_p çelik profilin plastik mukavemet momenti, F_{ye} çeliğin ortalama akma dayanımları, l_b kiriş boy, l_k kolon boyu, E elastisite modülü, I_b kiriş kesit eylemsizlik momenti, I_k kolon kesit eylemsizlik momenti, P maksimum plastik dönmenin durumunda çelik kesitte bulunan eksenel yük, P_{ye} çelik elemanın beklenen eksenel akma kuvveti.

Tablo 5.2.’de çelik kirişler için, Tablo 5.3.’te ise çelik kolonlar için izin verilen şekildeğiştirme sınırları, farklı performans düzeyleri için plastik dönme olarak verilmiştir. Çelik kirişlerde ve kolonlarda süneklik düzeyi TBDY 2018 Tablo 9.3.’te tanımlanan

enkesit koşulları dikkate alınarak belirlenecektir. $P / P_c > 0.50$ olan kolonlarda doğrusal olmayan şekil değiştirmelere izin verilmeyecektir.

Tablo 5.2. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları

Kiriş (Eğilme)	Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Süneklik Düzeyi Yüksek (Bkz.Tablo 9.3)	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı (Bkz.Tablo 9.3)	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$

Tablo 5.3. Çelik kolonlarda plastik dönme sınırları

Kolon (Eğilme)	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ
$P / P_c < 0.20$ (Bkz. Tablo 9.3)			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
$0.20 \leq P / P_c \leq 0.50$ (Bkz. Tablo 9.3)			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1.5 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$	$9 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$	$13.5 (1 - 1.66 P / P_c) \theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25\theta_y$	$0.7\theta_y$	$1\theta_y$
Kayma Bölgesi	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$12\theta_y$

5.9. İtme Analizi Yöntemi ile Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi

Geleneksel itme hesabında modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için yazılan Denk. (5.14)'ten elde edilir:

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \quad (5.14)$$

Bu bağıntıda yer alan $m_{tx1}^{(X,1)}$ taban kesme kuvveti modal etkin kütesidir.

Birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, itme hesabından herhangi bir i'inci katta x doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden

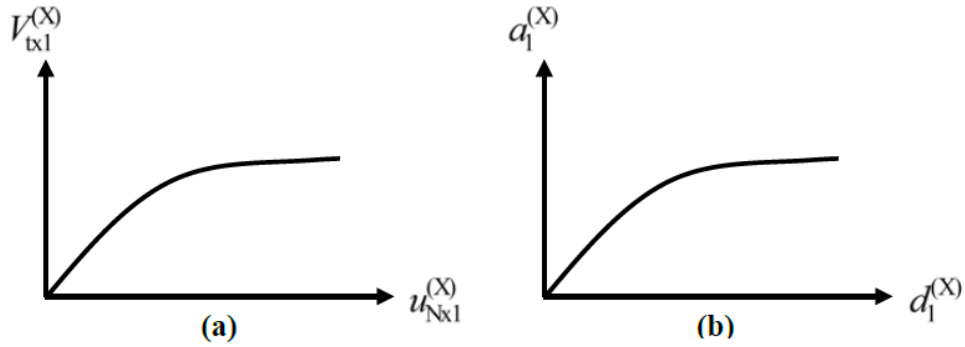
hesaplanabilir. Geleneksel itme hesabında bu amaçla N'inci kattaki tepe yer değiştirilmesinden yararlanılır:

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{NX1}^{(X,k)}}{\Phi_{NX1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (5.15)$$

Bu bağıntıda yer alan $\Phi_{NX1}^{(1)}$ N'inci katta birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'nin X doğrultusundaki genliği ve $\Gamma_1^{(X,1)}$ modal katkı çarpanı Denk. (5.16) ile hesaplanır:

$$\Gamma_1^{(X,1)} = \frac{L_{X1}}{M_1} \quad ; \quad L_{X1} = \sum m_i \Phi_{NX1}^{(1)} \quad , \quad M_1 = \sum m_i (\Phi_{NX1}^{(1)})^2 \quad (5.16)$$

Geleneksel itme hesabında önce taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi çizilir (Şekil 5.2a.) ve daha sonra bu eğrinin koordinatları Denk. (5.14) ve Denk. (5.15)'e göre dönüştürölerek modal tek serbestlik dereceli sistem'e ait modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı elde edilir (Şekil 5.2b.).



Şekil 5.2. İtme analizi eğrisi ve modal kapasite diyagramı

5.10. Depremın Modal Yerdeğıştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğıştirme Olarak Elde Edilmesi

Depremın modal yerdeğıştirme talebi'nin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında modal kapasite diyagramı tarafından temsil edilen modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğıştirmesi'nin hesabına karşı gelmektedir. Modal tek serbestlik dereceli sistemde en büyük yerdeğıştirme, doğrusal olmayan spektral yerdeğıştirme olarak tanımlanır:

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (5.17)$$

Burada $d_{1,max}$ modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğıştirmesi'ni, $S_{di}(T_1)$ ise taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen ve Denk. (5.18) ile tanımlanan doğrusal olmayan spektral yerdeğıştirme'yi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (5.18)$$

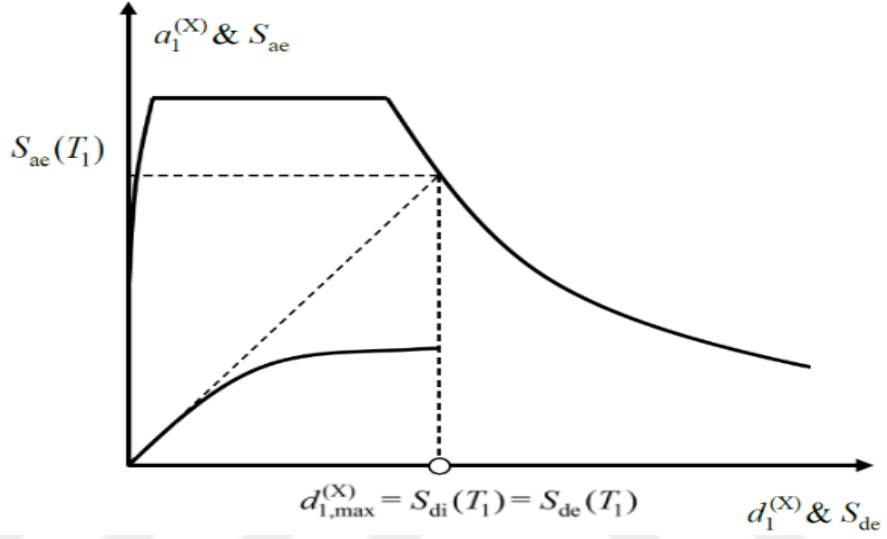
Denk. (5.18) tanımlanan spektral yerdeğıştirme oranı C_R Denk. (5.19)'e göre alınacaktır.

$$\begin{aligned} C_R &= 1 & T_1 > T_B \\ C_R &= \frac{1+(R_y-1)\frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 & T_1 \leq T_B \end{aligned} \quad (5.19)$$

Bu bağıntıda yer alan R_y akma dayanımı azaltma katsayısı, T_B yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu ve T_1 ise birinci moda ait doğal titreşim periyodu göstermektedir.

Birinci (hâkim) titreşim moduna ait ve koordinatları modal yerdeğıştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğıştirme–

spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilir (Şekil 5.3.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değiştirme istemi hesaplanır.



Şekil 5.3. Depremin Modal Yerdeğiştirme Talebinin hesabı

BÖLÜM 6. TAŞIYICI SİSTEMLERİN GENEL BİLGİLERİ

Aynı mimari projesine sahip 7 farklı bina modeli normal moment aktaran çerçeve olup Etabs bilgisayar programıyla modellenerek yapı elemanlarının boyutları belirlenmiştir. Bu modeller 3 gruba ayrılıp, her gruptaki modeller birbiriyle karşılaştırılmıştır. Modellerde kullanılan kesitlerin detayları (Tablo 6.1.)’de gösterilmiştir.

Kullanılan bina modelleri:

a. Birinci Grup bina modelleri:

1. Geleneksel betonarme yapı.
2. Çelik gömme kompozit kolonlu betonarme yapı (Betonarme taşıyıcı sisteminden farkı sadece kolonları kompozit olarak modellenmesi).

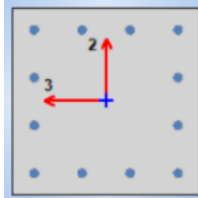
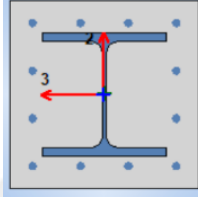
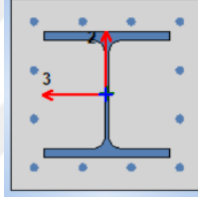
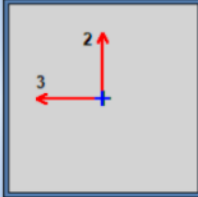
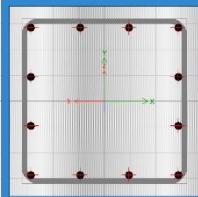
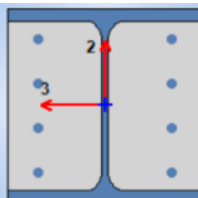
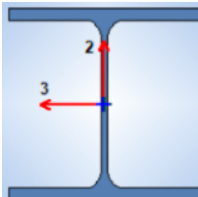
b. İkinci Grup bina modelleri:

1. Çelik gömme kompozit yapı.
2. Donatısız beton dolgulu kompozit yapı.
3. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı.

c. Üçüncü Grup bina modelleri:

1. Kısmen çelik gömme kompozit yapı.
2. Çelik yapı.

Tablo 6.1. Taşıyıcı sistemlerin kolon ve kiriş bilgileri

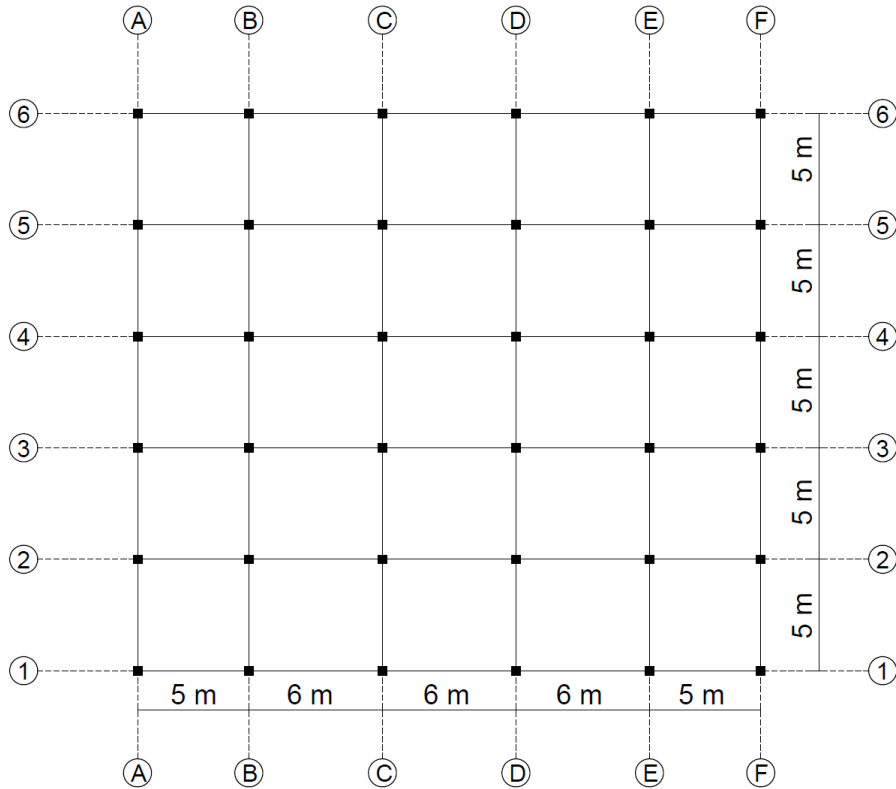
Grup No	Model No	Kolon Tipi		Kiriş	Kullanılan Malzeme
Grup 1	Model 1	Betonarme (400x400) mm 12Φ16		Betonarme: (300x500) mm	C30 B420C
	Model 2	Çelik Gömme (400x400) mm 12Φ16 HE260B		Betonarme: (300x500) mm	C30 B420C S275
Grup 2	Model 3	Çelik Gömme (400x400) mm 12Φ16 HE260B		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275
	Model 4	Donatısız Beton Dolgulu (400x400) mm t=15 mm		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 S275
	Model 5	Donatılı Beton Dolgulu (400x400) mm t=15 mm 12Φ14		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275
Grup 3	Model 6	Kısmen Çelik Gömme (300x300) mm HE300B 8Φ14		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275
	Model 7	Çelik HE300B		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	S275

Analizi yapılan yapılara ait sistem bilgileri Tablo (6.2.)’de verilmiştir.

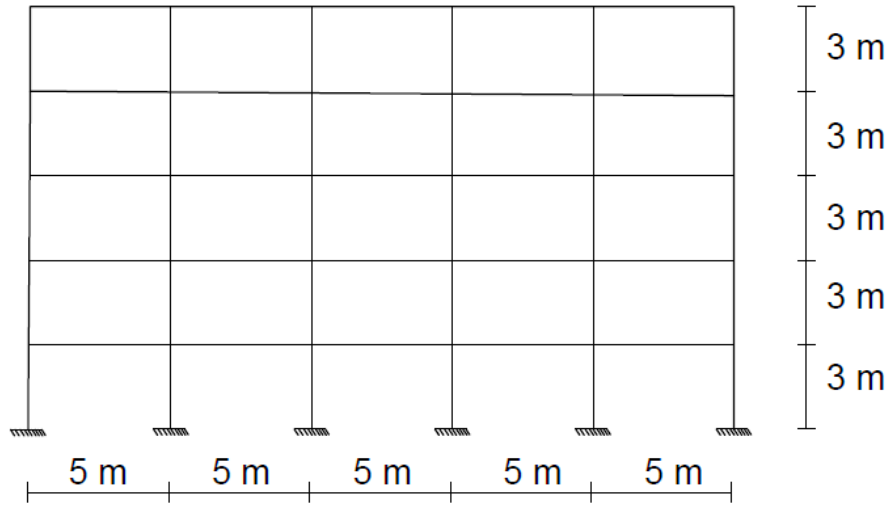
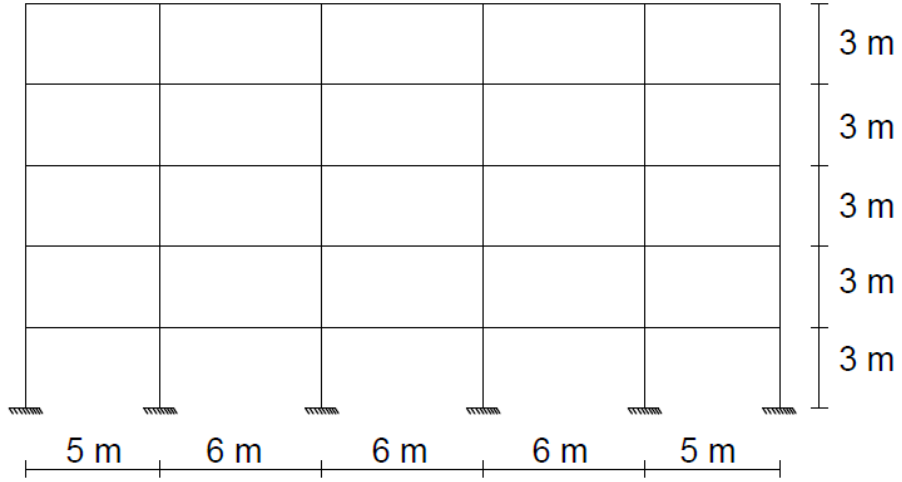
Tablo 6.2. Sistemlerin genel bilgileri

Genel Bilgiler		
Bina Türü	İşyeri	
Bina Kat Adedi	5	
Kat Yüksekliği	3 m	
Bina Kullanım Sınıfı	3	
Bina Önem Katsayısı (I)	1	
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1	
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6	
TBDY 2018 performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları	Normal performans hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
	KH	DGT

Binaların tasarımı ve boyutlandırması TDBY 2018 ve ÇYTHYDE’e göre yapılmıştır. Seçilen mimari yapı modeli simetrik olup, boyutları 25x28 m, X ve Y yönlerdeki açıklık sayısı 5 olarak seçilmiştir, incelenen yapıların kat plan kesiti (Şekil 6.1.)’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Normal kat plan kesiti



Tanımlanan Yükler:

- Sabit yük G : Bina Elemanlarının Kendi Ağırlığı + 1.6 KN/m^2 Kaplama ağırlığı
- Hareketli yük Q : 2 KN/m^2
- Duvar yükü: 3.5 KN/m

Kullanılan Malzeme Özellikleri:

- a. Beton sınıfı: C30
- b. Beton çeliği sınıfı: B420C
- c. Çelik sınıfı: S275

6.1.Tanımlanan Yük Kombinasyonları

Yük kombinasyonları TBDY 2018 ve ÇYTHYDE yönetmeliklerine göre belirlenmiştir. Betonarme taşıyıcı modeller için tanımlanan yük kombinasyonları Tablo 6.3.'te, çelik taşıyıcı modeller için tanımlanan yük kombinasyonları ise Tablo 6.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 6.3. Betonarme taşıyıcı modeller için yük kombinasyonları

1.4G+1.6Q	
0.9G+Ex-0.3Ey-0.3Ez	G+Q+Ex-0.3Ey+0.3Ez
0.9G+Ex+0.3Ey-0.3Ez	G+Q+Ex+0.3Ey+0.3Ez
0.9G+Ey-0.3Ex-0.3Ez	G+Q+Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G+Ey+0.3Ex-0.3Ez	G+Q+Ey+0.3Ex+0.3Ez
0.9G-Ex-0.3Ey-0.3Ez	G+Q-Ex-0.3Ey+0.3Ez
0.9G-Ex+0.3Ey-0.3Ez	G+Q-Ex+0.3Ey+0.3Ez
0.9G-Ey-0.3Ex-0.3Ez	G+Q-Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G-Ey+0.3Ex-0.3Ez	G+Q-Ey+0.3Ex+0.3Ez

Tablo 6.4. Çelik taşıyıcı modeller için yük kombinasyonları

1.2G+1.6Q	
0.9G+Ex-0.3Ey-0.3Ez	1.2G+Q+Ex-0.3Ey+0.3Ez
0.9G+Ex+0.3Ey-0.3Ez	1.2G+Q+Ex+0.3Ey+0.3Ez
0.9G+Ey-0.3Ex-0.3Ez	1.2G+Q+Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G+Ey+0.3Ex-0.3Ez	1.2G+Q+Ey+0.3Ex+0.3Ez
0.9G-Ex-0.3Ey-0.3Ez	1.2G+Q-Ex-0.3Ey+0.3Ez
0.9G-Ex+0.3Ey-0.3Ez	1.2G+Q-Ex+0.3Ey+0.3Ez
0.9G-Ey-0.3Ex-0.3Ez	1.2G+Q-Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G-Ey+0.3Ex-0.3Ez	1.2G+Q-Ey+0.3Ex+0.3Ez

BÖLÜM 7. BİRİNCİ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ

7.1. Birinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi

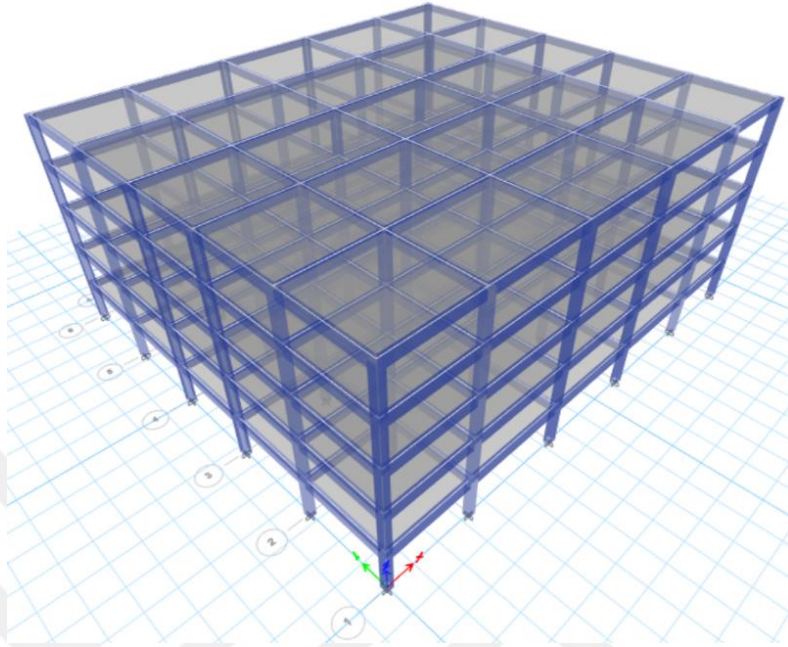
Birinci gruptaki Modellerin (Model 1 ve Model 2), modellenmesi ve mod birleştirme yöntemi ile yapılan lineer analizi ve lineer analizinin sonuçları alt bölümlerde gösterilmiştir.

7.1.1. Model 1 taşıyıcı sistemin modellenmesi

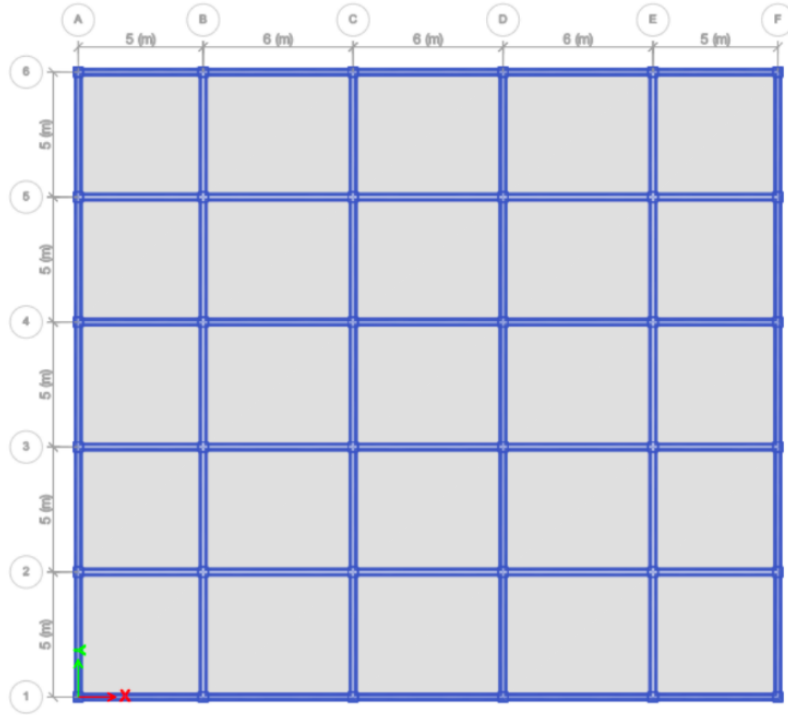
Bina taşıyıcı sistem; normal betonarme yapı olup, kolonları (40x40) cm, kirişleri (30x50) cm ve döşeme kalınlığı 15 cm'dir (Tablo 7.1.). Model 1'in 3 boyutlu görünüşü Şekil (7.1.) ve kesit kat planı Şekil (7.2.)'de gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Model 1 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi	Kiriş	Döşeme Kalınlığı	Kullanılan Malzeme
(400x400) mm 12Φ16	(300x500) mm	15 cm	C30 B420C



Şekil 7.1. Model 1 3D görünüşü



Şekil 7.2. Model 1 kat kesit planı

7.1.1.1. Deprem yükü hesabı

TBDY 2018, Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında: $R=8$ $D=3$ olarak belirlenmiştir.

DGT yaklaşımına göre betonarme elemanların kesit özelliklerinin modellenmesinde etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmıştır. Betonarme elemanlar için TBDY 2018 Tablo 4.2.'den alınan katsayılar kullanılmıştır.

7.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TBDY-2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} < \gamma_E * V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülmüştür Tablo (7.2.).

Tablo 7.2. Model 1 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E	β_{tE}
X	1993,86	1422,97	0,8	1,121
Y	2018,06	1451,39	0,8	1,112

7.1.1.3. Sonuçlar

Betonarme yapı (Model 1)'e ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

7.1.1.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre betonarme yapıya ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0,765 sn ve Y yönünde ise 0,751 sn olarak elde edilmiştir.

7.1.1.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Betonarme yapı (Model 1)'de, mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (7.3.)'te verilmiştir.

Tablo 7.3. Model 1 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	631,87	632,66
4	958,16	967,87
3	1191,18	1205,85
2	1391,49	1409,89
1	1595,15	1613,94

7.1.1.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

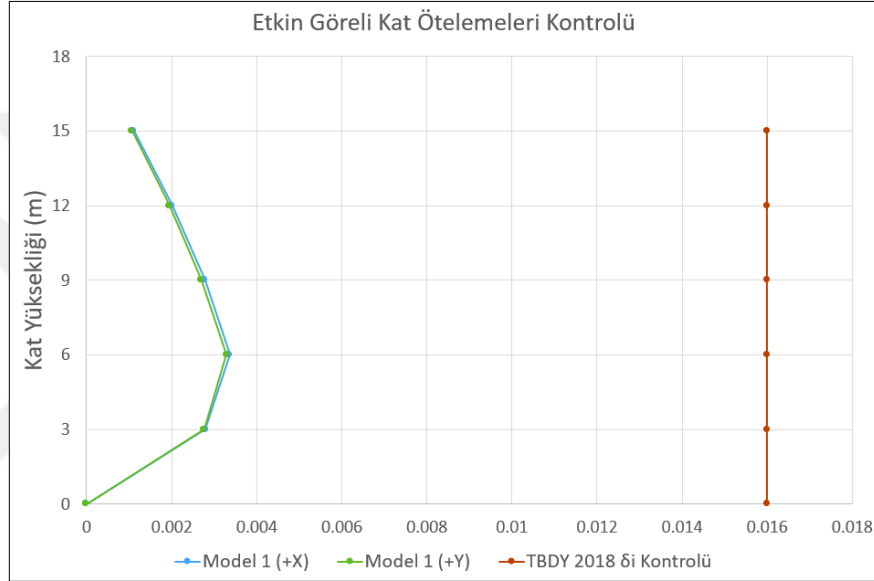
Betonarme yapı (Model 1)'e ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (7.4.) ve Tablo (7.5.)'te verilmiştir. Etkin göreceli kat ötelemeleri kontrolü Şekil (7.3.)'te gösterilmiştir.

Tablo 7.4. Model 1 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=1$	
5	3000	12,682	1,167	9,336	0,001110984	0,016	✓
4	3000	11,515	2,117	16,936	0,002015384	0,016	✓
3	3000	9,398	2,923	23,384	0,002782696	0,016	✓
2	3000	6,475	3,541	28,328	0,003371032	0,016	✓
1	3000	2,934	2,934	23,472	0,002793168	0,016	✓

Tablo 7.5. Model 1 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	ΔiY (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=1$)	
5	3000	12,383	1,122	8,976	0,00106814	0,016	✓
4	3000	11,261	2,053	16,424	0,00195446	0,016	✓
3	3000	9,208	2,843	22,744	0,00270654	0,016	✓
2	3000	6,365	3,457	27,656	0,00329106	0,016	✓
1	3000	2,908	2,908	23,264	0,00276842	0,016	✓



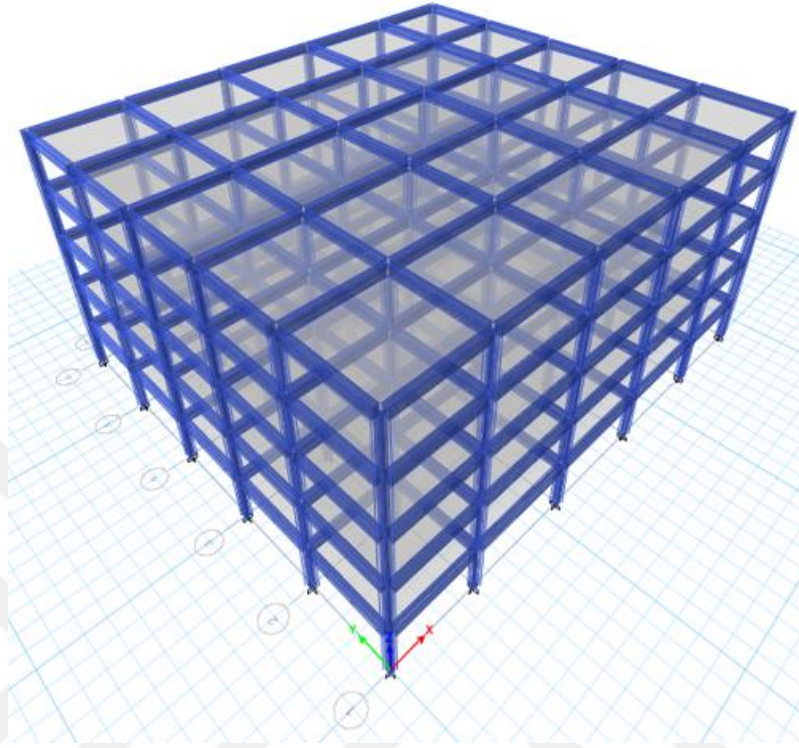
Şekil 7.3. Model 1 etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

7.1.2. Model 2 taşıyıcı sistemin modellenmesi

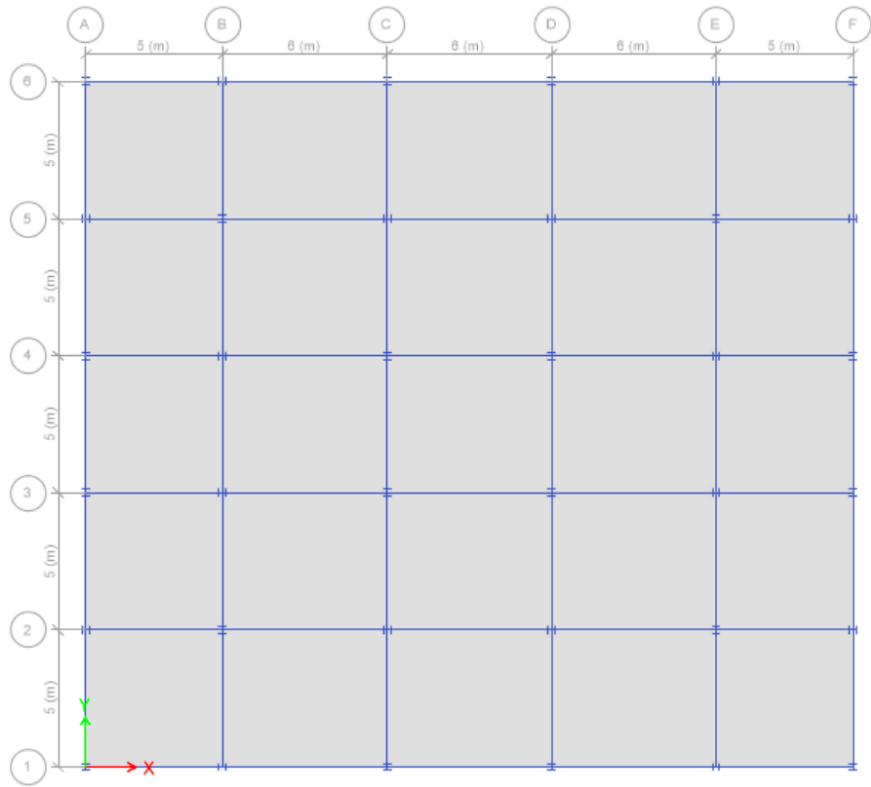
Model 2'nin, betonarme taşıyıcı sisteminden farkı sadece kolonları kompozit olarak modellenmesi. Kolonları, kirişleri ve döşeme kalınlığı Tablo (7.6.)'da gösterilmiştir. Model 2'nin 3 boyutlu görünüşü Şekil (7.4.)'te ve kat kesit planı Şekil (7.5.)'te gösterilmiştir.

Tablo 7.6. Model 2 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi	Kiriş	Döşeme Kalınlığı	Kullanılan Malzeme
Çelik Gömme (400x400) mm 12 Φ 16 HE260B	(300x500) mm	15 cm	C30 B420C S275



Şekil 7.4. Model 2 3D görünüşü



Şekil 7.5. Model 2 kat kesit planı

7.1.2.1. Deprem yükü hesabı

TBDY-2018 Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$ $D=3$ olarak belirlenmiştir.

DGT yaklaşımına göre kiriş betonarme elemanların kesit özelliklerinin modellenmesinde etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmıştır. Kompozit kolonlarda ise doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere ÇYTHYE-2016 6.2.3 ve 12.2.5(d)'e göre eksenel ve kayma rijitlikleri 0.8, eğilme rijitlikleri ise 0.64 katsayısı ile çarpılarak azaltılmıştır.

7.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TDBY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} < \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülmüştür (Tablo 7.7.).

Tablo 7.7. Model 2 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E	β_{tE}
X	2106,71	1619,74	0,8	1,041
Y	2157,23	1650,29	0,8	1,046

7.1.2.3. Sonuçlar

Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

7.1.2.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'e ait 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0.726 sn ve Y yönünde ise 0.709 sn olarak elde edilmiştir.

7.1.2.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'de mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (7.8.)'de verilmiştir.

Tablo 7.8. Model 2 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	688,82	701,93
4	1019,88	1044,91
3	1252,84	1282,77
2	1463,48	1499,31
1	1685,34	1725,71

7.1.2.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

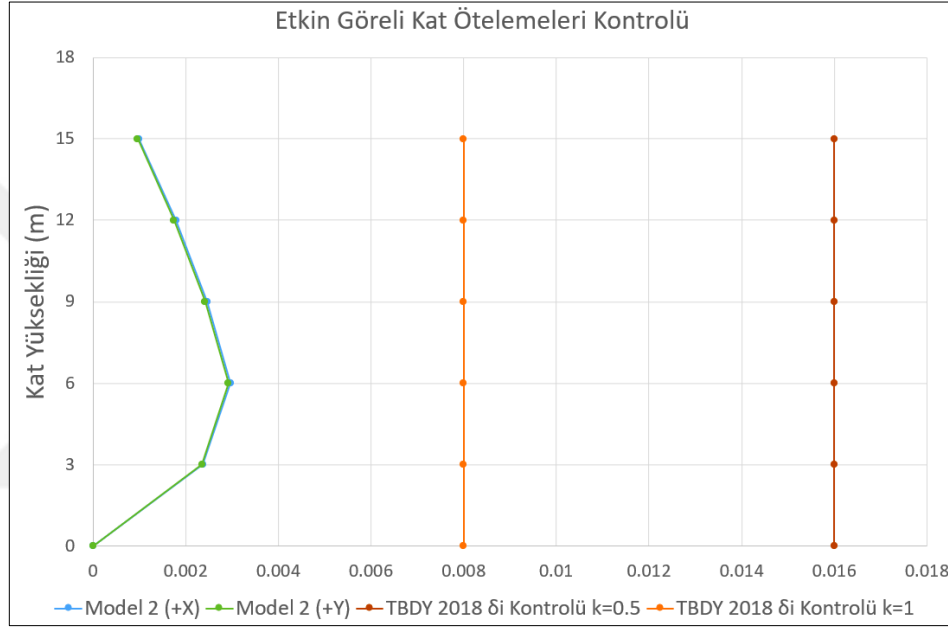
Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'e ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (7.9.) ve Tablo (7.10.)'da verilmiştir. Etkin görelî kat kontrolü hesaplamalarında κ katsayısı, hem betonarme yapılarda kullanılan değer 1, hem de çelik yapılarda değer 0.5 alınarak kontrol edilmiştir (Şekil 7.6.).

Tablo 7.9. Model 2 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016 κ $\kappa=0.5$	0.016 κ $\kappa=1$	
5	3000	11,122	1,041	8,328	0,000991032	0,008	0,016	✓
4	3000	10,081	1,879	15,032	0,001788808	0,008	0,016	✓
3	3000	8,202	2,594	20,752	0,002469488	0,008	0,016	✓
2	3000	5,608	3,121	24,968	0,002971192	0,008	0,016	✓
1	3000	2,487	2,487	19,896	0,002367624	0,008	0,016	✓

Tablo 7.10. Model 2 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δ_{iy} (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=0.5$	0.016κ $\kappa=1$	
5	3000	10,934	1,011	8,088	0,000962472	0,008	0,016	✓
4	3000	9,923	1,837	14,696	0,001748824	0,008	0,016	✓
3	3000	8,086	2,544	20,352	0,002421888	0,008	0,016	✓
2	3000	5,542	3,071	24,568	0,002923592	0,008	0,016	✓
1	3000	2,471	2,471	19,768	0,002352392	0,008	0,016	✓



Şekil 7.6. Model 2 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

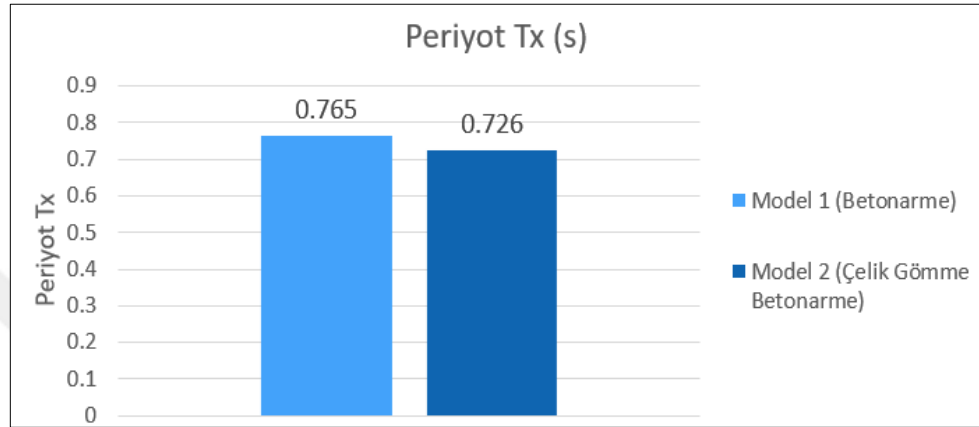
7.1.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması

Birinci gruptaki Modellerin (Model 1 ve Model 2), periyotları, kat kesme kuvvetleri ve kat ötelemeleri karşılaştırılması alt bölümlerde yapılmıştır.

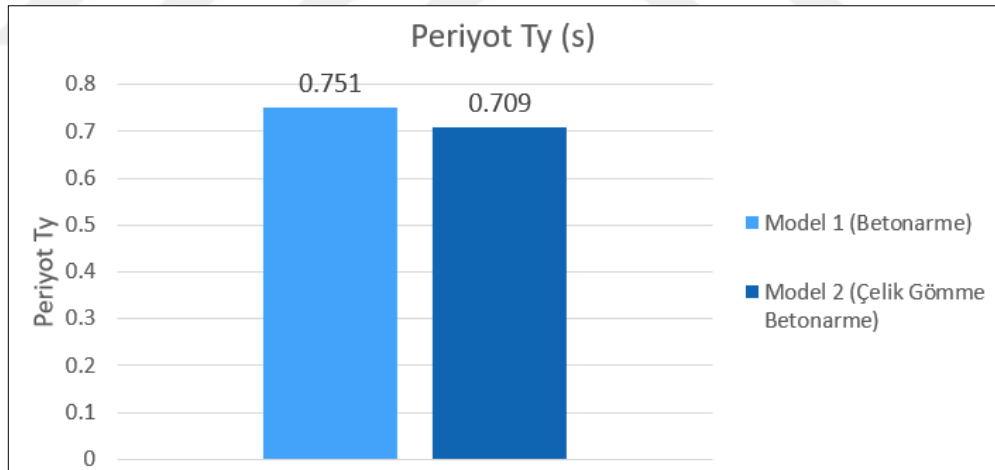
7.1.3.1. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırılması

Betonarme yapının kolonlarında yapısal çelik profili kullanıldığı zaman, yani kolonları kompozit olarak modellendiğinde, hem (+X) hem de (+Y) yönünde yapının periyotları geleneksel betonarme yapıya göre azalmıştır (Şekil 7.7. ve Şekil 7.8.). Model 1’de (+X)

ve (+Y) yönlerinde periyotlar sırayla 0,765 sn ve 0,751 sn iken, Model 2’de (+X) yönünde 0,726 sn ve (+Y) yönünde 0,709 sn olarak hesaplanmıştır. Periyotlar (+X) yönünde %5,1 ve (+Y) yönünde %5,6 olarak azalmıştır.



Şekil 7.7. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri



Şekil 7.8. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri

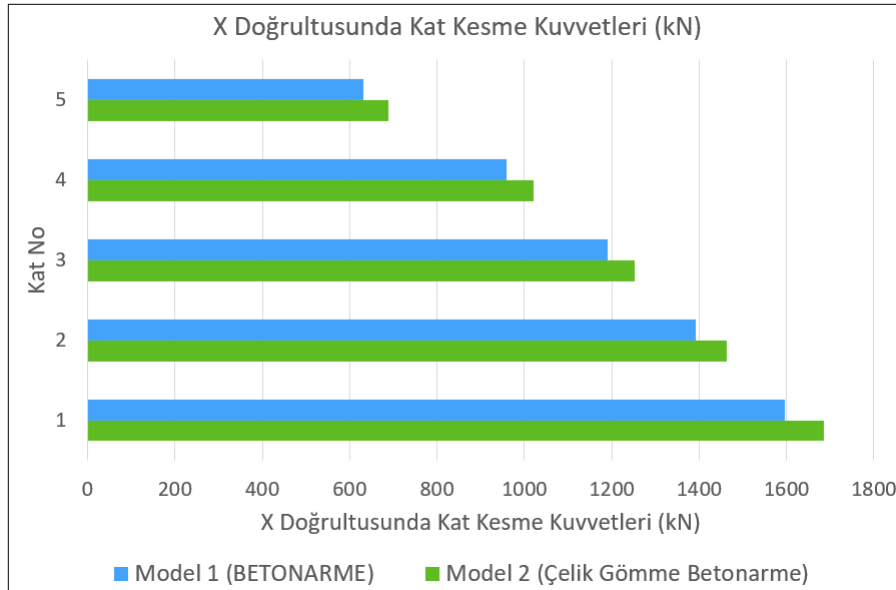
7.1.3.2. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Betonarme (Model 1) ve çelik gömme kompozit (Model 2) yapılara ait (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri Tablo (7.11.)’de verilmiştir.

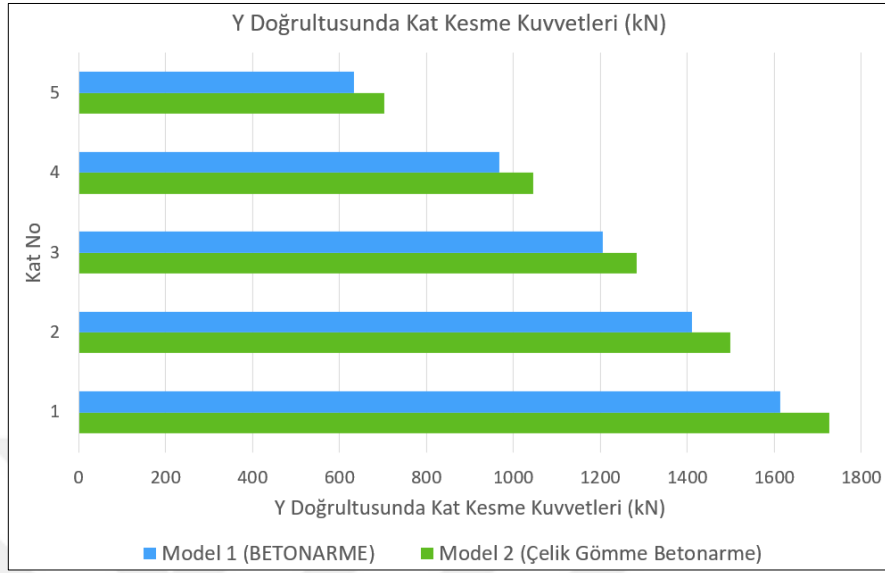
Tablo 7.11. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri

Kat No	Betonarme Yapı (Model 1)		Çelik Gömme Kompozit Yapı (Model 2)	
	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	631,87	632,66	688,82	701,93
4	958,16	967,87	1019,88	1044,91
3	1191,18	1205,85	1252,84	1282,77
2	1391,49	1409,89	1463,48	1499,31
1	1595,15	1613,94	1685,34	1725,71

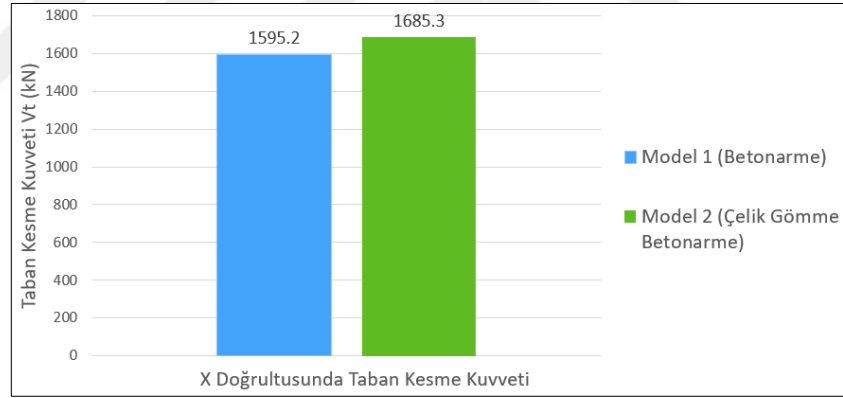
Model 1’de ağırlık 32950 kN iken, Model 2’de 33284 kN olarak bulunmuştur. Model 2’nin Model 1’e göre ağırlığı yaklaşık %1.01 arttığından ve daha az periyot değerlerine sahip olduğundan, hem (+X) (Şekil 7.9.) hem de (+Y) (Şekil 7.10.) doğrultularında daha büyük kat kesme kuvvetleri meydana gelmiştir. Model 1’de (+X) ve (+Y) yönlerinde taban kesme kuvvetleri sırayla 1595,2 kN ve 1613,9 kN, Model 2’de ise (+X) yönünde 1685,3 kN ve (+Y) yönünde 1725,7 kN olarak bulunmuştur. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2), betonarme yapı (Model 1)’e göre taban kesme kuvvetleri (+X) yönünde %5,6 (Şekil 7.11) ve (+Y) yönünde %6,9 (Şekil 7.12) olarak artmıştır.



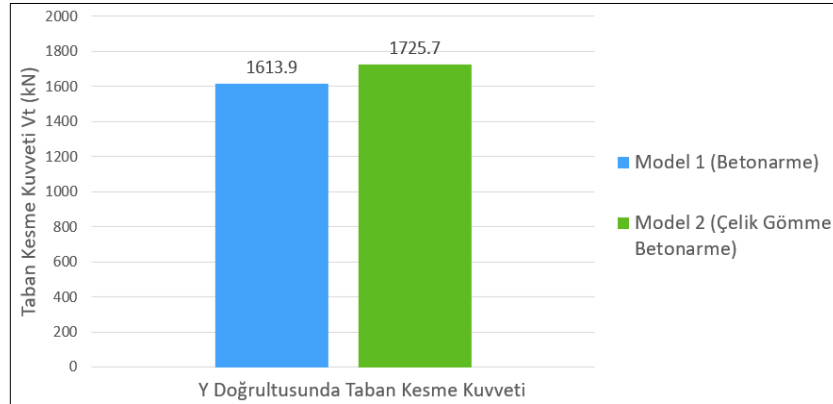
Şekil 7.9. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 7.10. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 7.11. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri



Şekil 7.12. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri

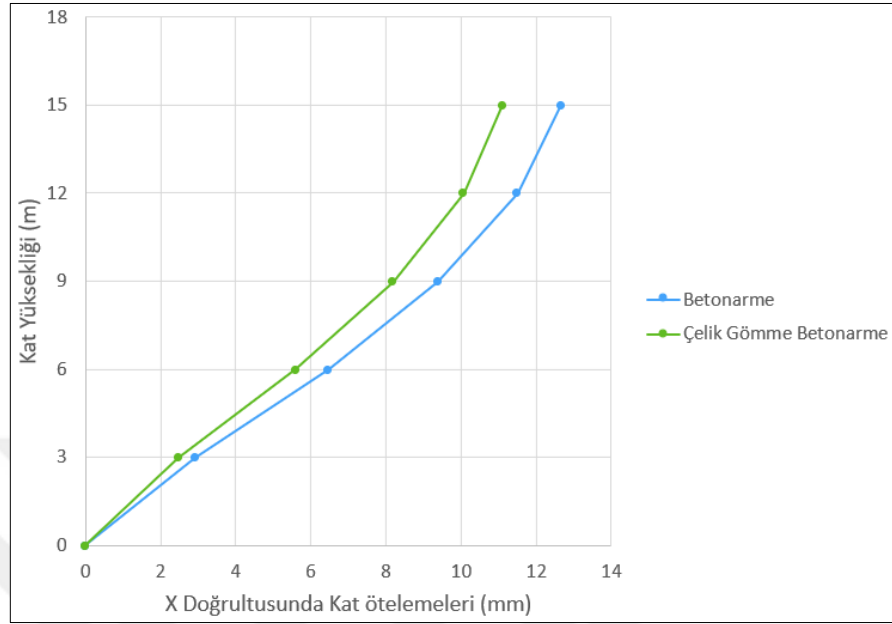
7.1.3.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Betonarme (Model 1) ve çelik gömme kompozit (Model 2) yapılara ait (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri Tablo (7.12.)’de verilmiştir.

