

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR HASTANE BİNASININ DBYBHY 2007 ve TBDY 2018
KAPSAMINDA DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak UÇAR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

MAYIS 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR HASTANE BİNASININ DBYBHY 2007 ve TBDY 2018
KAPSAMINDA DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Burak UÇAR
(501121064)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir GÜLER

MAYIS 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121064 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Burak UÇAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Betonarme Bir Hastane Binasının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Kapsamında Deprem Performansının Değerlendirilmesi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kadir GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Yasin FAHJAN**
Gebze Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Barış ERKUŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **29 Temmuz 2019**





Değerli Aileme,



ÖNSÖZ

Hazırlanan bu çalışma kapsamında 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2018 Deprem Yönetmeliği yapısal performans açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince tecrübeleriyle bana büyük katkılarda bulunan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Kadir GÜLER'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca yanımda duran, beni destekleyen aileme sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2019

Burak Uçar
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Tezin Amacı	2
2.1 Giriş	5
2.2 Dayanıma Göre Tasarım	6
2.2.1 DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 başlıca değişikliklerin karşılaştırılması ..	7
2.3 Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım ve Değerlendirme	9
2.4 DBYBHY 2007 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	10
2.4.1 Kesit hasar sınırları	10
2.4.2 Kesit hasar sınır bölgeleri	10
2.4.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	11
2.5 TBDY 2018 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	11
2.5.1 Kesit hasar sınırları	11
2.5.2 Kesit hasar bölgeleri	11
2.5.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	12
2.6 Bina Sismik Performansının Belirlenmesi	12
2.6.1 DBYBHY 2007 performans seviyeleri	12
2.6.2 TBDY 2018 performans seviyeleri	13
3. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ	17
3.1 Giriş	17
3.2 DBYBHY 2007 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri	18
3.2.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	18
3.2.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi	21
3.2.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz	21
3.3 TBDY 2018 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri	22
3.3.1 Tek modlu itme yöntemleri	22
3.3.2 Çok modlu itme yöntemleri	25
3.3.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	25
3.4 Doğrusal Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi	27
3.5 Plastik Mafsallı Hipotezi	28
3.6 Etkin Eğilme Rijitlikleri	31

3.7 Malzeme Modelleri	33
3.7.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri	33
3.7.2 Donatı çeliği modeli	35
3.8 DBYBHY 2007 Eleman Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri	36
3.9 TBDY 2018 Eleman Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri	36
4. BİNA DEPREM PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI	39
4.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler	39
4.2 Bina Performans Hedefleri	48
4.3 Bina Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi için Analiz Modelinin Oluşturulması	48
4.3.1 Malzeme bilgileri	51
4.3.2 Plastik mafsalları	52
4.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi ve Performans Noktalarının Tayin Edilmesi	52
4.4.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	52
4.4.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	54
4.4.3 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	57
4.4.4 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	59
4.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Analiz için Deprem Kayıtlarının Seçimi.....	63
4.5.1 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için deprem kayıtları	63
4.5.2 DBYBHY 2007 DD-2 deprem seviyesi için deprem kayıtları.....	64
4.5.3 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için deprem kayıtları	66
4.5.4 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için deprem kayıtları.....	67
4.5.5 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için deprem kayıtları.....	68
4.6 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Elastik Olmayan İtme Analizi Performans Sonuçları.....	70
4.6.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları.....	70
4.6.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları.....	72
4.6.3 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları.....	73
4.6.4 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları.....	75
4.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Sonuçları	77
4.7.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları	77
4.7.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları	79
4.7.3 DBYBHY 2007 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları	81
4.7.4 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları	83

4.7.5 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları	85
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	93
EKLER	95





KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
ATC	: Applied Technology Council
CQC	: Complete Quadratic Combination
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY 2018)
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY 2018)
EC	: Euro Code
ETABS	: Integrated Analysis, Design and Draftin of Building Systems
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı (DBYBHY 2007)
GV	: Kesit Güvenlik Sınırı (DBYBHY 2007)
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (TBDY 2018)
I=1,5	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (DBYBHY 2007)
I=1,0	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (DBYBHY 2007)
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (TBDY 2018)
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
MN	: Minimum Hasar Sınırı (DBYBHY 2007)
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (TBDY 2018)
SRSS	: Square Root of The Sum of The Squares
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS	: Türk Standartları



SEMBOLLER

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci İtme Adımı Sonunda Elde Edilen Birinci Moda Ait Modal İvme
$a_1^{(X,k)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin K'ıncı İtme Adımında Birinci Moda Ait Modal Tek Serbestlik Dereceli Sistemin Modal Sözde-İvmesi (TBDY 2018)
b_j	: Göz önüne Alınan Deprem Doğrultusunda, Birleşim Bölgesine Saplanan Kirişin Aynı Genişlikte Olması veya Kolonun Her İki Yanından da Taşması Durumunda Kolon Genişliği, Aksi Durumda Kirişin Düşey Orta Ekseninden İtibaren Kolon Kenarlarına Olan Mesafelerden Küçük Olanının İki Katı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci İtme Adımı Sonunda Elde Edilen Birinci Moda Ait Modal Yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci Moda Ait Modal Yer değiştirme İstemi
$d_{1,max}^{(X)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin Modal Tek Serbestlik Dereceli Sistemin En Büyük Yer değiştirmesi (TBDY 2018)
f_{ck}	: Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı
f_{cd}	: Betonun Tasarım Basınç Dayanımı
h_i	: i'inci Katın Yüksekliği
h	: Kolonun Göz önüne Alınan Deprem Doğrultusundaki En kesit Boyutu
M_{x1}	: X Deprem Doğrultusunda Doğrusal Elastik Davranış İçin Tanımlanan Birinci Moda Ait Etkin Kütle
N_{dm}	: Düşey Yükler ve Deprem Yüklerinin Ortak Etkisi Altında Hesaplanan Eksenel Basınç Kuvvetlerinin En Büyüğü
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{d1}	: Birinci Moda Ait Doğrusal Olmayan Spektral yer değiştirme
T_B	: İvme Spektrumundaki Karakteristik Periyot
$T_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki İtme Adımında Birinci Titreşim Moduna Ait Doğal Titreşim Periyodu

R_{y1}	: Birinci Moda Ait Dayanım Azaltma Katsayısı
V_e	: Kolon, Kiriş ve Perdede Enine Donatı Hesabında Esas Alınan Kesme Kuvveti
$V_{x1}^{(i)}$	: X Deprem Doğrultusunda (i)'inci İtme Adımı Sonunda Elde Edilen Birinci Moda Ait Taban Kesme Kuvveti
$V_{tx1}^{(X,k)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin K'ıncı İtme Adımında X Eksen Doğrultusunda Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti (TBDY 2018)
λ	: Göreli Kat Ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
κ	: İzin Verilen Göreli Kat Ötelemelerinin Tanımında Betonarme ve Çelik Taşıyıcı Sistemler İçin Farklı Olarak Kullanılan Katsayı
η_{bi}	: Burulma Düzensizliği Katsayısı
ϵ_{sy}	: Donatı Çeliğinin Akma Birim Şekil Değiştirmesi
ϵ_{sh}	: Donatı Çeliğinin Pekleşme Başlangıcındaki Birim Şekil Değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı Çeliğinin Kopma Birim Şekil Değiştirmesi
$\delta_{i,max}^{(x)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin, Binanın i'inci Katındaki Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kat İçindeki En Büyük Değeri
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın Tepesinde X Deprem Doğrultusunda (i)'inci İtme Adımı Sonunda Elde Edilen Birinci Moda Ait Yer değiştirme
Φ_{xN1}	: Binanın Tepesinde X Deprem Doğrultusunda Birinci Moda Ait Mod Şekli Genliği
Γ_{x1}	: X Deprem Doğrultusunda Birinci Moda Ait Katkı Çarpanı
$\omega_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki İtme Adımında Birinci Titreşim Moduna Ait Doğal Açısal Frekans
$m_{tx1}^{(X,1)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin X Eksen Doğrultusunda Birinci İtme Adımında Belirlenen Ve İtme Hesabı Boyunca Hiç Değiştirilmeyen Sabit Mod Şekline Göre Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti Modal Etkin Kütlesi (TBDY 2018)
$u_{Nx1}^{(X,k)}$	: (X) Deprem Doğrultusu İçin k'ıncı itme adımında N'inci kata X Eksen Doğrultusunda Hesaplanan Yer değiştirme (TBDY 2018)
$\Phi_{xN1}^{(i)}$	: Binanın Tepesinde X Deprem Doğrultusunda Birinci Moda Ait Mod Şekli Genliği (TBDY 2018)
$\Gamma_1^{(X,1)}$	: X Deprem Doğrultusunda Birinci Moda Ait Katkı Çarpanı
Φ_{xN1}	: Binanın Tepesinde X Deprem Doğrultusunda Birinci Moda Ait Mod Şekli Genliği (TBDY 2018)
$\mu(R_y, T_1)$	: Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı ve Birinci Doğal Titreşim Periyoduna Göre Hesaplanan Süneklik Talebi (TBDY 2018)
$[C]$	: Sönüm Matrisi
$[K]$	: Rijitlik Matrisi
$[M]$	: Kütle Matrisi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : TBDY 2018 Kuvvet bazlı tasarım etkin kesit rijitlikleri.....	32
Çizelge 3.2 : TBDY 2018 Donatı çeliği bilgileri.....	35
Çizelge 3.3 : DBYBHY 2007 Donatı çeliği bilgileri.....	35
Çizelge 4.1 : TBDY 2018 Etkin eğilme rijitlikleri kullanılan sisteme ait dinamik bilgiler.....	42
Çizelge 4.2 : DBYBHY 2007 brüt kesit rijitliklerine sahip sisteme ait dinamik bilgiler.....	42
Çizelge 4.3 : Bina performans hedefleri.....	48
Çizelge 4.4 : DBYBHY 2007 Eleman etkin eğilme rijitlikleri.....	49
Çizelge 4.5 : TBDY 2018 Kolon eleman etkin eğilme rijitlikleri.....	49
Çizelge 4.6 : TBDY 2018 Perde eleman etkin eğilme rijitlikleri.....	50
Çizelge 4.7 : TBDY 2018 Kiriş eleman etkin eğilme rijitlikleri.....	50
Çizelge 4.8 : Beklenen ortalama malzeme değerleri.....	51
Çizelge 4.9 : Analizlerde kullanılan beklenen ortalama malzeme değerleri.....	52
Çizelge 4.10 : I=1,5 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.....	53
Çizelge 4.11 : I=1,5 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.....	54
Çizelge 4.12 : I=1,0 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.....	55
Çizelge 4.13 : I=1,0 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.....	56
Çizelge 4.14 : DD-1 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.....	58
Çizelge 4.15 : DD-1 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.....	59
Çizelge 4.16 : DD-2 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.....	60
Çizelge 4.17 : DD-2 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.....	61
Çizelge 4.18 : DBYBHY 2007 I=1,0 Deprem performansı için deprem kayıtları.....	64
Çizelge 4.19 : DBYBHY 2007 DD-2 Deprem performansı için deprem kayıtları.....	65
Çizelge 4.20 : DBYBHY 2007 I=1,5 Deprem performansı için deprem kayıtları.....	66
Çizelge 4.21 : TBDY 2018 DD-1 Deprem performansı için deprem kayıtları.....	67
Çizelge 4.22 : TBDY 2018 DD-2 Deprem performansı için deprem kayıtları.....	68
Çizelge 4.23 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi kesit hasarları.....	71
Çizelge 4.24 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi kesit hasarları.....	72
Çizelge 4.25 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi kesit hasarları.....	74
Çizelge 4.26 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi kesit hasarları.....	76
Çizelge 4.27 : DBYBHY 2007 I=1,5 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.....	78
Çizelge 4.28 : DBYBHY 2007 I=1,0 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.....	80
Çizelge 4.29 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.....	82
Çizelge 4.30 : TBDY 2018 DD-1 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.....	84
Çizelge 4.31 : TBDY 2018 DD-2 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.....	86
Çizelge 5.1 : Farklı deprem yönetmelikleri, analiz yöntemleri ve deprem seviyeleri için bina performans hedefleri ve sonuçları.....	88



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 2007-2018 Yönetmelikleri azaltılmamış tasarım spektrumu karşılaştırması.....	7
Şekil 2.2 : 2007-2018 Yönetmelikleri azaltılmış tasarım spektrumu karşılaştırması....	8
Şekil 2.3 : DBYBHY 2007 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve sınır bölgeleri.....	10
Şekil 2.4 : TBDY 2018 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve sınır bölgeleri.....	11
Şekil 3.1 : Bina taban kesme kuvveti / tepe yerdeğiştirmesi değişimi.....	18
Şekil 3.2 : S_{de1} - S_{ae1} ilişkisi.....	20
Şekil 3.3 : Spektral yerdeğiştirme oranı CR1 hesabı.....	21
Şekil 3.4 : İç kuvvet şekildeğiştirme bağıntıları.....	27
Şekil 3.5 : Kirişlerde eğilme momenti / eğrilik ilişkisi.....	29
Şekil 3.6 : Kirişlerde mesnet bölgelerinde eğrilik değişimi.....	30
Şekil 3.7 : Betonarme kesitte güç tükenmesi durumu değişimi.....	31
Şekil 3.8 : TBDY 2018 Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme bağıntıları.....	34
Şekil 3.9 : DBYBHY 2007 Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme bağıntıları.....	34
Şekil 3.10 : Donatı eliği gerilme-şekil değiştirme bağıntıları.....	35
Şekil 4.1 : 60cm×60cm ve 70cm×70cm kolon donatı detayları.....	40
Şekil 4.2 : 50cm×60cm tipik kiriş donatı detayları.....	40
Şekil 4.3 : 40cm×490cm perde donatı detayı.....	41
Şekil 4.4 : $S_{ae}(T)/S_{aR}(T)$ İvme-periyot grafiği.....	42
Şekil 4.5 : Binanın 3 boyutlu hesap modeli.....	43
Şekil 4.6 : Binanın bodrum kat kalıp planı.....	45
Şekil 4.7 : Binanın normal kat kalıp planı.....	46
Şekil 4.8 : Binanın kat kesitleri.....	47
Şekil 4.9 : $I=1,5$ Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	53
Şekil 4.10 : $I=1,5$ Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	54
Şekil 4.11 : $I=1,0$ Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	56
Şekil 4.12 : $I=1,0$ Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	57
Şekil 4.13 : DD-1 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	58
Şekil 4.14 : DD-1 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	59
Şekil 4.15 : DD-2 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	61

Şekil 4.16 : DD-2 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spekturumu ve modal kapasite diyagramı.....	62
Şekil 4.17 : X yönü için farklı deprem seviyeleri altında yapı itme eğrileri değişimi.....	62
Şekil 4.18 : X yönü için farklı deprem seviyeleri altında yapı itme eğrileri değişimi.....	63
Şekil 4.19 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu- tasarım spektrumu (I=1,0).....	64
Şekil 4.20 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu- tasarım spektrumu (DD-2).....	65
Şekil 4.21 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu- tasarım spektrumu (I=1,5).....	66
Şekil 4.22 : 11 Deprem kaydı ortalama spektrumu- tasarım spektrumu (DD-1).....	68
Şekil 4.23 : 11 Deprem kaydı ortalama spektrumu- tasarım spektrumu (DD-2).....	69
Şekil 4.24 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi kesit hasarları.....	70
Şekil 4.25 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi kesit hasarları.....	72
Şekil 4.26 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi kesit hasarları.....	74
Şekil 4.27 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi kesit hasarları.....	75
Şekil 4.28 : DBYBHY 2007 I=1,5 Zaman tanım alanında analiz kesit güvenlik sınırı oranları.....	77
Şekil 4.29 : DBYBHY 2007 I=1,0 Zaman tanım alanında analiz kesit güvenlik sınırı oranları.....	79
Şekil 4.30 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında analiz kesit güvenlik sınırı oranları.....	81
Şekil 4.31 : TBDY 2018 DD-1 Zaman tanım alanında analiz kontrollü hasar sınırı oranları.....	83
Şekil 4.32 : TBDY 2018 DD-2 Zaman tanım alanında analiz sınırlı hasar sınırı oranları.....	85

BETONARME BİR HASTANE BİNASININ DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 KAPSAMINDA DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Son yıllarda ülkemizde yaşanan tahripkar depremlerden sonra, yapı ve deprem mühendisliğinde yapıların deprem performansının önemi oldukça önem kazanmıştır. 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi kapsamında performansının belirlenmesi ile ülkemiz inşaat mühendisleri lineer ve lineer olmayan performans analizi kavramı ile tanışmış, 2018 yılında yenilenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile bu performans kavramı şekil değiştirmeye göre tasarım ve değerlendirme olarak güncellenmiştir. TBDY 2018’de binaların hedef performans talebine göre tasarım aşamasında da performans hesabı yapılması istenmektedir. Bu tez çalışmasında İstanbul Kadıköy ilçesinde yapılması kurgulanan çerçeve ve perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 9 katlı betonarme bir hastane binasının TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılmıştır. Tezin amacı DBYBHY 2007 ile TBDY 2018 yönetmelikleri kullanılarak bina performansının lineer olmayan yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır. Tez çalışmasında kuvvet bazlı tasarımı TBDY 2018 yönetmeliğine göre yapılan binanın, DBYBHY 2007’de tanımlanan lineer olmayan iki yöntem olan itme analizi ile zaman tanım alanında hesap yöntemi ile deprem performansı $I=1,5$ ve $I=1,0$ deprem düzeyleri için toplamda 4 adet olacak şekilde performans analizi yapılmıştır. Bu analizden elde edilen sonuçlar ile TBDY 2018 kapsamında tariflenen lineer olmayan hesap yöntemlerinden tek modlu itme analizi ile zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak DD-1 ve DD-2 deprem seviyeleri için toplamda 4 adet performans analizinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca iki yönetmelik arasındaki depremsellik farkını sabit tutmak amacı ile DBYBHY 2007’de tanımlı uygun $I=1,0$ deprem düzeyine denk gelen , TBDY 2018’de tanımlı DD-2 tasarım spektrumu kullanılarak, DBYBHY 2007’de “Hemen Kullanım Performans Düzeyi” araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda dayanıma göre tasarımı TBDY 2018 kapsamında yapılan binanın, yine aynı

yönetmeliğin performans hedeflerini sağladığı yapılan lineer olmayan hesap yöntemleri ile gösterilmiş, DBYBHY 2007 de hedeflenen $I=1,0$ deprem düzeyi altında “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”ni sağlamadığı gösterilmiştir. DBYBHY 2007 kriterleri ile TBDY 2018 DD-2 spektrumu kullanılarak oluşturulan analiz durumunda ise, bina hedef performans düzeyi olan “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”nin sağlandığı görülmüştür.

Tez çalışmasının birinci bölümünde konuya giriş yapılmış, tez çalışmasının amacı anlatılmıştır. Çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümünde yapısal performans düzeyleri, kesit hasar sınırları ve plastik mafsal teorisi anlatılmıştır. Ayrıca ikinci bölümde iki yönetmelikte tarifli kuvvet bazlı tasarımda yeni yönetmelikte verilen başlıca değişiklikler karşılaştırılmıştır.

Dördüncü bölümde, tasarımı yapılan binanın tasarım aşaması ile ilgili bilgiler verilmiştir. İki yönetmelikte lineer olmayan itme analizi ile ilgili hesap detayları verilmiş, zaman tanım alanında hesap için gerekli deprem kayıtlarının seçimi ve kullanılan kayıtların listesi verilmiştir. Her analiz sonucunda elde edilen performans düzeyleri eleman bazında ve kat bazında ayrıntılı verilmiştir.

Tez çalışmasının beşinci bölümünde ele alınan binanın performans analizlerine ilişkin sonuçlar irdelenmiş, iki yönetmelik arasında performans kavramı açısından farklar verilmiş ve tartışılmıştır.

Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılan bina taşıyıcı sistemi, yine aynı yönetmeliğin şekildeğiştirmeye göre tasarım ve değerlendirme kurallarına göre yapılan performans analizlerinde, bina hedef performans düzeylerini sağlamaktadır.
- Bina taşıyıcı sistemi, DBYBHY 2007 kapsamında tanımlı doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle performans hedeflerinden $I=1,0$ deprem düzeyi bina performans hedefi, $I=1,0$ tasarım spektrumu (DBYBHY 2007’de tanımlı) kullanılarak yapılan analizde, hedef bina performans seviyesi olan “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”ni sağlamamaktadır. Elde edilen performans analizi sonucunda kiriş hasar oranları, yönetmelik talebi olan kirişlerin %10’nun “Belirgin Hasar Bölgesi”ne geçebilmesi şartını sağlamamaktadır. Ancak DBYBHY 2007 kapsamında tanımlı doğrusal olmayan analiz yöntemi

hedeflerinden $I=1,0$ deprem düzeyi bina performans hedefi ile TBDY 2018’de tanımlı DD-2 tasarım spekturumu kullanıldığında bina hedef performans düzeyi sağlanmaktadır.