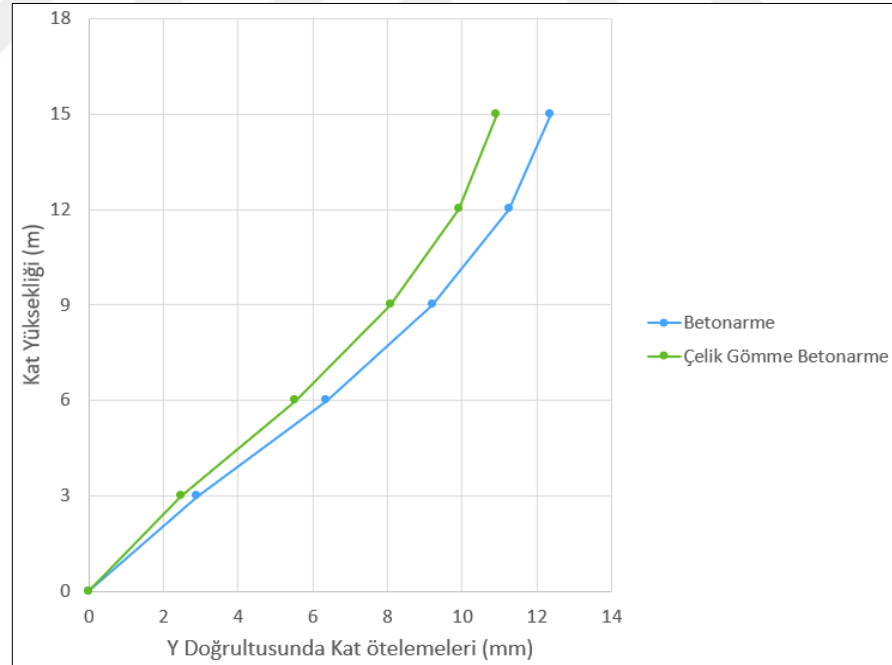
Tablo 7.12. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri

Kat No	Betonarme Yapı (Model 1)		Çelik Gömme Kompozit Yapı (Model 2)	
	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (mm)
5	12,682	12,383	11,122	10,934
4	11,515	11,261	10,081	9,923
3	9,398	9,208	8,202	8,086
2	6,475	6,365	5,608	5,542
1	2,934	2,908	2,487	2,471

Model 2’nin çelik gömme kompozit olarak modellenen kolonlarında çelik profiller kullanıldığı zaman, çelik profiller sünek davranış gösterdiğinden ve daha büyük yer değiştirmeler yaptığından, daha büyük deplasmanlar meydana geleceğini tahmin edilmiştir. Ancak, sonuçlara bakarsak Model 2’de daha büyük kat kesme kuvvetleri meydana geldiğine rağmen, Model 2’nin Model 1’e göre daha fazla rijitliğe sahip olduğundan, hem (+X) hem de (+Y) doğrultularında daha az kat ötelemeleri meydana gelmiştir (Şekil 7.13. ve Şekil 7.14.). Model 1’de (+X) ve (+Y) doğrultularında tepe noktasının deplasmanı sırayla 12,682 mm ve 12,383 mm iken, Model 2’de (+X) doğrultusunda 11,122 mm ve (+Y) doğrultusunda 10,934 mm olarak bulunmuştur. Yani çelik gömme kompozit yapı (Model 2), betonarme yapıya (Model 1) göre tepe noktasının deplasmanı (+X) doğrultusunda %12,3 ve (+Y) doğrultusunda %11,7 olarak azalmıştır.



Şekil 7.13. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri



Şekil 7.14. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri

7.2. Birinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi

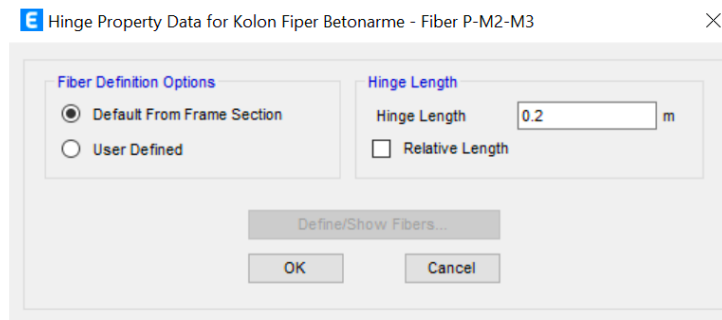
Birinci gruptaki Modellerin (Model 1 ve Model 2) lineer olmayan analizi alt bölümlerde açıklanmıştır.

7.2.1. Model 1 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

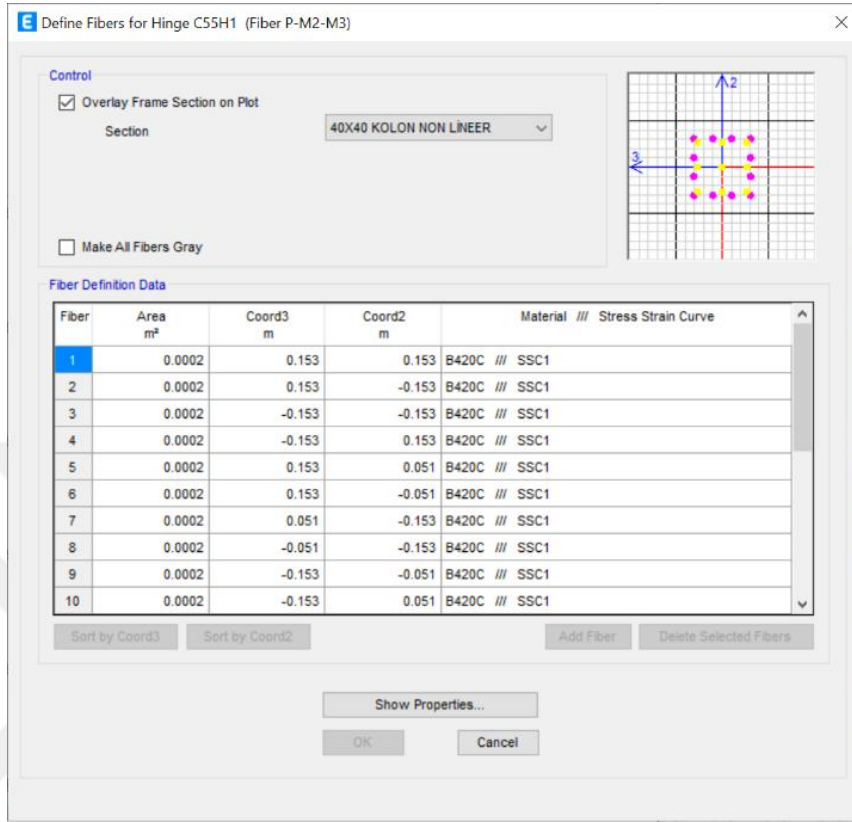
Betonarme yapının (Model 1) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

7.2.1.1. Model 1 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Betonarme yapının (Model 1), kolonlarının doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımı yapılmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsal tipi seçilmiştir. Mafsal tanımlarken plastik mafsal boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 7.15.). Plastik mafsal boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,4 = 0,2$ m olarak hesaplanmıştır.

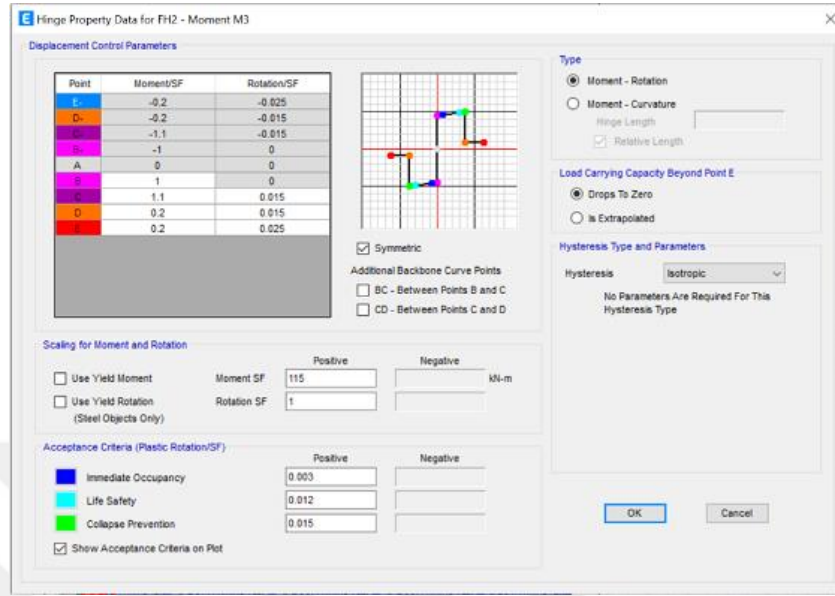


Şekil 7.15. Betonarme kolonun plastik mafsal boyunun tanımlanması



Şekil 7.16. Betonarme kolonun lif özellikleri

Betonarme yapının (Model 1), kirişlerinin doğrusal olmayan davranışı tanımlanmak için, kirişlerin uçlarında yığılı plastik davranış modeline göre plastik mafsallar tanımlanmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Moment M3) seçilmiştir. Mafsal tanımlarken akma momenti veri olarak girilmiştir (Şekil 7.17.).



Şekil 7.17. Betonarme kirişin mafsal özelliklerinin tanımlanması

7.2.1.2. Model 1 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Betonarme yapı (Model 1), taşıyıcı sisteminin elemanlarının etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (7.13.)'te belirlenmiştir. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (7.18.) ve Şekil (7.19.)'da gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır.

Tablo 7.13. Model 1 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	Kolon (40X40)	Kiriş (30X50) 6 m	K (30X50) 5 m
EI_e (kNm ²)	8976,91	9857,63	9227,09
M_y (kN.m)	206	115	115
L_s (m)	1,25	2,8	2,3
θ_v (rad)	0,009561563	0,010888354	0,009555198
ϕ_v (rad/m)	0,0127	0,008523	0,008523
η	1	1	1
h (m)	0,4	0,5	0,5
d_b (m)	0,016	0,012	0,012
f_{ye} (MPa)	504	504	504
f_{ce} (MPa)	39	39	39
EI_o (kNm ²)	63990	93750	93750
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,14	0,11	0,10

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.14
Moment of Inertia about 3 axis	0.14
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Şekil 7.18. Betonarme kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.11
Moment of Inertia about 3 axis	0.11
Mass	1
Weight	1

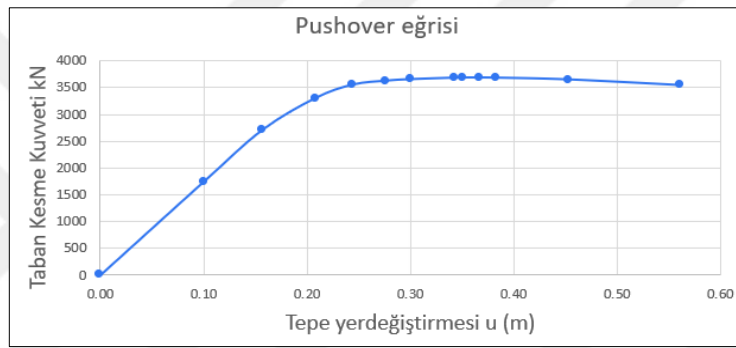
OK Cancel

Şekil 7.19. Betonarme kiriş elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

7.2.1.3. Model 1 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

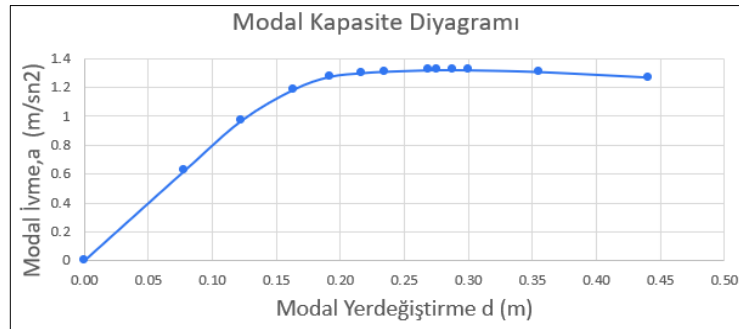
7.2.1.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda betonarme yapı (Model 1) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Betonarme yapı (Model 1)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (7.20.)'de verilmiştir.



Şekil 7.20. Model 1 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Betonarme yapı (Model 1)'e ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (7.21.)'de verilmiştir.



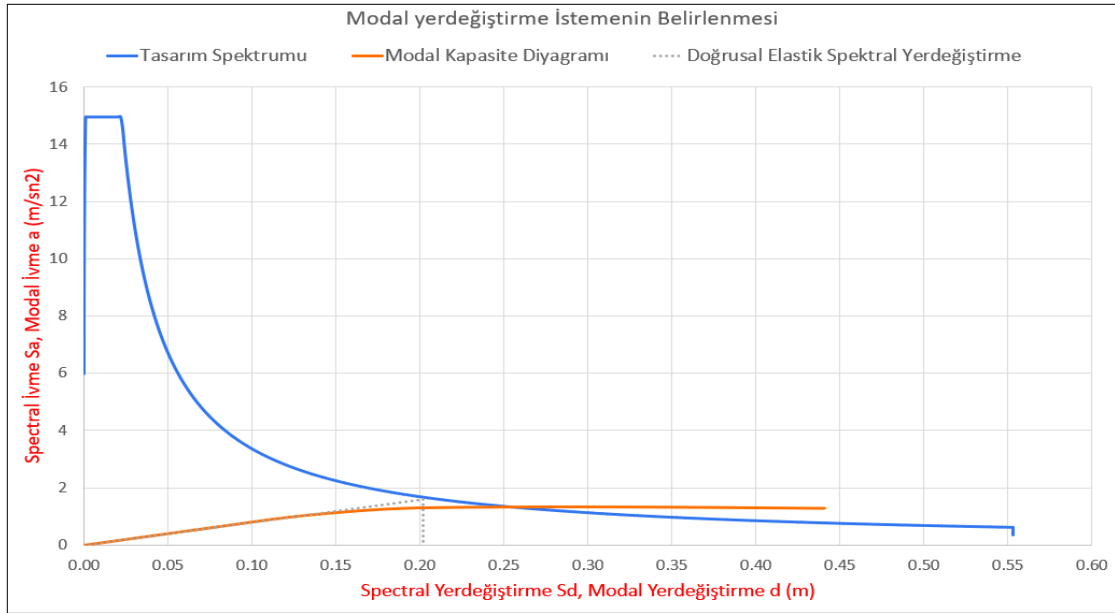
Şekil 7.21. Model 1 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Betonarme yapı (Model 1)'e ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (7.14.)'te gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 7.14. Model 1 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i * \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i * \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(x.1)}$ (1/m)
5	5700	581,0	0,030371094	17,64681	66,65210	0,53595301	1,5874190	41,99
4	6812	694,4	0,027672134	19,21535		0,53172973		
3	6812	694,4	0,022323193	15,50108		0,34603361		
2	6812	694,4	0,014672455	10,18846		0,14948968		
1	6812	694,4	0,005905015	4,10040		0,02421294		
	32950	3358,6		66,652103		1,58741897		

Koordinatları X doğrultusunda betonarme yapı (Model 1)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 7.22.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi bulunmuştur.



Şekil 7.22. Model 1 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

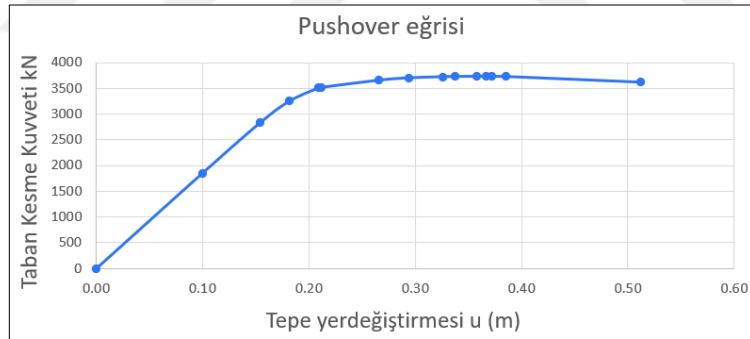
Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 7.15.). Betonarme yapının X doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme istemi 0.258 m olarak bulunmuştur.

Tablo 7.15. Model 1 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{XN1}	Katkı Çarpanı Γ_{X1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_i * \Gamma_{X1} * \Phi_{XN1}$
0,030371094	41,99	0,202	0,258

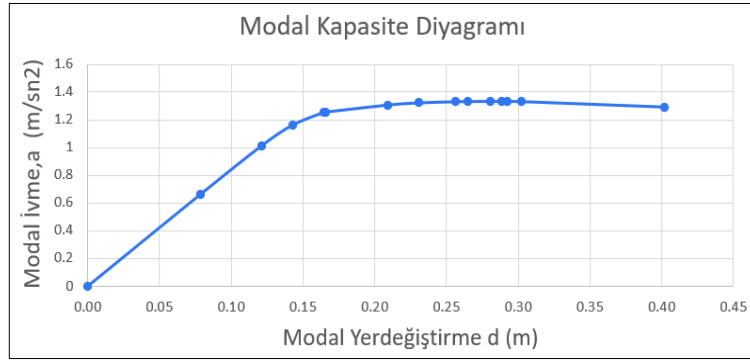
7.2.1.3.2. Y Yönünde Deprem Yeri Değiştirme İsteminin U_{NY1} (m) Hesabı

Y doğrultusunda betonarme yapı (Model 1) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Betonarme yapı (Model 1)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (7.23.)'te verilmiştir.



Şekil 7.23. Model 1 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Betonarme yapı (Model 1)'e ait Y doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (7.24.)'te verilmiştir.



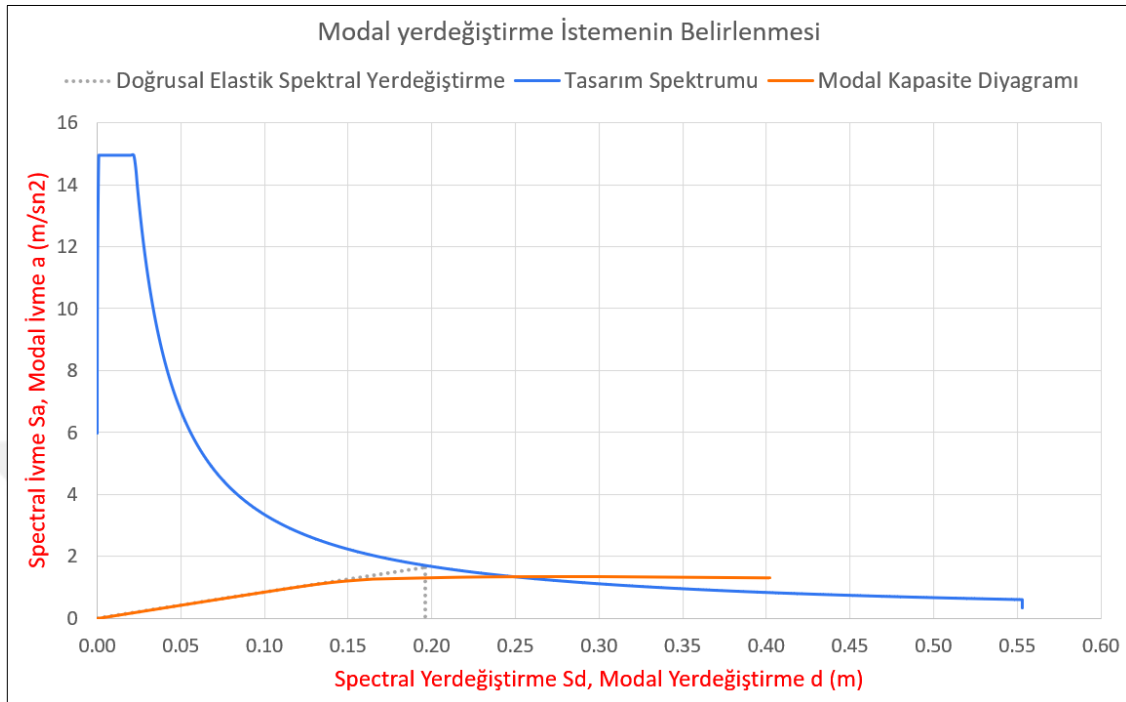
Şekil 7.24. Model 1 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Betonarme yapı (Model 1)'e ait Y doğrultusunda, $\Gamma_1^{(Y,1)}$ modal katkı çarpanı Denk. (5.16) ile Tablo (7.16.)'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 7.16. Model 1 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs²)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs²m)	$\Gamma_1^{(Y,1)}$ (1/m)
5	5700	581,0	0,030289857	17,59961	66,75442	0,53308969	1,5876125	42,05
4	6812	694,4	0,027648228	19,19875		0,53081140		
3	6812	694,4	0,022359577	15,52634		0,34716249		
2	6812	694,4	0,014768417	10,25509		0,15145149		
1	6812	694,4	0,006011897	4,17462		0,02509740		
	32950	3358,6		66,754419		1,58761247		

Koordinatları Y doğrultusunda betonarme yapı (Model 1)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 7.25.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 7.25. Model 1 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 7.17.). Betonarme yapının Y doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme istemi 0.25 m olarak bulunmuştur.

Tablo 7.17. Model 1 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,030289857	42,05	0,196	0,25

7.2.1.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

X yönünde hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NX1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Hasarlar hem kirişlerde hem de kolonlarda meydana gelmiştir. Hasarlar en çok kirişlerde oluşmuştur, kolonlardaki oluşan hasarlar sadece birinci katın bazı kolonlarında meydana gelmiştir. TBDY-2018 5.8'de plastik dönmeler için izin verilen sınırlar ($\theta_p^{(GÖ)}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$), kirişlerdeki oluşan plastik dönmeler ile

karşılaştırılarak hasar durumları belirlenmiştir, kolonlar için ise TBDY-2018 5.8’de tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri esas alınarak hasar durumları belirlenmiştir. Şekil (7.28.)’de, hiçbir mafsalsal KH sınırını aşmamıştır. SH sınırını aşan mafsalsal sayısı 150 olarak bulunmuştur. Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi TBDY-2018 15.8 esas alınır, birinci ve ikinci kattaki kirişlerin %50’si ve birinci kattaki kolonların %50’si sınırlı hasar sınırını geçtiği için bina kontrollü hasar performans düzeyi’nde olduğu kabul edilmiştir (Tablo 7.18.). Betonarme yapının (Model 1) kontrollü hasar normal performans hedefini sağlamış olduğu görülmüştür.

Tablo 7.18. Model 1 (+X) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları

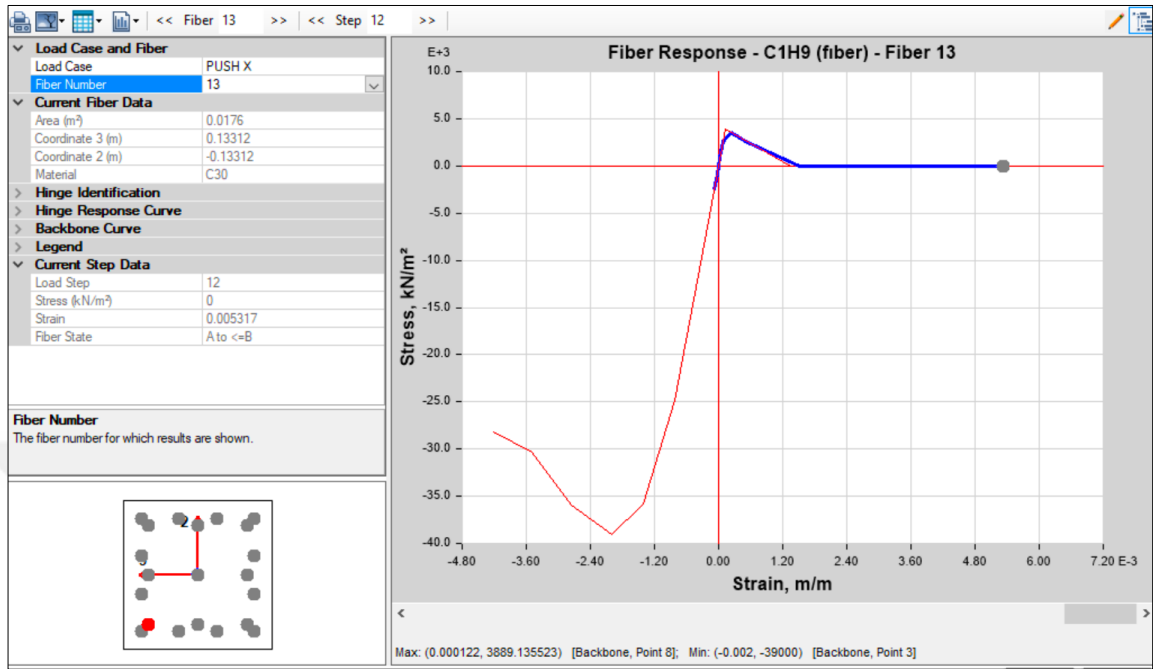
Kat No	Hasar Bölgeleri	Toplam Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Yüzdesi	Toplam Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Yüzdesi
Kat 1	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	18	%50
	Belirgin Hasar		30	%50		18	%50
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 2	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 3	Sınırlı Hasar	60	48	%80	36	36	%100
	Belirgin Hasar		12	%20		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 4	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 5	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0

(+X) yönünde itme analizi, betonarme yapının (Model 1), birinci Kat C1 kolonunun alt ucuna ait kesit hücrelerinin (lifler) özellikleri, gerilmeleri ve birim şekil değiştirmeleri Tablo (7.19.)’da verilmiştir. Şekil (7.26.), çekme etkisi altında 13 No’lu beton lifin gerilme-birim şekil değiştirme grafiğini göstermektedir, bu beton lifin çekme gerilmesi dayanımını geçmiştir ve birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c=0.005317$) olarak bulunmuştur, bu değer TBDY-2018 5.8.1.4’e göre beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmiştir, ancak Denklem (5.10a) ile hesaplanan kontrollü hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(KH)}=0.00975$) geçmemiştir.

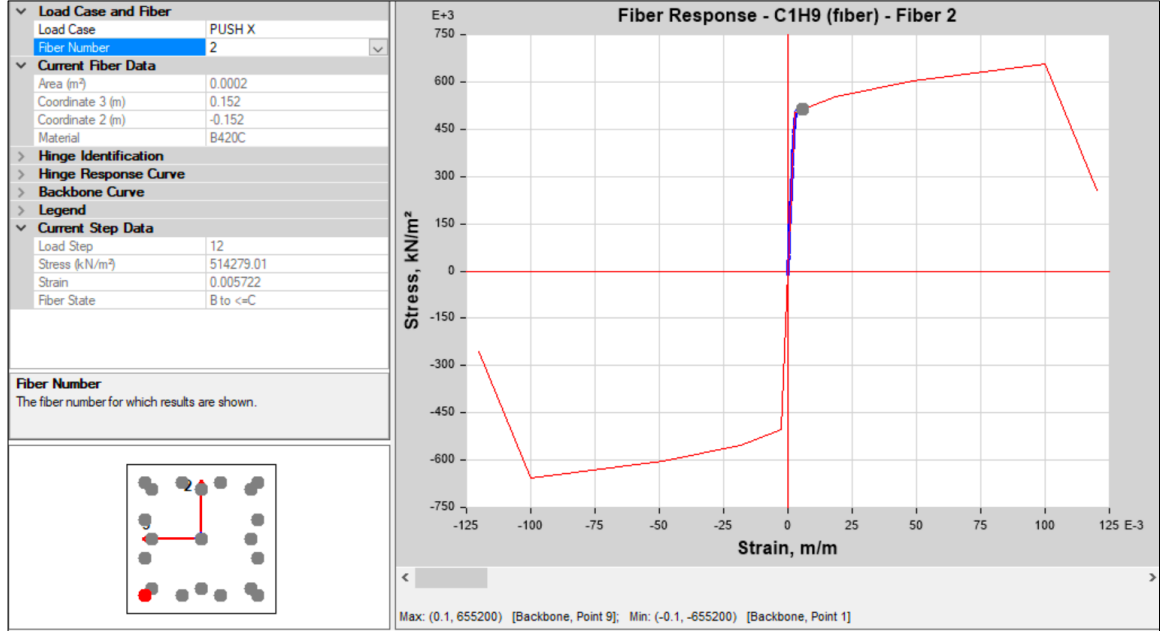
Aynı durum çekme etkisi altında kalan 14 ve 15 No'lu beton lifleri için da geçerli. Basınç etkisi altında kalan beton lifleri ise basınç gerilme dayanımını ve TBDY-2018 5.8.1.4'e göre beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmemiştir. Kesitteki beton malzemesi sadece çekme etkisi altındaki kalan kısmında hasarlar meydana gelmiştir. Şekil (7.27.), çekme etkisi altında 2 No'lu donatının gerilme-birim şekil değiştirme grafiğini göstermektedir, bu donatının yaklaşık 514,3 MPa gerilme etkisi altında birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s=0,005722$) olarak bulunmuştur. Bu donatının beton donatıları için tanımlanan ($f_{ye}=504$ MPa) beklenen (ortalama) akma dayanımları daha büyük gerilme etkisi altındayken bulunan birim şekil değiştirmesi TBDY-2018 5.8.1.4'te beton donatıları için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s^{(SH)}=0.0075$) geçmemiştir, bu durum altı tane donatıda karşılaşılmıştır.

Tablo 7.19. (+X) yönünde itme analizi, (Model 1), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri

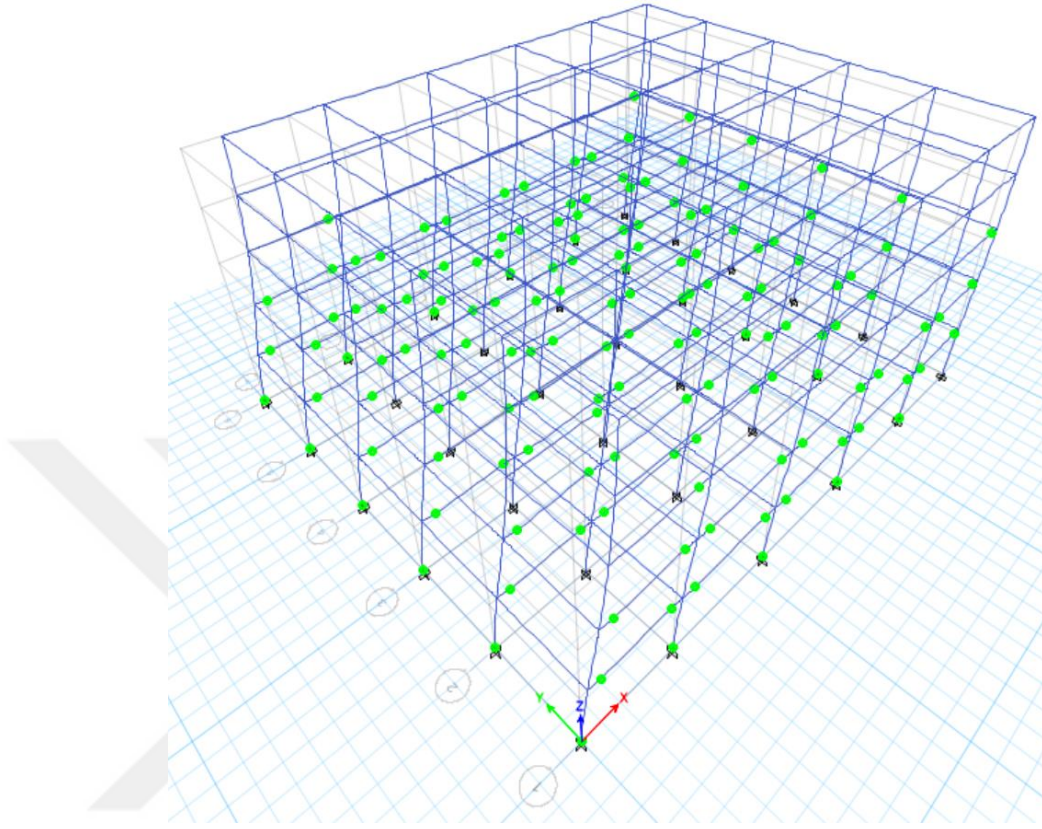
Kat	(Lif) No	Mafsallık Konumu	Kesit hücresi (Lif) gerilmesi (kN/m ²)	Kesit hücresi (Lif) ϵ	Kesit hücresi (Lif) Malzemesi	Kesit hücresi (Lif) Alanı (m ²)	Kesit hücresi (Lif) X koordinatı (m)	Kesit hücresi (Lif) Y koordinatı (m)
1	1	C1H9(ALT)	514486,2	0,005787	B420C	0,0002	0,152	0,152
1	2	C1H9(ALT)	514279,0	0,005722	B420C	0,0002	0,152	-0,152
1	3	C1H9(ALT)	-174710,9	-0,000874	B420C	0,0002	-0,152	-0,152
1	4	C1H9(ALT)	-161803,5	-0,000809	B420C	0,0002	-0,152	0,152
1	5	C1H9(ALT)	514417,1	0,005765	B420C	0,0002	0,152	0,05067
1	6	C1H9(ALT)	514348,1	0,005744	B420C	0,0002	0,152	-0,05067
1	7	C1H9(ALT)	507221,9	0,003524	B420C	0,0002	0,05067	-0,152
1	8	C1H9(ALT)	265022,5	0,001325	B420C	0,0002	-0,05067	-0,152
1	9	C1H9(ALT)	-170408,4	-0,000852	B420C	0,0002	-0,152	-0,05067
1	10	C1H9(ALT)	-166106,0	-0,000831	B420C	0,0002	-0,152	0,05067
1	11	C1H9(ALT)	277930,0	0,00139	B420C	0,0002	-0,05067	0,152
1	12	C1H9(ALT)	507429,0	0,003588	B420C	0,0002	0,05067	0,152
1	13	C1H9(ALT)	0	0,005317	C30	0,0176	0,13312	-0,13312
1	14	C1H9(ALT)	0	0,00534	C30	0,0174	0,1329	0
1	15	C1H9(ALT)	0	0,005373	C30	0,0176	0,13312	0,13312
1	16	C1H9(ALT)	0	0,002429	C30	0,0174	0	-0,1329
1	17	C1H9(ALT)	0	0,002457	C30	0,0178	0	0
1	18	C1H9(ALT)	0	0,002485	C30	0,0174	0	0,1329
1	19	C1H9(ALT)	-14099,0	-0,00046	C30	0,0176	-0,13312	-0,13312
1	20	C1H9(ALT)	-13137,2	-0,000427	C30	0,0174	-0,1329	0
1	21	C1H9(ALT)	-12451,8	-0,000403	C30	0,0176	-0,13312	0,13312



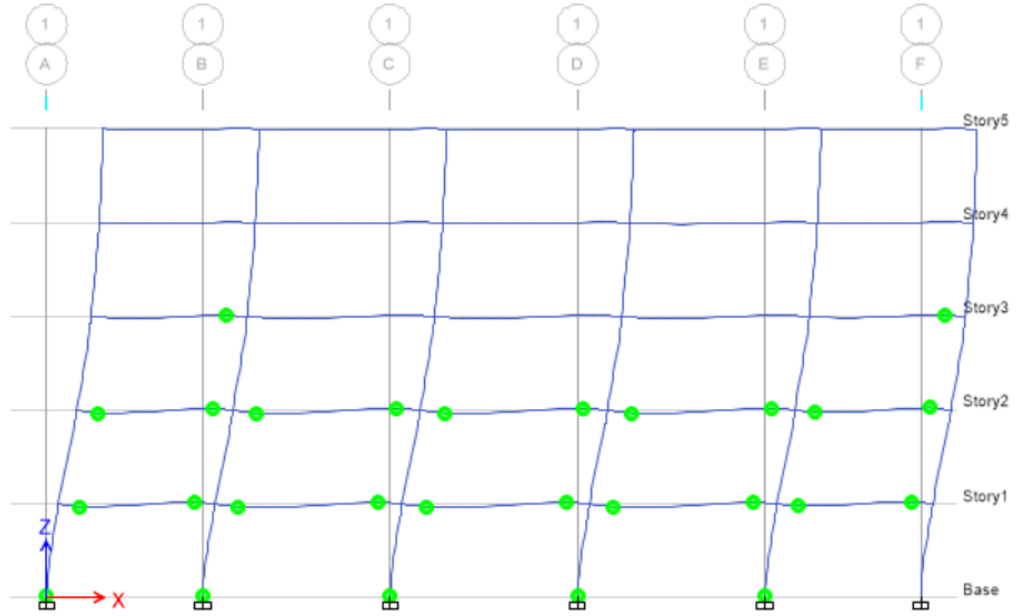
Şekil 7.26. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 13 No'lu beton lifin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



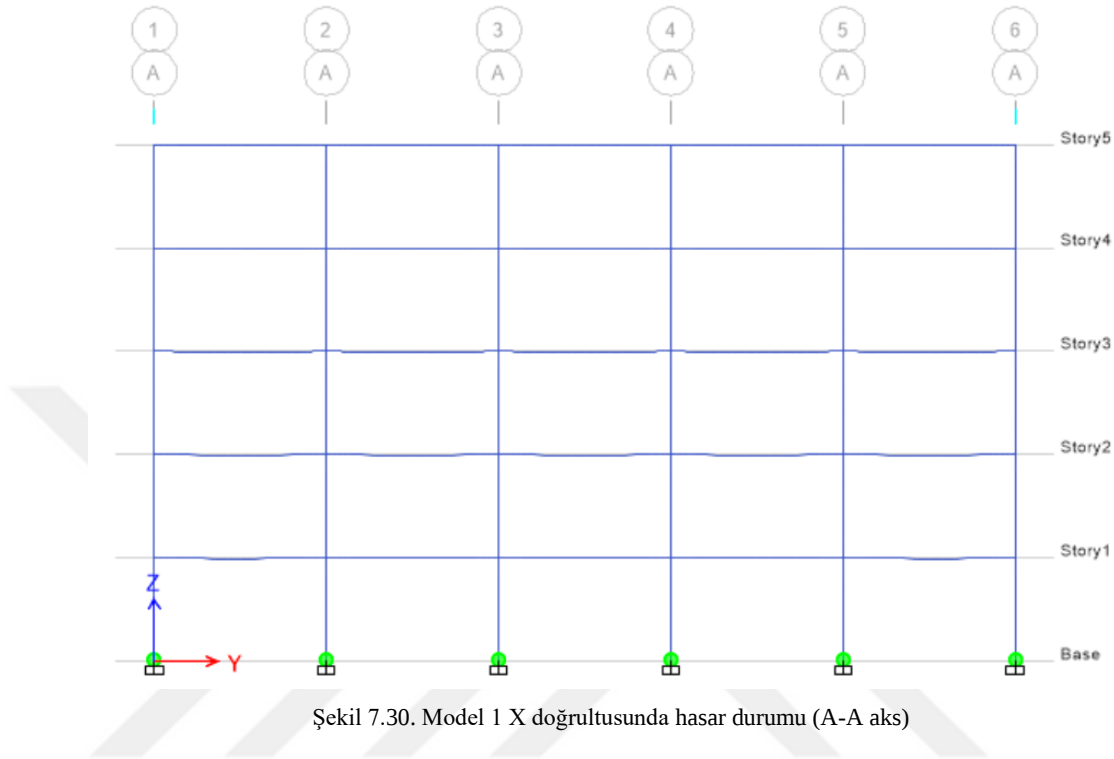
Şekil 7.27. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 2 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



Şekil 7.28. Model 1 X doğrultusunda hasar durumu



Şekil 7.29. Model 1 X doğrultusunda hasar durumu (1-1 aks)



7.2.1.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Y yönünde hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Hasarlar hem kirişlerde hem de kolonlarda meydana gelmiştir. Hasarlar en çok kirişlerde oluşup, kolonlar için sadece birinci kattaki kolonlarda meydana gelmiştir. TBDY-2018 5.8'de plastik dönmeler için izin verilen sınırlar ($\theta_p^{(G\ddot{O})}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$), kirişlerdeki oluşan plastik dönmeler ile karşılaştırılarak hasar durumları belirlenmiştir, kolonlar için ise TBDY-2018 5.8'de tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri esas alınarak hasar durumları belirlenmiştir. Şekil (7.33.)'te, Hiçbir mafsallık KH sınırını aşmamıştır. SH sınırını aşan mafsallık sayısı 140 olarak bulunmuştur. Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi TBDY-2018 15.8 esas alınırsa, birinci ve ikinci kattaki kirişlerin %50'si ve birinci kattaki kolonların %38,9'ü sınırlı hasar sınırını geçtiği için bina kontrollü hasar performans düzeyi'nde

olduğu kabul edilmiştir (Tablo 7.20.). Betonarme yapının (Model 1) kontrollü hasar normal performans hedefini sağladığını görülmüştür.

Tablo 7.20. Model 1 (+Y) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları

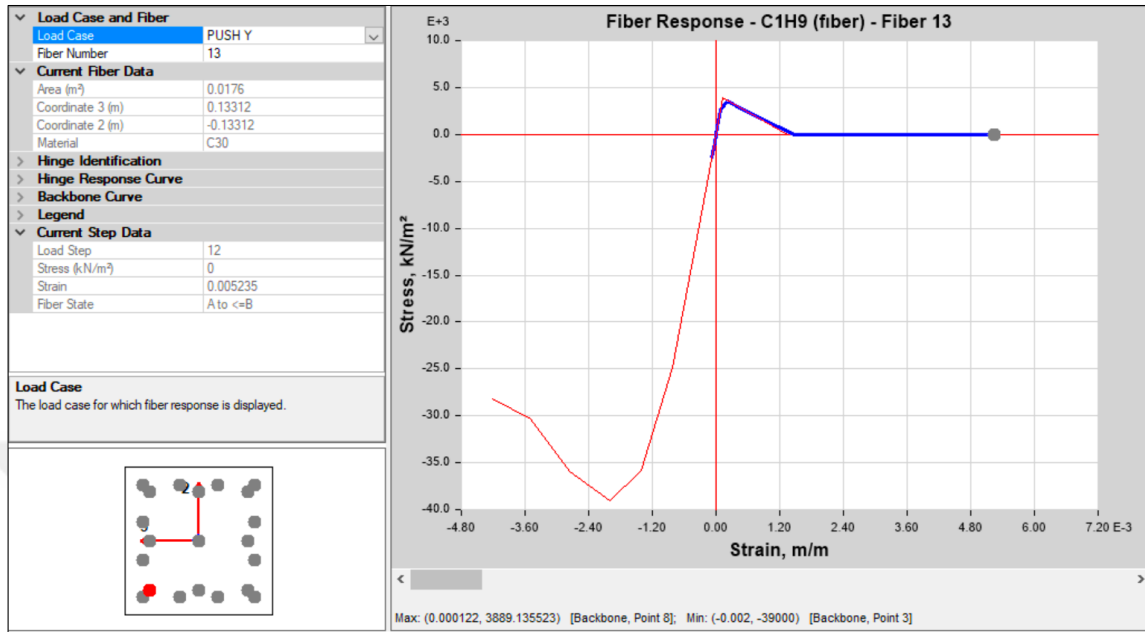
Kat No	Hasar Bölgeleri	Toplam Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Yüzdesi	Toplam Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Yüzdesi
Kat 1	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	22	%61,1
	Belirgin Hasar		30	%50		14	%38,9
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 2	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 3	Sınırlı Hasar	60	54	%90	36	36	%100
	Belirgin Hasar		6	%10		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 4	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 5	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0

(+Y) yönünde itme analizi, betonarme yapının (Model 1), birinci Kat C1 kolonunun alt ucuna ait kesit hücrelerinin (lifler) özellikleri, gerilmeleri ve birim şekil değiştirmeleri Tablo (7.21.)’de verilmiştir. Şekil (7.31.)’de, çekme etkisi altında 13 No’lu beton lifin gerilme-birim şekil değiştirme grafiğini göstermektedir, bu beton lifin çekme gerilmesi dayanımını geçmiştir ve birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c=0.005235$) olarak bulunmuştur, bu değer TBDY-2018 5.8.1.4’e göre beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmiştir, ancak Denklem (5.10a) ile hesaplanan kontrollü hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(KH)}=0.00975$) geçmemiştir. Aynı durum çekme etkisi altında kalan 16 ve 19 No’lu beton lifleri için de geçerli. Basınç etkisi altında kalan beton lifleri ise basınç gerilme dayanımını ve TBDY-2018 5.8.1.4’e göre beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmemiştir. Kesitteki beton malzemesi sadece çekme etkisi altındaki kalan kısmında hasarlar meydana gelmiştir. Şekil (7.32.)’de, çekme etkisi altında 3 No’lu donatının gerilme-birim şekil değiştirme grafiğini göstermektedir, bu donatının yaklaşık

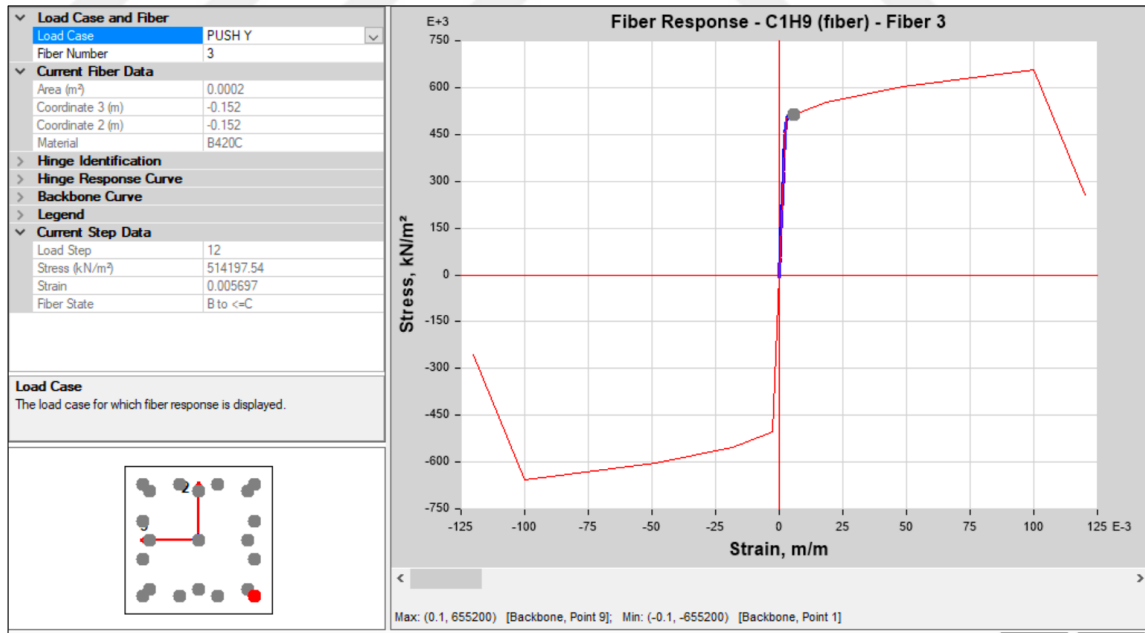
514,2 MPa gerilme etkisi altında birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s=0,005697$) olarak bulunmuştur. Bu donatının beton donatıları için tanımlanan ($f_{ye}=504$ MPa) beklenen (ortalama) akma dayanımları daha büyük gerilme etkisi altındayken bulunan birim şekil değiştirmesi TBDY-2018 5.8.1.4'te beton donatıları için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s^{(SH)}=0.0075$) geçmemiştir, bu durum altı tane donatıda karşılaşılmıştır.