- Bina tasarımına ilişkin bazı detaylar ile bazı sayısal analiz sonuçları tezin ekler kısmında verilmiştir.
- Yapılan farklı deprem düzeyleri ve bina hedef performansları için doğrusal olmayan performans analizlerinde, ele alınan bina taşıyıcı sisteminin zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabında, bina modal davranışını daha düzgün yansıtması nedeniyle itme analizlerinden daha olumsuz sonuçlar verdiği görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre itme analizi sonuçlarının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaba göre güvensiz sonuçlar verdiği belirtilebilir. Bu sonuca ulaşılmasında, binanın 9 katlı olmasının etkisi olduğu söylenebilir.



EVALUATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE HOSPITAL BUILDING USING DBYBHY 2007 and TBDY 2018

SUMMARY

In recent years a number of destructive earthquakes have been occurred in Turkey and the importance of earthquake performance of buildings and structural and earthquake engineering is getting popular. With Turkish Seismic Code 2007 (TSC 2007), the determination of the performance of existing buildings acquainted with the concept of civil engineers linear and non-linear performance analysis. In Turkey we have new Seismic Code in 2018 (TSC 2018), the seismic performance concept has been updated and widened to design and evaluation. In TSC 2018, performance analysis is required in the design stage according to the target performance demand of the buildings. In this thesis, a 9 story reinforced concrete hospital building with frame and shear wall-frame system designed to be constructed in Kadıköy district of İstanbul was designed according to the strength based rules of TBDY 2018. The aim of this thesis is to determine the building performance using non-linear analysis methods by using TSC 2007 and TSC 2018 seismic codes. In the thesis, the force-based design of the building, which was designed according to TSC 2018 code, 4 different performance analysis will made for two different earthquake performance levels, $I = 1,5$ and $I = 1,0$, by using nonlinear push-over analysis and nonlinear time history analysis defined in TSC 2007. The results obtained from this analysis were compared with the results obtained from a total of 4 performance analyzes for DD-1 and DD-2 earthquake levels using single-mode push-over analysis and nonlinear time history analysis described within the scope of TSC 2018. In addition, in order to keep the seismicity difference between the two codes (TSC 2007 and TSC 2018) constant, the “Immediate Use Performance Level” was investigated in TSC 2007 using the DD-2 design spectrum defined in TSC2018, which corresponds to the appropriate $I = 1,0$ earthquake level defined in TSC 2007. According to the results, the building, which was designed according to strength based rules in the scope of TSC 2018, has been shown with non-linear

calculation methods, which also meet the performance targets of the same regulation, and it has been shown that the building does not meet the “Immediate Use Performance Level” under the targeted $I = 1.0$ earthquake level in 2007. In the case of the analysis using the TSC 2007 criteria and TSC 2018 DD-2 spectrum, it was seen that the building target performance level “Immediate Use Performance Level” was satisfied.

In the first part of the thesis, the subject is introduced and the purpose of the thesis is explained. In the second and third part of the study, structural performance levels, cross-sectional damage limits and plastic hinge theory are explained. In the second part, the major changes in the force-based design described in the two codes are compared.

In the fourth section, information about the design phase of the building is given. In two code, calculation details related to nonlinear performance analysis are given, selection of earthquake records and list of records are given in time domain. The performance levels obtained as a result of each analysis are given by stories different structural elements.

In the fifth chapter of the thesis, the results are examined and the differences between the two codes in terms of performance concept are given.

The main results can be summarized as follows;

- The building, which was designed according to strength based rules within the scope of TSC 2018, provides the building target performance levels in the performance analyzes performed according to the design and evaluation rules according to the deformation of the same code (TSC 2018).
- $I = 1.0$ earthquake level building performance target, which is one of the performance targets using nonlinear analysis methods defined within the scope of TSC 2007, is used in the analysis using $I = 1.0$ design spectrum (defined in TSC 2007), does not satisfy requirements. As a result of the performance analysis, the beam damage ratios does not meet the requirement that 10% of the beams demanding code can pass into the “Distinctive Damage Zone”. However, when $I=1.0$ earthquake level building performance target defined in TSC 2007 and the DD-2 design spectrum defined in TSC 2018 are used in the non-linear analysis method, the building target performance level is provided.

- Some design details of building and some numerical analysis results are given in appendices of the thesis.
- In the nonlinear performance analysis for different earthquake levels and building target performances, it was seen that the nonlinear analysis results in time domain gives more inconvenient results than push-over analysis because it reflects the building modal behavior more smoothly. Therefore, according to the results obtained from this study, it can be stated that the results of push-over analysis gives insecure results according to nonlinear time history analysis. It can be said that, the fact that the building has 9 story is effective in reaching this results.





1. GİRİŞ

1.1 Konu

Ülkemiz bulunduğu konum itibarı fiziksel ve kültürel olarak kıtaları birbirine bağlamanın yanı sıra, tektonik olarak oldukça aktif Avrupa, Asya ve Arap levhalarının çevrelediği Anadolu plağında yer almaktadır. Anadolu’da kurulmuş olan onlarca uygarlık, yüzyıllardan beri süre gelen büyük ve yıkıcı depremlerin etkisi altında kalmıştır, ülkemiz halen bu yıkım ve tahribattan maddi manevi etkilenmektedir. Bu açıdan bakıldığında depremler çağlar boyu insanlık mirasını etkilemiş ve günümüzde yapılan araştırmalar neticesinde, coğrafyamız özelinde antik medeniyet kalıntılarının günümüze ulaşamamasında büyük rol oynamıştır. Özellikle ülkemiz, cumhuriyet tarihinde yaşanan 1939 Erzincan, 1999 Kocaeli ve Düzce, 2011 Van depreminde binlerce can kaybı yaşanmış, milyonlarca dolarlık maddi zarar oluşmuş, ülke ekonomisi büyük zararlar görmüştür. Kuzey Anadolu Fay hattının 1948 yılında gerçek yapısının İhsan Ketin tarafından ortaya konulmasından itibaren, yapı yönetmeliklerimizde de depremsellik kavramları ortaya çıkmaya başlamıştır [1]. Yaşanmış olan bu büyük depremlerde birçok can kaybı ve ekonomik kaybın yaşanmasının temel nedeni, binaların depremde oluşan yerdeğiştirme taleplerini karşılamada yetersiz kalmasıdır. Depreme dayanıklı yapı, tasarım aşamasından başlayarak imalat aşamasının sonuna kadar ilgili yönetmelik ve standartlara bağlı kalmakla inşa edilebilir.

Günümüzde yapı mühendisliğinde en büyük problemlerden biri ölü/durağan yüklerden çok, dinamik etkiye sahip deprem yükleridir. Bu çerçevede deprem yönetmelikleri yıllardır süregelen değişimlerle gerçek davranışları ve yapılara etkileyen etkileri dikkate almaktadır. Gerçeğe en yakın davranışın belirlenmesinde süregelen yıllarda çeşitli yöntemler kullanılmış olup, son yıllarda gittikçe popülerleşen yöntem olarak şekildeğiştirme bazlı tasarım ve değerlendirme yaklaşımı öne çıkmaktadır. Binaların sismik performansının belirlenmesinde, şekildeğiştirme bazlı değerlendirme, dayanım bazlı değerlendirmeye göre daha doğru ve gerçeğe yakın olduğu yapılan birçok

araştırmayla kanıtlanmıştır. Şekildeğiştirme bazlı tasarım ve değerlendirme son yıllarda oldukça gelişme göstermiş olan yeni bir kavramdır. Bu tasarım ve değerlendirme kavramı ilk olarak Amerika Birleşik Devletlerinde yaşanan büyük depremler sonrası ortaya çıkmıştır. Yönetmeliklerle ihtiyaçları karşılamak amacıyla Applied Technology Council (ATC) tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings - ATC 40 [2] ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – FEMA 273 [3] ve FEMA 356 [3] raporları hazırlanmıştır. Yapılan bilimsel araştırmalar ve ilerlemeler sayesinde Amerikan(ACI) ve Avrupa(EC) yönetmelikleri sürekli güncellenmektedir. Türkiye de ise durum son yıllar haricinde yavaş ilerlemiş olup, 1975 yılında yayınlanan deprem yönetmeliği 23 yıl sonra 1998 yılında güncellenmiş, bu yönetmelik ise 2007 yılında güncellenmiştir. 2018 yılında ise daha kapsamlı ve son bilimsel gelişmeler ile daha uyumlu olacak şekilde yenilenmiştir. 2007 Türk Deprem yönetmeliğinde performans kavramı, yönetmeliğin 7. Bölümünde “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” bölümünde ortaya çıkmış, yeni tasarlanacak binalar için tasarım şartı olarak kullanılmamıştır. 2018 Türk Deprem yönetmeliğinde artık özellikli yapılar ve belirli ölçütleri sağlanması hedeflenen yapılar için performans tabanlı tasarım bir gereklilik olarak ortaya konulmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Önceki yıllarda yapılan tez çalışmalarında, DBYBHY 2007 ile kuvvet bazlı tasarımı yapılan yüksek deprem performansı hedefli hastane gibi betonarme binaların, aynı yönetmeliğin doğrusal olmayan performans analizleri sonucunda bina hedef performans düzeylerini sağlamadığı görülmüştür[4]. Yapılan bu tez çalışmasında, ele alınan bina, 2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında dayanıma göre tasarım esaslarıyla tasarımı yapılmış olup, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde tanımlı lineer olmayan analiz yöntemleri ile farklı deprem düzeyleri için performans analizleri yapılmıştır. Lineer olmayan performans analizleri kapsamında, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle doğrusal olmayan itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak kesit bazında şekildeğiştirmeler hesaplanmıştır. Kesit bazında değerlendirmelerden sonra yönetmeliklerde tanımlı yapısal performans hedefleriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak ilgili yönetmeliklere göre bina sismik performansı belirlenmiştir.

Şekildeğiştirme bazlı deprem performansı değerdendirmesinde, hedeflenen deprem performansına göre belirlenen herbir deprem seviyesi için lineer olmayan analiz yapılarak, elde edilen plastik şekildeğiştirmeler belirlenmiştir. Hedeflenen deprem performansı için elde edilen plastik şekildeğiştirmeler, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de tanımlanmış sınır değerdler ile karşılaştırılmış ve bina deprem performansı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında genel olarak izlenmiş olan yol anahatlarıyla aşağıdaki gibi verilebilir:

- Performansa dayalı değerdendirme ve tasarım yöntemlerinin araştırılması.
- Bina taşıyıcı sisteminin bilgisayar ortamında matematik modelinin oluşturulması.
- Taşıyıcı sistem modelinin 2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında dayanıma göre tasarım yöntemiyle modellenmesi ve boyutlandırılması
- Modellenen binanın 2007 ve 2018 yönetmeliklerinde yer alan doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle deprem performansının belirlenmesi
- Elde edilen sonuçların karşılaştırılmalı olarak değerdendirilmesi.



2. PERFORMANSA BAĞLI TASARIM VE DEĞERLENDİRME

2.1 Giriş

Dünya çapında güncel deprem yönetmelikleri bina tasarımları için genellikle kuvvet bazlı tasarımı esas almaktadır. Ülkemizde kullanılmış olan DBYBHY 2007 ‘de de temel tasarım kavramı, kuvvet bazlı tasarımdır. Yönetmelikte açıkça tariflenmesede kuvvet bazlı tasarımı kapasite tasarım ilkeri ile kullanarak sünek tasarımı tariflemektedir. 2018 yılında yayınlanan TBDY 2018 ‘de tasarım kavramı iki ana yönteme ayrılmış bulunmaktadır. Tasarlanacak binanın yüksek bina olması, sismik izolatör kullanılacak olması, deprem performans talebinin üst seviyede olması durumunda dayanıma göre tasarımın yanında şekildeğiştirmeye göre değerlendirilmesi ve tasarlanması gerekmektedir. TBDY 2018 bu tarz bina dışındaki bina tasarımlarında dayanıma göre tasarımı yeterli görmektedir. Bu açıdan bakıldığında 2018 yılında yürürlüğe girmiş olan TBDY, çağdaş yönetmelikleri yakalamış bulunmaktadır.

Performans kavramı, hâlihazırda mevcut olan yapıların sismik performansının belirlenmesinin yanısıra, yeni tasarımı yapılan binaların sismik performansının kontrol edilmesini ve hedeflenen performansta tutulması amacıyla kullanılmaktadır. DBYBHY 2007’de performans kavramı 7. bölümde bulunan mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bölümünde tariflenmiştir. Bu yönetmelikte performans kavramı sadece mevcut binaların değerlendirilmesi amacı ile olup, yeni tasarımlar için herhangi bir performans gerekliliği bulunamaktadır. TBDY 2018’de performans kavramı şekildeğiştirmelere göre değerlendirme ve tasarım tanımıyla ifade edilmektedir. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemi, yapısal elemanların lineer olmayan davranışlarını inceleyerek, yönetmelikte tariflenen kesit hasar sınırları ile karşılaştırarak performans durumunu belirlemektedir.

2.2 Dayanıma Göre Tasarım

Güncel deprem yönetmeliklerinde depreme dayanıklı yapı tasarımı, farklı deprem seviyelerindeki olası deprem yer hareketleri altında, yapı taşıyıcı sisteminin öngörülen belirli deprem performans düzeylerini sağlayabilmesi olarak tanımlanmıştır[5].

Dayanıma göre tasarım yöntemi, depreme dayanıklı bina tasarımında yapı taşıyıcı sistemlerinin yeterli dayanım rijitlik ve süneklik koşullarını sağlayabilecek olması şeklinde tariflenebilir. Bu tanımda dayanım kriteri; taşıyıcı sistem elemanlarının ve eleman birleşimlerinin güvenli taşıma kapasitelerinin dış yükler ve azaltılmış deprem yükü etkilerinden oluşan toplam iç kuvvetleri altında karşılayacak şekilde boyutlandırılmasıdır. Rijitlik kriteri; eşit yer değiştirme kuralı esasıyla, deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılmamış elastik deprem yüklerinden oluşan yatay yerdeğiştirmeler ve görelî kat ötelemelerinin tanımlı sınır değerleri aşmamasıdır. Süneklik koşulları ise taşıyıcı sistemin önceden belirlenmiş bazı kesitlerinde yeterli düzeyde plastik şekildeğiştirme kapasitesine sahip olması ve deprem enerjisinin bu kesitlerin plastik şekildeğiştirmesiyle karşılanmasıdır.

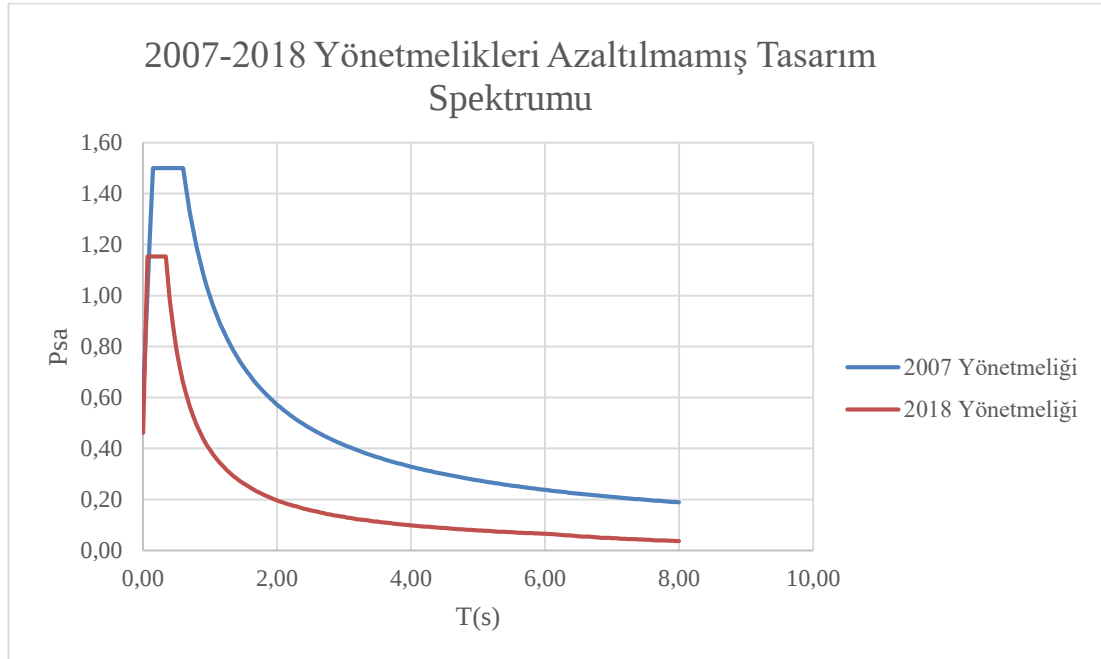
Dayanıma göre tasarım çerçevesinde başlıca iki temel ilke söz konusudur. Bunlardan birincisi deprem yükü azaltma katsayısı, ikincisi ise kapasite tasarımı ilkeleridir. Deprem yükü azaltma katsayısı, tasarım çerçevesinde öngörülen süneklik kapasitesi/dayanım talebi ilişkisine göre belirlenerek, tasarımda kullanılacak deprem yükünün azaltılması yaklaşımıdır. Kapasite tasarımı yaklaşımı ise, yapı taşıyıcı sisteminde doğrusal olmayan sünek davranışın açık olarak tanımlanan belirli elemanlarla, kesitlerle sınırlı tutulmasını, doğrusal olmayan sünek davranışla uyumlu olarak diğer elemanların yeterli dayanım kapasitesine sahip olmasını hedefleyen tasarım yaklaşımıdır. Genel olarak başlıca tasarım yaklaşımları şu şekildedir [6]:

- Kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu,
- Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinin yeterli kesme güvenliğine sahip olması
- Kolonların ve kirişlerin deprem yükleri etkisinde en çok zorlanan kesitlerinin sargı donatısı kullanılarak yeterli sünekliğin sağlatılması, gevrek güç tükenmesinin önlenmesi
- Perdelerin en çok zorlanan kesitleri olan uç bölgelerinin sargı donatısı kullanılarak sarılması, perde kalınlığı için kısıtlar getirilmesi

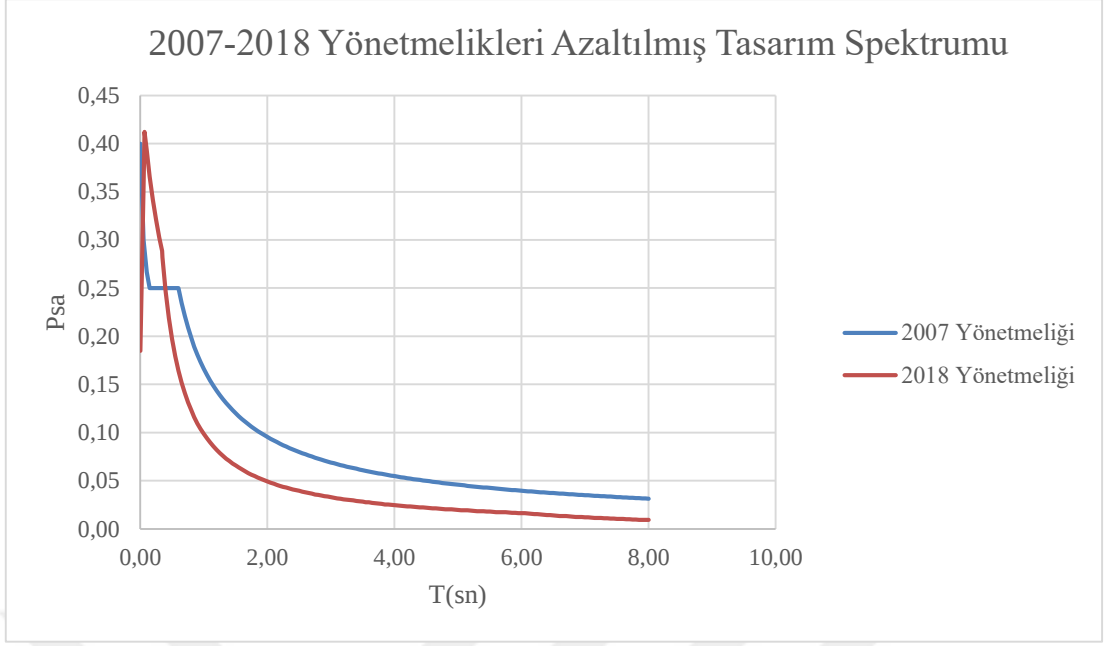
- Perde tasarımında, tasarım momentinin ve kesme kuvvetinin perde kritik yükseliği boyunca sabit tutulması ve perde yüksekliği boyunca lineer değiştiği kabulü.

2.2.1 DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 başlıca değişikliklerin karşılaştırılması

Güncellenen Türkiye bina deprem yönetmeliğinde, kuvvet bazlı tasarım yaklaşımında çok büyük farklılıklar bulunmamakla birlikte, belirli konularda değişikliklere gidilmiştir. En büyük farklılık depremsellik ve tasarım spektrumunda yapılmıştır. 2007 deprem yönetmeliğinde deprem hesapları, A_0 etkin yerel ivme katsayılarına göre yapılmakta, bu değerler deprem bölgeleri haritasından alınmaktadır[7]. Yeni yönetmelikte deprem bölgeleri kavramı terk edilerek, deprem tehlike haritaları yayınlanmıştır[6]. Bu haritalarda tüm Türkiye coğrafyasında koordinat bazında harita üzerinde kısa ve uzun periyot bilgileri bulunmakta, bu sayede tasarım spektrumu tek bir değer yerine iki nokta bazında (S_s - S_1) oluşturulmaktadır. Bu değerlerin yanı sıra, 2007 yönetmeliğinde kullanılan zemin sınıfları, spektral büyüklüklerde düzeltme yapmazken, 2018’de yayınlanan yönetmelikle birlikte zemin sınıfına göre spektral değerlerde zeminin durumuna göre büyültme veya küçültme yapılmaktadır. Aynı bölge için iki yönetmeliğe uygun olacak şekilde hazırlanmış spektrumlar Şekil 2.1 de, azaltılmış spektrum garifkleri Şekil 2.2.’de verilmiştir.



Şekil 2.1 : 2007-2018 Yönetmelikleri azaltılmamış tasarım spektrumu karşılaştırması.



Şekil 2.2 : 2007-2018 Yönetmelikleri azaltılmış tasarım spektrumu karşılaştırması.

Azaltılmamış spektrum tanımlamasında yapılan bu değişikliklerin yanı sıra, hesaplarda kullanılacak azaltılmış spektrum parametrelerinde de değişikliğe gidilmiş, önceden sadece deprem yükü azaltma katsayısı (R) kullanılırken, yeni yayınlanan yönetmelikle birlikte dayanım fazlalığı katsayısı (D) parametresi eklenmiştir. Özellikle kesme kuvvetinin neden olduğu göçme modlarının hesabında, tasarım kuvvetleri (D) katsayısı kadar arttırılarak, eleman ve sistem güvenliği sağlanmıştır.

TBDY 2018’de, dolgu duvarlarının taşıyıcı sisteme tam bağlanması durumunda görelî kat öteleme sınır değeri azaltılmış, duvarların taşıyıcı sisteme rijit bağlanması durumunda düzlem dışı göçmelerinin önüne geçilmeye çalışılmıştır (Denklem 2.1)[6]. Dolgu duvarlar, taşıyıcı sisteme yönetmelikte verilen bağlantı detayı örneğindeki gibi bağlandığı durumda tanımlanan görelî kat öteleme sınır değeri, rijit durumda verilen değerin yaklaşık iki katına çıkmaktadır (Denklem 2.2).

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0,008\kappa \quad (2.1)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0,016\kappa \quad (2.2)$$

Taşıyıcı sistem kesit hesaplarında ise süneklik şartlarında değişiklikler yapılmıştır. 2007 yönetmeliğinde kolonlarda aksel basınç kuvveti sınırı $A_c \geq N_{dm} / (0,5f_{ck})$ iken 2018 yönetmeliğinde bu sınır $A_c \geq N_{dm} / (0,4f_{ck})$ değerine düşürülmüştür. Perdeler için ise

önceden bu şekilde bir sınır değeri tanımlı değilken, 2018 yönetmeliğinde yenilik olarak $A_c \geq N_{dm} / (0,35f_{ck})$ sınır koşulu getirilmiştir. Önceden düşey taşıyıcı elemanın perde olma şartı kısa kenarının 7 katından büyük olması iken, bu şart yeni yönetmelikle beraber en/boy oranının 6'ya düşürülmesi ile güncellenmiştir. Ayrıca, perde kesme kuvveti hesabında, moment hesabında olduğu gibi kritik perde yüksekliği boyunca değerlerin sabit tutularak üst katların orantılı bir şekilde büyütülmesi hesabı getirilmiştir.

Kuvvet bazlı tasarımda başlıca büyük değişikliklerden bir diğeri ise kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği hesabında yapılmıştır. Güncellenen bu değerler sonrası sınır değerlerin yaklaşık olarak %30 olarak küçüldüğü görülmektedir. DBYBHY 2007'de bu hesap denklem 2.3 ve 2.4'de verilmiş, TBDY 2018' de güncelleştirilen sınır değerler denklem 2.5 ve 2.6'da verilmiştir[6, 7].

$$\text{Kuşatılmış birleşimlerde: } V_e \leq 0,60b_j h f_{cd} \quad (2.3)$$

$$\text{Kuşatılmamış birleşimlerde: } V_e \leq 0,45b_j h f_{cd} \quad (2.4)$$

$$\text{Kuşatılmış birleşimlerde: } V_e \leq 1,7b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (2.5)$$

$$\text{Kuşatılmamış birleşimlerde: } V_e \leq 1,0b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (2.6)$$

2.3 Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım ve Değerlendirme

Şekildeğiştirme tabanlı deprem performansı değerlendirmesinde, hedeflenen deprem performansına göre belirlenen bir deprem seviyesi için lineer olmayan analiz yapılarak, elde edilen plastik şekildeğiştirmeler belirlenir. Hedeflenen deprem performansı için, elde edilen plastik şekildeğiştirmeler, yönetmeliklerde tanımlanmış kesit hasar sınırlarıyla karşılaştırılarak eleman hasar sınırları belirlenmiş olur. Eleman hasar sınırlarından, hedeflenen deprem seviyesi için tanımlı bina performanslarına geçilerek bina deprem performansı belirlenmiş olur.

Bina deprem performansının belirlenmesi aşağıdaki başlıca adımlardan oluşmaktadır:

- Deprem talebinin belirlenmesi,
- Bina kapasitesinin belirlenmesi,
- Talep ve kapasitenin karşılaştırılması,

- Bina elemanlarının hasar durumlarına göre bina performans değerlendirilmesi yapılması.

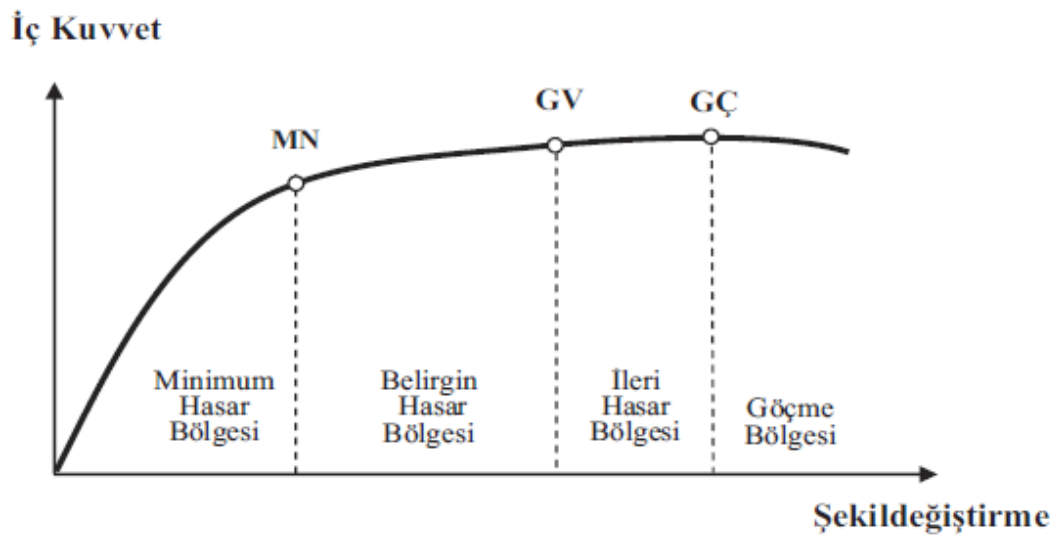
2.4 DBYBHY 2007 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2.4.1 Kesit hasar sınırları

Yönetmelikte kesit hasar sınırları sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durumu olarak tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı alakalı kesitte lineer olmayan davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırı olarak tanımlanmaktadır. Kesit hasar sınırları gevrek olarak hasar görecektir elemanlarda geçerli değildir[7].

2.4.2 Kesit hasar sınır bölgeleri

Şekil 2.3'de görüldüğü üzere, kesit hasar sınırları MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, kesit hasar sınırları MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, kesit hasar sınırları GV ile GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ hasar sınırını aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar[7].



Şekil 2.3 : DBYBHY 2007 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve sınır bölgeleri.

2.4.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Şekildeğiştirmelerin ve iç kuvvetlerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelen sayısal değerler ile karşılaştırılmaları neticesinde, ilgili kesitlerin hangi hasar sınırı bölgelerinde bulunduğu kararlaştırılır. Eleman hasar sınırını belirlenirken, elemanın en çok hasar gören kesiti göz önünde bulundurulur[7].

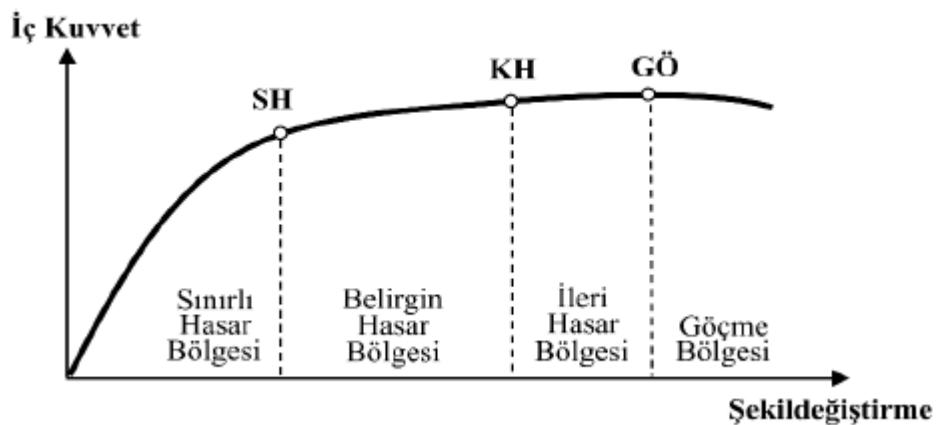
2.5 TBDY 2018 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2.5.1 Kesit hasar sınırları

Yönetmelikte kesit hasar sınırları sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durumu olarak tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ)'dir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı tutarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar durumu kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ilgili kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Kesit hasar sınırları gevrek olarak hasar görecektir elemanlarda geçerli değildir[6].

2.5.2 Kesit hasar bölgeleri

Şekil 2.4'de görüldüğü üzere, kesit hasar sınırları SH'ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, kesit hasar sınırları SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, kesit hasar sınırları KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ hasar sınırını aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar[6].



Şekil 2.4 : TBDY 2018 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ve sınır bölgeleri.

2.5.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Şekildeğiştirmelerin ve iç kuvvetlerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelen sayısal değerler ile karşılaştırılmaları neticesinde, ilgili kesitlerin hangi hasar sınırı bölgelerinde bulunduğu kararlaştırılır. Eleman hasar sınırını belirlenirken, elemanın en çok hasar gören kesiti göz önünde bulundurulur[6].

2.6 Bina Sismik Performansının Belirlenmesi

2.6.1 DBYBHY 2007 performans seviyeleri

Bina deprem performansı, hedeflenen deprem seviyesi altında binada oluşan hasar durumları ile ilgilidir ve yönetmelikte tanımlı dört farklı performans seviyesi esas alınarak tanımlanmıştır. Seçilen analiz yönteminin uygulanmasının ardından hasar bölgelerinin belirlenmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir[7].

Hemen Kullanım Performans Düzeyi: DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2'ye göre binada herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusu için eleman bazında yapılan hasar tespiti sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir. Bu durumda diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde olmak zorundadır. Eğer gevrek olarak hasar gören elemanlar bulunuyorsa, bu elemanların güçlendirilmeleri sonucunda, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi: DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3'e göre eğer varsa gevrek hasar elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıda verilen koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusunda yapılan hesaplar sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların b) paragrafında tanımlanan kadarı ile İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

- c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi: DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun gözönüne alınması şartı ile aşağıdaki şartları sağlayan yapıların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hassar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.
- c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Göçme Durumu: DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.5'e göre bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.6.2 TBDY 2018 performans seviyeleri

TBDY 2018'de şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım kapsamında, Yüksek Binaların ve deprem performans talebi yüksek binaların tasarımında Bölüm 15 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümünde tanımlanan performans düzeyleri kullanılacaktır. Deprem Yalıtımlı Binalar'ın tasarımında esas alınacak performans düzeyleri farklılık göstermektedir. Aşağıda verilen performans düzeyleri Bölüm 15 kapsamında tanımlı performans düzeyleridir[6]:

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi: TBDY 2018 bölüm 15.8.3'e göre herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, diğer taşıyıcı sistem

elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'nde olmak zorundadır. Eğer varsa, gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi: TBDY 2018 bölüm 15.8.4'e göre eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların aşağıdaki b) paragrafında tanımlandığı kadarı ile İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.
- b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi: TBDY 2018 bölüm 15.8.5'e göre gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.
- b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin

ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

c) Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Göçme Durumu: TBDY 2018 bölüm 15.8.5'e göre bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.





3. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1 Giriş

Genel olarak doğrusal olmayan analiz yöntemi, malzeme açısından doğrusal elastik olmayan, geometrik süreklilik denklemlerinde yer değiştirmelerin küçük olduğu, denge denklemlerinde yer değiştirmelerin küçük olmadığı, doğrusal elastik olmayan davranışı gözönüne alan analiz yöntemidir. Deprem etkisi altında artan dış yüklerle, bu nedenle artan iç kuvvetler yapıda belirli kesitlerde elastik sınırların aşılmasına neden olmakta, doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler oluşmaktadır [8].

Yapıların deprem etkisi altında yapısal performanslarının değerlendirilmesinde, doğrusal analiz yöntemleri yerine son yıllarda gelişme gösteren doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanıldığı söylenebilir. Bu yöntemlerden başlıcaları itme analizi yöntemi ile zaman tanım alanında hesap yöntemidir. Doğrusal elastik olmayan hesaplama yöntemlerinin esasını, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeye dayalı doğrusal olmayan sistem hesabının, hedeflenen bir deprem seviyesi için binada oluşan yer değiştirme istemine ulaşıldığında, binada beklenen performansın sağlanıp sağlanmadığının kontrolü oluşturmaktadır.

Tez çalışması kapsamında güncel deprem yönetmeliği ve 2018 yılında yürürlükten kaldırılan yönetmelikte bulunan doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile yapısal performanslar karşılaştırılacaktır. DBYBHY 2007’de, doğrusal olmayan analiz yöntemleri üçe ayrılmıştır [7]. Bunlar;

- Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi
- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi’dir.

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri üçe ayrılmıştır [6]. Bunlar;

- Tek Modlu İtme Yöntemleri

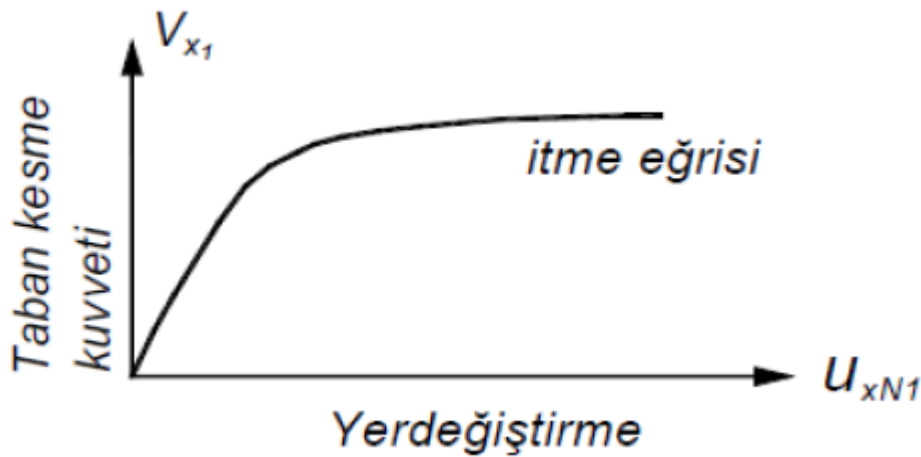
- Çok Modlu İtme Yöntemleri
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir.

3.2 DBYBHY 2007 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri

3.2.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Bu yöntemde genel amaç, binanın hakim titreşim mod şekli ile uygun olacak şekilde, deprem talep sınırına kadar tekdüze olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yükü etkisi altında doğrusal olmayan itme analiz yönteminin uygulanmasıdır. Hesap başlangıç yüklemesi düşey yük olarak uygulanır ve bu yüklemeyi izleyen her bir adımda taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu değerlere ait birikimli değerler ve son adımda deprem talebine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır[7].

Bu yöntemde bina kapasitesi, düşey ve yatay koordinatları tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi tarafından belirlenir. Binaya her bir adımda artan eşdeğer deprem kuvvetleri uygulanarak elde edilen itme eğrisi (Şekil 3.1), modal ivme ve modal yerdeğiştirme dönüşümleri uygulanarak elde edilen modal kapasite diyagramlarına dönüştürülür. Dönüştürülen bu modal kapasite diyagramı ile binanın spektral yerdeğiştirme kapasiteleri elde edilmiş olur.



Şekil 3.1 : Bina taban kesme / tepe yerdeğiştirmesi kuvveti değişimi.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için yönetmelikte tanımlı şartların sağlanması gerekmektedir. Bunlar;

- a) Binanın kat adedi bodrum kat hariç en fazla 8 olabilir.

- b) Herhangi bir katta ek dış merkezlik olmadan elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlamalıdır.
- c) Hesap yapılacak deprem doğrultusunda, elastik davranışa esas hakim titreşim moduna ait kütle katılım oranının en az %70 olması zorunludur.

3.2.1.1 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Yöntemlikte açıklanan bu yöntemlerle itme eğrisi koordinatları modal yerdeğiştirme-modal ivme olan kapasite diyagramı elde edilir. Bu dönüşüm yapılırken (i)'inci itme adımı için hesap yapılan deprem doğrultusunda modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıda verilen denklem 3.1'den elde edilir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1) de verilen ifadede $V_{x1}^{(i)}$ x depremi doğrultusunda (i)'inci itme adımı elde edilen hakim moda ait taban kesme kuvvetini, M_{x1} x depremi doğrultusunda, doğrusal elastik analizi sonucunda elde edilen hakim moda ait etkin kütleli tariflemektedir.

(i)'inci itme adımı hakim moda ait yer değiştirme $d_1^{(i)}$ 'in hesabı için ise denklem 3.2'de verilen bağıntı kullanılır.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.2)$$

Hakim moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , x yönü depremi doğrultusunda, doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak denklem 3.3 elde edilir.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.3)$$

3.2.1.2 Modal deprem talebinin elde edilmesi

Elastik tasarım spektrumu ile itme analizi sonucu elde edilen modal kapasite diyagramı gözönüne alınarak, hesap yapılan deprem doğrultusunda hakim moda ait modal yerdeğiştirme talebi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme talebi $d_1^{(p)}$, nonlinear spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir. (Denklem 3.4)

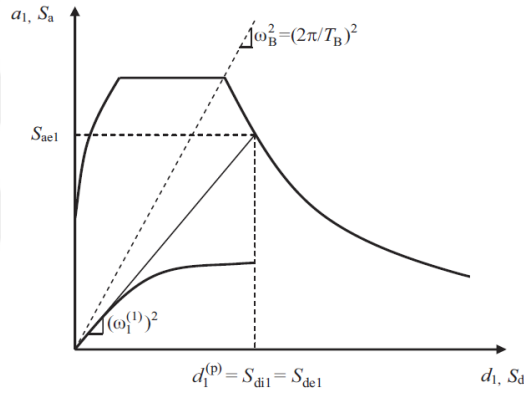
$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.4)$$

Nonlinear spektral yerdeğiştirme S_{di1} , itme analizinin birinci adımında, doğrursal elastik davranış analizinden hesaplanan, uygulanacak deprem doğrultusunda hakim moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşılık gelen lineer spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak denklem 3.5'e göre elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.5)$$

Lineer spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin birinci adımında, hakim moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den denklem 3.6'ya göre hesaplanır.(şekil 3.2)

$$S_{di1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (3.6)$$



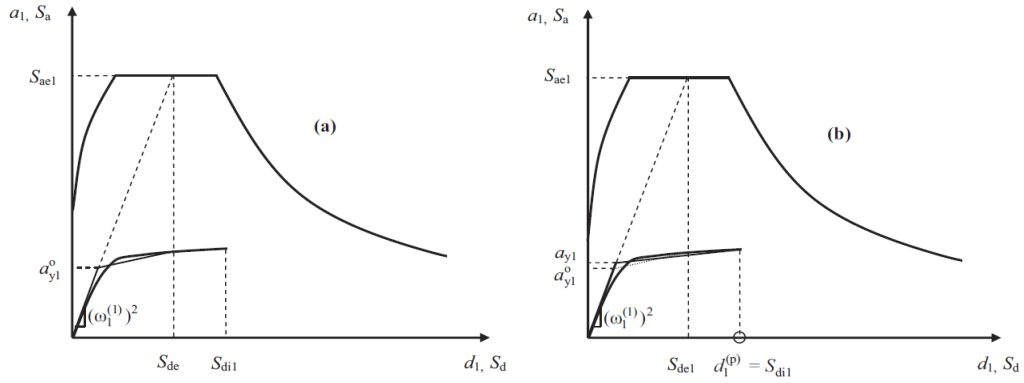
şekil 3.2 : $S_{de1} - S_{ae1}$ ilişkisi.