Tablo 7.21. (+Y) yönünde itme analizi, (Model 1), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri

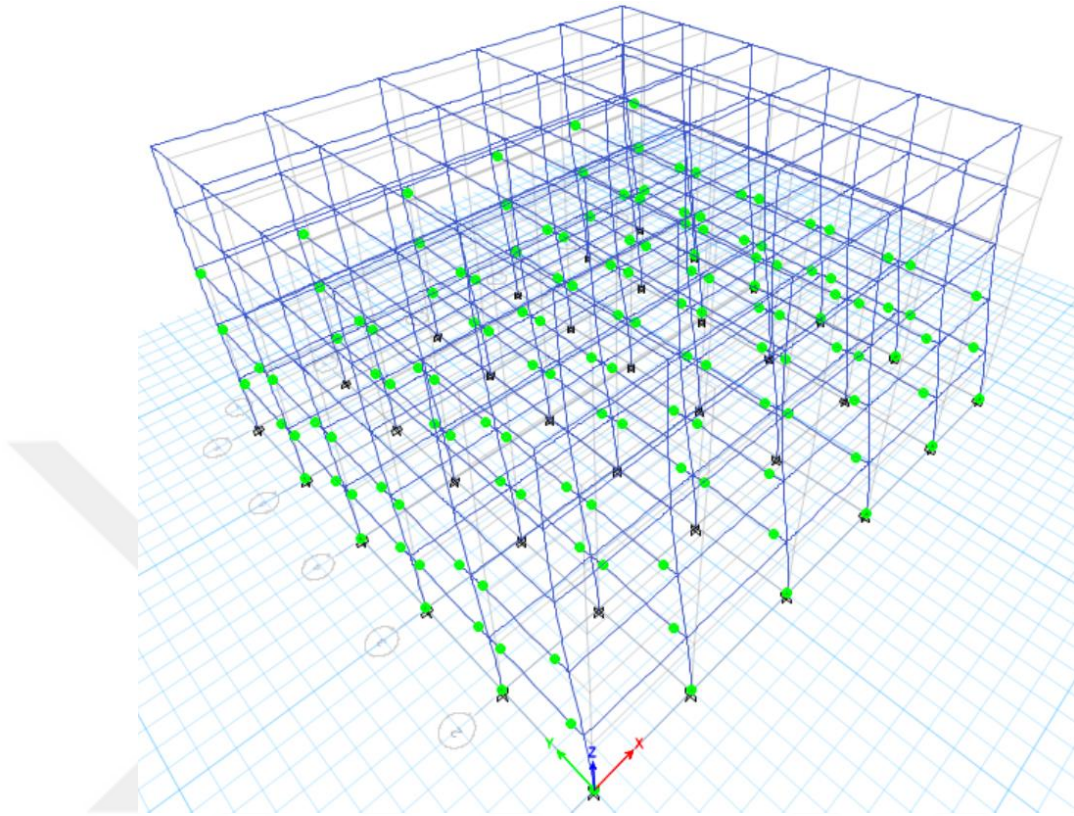
Kat	Lif No	Mafsallık Konumu	Kesit hücresi (Lif) gerilmesi (kN/m ²)	Kesit hücresi (Lif) ϵ	Kesit hücresi (Lif) Malzemesi	Kesit hücresi (Lif) Alanı (m ²)	Kesit hücresi (Lif) X koordinatı (m)	Kesit hücresi (Lif) Y koordinatı (m)
1	1	C1H9(ALT)	-173560,3	-0,000868	B420C	0,0002	0,152	0,152
1	2	C1H9(ALT)	513999,5	0,005635	B420C	0,0002	0,152	-0,152
1	3	C1H9(ALT)	514197,5	0,005697	B420C	0,0002	-0,152	-0,152
1	4	C1H9(ALT)	-161218,4	-0,000806	B420C	0,0002	-0,152	0,152
1	5	C1H9(ALT)	259983,6	0,0013	B420C	0,0002	0,152	0,05067
1	6	C1H9(ALT)	507041,7	0,003468	B420C	0,0002	0,152	-0,05067
1	7	C1H9(ALT)	514065,5	0,005656	B420C	0,0002	0,05067	-0,152
1	8	C1H9(ALT)	514131,5	0,005676	B420C	0,0002	-0,05067	-0,152
1	9	C1H9(ALT)	507239,7	0,003529	B420C	0,0002	-0,152	-0,05067
1	10	C1H9(ALT)	272325,4	0,001362	B420C	0,0002	-0,152	0,05067
1	11	C1H9(ALT)	-165332,4	-0,000827	B420C	0,0002	-0,05067	0,152
1	12	C1H9(ALT)	-169446,3	-0,000847	B420C	0,0002	0,05067	0,152
1	13	C1H9(ALT)	0	0,005235	C30	0,0176	0,13312	-0,13312
1	14	C1H9(ALT)	0	0,002388	C30	0,0174	0,1329	0
1	15	C1H9(ALT)	-14104,5	-0,00046	C30	0,0176	0,13312	0,13312
1	16	C1H9(ALT)	0	0,005258	C30	0,0174	0	-0,1329
1	17	C1H9(ALT)	0	0,002415	C30	0,0178	0	0
1	18	C1H9(ALT)	-13180,8	-0,000428	C30	0,0174	0	0,1329
1	19	C1H9(ALT)	0	0,005289	C30	0,0176	-0,13312	-0,13312
1	20	C1H9(ALT)	0	0,002442	C30	0,0174	-0,1329	0
1	21	C1H9(ALT)	-12529,5	-0,000406	C30	0,0176	-0,13312	0,13312



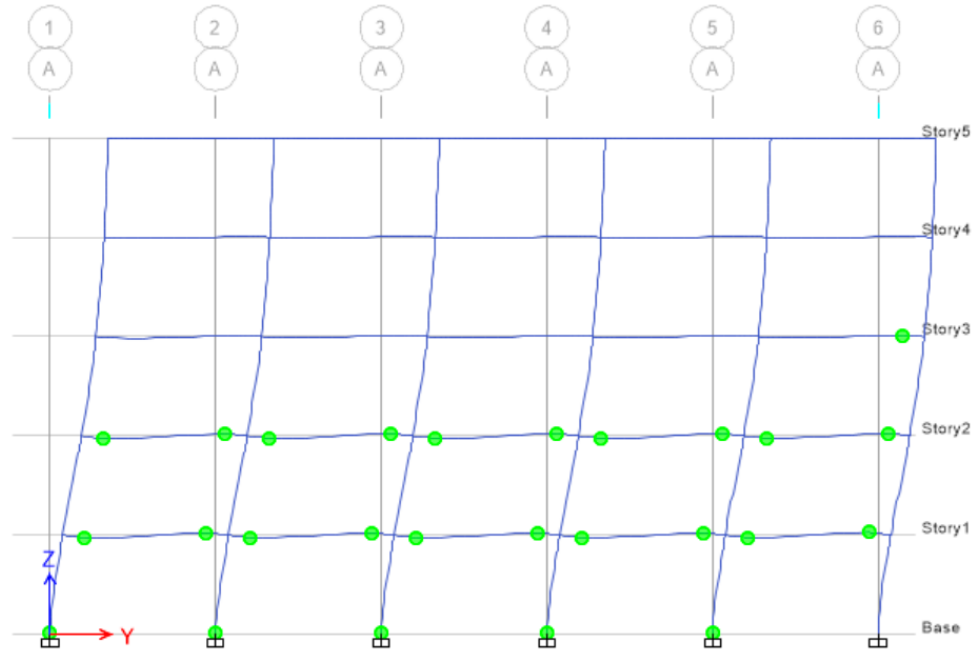
Şekil 7.31. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 13 No'lu beton lifin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



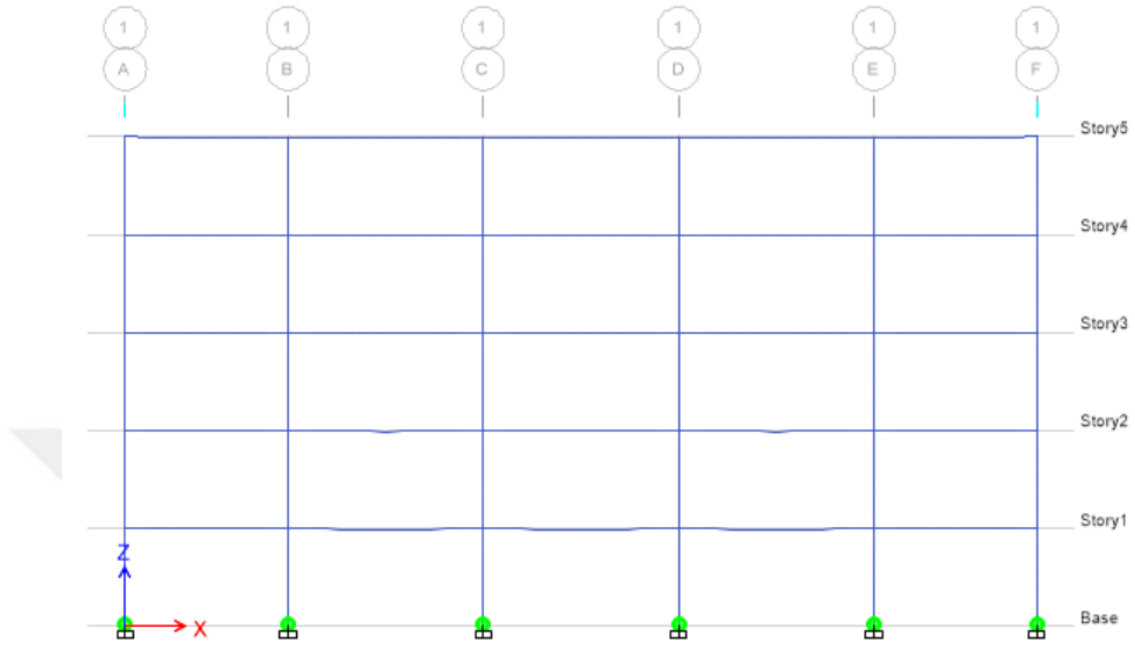
Şekil 7.32. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 3 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



Şekil 7.33. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu



Şekil 7.34. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu (A-A aksı)



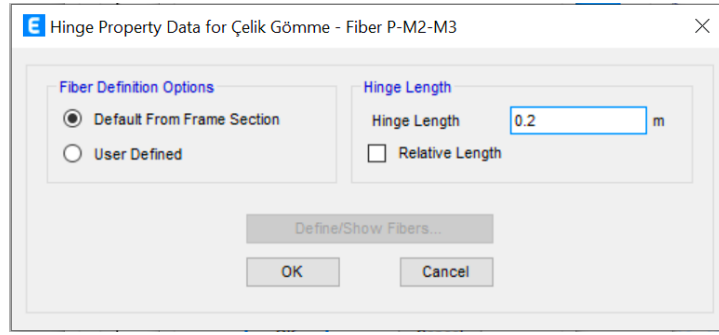
Şekil 7.35. Model 1 Y doğrultusunda hasar durumu (1-1 aksı)

7.2.2. Model 2 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

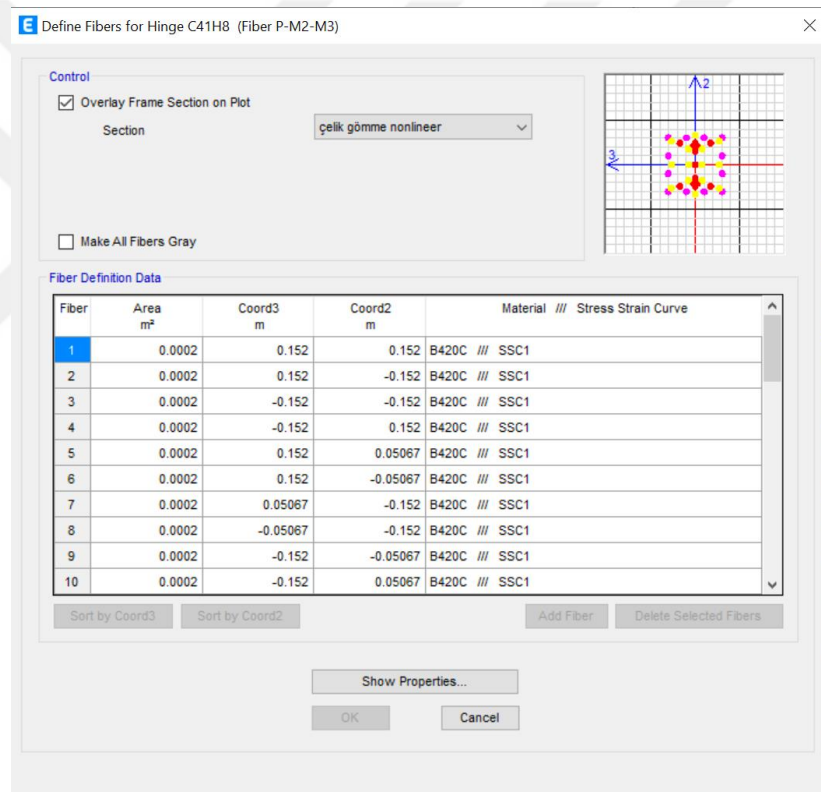
Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

7.2.2.1. Model 2 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Çelik gömme kompozit yapının (Model 2), kolonlarının doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımı yapılmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsalları seçilmiştir. Mafsalları tanımlarken plastik mafsalları boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 7.36.). Plastik mafsalları boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,4 = 0,2$ m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.36. Çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsall boyunun tanımlanması



Şekil 7.37. Çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri

Çelik gömme kompozit yapıda (Model 2) kullanılan betonarme kirişlerin doğrusal olmayan davranışı, Model 1’de olduğu gibi plastik mafsallar tanımlanmıştır (Şekil 7.38.).

Hinge Property Data for FH2 - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
A	-0.2	-0.025
B	-0.2	-0.015
C	-1.1	-0.015
D	-1	0
E	0	0
F	1	0
G	1.1	0.015
H	0.2	0.015
I	0.2	0.025

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length:

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis:

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

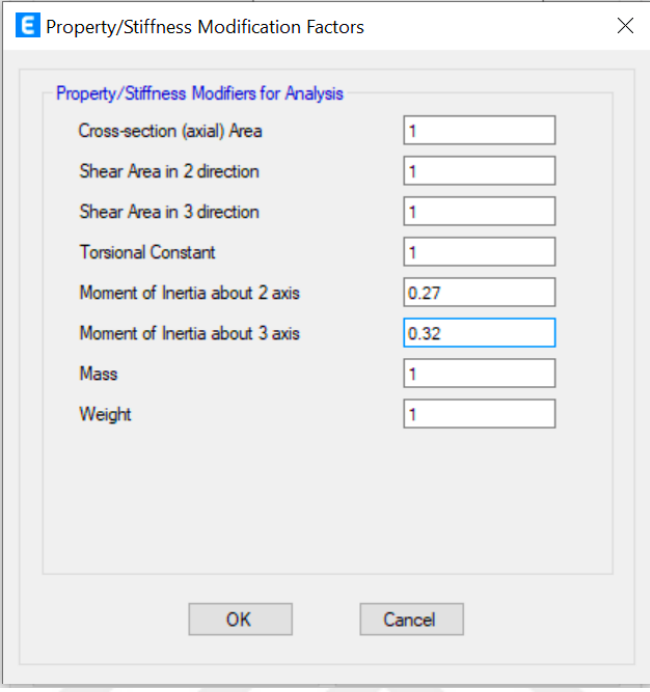
Şekil 7.38. Betonarme kirişin mafsallık özelliklerinin tanımlanması

7.2.2.2. Model 2 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Çelik gömme kompozit (Model 2), taşıyıcı sisteminin elemanlarının etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (7.22.)'de belirlenmiştir. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (7.39.) ve Şekil (7.40.)'ta gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır. Model 2'deki kirişler model 1'deki kirişlerin aynısıdır. Etkin kesit rijitliği çarpanı hesabında yaptığımız kabuller çerçevesinde, çelik gömme kompozit kolonun etkin kesit rijitliği çarpanı, model 1'deki betonarme kolonun etkin kesit rijitliği çarpanından daha büyük çıkmıştır.

Tablo 7.22. Model 2 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	ÇG Kompozit Kolon (Güçlü eksen)	ÇG Kompozit Kolon (Zayıf eksen)	Kiriş (30X50) 6 m	Kiriş (30X50) 5 m
EI_e (kNm ²)	28681,10	19657,34	9857,63	9227,09
M_y (kN.m)	690	492	115	115
L_s (m)	1,25	1,25	2,8	2,3
θ_y (rad)	0,010024024	0,010428677	0,010888354	0,009555198
ϕ_y (rad/m)	0,0135	0,0142	0,008523	0,008523
η	1	1	1	1
h (m)	0,4	0,4	0,5	0,5
d_b (m)	0,016	0,016	0,012	0,012
f_{ye} (MPa)	504	504	504	504
f_{ce} (MPa)	39	39	39	39
EI_o (kNm ²)	89354	72719,5	93750	93750
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,32	0,27	0,11	0,10



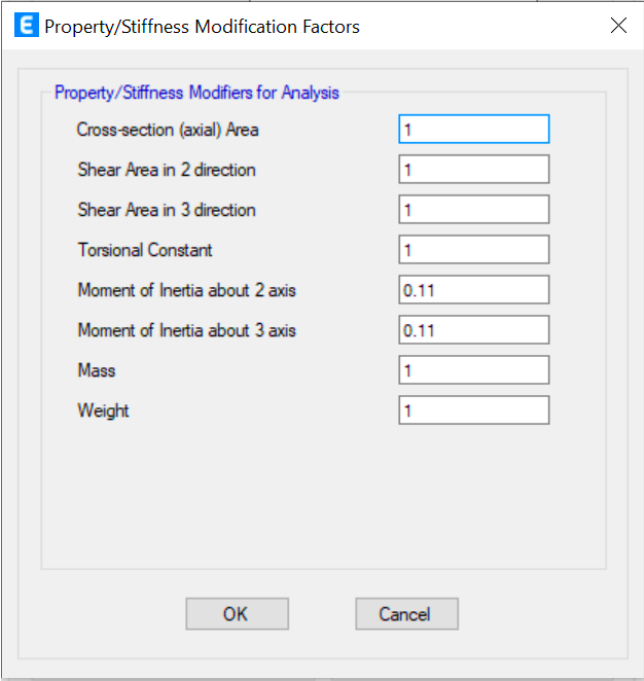
Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.27
Moment of Inertia about 3 axis	0.32
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Şekil 7.39. Çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması



Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.11
Moment of Inertia about 3 axis	0.11
Mass	1
Weight	1

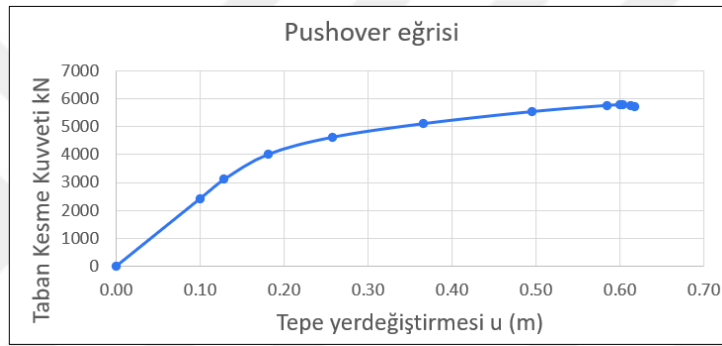
OK Cancel

Şekil 7.40. Betonarme kiriş elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

7.2.2.3. Model 2 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

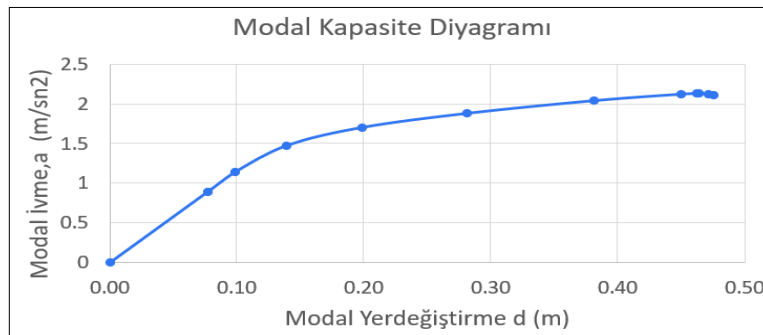
7.2.2.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

Model 1’de olduğu gibi, X doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 2) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)’ye ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (7.41.)’de verilmiştir.



Şekil 7.41. Model 2 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)’ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)’ye ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (7.42.)’de verilmiştir.



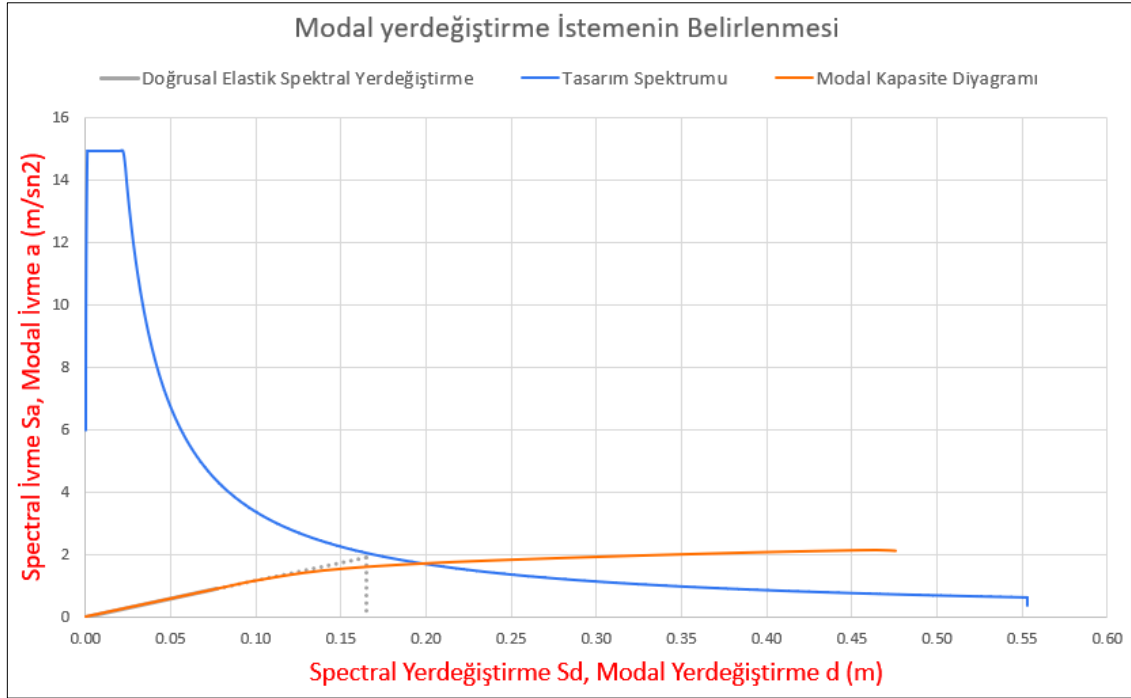
Şekil 7.42. Model 2 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (7.23.)'te gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 7.23. Model 2 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i * \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i * \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(X.1)}$ (1/m)
5	5766,8	587,8	0,031335948	18,42081	65,90911	0,57723354	1,5896106	41,46
4	6878,8	701,2	0,027748067	19,45702		0,53989479		
3	6878,8	701,2	0,021654138	15,18394		0,32879521		
2	6878,8	701,2	0,013466159	9,44251		0,12715432		
1	6878,8	701,2	0,004855686	3,40482		0,01653274		
	33284	3392,7		65,909106		1,58961060		

Koordinatları çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait X doğrultusunda modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 7.43.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi bulunmuştur.



Şekil 7.43. Model 2 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

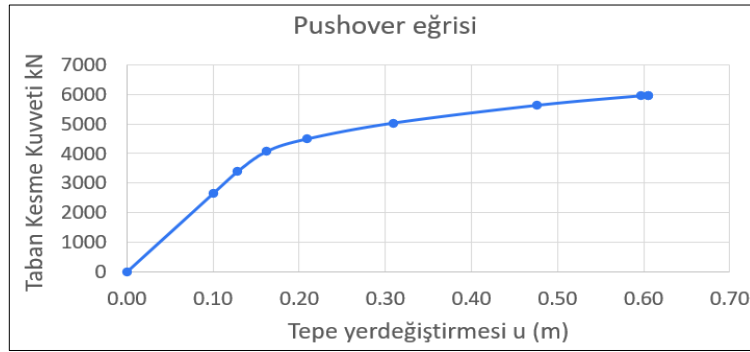
Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} hesaplanmıştır (Tablo 7.24.). Çelik gömme kompozit yapının X doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme istemi 0.214 m olarak bulunmuştur. Model 2'nin X yönünde hesaplanan tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} , betonarme yapı (Model 1)'e göre %17 daha az çıkmıştır.

Tablo 7.24. Model 2 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{XN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_1 * \Gamma_{x1} * \Phi_{xN1}$
0,031335948	41,46	0,165	0,214

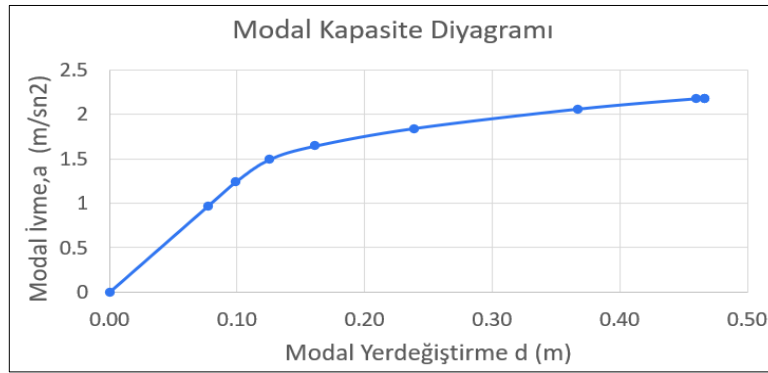
7.2.2.3.2. Y yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Model 1'de olduğu gibi, Y doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 2) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi şekil (7.44.)'te verilmiştir.



Şekil 7.44. Model 2 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait Y doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (7.45.)'te verilmiştir.



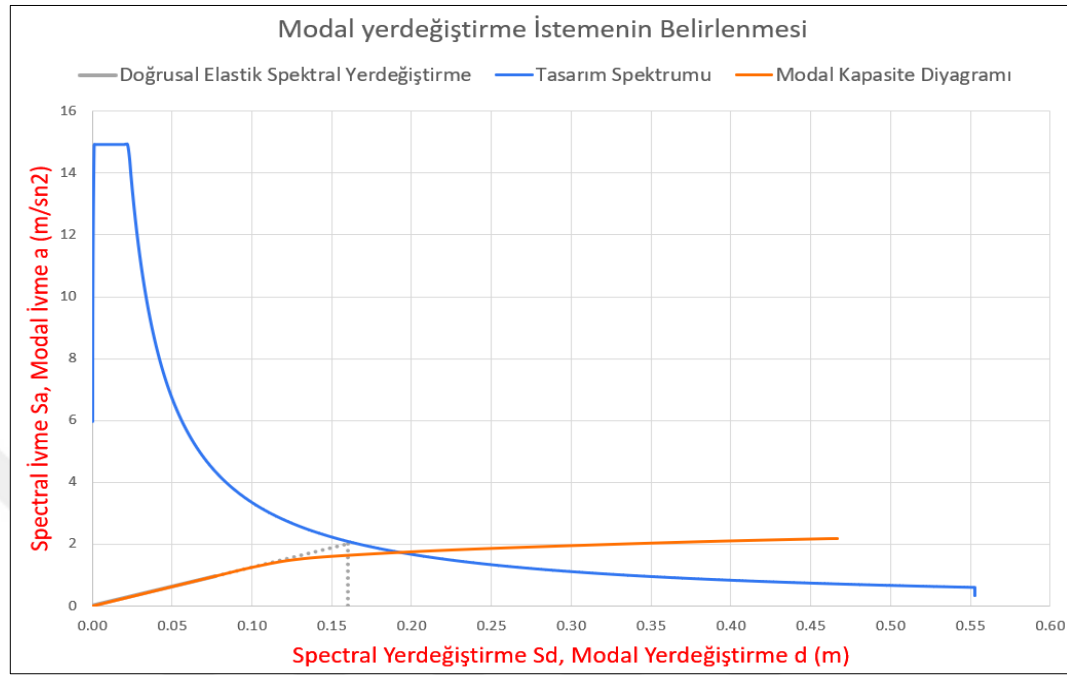
Şekil 7.45. Model 2 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait Y doğrultusunda, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (7.25.)'te gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 7.25. Model 2 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i * \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs ²)	$m_i * \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(Y.1)}$ (1/m)
5	5766,8	587,8	0,031246713	18,36835	65,99936	0,57395067	1,5897598	41,52
4	6878,8	701,2	0,027737475	19,44960		0,53948269		
3	6878,8	701,2	0,021708319	15,22193		0,33044261		
2	6878,8	701,2	0,01355713	9,50630		0,12887811		
1	6878,8	701,2	0,00492465	3,45318		0,01700570		
	33284	3392,7		65,999362		1,58975979		

Koordinatları çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'ye ait Y doğrultusunda modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 7.46.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 7.46. Model 2 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 7.26.). Çelik gömme kompozit yapının Y doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme istemi 0.208 m olarak bulunmuştur. Model 2'nin Y yönünde hesaplanan tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} Model 1'e göre %16,8 daha az çıkmıştır.

Tablo 7.26. Model 2 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,031246713	41,52	0,16	0,208

7.2.2.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

X yönünde hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NX1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2)'de X doğrultusunda, betonarme yapı (Model 1) aksine hasarlar sadece kirişlerde meydana gelip, kolonlarda ise

hiçbir hasar durumu gözlemlenmemiştir (Şekil 7.48.). Ancak, kirişlerde gelen hasarlar daha fazla çıkmıştır. TBDY-2018 5.8’de plastik dönmeler için izin verilen sınırlar ($\theta_p^{(G\ddot{O})}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$), kirişlerdeki oluşan plastik dönmeler ile karşılaştırılarak hasar durumları belirlenmiştir, kolonlar için ise TBDY-2018 5.8’de tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri esas alınarak hasar durumları belirlenmiştir. Model 2’de Model 1’de olduğu gibi hiçbir mafsalsal KH sınırını aşmamıştır. SH sınırını aşan mafsalsal sayısı 144 olarak bulunmuştur. Mevcut betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi TBDY-2018 15.8 esas alınır, birinci, ikinci ve üçüncü kattaki kirişlerin %50’si sınırlı hasar sınırını geçtiği için bina kontrollü hasar performans düzeyi’nde olduğu kabul edilmiştir (Tablo 7.27.). Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) kontrollü hasar normal performans hedefini sağladığını görülmüştür.

Tablo 7.27. Model 2 (+X) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları

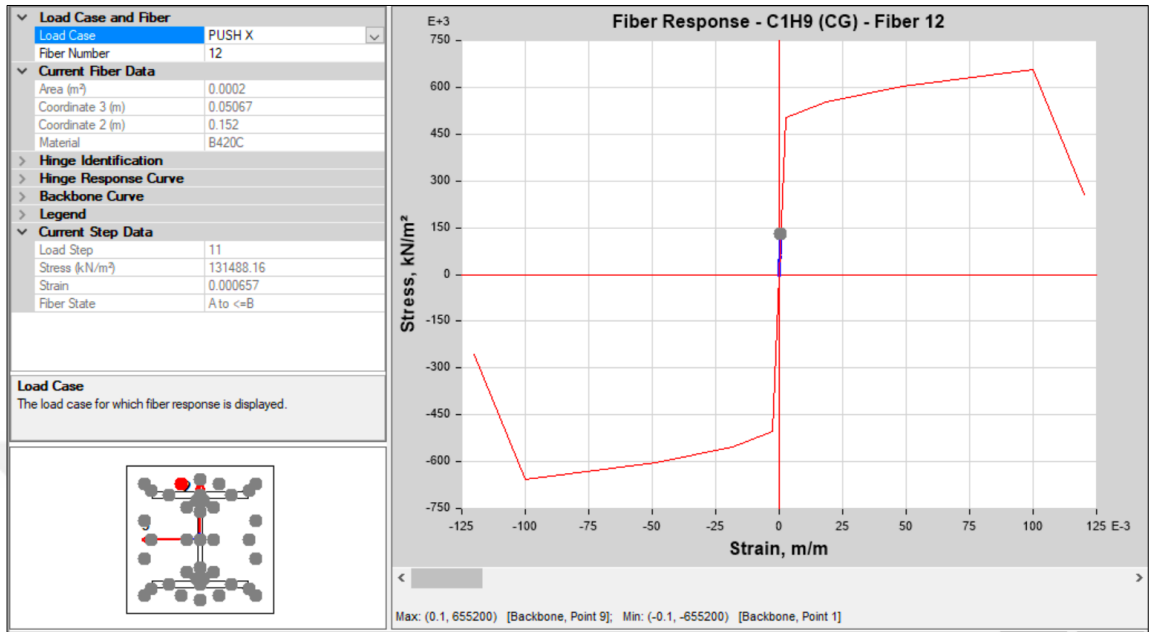
Kat No	Hasar Bölgeleri	Toplam Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Yüzdesi	Toplam Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Yüzdesi
Kat 1	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 2	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 3	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 4	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 5	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0

(+X) yönünde itme analizi, çelik gömme kompozit yapının (Model 2), birinci Kat C1 kolonunun alt ucuna ait kesit hücrelerinin (lifler) özellikleri, gerilmeleri ve birim şekil değiştirmeleri Tablo (7.28.)’de verilmiştir. Beton kesit hücreleri (lifler) TBDY-2018 5.8.1.4’te beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmemiştir. Aynı şekilde, donatılar beton donatıları için tanımlanan

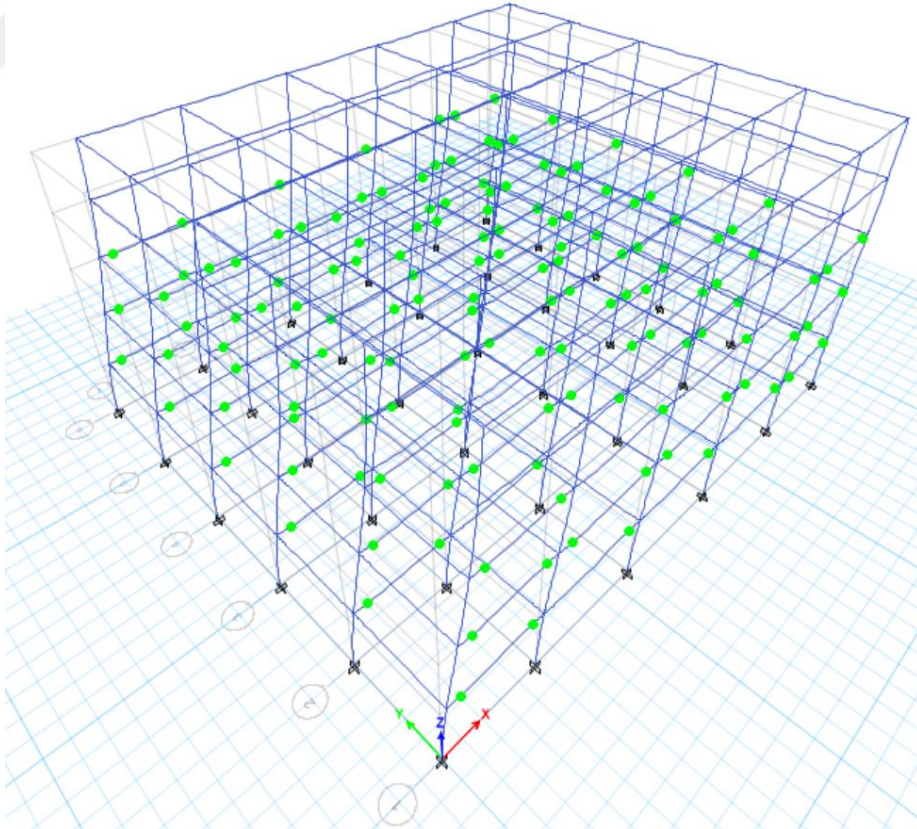
(fye=504 MPa) beklenen (ortalama) akma dayanımı ve TBDY-2018 5.8.1.4'te beton donatıları için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s^{(SH)}=0.0075$) geçmemiştir, Şekil (7.47.)'de 12 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirmesi grafiği verilmiştir. Çelik profili hem gövdesinde hem de başlıklarında oluşan gerilmeler tanımlanan beklenen (ortalama) akma dayanımı (fye=375,5 MPa) geçmemiştir.

Tablo 7.28. (+X) yönünde itme analizi, (Model 2), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri

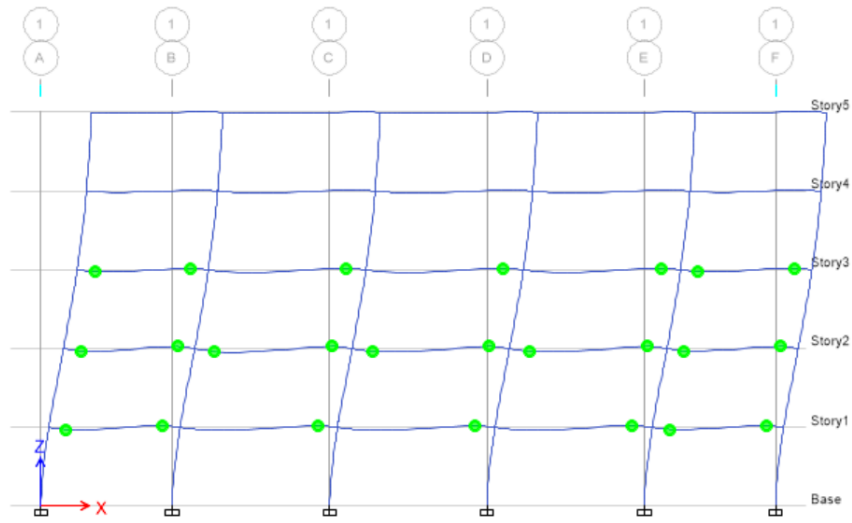
Kat	Lif No	Mafsallık Konumu	Kesit hücresi (Lif) gerilmesi (kN/m ²)	Kesit hücresi (Lif) ϵ	Kesit hücresi (Lif) Malzemesi	Kesit hücresi (Lif) Alanı (m ²)	Kesit hücresi (Lif) X koordinatı (m)	Kesit hücresi (Lif) Y koordinatı (m)
1	1	C1H9(ALT)	275933,6	0,00138	B420C	0,0002	0,152	0,152
1	2	C1H9(ALT)	270887,0	0,001354	B420C	0,0002	0,152	-0,152
1	3	C1H9(ALT)	-162449,3	-0,000812	B420C	0,0002	-0,152	-0,152
1	4	C1H9(ALT)	-157402,7	-0,000787	B420C	0,0002	-0,152	0,152
1	5	C1H9(ALT)	274251,4	0,001371	B420C	0,0002	0,152	0,05067
1	6	C1H9(ALT)	272569,2	0,001363	B420C	0,0002	0,152	-0,05067
1	7	C1H9(ALT)	126441,6	0,000632	B420C	0,0002	0,05067	-0,152
1	8	C1H9(ALT)	-18003,9	-0,00009	B420C	0,0002	-0,05067	-0,152
1	9	C1H9(ALT)	-160767,1	-0,000804	B420C	0,0002	-0,152	-0,05067
1	10	C1H9(ALT)	-159084,9	-0,000795	B420C	0,0002	-0,152	0,05067
1	11	C1H9(ALT)	-12957,3	-0,000065	B420C	0,0002	-0,05067	0,152
1	12	C1H9(ALT)	131488,2	0,000657	B420C	0,0002	0,05067	0,152
1	13	C1H9(ALT)	182293,8	0,000911	S275	0,0015	0,08667	0,12125
1	14	C1H9(ALT)	58755,0	0,000294	S275	0,0015	0	0,12125
1	15	C1H9(ALT)	-64783,9	-0,000324	S275	0,0015	-0,08667	0,12125
1	16	C1H9(ALT)	73289,6	0,000366	S275	0,0001	0,01036	0,10714
1	17	C1H9(ALT)	43751,9	0,000219	S275	0,0001	-0,01036	0,10714
1	18	C1H9(ALT)	57987,2	0,00029	S275	0,0008	0	0,075
1	19	C1H9(ALT)	56742,1	0,000284	S275	0,0008	0	0
1	20	C1H9(ALT)	55497,1	0,000277	S275	0,0008	0	-0,075
1	21	C1H9(ALT)	69732,4	0,000349	S275	0,0001	0,01036	-0,10714
1	22	C1H9(ALT)	40194,7	0,000201	S275	0,0001	-0,01036	-0,10714
1	23	C1H9(ALT)	178268,2	0,000891	S275	0,0015	0,08667	-0,12125
1	24	C1H9(ALT)	54729,3	0,000274	S275	0,0015	0	-0,12125
1	25	C1H9(ALT)	-68809,6	-0,000344	S275	0,0015	-0,08667	-0,12125
1	26	C1H9(ALT)	316,3	0,001238	C30	0,0165	0,13546	-0,13392
1	27	C1H9(ALT)	339,1	0,001231	C30	0,0174	0,1329	0
1	28	C1H9(ALT)	245,1	0,00126	C30	0,0165	0,13546	0,13392
1	29	C1H9(ALT)	2548,9	0,00054	C30	0,0027	0,03704	-0,08875
1	30	C1H9(ALT)	394,6	0,000012	C30	0,0027	-0,03704	-0,08875
1	31	C1H9(ALT)	3414,2	0,00027	C30	0,0089	0	-0,16559
1	32	C1H9(ALT)	2552,9	0,000539	C30	0,0082	0,03583	0
1	33	C1H9(ALT)	906,2	0,000028	C30	0,0082	-0,03583	0
1	34	C1H9(ALT)	2501,8	0,000555	C30	0,0027	0,03704	0,08875
1	35	C1H9(ALT)	3326,2	0,000297	C30	0,0089	0	0,16559
1	36	C1H9(ALT)	866,1	0,000027	C30	0,0027	-0,03704	0,08875
1	37	C1H9(ALT)	-20888,4	-0,000693	C30	0,0165	-0,13546	-0,13392
1	38	C1H9(ALT)	-20032,8	-0,000664	C30	0,0174	-0,1329	0
1	39	C1H9(ALT)	-20240,5	-0,000671	C30	0,0165	-0,13546	0,13392



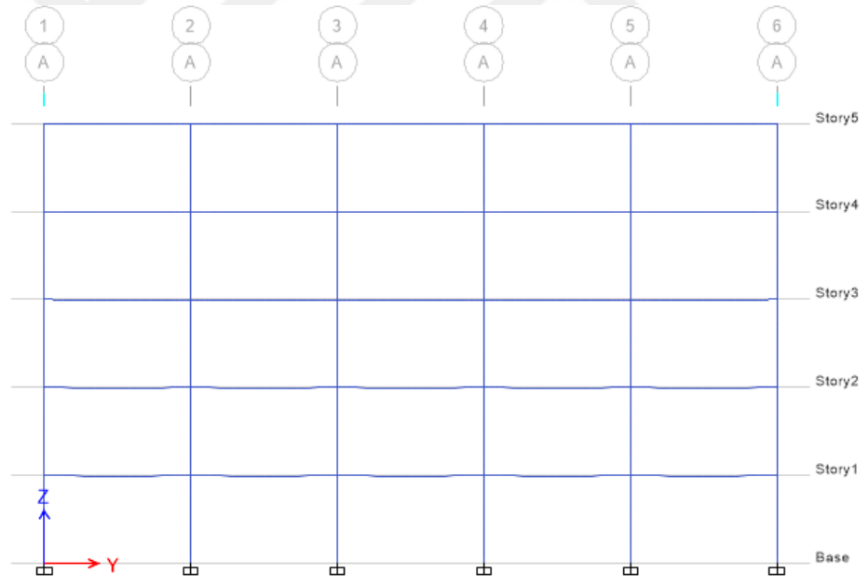
Şekil 7.47. (+X) doğrultusunda itme analizi, (Model 2), 1.kat C1 kolonu 12 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



Şekil 7.48. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu



Şekil 7.49. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu (1-1 aks)



Şekil 7.50. Model 2 X doğrultusunda hasar durumu (A-A aks)

7.2.2.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Y yönünde hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NX1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2) Y doğrultusunda, betonarme yapı (Model 1) aksine hasarlar sadece kirişlerde meydana gelip, kolonlarda ise hiçbir hasar durumu gözlemlenmemiştir (Şekil 7.52.). Ancak, kirişlerde daha fazla

hasarlar meydana gelmiştir. TBDY-2018 5.8’de plastik dönmeler için izin verilen sınırlar ($\theta_p^{(GÖ)}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$), kirişlerdeki oluşan plastik dönmeler ile karşılaştırılarak hasar durumları belirlenmiştir, kolonlar için ise TBDY-2018 5.8’de tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri esas alınarak hasar durumları belirlenmiştir. Model 2’de Model 1’de olduğu gibi hiçbir mafsalsal KH sınırını aşmamıştır. SH sınırını aşan mafsalsal sayısı 172 olarak bulunmuştur. Mevcut betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi TBDY-2018 15.8 esas alınır, birinci, ikinci ve üçüncü kattaki kirişlerin %50’si sınırlı hasar sınırını geçtiği için bina kontrollü hasar performans düzeyi’nde olduğu kabul edilmiştir (Tablo 7.29.). Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) kontrollü hasar normal performans hedefini sağladığı görülmüştür.

Tablo 7.29. Model 2 (+Y) doğrultusunda kiriş ve kolonlarda hasar durumları

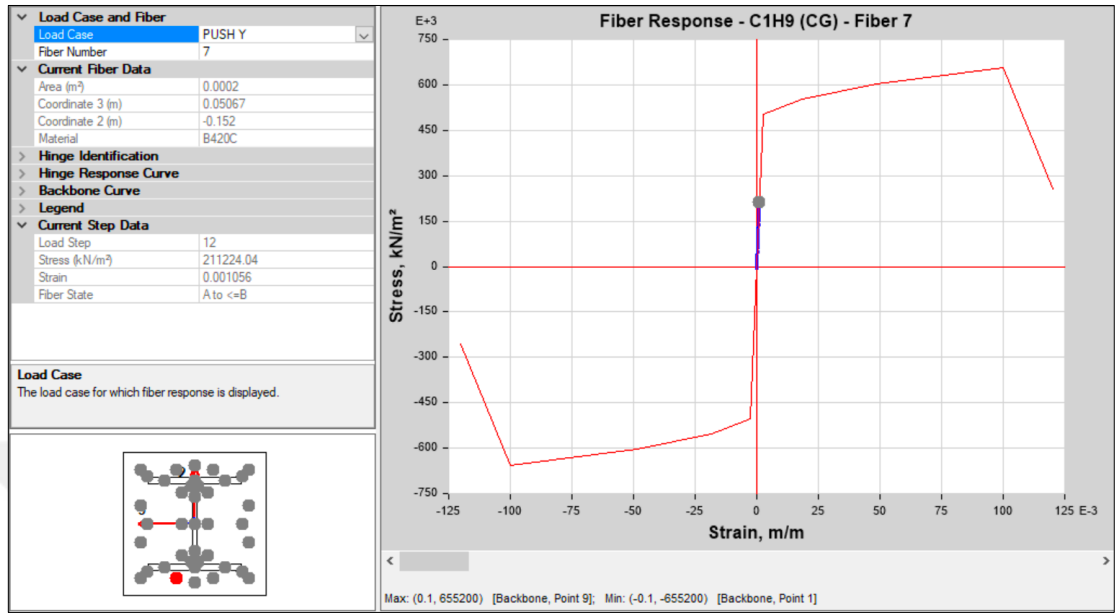
Kat No	Hasar Bölgeleri	Toplam Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kiriş Yüzdesi	Toplam Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Sayısı	Hasar Bölgeleri Oluşan Kolon Yüzdesi
Kat 1	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 2	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 3	Sınırlı Hasar	60	30	%50	36	36	%100
	Belirgin Hasar		30	%50		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 4	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0
Kat 5	Sınırlı Hasar	60	60	%100	36	36	%100
	Belirgin Hasar		0	%0		0	%0
	İleri Hasar		0	%0		0	%0

(+Y) yönünde itme analizi, çelik gömme kompozit yapının (Model 2), birinci Kat C1 kolonunun alt ucuna ait kesit hücrelerinin (lifler) özellikleri, gerilmeleri ve birim şekil değiştirmeleri Tablo (7.30.)’da verilmiştir. Beton kesit hücreleri (lifler) hiç biri TBDY-2018 5.8.1.4’te beton için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c^{(SH)}=0.0025$) geçmemiştir. Aynı şekilde, donatılar beton donatıları için

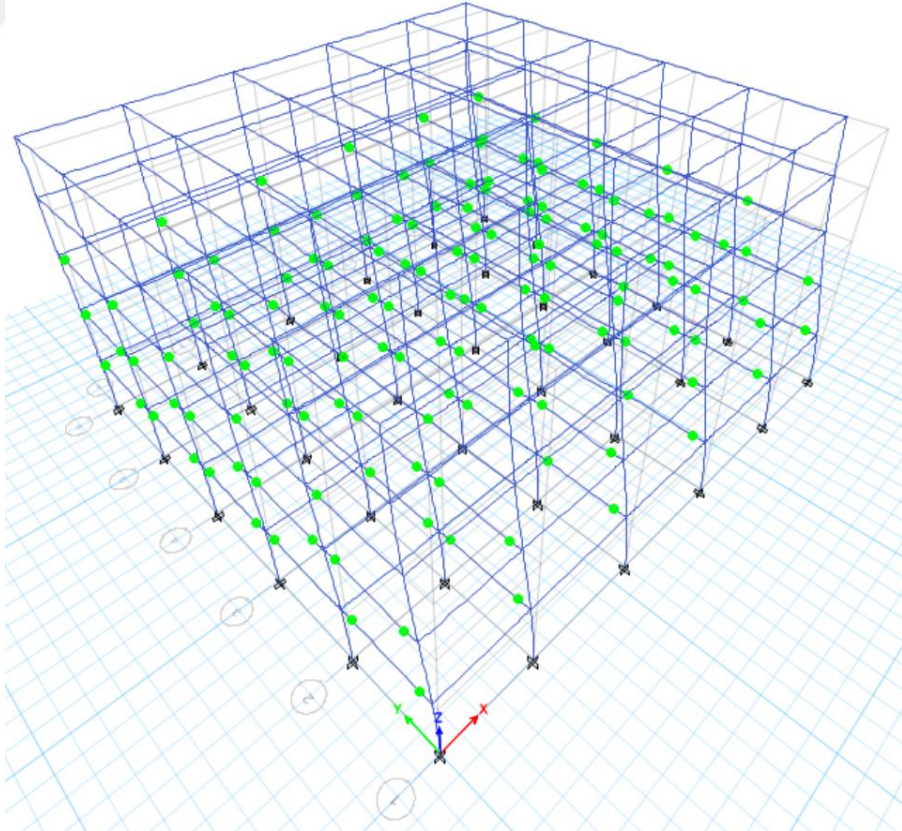
tanımlanan ($f_y=504$ MPa) beklenen (ortalama) akma dayanımı ve TBDY-2018 5.8.1.4'te beton donatıları için tanımlanan sınırlı hasar performans düzeyi birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_s^{(SH)}=0.0075$) geçmemiştir, Şekil (7.51.)'de 7 No'lu donatı gerilme-birim şekil değiştirmesi grafiği verilmiştir. Çelik profili hem gövdesinde hem de başlıklarında oluşan gerilmeler tanımlanan ($f_y=375,5$ MPa) beklenen (ortalama) akma dayanımı geçmemiştir.

Tablo 7.30. (+Y) yönünde itme analizi, (Model 2), 1.Kat C1 kolonunun alt ucunun kesit hücrelerinin özellikleri

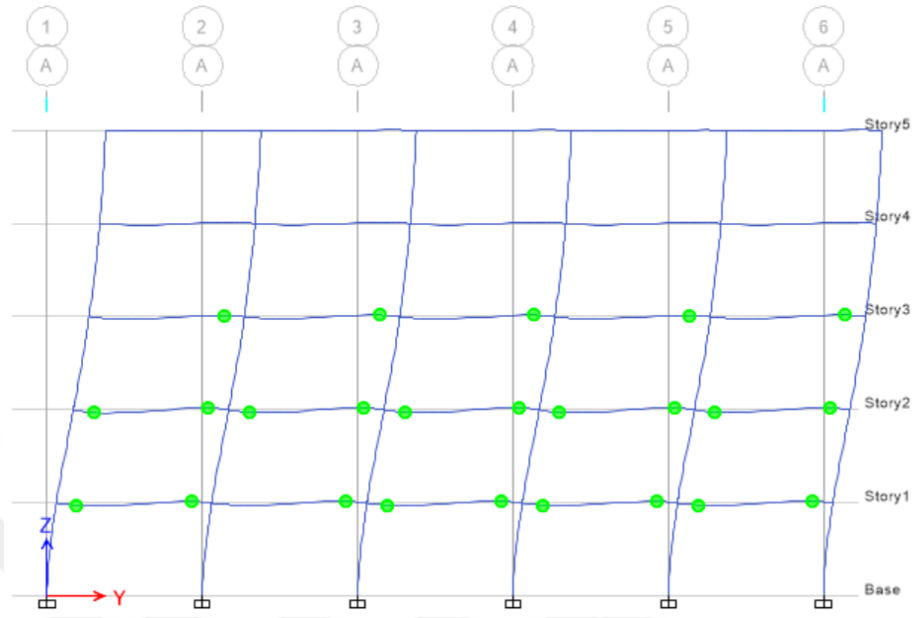
Kat	Lif No	Mafsalsal Konumu	Kesit hücresi (Lif) gerilmesi (kN/m ²)	Kesit hücresi (Lif) ϵ	Kesit hücresi (Lif) Malzemesi	Kesit hücresi (Lif) Alanı (m ²)	Kesit hücresi (Lif) X koordinatı (m)	Kesit hücresi (Lif) Y koordinatı (m)
1	1	C1H9(ALT)	-144138,6	-0,000721	B420C	0,0002	0,152	0,152
1	2	C1H9(ALT)	208615,4	0,001043	B420C	0,0002	0,152	-0,152
1	3	C1H9(ALT)	216441,3	0,001082	B420C	0,0002	-0,152	-0,152
1	4	C1H9(ALT)	-136312,7	-0,000682	B420C	0,0002	-0,152	0,152
1	5	C1H9(ALT)	-26554,0	-0,000133	B420C	0,0002	0,152	0,05067
1	6	C1H9(ALT)	91030,7	0,000455	B420C	0,0002	0,152	-0,05067
1	7	C1H9(ALT)	211224,0	0,001056	B420C	0,0002	0,05067	-0,152
1	8	C1H9(ALT)	213832,7	0,001069	B420C	0,0002	-0,05067	-0,152
1	9	C1H9(ALT)	98856,6	0,000494	B420C	0,0002	-0,152	-0,05067
1	10	C1H9(ALT)	-18728,0	-0,000094	B420C	0,0002	-0,152	0,05067
1	11	C1H9(ALT)	-138921,4	-0,000695	B420C	0,0002	-0,05067	0,152
1	12	C1H9(ALT)	-141530,0	-0,000708	B420C	0,0002	0,05067	0,152
1	13	C1H9(ALT)	-106775,2	-0,000534	S275	0,0015	0,08667	0,12125
1	14	C1H9(ALT)	-104544,1	-0,000523	S275	0,0015	0	0,12125
1	15	C1H9(ALT)	-102313,1	-0,000512	S275	0,0015	-0,08667	0,12125
1	16	C1H9(ALT)	-88437,0	-0,000442	S275	0,0001	0,01036	0,10714
1	17	C1H9(ALT)	-87903,6	-0,00044	S275	0,0001	-0,01036	0,10714
1	18	C1H9(ALT)	-50876,8	-0,000254	S275	0,0008	0	0,075
1	19	C1H9(ALT)	36151,3	0,000181	S275	0,0008	0	0
1	20	C1H9(ALT)	123179,5	0,000616	S275	0,0008	0	-0,075
1	21	C1H9(ALT)	160206,3	0,000801	S275	0,0001	0,01036	-0,10714
1	22	C1H9(ALT)	160739,7	0,000804	S275	0,0001	-0,01036	-0,10714
1	23	C1H9(ALT)	174615,8	0,000873	S275	0,0015	0,08667	-0,12125
1	24	C1H9(ALT)	176846,8	0,000884	S275	0,0015	0	-0,12125
1	25	C1H9(ALT)	179077,9	0,000895	S275	0,0015	-0,08667	-0,12125
1	26	C1H9(ALT)	1269,1	0,00094	C30	0,0165	0,13546	-0,13392
1	27	C1H9(ALT)	3754,4	0,000164	C30	0,0174	0,1329	0
1	28	C1H9(ALT)	-18580,0	-0,000614	C30	0,0165	0,13546	0,13392
1	29	C1H9(ALT)	2067,1	0,000691	C30	0,0027	0,03704	-0,08875
1	30	C1H9(ALT)	2036,6	0,0007	C30	0,0027	-0,03704	-0,08875
1	31	C1H9(ALT)	625,4	0,001141	C30	0,0089	0	-0,16559
1	32	C1H9(ALT)	3714,4	0,000176	C30	0,0082	0,03583	0
1	33	C1H9(ALT)	3684,9	0,000185	C30	0,0082	-0,03583	0
1	34	C1H9(ALT)	-10574,0	-0,000339	C30	0,0027	0,03704	0,08875
1	35	C1H9(ALT)	-23426,1	-0,00078	C30	0,0089	0	0,16559
1	36	C1H9(ALT)	-10296,1	-0,000329	C30	0,0027	-0,03704	0,08875
1	37	C1H9(ALT)	1157,5	0,000975	C30	0,0165	-0,13546	-0,13392
1	38	C1H9(ALT)	3644,9	0,000198	C30	0,0174	-0,1329	0
1	39	C1H9(ALT)	-17563,8	-0,000579	C30	0,0165	-0,13546	0,13392



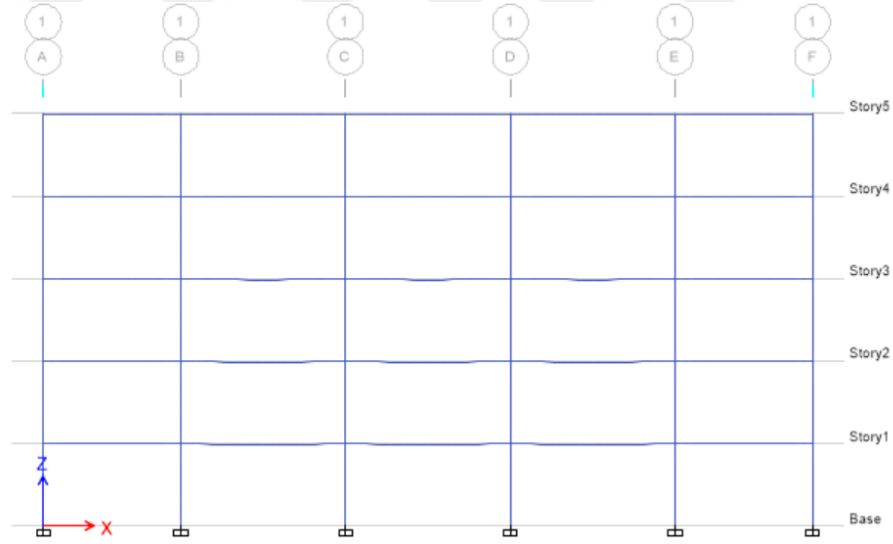
Şekil 7.51. (+Y) doğrultusunda itme analizi, (Model 1), 1.kat C1 kolonu 7 No’lu donatı gerilme-birim şekil değiştirme grafiği



Şekil 7.52. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu



Şekil 7.53. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu (A-A aks)



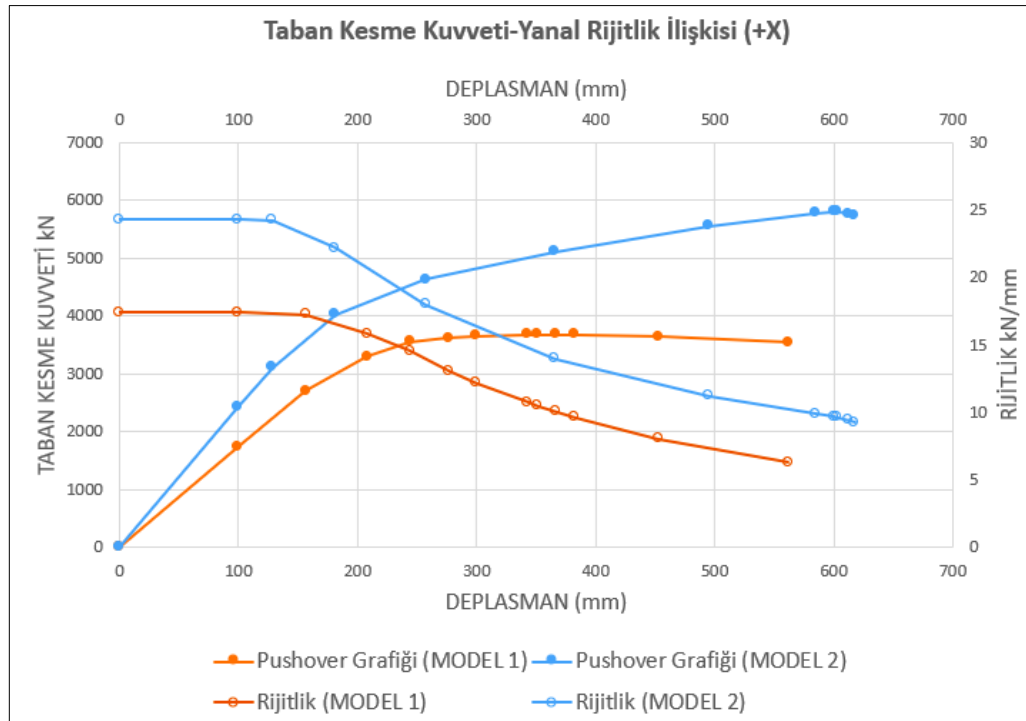
Şekil 7.54. Model 2 Y doğrultusunda hasar durumu (1-1 aks)

7.2.3. Birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Altındaki bölümlerde X ve Y yönlerinde birinci grup taşıyıcı sistemlerinin rijitlikleri ve süneklik katsayıları karşılaştırılması yapılmıştır.

7.2.3.1. X yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Betonarme yapı (Model 1) 2704,3 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 157 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 3541,8 kN ve tepe noktasının deplasmanı 562 mm olarak bulunmuştur. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2) ise 129 mm tepe deplasmanı ve 3116,8 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 5735,4 kN taban kesme kuvveti ve 618 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Şekil (7.55.)’te Model 1 ve Model 2’ye ait itme analizi eğrileri (Pushover grafiği) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler Denklem (5.1) ve süneklik katsayıları Denklem (5.2)’den hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Model 1 ve Model 2’nin süneklik katsayılarını Tablo (7.31.)’de ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranlarını Tablo (7.32.)’de hesaplanmıştır. Model 2, Model 1’e göre daha fazla rijitliğe ve daha fazla sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Model 2’nin süneklik katsayısı, Model 1’e göre %34,1 daha fazla çıkmıştır.



Şekil 7.55. Birinci grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 7.31. Birinci grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları

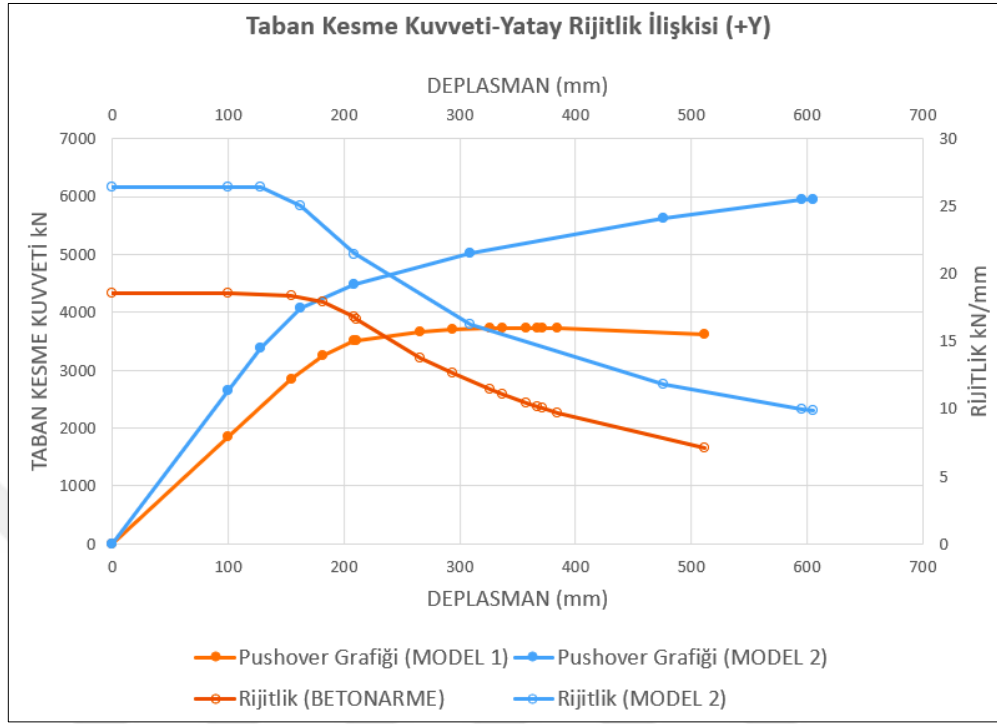
Bina Modeli	u_y (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
Betonarme (Model 1)	0,157	0,562	3,58
ÇG (Model 2)	0,129	0,618	4,8

Tablo 7.32. Birinci grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/m)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/m)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
Betonarme (Model 1)	17224,84	6302,14	36,59
ÇG (Model 2)	24161,24	9280,58	38,41

7.2.3.2. Y yönünde birinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Betonarme yapı (Model 1) 2836,6 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 154 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 3618,9 kN ve tepe noktasının deplasmanı 512 mm olarak bulunmuştur. Çelik gömme kompozit yapı (Model 2) ise 128 mm tepe deplasmanı ve 3387,7 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 5954,4 kN taban kesme kuvveti ve 605 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Şekil (7.56.)’da Model 1 ve Model 2’ne ait itme analizi eğrileri (Pushover grafiği) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler Denklem (5.1) ve süneklik katsayıları Denklem (5.2)’den hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Model 1 ve Model 2’nin süneklik katsayılarını Tablo (7.33.)’te ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranlarını Tablo (7.34.)’te hesaplanmıştır. Model 2, Model 1’e göre daha fazla rijitliğe ve daha fazla sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Model 2’nin süneklik katsayısı, Model 1’e göre %42,5 daha fazla çıkmıştır.



Şekil 7.56. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 7.33. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları

Bina Modeli	u_v (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
Betonarme (Model 1)	0,154	0,512	3,32
ÇG (Model 2)	0,128	0,605	4,73

Tablo 7.34. Birinci grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/M)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/M)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
Betonarme (Model 1)	18419,48	7068,16	38,37
ÇG (Model 2)	26466,41	9841,98	37,19

BÖLÜM 8. İKİNCİ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ

8.1. İkinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi

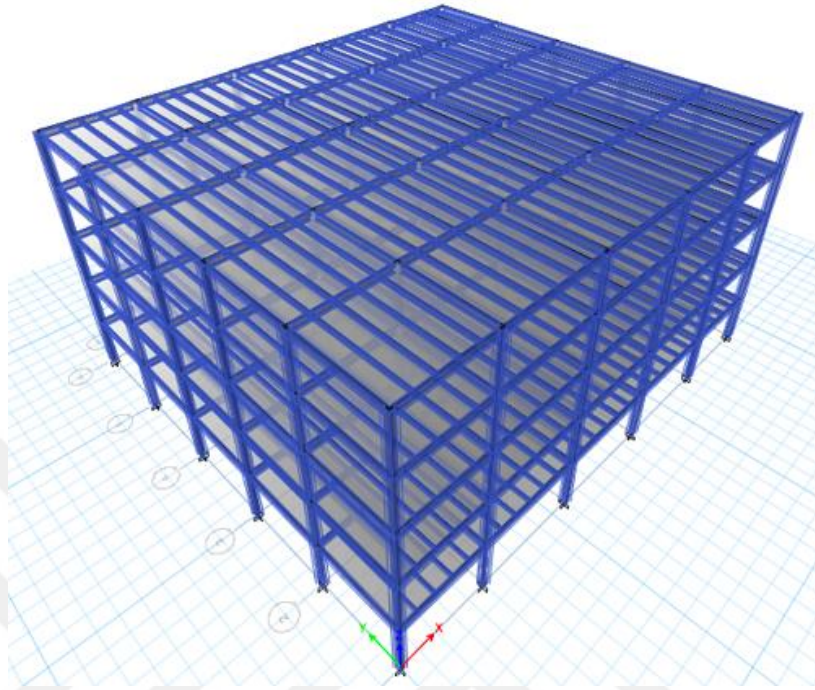
İkinci gruptaki Modellerin (Model 3, Model 4 ve Model 5), modellenmesi ve mod birleştirme yöntemi ile yapılan lineer analizi ve lineer analizinin sonuçları alt bölümlerde gösterilmiştir.

8.1.1. Model 3 taşıyıcı sistemin modellenmesi

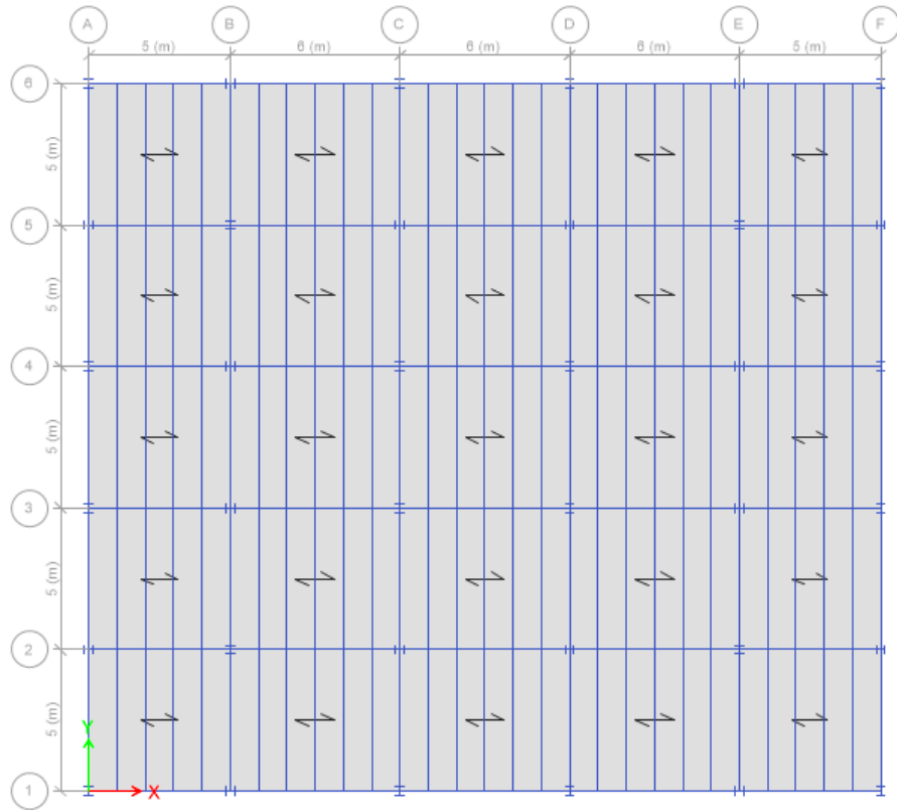
Bu modelde, kirişler kompozit olarak modellenmiştir. Kirişlerde ve tali kirişlerde kullanılan çelik profilleri sırayla IPE360 ve IPE220, bu modelin Kolonları ise çelik gömme kompozit olarak modellenmiştir Tablo (8.1.). Model 3'ün 3 boyutlu görünüşü Şekil (8.1.) ve kesit kat planı Şekil (8.2.)'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1. Model 3 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi	Kiriş	Kullanılan Malzeme
Çelik Gömme (400x400) mm 12Φ16 HE260B	IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275



Şekil 8.1. Model 3 3D görünüşü



Şekil 8.2. Model 3 kat kesit planı

8.1.1.1. Deprem yükü hesabı

TBDY 2018 Bölüm 4.3.2.2'e göre, kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılmıştır. Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$, $D=3$ olarak belirlenmiştir.

ÇYTHYE-2016 6.2.3'e göre genel analiz yöntemi ile ikinci mertebe teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere, eleman rijitlikleri açıklandığı şekilde azaltılacaktır. Kompozit kolonlar ve çelik çerçeve kirişlerinin kayma ve eksenel rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır. Kirişlerin eğilme rijitliği 0.8, kompozit kolonların eğilme rijitliği ise ÇYTHYE-2016 6.2.3 ve 12.2.5(d) uyarınca 0.64 katsayısı ile çarpılarak azaltılmıştır.

8.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TDBY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} < \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülecektir (Tablo 8.2.).

Tablo 8.2. Model 3 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E	β_{tE}
X	1661,78	1194,00	0,8	1,113
Y	1661,78	1233,76	0,8	1,078

8.1.1.3. Sonuçlar

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

8.1.1.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0,998 sn ve Y yönünde ise 0,965 sn olarak elde edilmiştir.

8.1.1.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'te, mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (8.3.)'te verilmiştir.

Tablo 8.3. Model 3 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	576,92	570,22
4	803,54	803,68
3	970,45	972,51
2	1127,80	1132,15
1	1328,92	1328,77

8.1.1.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

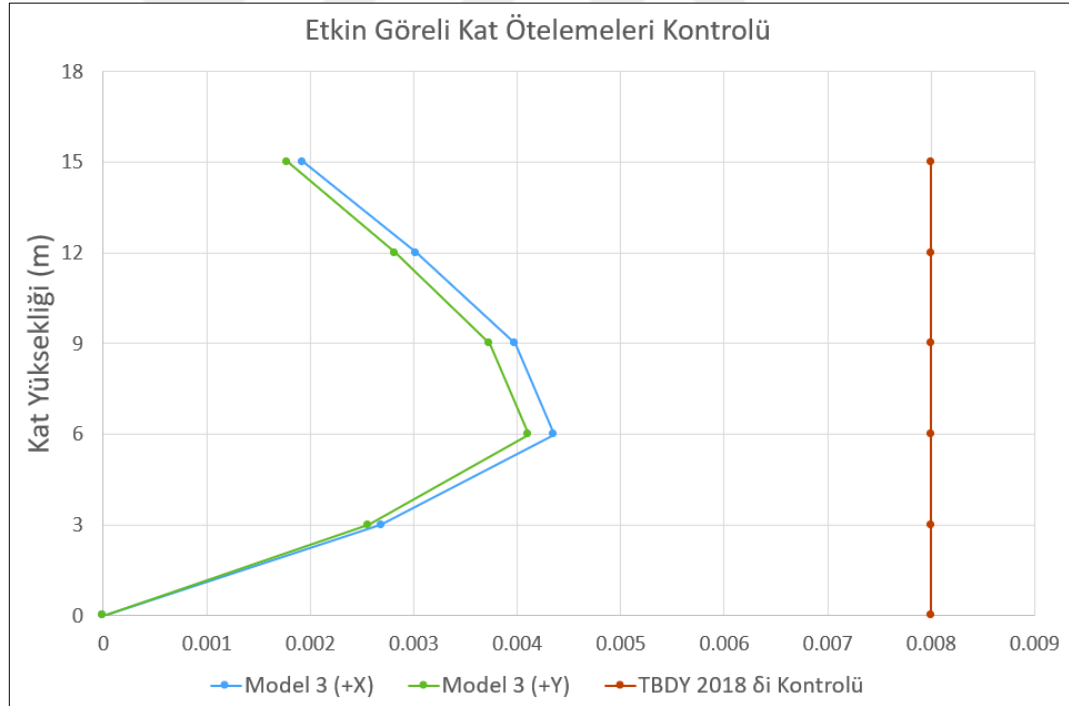
Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (8.4.) ve Tablo (8.5.)'te verilmiştir.

Tablo 8.4. Model 3 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	16,791	2,029	16,232	0.00193161	0,008	✓
4	3000	14,762	3,180	25,440	0.00302736	0,008	✓
3	3000	11,582	4,183	33,464	0.00398222	0,008	✓
2	3000	7,399	4,575	36,600	0.0043554	0,008	✓
1	3000	2,824	2,824	22,592	0.00268845	0,008	✓

Tablo 8.5. Model 3 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δi_Y (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	15,770	1,871	14,968	0.00178119	0,008	✓
4	3000	13,899	2,964	23,712	0.00282173	0,008	✓
3	3000	10,935	3,922	31,376	0.00373374	0,008	✓
2	3000	7,013	4,318	34,544	0.00411074	0,008	✓
1	3000	2,695	2,695	21,56	0.00256564	0,008	✓



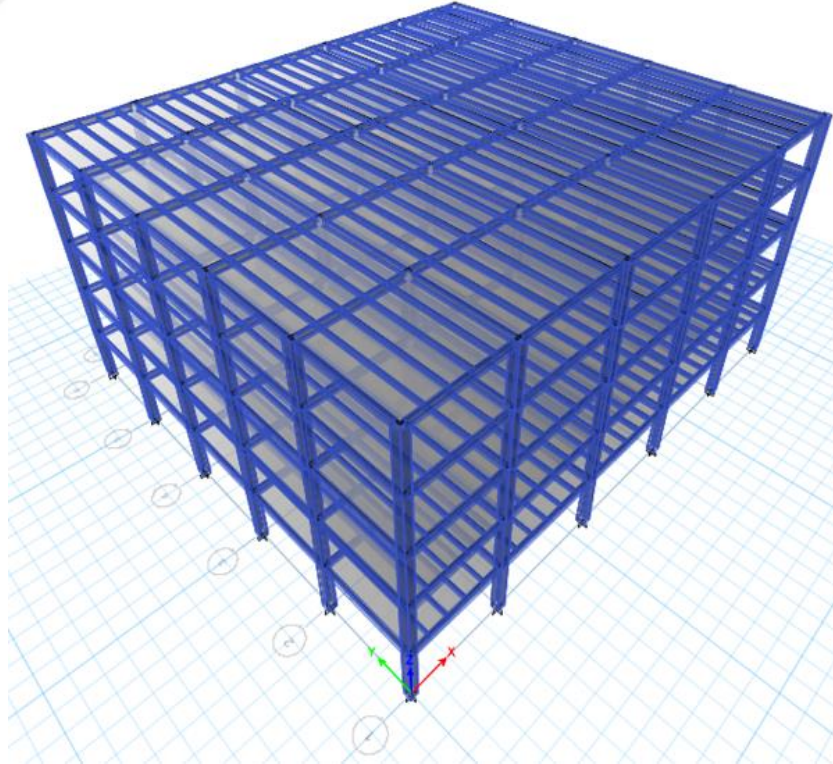
Şekil 8.3. Model 3 etkin göreli kat ötelemeleri kontrolü

8.1.2. Model 4 taşıyıcı sistemin modellenmesi

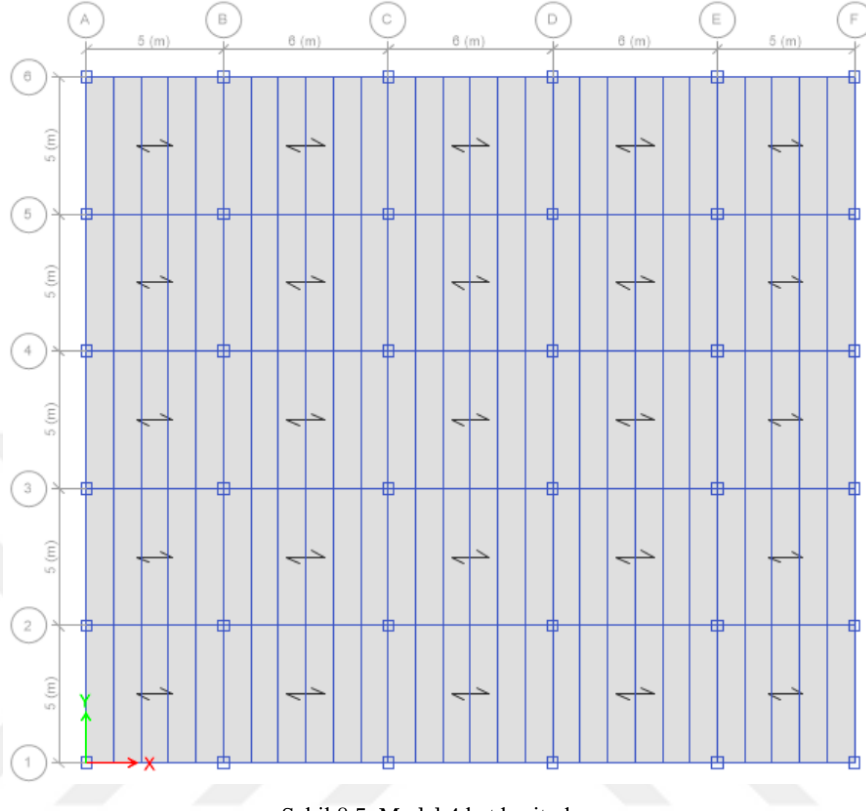
Bu modelde, kirişler (Model 3)'te olduğu gibi kompozit olarak modellenmiştir. Kirişlerde ve tali kirişlerde kullanılan çelik profilleri sırayla IPE360 ve IPE220, bu modelin Kolonları ise beton dolgulu kompozit olarak modellenmiştir (Tablo 8.6.). Model 4'ün 3 boyutlu görünüşü Şekil (8.4.) ve kesit kat planı Şekil (8.5.)'te gösterilmiştir.

Tablo 8.6. Model 4 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi	Kiriş	Kullanılan Malzeme
Donatısız Beton Dolgulu (400x400) mm t=15 mm	IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 S275



Şekil 8.4. Model 4 3D görünüşü



Şekil 8.5. Model 4 kat kesit planı

8.1.2.1. Deprem yükü hesabı

TBDY 2018 Bölüm 4.3.2.2'e göre, kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılacaktır. Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$, $D=3$ olarak belirlenmiştir.

ÇYTHYE-2016 6.2.3'e göre genel analiz yöntemi ile ikinci mertbe teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere, eleman rijitlikleri açıklandığı şekilde azaltılacaktır. Kompozit kolonlar ve çelik çerçeve kirişlerinin kayma ve eksenel rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır. Kirişlerin eğilme rijitliği 0.8, kompozit kolonların eğilme rijitliği ise ÇYTHYE-2016 6.2.3 ve 12.2.5(d) uyarınca 0.64 katsayısı ile çarpılarak azaltılmıştır.

8.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TDBY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} > \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} kullanılmayacaktır (Tablo 8.7.).

Tablo 8.7. Model 4 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E
X	1679,04	1361,49	0,8
Y	1679,04	1401,32	0,8

8.1.2.3. Sonuçlar

Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

8.1.2.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0,903 sn ve Y yönünde ise 0,875 sn olarak elde edilmiştir.

8.1.2.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'te, mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (8.8.)'de verilmiştir.

Tablo 8.8. Model 4 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	613,61	623,36
4	821,77	847,10
3	967,72	1002,29
2	1133,39	1174,50
1	1361,49	1401,32

8.1.2.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

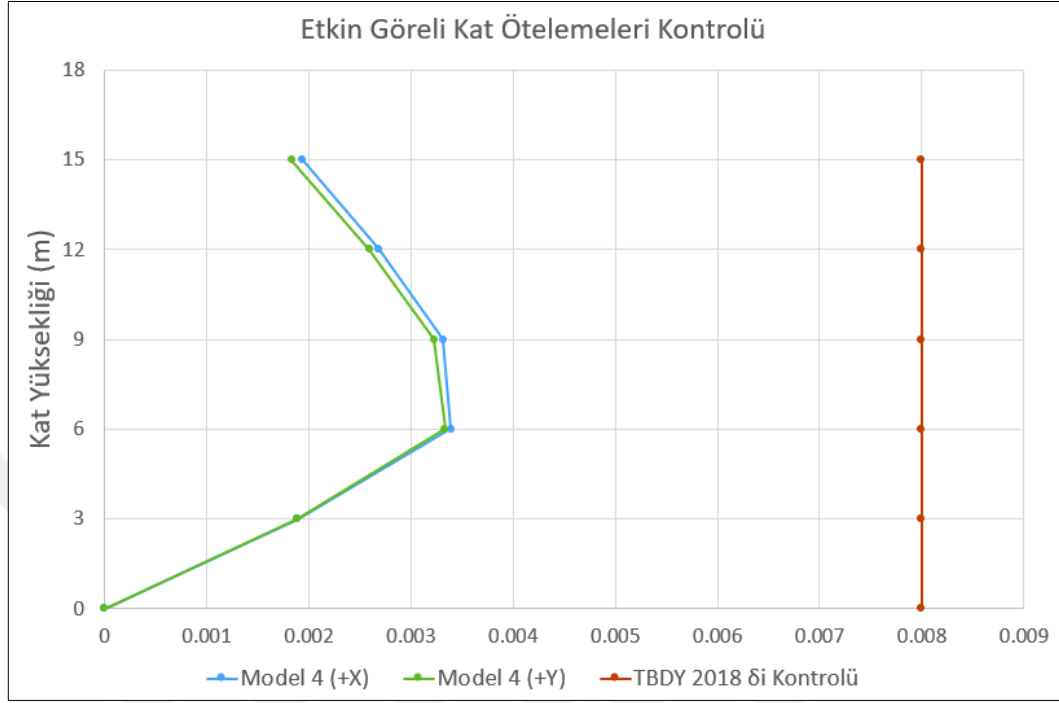
Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (8.9.) ve Tablo (8.10.)'da verilmiştir.

Tablo 8.9. Model 4 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=0.5$	
5	3000	13,906	2,040	16,32	0,00194208	0,008	✓
4	3000	11,866	2,828	22,624	0,00269226	0,008	✓
3	3000	9,038	3,485	27,88	0,00331772	0,008	✓
2	3000	5,553	3,564	28,512	0,00339293	0,008	✓
1	3000	1,989	1,989	15,912	0,00189353	0,008	✓

Tablo 8.10. Model 4 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δi_Y (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=0.5$	
5	3000	13,525	1,926	15,408	0,00183355	0,008	✓
4	3000	11,599	2,724	21,792	0,00259325	0,008	✓
3	3000	8,875	3,393	27,144	0,00323014	0,008	✓
2	3000	5,482	3,504	28,032	0,00333581	0,008	✓
1	3000	1,978	1,978	15,824	0,00188306	0,008	✓



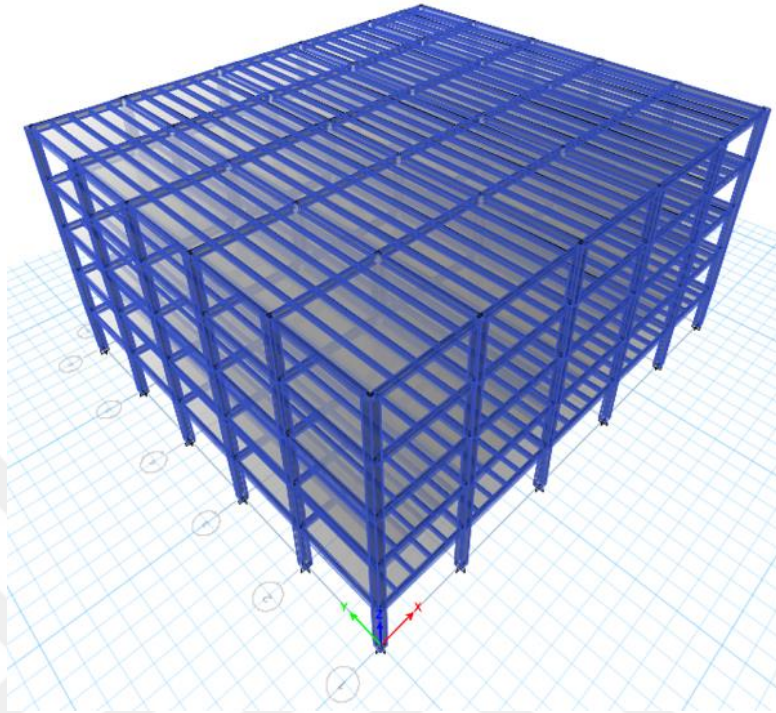
Şekil 8.6. Model 4 etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

8.1.3. Model 5 taşıyıcı sistemin modellenmesi

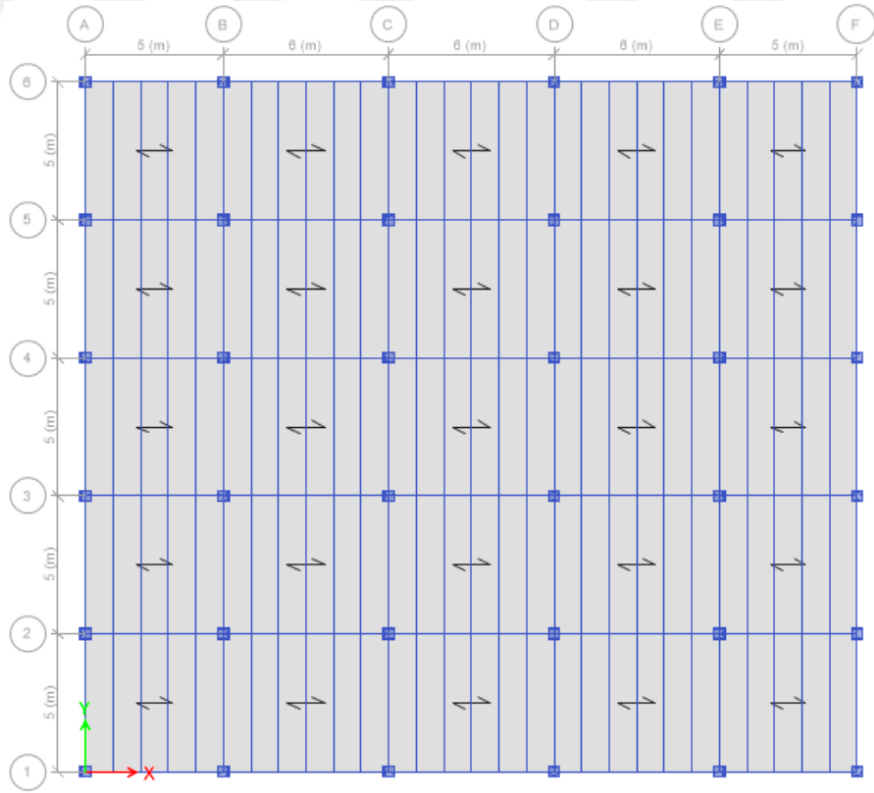
Bu modelde, kirişler (Model 3) ve (Model 4)'te olduğu gibi kompozit olarak modellenmiştir. Kirişlerde ve tali kirişlerde kullanılan çelik profilleri sırayla IPE360 ve IPE220, bu modelin Kolonları ise donatılı beton dolgulu kompozit olarak modellenmiştir (Tablo 8.11.). Bu modelin 3 boyutlu görünüşü Şekil (8.7.) ve kesit kat planı Şekil (8.8.)'de gösterilmiştir.

Tablo 8.11. Model 5 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi	Kiriş	Kullanılan Malzeme
Donatılı Beton Dolgulu (400x400) mm t=15 mm 12Φ14	IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275



Şekil 8.7. Model 5 3D görünüşü



Şekil 8.8. Model 5 kat kesit planı

8.1.3.1. Deprem yükü hesabı

TBDY 2018 Bölüm 4.3.2.2'e göre, kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılacaktır. Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$, $D=3$ olarak belirlenmiştir.

ÇYTHYE-2016 bölüm 6.2.3'e göre genel analiz yöntemi ile ikinci merteye teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere, eleman rijitlikleri açıklandığı şekilde azaltılacaktır. Kompozit kolonlar ve çelik çerçeve kirişlerinin kayma ve eksenel rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır. Kirişlerin eğilme rijitliği 0.8, kompozit kolonların eğilme rijitliği ise ÇYTHYE-2016 6.2.3 ve 12.2.5(d) uyarınca 0.64 katsayısı ile çarpılarak azaltılmıştır.

8.1.3.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TBDY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} > \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} kullanılmayacaktır (Tablo 8.12.).

Tablo 8.12. Model 5 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E
X	1681,88	1367,9	0,8
Y	1681,88	1407,02	0,8

8.1.3.3. Sonuçlar

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

8.1.3.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0,9 sn ve Y yönünde ise 0,872 sn olarak elde edilmiştir.

8.1.3.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'te, mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (8.13.)'te verilmiştir.

Tablo 8.13. Model 5 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	618,25	627,87
4	825,52	850,55
3	970,14	1004,26
2	1136,88	1177,38
1	1367,90	1407,02

8.1.3.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

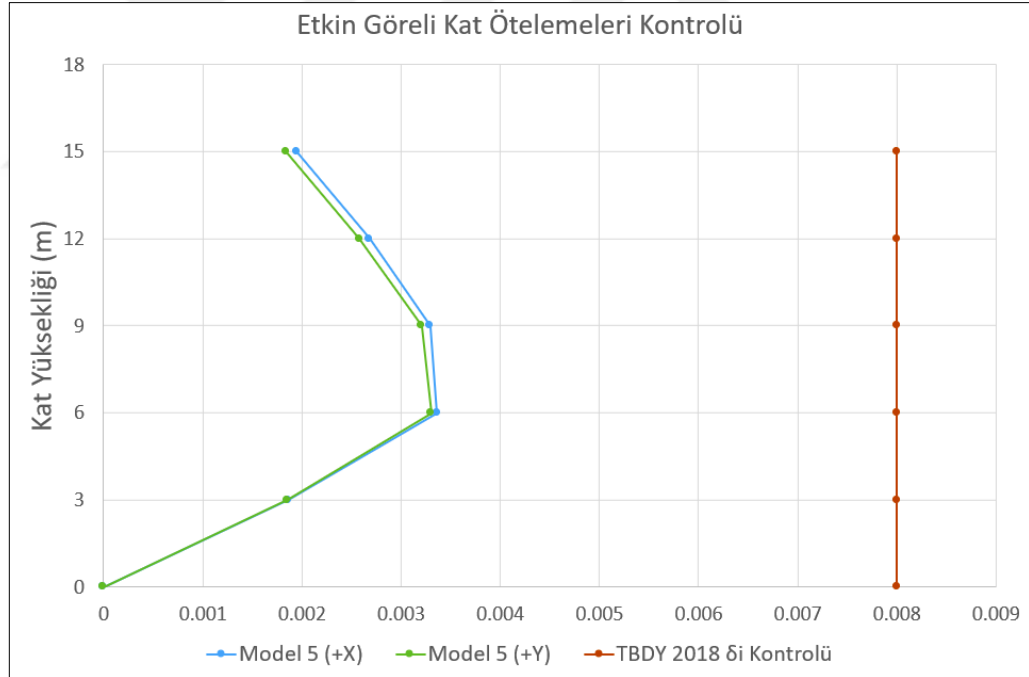
Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (8.14.) ve Tablo (8.15.)'te verilmiştir.

Tablo 8.14. Model 5 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	13,817	2,045	16,36	0,00194684	0,008	✓
4	3000	11,772	2,818	22,544	0,002682736	0,008	✓
3	3000	8,954	3,462	27,696	0,003295824	0,008	✓
2	3000	5,492	3,531	28,248	0,003361512	0,008	✓
1	3000	1,961	1,961	15,688	0,001866872	0,008	✓

Tablo 8.15. Model 5 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δi_Y (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	13,430	1,930	15,44	0,00183736	0,008	✓
4	3000	11,500	2,712	21,696	0,002581824	0,008	✓
3	3000	8,788	3,369	26,952	0,003207288	0,008	✓
2	3000	5,419	3,469	27,752	0,003302488	0,008	✓
1	3000	1,950	1,950	15,6	0,0018564	0,008	✓



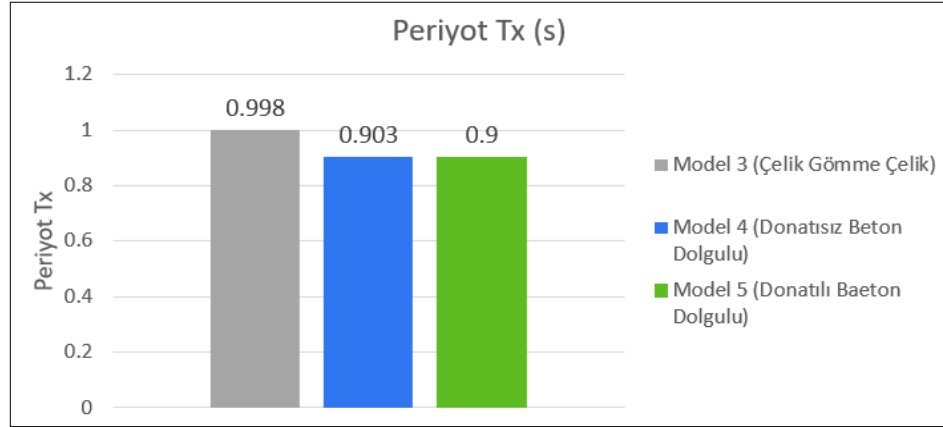
Şekil 8.9. Model 5 etkin göreli ötelemeleri kat kontrolü

8.1.4. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması

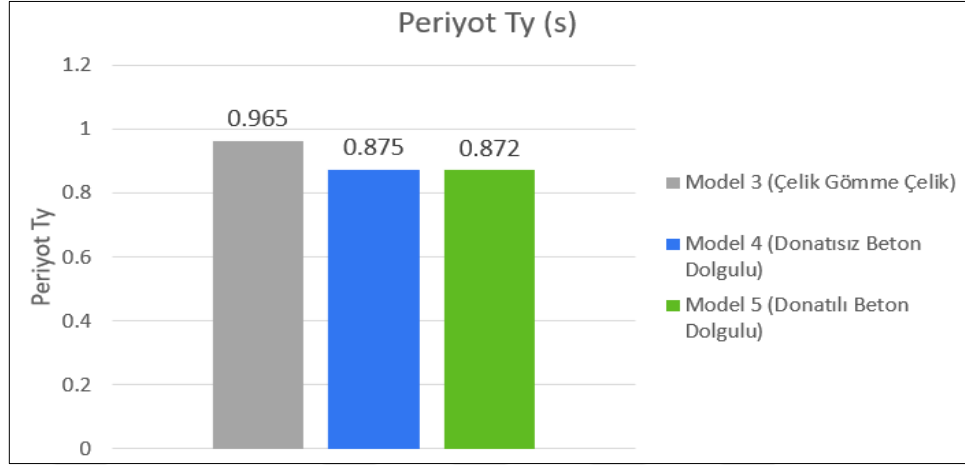
İkinci gruptaki Modellerin (Model 3, Model 4 ve Model 5), periyotları, kat kesme kuvvetleri ve kat ötelemeleri karşılaştırılması alt bölümlerde yapılmıştır.

8.1.4.1. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırması

Beton dolgulu kompozit modellerinin (Model 4 ve Model 5), hem (+X) (Şekil 8.10.) hem de (+Y) yönünde (Şekil 8.11.) periyotları, çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e göre azalmıştır. Model 3'te (+X) ve (+Y) yönlerinde periyotlar sırayla 0,998 sn ve 0,965 sn, Model 4'te (+X) yönünde 0,903 sn ve (+Y) yönünde 0,875 sn ve Model 5'te (+X) yönünde 0,9 sn ve (+Y) yönünde 0,872 sn olarak hesaplanmıştır. Donatılı ve donatısız beton dolgulu kompozit yapılarının periyotları birbirine çok yakın çıkmıştır.