Denklem 3.5'te yer alan spektral yerdeğiştirme orantı sayısı C_{R1} , başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ 'e göre belirlenir.

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, elastik tasarım spektrumunda köşe periyot olan T_B 'ye eşit veya daha büyük olması durumunda, doğrusal elastik olmayan yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yerdeğiştirme kuralı nedeniyle doğal periyodu $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sisteme ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşit olacaktır. Buna göre spektral yerdeğiştirme oranı denklem 3.7'de verildiği gibi olur.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.7)$$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, elastik tasarım spektrumunda köşe periyot olan T_B 'ye eşit veya daha küçük olması durumunda C_{R1} , denklem 3.8'de gösterildiği gibi iteratif olarak hesaplanır.(şekil 3.3)



Şekil 3.3 : Spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} hesabı.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^1}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.8)$$

3.2.1.3 Yer değıştirme talebinin belirlenmesi

İtme analizinin son adımı $i=p$ için denlem 3.4'te bulunan modal yer değıştirme talebi $d_1^{(p)}$ nin denklemler 3.9'da yerine konulması ile hesap yapılan deprem doğrultu için tepe yerdeğiştirme talebi $u_{xN1}^{(p)}$ bulunacaktır.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.9)$$

3.2.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Bu yöntemde amaç, binanın taşıyıcı sisteminin davranışını gerçeğe en yakın şekilde temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim modu şekilleri ile orantılı olacak şekilde tekdüze olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uyumlu şekilde ölçeklenebilen modal yer değıştirmeler veya bunlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak artımsal mod birleştirmeye yönteminin uygulanmasıdır.

3.2.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Bu yöntemin amacı, taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan davranışın gözönüne alınması ile taşıyıcı sistemin hareket denklemlerinin her bir adımda entegre edilmesidir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sırasında taşıyıcı sistemde belirlenen her bir yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve oluşan iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem talebine karşılık gelen maksimum değerleri hesaplanır. Bu hesap yönteminde yapay, kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılır.

DBYBHY 2007 bölüm 2.9'a göre üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda bu yer hareketlerinden kaynaklanan yerdeğiştirmelerin, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetlerin ortalaması hesap için esas alınır. Hesap için kullanılacak yer hareketleri seçilirken, binanın bulunduğu yerel zemin koşullarına uygun olmalıdır. Yer hareketleri kayıtları aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- a) Kuvvetli yer hareketi kaydının süresi, binanın hakim titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden az olmayacaktır.
- b) Kuvvetli yer hareketi kaydının sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortlaması A_{0g} 'den küçük olmayacaktır.
- c) Kuvvetli yer hareketi kaydından %5 sönüm oranı için hesaplanan spektral ivme değerlerinin ortalaması, hesap yapılacak deprem doğrultusunda hakim periyot T_1 'e göre $0,2T_1$ ile $2,0T_1$ arasındaki periyotlar için $S_{ae}(T)$ spektral ivmelerinin %90'ından az olmayacaktır.

3.3 TBDY 2018 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri

3.3.1 Tek modlu itme yöntemleri

Bu yöntemde genel amaç, hesap yapılacak deprem doğrultusunda hakim titreşim mod şekli ile oranlı bir şekilde deprem yerdeğiştirme talebi sınırına kadar tekdüze olarak herbir hesap adımında deprem yüklerinin artımlarının etkisi altında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu değerlere ait birikimli değerlerin hesaplanmasıdır. Son hesap adımında deprem istemine karşı gelen birikimli değerler hesaplanarak, şekildeğiştirmeye hesabına esas büyüklükler elde edilir. Genel olarak doğrusal mod birleştirme yönteminin tek modlu doğrusal olmayan artımsal yöntemle uygulanmasının karşılığıdır[6].

Yapı kapasitesi, düşey ve yatay koordinatları tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi tarafından belirlenir. Yapıya her bir adımda artan eşdeğer deprem kuvvetleri uygulanarak elde edilen itme eğrisi, modal ivme ve modal yerdeğiştirme dönüşümleri uygulanarak elde edilen modal kapasite diyagramlarına dönüştürölür. Dönüştürölün bu modal kapasite diyagramı ile yapının spektral yerdeğiştirme kapasiteleri elde edilmiş olur.

Tek modlu itme yöntemleri; sabit tek modlu itme yöntemi ve değişken tek modlu itme yöntemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Sabit tek modlu itme yöntemi, hesap yapılacak deprem doğrultusunda her bir itme hesabı adımı için katlara etkiyen deprem yükü artımlarının itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olması koşuluna dayanır. Değişken tek modlu itme yöntemi ise, her bir itme adımında yapıda oluşan plastik mafsalların gözönüne alınmasıyla elde edilen serbest titreşim hesabıyla orantılı deprem yükleri hesaplanır. Her bir adımda bu hesap yenilenerek, yapı kapasitesi bulunur.

Tek modlu itme yöntem uygulanabilmesi için yönetmelikte tanımlı şartların sağlanması gerekmektedir. Bunlar;

- a) Herhangi bir katta ek dış merkezlik olmadan elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ koşulunu sağlamalıdır.
- b) Hesap yapılacak deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranışa esas hakim titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin toplam bina kütesine oranının en az %70 olması zorunludur.

3.3.1.1 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

TBDY 2018 EK-B’de açıklanan bu yöntemle itme eğrisi koordinatları modal yerdeğiştirme- modal ivme olan kapasite diyagramı elde edilir. Bu dönüşüm yapılırken (i)’inci itme adımı için hesap yapılan deprem doğrultusunda modal ivme $a_1^{(X,k)}$ aşağıda verilen denklem 3.10’den elde edilir. Bu ifadede yer alan taban kesme kuvveti modal etkin kütesi $m_{tx1}^{(X,1)}$, x eksenı doğrultusunda ilk itme adımındaki mod şekline göre tanımlanmış ve tüm itme hesabı boyunca sabit olarak alınan kat modal etkin kütleleri $m_{ix1}^{(X,1)}$ ’lerin tüm katlardaki toplamıdır.

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \quad (3.10)$$

Birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem’in modal yer değiştirmesi $d_1^{(X)k}$, itme analizinin herhangi bir i’inci katta x doğrultusunda elde edilen yatay yerdeğiştirmeden hesaplanabilir. Geleneksel itme hesabında bu amaçla N’inci kattaki tepe yerdeğiştirmesinden yararlanılır. (Denklem 3.11)

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{xN1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (3.11)$$

Hakim moda ait modal katkı çarpanı $\Gamma_1^{(X,1)}$, x yönü depremi doğrultusunda, doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak denklem 3.12 elde edilir.

$$\Gamma_1^{(X,1)} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.12)$$

3.3.1.2 Modal deprem talebinin elde edilmesi

Elastik tasarım spektrumu ile itme analizi sonucu elde edilen modal kapasite diyagramı gözönüne alınarak, hesap yapılan deprem doğrultusunda hakim moda ait modal yerdeğiştirme talebi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme talebi $d_{1,max}^{(X)}$, nonlinear spektral yerdeğiştirme $S_{di}(T_1)$ 'e eşittir. (Denklem 3.13)

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (3.13)$$

Denklem 3.13'de yer alan $d_{1,max}^{(X)}$, modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesini, $S_{di}(T_1)$ terimi ise taşıyıcı sistemin, hesap yapılan doğrultudaki birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen ve denklem 3.14 ile tanımlanan doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (3.14)$$

Denklem 3.14'de yer alan $S_{de}(T_1)$ elastik tasarım spektral yer değiştirmesini, C_R ise denklem 3.15'de tanımlanan spektral yer değiştirme oranını göstermektedir.

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (3.15)$$

Denklem 3.12'de yer alan akma dayanımı azaltma katsayısını gösteren R_y , dayanıma göre tasarım yaklaşımı için tanımlanan değerden farklı olarak, öngörüşen süneklik kapasitesine bağlı olarak tanımlanan büyüklüğü değil, itme hesabından elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir. (Denklem 3.16)

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \quad (3.16)$$

Denklem 3.16'da yer alan $\mu(R_y, T_1)$ terimi, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \quad T_1 > T_B \quad (3.17a)$$

$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \quad T_1 \leq T_B \quad (3.17b)$$

Denklem 3.14'e göre denklem 3.15'de yer alan C_R denklem 3.18'e göre hesaplanabilir.

$$C_R = 1 \quad T_1 > T_B \quad (3.18a)$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \quad T_1 \leq T_B \quad (3.18b)$$

3.3.2 Çok modlu itme yöntemleri

Çok modlu itme analizi yönteminde, her bir itme adımında, özdeğer analizleri yenilenerek yapıda oluşan plastik şekildeğiştirmelere göre modal değerler tekrar hesaplanmaktadır. Her moda ait değerler bağımsız hesaplanmakta, kesin sonuçlar istatistiksel birleştirme yöntemleri (SRSS, CQC) kullanılarak elde edilmektedir[9].

3.3.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Bu yöntemin amacı, taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan davranışın gözönüne alınması ile taşıyıcı sistemin hareket denklemlerinin herbir adımda entegre edilmesidir [6] (Denklem 3.19).

$$[M][\ddot{u}] + [C][\dot{u}] + [K][u] = -[M][I]\ddot{u}_g \quad (3.19)$$

Burada $[M]$, $[C]$ ve $[K]$ sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrisini, $[\ddot{u}]$, $[\dot{u}]$ ve $[u]$ sırasıyla ivme, hız ve yapısal yerdeğiştirmeyi, $[I]$ birim matrisi göstermektedir.

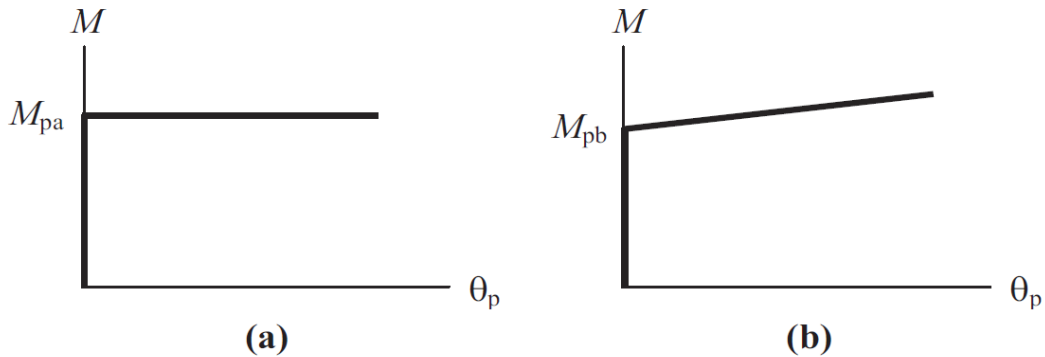
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sırasında taşıyıcı sistemde belirlenen herbir yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve oluşan iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem talebine karşılık gelen maksimum değerleri hesaplanır. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan sistem davranışı nedeni ile sistem rijitlik matrisi her bir zaman adımında yeniden hesaplanır. Bu hesap yönteminde kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılır. Yeterli sayıda ve nitelikte kuvvetli yer hareketinin bulunamadığı durumlarda benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. TBDY 2018 bölüm 2.5'e göre 3 boyutlu hesapta en az 11 yer hareketi kaydı kullanılacaktır. Kullanılacak kayıtlar basit ölçeklendirme yöntemi veya spektral uyum yöntemi kullanılarak uygulanması gerekir. Hesaplarda kullanılacak deprem yer hareketleri basit ölçeklendirme yöntemi ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

- a) Bir veya iki boyutlu analizler için seçilen tüm deprem hareketi kayıtlarına ait spektrumların ortalaması, hakim periyot T_p 'ye göre $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, kayıtların genlikleri ölçeklendirilir.
- b) 3 boyutlu hesap için seçilen her bir deprem hareketi kayıt takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum oluşturulur. Seçilen kayıtların bileşke spektrumlarının ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyotları aralığındaki genliklerine oranı 1,3'ten az olmayacak şekilde ölçeklendirme işlemi yapılacaktır.

İç kuvvet talepleri ve değerlendirmeye esas şekildeğiştirmeler yapılan analizler sonucunda hesaplanacaktır. Toplam analiz sayısı en az 11 deprem hareketi kaydının 2 yönde ayrı ayrı uygulanmasıyla 22 adet olabilir.

3.4 Doğrusal Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

DBYBHY 2007’de doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için yığılı plastik davranış modeli kullanımı esas alınmıştır. Basit eğilme altında plastik mafsallara hipotezine denk gelen bu modelde, çubuk elaman şeklinde idealleştirilen kolon, perde ve kiriş türü taşıyıcı sistem elamanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılır. Plastik şekil değiştirme bölgelerinin (plastik mafsallık boyu) uzunluğu (L_p), kesitin çalışan doğrultusundaki boyutunun (h)’ın yarısına eşit ($L_p=0,5h$) alınacaktır. Saf eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanlarda plastik mafsallık boyu eleman serbest boyuna eşit alınacaktır. Plastik mafsallar perdelerde her kat tabanında, kolon ve kirişlerin uçlarına yerleştirilir. Plastikleşen betonarme elemanların akma yüzeyleri, yönetmelikte tanımlı malzeme değerlerine göre modellenen değerler kullanılarak elde edilen etkileşim diyagramlarından hesaplanır. Hesaplarda betonda oluşacak maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0,003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0,01 alınabilir. İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları elde edilirken plastik dönme artışlarına bağlı olarak plastik momentlerin artışı (Pekleşme Etkisi) dikkate alınmayabilir (Şekil 3.4a). Pekleşme etkisinin dikkate alınması durumunda bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen doğrusal olmayan hesap adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlanması gereken koşullar, uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır. (Şekil 3.4b)



Şekil 3.4 : İç kuvvet – şekil değiştirme bağıntıları.

TBDY 2018’de doğrusal olmayan davranış modelleri olarak iki yöntem bulunmaktadır. İlk model olan yığılı plastik davranış modeli plastik mafsallara hipotezine karşılık gelmektedir. Bu modelde plastik mafsalları boyu (L_p), kesitin çalıştırılan doğrultudaki boyutu (h)’ın yarısına eşit alınır ($L_p=0,5h$). Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanlarda plastik mafsalları boyu, ilgili elemanın serbest açıklığına eşit olur. Şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi göz önüne alınmayabilir. Plastik mafsalları kesitlerinin etkin akma momentlerinin hesabında aşağıdaki durumlar göz önüne alınacaktır:

- a) Malzeme dayanımları, yönetmelikte tanımlı beklenen malzeme dayanımlarına göre alınacaktır.
- b) Etkin akma momentinin hesabında betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0,0035, donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesi 0,01 alınabilir.
- c) Etkin akma momentinin hesabında, statik durum olan düşey yüklerden meydana gelen kuvvetler kullanılacaktır.

TBDY 2018’de tanımlı ikinci model yayılı plastik davranış modelidir. Bu model; sonlu uzunluktaki uç bölgeleri veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri sürekli biçimde gözönüne almak üzere kullanılabilir. İlgili kesitte betonun veya yapısal çeliğin yeteri kadar küçük hücrelerle, donatı çeliğinin ise tekil olarak modellendiği ve tüm hücrelerde doğrusal olmayan eksenel gerilme birim şekildeğiştirme bağıntılarının çevrimsel olarak gözönüne alınabildiği lif modeli, betonarme perdelerin doğrusal olmayan modellenmesi için kullanılabilir.

3.5 Plastik Mafsalları Hipotezi

Betonarme elemanlarda eğilme momenti değişiminden ötürü eğilme rijitliği ile ters orantılı bir şekilde eğrilik meydana gelir. Eleman kesitinde, eğilme momentinin görece küçük değerlerinde elastik şekildeğiştirme, eğilme momentinin daha büyük değerlerinde ise elastik ve plastik şekildeğiştirmeler meydana gelir. Bu şekildeğiştirmelerden kaynaklı eğrilik değeri, eğilme momenti değerinin donatı çeliğinden akma oluşacak şekildeğiştirme değerine kadar eğilme momenti ile orantılı olarak ifade edilebilir ($\Phi=M/EI$). Bu orantılı değerden sonra betonarme kesit ulaşabileceği, kesitteki malzemelerin izin verdiği, en büyük eğrilik değerine kadar

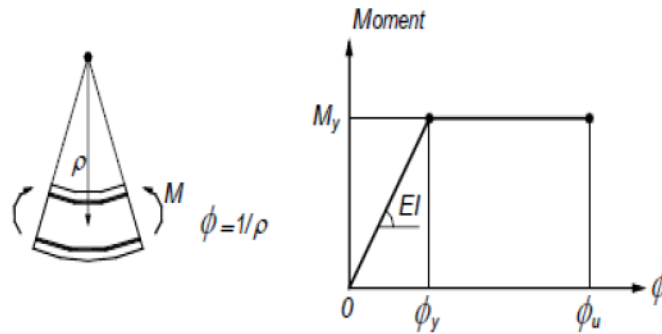
eğilme momentindeki çok küçük değişikliklerde serbest bir şekilde dönebilir [10]. Kirişlerde kesite etkiyen eğilme momenti, kesitin akma momenti kapasitesinin altında olduğu durumda kesit tamamen elastik sınırın altında kalmakta ve eğilme rijitliğine bağlı olacak şekilde kesitte elastik eğrilik meydana gelmektedir. Kesite etkiyen eğilme momenti değerinin, akma momenti değerinden büyük olması durumunda, kesitin bir kısmı elastik, diğer kısmı plastik durumda olması sebebi ile hesaplanacak eğrilik değeri elastik ve plastik eğrilik değerlerinin toplamı olur. Sismik yükler altında kirişlerde mesnet kesitleri daha çok zorlanacağından, bu mesnet bölgelerinde plastik mafsalların oluşması beklenir. Bu nedenle bu bölgelerde plastik mafsalların oluşacağı kabulü ile elastik ve plastik eğrilik değişimlerinin düzgün yayılı olarak L_p boyunca oluşacağı kabul edilir. Plastik mafsal dönmeleri ise plastik ve elastik toplam eğriliklerinin kiriş boyunca iterasyonu ile denklem 3.20'deki gibi elde edilir.

$$\theta_{BA} = \int_A^B \phi_t dx = \int_A^B (\phi_{elastik} + \phi_{plastik}) dx = \int_A^B \phi_{elastik} dx + \int_A^B \phi_{plastik} dx \quad (3.20)$$

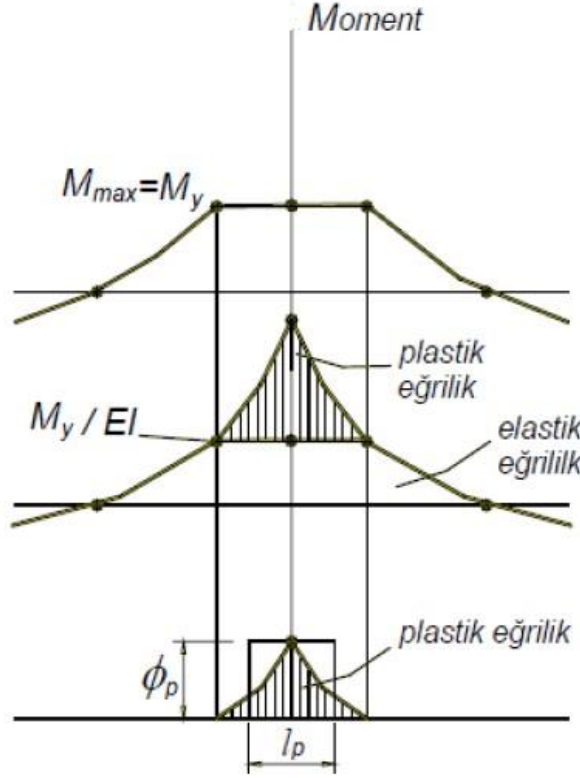
En büyük plastik eğrilin toplam dönmeye bölünmesi ile elde edilen L_p plastik mafsal uzunluğu teorik olarak denklem 3.21'de verildiği gibi elde edilir.

$$L_p = \frac{\theta_{BA, plastik}}{\phi_{plastik, max}} = \frac{1}{\phi_{plastik, max}} \int_A^B \phi_{plastik} dx \quad (3.21)$$

Kirişler için eğilme momentinin eğrilik ile olan ilişkisi Şekil 3.5'de, kirişlerde mesnet bölgelerinde eğilme etkisi ile oluşan plastikleşme ve eğrilik değişimleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir [11].