Şekil 8.10. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri



Şekil 8.11. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri

8.1.4.2. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

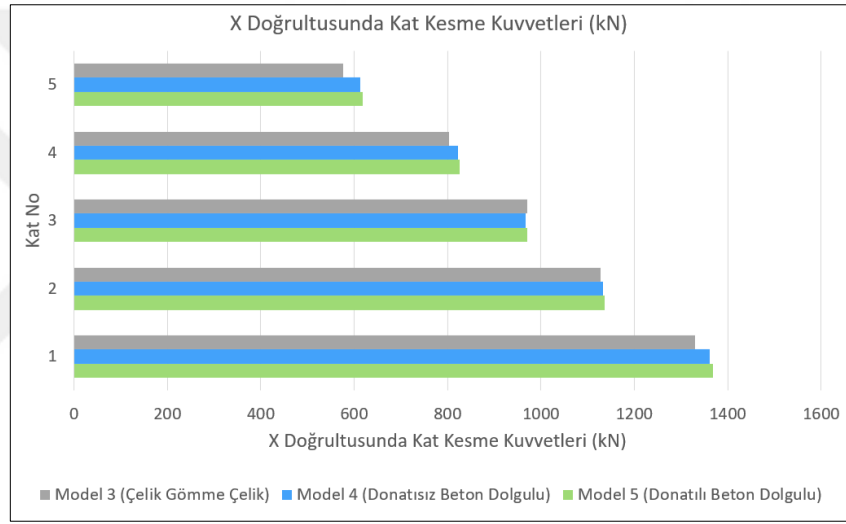
Çelik gömme kompozit (Model 3), beton dolgulu kompozit (Model 4) ve donatılı beton dolgulu kompozit (Model 5) yapılara ait (+X) ve (+Y) doğrultularında, kat kesme kuvvetleri Tablo (8.16.)’da verilmiştir.

Tablo 8.16. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri

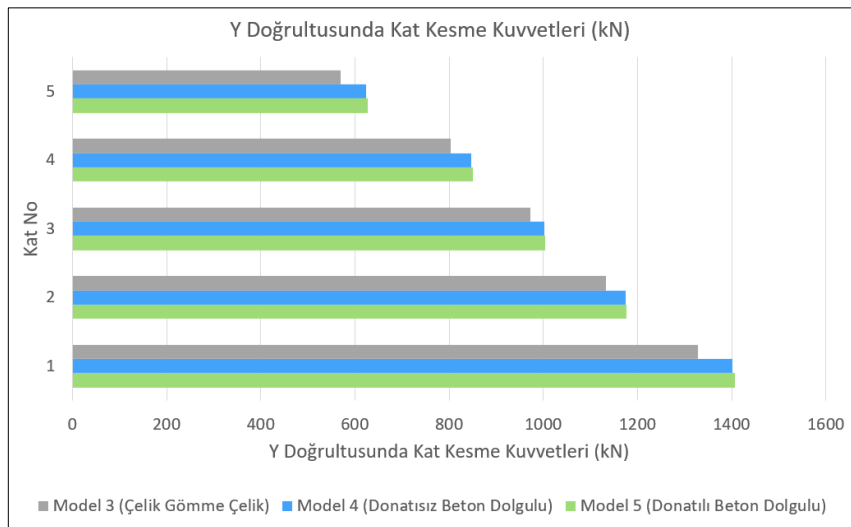
Kat No	Çelik Gömme Kompozit yapı (Model 3)		Donatısız Beton Dolgulu Kompozit yapı (Model 4)		Donatılı Beton Dolgulu Kompozit yapı (Model 5)	
	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	576,92	570,22	613,61	623,36	618,25	627,87
4	803,54	803,68	821,77	847,10	825,52	850,55
3	970,45	972,51	967,72	1002,29	970,14	1004,26
2	1127,80	1132,15	1133,39	1174,50	1136,88	1177,38
1	1328,92	1328,77	1361,49	1401,32	1367,90	1407,02

Çelik gömme kompozit yapının (Model 3) ağırlığı 27532 kN, donatısız beton dolgulu kompozit yapının (Model 4) ağırlığı 27847 kN ve donatılı beton dolgulu kompozit yapının (Model 5) ağırlığı 27899 kN olarak bulunmuştur. Beton dolgulu kompozit modellerin (Model 4 ve Model 5), daha fazla ağırlığa ve daha küçük periyot değerlerine sahip olduğundan, çelik gömme kompozit yapı (Model 3)’e göre hem (+X) hem de (+Y)

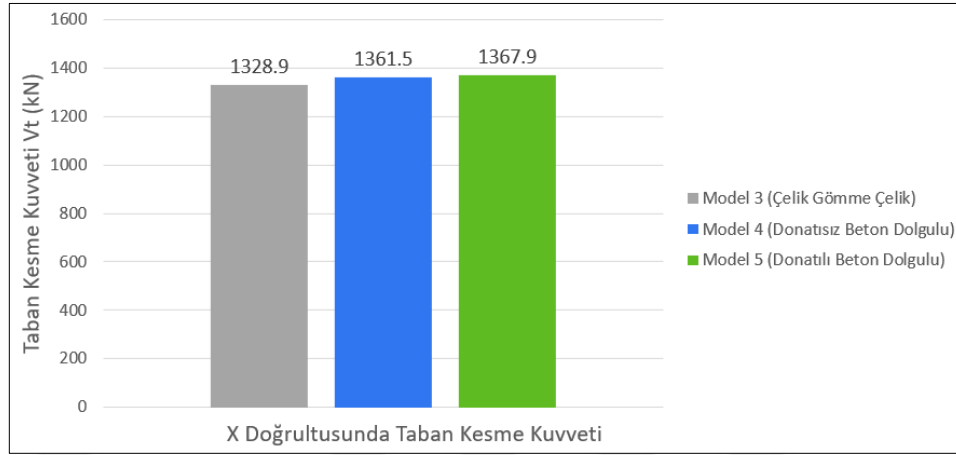
yönlerinde daha büyük kat kesme kuvvetleri meydana gelmiştir (Şekil 8.12. ve Şekil 8.13.). Model 3'te (+X) ve (+Y) yönlerinde taban kesme kuvvetleri sırayla 1328,9 kN ve 1328,8 kN, Model 4'te (+X) yönünde 1361,5 kN ve (+Y) yönünde 1401,3 kN ve Model 5'te (+X) yönünde 1367,9 kN ve (+Y) yönünde 1407 kN olarak hesaplanmıştır. Donatılı ve donatısız beton dolgulu kompozit yapılarının kat kesme kuvvetleri birbirine yakın, ancak donatılı beton dolgulu kompozit yapının (Model 5) kat kesme kuvvetleri biraz büyük çıkmıştır.



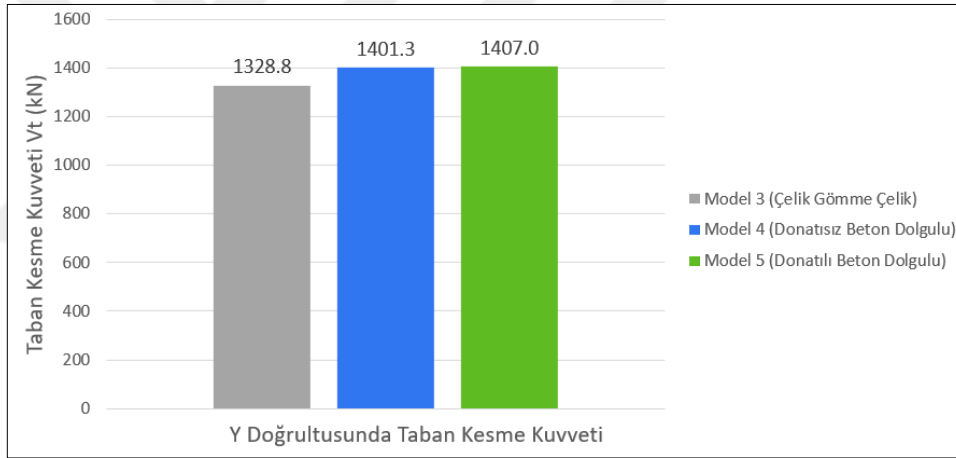
Şekil 8.12. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 8.13. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 8.14. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri



Şekil 8.15. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri

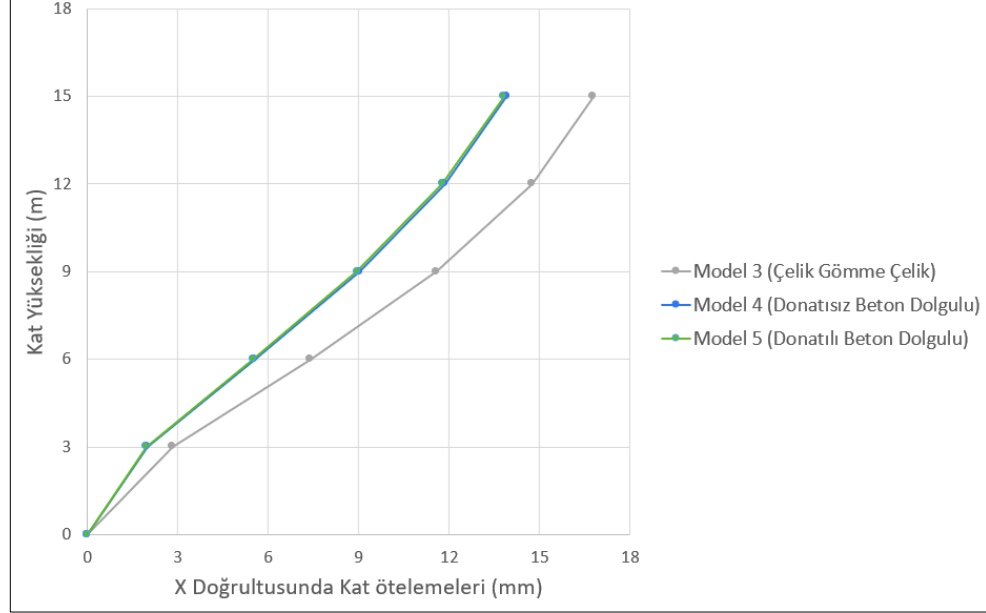
8.1.4.3. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Çelik gömme kompozit (Model 3), beton dolgulu kompozit (Model 4) ve donatılı beton dolgulu kompozit (Model 5) yapılarına ait (+X) ve (+Y) doğrultularında, kat ötelemeleri Tablo (8.17.)’de verilmiştir.

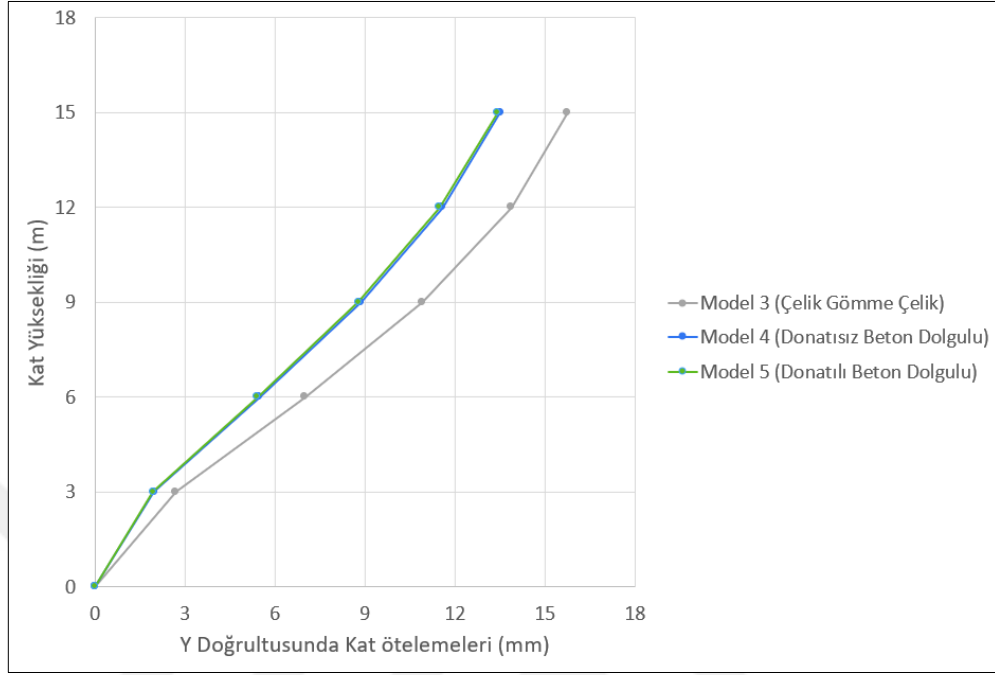
Tablo 8.17. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri

Kat No	Çelik Gömme Kompozit yapı (Model 3)		Donatısız Beton Dolgulu Kompozit yapı (Model 4)		Donatılı Beton Dolgulu Kompozit yapı (Model 5)	
	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)
5	16,791	15,770	13,906	13,525	13,817	13,430
4	14,762	13,899	11,866	11,599	11,772	11,500
3	11,582	10,935	9,038	8,875	8,954	8,788
2	7,399	7,013	5,553	5,482	5,492	5,419
1	2,824	2,695	1,989	1,978	1,961	1,950

Beton dolgulu kompozit modellerde (Model 4 ve Model 5), çelik gömme kompozit (Model 3)'e göre hem (+X) hem de (+Y) yönlerinde daha az kat ötelemeleri meydana gelmiştir (Şekil 8.16. ve Şekil 8.17.). Model 3'te (+X) ve (+Y) doğrultularında tepe noktasının deplasmanı sırayla 16,79 ve 15,77 mm, Model 4'te (+X) doğrultusunda 13,91 mm ve (+Y) doğrultusunda 13,53 mm ve Model 5'te (+X) doğrultusunda 13,82 mm ve (+Y) doğrultusunda 13,43 mm olarak hesaplanmıştır. Donatılı ve donatısız beton dolgulu kompozit yapılarının kat ötelemeleri birbirine çok yakın çıkmıştır.



Şekil 8.16. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri



Şekil 8.17. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri

8.2. İkinci Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi

İkinci gruptaki Modellerin (Model 3, Model 4 ve Model 5) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterilmiştir.

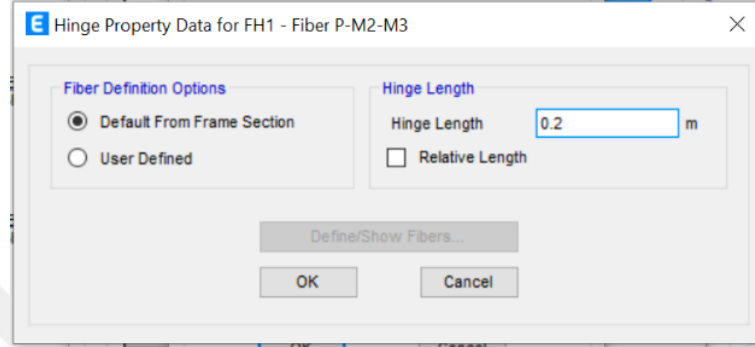
8.2.1. Model 3 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

Çelik gömme kompozit yapının (Model 3) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

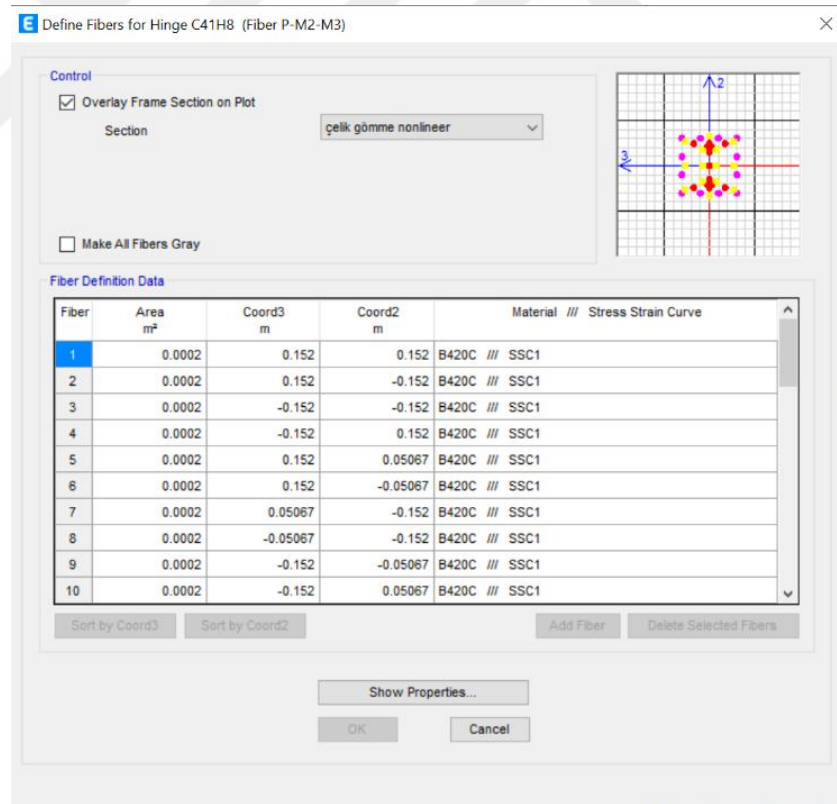
8.2.1.1. Model 3 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Çelik gömme kompozit yapının (Model 3), Kolonlarının doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımı yapılmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsalları seçilmiştir. Mafsalları

tanımlarken plastik mafsal boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 8.18.). Plastik mafsal boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,4 = 0,2$ m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.18. Çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsal boyunun tanımlanması



Şekil 8.19. Çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri

Çelik kirişlerin akma dönmesi Denklem (5.5)'ten hesaplanmıştır (Tablo 8.18.). Plastik mafsallar Şekil (8.20.) ve Şekil (8.21.)'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (Tablo 5.2.)'e göre tanımlanmıştır (Tablo 8.19.).

Tablo 8.18. Çelik kirişlerin akma dönmesinin hesabı

	IPE360 6 m	IPE360 5 m
$W_p (m^3)$	0,001019	0,001019
$L_b (m)$	6	5
$f_{ye} (KN/m^2)$	357500	357500
$E (kN/m^2)$	200000000	200000000
$I (m^4)$	0,0001627	0,0001627
$\theta_y (rad)$	0,01120	0,00933

Tablo 8.19. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları

SH	KH	GÖ
$1 \theta_y$	$6 \theta_y$	$9 \theta_y$

Hinge Property Data for IPE 360 5 m - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-11
D	-0.2	-10
C	-1.25	-9
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.25	9
D	0.2	10
E	0.2	11

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☒ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Positive Moment SF: Negative Moment SF: kN-m

Positive Rotation SF: Negative Rotation SF: 0.00933

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Immediate Occupancy: Positive: Negative:

Life Safety: Positive: Negative:

Collapse Prevention: Positive: Negative:

1

6

9

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length:

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis: Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 8.20. 5 m uzunluktaki çelik kirişlerin plastik mafsallarının tanımlanması

Hinge Property Data for IPE 360 6m - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-11
D	-0.2	-10
C	-1.25	-9
B	-1	0
A	0	0
S	1	0
C	1.25	9
D	0.2	10
E	0.2	11

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☒ Use Yield Moment Moment SF Positive Negative kN-m

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only) Rotation SF 0.0112

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy Positive Negative 1

☐ Life Safety 6

☐ Collapse Prevention 9

☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature Hinge Length

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

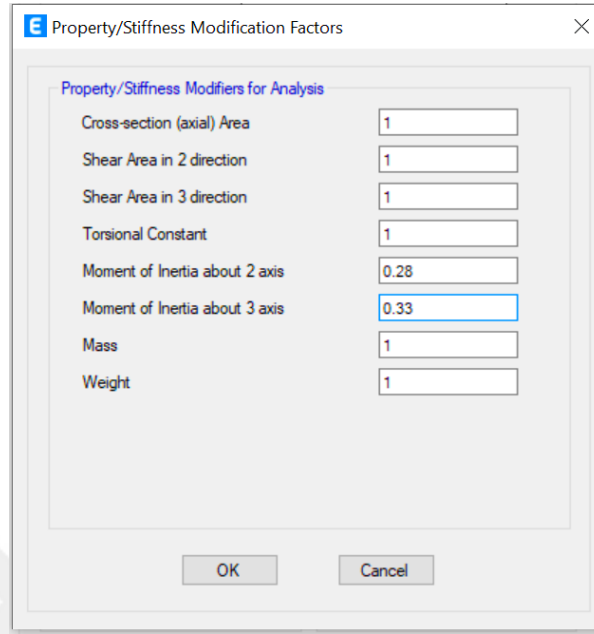
Şekil 8.21. 6 m uzunluktaki çelik kirişlerin plastik mafsallarının tanımlanması

8.2.1.2. Model 3 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Çelik gömme kompozit kolonların etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (8.20.)'de belirlenmiştir. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (7.22.)'de gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır. Etkin kesit rijitliği çarpanı hesabında betonarme kesitlerde kullanılan denklemler kullanılmıştır.

Tablo 8.20. Model 3 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	ÇG Kompozit Kolon (Güçlü eksen)	ÇG Kompozit Kolon (Zayıf eksen)
EI_e (kNm ²)	29473,32	20190,59
M_y (kN.m)	690	492
L_s (m)	1,32	1,32
θ_y (rad)	0,010300842	0,010721829
ϕ_y (rad/m)	0,0135	0,0142
η	1	1
h (m)	0,4	0,4
d_b (m)	0,016	0,016
f_{ye} (MPa)	504	504
f_{ce} (MPa)	39	39
EI_o (kNm ²)	89354	72719,5
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,33	0,28

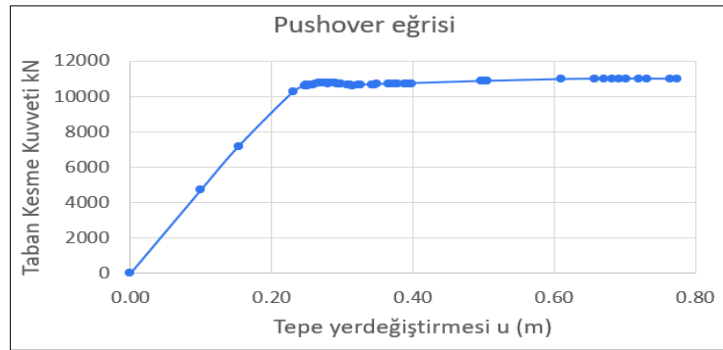


Şekil 8.22. Çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

8.2.1.3. Model 3 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

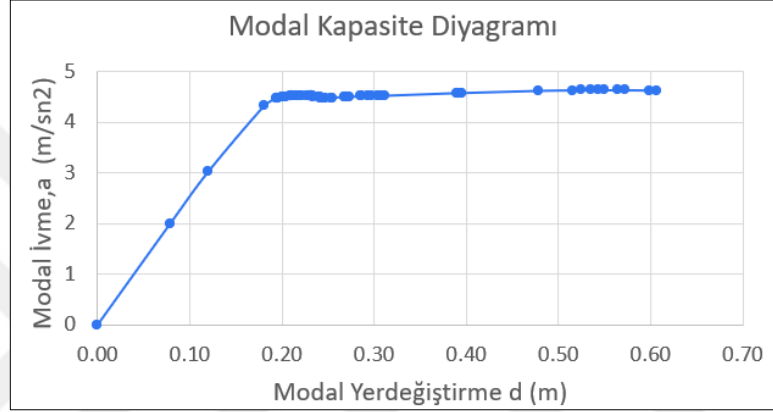
8.2.1.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğişirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.23.)'te verilmiştir.



Şekil 8.23. Model 3 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirme $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. X doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.24.)'de verilmiştir.



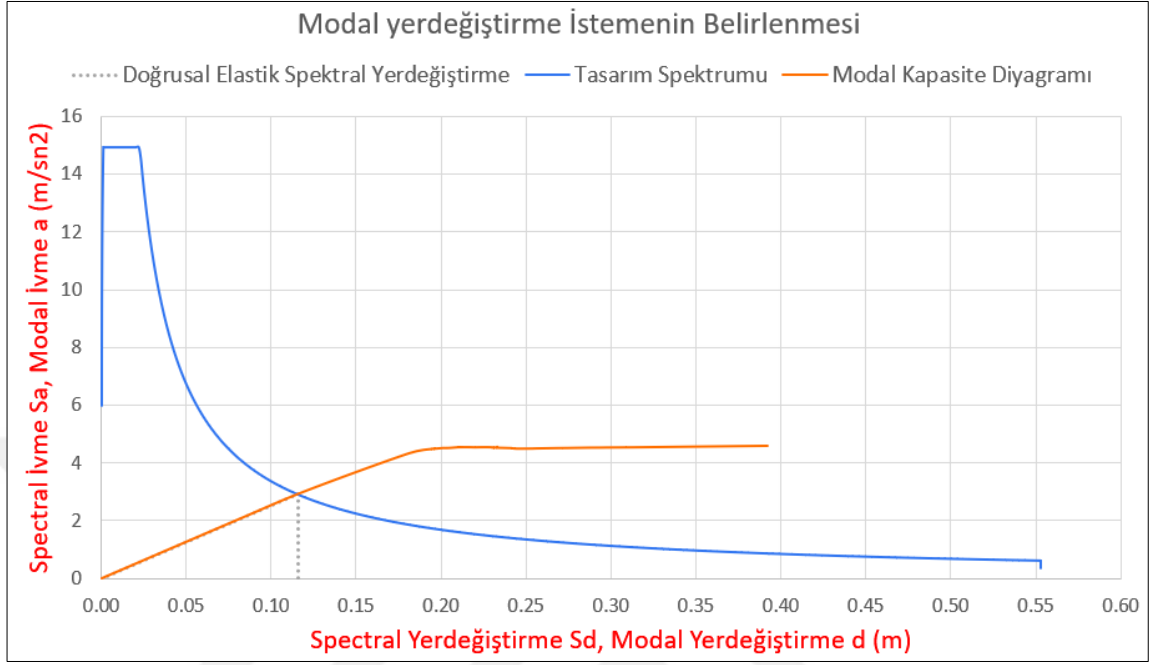
Şekil 8.24. Model 3 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.21.)'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8.21. Model 3 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(x.1)}$ (1/m)
5	4616,4	470,6	0,026349745	12,39969	49,16867	0,32672869	1,015012	48,44
4	5728,4	583,9	0,024086782	14,06511		0,33878322		
3	5728,4	583,9	0,019651602	11,47525		0,22550711		
2	5728,4	583,9	0,013319962	7,77799		0,10360252		
1	5728,4	583,9	0,005909265	3,45063		0,02039066		
	27532	2806,3		49,168667		1,01501220		

Koordinatları X doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.25.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değiştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 8.25. Model 3 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

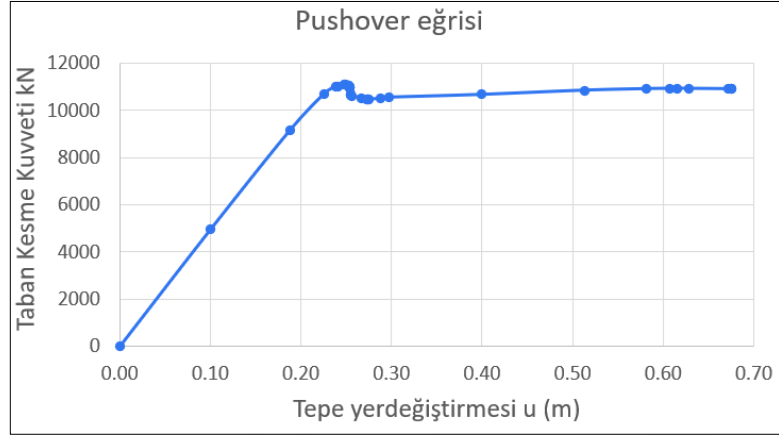
Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} hesaplanmıştır (Tablo 8.22.). Çelik gömme kompozit yapının (Model 3) X doğrultusunda hesaplanan yer değıştirme istemi 0.148 m olarak bulunmuştur.

Tablo 8.22. Model 3 X doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{xN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_1 * \Gamma_{x1} * \Phi_{xN1}$
0,026349745	48,44	0,116	0,148

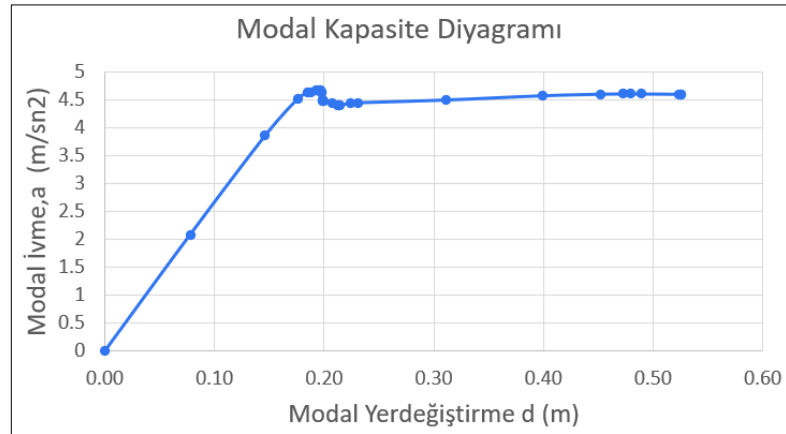
8.2.1.3.2. Y yönünde depremin yer değıştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Y doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.26.)'de gösterilmiştir.



Şekil 8.26. Model 3 Y doğruştusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğruştusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğruştusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Y doğruştusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.27.)'de verilmiştir.



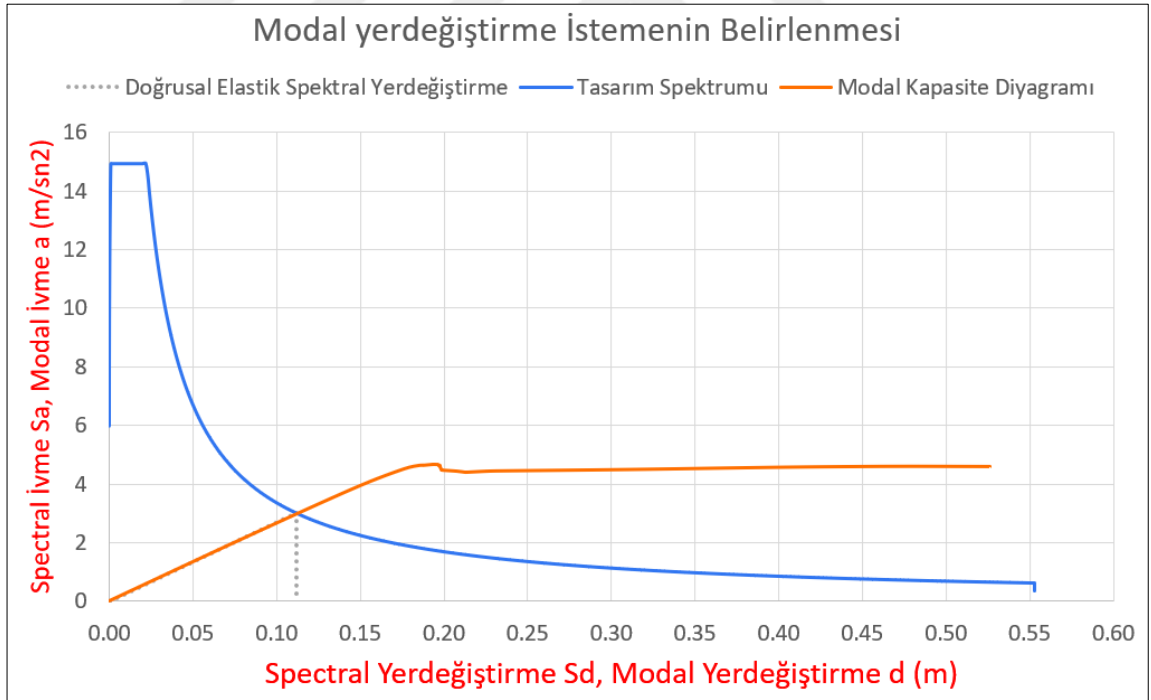
Şekil 8.27. Model 3 Y doğruştusunda modal kapasite diyagramı

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait Y doğruştusunda, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.23.)'te gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

Şekil 8.23. Model 3 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(Y,1)}$ (1/m)
5	4616,4	470,6	0,026714745	12,57145	49,88279	0,33584313	1,0373718	48,09
4	5728,4	583,9	0,02434714	14,21714		0,34614673		
3	5728,4	583,9	0,019760482	11,53883		0,22801288		
2	5728,4	583,9	0,013235349	7,72858		0,10229046		
1	5728,4	583,9	0,006553445	3,82678		0,02507862		
	27532	2806,3		49,882791		1,03737184		

Koordinatları Y doğrultusunda çelik gömme kompozit yapı (Model 3)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.28.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 8.28. Model 3 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

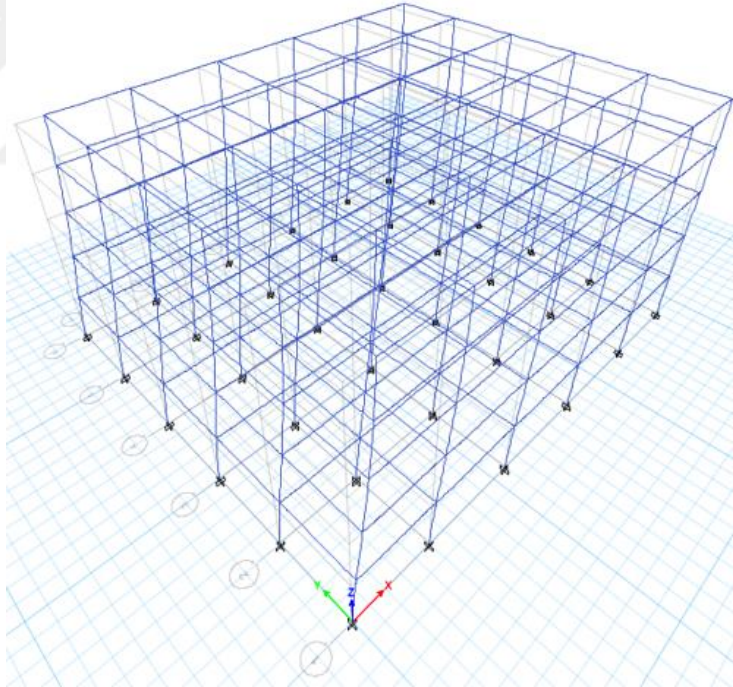
Elde edilen modal yer değıştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} hesaplanmıştır (Tablo 8.24.). Çelik gömme kompozit yapının (Model 3) Y doğrultusunda hesaplanan yer değıştirme istemi 0.144 m olarak bulunmuştur.

Tablo 8.24. Model 3 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,026714745	48,09	0,112	0,144

8.2.1.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3), X doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NX1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.29.)'da, çelik gömme yapı (Model 3)'te, hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. Çelik gömme kompozit yapının kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.

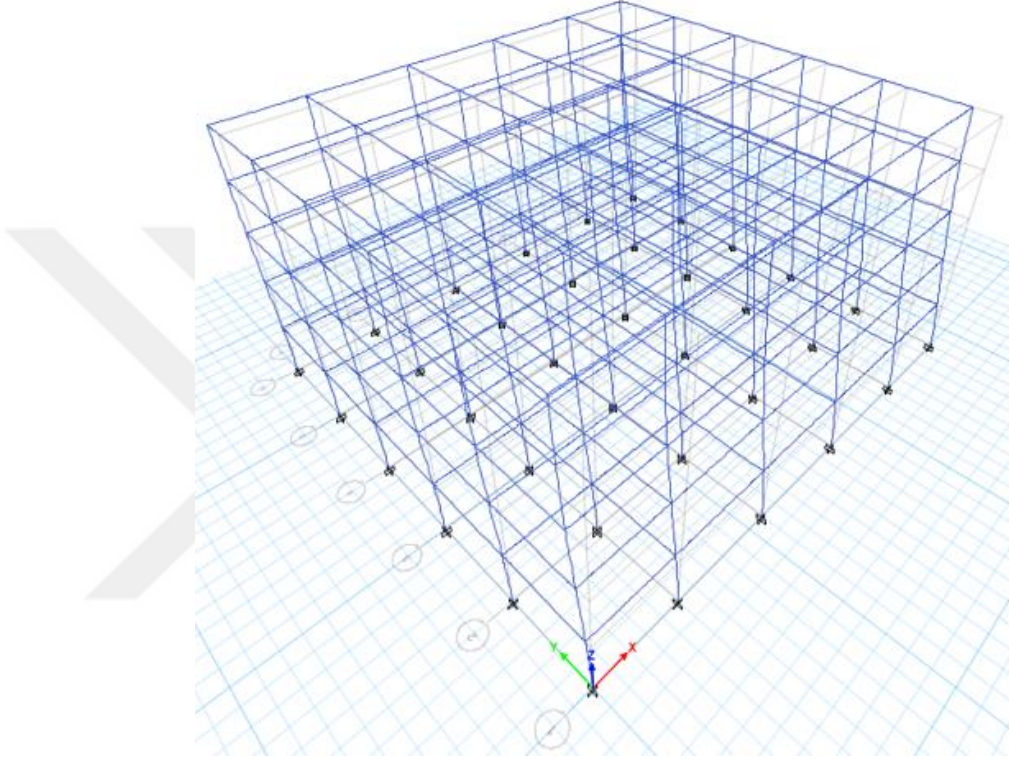


Şekil 8.29. Model 3 X doğrultusunda hasar durumu

8.2.1.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3), Y doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.30.)'da,

elik gömme yapıda (Model 3), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. elik gömme kompozit yapı kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.



şekil 8.30. Model 3 Y doğrultusunda hasar durumu

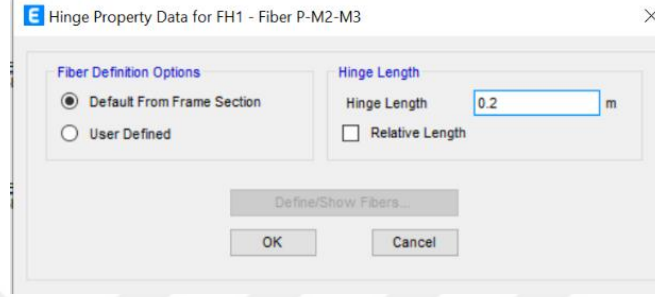
8.2.2. Model 4 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

Beton dolgulu kompozit yapının (Model 4) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapılıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

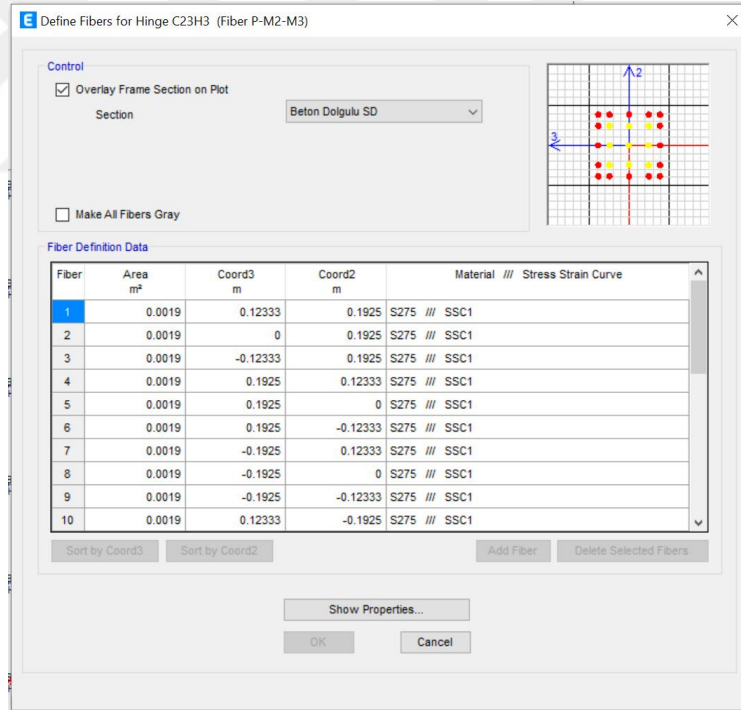
8.2.2.1. Model 4 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Beton dolgulu kompozit kolonların doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımlanmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall

Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsalsal tipi seçilmiştir. Mafsalsal tanımlarken plastik mafsalsal boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 8.31.). Plastik mafsalsal boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,4 = 0,2$ m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.31. Beton dolgulu kompozit kolonun mafsalsal boyunun tanımlanması



Şekil 8.32. Beton dolgulu kompozit kolonun lif özellikleri

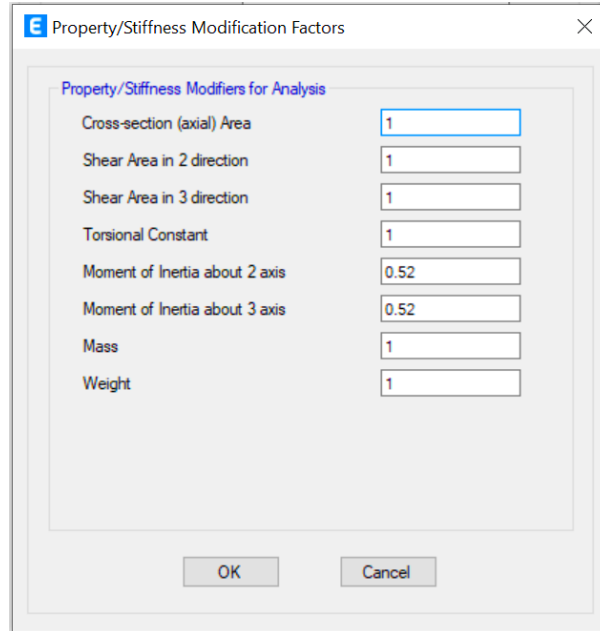
Model 3'te olduğu gibi çelik kirişlerin akma dönmesi Denklem (5.5)'ten hesaplanarak plastik mafsallar tanımlanmıştır. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (Tablo 5.2.)'e göre tanımlanmıştır.

8.2.2.2. Model 4 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Beton dolgulu kompozit kolonların etkin kesit rijitliği çarpanı hesabında betonarme kesitlerde kullanılan denklemler kullanılmıştır. Beton dolgulu kompozit kolonlarda etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (8.25.)'te hesaplanmıştır. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (8.33.)'te gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır. Model 4'ün etkin kesit rijitliği çarpanı Model 3'e göre daha büyük çıkmıştır.

Tablo 8.25. Model 4 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	BD Kompozit Kolon
EI_e (kNm ²)	84396,85
M_y (kN.m)	1252
L_s (m)	1,32
θ_v (rad)	0,006527258
ϕ_v (rad/m)	0,009876
η	1
h (m)	0,4
d_b (m)	0
f_{ve} (MPa)	0
f_{ce} (MPa)	39
EI_o (kNm ²)	161160
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,52

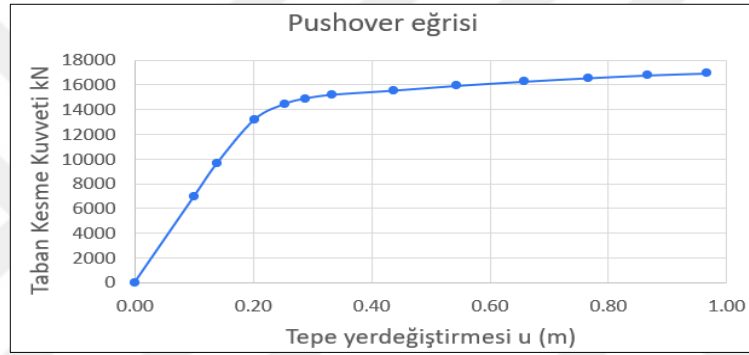


Şekil 8.33. Beton dolgulu kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

8.2.2.3. Model 4 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

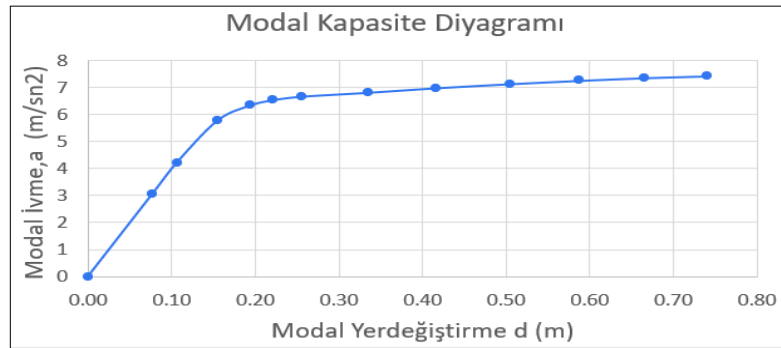
8.2.2.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda beton dolgulu kompozit yapı (Model 4) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.34.)'de verilmiştir.



Şekil 8.34. Model 4 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.35.)'de verilmiştir.



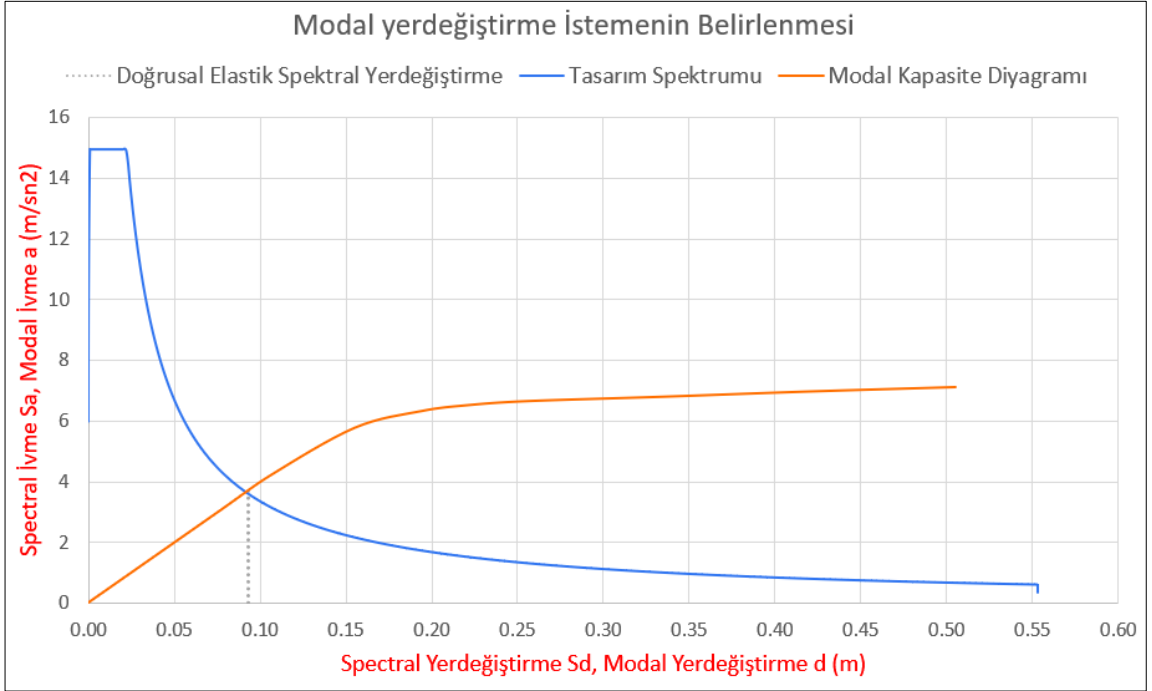
Şekil 8.35. Model 4 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.26.)'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8.26. Model 4 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(X.1)}$ (1/m)
5	4679,4	477,0	0,027437704	13,08787	48,64340	0,35910107	1,0229012	47,55
4	5791,4	590,4	0,024305765	14,34907		0,34876520		
3	5791,4	590,4	0,019091828	11,27099		0,21518381		
2	5791,4	590,4	0,012124194	7,15760		0,08678013		
1	5791,4	590,4	0,004705406	2,77787		0,01307100		
	27847	2838,4		48,643400		1,02290120		

Koordinatları X doğrultusunda beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.36.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 8.36. Model 4 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

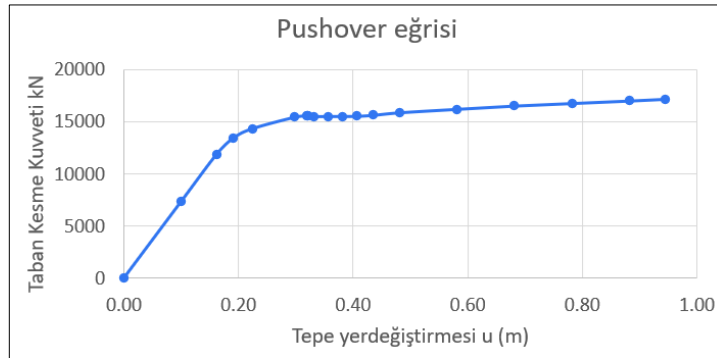
Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 8.27.). Beton dolgulu kompozit yapının (Model 4) X doğrultusunda hesaplanan yer değıştirme istemi 0.121 m olarak bulunmuştur. Model 4'ün X yönünde hesaplanan tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} Model 3'e göre %18,2 daha az çıkmıştır.

Tablo 8.27. Model 4 X doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{xN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_1 * \Gamma_{x1} * \Phi_{xN1}$
0,027437704	47,55	0,93	0,121

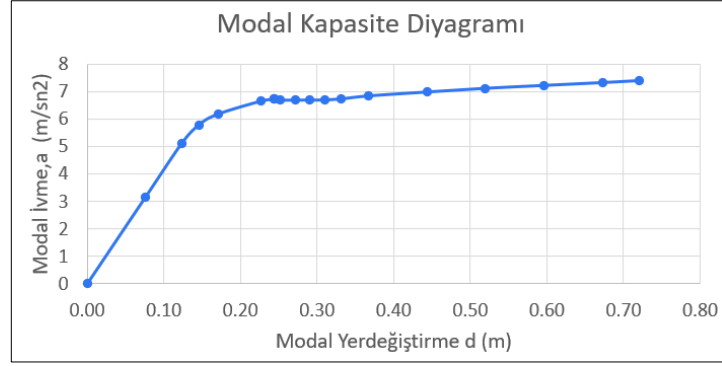
8.2.2.3.2. Y yönünde depremin yer değıştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Y doğrultusunda beton dolgulu kompozit yapı (Model 4) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğıştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.37.)'de verilmiştir.



Şekil 8.37. Model 4 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğıştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değıştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait Y doğrultusunda, modal sözde ivme– modal yerdeğıştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.38.)'de verilmiştir.



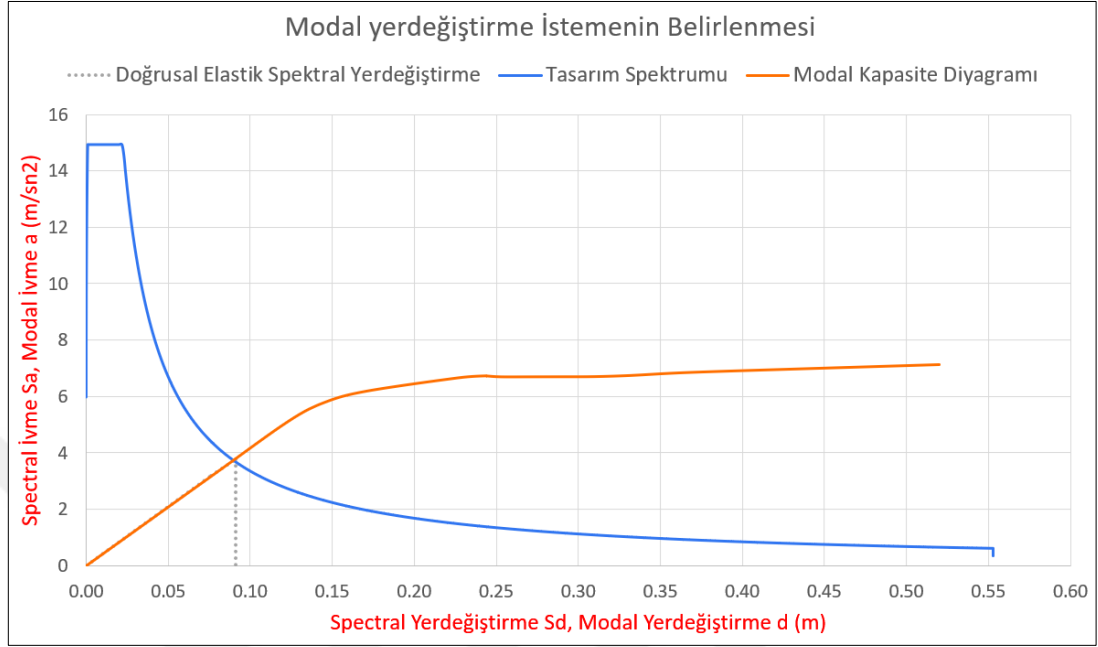
Şekil 8.38. Model 4 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait Y doğrultusunda, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.28.)'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8.28. Model 4 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i * \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs²)	$m_i * \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs²m)	$\Gamma_1^{(Y.1)}$ (1/m)
5	4679,4	477,0	0,027563144	13,14770	49,53445	0,36239206	1,0412974	47,57
4	5791,4	590,4	0,024463979	14,44248		0,35332043		
3	5791,4	590,4	0,019229799	11,35244		0,21830519		
2	5791,4	590,4	0,01219354	7,19854		0,08777567		
1	5791,4	590,4	0,005747853	3,39328		0,01950410		
	27847	2838,4		49,534445		1,04129744		

Koordinatları Y doğrultusunda beton dolgulu kompozit yapı (Model 4)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.39.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi bulunmuştur.



Şekil 8.39. Model 4 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} hesaplanmıştır (Tablo 8.29.). Beton dolgulu kompozit yapının (Model 4) Y doğrultusunda hesaplanan yer değıştirme istemi 0.119 m olarak bulunmuştur. Model 4'ün Y yönünde hesaplanan tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} Model 3'e göre %17,4 daha az çıkmıştır.

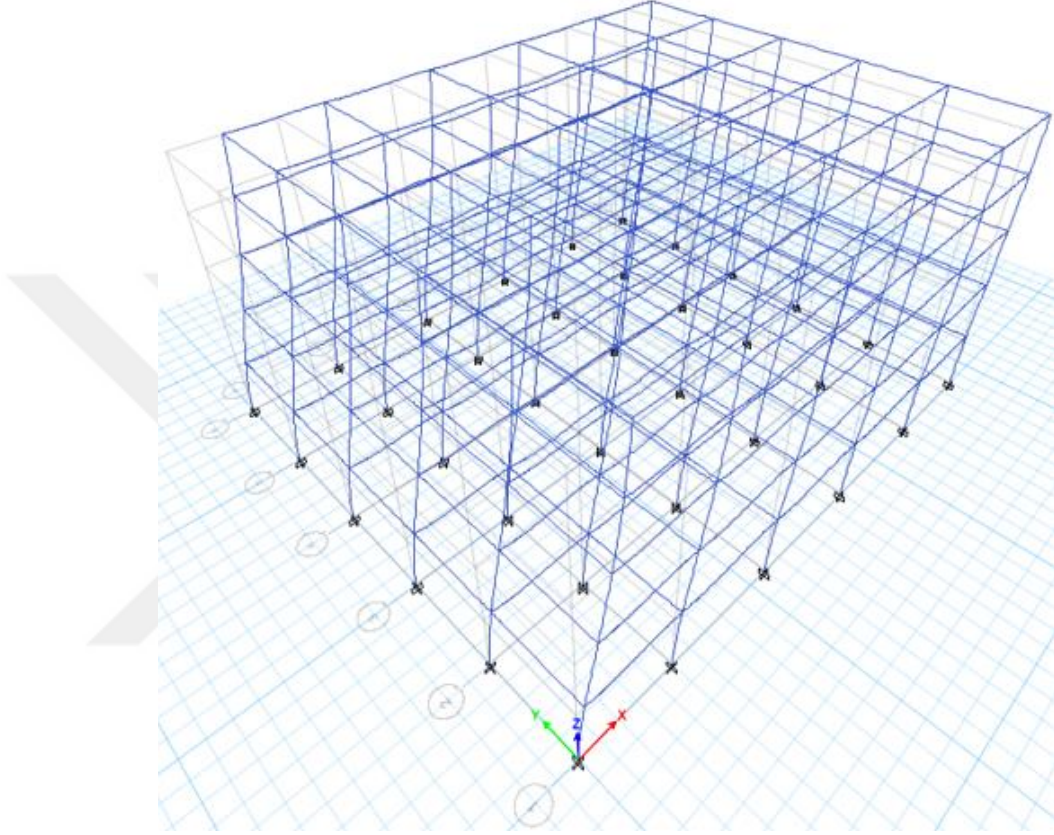
Tablo 8.29. Model 4 Y doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,027563144	47,57	0,091	0,119

8.2.2.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Donatısız beton dolgulu kompozit yapı (Model 4), X doğrultusunda hesaplanan depremin yer değıştirme istemi U_{NX1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.40.)'ta, donatısız beton dolgulu kompozit yapıda (Model 4), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. Donatısız beton dolgulu

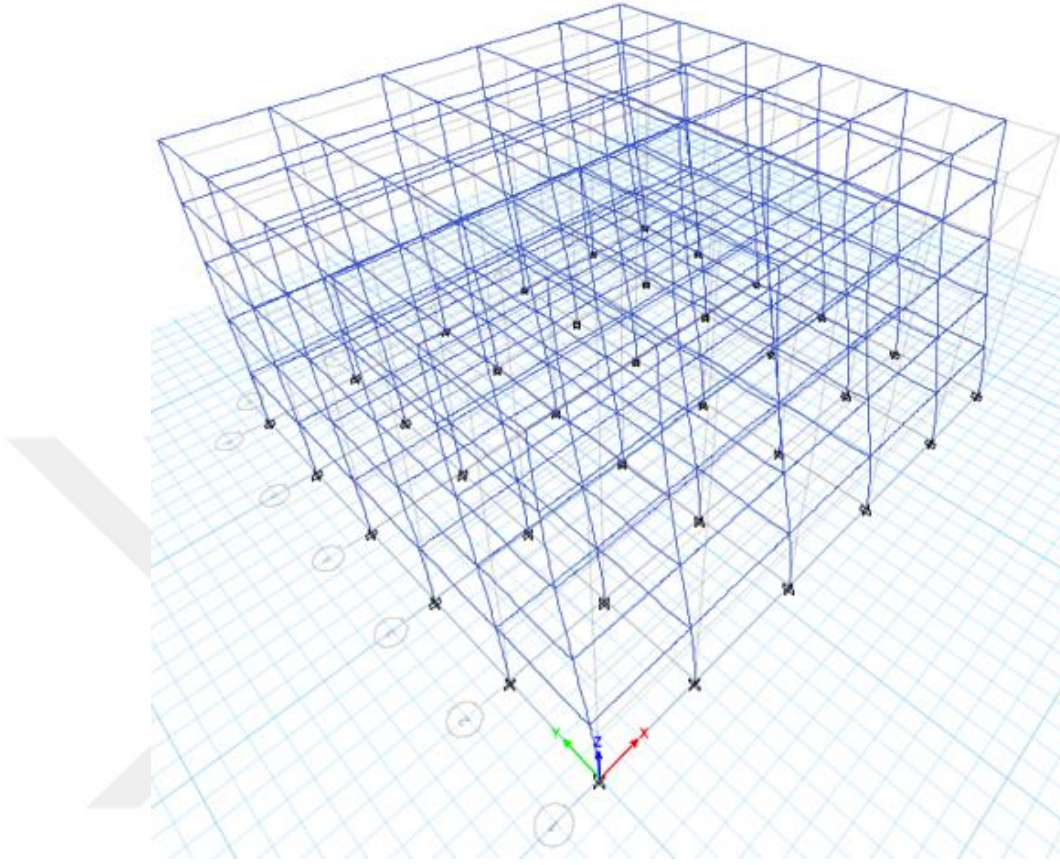
kompozit yapı X doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağladığını görülmüştür.



Şekil 8.40. Model 4 X doğrultusunda hasar durumu

8.2.2.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Donatısız beton dolgulu kompozit yapı (Model 4), Y doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.41.)'de, donatısız beton dolgulu kompozit yapıda (Model 4), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. Donatısız beton dolgulu kompozit yapı Y doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağladığını görülmüştür.



Şekil 8.41. Model 4 Y doğrultusunda hasar durumu

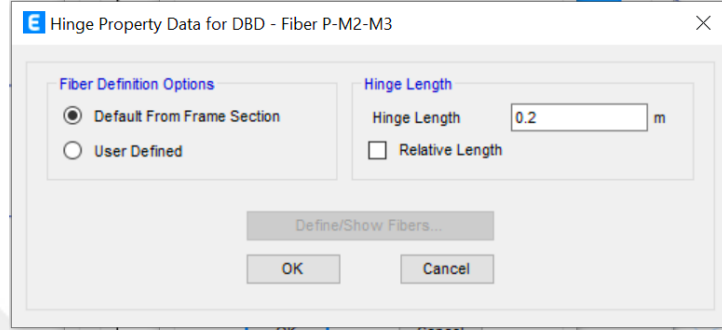
8.2.3. Model 5 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

Donatılı beton dolgulu kompozit yapının (Model 4) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

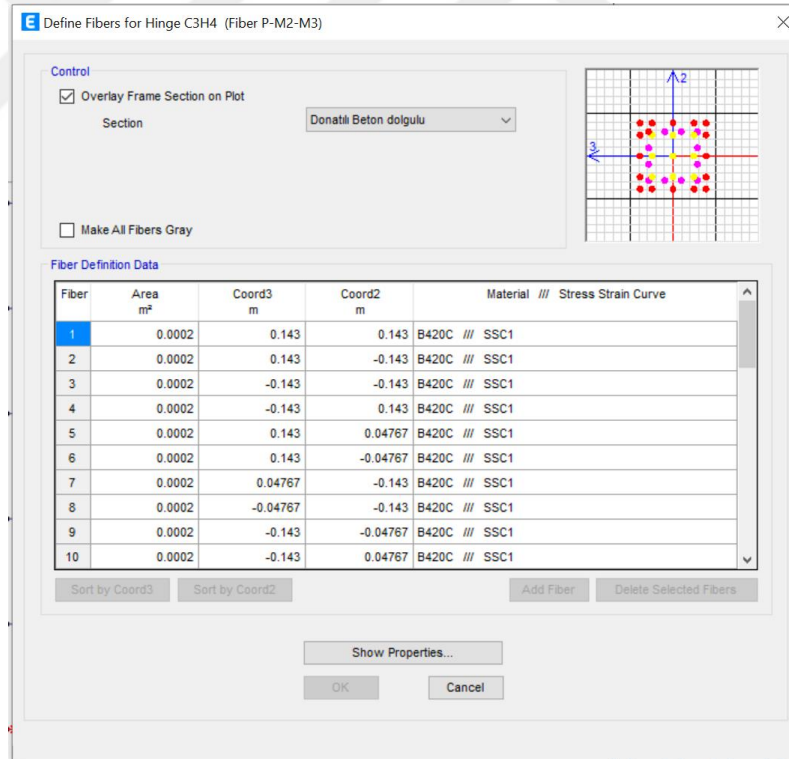
8.2.3.1. Model 5 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Donatılı beton dolgulu kolonların doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımı yapılmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsalları seçilmiştir. Mafsalları tanımlarken

plastik mafsalsal boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 8.42.). Plastik mafsalsal boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,4 = 0,2$ m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.42. Donatılı beton dolgulu kompozit kolonun plastik mafsalsal boyunun tanımlanması



Şekil 8.43. Donatılı beton dolgulu kompozit kolonun lif özellikleri

Model 3'te olduğu gibi çelik kirişlerin akma dönmesi Denklem (5.5)'ten hesaplanarak plastik mafsallar tanımlanmıştır. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (Tablo 5.2.)'e göre tanımlanmıştır.

8.2.3.2. Model 5 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Donatılı beton dolgulu kompozit kolonlarda etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (8.30.)'da hesaplanmıştır. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (8.44.)'te gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır.

Tablo 8.30. Model 5 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	Donatılı BD Kompozit Kolon
EI_e (kNm ²)	74254,90
M_v (kN.m)	1457
L_s (m)	1,32
θ_v (rad)	0,008633505
ϕ_v (rad/m)	0,0111
η	1
h (m)	0,4
d_b (m)	0,014
f_{ve} (MPa)	504
f_{ce} (MPa)	39
EI_o (kNm ²)	161160
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,46

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.46
Moment of Inertia about 3 axis	0.46
Mass	1
Weight	1

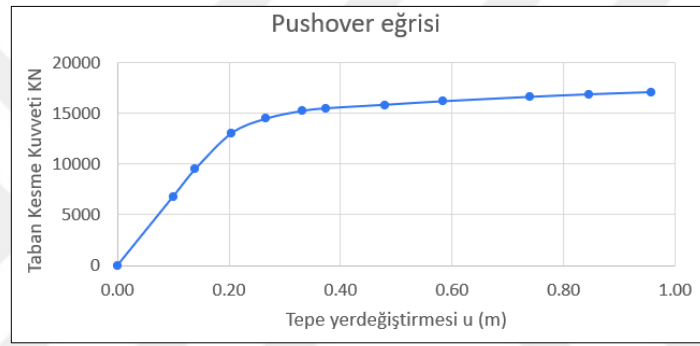
OK Cancel

Şekil 8.44. Donatılı beton dolgulu kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

8.2.3.3. Model 5 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

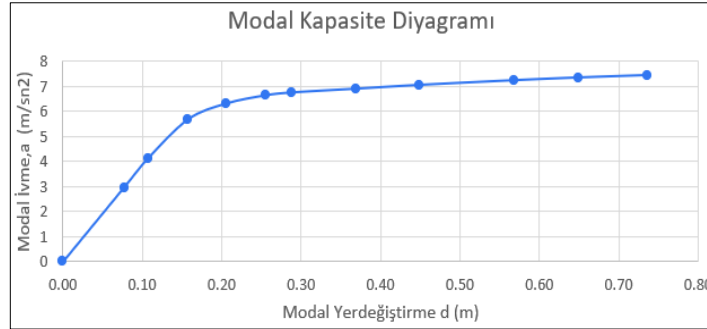
8.2.3.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.45.)'de verilmiştir.



Şekil 8.45. Model 5 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.46.)'da verilmiştir.



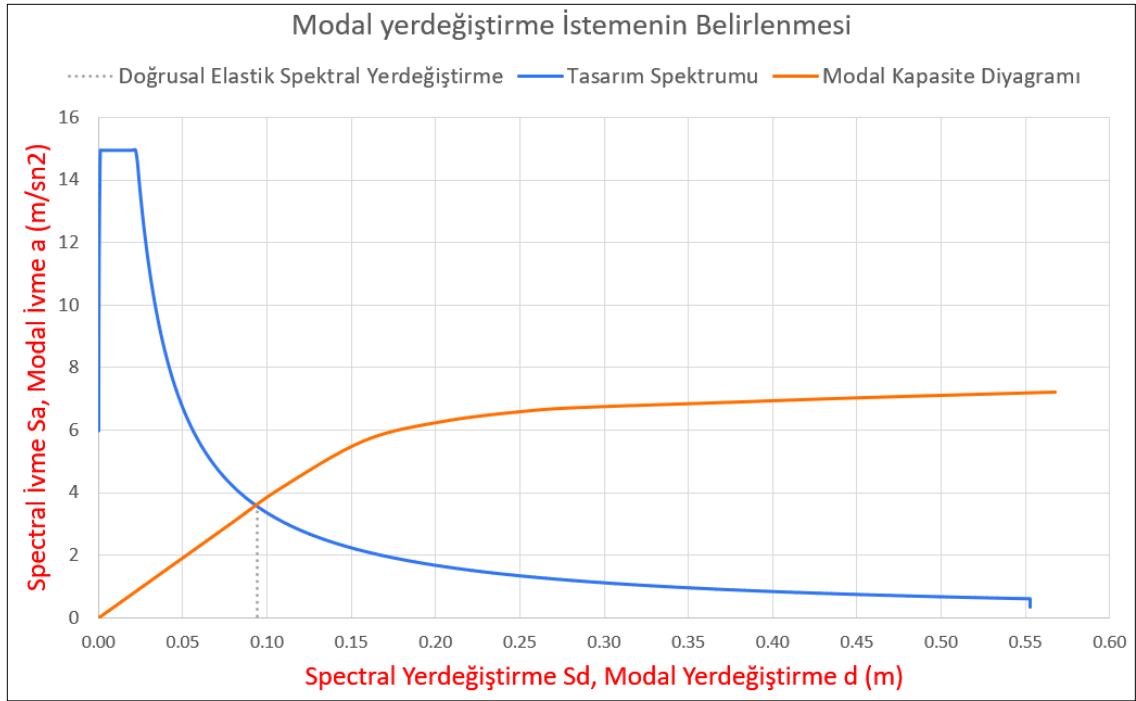
Şekil 8.46. Model 5 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.31.)'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8.31. Model 5 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(X.1)}$ (1/m)
5	4689,8	478,1	0,027307709	13,05481	48,82552	0,35649697	1,0245940	47,65
4	5801,8	591,4	0,024285627	14,36293		0,34881278		
3	5801,8	591,4	0,019157154	11,32987		0,21704798		
2	5801,8	591,4	0,012240425	7,23919		0,08861082		
1	5801,8	591,4	0,004799859	2,83872		0,01362545		
	27899	2843,7		48,825519		1,02459399		

Koordinatları X doğrultusunda donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.47.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 8.47. Model 5 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

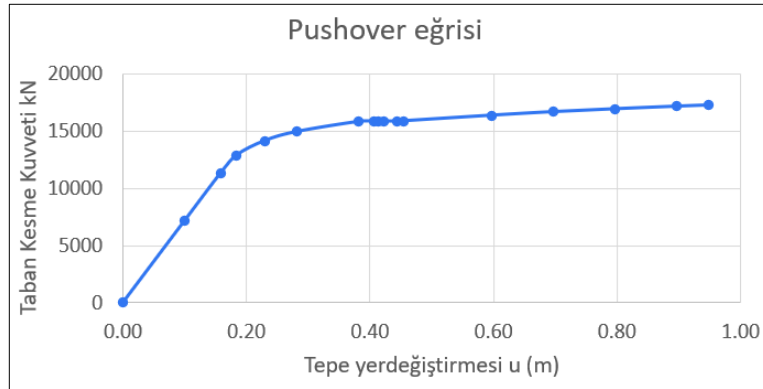
Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} hesaplanmıştır (Tablo 8.32.). Donatılı beton dolgulu kompozit yapının (Model 5) X doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme istemi 0.122 m olarak bulunmuştur. Model 5'in X yönünde hesaplanan tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (Model 3)'e göre %17,6 daha az ve (Model 4)'e göre çok yakın çıkmıştır.

Tablo 8.32. Model 5 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{XN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_1 * \Gamma_{x1} * \Phi_{XN1}$
0,027307709	47,65	0,094	0,122

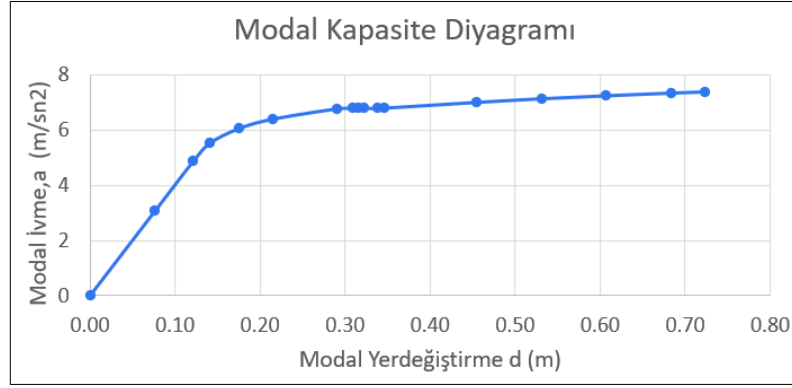
8.2.3.3.2. Y yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Y doğrultusunda donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (8.48.)'de verilmiştir.



Şekil 8.48. Model 5 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait Y doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (8.49.)'da verilmiştir.



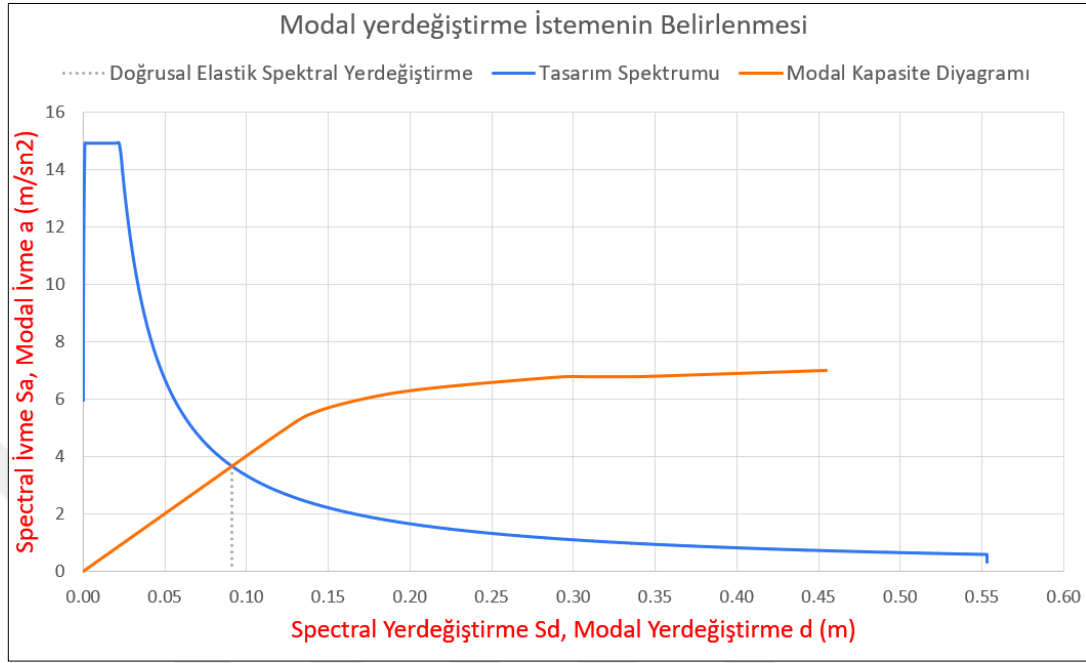
Şekil 8.49. Model 5 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait Y doğrultusunda, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (8.33.)'te gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8.33. Model 5 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs²)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs²m)	$\Gamma_1^{(Y.1)}$ (1/m)
5	4689,8	478,1	0,027563144	13,17692	49,62901	0,36319748	1,0433220	47,57
4	5801,8	591,4	0,024463979	14,46841		0,35395491		
3	5801,8	591,4	0,019229799	11,37283		0,21869721		
2	5801,8	591,4	0,01219354	7,21147		0,08793330		
1	5801,8	591,4	0,005747853	3,39938		0,01953912		
	27899	2843,7		49,629008		1,04332202		

Koordinatları Y doğrultusunda donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5)'e ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 8.50.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değiştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 8.50. Model 5 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} hesaplanmıştır (Tablo 8.34.). Donatılı beton dolgulu kompozit yapının (Model 5) Y doğrultusunda hesaplanan yer değıştirme istemi 0.119 m olarak bulunmuştur. Model 5'in Y yönünde hesaplanan tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} (Model 3)'e göre %17,4 daha az ve (Model 4)'e göre aynı değere sahip çıkmıştır.

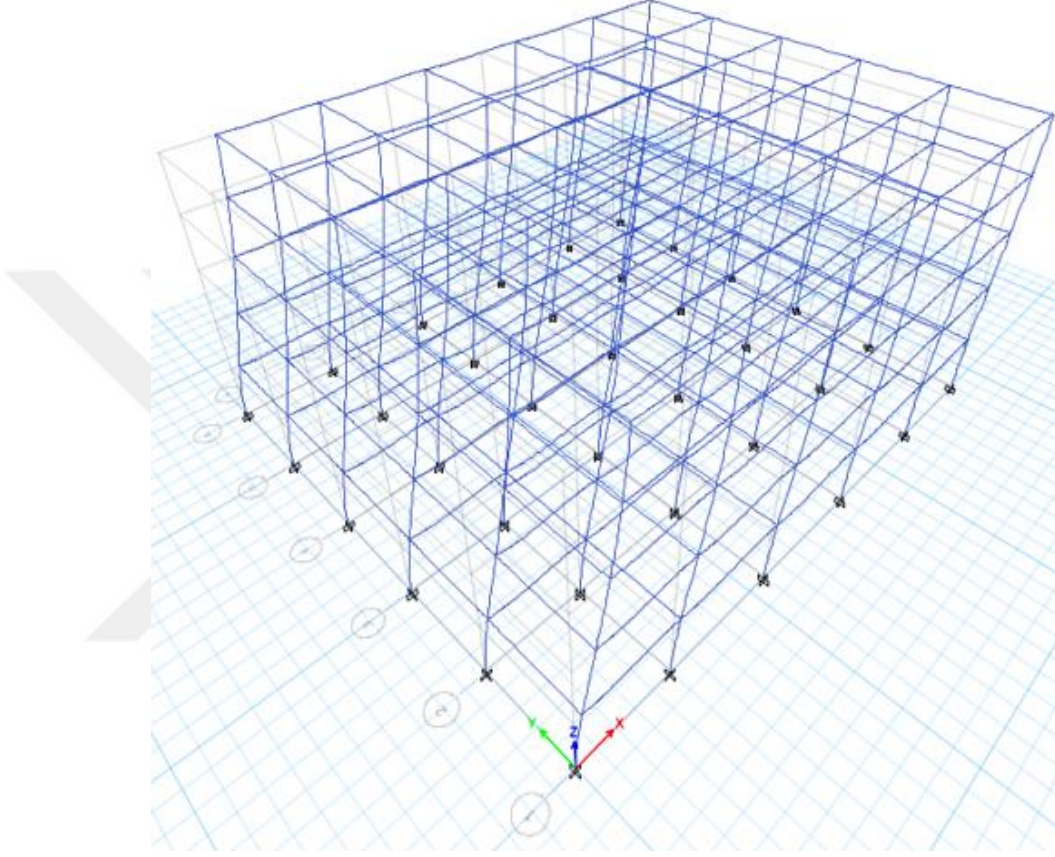
Tablo 8.34. Model 5 Y doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,027563144	47,57	0,091	0,119

8.2.3.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5), X doğrultusunda hesaplanan depremin yer değıştirme istemi U_{NX1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.51.), donatılı beton dolgulu kompozit yapıda (Model 5), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. Donatılı beton dolgulu

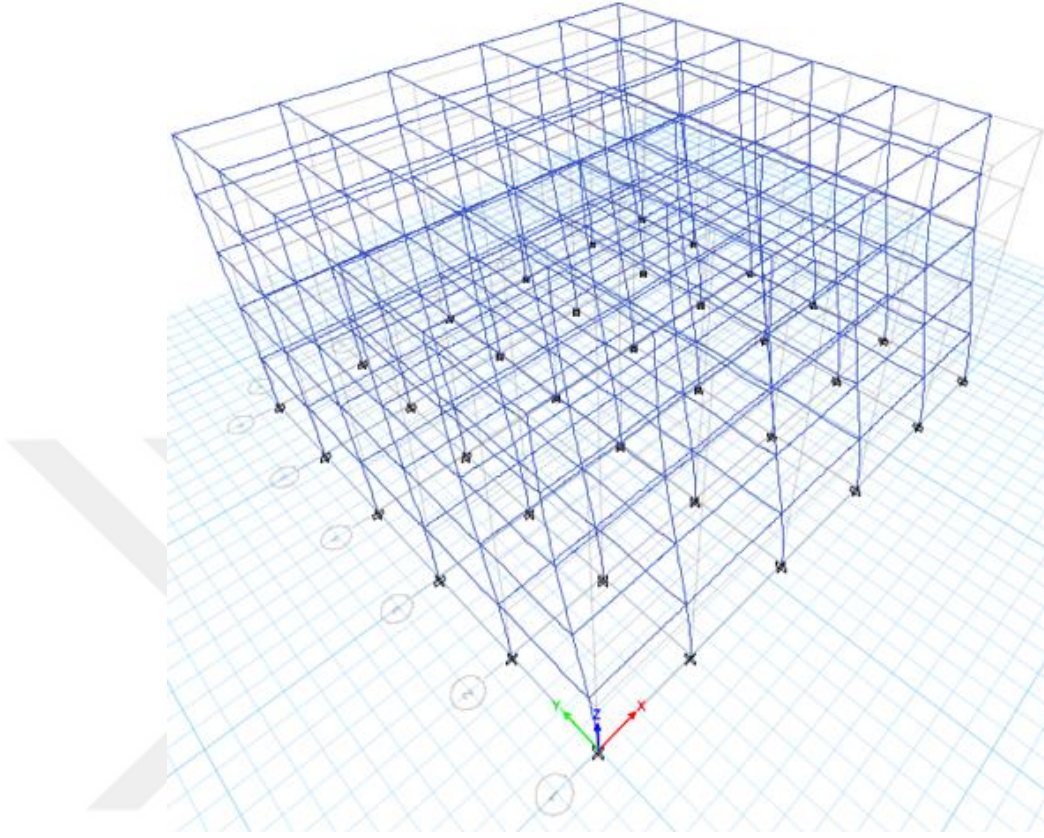
kompozit yapının X doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağladığı görülmüştür.



Şekil 8.51. Model 5 X doğrultusunda hasar durumu

8.2.3.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5), Y doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} (m)'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (8.52.), donatılı beton dolgulu kompozit yapıda (Model 5), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir. Donatılı beton dolgulu kompozit yapının Y doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağladığı görülmüştür.



Şekil 8.52. Model 5 Y doğrultusunda hasar durumu

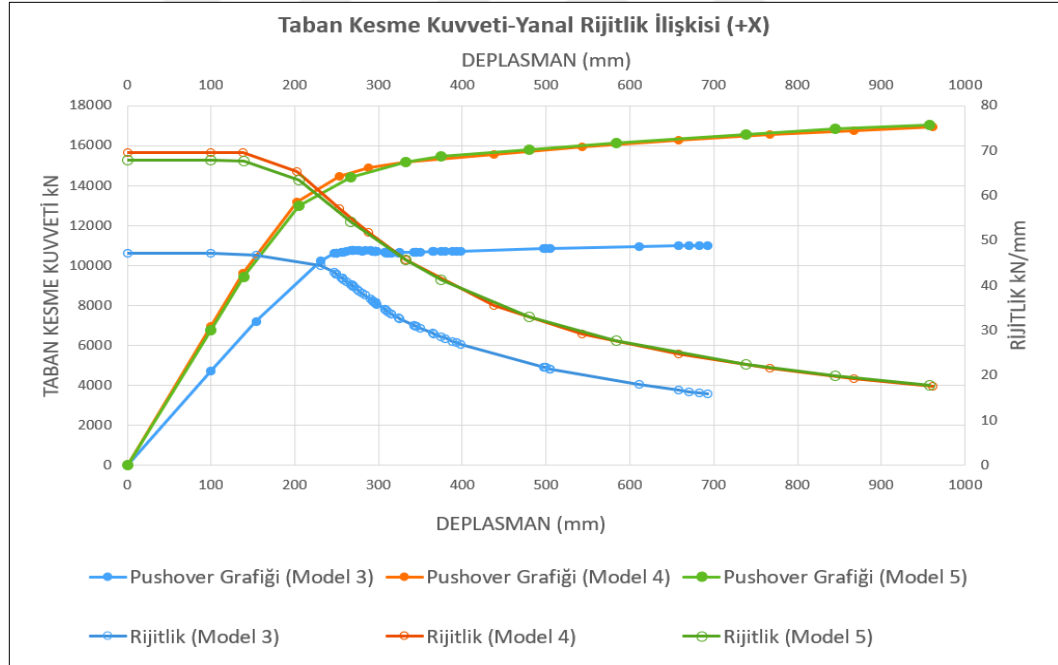
8.2.4. İkinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Altta bÖlÖmlerde X ve Y yönlerinde ikinci grup taşıyıcı sistemlerinin rijitlikleri ve süneklik katsayıları karşılaştırılması yapılmıştır.

8.2.4.1. X yönünde ikinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3), 7185,9 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 154 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 10990,4 kN ve tepe noktasının deplasmanı 693 mm olarak bulunmuştur. Donatısız beton dolgulu kompozit yapı (Model 4), 138 mm tepe deplasmanı ve 9614 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 16929,6 kN taban kesme kuvveti ve 967 mm tepe

deplasmanı olarak bulunmuştur. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5), elastik limit değeri, 9452,7 kN taban kesme kuvveti ve 139 mm tepe deplasmanı. Plastik limit değeri ise, 17046,2 kN taban kesme kuvveti ve 957 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Şekil (8.35.)’te Model 3, Model 4 ve Model 5’ne ait itme analizi eğrileri (Pushover grafikleri) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler Denklem (5.1) ve süneklik katsayıları Denklem (5.2)’den hesaplanmıştır. Model 3, Model 4 ve Model 5’in süneklik katsayıların (Tablo 8.35.) ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranlarını (Tablo 8.36.)’da hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Beton dolgulu kompozit modeller (Model 4 ve Model 5), çelik gömme kompozit (Model 3)’e göre daha büyük rijitliğe ve sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Donatılı ve donatısız beton dolgulu kompozit yapılarının rijitlikleri ve süneklik katsayıları birbirine çok yakın çıkmıştır.



Şekil 8.53. İkinci grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 8.35. İkinci grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları

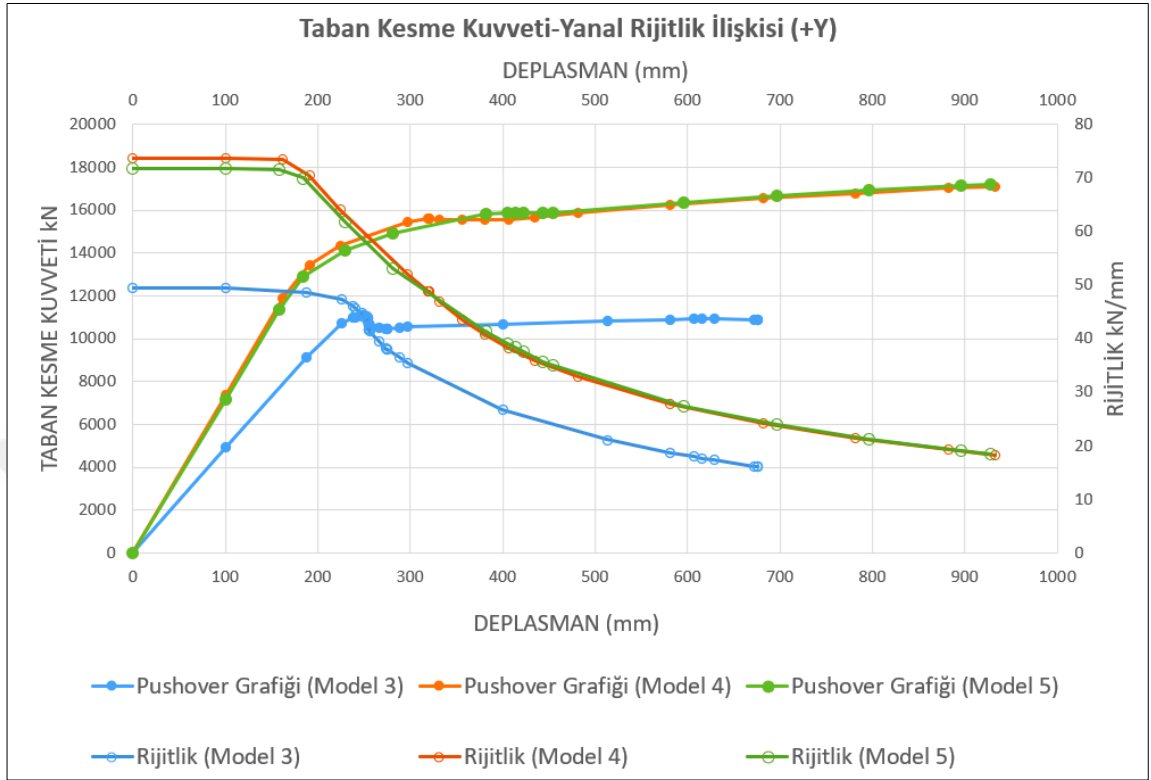
Bina Modeli	u_y (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
ÇG (Model 3)	0,154	0,693	4,5
Donatısız BD (Model 4)	0,138	0,961	6,96
Donatılı BD (Model 5)	0,139	0,957	6,88

Tablo 8.36. İkinci grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/M)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/M)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
ÇG (Model 3)	46661,69	15859,16	33,99
Donatısız BD (Model 4)	69666,67	17616,65	25,29
Donatılı BD (Model 5)	68005,04	17808,99	26,19

8.2.4.2. Y yönünde ikinci grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Çelik gömme kompozit yapı (Model 3), 9145,3 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 188 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 10903,1 kN ve tepe noktasının deplasmanı 676 mm olarak bulunmuştur. Donatısız beton dolgulu kompozit yapı (Model 4), 162 mm tepe deplasmanı ve 11896,6 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 17107,3 kN taban kesme kuvveti ve 932 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Donatılı beton dolgulu kompozit yapı (Model 5), elastik limit değeri, 11360,6 kN taban kesme kuvveti ve 159 mm tepe deplasmanı. Plastik limit değeri ise, 17210,7 kN taban kesme kuvveti ve 928 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Şekil (8.54.)’te Model 3, Model 4 ve Model 5’ne ait itme analizi eğrileri (Pushover grafikleri) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler Denklem (5.1) ve süneklik katsayıları Denklem (5.2)’den hesaplanmıştır. Model 3, Model 4 ve Model 5’in süneklik katsayılarını (Tablo 8.37.) ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranlarını (Tablo 8.38.)’de hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Beton dolgulu kompozit modeller (Model 4 ve Model 5), çelik gömme kompozit (Model 3)’e göre daha büyük rijitliğe ve sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Donatılı ve donatısız beton dolgulu kompozit yapılarının rijitlikleri ve süneklik katsayıları birbirine çok yakın çıkmıştır.



Şekil 8.54. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 8.37. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları

Bina Modeli	u_v (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
ÇG (Model 3)	0,188	0,676	3,6
Donatısız BD (Model 4)	0,162	0,932	5,75
Donatılı BD (Model 5)	0,159	0,928	5,83

Tablo 8.38. İkinci grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/M)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/M)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
ÇG (Model 3)	48645,21	16128,85	33,16
Donatısız BD (Model 4)	73435,8	18355,47	25
Donatılı BD (Model 5)	71450,31	18546,01	25,96

BÖLÜM 9. ÜÇÜNCÜ GRUP TAŞIYICI SİSTEMLERİN MODELLENMESİ

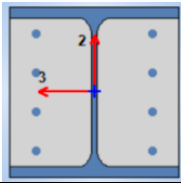
9.1. Üçüncü Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Analizi

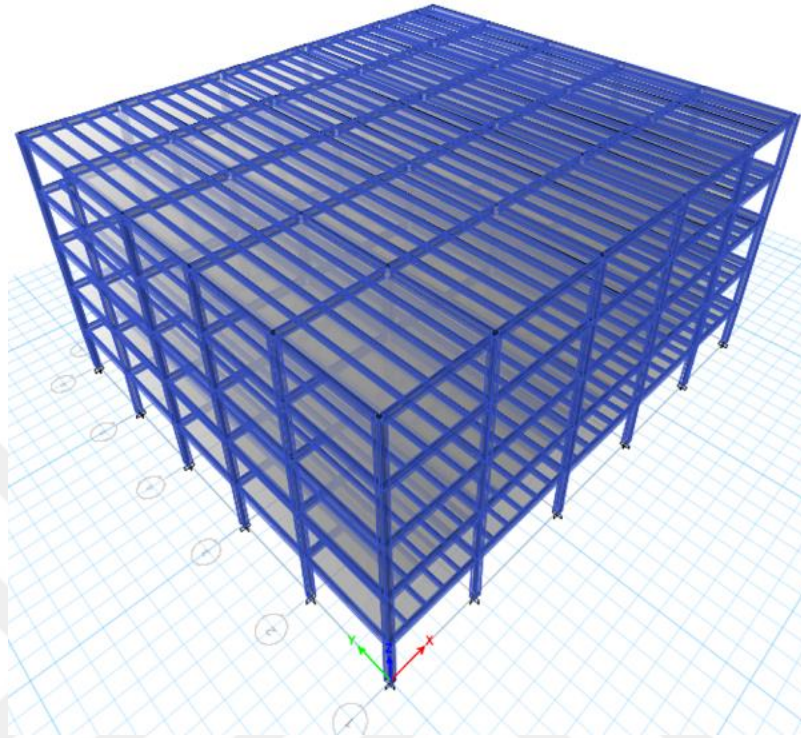
Üçüncü gruptaki Modellerin (Model 6 ve Model 7), modellenmesi ve mod birleştirme yöntemi ile yapılan lineer analizi ve lineer analizinin sonuçları alt bölümlerde gösterilmiştir.

9.1.1. Model 6 taşıyıcı sistemin modellenmesi

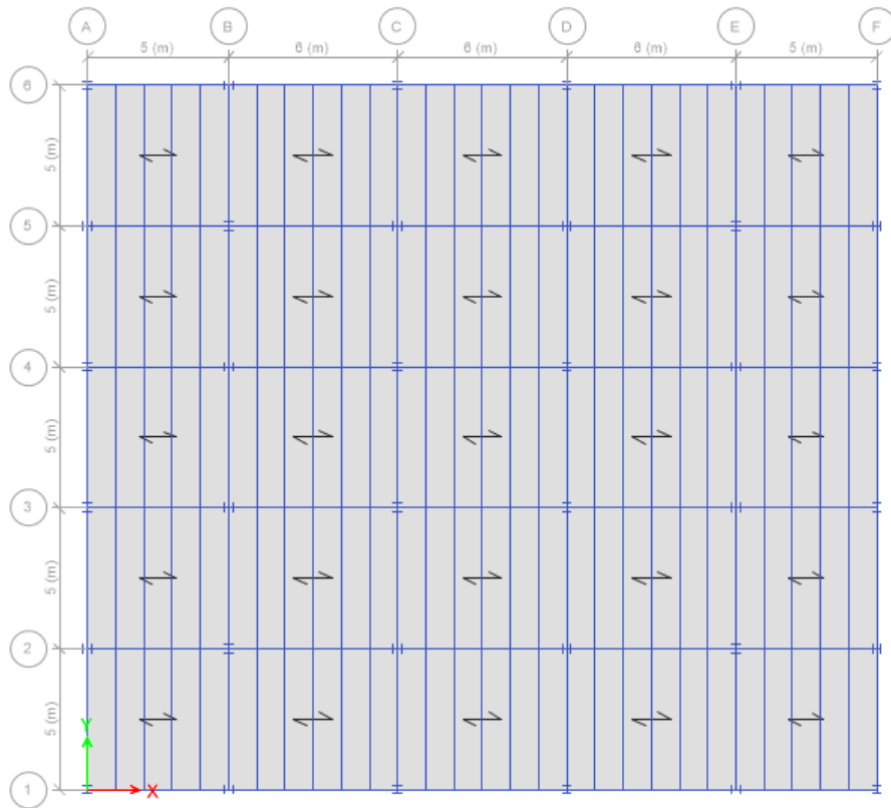
Bu modelde, kirişler kompozit olarak modellenmiştir. Kirişlerde ve tali kirişlerde kullanılan çelik profilleri sırayla IPE360 ve IPE220, kolonlarda ise kısmen çelik gömme kompozit kesitler kullanılmıştır (Tablo 9.1.). Bu modelin 3 boyutlu görünüşü Şekil (9.1.) ve kesit kat planı Şekil (9.2.)’de gösterilmiştir.

Tablo 9.1. Model 6 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi		Kiriş	Kullanılan Malzeme
Kısmen Çelik Gömme (300x300) mm HE300B 8Φ14		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	C30 B420C S275



Şekil 9.1. Model 6 3D görünüşü



Şekil 9.2. Model 6 kat kesit planı

9.1.1.1. Deprem yükü hesabı

TBDY 2018 Bölüm 4.3.2.2'e göre, kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılacaktır. Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$ $D=3$ olarak belirlenmiştir.

ÇYTHYE-2016 bölüm 6.2.3'e göre genel analiz yöntemi ile ikinci merteye teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere, eleman rijitlikleri açıklandığı şekilde azaltılacaktır. Kompozit kolonlar ve çelik çerçeve kirişlerinin kayma ve eksenel rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır. Kirişlerin eğilme rijitliği 0.8, kompozit kolonların eğilme rijitliği ise ÇYTHYE-2016 6.2.3 ve 12.2.5(d) uyarınca 0.64 katsayısı ile çarpılarak azaltılmıştır.

9.1.1.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TDBY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} < \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülmüştür (Tablo 9.2.).

Tablo 9.2. Model 6 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E	β_{tE}
X	1615,7	1049,13	0,8	1,232
Y	1615,7	1090,6	0,8	1,185

9.1.1.3. Sonuçlar

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

9.1.1.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre kısmen çelik gömme kompozit yapının (Model 6) 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 1,088 sn ve Y yönünde ise 1,052 sn olarak elde edilmiştir.

9.1.1.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'da mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (9.3.)'te verilmiştir.

Tablo 9.3. Model 6 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	544,51	538,93
4	779,25	778,41
3	955,48	956,60
2	1109,59	1112,53
1	1292,53	1292,37

9.1.1.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

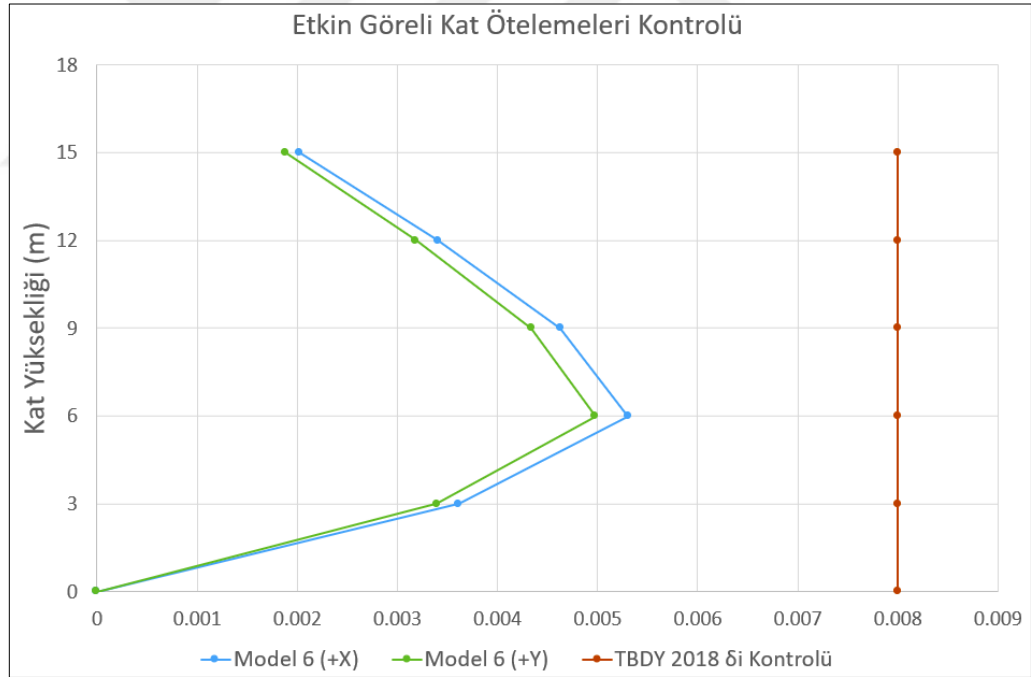
Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (9.4.) ve Tablo (9.5.)'te verilmiştir.