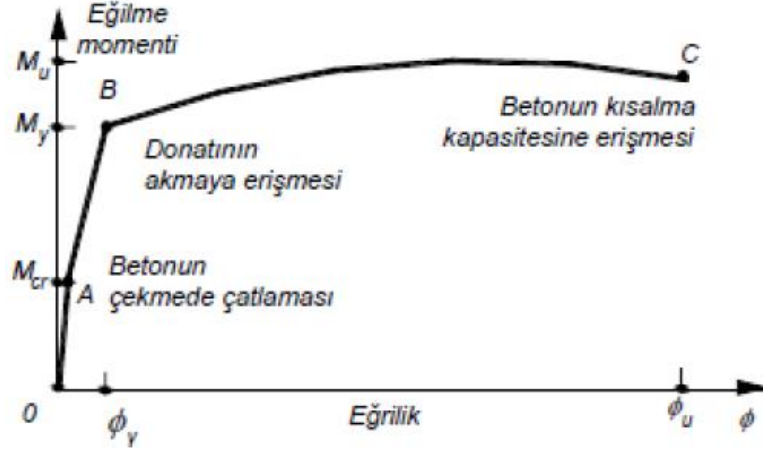
Şekil 3.5 : Kirişlerde eğilme momenti / eğrilik ilişkisi.



Şekil 3.6 : Kirişlerde mesnet bölgelerinde eğrilik değişimi.

Betonarme yapılarda kolonlarda, alt ve üst kesitler düşey yüklerinin etkisinin yanı sıra deprem yüklerinden de zorlandığı için plastik mafsallar oluşabilir. Bu bölgelerde plastik mafsalların oluşabilmesi için, kesitlerin belirli bir plastik eğrilik kapasitesine sahip olması ve bu bölgelerde açığa çıkan plastik şekildeğiştirme değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Perde elemanlarda kolonlara benzer şekilde plastik mafsallar oluşmaktadır. Kolon ve perde elemanlarda plastik mafsal boyu ve plastik mafsal dönmeleri, kirişler için verilen denklem 3.20 ve 3.21'e göre hesaplanabilir.

Betonarme elemanlarda eğilme momenti etkisiyle kesitte donatı çeliğinde plastik uzamalar oluşurken, betonda doğrusal olmayan değişim çok daha belirgin olur. Genelde donatının uzama kapasitesi daha büyük olduğundan, kesit güç tükenmesi durumuna betonun kapasitesine ulaşması ile erişir [12]. Betonarme bir kesitte, güç tükenmesi durumuna ait moment-eğrilik ilişkisi Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7 : Betonarme kesitte güç tükenmesi durumu.

3.5.1 Yayılı Plastik Mafsal Teorisi

Çift eksenli eğilme ve eksenel basınç kuvvetleri altında kesitte oluşan birim şekildeğiştirmelerin elde edilmesinde yayılı plastik mafsal davranışı gerçeğe oldukça yakın sonuç vermektedir. Bu teoride, eleman kesiti çok ufak lif hücrelere ayrılır ve bu liflerin denk geldiği malzeme tanımına (beton/çelik) göre gerilme- şekildeğiştirme ilişkileri çıkarılır. Kesitte her bir lif parçasının plastik mafsal uzunluğu boyunca entegre edilmesiyle, eksenel kuvvet- şekildeğiştirme ve iki doğrultulu moment- dönme bağıntıları belirlenir. Lineer olmayan malzeme ilişkilerinde her kesitin çok ufak liflere bölünmesiyle bu işlem büyük bilgisayar hesap gücü gerektirmekle birlikte, kesitin gerilme- şekildeğiştirme ilişkilerini gerçeğe oldukça yakın hesaplamak mümkün olmaktadır[13].

3.6 Etkin Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY 2007’de kuvvet bazlı tasarımda, eğilme etkisindeki elemanlar brüt kesit eğilme rijitlikleri $(EI)_0$ kullanılarak boyutlandırılmakta, taşıyıcı sistem çözümü bu ilke bazında yapılmaktadır. Performans değerlendirilmesinde eğilme etkisindeki elemanlarda çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmaktadır. Yönetmelik kesin bir hesabın yapılmadığı durumlar için yapısal eleman türüne göre etkin eğilme rijitliklerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır [7]:

Kirişlerde : $(EI)_e = 0,40 (EI)_0$

Kolonlarda ve Perdelerde : $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0,10$ $(EI)_e = 0,40 (EI)_0$

$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0,40$ $(EI)_e = 0,80 (EI)_0$

Kolon ve perde elemanlarında N_D eksenel kuvvetinin ara değerleri için enterpolasyonla $(EI)_e$ etkin eğilme rijitliği değeri hesaplanabilir. N_D deprem hesabı sırasında gözönüne alınan toplam kütlelerin neden olduğu düşey yüklerin toplamıdır.

TBDY 2018’de, 2007 yönetmeliğinin aksine kuvvet bazlı tasarımda da çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitliği kullanarak hesap yapılmaktadır[6]. Kiriş ve kolon elemanların yanı sıra, döşeme ve bodrum perdelerinde düzlem içi ve düzlem dışı etkin kesit rijitlikleri çarpanları tanımlanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : TBDY 2018 Kuvvet bazlı tasarım etkin kesit rijitlikleri.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

TBDY 2018’de şekildeğiştirmeye göre tasarımda ise, eğilme etkisindeki elemanlar için kesin hesap yapılarak, üzerinde bulunan yükleme değerine (M_y), kesit yüksekliğine (h), kesit etkili açıklığına (L_s) ve malzeme özelliklerine bağlı olarak çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği değerleri hesaplanmaktadır (Denklem 3.22)[6].

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \quad (3.22a)$$

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (3.22b)$$

Denklem 3.22’de yer alan M_y ve θ_y ifadeleri, çubuk elemanın uç kısımlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamaları, L_s kesme açıklığı (kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı), ϕ_y plastik mafsal kesitindeki etkin akma eğriliğini, d_b akma durumu için donatı sıyrılmasını, f_{ye} ve f_{ce} ise betonun ortalama basınç dayanımı ile donatı çeliğinin ortalama akma dayanımını göstermektedir. Kiriş ve kolonlarda $\eta=1$, perdelerde $\eta=0,5$ olarak alınacaktır.

3.7 Malzeme Modelleri

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmelikleri beton malzeme modeli olarak Mander Beton modelini kullanmaktadır [14]. Donatı çeliği için iki yönetmelikte de aynı çelik modeli kullanılmış olup, maksimum birim şekildeğiştirme ve beklenen akma dayanımlarında değişiklikler söz konusudur.

3.7.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri

Sargılı betonda basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_c ’nin fonksiyonu olarak denklem 3.23’de verilmiştir.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \quad (3.23)$$

Denklem 3.23’deki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki denlem 3.24’de verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2,254 \sqrt{1 + 7,94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1,254 \quad (3.24)$$

Denklem 3.24’deki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için denklem 3.25’de verilmiştir.

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.25)$$

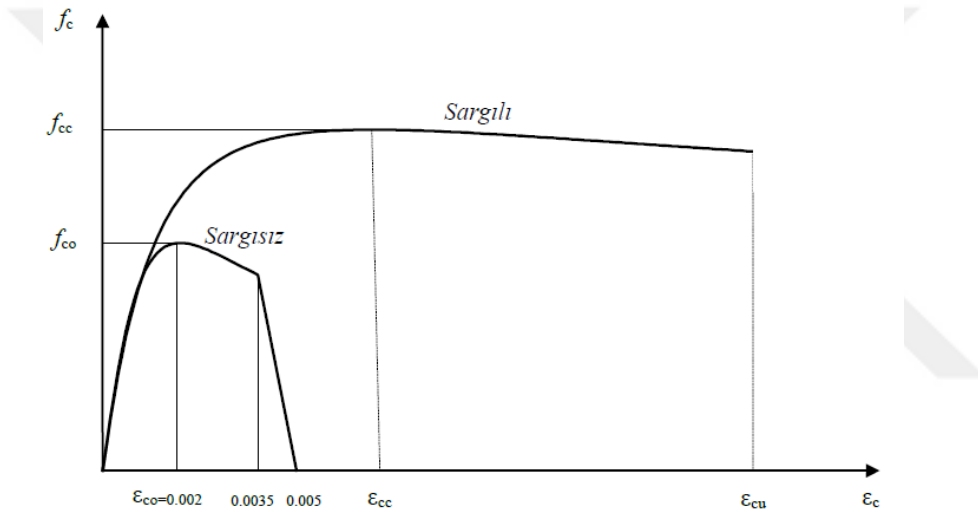
Yukarıdaki bağlantılarda f_{yw} enine donatı akma dayanımını, ρ ilgili doğrultudaki enine donatıların hacimsel oranını, k_e ise denklem 3.26 ile tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı oranını göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0 h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_0 h_0}\right)^{-1} \quad (3.26)$$

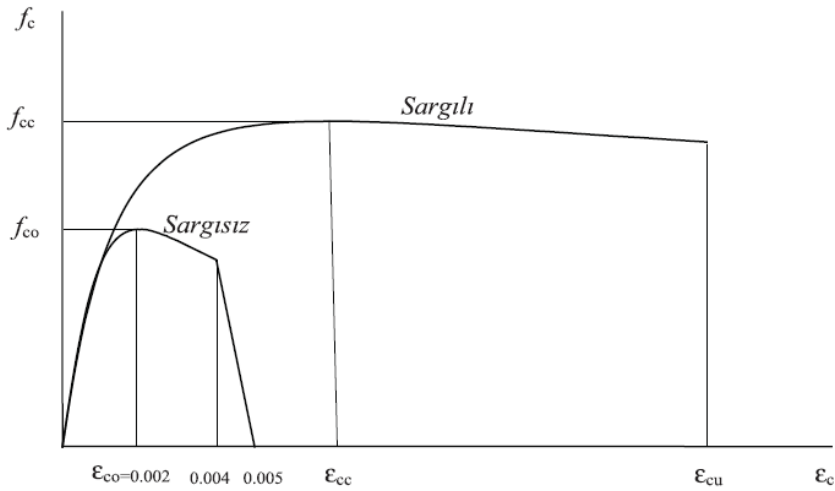
Denklem 3.21'deki a_i kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenden eksene uzaklığını, b_0 ve h_0 çekirdek betonunu sargılan enine donatıların eksenleri arasında kalan çekirdek betonu boyutunu, s boyuna doğrultuda sargı donatılarının eksenleri arasındaki uzaklığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir. Denklem 3.19'daki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ve r değişkenine ilişkin bağıntılar denklem 3.27 ve 3.28'te verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)]; \quad \varepsilon_{co} \cong 0,002 \quad (3.27)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} ; \quad E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]}; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (3.28)$$



Şekil 3.8 : TBDY 2018 Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları.



Şekil 3.9 : DBYBHY 2007 Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları.

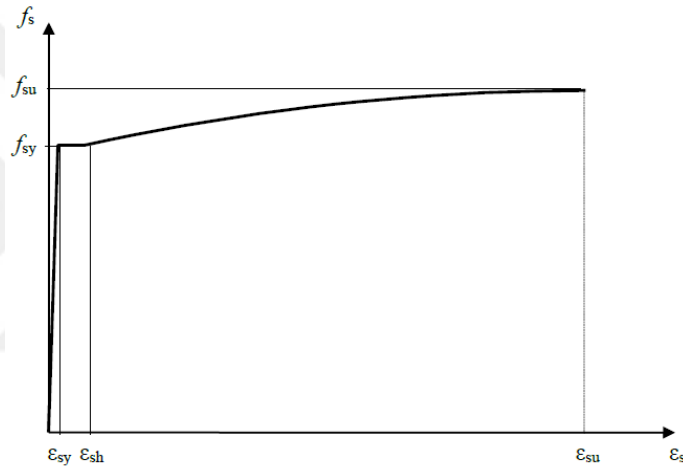
3.7.2 Donatı çeliği modeli

Doğrusal elastik olmayan yöntemler ile performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere iki deprem yönetmeliğinde de aynı gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (Şekil 3.10). TBDY 2018 için donatı çeliği bilgileri Çizelge 3.2’de, DBYBHY 2007 için donatı çeliği bilgileri Çizelge 3.3’de verilmiştir[6, 7].

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy})$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (3.29)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su})$$



Şekil 3.10 : Donatı çeliği gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları.

Çizelge 3.2 : TBDY 2018 Donatı çeliği bilgileri.

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su}/f_{sy}
S220	220	0,0011	0,011	0,12	1,2
S420	420	0,0021	0,008	0,08	1,15-1,35
B420C	420	0,0021	0,008	0,08	1,15-1,35
B500C	500	0,0021	0,008	0,08	1,15-1,35

Çizelge 3.3 : DBYBHY 2007 Donatı çeliği bilgileri.

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su}
S220	220	0,0011	0,011	0,16	275
S420	420	0,0021	0,008	0,1	550

3.8 DBYBHY 2007 Eleman Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Kesit hasar sınırlarının değeriendirilmesin, farklı yönetmeliklerde farklı yaklaşımlar benimsenmiştir. FEMA 356 ve Eurocode 8’de kesit hasar sınırları, plastik mafsallarda oluşan dönme değerielerine göre belirlenirken, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de kesit hasar sınırları beton ve çelik malzemelerinin birim şekildeğiştirme değerielerine göre belirlenmektedir. Bu nedenle Türk yönetmeliklerinde beton ve çelik malzemeler için belirli hasar üst sınırları tanımlanmıştır. DBYBHY 2007 için kesit hasar sınırları aşağıda verilmiştir.

- a) Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifinde bulunan beton malzemede basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0,0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} = 0,01 \quad (3.30)$$

- b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki sargılanmış beton bölgesinin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0,0035 + 0,01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0,0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0,04 \quad (3.31)$$

- c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki sargılanmış beton bölgesinin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0,004 + 0,014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0,018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0,06 \quad (3.32)$$

Denklem 3.31 ve 3.32 de bulunan betonun basınç birim şekildeğiştirme sınırları için verilen ifadelerde, sargı donatısının etkisini göz önüne alan yanal donatının hacimsel gerçekleşme oranı yer almaktadır. Etriye ve çirozların bu hesapta kullanılabilmesi için kanca detaylarının yönetmelikte 3.2.8’de verilen detaya göre 135° şeklinde yapılmış olması zorunludur.

3.9 TBDY 2018 Eleman Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

TBDY 2018’de yeni yapılacak binalar için performans değeriendirmesinde kullanılacak kesit hasar sınırları yönetmeliğin 5.8’inci bölümünde tanımlanmıştır.

Kontrollü Hasar ve Sınırlı Hasar performans düzeyleri için kesit hasar üst sınırları bazı durumlarda Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi üst sınırlarına göre oranlanmıştır[6].

a) Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi için üst sınır değerleri:

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde betonun birim kısalması üst sınırı:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0,0035 + 0,04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0,018 \quad (3.33)$$

Dairesel kesitli kolon, kiriş ve perdelerde betonun birim kısalması üst sınırı:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0,0035 + 0,07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0,018 \quad (3.34)$$

Denklem 3.33 ve 3.34’da verilen ifadelerde ilk terim sargısız betonun birim kısalmasına karşı gelmekte ω_{we} ise etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir (Denklem 3.35).

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.35)$$

Donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırı:

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0,4\varepsilon_{su} \quad (3.36)$$

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi için hesaplanan plastik dönmeler için verilen üst sınır:

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5 \phi_u d_b \right] \quad (3.37)$$

b) Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için üst sınır değerleri:

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0,75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0,75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (3.38)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75\theta_p^{(GÖ)} \quad (3.39)$$

c) Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için üst sınır değerleri:

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0,0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0,0075 \quad (3.40)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.41)$$



4. BİNA DEPREM PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde TBDY 2018 dayanıma göre tasarlanmış bir hastane binasının tasarım aşamalarından bahsedilecek, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ne göre zaman tanım alanında ve Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle farklı deprem seviyeleri için doğrusal olmayan analizle deprem performansı belirlenecektir.

4.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler

Çalışmanın amacını yansıtabilmek adına, İstanbul Kadıköy ilçesinde bir bodrum kat, zemin kat, 6 normal kat ve asansör kuleleri ile toplamda 9 katlı hastane binası, TBDY 2018 kapsamında projelendirilmiştir. Sağlık Bakanlığı’nın 2013 yılında yayınladığı genelgeye göre 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastane binalarının taşıyıcı sistemleri sismik izolatörlü olarak projelendirilecektir [15]. Bu çalışma kapsamında projelendirilen sağlık binası 100 yatak kapasitesinin altında olduğundan, taşıyıcı sistem sismik izolatörlü projelendirilmemiştir. Hastane binasında kullanılacak hassas ekipmanlar bodrum kattadır ve bu ekipmanların döşemeye tespitlerinin sismik olarak yalıtımlı olacağı kabul edilmiştir. Bina betonarme tasarımı TS-500 ve TBDY 2018’e göre yapılmıştır [6, 16].

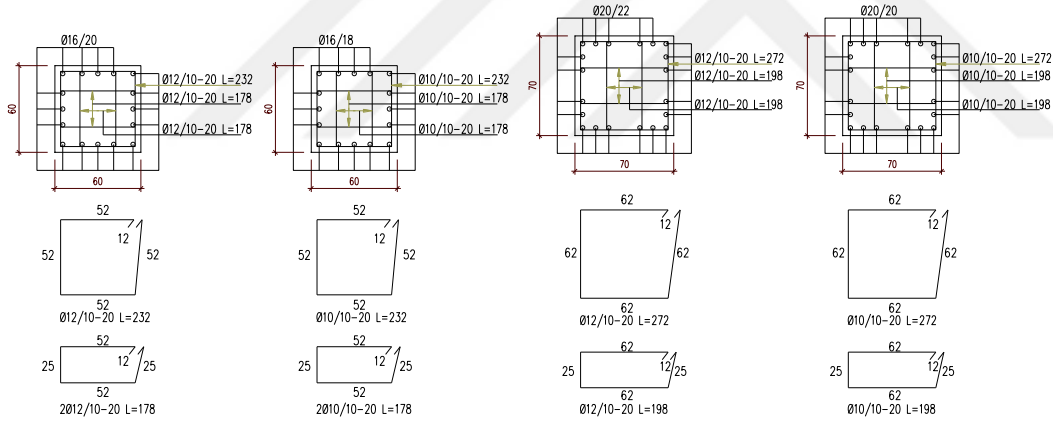
Binanın bodrum kat, zemin kat ve normal katlar asma tavanları dahil kat yüksekliği 3,5m olarak, asansör kuleleri 3,0m olarak dizayn edilmiştir. Döşemelerde tasarım yükleri TS-498’e göre gözönüne alınmış olup [17], tesviye betonları ve asma tavan yükü ölü yük olarak etkilmiştir.

$$\text{Döşeme Ölü Yük} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

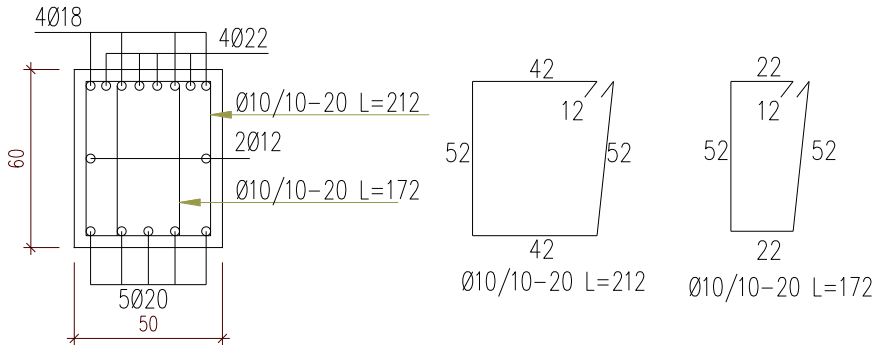
$$\text{Döşeme Hareketli Yük} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tüm Döşemelerde)}$$

Tüm kirişler üzerinde bölme duvar yükü olarak 8,6 kN/m tuğla duvar yükü alınmıştır. Açık balkon çıkımlarında, döşeme kenarlarında boydan boya 1m betonarme parapet yükü alınmıştır.