Tablo 9.4. Model 6 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	19,937	2,121	16,968	0,00201919	0,008	✓
4	3000	17,816	3,580	28,64	0,00340816	0,008	✓
3	3000	14,236	4,866	38,928	0,00463243	0,008	✓
2	3000	9,370	5,573	44,584	0,0053055	0,008	✓
1	3000	3,797	3,797	30,376	0,00361474	0,008	✓

Tablo 9.5. Model 6 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δi_Y (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h \cdot \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ ($\kappa=0.5$)	
5	3000	18,680	1,979	15,832	0,00188401	0,008	✓
4	3000	16,701	3,348	26,784	0,0031873	0,008	✓
3	3000	13,353	4,558	36,464	0,00433922	0,008	✓
2	3000	8,795	5,228	41,824	0,00497706	0,008	✓
1	3000	3,567	3,567	28,536	0,00339578	0,008	✓

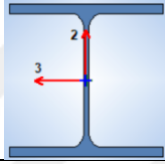


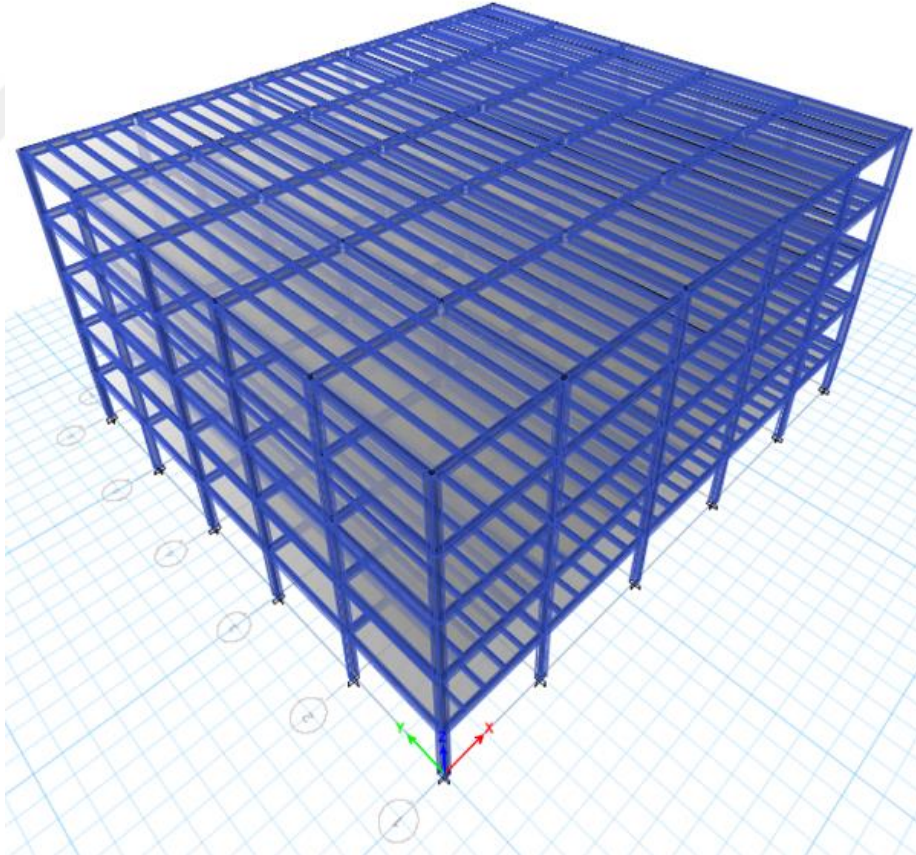
Şekil 9.3. Model 6 etkin göreli kat ötelemeleri kontrolü

9.1.2. Model 7 taşıyıcı sistemin modellenmesi

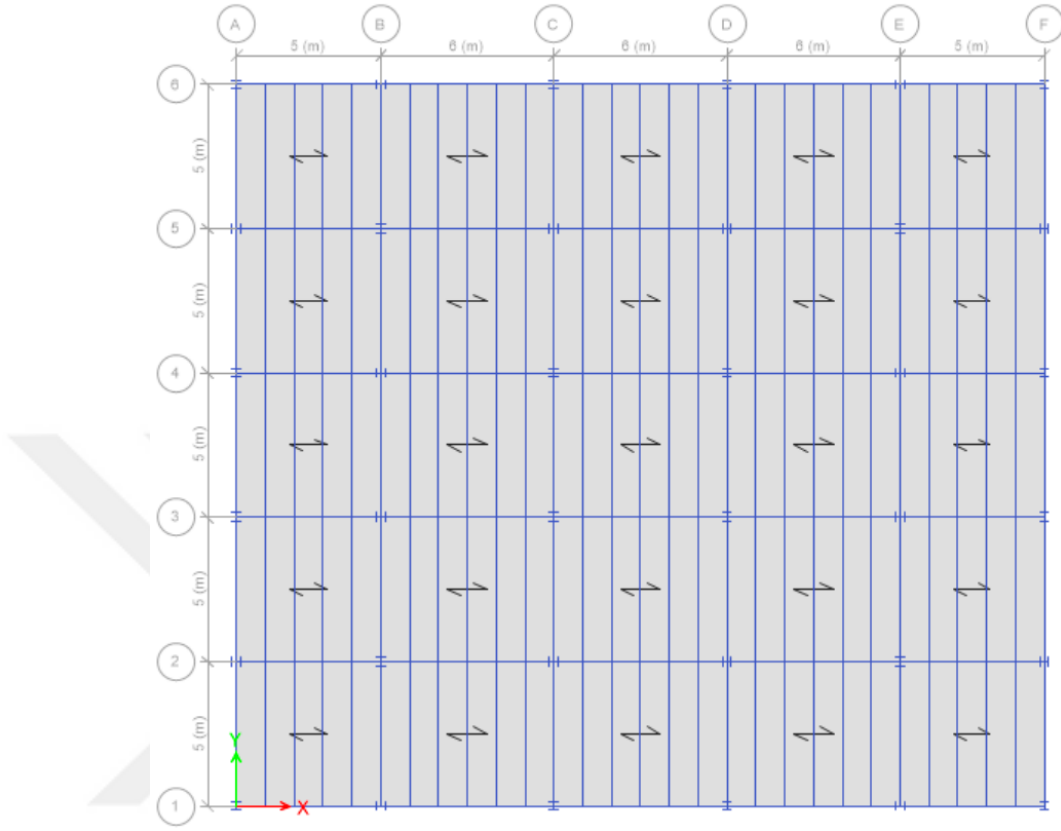
Bu model geleneksel çelik yapı olup, kirişleri Model 6’da olduğu gibi kompozit olarak modellenmiştir, kolonlarda ise HEB300 çelik profili kullanılmıştır (Tablo 9.6.). Bu modelin 3 boyutlu görünüşü Şekil (9.4.) ve kesit kat planı şekil (9.5.)’te gösterilmiştir.

Tablo 9.6. Model 7 kolon ve kiriş bilgileri

Kolon Tipi		Kiriş	Kullanılan Malzeme
Çelik HE300B		Yapısal Çelik: IPE360 Tali Kiriş: IPE220	S275



Şekil 9.4. Model 7 3D görünüşü



Şekil 9.5. Model 7 kat kesit planı

9.1.2.1. Deprem yükü hesabı

TBDY-2018 yönetmeliğinde çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılmıştır. Tablo 4.1.'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Danayım Fazlalığı Katsayısı (D) belirlenmiştir. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, X ve Y doğrultularında $R=8$ $D=3$ olarak belirlenmiştir.

ÇYTHYE-2016 bölüm 6.2.3'e göre genel analiz yöntemi ile ikinci mertebe teorisine göre hesapta, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin stabilite analizine etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak üzere, eleman rijitlikleri açıklandığı şekilde azaltılacaktır. Kolonlar ve çelik çerçeve kirişlerinin kayma, eksenel ve eğilme rijitlikleri 0.80 katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır.

9.1.2.2. Azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

TDBY 2018'e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır, $V_{tx} > \gamma_E \cdot V_{tE}$ olduğundan β_{tE} uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, hesaplanan eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülecektir (Tablo 9.7.).

Tablo 9.7. Model 7 eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesabı

	V_{tE} (kN)	V_{tx} (kN)	γ_E	β_{tE}
X	1560,05	910,4927	0,8	1,371
Y	1560,05	953,4836	0,8	1,309

9.1.2.3. Sonuçlar

Çelik yapı (Model 7)'e ait, (+X) ve (+Y) doğrultularında, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü gösterilmiştir.

9.1.2.3.1. Yapıya ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre çelik yapının (Model 7) 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 1,21 sn ve Y yönünde ise 1,167 sn olarak elde edilmiştir.

9.1.2.3.2. Kat kesme kuvvetleri

Çelik yapı (Model 7)'de mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak elde edilen kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri Tablo (9.8.)'de verilmiştir.

Tablo 9.8. Model 7 kat kesme kuvvetleri

Kat no	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	512,52	508,64
4	748,33	747,38
3	927,94	929,46
2	1078,37	1081,47
1	1247,38	1248,11

9.1.2.3.3. Yapıya ait kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü

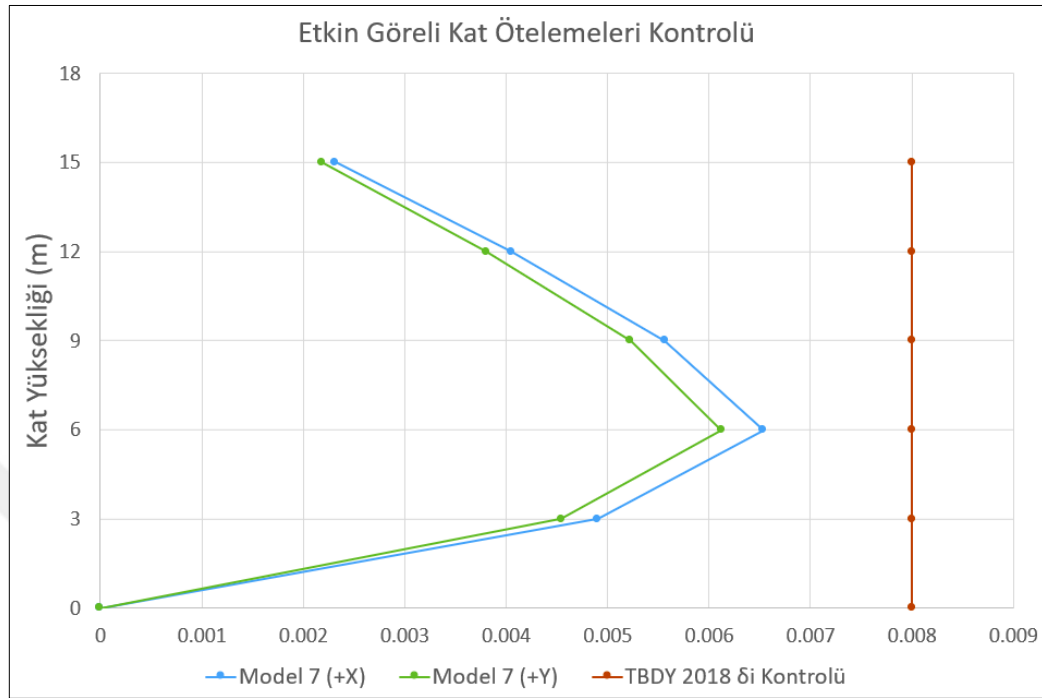
Çelik yapı (Model 7)'ye ait X ve Y yönünde kat ötelemeleri ve kat ötelemelerinin kontrolü Tablo (9.9.) ve Tablo (9.10.)'da verilmiştir.

Tablo 9.9. Model 7 (+X) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+X Yönü (mm)	Δi_x (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(X)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=0.5$	
5	3000	24,553	2,436	19,488	0,00231907	0,008	✓
4	3000	22,117	4,253	34,024	0,00404886	0,008	✓
3	3000	17,864	5,847	46,776	0,00556634	0,008	✓
2	3000	12,017	6,868	54,944	0,00653834	0,008	✓
1	3000	5,149	5,149	41,192	0,00490185	0,008	✓

Tablo 9.10. Model 7 (+Y) yönünde kat ötelemeleri

Kat no	h (mm)	+Y Yönü (mm)	Δi_Y (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}$ (mm)	$\delta_{i,max}^{(Y)}/h * \lambda$ ($\lambda=357$)	0.016κ $\kappa=0.5$	
5	3000	22,981	2,295	18,36	0,00218484	0,008	✓
4	3000	20,686	3,993	31,944	0,00380134	0,008	✓
3	3000	16,693	5,489	43,912	0,00522553	0,008	✓
2	3000	11,204	6,431	51,448	0,00612231	0,008	✓
1	3000	4,773	4,773	38,184	0,0045439	0,008	✓



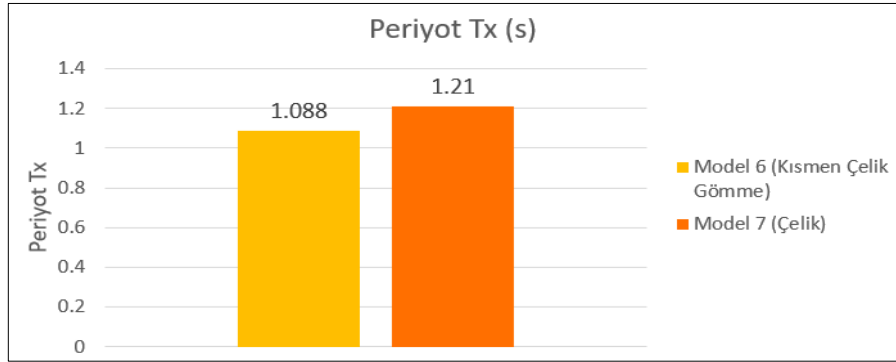
Şekil 9.6. Model 7 etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

9.1.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin lineer analizinin sonuçlarının karşılaştırılması

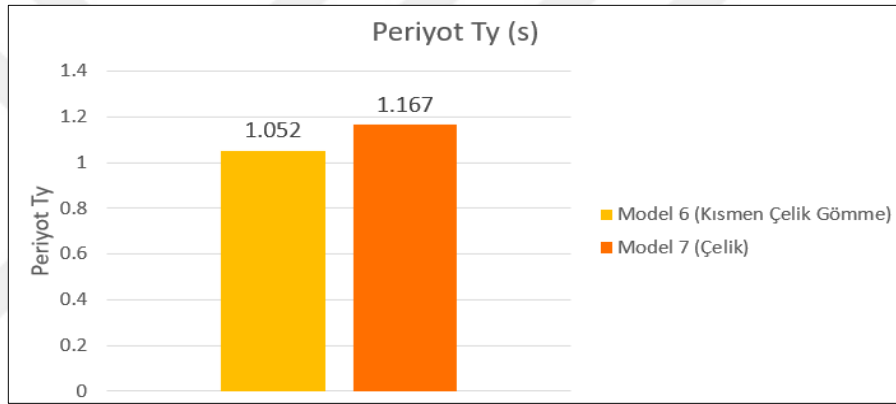
Üçüncü gruptaki Modellerin (Model 6 ve Model 7), periyotları, kat kesme kuvvetleri ve kat ötelemeleri karşılaştırılması alt bölümlerde yapılmıştır.

9.1.3.1. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin periyotlarının karşılaştırılması

Çelik yapının kolonlarının gövde boşlukları betonla doldurulursa, yani çelik yapının kolonları yarı gömme kompozit olarak modellendiğinde, hem (+X) hem de (+Y) yönünde yapının periyotları azalmıştır (Şekil 9.7. ve Şekil 9.8.). Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'da (+X) ve (+Y) yönlerinde periyotlar sırayla 1,088 sn ve 1,052 sn, çelik yapı (Model 7)'de ise (+X) yönünde 1,21 sn ve (+Y) yönünde 1,167 sn olarak bulunmuştur. Kısmen çelik gömme kompozit yapının, çelik yapıya göre periyotları (+X) yönünde %10,1 ve (+Y) yönünde %9,9 olarak azalmıştır.



Şekil 9.7. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) yönünde periyot değerleri



Şekil 9.8. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+Y) yönünde periyot değerleri

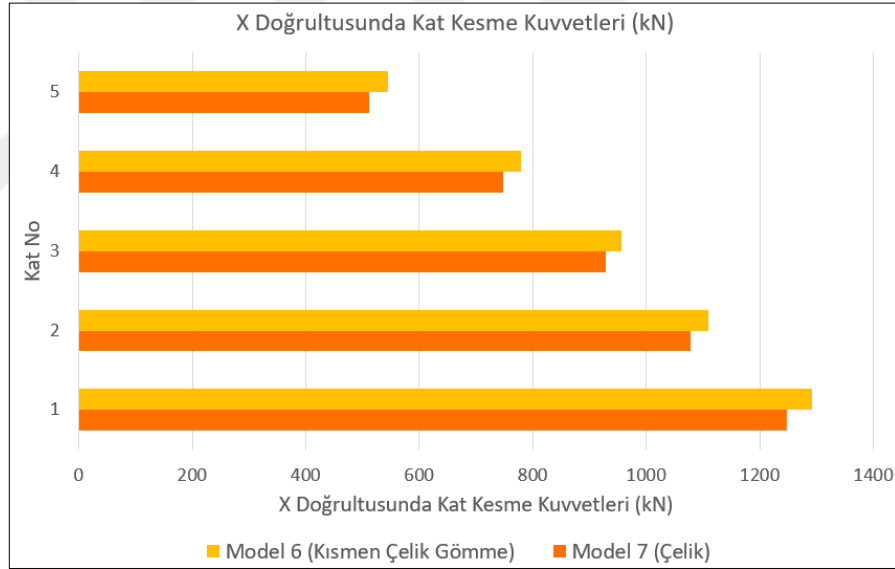
9.1.3.2. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin kat kesme ve taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Kısmen çelik gömme kompozit (Model 6) ve çelik (Model 7) yapılara ait (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri Tablo (9.11.)’de verilmiştir.

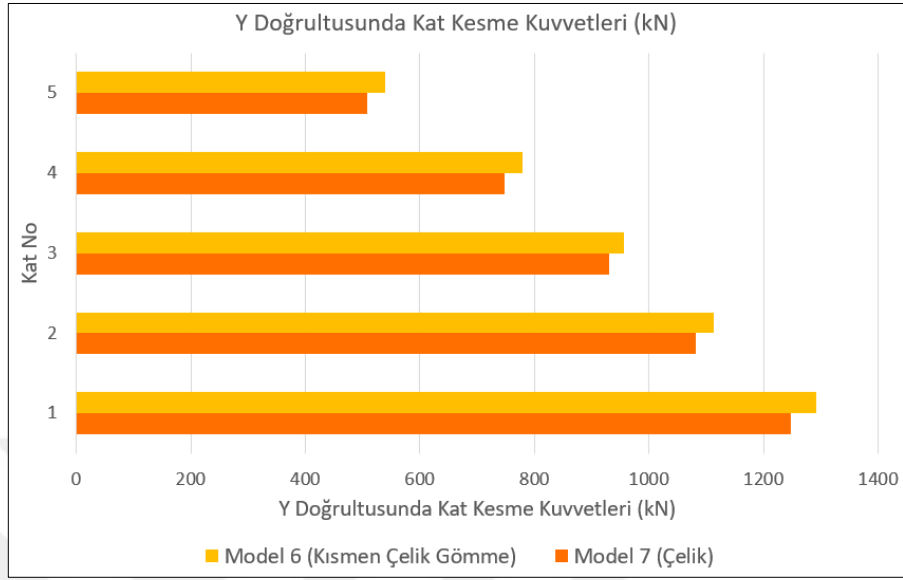
Tablo 9.11. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri

Kat No	Kısmen Çelik Gömme Kompozit Yapı (Model 6)		Çelik Yapı (Model 7)	
	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)	+X Yönü (kN)	+Y Yönü (kN)
5	544,51	538,93	512,52	508,64
4	779,25	778,41	748,33	747,38
3	955,48	956,60	927,94	929,46
2	1109,59	1112,53	1078,37	1081,47
1	1292,53	1292,37	1247,38	1248,11

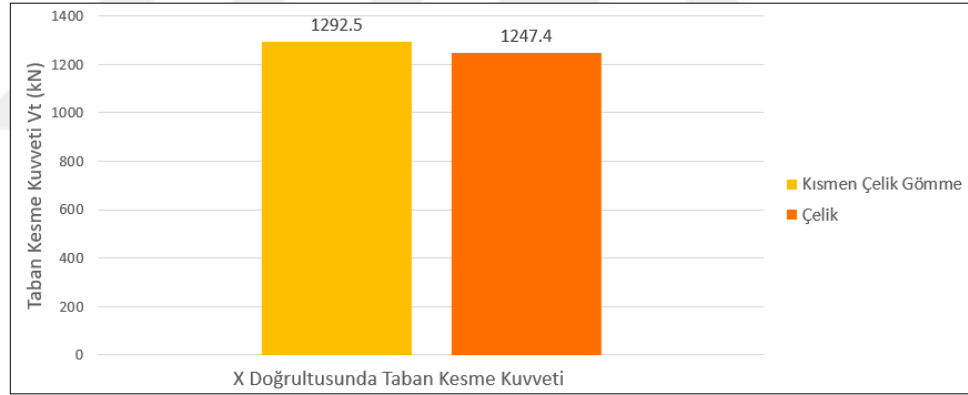
Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'da ağırlık 26690 kN iken, çelik yapı (Model 7)'de 25675 kN olarak bulunmuştur. Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'nın, çelik yapı (Model 7)'ye göre ağırlığı yaklaşık %3,9 arttığından ve daha az periyot değerlerine sahip olduğundan, hem (+X) hem de (+Y) doğrultularında kısmen çelik gömme kompozit yapıda daha büyük kat kesme kuvvetleri meydana gelmiştir (Şekil 9.9. ve Şekil 9.10.). Model 6'da (+X) ve (+Y) doğrultularında taban kesme kuvvetleri sırayla 1292,5 kN ve 1292,4 kN, Model 7'de ise (+X) doğrultusunda 1247,4 kN ve (+Y) doğrultusunda 1248,1 kN olarak hesaplanmıştır. Yani kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6), çelik yapı (Model 7)'ye göre taban kesme kuvvetleri (+X) yönünde %3,6 ve (+Y) yönünde %3,5 olarak artmıştır.



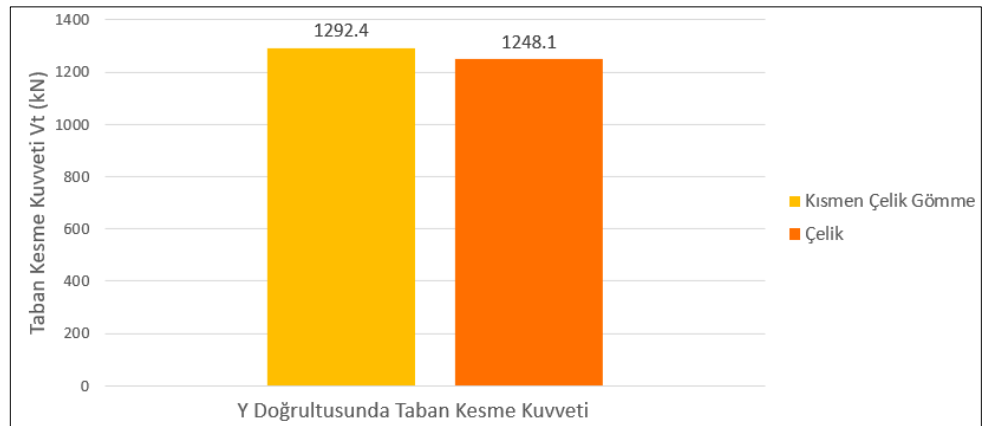
Şekil 9.9. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 9.10. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat kesme kuvvetleri



Şekil 9.11. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri



Şekil 9.12. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri

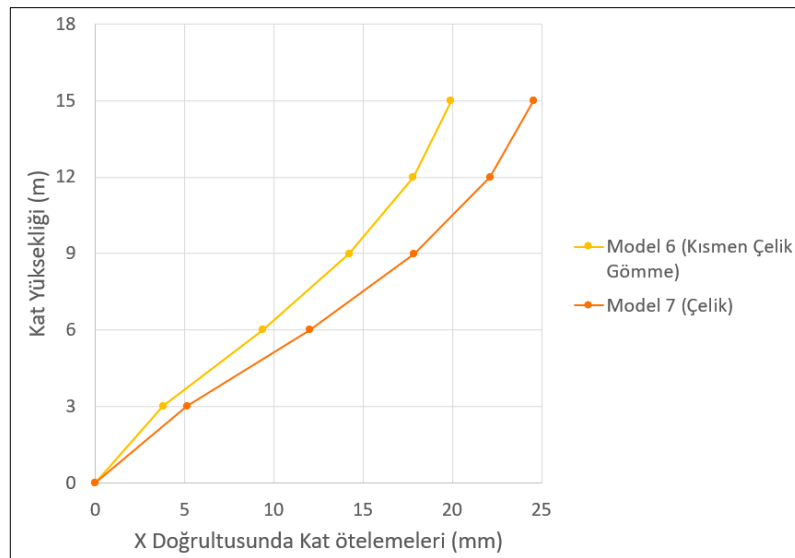
9.1.3.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Kısmen çelik gömme kompozit (Model 6) ve çelik (Model 7) yapılara ait (+X) ve (+Y) doğrultularında kat ötelemeleri Tablo (9.12.)’de verilmiştir.

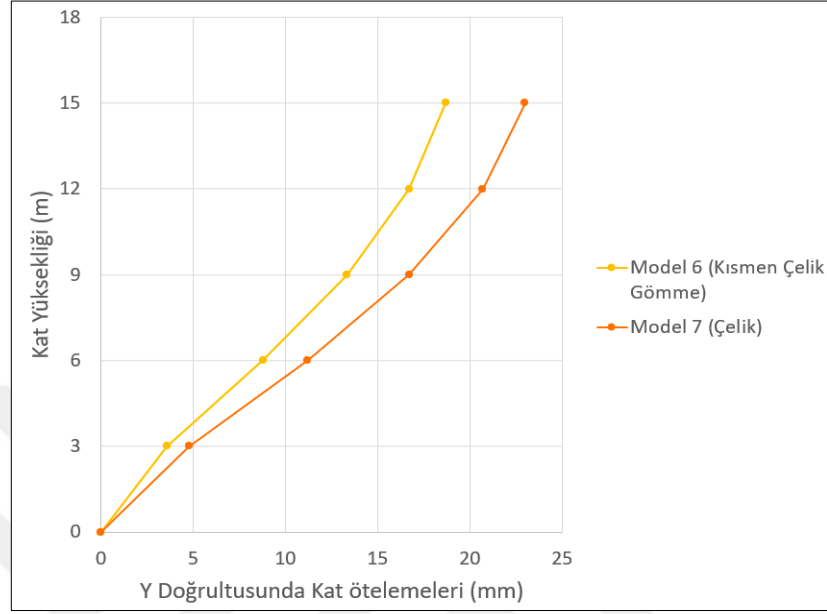
Tablo 9.12. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin (+X) ve (+Y) doğrultularında kat kesme kuvvetleri

Kat No	Kısmen Çelik Gömme Kompozit Yapı (Model 6)		Çelik Yapı (Model 7)	
	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)	+X Yönü (mm)	+Y Yönü (mm)
5	19,937	18,680	24,553	22,981
4	17,816	16,701	22,117	20,686
3	14,236	13,353	17,864	16,693
2	9,370	8,795	12,017	11,204
1	3,797	3,567	5,149	4,773

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)’da, çelik yapı (Model 7)’ye göre hem (+X) hem de (+Y) doğrultularında daha az kat ötelemeleri meydana gelmiştir (Şekil 9.13. ve Şekil 9.14.). Model 6’da (+X) ve (+Y) doğrultularında tepe noktasının deplasmanı sırayla 19,94 mm ve 18,68 mm, Model 7’de ise (+X) doğrultusunda 24,55 mm ve (+Y) doğrultusunda 22,98 mm olarak bulunmuştur. Yani kısmen çelik gömme kompozit yapının (Model 6), çelik yapı (Model 7)’ye göre tepe noktasının deplasmanı (+X) doğrultusunda %18,8 ve (+Y) doğrultusunda %18,7 olarak azalmıştır.



Şekil 9.13. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin X doğrultusunda kat ötelemeleri



Şekil 9.14. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin Y doğrultusunda kat ötelemeleri

9.2. Üçüncü Grup Taşıyıcı Sistemlerin Lineer Olmayan Analizi

İkinci gruptaki Modellerin (Model 6 ve Model 7) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterilmiştir.

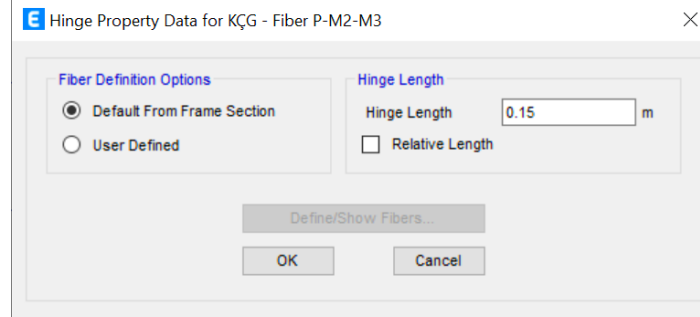
9.2.1. Model 6 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

Kısmen çelik gömme kompozit yapının (Model 6) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

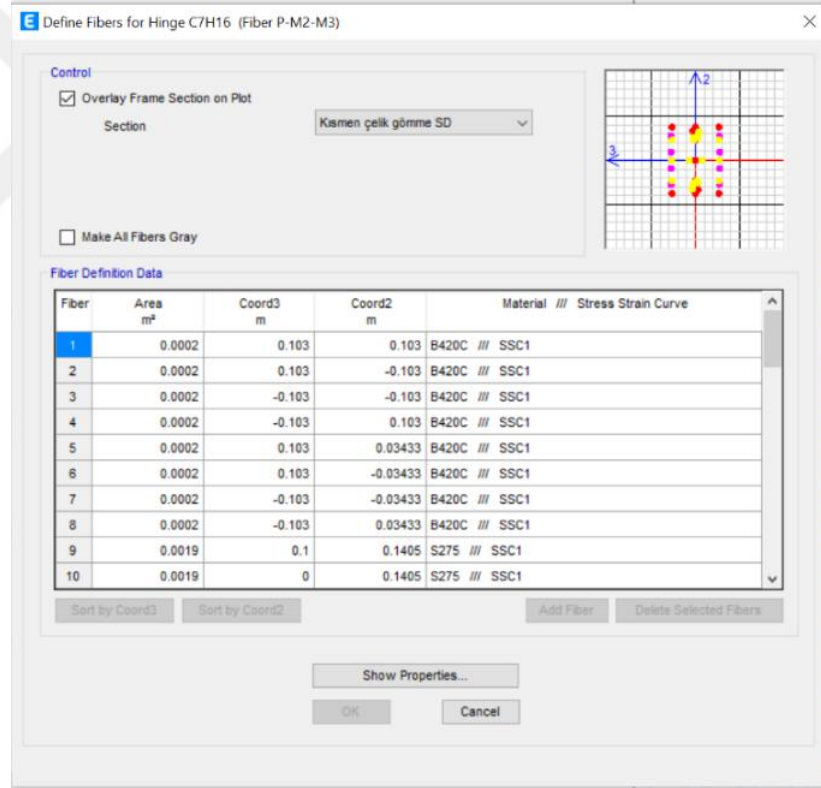
9.2.1.1. Model 6 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallarının tanımlanması

Kısmen çelik gömme kompozit kolonların doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için, kolonların uçlarında yayılı plastik davranış modeline göre kesit hücresi (lif) tanımı yapılmıştır. ETABS programından → Define → Section Properties → Frame/Wall Nonlinear Hinges → (Fiber P-M2-M3) plastik mafsalları seçilmiştir. Mafsalları tanımlarken

plastik mafsalsal boyu programa veri olarak girilmiştir (Şekil 9.15.). Plastik mafsalsal boyu $L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,3 = 0,15$ m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9.15. Kısmen çelik gömme kompozit kolonun plastik mafsalsal boyunun tanımlanması



Şekil 9.16. Kısmen çelik gömme kompozit kolonun lif özellikleri

Model 3'te olduğu gibi çelik kirişlerin akma dönmesi Denklem (5.5)'ten hesaplanarak plastik mafsallar tanımlanmıştır. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (Tablo 5.2.)'e göre tanımlanmıştır.

9.2.1.2. Model 6 taşıyıcı sistemin elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin hesabı

Kısmen çelik gömme kompozit kolonların etkin kesit rijitlikleri, Denklem (5.3)'e göre Tablo (9.13.)'te belirlenmiştir. Etkin kesit rijitlikleri Şekil (9.11.)'de gösterildiği şekilde programa tanımlanmıştır.

Tablo 9.13. Model 6 Taşıyıcı Sistemin Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

	KÇG Kompozit Kolon (Güçlü eksen)	KÇG Kompozit Kolon (Zayıf eksen)
EI_e (kNm ²)	32527,58	15165,82
M_y (kN.m)	819	468
L_s (m)	1,32	1,32
θ_v (rad)	0,011078599	0,013577901
ϕ_v (rad/m)	0,0156	0,0199
η	1	1
h (m)	0,3	0,3
d_b (m)	0,014	0,014
f_{ve} (MPa)	504	504
f_{ce} (MPa)	39	39
EI_o (kNm ²)	63040	34807
Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	0,52	0,44

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.44
Moment of Inertia about 3 axis	0.52
Mass	1
Weight	1

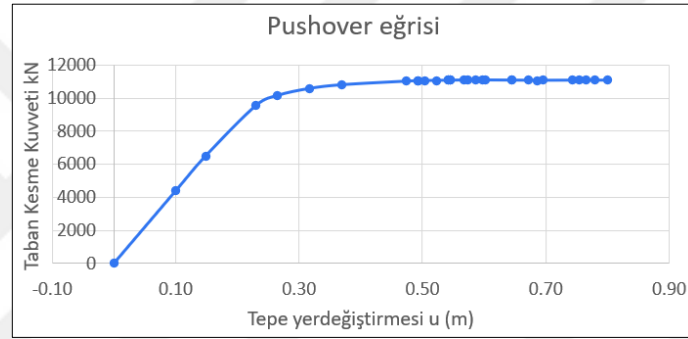
OK Cancel

Şekil 9.17. Kısmen çelik gömme kompozit kolon elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması

9.2.1.3. Model 6 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin U_{N1} (m) hesabı

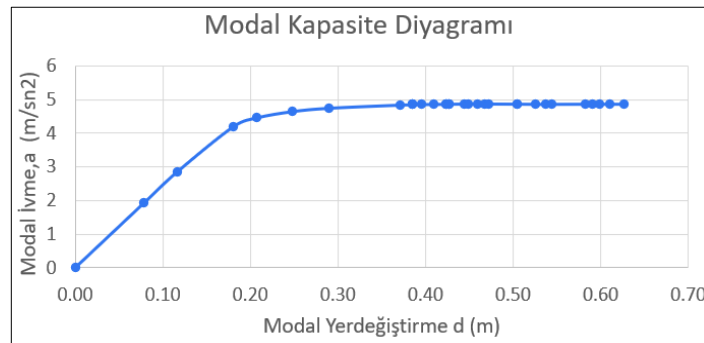
9.2.1.3.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (9.18.)'de verilmiştir.



Şekil 9.18. Model 6 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (9.19.)'da verilmiştir.



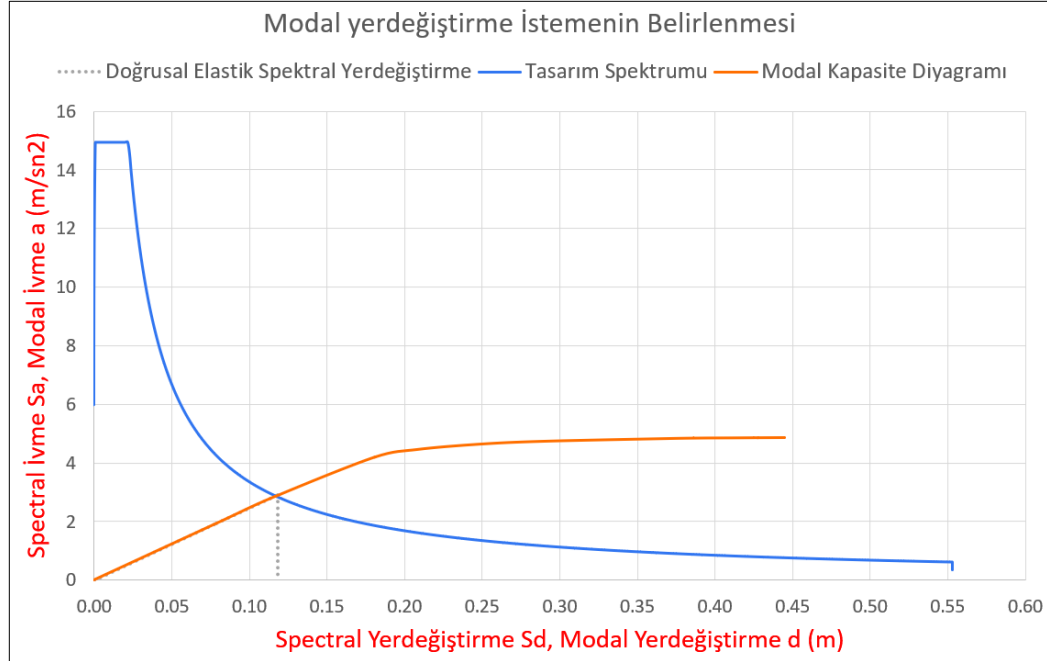
Şekil 9.19. Model 6 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X,1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (9.14.)'te gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 9.14. Model 6 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{x1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(X,1)}$ (1/m)
5	4448	453,4	0,026695513	12,10414	48,34029	0,32312629	1,0106094	47,83
4	5560	566,8	0,024405541	13,83229		0,33758462		
3	5560	566,8	0,019930185	11,29580		0,22512744		
2	5560	566,8	0,013546846	7,67793		0,10401169		
1	5560	566,8	0,006052066	3,43012		0,02075932		
	26690	2720,5		48,340288		1,01060937		

Koordinatları X doğrultusunda kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 9.20.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 9.20. Model 6 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

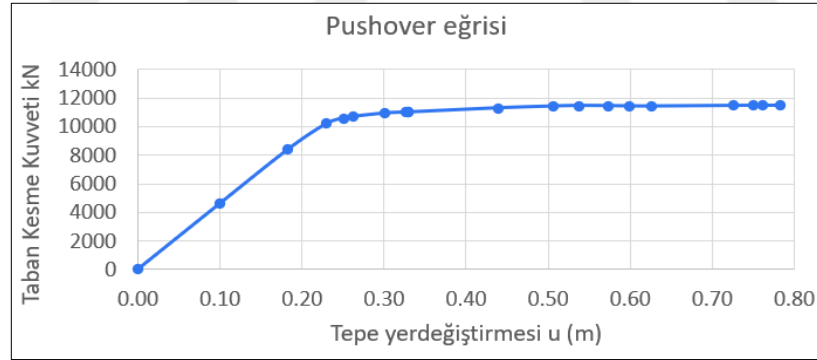
Elde edilen model yer değiştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} hesaplanmıştır (Tablo 9.15.). Kısmen çelik gömme kompozit yapının X doğrultusunda yer değiştirme istemi 0.150 m olarak elde edilmiştir.

Tablo 9.15. Model 6 X doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{xN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_1 * \Gamma_{x1} * \Phi_{xN1}$
0,026695513	47,83	0,118	0,150

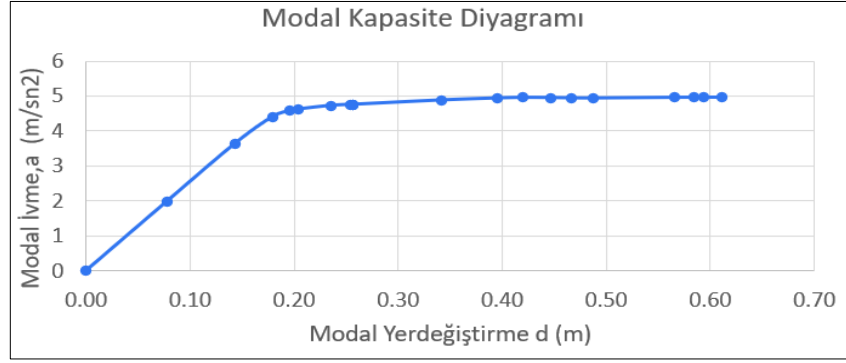
9.2.1.3.2. Y yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Y doğrultusunda kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (9.21.)'de verilmiştir.



Şekil 9.21. Model 6 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait Y doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (9.22.)'de verilmiştir.



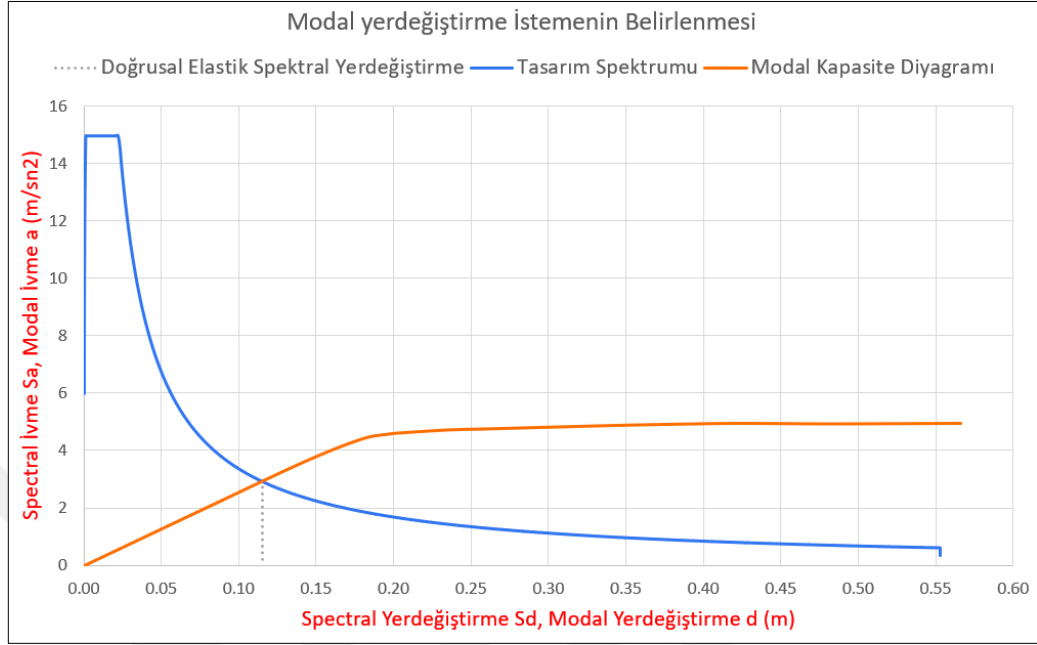
Şekil 9.22. Model 6 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Y doğrultusunda kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (9.16.)'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 9.16. Model 6 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(Y.1)}$ (1/m)
5	4448	453,4	0,026964864	12,22627	49,07023	0,32967973	1,0314977	47,57
4	5560	566,8	0,024622448	13,95523		0,34361195		
3	5560	566,8	0,020061317	11,37012		0,22809968		
2	5560	566,8	0,013555766	7,68298		0,10414871		
1	5560	566,8	0,00676752	3,83562		0,02595762		
	26690	2720,5		49,070227		1,03149769		

Koordinatları Y doğrultusunda kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6)'ya ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 9.23.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 9.23. Model 6 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

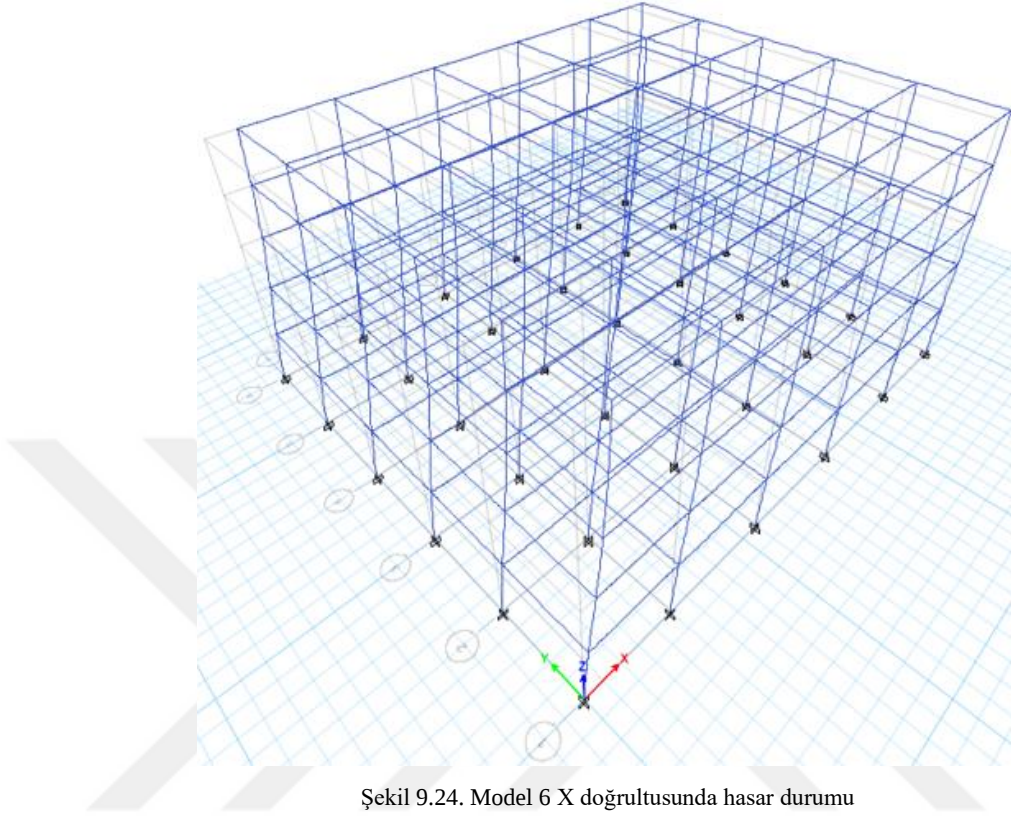
Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 9.17.). Kısmen çelik gömme kompozit yapının X doğrultusunda yer değıştirme istemi 0.148 m olarak hesaplanmıştır.

Tablo 9.17. Model 6 Y doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,026964864	47,57	0,115	0,148

9.2.1.3.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

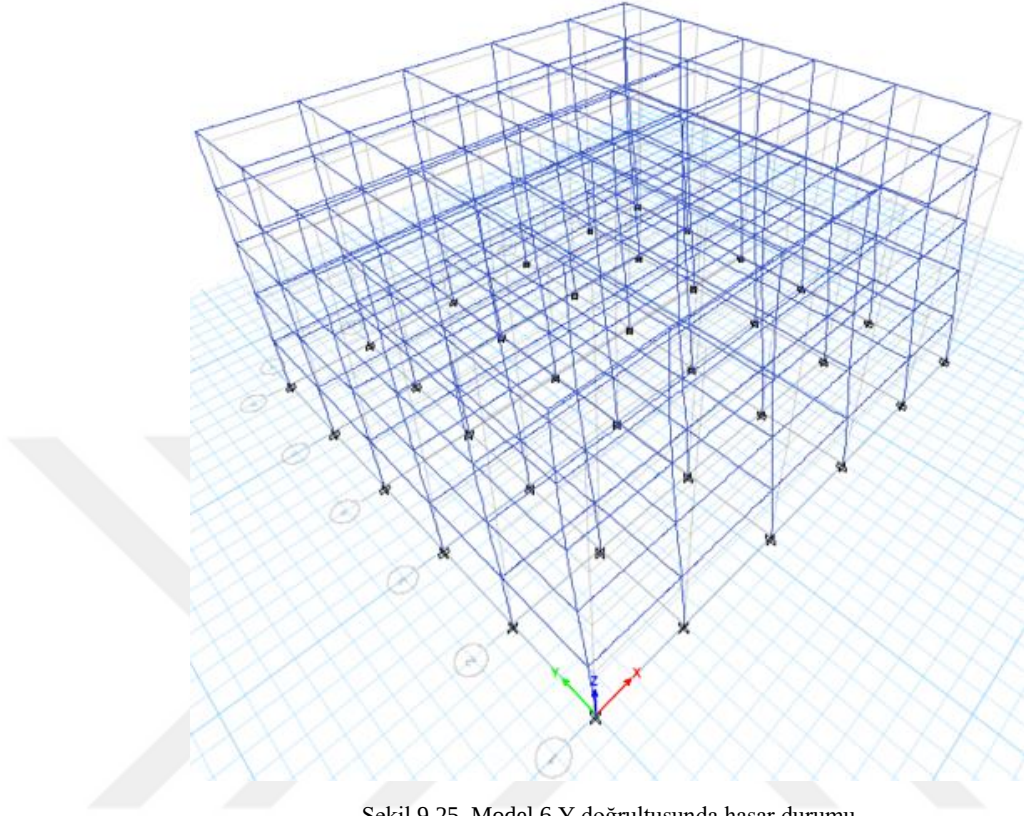
Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6), X doğrultusunda hesaplanan depremin yer değıştirme istemi U_{NX1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (9.24.)'te, kısmen çelik gömme kompozit yapıda (Model 6), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir, yani kısmen çelik gömme kompozit yapı X doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.