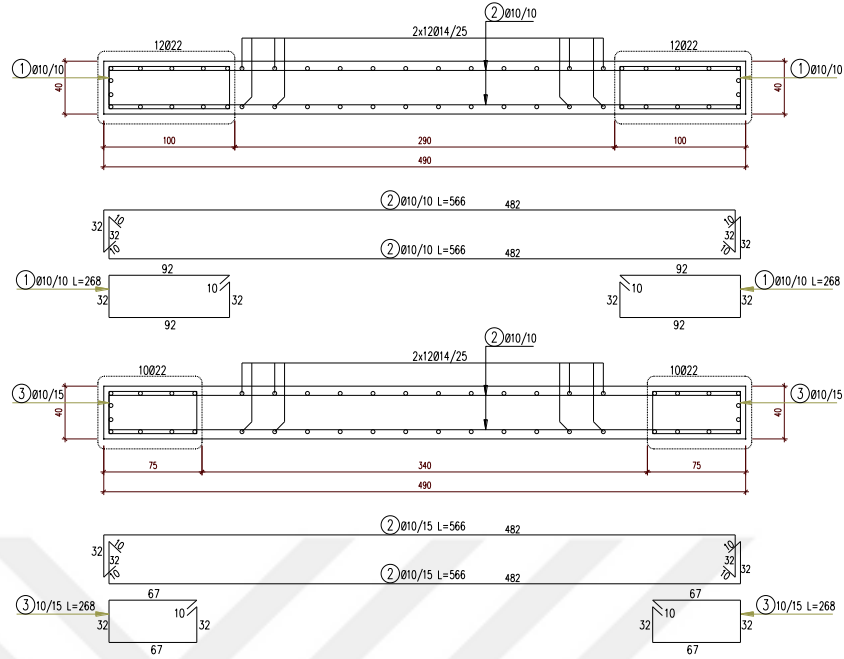
Çalışmada farklı yönetmelikler ve farklı performans analizi yöntemleri kullanılacağından, tasarım olabildiğince parametrik tutulmuş, taşıyıcı sistem kesitleri mümkün olduğu kadar benzer tasarlanmıştır. Kolonlar 60cm×60cm ve 70cm×70cm boyutlarında, kiriş yükseklikleri 60cm, kiriş genişlikleri 30cm- 40cm- 50cm- 60cm boyutlarında, çekirdek bölgesi perdeleri 30cm, diğer perdeler 40cm kalınlığındadır. Bodrum kattaki çevre perdeleri 35cm kalınlığında tasarlanmıştır. Perdeler için kritik perde yüksekliği temel üzerinden 10,5m (ilk 3 kat) olarak hesaplanmıştır. Döşemeler diyafram davranışı göstermesi amacıyla 18cm yüksekliğinde boyutlandırılmış, tüm döşemelere diyafram hesabına göre gerekli tahkikler yapılarak alt/üst plak donatıları konulmuştur. Binanın kullanım amacının hastane binası olması nedeniyle, yürürlükteki yangın yönetmeliğine göre paspayları belirlenmiş, kolon, perde ve kiriş elemanlarda paspayı 4cm olarak tasarım yapılmış, kesit hesaplarında bu beton örtüsü kalınlığı gözönünde bulundurulmuştur [18]. Tipik kolon detayları Şekil 4.1’de verilmiştir, kiriş detayı Şekil 4.2’de, perde detayları Şekil 4.3’de verilmiştir. Tüm kolon, kiriş ve perde donatıları EK-A’da verilmiştir.



Şekil 4.1 : 60cm×60cm ve 70cm×70cm kolon donatı detayları.



Şekil 4.2 : 50cm×60cm tipik kiriş donatı detayı.

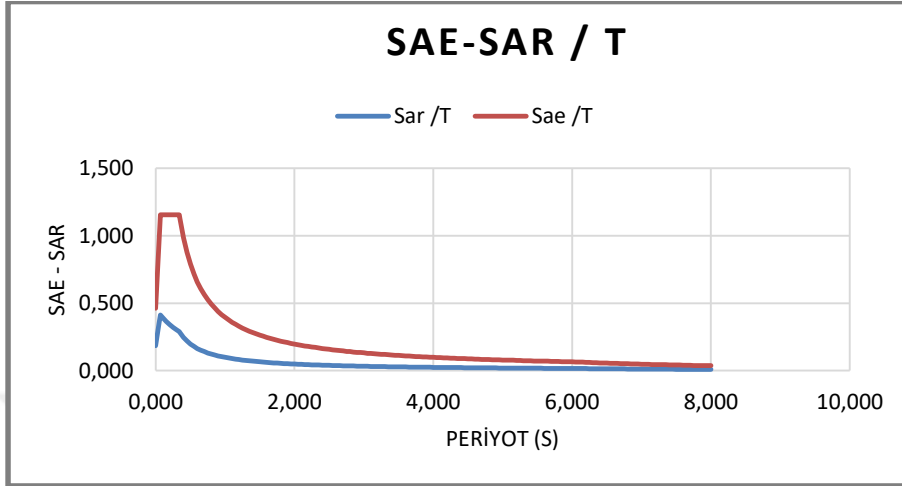


Şekil 4.3 : 40cm×490cm perde donatı detayı.

TBDY 2018 için bina tasarımında kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir. Tasarımda kullanılan azaltılmış ivme spektrumu ve azaltılmamış spektrum Şekil 4.4’de verilmiştir.

- Bina Kullanım Sınıfı (BKS) =1
- Bina Önem Katsayısı (I) =1,5
- Deprem Tasarım Sını (DTS) =1a ($S_{DS}=1,154$)
- Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) =4 ($H_N=31m$)
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi (TBDY 2018 Tablo 3.4) =DD-2
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) =6
- Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) =2.5
- Yerel Zemin Sınıfı =ZC
- Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (S_S) =0,962
- 1.0 Saniye İçin Harita Spektral İvme Katsayısı (S_1) =0,263
- Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Katsayısı (F_S) =1,2
- 1.0 Saniye İçin Yerel Zemin Katsayısı (F_1) =1,5

- Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}) =1,154
- 1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme (S_{D1}) =0,395
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) =0,3



Şekil 4.4 : $S_{ae}(T)/S_{ar}(T)$ İvme-periyot grafiği.

Tasarım aşamasında kullanılan dinamik parametreler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Dinamik hesaplar, TBDY 2018 dayanıma göre tasarım bölümünde verilen çatlamış kesitlere ait etkin kesit rijitlikleri kullanılarak elde edilmiştir. Karşılaştırma olması amacı ile, DBYBHY 2007 kapsamında lineer hesap aşamasında çatlamamış kesitlere ait sistemin dinamik özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Dinamik hesaplamalarda Eigen mod vektörleri kullanılmış, depremli durumlar için analizler spektrum analiz yöntemi ile yapılmıştır.

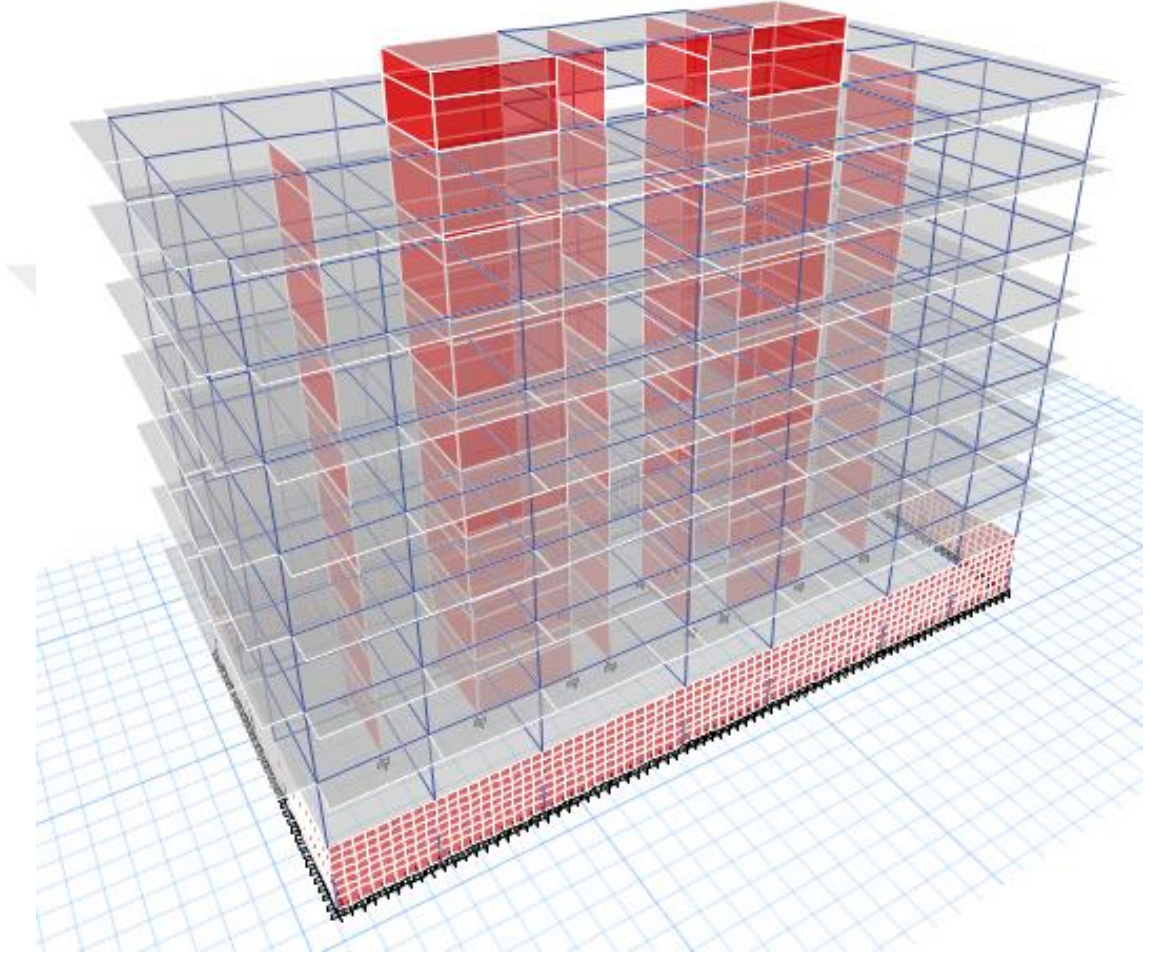
Çizelge 4.1 : TBDY 2018 Etkin eğilme rijitlikleri kullanılan sisteme ait dinamik bilgiler.

TBDY 2018 Lineer Sistem Periyotları				
	T (s)	U _x	U _y	U _z
1. Mod	0,736	-	-	0,680
2. Mod	0,716	0,680	-	-
3. Mod	0,712	-	0,671	-

Çizelge 4.2 : DBYBHY 2007 Brüt kesit rijitliklerine sahip sisteme ait dinamik bilgiler.

DBYBHY 2007 Lineer Sistem Periyotları				
	T (s)	U _x	U _y	U _z
1. Mod	0,571	-	-	0,690
2. Mod	0,57	-	0,680	-
3. Mod	0,55	0,690	-	-

Binada, TDBY 2018 bölüm 3’te yer alan düzensizlik kontrolleri yapılmış, herhangi bir düzensizlik oluşmadığı hesaplanmıştır. Betonarme tasarım ETABS V17.0.1 programı kullanılarak yapılmıştır [13](Şekil 4.5). Bina kalıp planı ve kesitleri sırasıyla Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’te verilmiştir.



Şekil 4.5 : Binanın 3 boyutlu hesap modeli.

TBDY 2018 dayanıma göre tasarım kapsamında azaltılmış deprem yükleri altında, kuvvet bazlı tasarım aşamasında elde edilen taban kesme kuvvetleri aşağıdaki elde edilmiştir;

$$V_x= 13113 \text{ kN}$$

$$V_y= 12835 \text{ kN}$$

Karşılaştırma olması amacı ile TBDY 2018 dayanıma göre tasarım kurallarına uygun projelendirilen bina, DBYBHY 2007 kapsamında tanımlı kuvvet bazlı tasarıma göre

kontrol edilmiştir. DBYBHY 2007 kapsamında yapı brüt kesit rijitlikleri ile modellenmiş, yönetmelikte tanımlı depremsellik koşulları altında azaltılmış tasarım spektrumu oluşturulmuştur. Tasarımda gözönüne alınan dinamik parametreler;

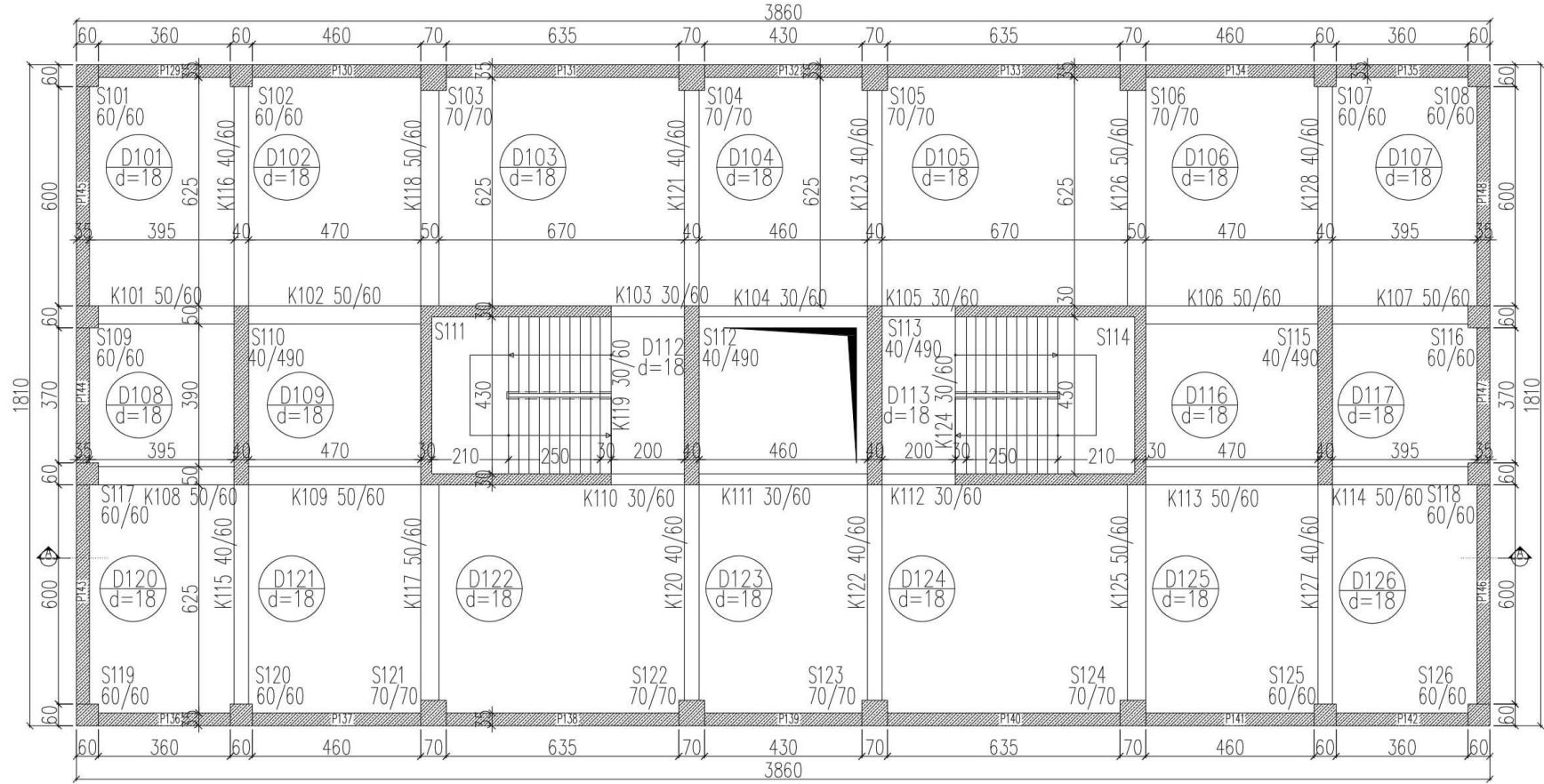
- Bina Önem Katsayısı (I) =1,5
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) =6
- Yerel zemin Sınıfı ve Grubu =C-Z3
- Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) =0,4

Yukarıda tanımlı dinamik parametreler kullanılarak DBYBHY 2007'ye göre elde edilen taban kesme kuvvetleri aşağıdaki gibidir;

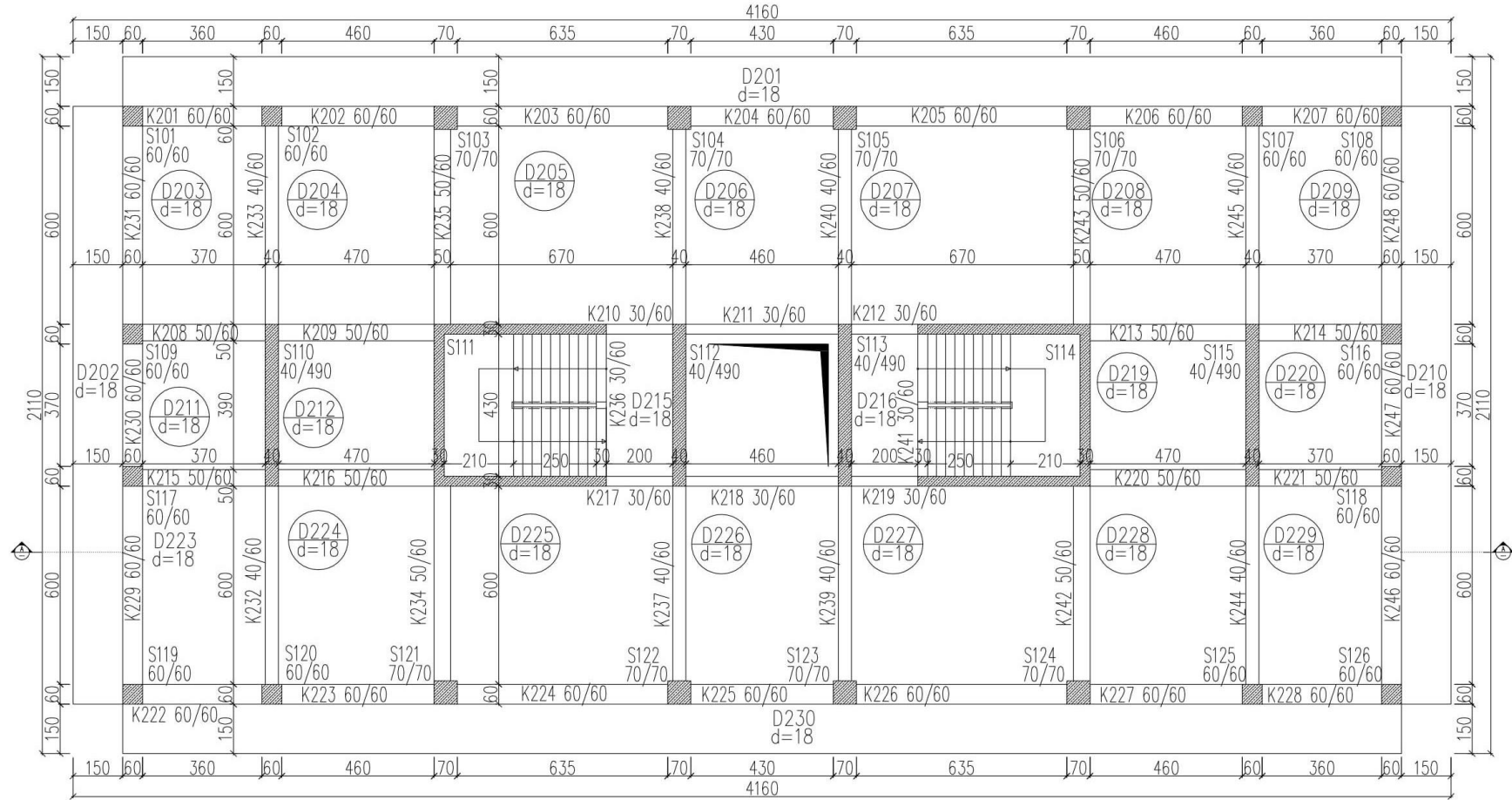
$$V_x = 18326 \text{ kN}$$

$$V_y = 18105 \text{ kN}$$

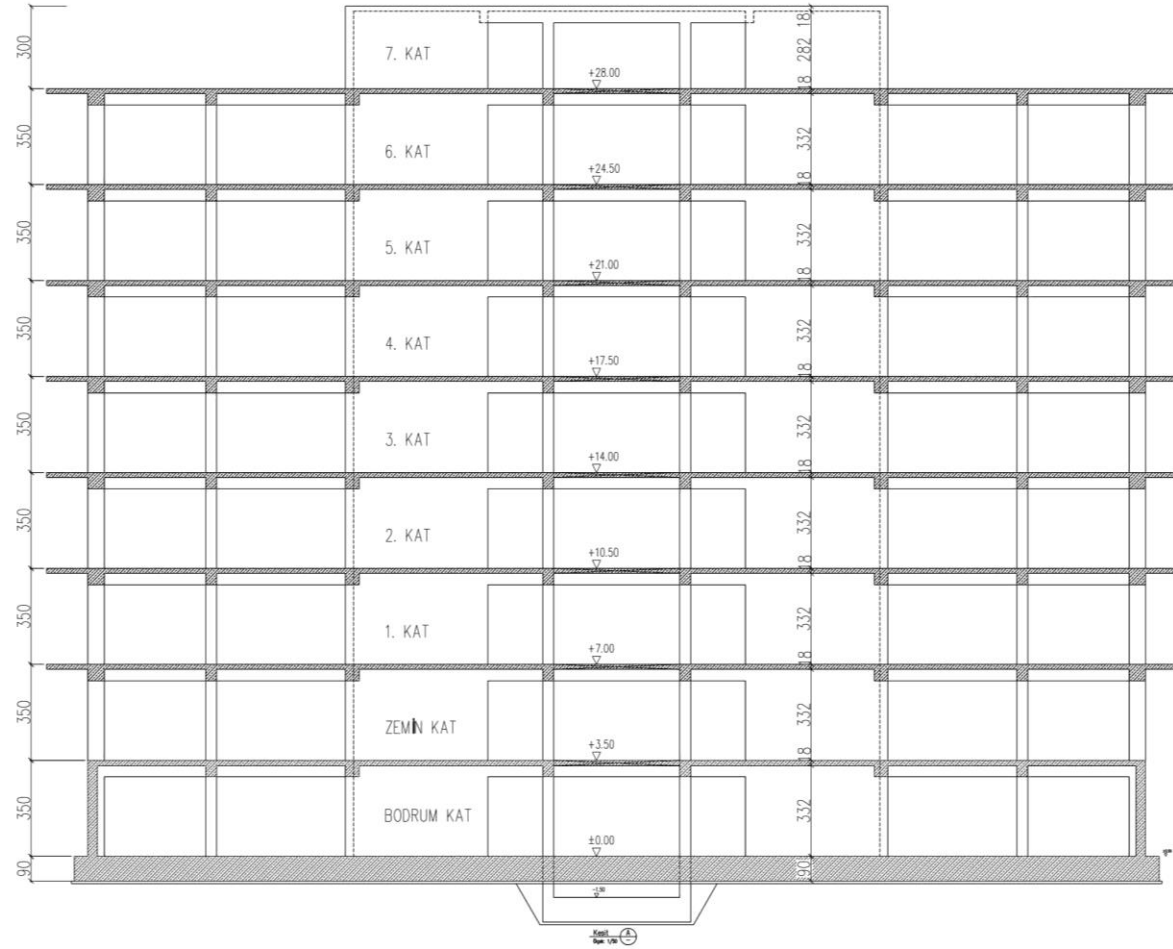
İki yönetmelik arasında kuvvet bazlı tasarımda azaltılmış deprem yükleri altında taban kesme kuvvetleri arasında oluşan %40'a yakın fark bulunmaktadır. DBYBHY 2007'ye göre tasarımı yapılacak binanın %40 fazla taban kesme kuvvetine maruz kaldığı görülmekle birlikte, TBDY 2018 dayanıma göre tasarım kurallarına uygun güvenli tarafta (konservatif) tasarımı yapılan bina, DBYBHY 2007'ye göre kontrol edilmiş ve kesit boyutlarında, kalınlıklarında, seçilen donatılarda değişikliğe ihtiyaç duyulmadığı görülmüştür. TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılan bina, DBYBHY 2007 kapsamında gerekli kontroller yapıldığında, yönetmelik taleplerini karşıladığı görülmektedir. Artan taban kesme kuvveti talebine rağmen TBDY 2018'de görelî kat öteleme sınır değerleri ile kiriş kolon birleşim bölgesi kesme kuvveti hesabında TBDY 2018'in güvenli tarafta olması, ayrıca TBDY 2018'de düşey deprem etkilerinin de tasarım aşamasında gözönüne alınması, tasarımı yapılan binanın DBYBHY 2007'nin şartlarını sağlamasında etkili olmuştur.



Şekil 4.6 : Binanın bodrum kat kalıp planı.



Şekil 4.7 : Binanın normal kat kalıp planı.



Şekil 4.8 : Binanın kat kesitleri.

4.2 Bina Performans Hedefleri

Tasarlanan bina hastane binası olduğu için DBYBHY 2007'ye göre kuvvet bazlı tasarımı $I=1,5$ alınarak tasarlanmalı ve değerlendirmede bu deprem seviyesi için can güvenliği performans düzeyinin sağlanması gerekmektedir. TBDY 2018 için DD-2 deprem seviyesi için dayanıma göre tasarım yapılmalı, performans değerlendirilmesinde ise DD-2 deprem seviyesi için sınırlı hasar performans seviyesinin sağlanması gerekmektedir.

Karşılaştırmanın daha sağlıklı olabilmesi açısından, iki yönetmelik arasında değişen depremsellik farkını gözönüne alabilmek amacı ile TBDY 2018'de tanımlı azaltılmamış tasarım spektrumu kullanılarak, DBYBHY 2007 kriterleri ile ayrıca bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede TBDY 2018'de DD-2 deprem düzeyi için oluşturulan tasarım spektrumu kullanılarak, DBYBHY 2007'de tanımlı $I=1,0$ performans seviyesine göre bina hedef performansı belirlenmiştir. Yönetmeliklerdeki en yüksek deprem düzeyleri denk olacak şekilde karşılaştırmada gözönüne alınmış, Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Bina performans hedefleri.

Deprem Düzeyi	Hedef Performans
DBYBHY 2007 $I=1,0$	Hemen Kullanım Performans Düzeyi
TBDY 2018 DD-2	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
DBYBHY 2007 DD-2	Hemen Kullanım Performans Düzeyi
DBYBHY 2007 $I=1,5$	Can Güvenliği Performans Düzeyi
TBDY 2018 DD-1	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

4.3 Bina Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi için Analiz Modelinin Oluşturulması

Doğrusal elastik olmayan analiz için, daha önce oluşturulmuş tasarım modelinde çeşitli düzeltmeler ve değişiklikler yapılmıştır. DBYBHY 2007 için çatlamış kesit

etkin rijitlikleri taşıyıcı sistem elemanlarına tanımlanmış, TBDY 2018 için etkin kesit rijitlikleri Bölüm 5’de verilen ifadeye göre hesaplanmıştır.

DBYBHY 2007 için yapılacak analizlerde, kolon, kiriş ve perde elemanlarında çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri Bölüm 3.6’ya göre belirlenmiş ve eleman ortalama değerleri bazında Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : DBYBHY 2007 Eleman etkin eğilme rijitlikleri.

Katlar	Eleman	$(EI)_e/(EI)_0$
[1-5]	Perdeler	0,5
	Kolonlar	0,5
	Kirişler	0,4
[1-8]	Perdeler	0,7
	Kolonlar	0,7
	Kirişler	0,5

TBDY 2018 için bölüm 3.6 denklem 3.18a’ da verilen ifadeye göre kat bazında eleman ortalama değerlerinden etkin eğilme rijitlikleri hesaplanmış, kolonlar, perdeler, ve kirişler için bu değerler sırasıyla Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 : TBDY 2018 Kolon eleman etkin eğilme rijitlikleri.

Kolonlar		$(EI)_e$	M_y	Φ_y	L_s	θ_y	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	$(EI)_0$	$(EI)_e/(EI)_0$
1.Kat	70×70	242750	1304	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,022	504	39	686205,8	0,35
2.Kat	70×70	295619	1588	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,022	504	39	686205,8	0,43
3.Kat	70×70	283146	1521	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,022	504	39	686205,8	0,41
4.Kat	70×70	267695	1438	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,022	504	39	686205,8	0,39
5.Kat	70×70	250568	1346	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,022	504	39	686205,8	0,37
6.Kat	70×70	212367	1143	2,2E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,02	504	39	686205,8	0,31
7.Kat	70×70	187676	1008	1,4E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,02	504	39	686205,8	0,27
8.Kat	70×70	170934	920	2,2E-05	1,45	0,00260	1	0,7	0,02	504	39	686205,8	0,25
1.Kat	60×60	136416	688	9,7E-06	1,45	0,00244	1	0,6	0,02	504	39	370396,8	0,37
2.Kat	60×60	176865	892	9,7E-06	1,45	0,00244	1	0,6	0,02	504	39	370396,8	0,48
3.Kat	60×60	176680	893	1,7E-05	1,45	0,00244	1	0,6	0,02	504	39	370396,8	0,48
4.Kat	60×60	165996	839	1,7E-05	1,45	0,00244	1	0,6	0,02	504	39	370396,8	0,45
5.Kat	60×60	154718	782	1,7E-05	1,45	0,00244	1	0,6	0,02	504	39	370396,8	0,42
6.Kat	60×60	125850	636	1,7E-05	1,45	0,00244	1	0,6	0,018	504	39	370396,8	0,34
7.Kat	60×60	112593	569	1,7E-05	1,45	0,00244	1	0,6	0,018	504	39	370396,8	0,30
8.Kat	60×60	102439	519	2,7E-05	1,45	0,00245	1	0,6	0,018	504	39	370396,8	0,28

Çizelge 4.6 : TBDY 2018 Perde eleman etkin eğilme rijitlikleri.

	Perde	M_y	Φ_y	L_s	θ_y	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	$(EI)_e$	$(EI)_0$	$(EI)_e/(EI)_0$
1.Kat	S10-12-13-15	22386	1,9E-06	14	0,000791	0,5	0,4	0,022	504	39	1,3E+08	134496337	0,98
2.Kat	S10-12-13-15	22505	1,8E-06	12,25	0,000794	0,5	0,4	0,022	504	39	1,2E+08	134496337	0,86
3.Kat	S10-12-13-15	20277	0,94E-06	10,5	0,000796	0,5	0,4	0,022	504	39	0,9E+08	134496337	0,66
4.Kat	S10-12-13-15	16680	0,7E-06	8,75	0,000804	0,5	0,4	0,022	504	39	0,6E+08	134496337	0,45
5.Kat	S10-12-13-15	15265	0,85E-06	7	0,000816	0,5	0,4	0,022	504	39	0,4E+08	134496337	0,32
6.Kat	S10-12-13-15	13811	0,95E-06	5,25	0,000838	0,5	0,4	0,022	504	39	0,3E+08	134496337	0,21
7.Kat	S10-12-13-15	12308	0,96E-06	3,5	0,00088	0,5	0,4	0,022	504	39	0,2E+08	134496337	0,12
8.Kat	S10-12-13-15	12516	0,9E-06	1,75	0,001008	0,5	0,4	0,022	504	39	0,07E+08	134496337	0,05
9.Kat	S10-12-13-15	12907	0,098E-06	1,75	0,001007	0,5	0,4	0,022	504	39	0,07E+08	134496337	0,06
1.Kat	S11-S14	85526	1,24E-06	15,5	0,000778	0,5	0,3	0,022	504	39	5,7E+08	745097748	0,76
2.Kat	S11-S14	84521	1,15E-06	14	0,00078	0,5	0,3	0,022	504	39	5,1E+08	745097748	0,68
3.Kat	S11-S14	81554	1,2E-06	12,25	0,000783	0,5	0,3	0,022	504	39	4,3E+08	745097748	0,57
4.Kat	S11-S14	78524	1,2E-06	10,5	0,000787	0,5	0,3	0,02	504	39	3,5E+08	745097748	0,47
5.Kat	S11-S14	75428	1,21E-06	8,75	0,000792	0,5	0,3	0,02	504	39	2,8E+08	745097748	0,37
6.Kat	S11-S14	72254	1,2E-06	7	0,000801	0,5	0,3	0,02	504	39	2,1E+08	745097748	0,28
7.Kat	S11-S14	68972	1,2E-06	5,25	0,000817	0,5	0,3	0,02	504	39	1,5E+08	745097748	0,20
8.Kat	S11-S14	65675	1,2E-06	3,5	0,000848	0,5	0,3	0,02	504	39	0,9E+08	745097748	0,12
9.Kat	S11-S14	65118	1,2E-06	1,75	0,000944	0,5	0,3	0,02	504	39	0,4E+08	745097748	0,05

Çizelge 4.7 : TBDY 2018 Kiriş eleman etkin eğilme rijitlikleri.

	Kiriş	$(EI)_e$	M_y	Φ_y	L_s	θ_y	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	$(EI)_0$	$(EI)_e/(EI)_0$
K101	50x60	102181	371	1,2E-05	1,85	2,2E-03	1	0,6	0,0166	504	39	3,1E+05	0,33
K102	50x60	138962	370	1,2E-05	2,35	2,1E-03	1	0,6	0,0166	504	39	3,1E+05	0,45
K103	30x60	32325,1	277	1,2E-05	1	2,9E-03	1	0,6	0,02	504	39	1,9E+05	0,17
K116	40x60	178304	350	1,1E-05	3	2,0E-03	1	0,6	0,0175	504	39	2,5E+05	0,72
K118	50x60	221474	444	1,2E-05	2,95	2,0E-03	1	0,6	0,0171	504	39	3,1E+05	0,72
K119	30x60	78415,6	234	1,2E-05	2,15	2,1E-03	1	0,6	0,018	504	39	1,9E+05	0,42
K401	60x60	99588,4	375	1,2E-05	1,8	2,3E-03	1	0,6	0,01825	504	39	3,7E+05	0,27
K402	60x60	137015	375	1,2E-05	2,3	2,1E-03	1	0,6	0,01886	504	39	3,7E+05	0,37
K403	60x60	204574	375	1,2E-05	3,175	1,9E-03	1	0,6	0,01886	504	39	3,7E+05	0,55
K408	50x60	169874	617	1,2E-05	1,85	2,2E-03	1	0,6	0,022	504	39	3,1E+05	0,55
K409	50x60	232011	618	1,2E-05	2,35	2,1E-03	1	0,6	0,022	504	39	3,1E+05	0,75
K410	30x60	69661,6	597	1,2E-05	1	2,9E-03	1	0,6	0,022	504	39	1,9E+05	0,38
K411	30x60	118717	325	1,2E-05	2,3	2,1E-03	1	0,6	0,022	504	39	1,9E+05	0,64
K429	60x60	190926	375	1,2E-05	3	2,0E-03	1	0,6	0,01886	504	39	3,7E+05	0,52
K430	60x60	103272	375	1,2E-05	1,85	2,2E-03	1	0,6	0,01825	504	39	3,7E+05	0,28
K433	40x60	222992	438	1,2E-05	3	2,0E-03	1	0,6	0,019	504	39	2,5E+05	0,90
K435	50x60	221422	444	1,2E-05	2,95	2,0E-03	1	0,6	0,02	504	39	3,1E+05	0,72
K436	30x60	92832,4	277	1,2E-05	2,15	2,1E-03	1	0,6	0,017	504	39	1,9E+05	0,50

Çizelge 4.7 : (devam) TBDY 2018 Kiriş eleman etkin eğilme rijitlikleri.

Kiriş		(EI) _e	M _y	Φ _y	L _s	θ _y	η	h	d _b	f _{ye}	f _{ce}	(EI) ₀	(EI) _e /(EI) ₀
K701	60x60	119484	450	1,2E-05	1,8	2,3E-03	1	0,6	0,021	504	39	3,7E+05	0,32
K702	60x60	164391	450	1,2E-05	2,3	2,1E-03	1	0,6	0,021	504	39	3,7E+05	0,44
K703	60x60	245441	450	1,2E-05	3,175	1,9E-03	1	0,6	0,021	504	39	3,7E+05	0,66
K708	50x60	169874	617	1,2E-05	1,85	2,2E-03	1	0,6	0,022	504	39	3,1E+05	0,55
K709	50x60	232610	620	1,3E-05	2,35	2,1E-03	1	0,6	0,022	504	39	3,1E+05	0,75
K710	30x60	69778,2	598	1,2E-05	1	2,9E-03	1	0,6	0,022	504	39	1,9E+05	0,38
K711	30x60	118717	325	1,2E-05	2,3	2,1E-03	1	0,6	0,022	504	39	1,9E+05	0,64
K729	60x60	190926	375	1,2E-05	3	2,0E-03	1	0,6	0,01886	504	39	3,7E+05	0,52
K730	60x60	103269	375	1,2E-05	1,85	2,2E-03	1	0,6	0,01886	504	39	3,7E+05	0,28
K733	40x60	222999	438	1,2E-05	3	2,0E-03	1	0,6	0,019	504	39	2,5E+05	0,90
K735	50x60	260328	522	1,2E-05	2,95	2,0E-03	1	0,6	0,02	504	39	3,1E+05	0,84
K736	30x60	92832,4	277	1,2E-05	2,15	2,1E-03	1	0,6	0,017	504	39	1,9E+05	0,50
K901	30x60	37688,9	323	1,2E-05	1	2,9E-03	1	0,6	0,022	504	39	1,9E+05	0,20
K907	30x60	92158,3	275	1,2E-05	2,15	2,1E-03	1	0,6	0,017	504	39	1,9E+05	0,50

Zaman tanım alanında yapılacak sayısal çözümler için bir başlangıç yüklemesi oluşturulmuştur. Bu başlangıç yüklemesi düşey yükler altında 0 dan 2 saniyeye olacak şekilde (EK-B, Şekil B.1), düşey yüklerin çok kısa sürede yapıya etkimesi ile oluşturulmuştur (EK-B, Şekil B.2). Zaman tanım alanında her bir deprem kaydı analizi, bu başlangıç yüklemesinin ardından başlatılmıştır.

4.3.1 Malzeme bilgileri

Şekildeğiştirmeye göre tasarım ve değerlendirme hesaplarında beton ve donatı çeliği için malzeme değerleri, beklenen değerler olarak hesaplanmıştır. TBDY 2018’de verilen beklenen ortalama malzeme değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir[6].

Çizelge 4.8 : Beklenen ortalama malzeme değerleri.

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)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$

Doğrusal elastik olmayan performans analizlerinde kullanılan malzeme değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Analizlerde kullanılan beklenen ortalama malzeme değerleri.

	DBYBHY 2007	TBDY 2018
f_{cm} (MPa)	39	39
f_{sy} (MPa)	504	504
f_{su} (MPa)	660	630
ε_{sy}	0,0021	0,0021
ε_{sh}	0,008	0,008
ε_{su}	0,1	0,08

4.3.2 Plastik mafsal tanımları

Plastik mafsal tanımlamaları için ETABS V17.0.1 yazılımında tanımlı “Fiber Hinge” yayılı plastik mafsal davranışını yansıtan fonksiyon kullanılmıştır. Fiber hinge, eksenel kuvvet ve 2 doğrultuda eğilme etkisi altında kesitte nonlinear gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarını otomatik olarak çıkarmaktadır [13]. 60cm×60cm kolon için program tarafından oluşturulan fiber hinge tanımı Şekil EK-B, Şekil B.3’de, 40cm×490cm perde için oluşturulan girdi ise EK-B, Şekil B.4’de yer almaktadır. Yayılı plastik mafsal (fiber hinge) tanımları program tarafından otomatik olarak yapılmıştır.

4.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi ve Performans Noktalarının Tayin Edilmesi

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile itme analizi için, analiz modelinde 3 adet lineer olmayan yükleme oluşturulmuştur. PO_Dusey yüklemesi, X ve Y yönlerindeki itme yüklemelerinin başlangıç yüklemesini oluşturmaktadır (EK-B, Şekil B.5). PO_Dusey yüklemesinin ardından, her bir deprem seviyesi için ayrı ayrı X ve Y yönleri için ilgili yönetmelikte tanımlanan eşdeğer deprem yüğü yüklemesi oluşturulmuştur. Bu yüklemeler itme analizinde yatay yükleme şablonu olarak kullanılmış ve PO_X ve PO_Y itme yüklemeleri oluşturulmuş, tepe noktası deplasman hedefi bu yüklemelerde tanımlanmıştır (EK-B, Şekil B.6 ve Şekil B.7).

4.4.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bölüm 3.2.1’de tariflenen hesap yöntemine göre binanın tepe yerdeğiştirme istemi elde edilmiş, modal kapasite diyagramı hesaplanmıştır. X ve Y yönü modal ivme, yerdeğiştirme değerleri Çizelge 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Modal kapasite

diyagramları X yönü için Şekil 4.9’da , Y Yönü için Şekil 4.10’da verilmiştir. Bina kapasite diyagramları X ve Y yönleri için Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir

$$T_x=0,548 \text{ s}, \quad T_y=0,57 \text{ s}$$

Bina x ve y yönü hakim periyotları $T_b=0,6 \text{ s}$ den küçük olduğundan C_{r1} değeri için iterasyon yapılmış, $C_{r1x}=1,062$, $C_{r1y}=1,0349$ değerleri bulunmuştur.

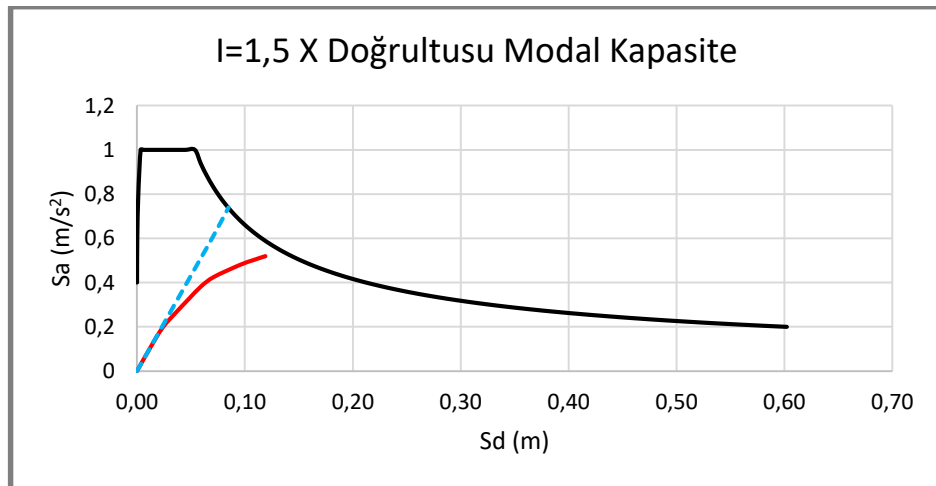
$$S_{de,1x}= C_{r1}A_0IS(T)g/(w_x)^2=0,01189m, \quad S_{de,1y}= C_{r1}A_0IS(T)g/(w_y)^2=0,01253m$$

Spektral yer değiştirme değerlerinin bulunmasının ardından tepe yer değiştirme istemleri bulunmuştur:

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} = 0,1638m, \quad u_{yN1}^{(p)} = \phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)} = 0,1730m$$

Çizelge 4.10 : I=1,5 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.