Şekil 9.24. Model 6 X doğrultusunda hasar durumu

9.2.1.3.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6), Y doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (9.25.)'te, kısmen çelik gömme kompozit yapıda (Model 6), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir, yani kısmen çelik gömme kompozit yapı Y doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.



Şekil 9.25. Model 6 Y doğrultusunda hasar durumu

9.2.2. Model 7 taşıyıcı sistemin lineer olmayan analizi

Çelik yapının (Model 7) lineer olmayan analizi alt bölümlerde gösterildiği şekilde yapıp, lineer olmayan analizin sonuçları gösterilmiştir.

9.2.2.1. Model 7 taşıyıcı sistemin elemanlarının plastik mafsallar özelliklerinin belirlenmesi

Çelik kolonlar ve kirişlerin akma dönmeleri kullanarak plastik mafsallar tanımlanmıştır. Çelik kirişlerin akma dönmesi Denklem (5.5), kolonlar ise Denklem (5.6)'dan (Tablo 9.18.)'de hesaplanmıştır. Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları (Tablo 5.2.), kolonlarda ise (Tablo 5.3.)'e göre tanımlanmıştır. Çelik kirişlerin plastik mafsallarının tanımlanması Model 3'te gösterildiği gibi yapılmıştır. Çelik kolonlarda Denklem (5.6)'dan akma

dönmeleri hesaplanmıştır, akma sınırları ise P/P_c oranını her katta maksimum bulunan basınç kuvveti dikkate alarak her kat için ayrı ayrı tanımlanmıştır (Tablo 9.19.).

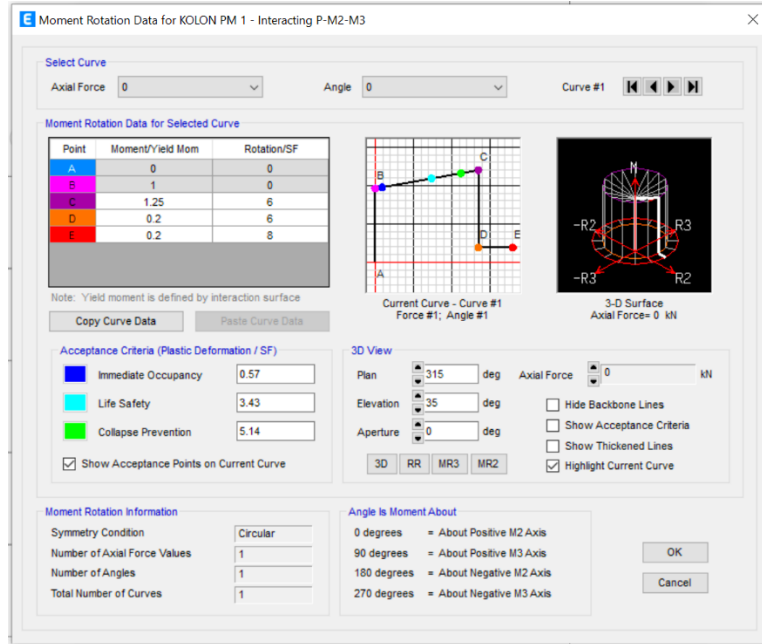
Tablo 9.18. 1.Kat Çelik kolonlarda akma dönmesinin hesabı

	HEB300 Güçlü eksen	HEB300 Zayıf eksen
W_p (m ³)	0,001869	0,0008701
L (m)	3	3
f_{ye} (KN/m ²)	357500	357500
E kN/m ²	200000000	200000000
I (m ⁴)	0,0002517	0,00008563
P/P_y	0,306	0,306
P/P_c	0,373	0,373
θ_y (rad)	0,00460	0,00630

Çelik kolonlarda akma sınır durumları:

Tablo 9.19. Çelik kolonlarda akma sınır durumları

	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT	5.KAT
P/P_c	0,373	0,298	0,221	0,144	0,066
SH	0,57 θ_y	0,76 θ_y	0,95 θ_y	1 θ_y	1 θ_y
KH	3,42 θ_y	4,56 θ_y	5,70 θ_y	6 θ_y	6 θ_y
GÖ	5,14 θ_y	6,83 θ_y	8,55 θ_y	9 θ_y	9 θ_y

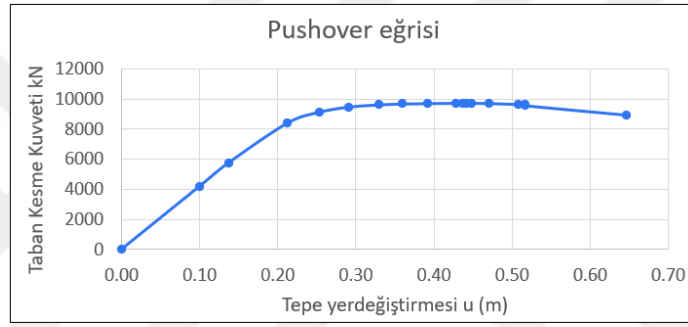


Şekil 9.26. 1.Kat çelik kolonlarda plastik mafsalların tanımlanması

9.2.2.2. Model 7 taşıyıcı sistemi için depremin yer değiştirme isteminin u_{n1} (m) hesabı

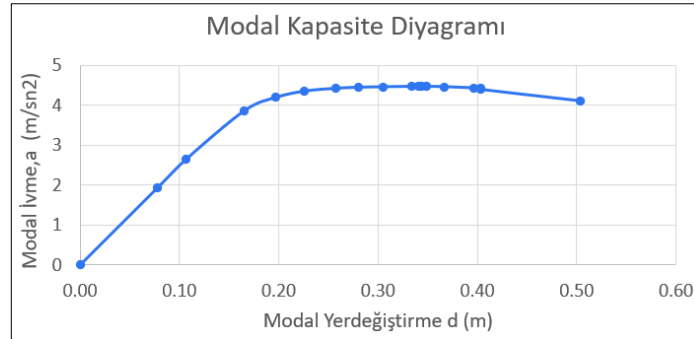
9.2.2.2.1. X yönünde depremin yer değiştirme isteminin U_{NX1} (m) hesabı

X doğrultusunda çelik yapı (Model 7) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik yapı (Model 7)'ye ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (9.27.)'de verilmiştir.



Şekil 9.27. Model 7 X doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$, (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{tx1}^{(X,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, X doğrultusunda elde edilen yatay yer değiştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Çelik yapı (Model 7)'ye ait X doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (9.28.)'de verilmiştir.



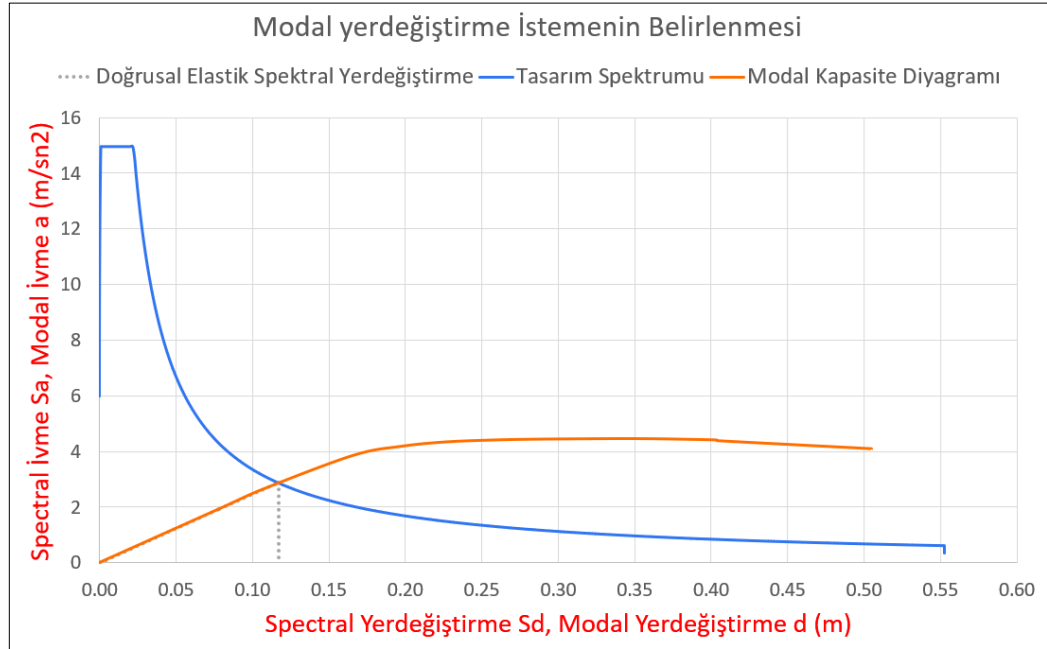
Şekil 9.28. Model 7 X doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Çelik yapı (Model 7)'ye ait X doğrultusunda, $\Gamma_1^{(X,1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (9.20.)'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 9.20. Model 7 X doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NX1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)}$	L_{X1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NX1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(X,1)}$ (1/m)
5	4245	432,7	0,027331957	11,82713	47,17480	0,32325864	1,0052600	46,93
4	5357	546,1	0,024865743	13,57857		0,33764126		
3	5357	546,1	0,020209564	11,03595		0,22303166		
2	5357	546,1	0,013636852	7,44675		0,10155023		
1	5357	546,1	0,006018212	3,28640		0,01977824		
	25675	2617,0		47,174796		1,00526003		

Koordinatları X doğrultusunda çelik yapı (Model 7)'ye ait modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 9.29.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 9.29. Model 7 X doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

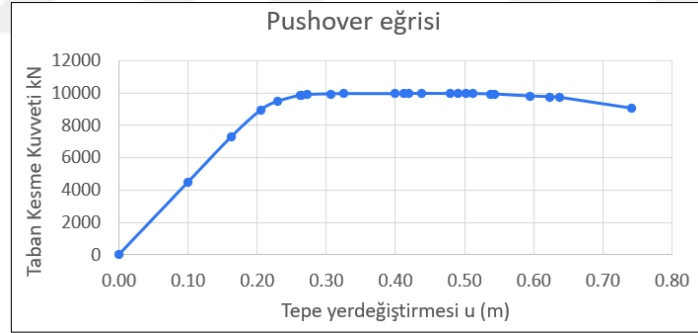
Elde edilen model yer değıştirme değeri kullanarak Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} hesaplanmıştır (Tablo 9.21.). Çelik yapının X doğrultusunda yer değıştirme istemi 0.15 m olarak bulunmuştur.

Tablo 9.21. Model 7 X doğrultusunda tepe yer değıştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{XN1}	Katkı Çarpanı Γ_{x1}	d_i (m)	Yapının X yönü tepe yer değıştirme istemi U_{NX1} (m) $U_{NX1} = d_i * \Gamma_{x1} * \Phi_{XN1}$
0,027331957	46,93	0,117	0,15

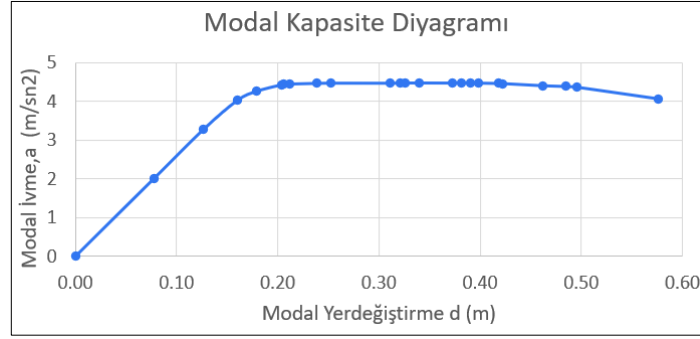
9.2.2.2.2. Y yönünde depremin yer değıştirme isteminin U_{NY1} (m) hesabı

Y doğrultusunda çelik yapı (Model 7) göçme sınırına gelene kadar itilmiştir. Çelik yapı (Model 7)'ye ait Taban kesme kuvveti – Tepe yerdeğıştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi Şekil (9.30.)'da verilmiştir.



Şekil 9.30. Model 7 Y doğrultusunda itme analizi eğrisi (Pushover eğrisi)

Modal sözde-ivme $a_1^{(Y,k)}$, (Y) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ty1}^{(Y,k)}$ için Denklem (5.14)'ten elde edilmiştir. Modal yerdeğıştirmesi $d_1^{(Y,k)}$, Y doğrultusunda elde edilen yatay yer değıştirmeden Denklem (5.15) ile hesaplanmıştır. Çelik yapı (Model 7)'ye ait Y doğrultusunda modal sözde ivme– modal yerdeğıştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı Şekil (9.31.)'de verilmiştir.



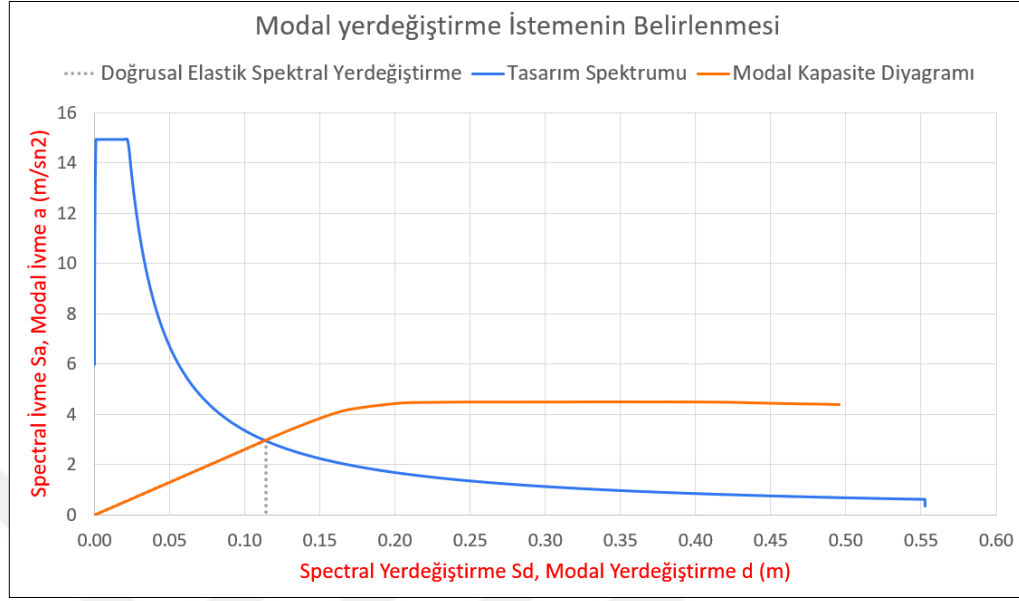
Şekil 9.31. Model 7 Y doğrultusunda modal kapasite diyagramı

Çelik yapı (Model 7)'ye ait Y doğrultusunda, $\Gamma_1^{(Y.1)}$ modal katkı çarpanı Denklem (5.16) ile Tablo (9.22.)'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 9.22. Model 7 Y doğrultusunda katkı çarpanı hesabı

Kat	Ağırlık (kN)	m_i (ton)	$\Phi_{NY1}^{(1)}$ (m)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)}$	L_{Y1} (kNs ²)	$m_i \cdot \Phi_{NY1}^{(1)*2}$	M_1 (kNs ² m)	$\Gamma_1^{(Y.1)}$ (1/m)
5	4245	432,7	0,027453088	11,87955	47,97858	0,32613025	1,0246928	46,82
4	5357	546,1	0,025027982	13,66717		0,34206159		
3	5357	546,1	0,020373612	11,12553		0,22666720		
2	5357	546,1	0,013774	7,52164		0,10360311		
1	5357	546,1	0,006930711	3,78469		0,02623060		
	25675	2617,0		47,978576		1,02469275		

Koordinatları Y doğrultusunda çelik yapı (Model 7)'ye modal yerdeğiştirme – modal sözde-ivme (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme–spektral ivme (S_{de} , S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir (Şekil 9.32.). Davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramının kesiştirilmesi sonucu modal yer değıştirme istemi hesaplanmıştır.



Şekil 9.32. Model 7 Y doğrultusunda depremin modal yerdeğiştirme talebinin hesabı

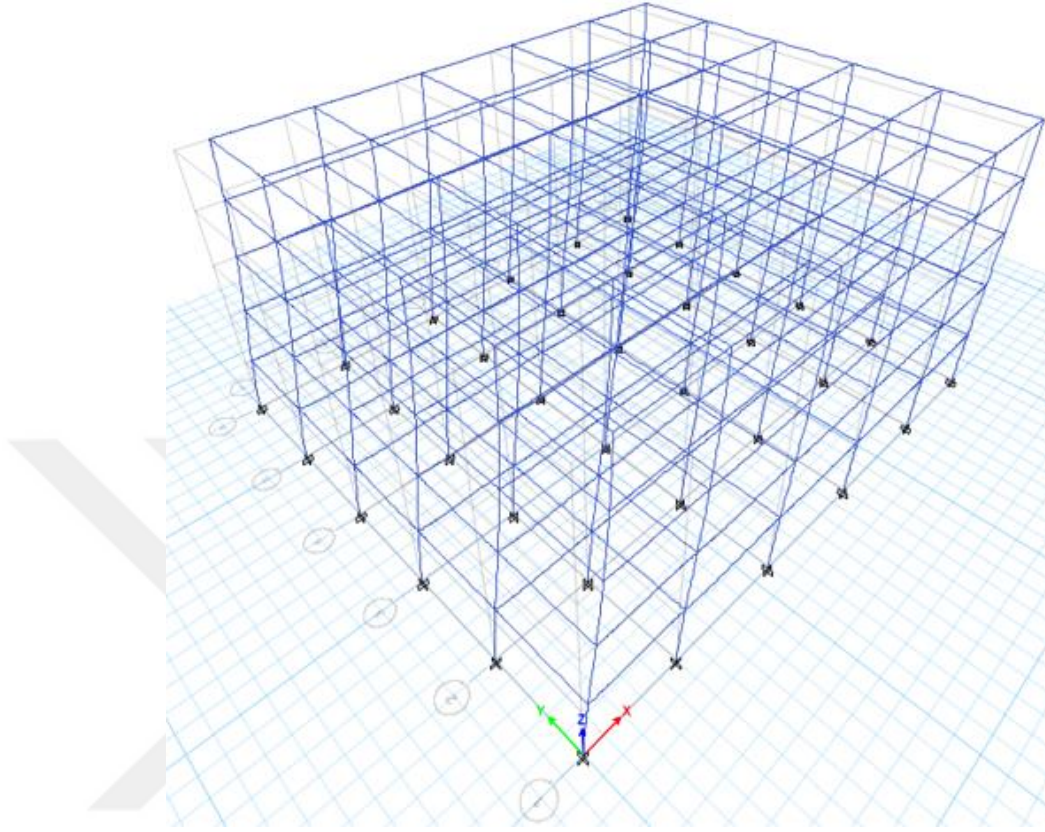
Elde edilen modal yer değiştirme değeri kullanarak Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) hesaplanmıştır (Tablo 9.23.). Çelik yapının Y doğrultusunda yer değiştirme istemi 0.147 m olarak bulunmuştur.

Tablo 9.23. Model 7 Y doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi hesabı

Modal Büyüklüğü Φ_{YN1}	Katkı Çarpanı Γ_{Y1}	d_i (m)	Yapının Y yönü tepe yer değiştirme istemi U_{NY1} (m) $U_{NY1} = d_i * \Gamma_{Y1} * \Phi_{YN1}$
0,027453088	46,82	0,114	0,147

9.2.2.2.3. X yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

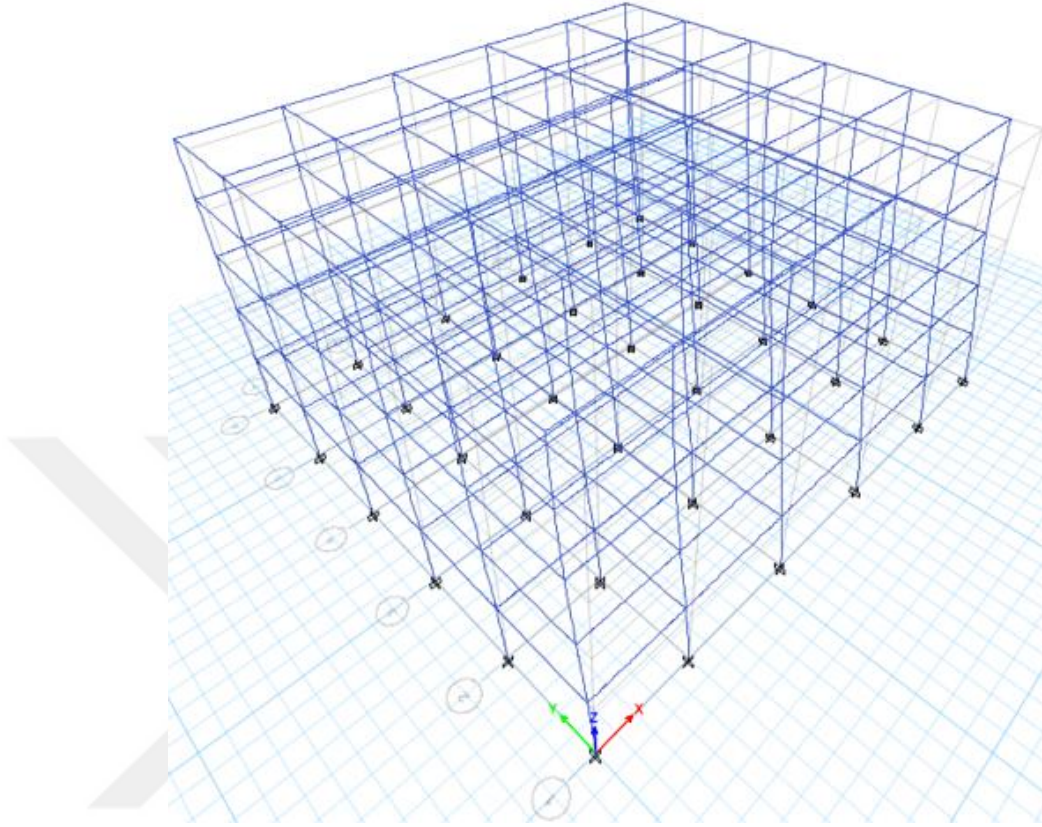
Çelik yapı (Model 7), X doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NX1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (9.33.)'te, çelik yapıda (Model 7), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir, yani çelik yapı X doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.



Şekil 9.33. Model 7 X doğrultusunda hasar durumu

9.2.2.2.4. Y yönünde lineer olmayan analizin sonuçları

Çelik yapı (Model 7), Y doğrultusunda hesaplanan depremin yer değiştirme istemi U_{NY1} 'e kadar bina tekrar itilip, hasar durumuna bakılmıştır. Şekil (9.34.)'te, çelik yapıda (Model 7), hem kolonlarda hem de kirişlerde her hangi bir hasar durumu gözlemlenmemiştir, yani çelik yapı Y doğrultusunda kontrollü hasar normal performans düzeyini sağlamıştır.



Şekil 9.34. Model 7 Y doğrultusunda hasar durumu

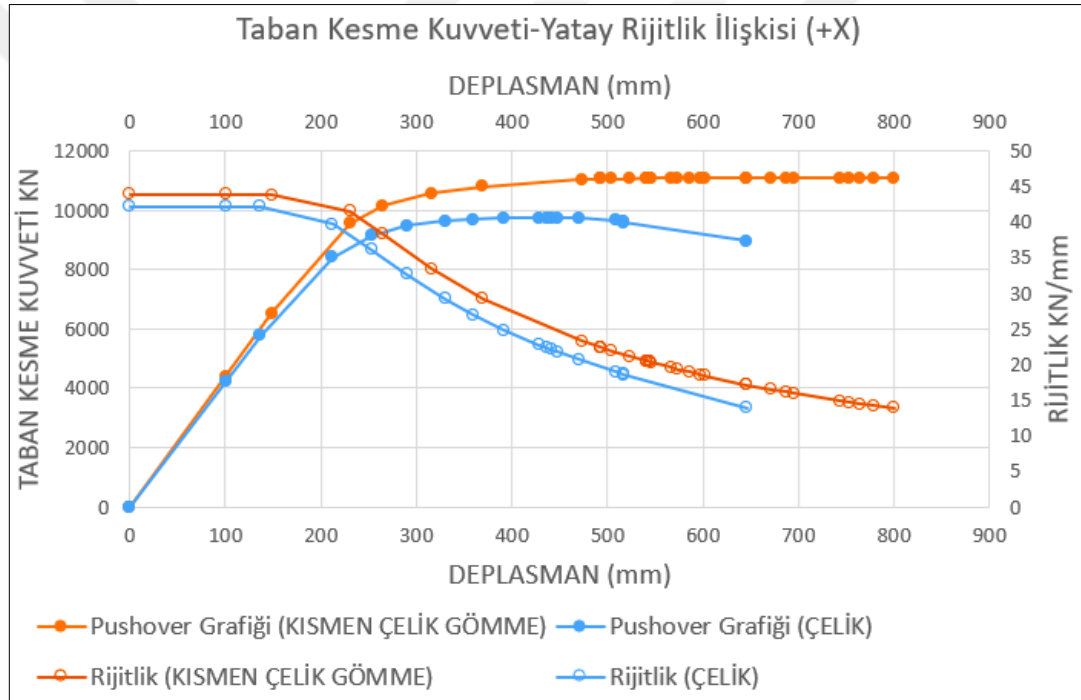
9.2.3. Üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Altındaki bölümlerde X ve Y yönlerinde üçüncü grup taşıyıcı sistemlerinin rijitlikleri ve süneklik katsayıları karşılaştırılması yapılmıştır.

9.2.3.1. X yönünde üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6) 6509,2 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 149 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 11078,4 kN ve tepe noktasının deplasmanı 800 mm olarak bulunmuştur. Çelik yapı (Model 7) ise 137 mm tepe deplasmanı ve 5769,9 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 8950,6 kN taban kesme kuvveti ve 646 mm tepe

deplasmanı olarak bulunmuştur. Şekil (9.35.)’te Model 6 ve Model 7’ye ait itme analizi eğrileri (Pushover grafiği) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler denk. (5.1)’ten hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Model 6 ve Model 7’nin süneklik katsayıları Tablo (9.24.) ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranları Tablo (9.25.)’te hesaplanmıştır. Model 6, Model 7’ye göre daha fazla rijitliğe ve daha fazla sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Model 6’nın süneklik katsayısı, Model 7’e göre %14 daha fazla çıkmıştır.



Şekil 9.35. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 9.24. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda süneklik katsayıları

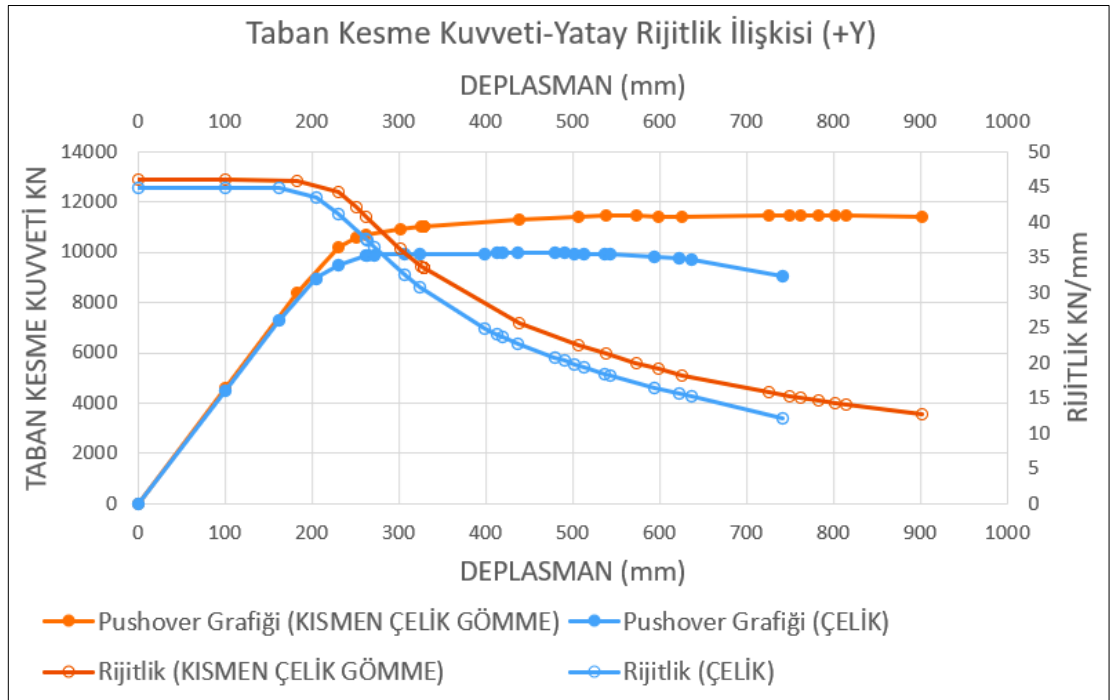
Bina Modeli	u_y (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
KÇG (Model 6)	0,149	0,800	5,37
Çelik (Model 7)	0,137	0,646	4,71

Tablo 9.25. Üçüncü grup modellerin X doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/M)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/M)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
KÇG (Model 6)	43685,91	13848	31,7
Çelik (Model 7)	42116,06	13855,41	32,9

9.2.3.2. Y yönünde üçüncü grup taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması

Kısmen çelik gömme kompozit yapı (Model 6) 8402,3 kN taban kesme kuvveti etkisi altında, tepe noktası 183 mm deplasman yaparak, elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, taban kesme kuvveti 11434 kN ve tepe noktasının deplasmanı 902 mm olarak bulunmuştur. Çelik yapı (Model 7) ise 163 mm tepe deplasmanı ve 7298,2 kN taban kesme kuvveti etkisi altında elastik davranıştan plastik davranışa geçmiştir. Plastik limit değeri, 9052,2 kN taban kesme kuvveti ve 741 mm tepe deplasmanı olarak bulunmuştur. Aşağıdaki şekil (9.36.)’da Model 6 ve Model 7’ye ait itme analizi eğrileri (Pushover grafiği) ve rijitliklerin değişimi gösterilmiştir. Rijitlikler denk. (5.1)’ten hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Model 6 ve Model 7’nin süneklik katsayıları Tablo (9.26.) ve göçme anındaki Rijitliğin, yapının ilk rijitliğine oranları Tablo (9.27.)’de hesaplanmıştır. Model 6, Model 7’ye göre daha fazla rijitliğe ve daha fazla sünekliğe sahip olduğu görülmüştür. Model 6’nın süneklik katsayısı, Model 7’ye göre %8,4 daha fazla çıkmıştır.



Şekil 9.36. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda taban kesme kuvveti-yanal rijitlik ilişkisi

Tablo 9.26. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda süneklik katsayıları

Bina Modeli	u_y (m)	u_{MAX} (m)	Süneklik katsayısı (μ)
KÇG (Model 6)	0,183	0,902	4,93
Çelik (Model 7)	0,163	0,741	4,55

Tablo 9.27. Üçüncü grup modellerin Y doğrultusunda göçme anındaki rijitliğin binanın ilk rijitliğine oranı

Bina Modeli	Binanın Rijitliği K_{ilk} (kN/M)	Göçme Anındaki Rijitlik K_{son} (kN/M)	Göçme anındaki Rijitliğin, binanın ilk rijitliğine oranı %
KÇG (Model 6)	45914,21	12676,27	27,61
Çelik (Model 7)	44774,23	12216,19	27,28

BÖLÜM 10. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çelik çerçeveli kompozit modellerde, betonarme modellere göre, ölü yükler azaldığından deprem etkisi altında daha az taban kesme kuvvetleri oluşmuştur ve çelik yapıya göre daha büyük rijitliğe sahip olduğundan daha az kat ötelemeleri meydana gelmiştir.

Lineer olmayan analiz sonuçlarına göre, çelik çerçeveli modellerde (Model 3, Model 4, Model 5, Model 6 ve Model 7) hem kolonlarda hem de kirişlerde hiç hasar meydana gelmediği için, betonarme çerçeveli modellere göre (Model 1 ve Model 2), daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Lineer analiz sonuçlarına göre tasarlanan modellerin periyotları, kat kesme kuvvetleri ve deplasmanları çok fazla değişmemiştir. Ancak, non-lineer analiz sonuçlarına göre kompozit modellerin daha fazla süneklik ve enerji yutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

Geleneksel betonarme yapının kolonları kompozit olarak modellendiğinde yapının rijitliği (+X) doğrultusunda %40,3 ve (+Y) doğrultusunda %43,7, sünekliği ise (+X) doğrultusunda %34,1 ve (+Y) doğrultusunda %42,5 oranında artmıştır. Süneklikteki bu büyük artış sonucuna göre, bu tür tasarımların depreme karşı daha güvenli olduğu söylenebilir.

Lineer ve lineer olmayan analiz sonuçlarına göre, beton dolgulu kompozit yapılar diğer modellere göre en iyi performans gösterdiği görülmüştür. Ancak, donatısız beton dolgulu kompozit yapının davranışının, donatılı beton dolgulu kompozit yapı ile çok yakın olduğu için, beton dolgulu kompozit kolonlarda kullanılan donatıların fazla etkisinin olmadığı söylenebilir.

Kompozit yapıların, geleneksel betonarme ve çelik yapılara göre daha iyi deprem performansı gösterdiği tespit edilmiştir.

Çelik yapıların üzerine etkiyen bütün kuvvetleri güvenli olarak taşımasına rağmen, deprem etkisi altında büyük yer değiştirmeler yapar, kolonların kompozit olarak modellendiğinde daha az yer değiştirmeler meydana geldiğinden, TBDY 2018 etkin göreceli kat ötelemesi kontrolü sağlamak için çaprazlar kullanmak yerine, kolonların kompozit olarak modellenmesi bir çözüm olarak düşünülebilir.

Kompozit yapılar inşaat sektöründe yeni bir kavram olduğu için, kompozit yapıların lineer olmayan analizi hakkında fazla veriler ve TBDY-2018’de bu konu hakkında fazla bilgi olmadığından, lineer olmayan analiz yaparken bazı kabuller yapılmıştır. Gelecek günlerde güncelleme yapılırsa, bu araştırma yeniden yapıp, sonuçlar tekrar değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Emre, S., Çelik-Beton Karma Yapıların Sismik Tasarımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [2] Shariff, F.Z., Devi, S., Comparative Study On Rcc And Cft Multi-Storeyed Buildings. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395 -0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 02 Issue: 03 | June-2015. Available: www.ijert.org.
- [3] Purushothaman V., Sukumaran, A., Comparative Study On Seismic Analysis Of Multi Storied Buildings With Composite Columns. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), ISSN: 2278-0181, Vol. 6 Issue 06, June – 2017. Available: www.ijert.org.
- [4] Amini, H., Kompozit Yapıların Dinamik Davranışlarının Geleneksel Yapılar ile Karşılaştırılması. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2018.
- [5] Mersha, D., Study on Earthquake Response of Composite, Steel and RCC Structures for Addis Ababa Condominium Housing. Addis Ababa Science and Technology University, College of Architecture and Civil Engineering of Post Graduate Studies, Yüksek Lisans Tezi, 2017.
- [6] Dalmiya Rajan, D., Abraham, J.K., Seismic Analysis Of Rcc Structures With Different Composite Columns In Buildings With Mass Irregularities. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 07 Issue: 04 | Apr 2020. Available: www.ijert.org.
- [7] Wagh M.M., Mohod, M.V., Behaviour of Concrete Filled Steel Tube With Reference to Different Shape of Column. International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering Volume 3, Special Issue 1, ICSTSD 2016.

- [8] Akif Uddin, M., Azeem, M.A., Comparative Study on Seismic Behaviour Of Composite And Rcc Plan Irregular Structures. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 9 Issue 01, January-2020. Available: www.ijert.org.
- [9] Mukesh kumar, K., Sudarsana Rao, H., Seismic Analysis of Composite Structures and its Comparision with RCC Structures. International Journal of Engineering Science and Computing, Volume 6 Issue No. 10 October 2016. <http://ijesc.org/>
- [10] Namratha, N., Ganesh, M., Spandana, B., Comparative Study On The Seismic Behaviour Of Rcc And Steel-Concrete Composite Frame Structures. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 05 Issue: 12 | Dec 2018. www.irjet.net
- [11] Jagadale, S., Shiyekar, M.R., Ghugal, Y.M., Comparative Study of Steel, RCC and Composite frame Building. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 06 Issue: 07 | July 2019. www.irjet.net
- [12] Reddy Lomada, N.K., Bhagyamma, G., Comparison Of Seismic Behavior Of A Typical Multi-Storey Structure With Composite Columns And Steel Columns. Aut Aut Research Journal, ISSN NO: 0005-0601, Volume XII, Issue I, January/2021.
- [13] Vamsi Krishna, T.G.N.C., Surendhar, S.V., Shiva Rama Krishna, M., Comparison of Seismic Analysis of Residential Composite and Rcc Structures. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), ISSN: 2278-3075, Volume-8, Issue-6S3, April 2019.
- [14] Preetha, V., Arun Prasad, M.S., Comparative Study on Behaviour of Rcc and Steel-Concrete Composite Multistorey Building. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395 -0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 04 Issue: 02 | Feb-2017. www.irjet.net
- [15] Hang, H.T.T., Study of Seismic Behaviour on Multi-Storied Buildings with Square Composite Columns. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS), ISSN: 2394-3661, Volume-6, Issue-5, May 2019.

- [16] Lai, B., Richard Liew, J.Y., Venkateshwaran, A., Li, S., Xiong, M. Assessment of high-strength concrete encased steel composite columns subject to axial compression” Journal of Constructional Steel Research 164 105765, 2020.
- [17] Şermet, F., Ercan, E., Hökelekli, E., Arısoy, B., Cyclic Behavior of Composite Column-Reinforced Concrete Beam Joints. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma J Eng & Nat Sci 38 (3), 1427-1445, 2020.
- [18] Nasery, M.M., Hüssem, M.F., Okur, Y., Altunışık A.C., Nasery, M.N., Model Updating-Based Automated Damage Detection of Concrete-Encased Composite Column-Beam Connections. *Structural Control and Health Monitoring* (IF4.819), 2020.
- [19] TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- [20] ÇYTHYDE 2016, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik.

EKLER

EK A: Betonarme yapının (Model 1) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları TBDY 2018'e göre belirlenmesi.

Tablo A.1. (+X) doğrultusunda, Betonarme yapının (Model 1) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(G\ddot{O})$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B6H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B6H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B18H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B18H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B21H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B21H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B51H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B51H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B52H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B52H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B53H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B53H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B54H9	0.013126	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B54H10	0.013451	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B55H9	0.00262	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B55H10	0.012111	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B56H9	0.002208	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B56H10	0.012061	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B57H9	0.002128	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B57H10	0.011163	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B58H9	0.007634	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B58H10	0.017175	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B59H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B59H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B60H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B60H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B61H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B61H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B62H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo A.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(G\ddot{O})$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B62H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B63H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B63H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B64H9	0.007632	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B64H10	0.017172	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B65H9	0.002125	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B65H10	0.011161	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B66H9	0.002205	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B66H10	0.012058	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B67H9	0.002611	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B67H10	0.012108	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B68H9	0.013123	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B68H10	0.013448	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B69H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B69H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B70H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B70H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B71H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B71H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B72H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B72H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B73H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B73H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B74H9	0.013507	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B74H10	0.013917	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B75H9	0.002898	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B75H10	0.012616	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B76H9	0.002389	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B76H10	0.012553	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B77H9	0.002299	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B77H10	0.011622	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B78H9	0.007941	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B78H10	0.017343	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B79H9	0.007978	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B79H10	0.017361	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B80H9	0.002352	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B80H10	0.011665	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B81H9	0.002443	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B81H10	0.012607	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR

Tablo A.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(G\ddot{O})$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B82H9	0.002975	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B82H10	0.012673	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B83H9	0.013567	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B83H10	0.013995	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B84H9	0.013567	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B84H10	0.013994	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B85H9	0.002974	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B85H10	0.012673	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B86H9	0.002443	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B86H10	0.012606	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B87H9	0.002351	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B87H10	0.011665	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B88H9	0.007977	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B88H10	0.017361	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B89H9	0.007939	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B89H10	0.017341	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B90H9	0.002297	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B90H10	0.011621	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B91H9	0.002387	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B91H10	0.012551	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B92H9	0.002896	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B92H10	0.012614	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B93H9	0.013505	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B93H10	0.013915	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B94H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B94H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B95H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B95H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B96H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B96H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B97H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B97H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B98H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B98H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B99H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B99H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B100H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B100H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo A.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B101H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B101H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B102H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B102H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B103H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B103H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B104H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B104H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B105H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B105H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B106H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B106H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B107H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B107H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo A.2. (+Y) doğrultusunda, Betonarme yapının (Model 1) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B6H9	0.012825	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B6H10	0.012339	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B18H9	0.013531	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B18H10	0.013055	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B21H9	0.007044	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B21H10	0.011517	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B51H9	0.007011	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B51H10	0.011509	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B52H9	0.007014	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B52H10	0.011488	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B53H9	0.007753	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B53H10	0.016944	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B54H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B54H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B55H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B55H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B56H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B56H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B57H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B57H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR
B58H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo A.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B58H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B59H9	0.007731	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B59H10	0.01692	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B60H9	0.006992	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B60H10	0.011466	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B61H9	0.00699	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B61H10	0.011488	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B62H9	0.007023	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B62H10	0.011496	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B63H9	0.012803	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B63H10	0.012317	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B64H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B64H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B65H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B65H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B66H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B66H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B67H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B67H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR
B68H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B68H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B69H9	0.013297	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B69H10	0.01286	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B70H9	0.007576	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B70H10	0.01207	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B71H9	0.007568	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B71H10	0.012067	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B72H9	0.007568	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B72H10	0.012049	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B73H9	0.008309	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B73H10	0.017189	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B74H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B74H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B75H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B75H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B76H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B76H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B77H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B77H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR

Tablo A.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(\text{GÖ})$	$\theta_p(\text{KH})$	$\theta_p(\text{SH})$	HASAR BÖLGESİ
B78H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B78H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B79H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B79H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B80H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B80H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B81H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B81H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B82H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B82H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR
B83H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B83H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B84H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B84H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B85H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B85H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B86H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B86H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B87H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B87H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR
B88H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B88H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B89H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B89H10	0	0.04317	0.03238	0	SINIRLI HASAR
B90H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B90H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B91H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B91H10	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B92H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B92H10	0	0.04346	0.03259	0	SINIRLI HASAR
B93H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B93H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B94H9	0.007753	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B94H10	0.012246	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B95H9	0.007744	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B95H10	0.012242	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B96H9	0.007744	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B96H10	0.01223	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B97H9	0.008468	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR

Tablo A.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(G\ddot{O})$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B97H10	0.017261	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B98H9	0.013526	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B98H10	0.01305	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B99H9	0.007748	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B99H10	0.012241	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B100H9	0.007739	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B100H10	0.012237	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B101H9	0.007739	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B101H10	0.012225	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B102H9	0.008463	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B102H10	0.017255	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B103H9	0.008289	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B103H10	0.017173	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B104H9	0.007552	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B104H10	0.012033	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B105H9	0.007552	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B105H10	0.012051	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B106H9	0.00756	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B106H10	0.012054	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B107H9	0.01328	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B107H10	0.012844	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR

EK B: Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları
TBDY 2018'e göre belirlenmesi.

Tablo B.1. (+X) doğrultusunda, Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B6H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B6H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B18H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B18H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B21H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B21H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B51H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B51H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B52H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B52H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B53H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B53H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B54H9	0.004721	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B54H10	0.008485	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR
B55H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B55H10	0.00681	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B56H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B56H10	0.006273	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B57H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B57H10	0.00697	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B58H9	0.003433	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B58H10	0.008947	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B59H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B59H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B60H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B60H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B61H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B61H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B62H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B62H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B63H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B63H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B64H9	0.003433	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B64H10	0.008946	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR
B65H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR

Tablo B.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B65H10	0.00697	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B66H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B66H10	0.006273	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B67H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B67H10	0.006809	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B68H9	0.004721	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B68H10	0.008484	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B69H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B69H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B70H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B70H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B71H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B71H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B72H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B72H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B73H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B73H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B74H9	0.005043	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B74H10	0.007752	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR
B75H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B75H10	0.007246	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B76H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B76H10	0.007546	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B77H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B77H10	0.00642	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B78H9	0.002767	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B78H10	0.00929	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B79H9	0.003434	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B79H10	0.008949	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR
B80H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B80H10	0.006984	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B81H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B81H10	0.006602	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B82H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B82H10	0.006828	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B83H9	0.00472	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B83H10	0.008485	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B84H9	0.00472	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B84H10	0.008485	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR

Tablo B.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B85H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B85H10	0.006828	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B86H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B86H10	0.006602	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B87H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B87H10	0.006984	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B88H9	0.003434	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B88H10	0.008949	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B89H9	0.002767	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B89H10	0.00929	0.04317	0.03238	0	BELİRGİN HASAR
B90H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B90H10	0.00642	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B91H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B91H10	0.007546	0.04349	0.03261	0	BELİRGİN HASAR
B92H9	0	0.04349	0.03261	0	SINIRLI HASAR
B92H10	0.007245	0.04346	0.03259	0	BELİRGİN HASAR
B93H9	0.005043	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B93H10	0.007752	0.04313	0.03235	0	BELİRGİN HASAR
B94H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B94H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B95H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B95H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B96H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B96H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B97H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B97H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B98H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B98H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B99H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B99H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B100H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B100H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B101H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B101H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B102H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B102H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B103H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B103H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B104H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo B.1. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B104H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B105H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B105H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B106H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B106H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B107H9	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR
B107H10	0	0.04313	0.03235	0	SINIRLI HASAR

Tablo B.2. (+Y) doğrultusunda, Çelik gömme kompozit yapının (Model 2) 1.Kat kirişlerinin hasar durumları

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B6H9	0.00485	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B6H10	0.006952	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B18H9	0.004847	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B18H10	0.006958	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B21H9	0.002223	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B21H10	0.007632	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B51H9	0.003224	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B51H10	0.00767	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B52H9	0.002996	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B52H10	0.006813	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B53H9	0.00246	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B53H10	0.008977	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B54H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B54H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B55H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B55H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B56H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B56H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B57H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B57H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B58H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B58H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B59H9	0.002459	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B59H10	0.00897	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B60H9	0.002995	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B60H10	0.006809	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B61H9	0.003223	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B61H10	0.007662	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B62H9	0.002222	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR

Tablo B.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B62H10	0.007626	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B63H9	0.004849	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B63H10	0.00695	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B64H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B64H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B65H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B65H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B66H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B66H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B67H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B67H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B68H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B68H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B69H9	0.004508	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B69H10	0.00777	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B70H9	0.002988	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B70H10	0.006816	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B71H9	0.002225	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B71H10	0.006695	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B72H9	0.00246	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B72H10	0.007542	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B73H9	0.003226	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B73H10	0.008863	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B74H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B74H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B75H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B75H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B76H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B76H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B77H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B77H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B78H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B78H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B79H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B79H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B80H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B80H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B81H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B81H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR

Tablo B.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B82H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B82H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B83H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B83H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B84H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B84H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B85H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B85H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B86H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B86H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B87H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B87H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B88H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B88H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B89H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B89H10	0	0.043171	0.032378	0	SINIRLI HASAR
B90H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B90H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B91H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B91H10	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B92H9	0	0.043486	0.032615	0	SINIRLI HASAR
B92H10	0	0.043456	0.032592	0	SINIRLI HASAR
B93H9	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B93H10	0	0.043129	0.032346	0	SINIRLI HASAR
B94H9	0.002226	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B94H10	0.007636	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B95H9	0.003229	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B95H10	0.00769	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B96H9	0.003228	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B96H10	0.00677	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B97H9	0.002463	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B97H10	0.00899	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B98H9	0.004846	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B98H10	0.006957	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B99H9	0.002226	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B99H10	0.007635	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B100H9	0.003229	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B100H10	0.007688	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B101H9	0.003228	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR

Tablo B.2. (Devam)

KESİT ID	θ_p	$\theta_p(GÖ)$	$\theta_p(KH)$	$\theta_p(SH)$	HASAR BÖLGESİ
B101H10	0.006768	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B102H9	0.002463	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B102H10	0.008988	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B103H9	0.003225	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B103H10	0.008857	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B104H9	0.00246	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B104H10	0.007537	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B105H9	0.002225	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B105H10	0.006691	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B106H9	0.002987	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B106H10	0.006813	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B107H9	0.004507	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR
B107H10	0.007767	0.043129	0.032346	0	BELİRGİN HASAR

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muaz HATTAB

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği / Yapı Pr.	2022
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / İnşaat Mühendisliği	2020
Lise	Muhammet Fatih Lisesi	2013

YABANCI DİL

Arapça, Türkçe, İngilizce