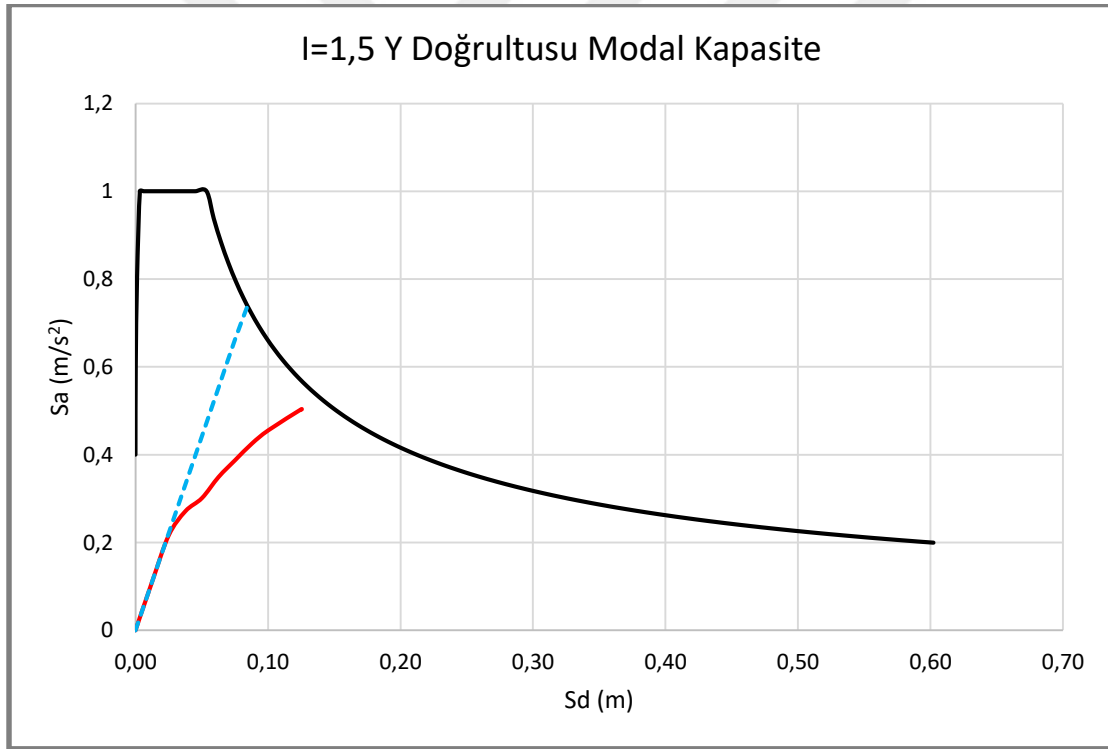
Total M=	10160	X Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	$u_{xN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{x1}	M_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	$d_{x1}^{(i)}$ (m)	$a^{(i)}_1$
0,00	0,00	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,00	0,00
7019,75	16,38	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,01	1,01
13480,33	32,76	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,02	1,93
17991,17	49,14	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,04	2,58
22189,60	65,52	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,05	3,18
26267,44	81,90	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,06	3,76
29179,19	98,28	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,07	4,18
32850,40	131,04	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,10	4,71
34287,26	147,42	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,11	4,91
35610,40	163,79	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,12	5,10
35578,47	163,80	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,12	5,10



Şekil 4.9 : I=1,5 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

Çizelge 4.11 : I=1,5 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.

Total M=	10160	Y Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	$u_{yN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{y1}	M_{y1}	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	$d_{y1}^{(i)}$ (m)	$a_{y1}^{(i)}$
0,00	0,00	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,00	0,00
7433,88	17,30	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,01	1,08
14562,18	34,60	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,03	2,12
18255,99	51,90	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,04	2,66
20275,58	69,20	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,05	2,96
23513,95	86,50	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,06	3,43
26100,20	103,80	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,08	3,81
28624,40	121,10	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,09	4,17
30678,74	138,40	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,10	4,47
33927,84	172,95	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,13	4,95
33862,91	173,00	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,13	4,94



Şekil 4.10 : I=1,5 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

4.4.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bölüm 3.2.1’de tariflenen hesap yöntemine göre yapının tepe yerdeğiştirme istemi elde edilmiş, modal kapasite diyagramı hesaplanmıştır. X ve Y yönü modal ivme, yerdeğiştirme değerleri Çizelge 4.12 ve 4.13’de verilmiştir. Modal kapasite

diyagramları X yönü için Şekil 4.11’de , Y Yönü için Şekil 4.12’de verilmiştir. Bina kapasite diyagramları X ve Y yönleri için Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir

$$T_x=0,548 \text{ s}$$

$$T_y=0,57 \text{ s}$$

Bina x ve y yönü hakim periyotları $T_b=0,6 \text{ s}$ den küçük olduğundan C_{r1} değeri için iterasyon yapılmış, $C_{r1x}=1,0526$, $C_{r1y}=1,0309$ değerleri bulunmuştur.

$$S_{de,1x}= C_{r1}A_oIS(T)g/(w_x)^2=0,0785m$$

$$S_{de,1y}= C_{r1}A_oIS(T)g/(w_y)^2=0,08323m$$

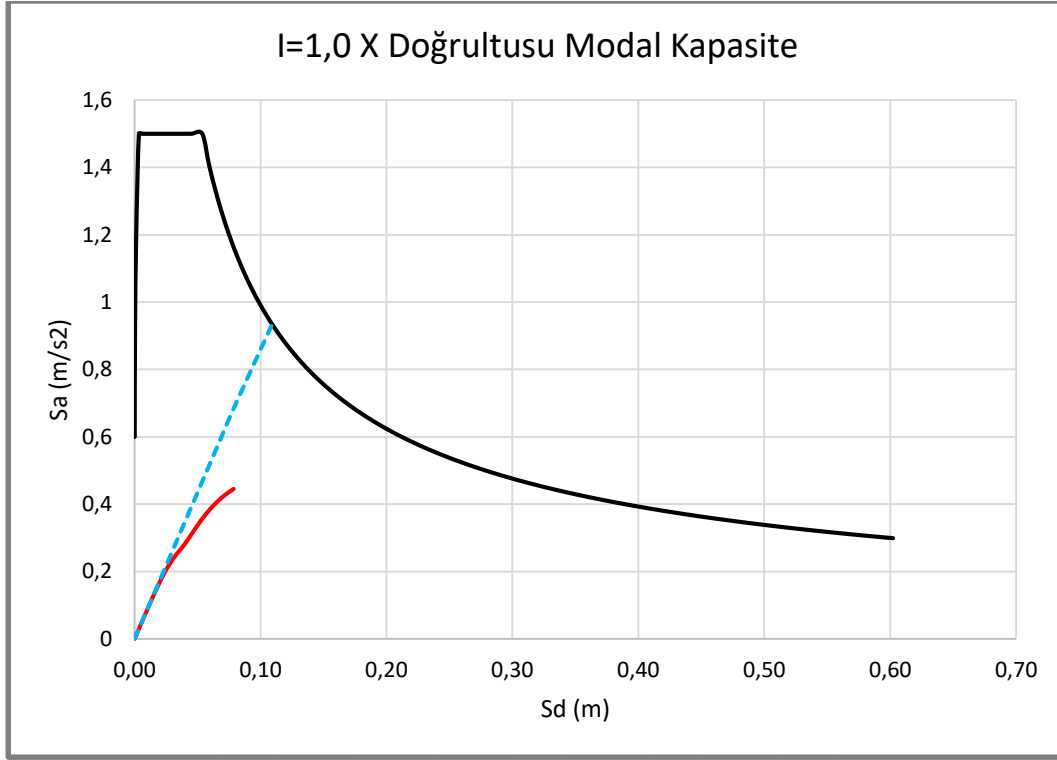
Spektral yer değiştirme değerlerinin bulunmasının ardından tepe yer değiştirme istemleri bulunmuştur:

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} = 0,1082m$$

$$u_{yN1}^{(p)} = \phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)} = 0,1149m$$

Çizelge 4.12 : I=1,0 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.

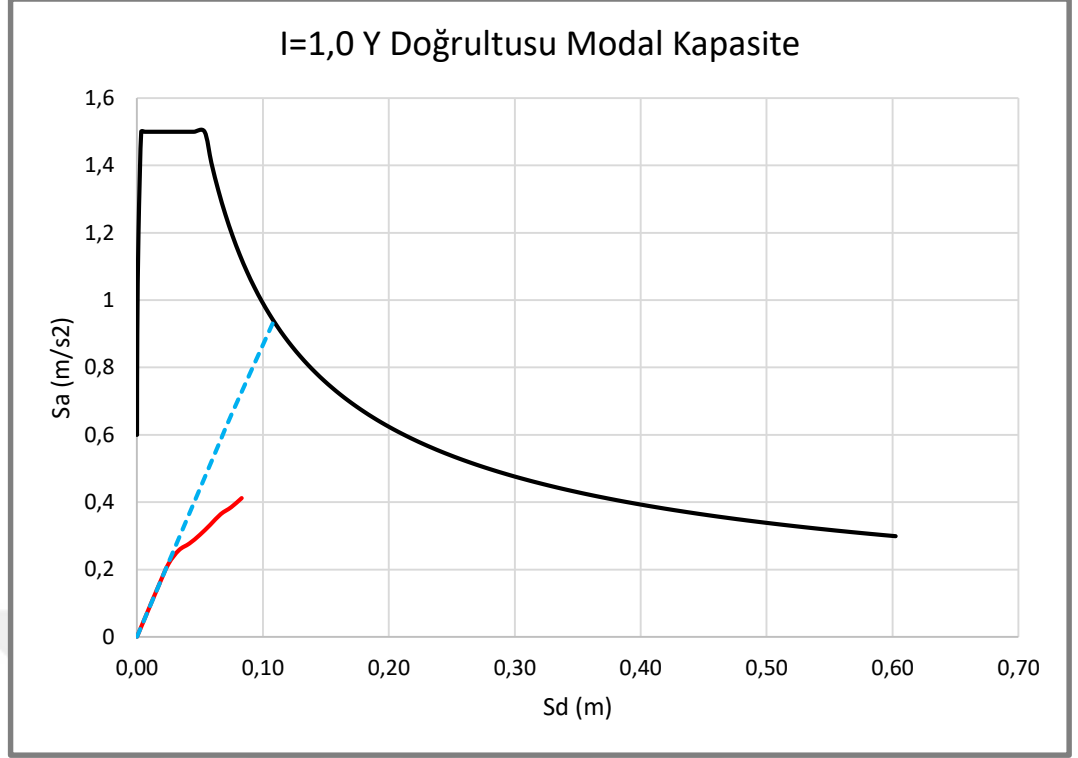
Total M=	10160	X Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{x1}^{(i)} \text{ (kN)}$	$u_{xN1}^{(i)} \text{ (mm)}$	γ_{x1}	M_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	$d_{x1}^{(i)} \text{ (m)}$	$a^{(i)}_1$
0,00	0,00	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,00	0,00
4676,62	10,82	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,01	0,67
9204,69	21,64	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,02	1,32
13371,69	32,46	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,02	1,92
16581,49	43,28	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,03	2,38
19082,99	54,10	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,04	2,73
22022,88	64,92	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,05	3,15
24840,01	75,74	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,05	3,56
27175,30	86,56	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,06	3,89
29032,25	97,38	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,07	4,16
30479,86	108,20	0,69	6980,94	0,017	81,04	0,08	4,37



Şekil 4.11 : I=1,0 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

Çizelge 4.13 : I=1,0 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler

Total M=	10160	Y Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	$u_{yN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{y1}	M_{y1}	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	$d_{y1}^{(i)}$ (m)	$a_1^{(i)}$
0,00	0,00	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,00	0,00
4933,68	11,49	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,01	0,72
9877,73	22,98	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,02	1,44
14532,03	34,47	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,02	2,12
17280,98	45,96	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,03	2,52
18618,67	57,45	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,04	2,71
20348,88	68,94	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,05	2,97
22375,60	80,43	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,06	3,26
24493,30	91,92	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,07	3,57
25887,13	103,41	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,07	3,77
27698,71	114,90	0,68	6859,02	0,017	81,18	0,08	4,04



Şekil 4.12 : I=1,0 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

4.4.3 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bölüm 3.3.1’de tariflenen hesap yöntemine göre yapının tepe yerdeğiştirme istemi elde edilmiş, modal kapasite diyagramı hesaplanmıştır. X ve Y yönü modal ivme, yerdeğiştirme değerleri Çizelge 4.14 ve 4.15’de verilmiştir. Modal kapasite diyagramları X yönü için Şekil 4.13’de , Y Yönü için Şekil 4.14’de verilmiştir. Bina kapasite diyagramları X ve Y yönleri için Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.

$$T_x=0,716 \text{ s}$$

$$T_y=0,712 \text{ s}$$

$$S_{de,1x}=0,1248\text{m}$$

$$S_{de,1y}=0,1235\text{m}$$

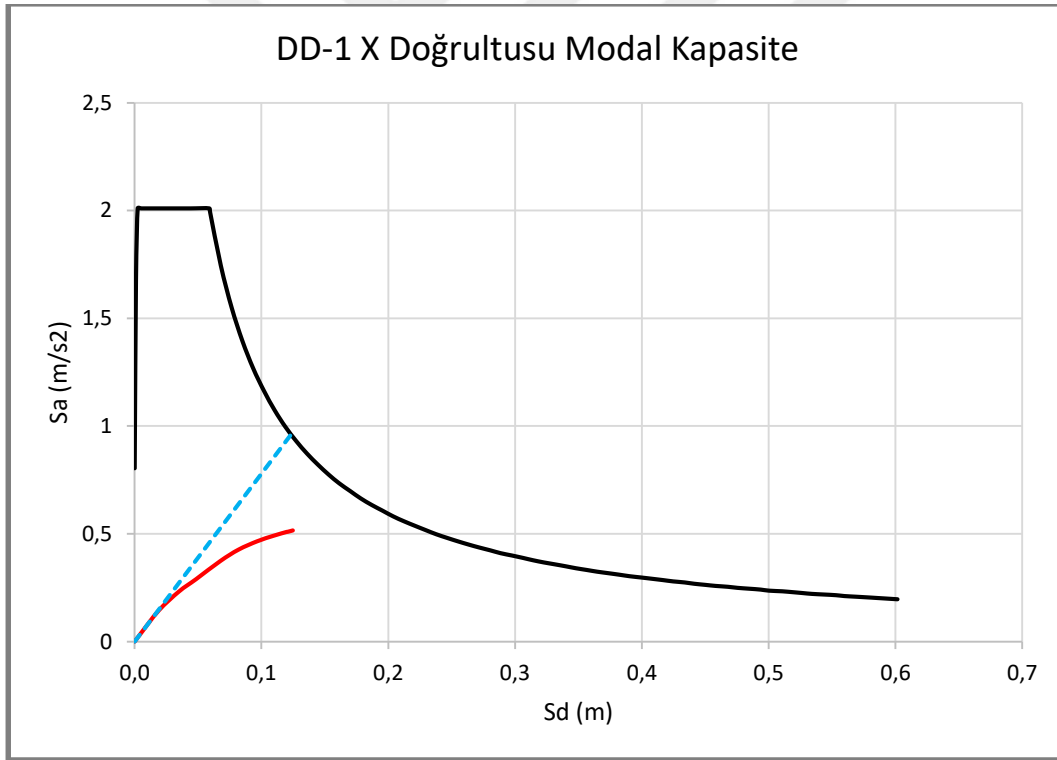
Spektral yer değıştirme değęerlerinin bulunmasının ardından tepe yer değıştirme istemleri bulunmuştur:

$$u_{Nx1}^{(X,k)} = \phi_{Nx1} \Gamma_1^{(X,1)} d_1^{(X,k)} = 0,1544\text{m}$$

$$u_{Ny1}^{(Y,k)} = \phi_{Ny1} \Gamma_1^{(Y,1)} d_1^{(Y,k)} = 0,1702\text{m}$$

Çizelge 4.14 : DD-1 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler

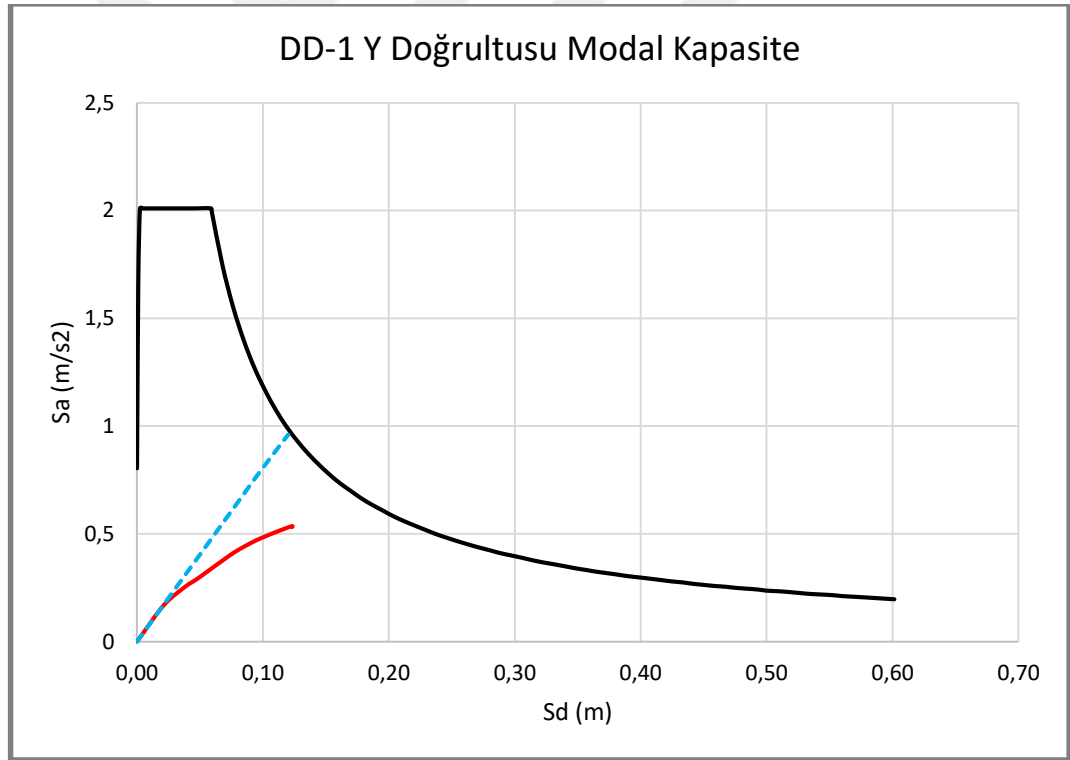
Total M=	10160	X Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	$u_{xN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{x1}	M_{x1}	ΦN_{x1}	Γ_{x1}	$d_{x1}^{(i)}$ (m)	$a^{(X,k)}_1$
0,00	0,00	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,00	0,00
1812,07	4,28	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,00	0,26
9631,10	23,33	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,02	1,40
15615,00	43,21	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,03	2,28
19460,32	59,87	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,05	2,84
25136,38	83,60	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,07	3,67
28698,56	101,39	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,08	4,19
31302,73	119,62	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,10	4,57
32995,80	135,23	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,11	4,81
34231,67	148,39	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,12	4,99
34244,41	149,12	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,12	5,00
34688,65	154,40	0,67	6854,95	0,016	77,31	0,12	5,06



Şekil 4.13 : DD-1 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

Çizelge 4.15 : DD-1 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.

Total M=	10454,03	Y Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	$u_{yN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{y1}	M_{y1}	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	$d_{y1}^{(i)}$ (m)	$a^{(Y,k)}_1$
0,00	0,00	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,00	0,00
2325,02	5,77	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,00	0,33
11726,13	29,65	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,02	1,67
17296,66	51,80	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,04	2,47
20609,15	68,82	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,05	2,94
27391,84	100,91	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,07	3,90
30408,60	117,93	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,09	4,34
32911,98	134,95	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,10	4,69
35903,87	160,40	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,12	5,12
36900,53	170,15	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,12	5,26
36755,09	170,17	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,12	5,24
36634,41	170,20	0,67	7014,65	0,017	81,11	0,12	5,22



Şekil 4.14 : DD-1 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

4.4.4 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için performans noktasının belirlenmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bölüm 3.3.1’de tariflenen hesap yöntemine göre yapının tepe yerdeğiştirme istemi elde edilmiş, modal kapasite diyagramı hesaplanmıştır. X ve Y yönü modal ivme,

yerdeğiştirme değerleri Çizelge 4.16 ve 4.17’de verilmiştir. Modal kapasite diyagramları X yönü için Şekil 4.15’de , Y Yönü için Şekil 4.16’da verilmiştir. Bina kapasite diyagramları X ve Y yönleri için Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.

$$T_x=0,716 \text{ s}$$

$$T_y=0,712 \text{ s}$$

$$S_{de,1x}=0,0701\text{m}$$

$$S_{de,1y}= 0,0693\text{m}$$

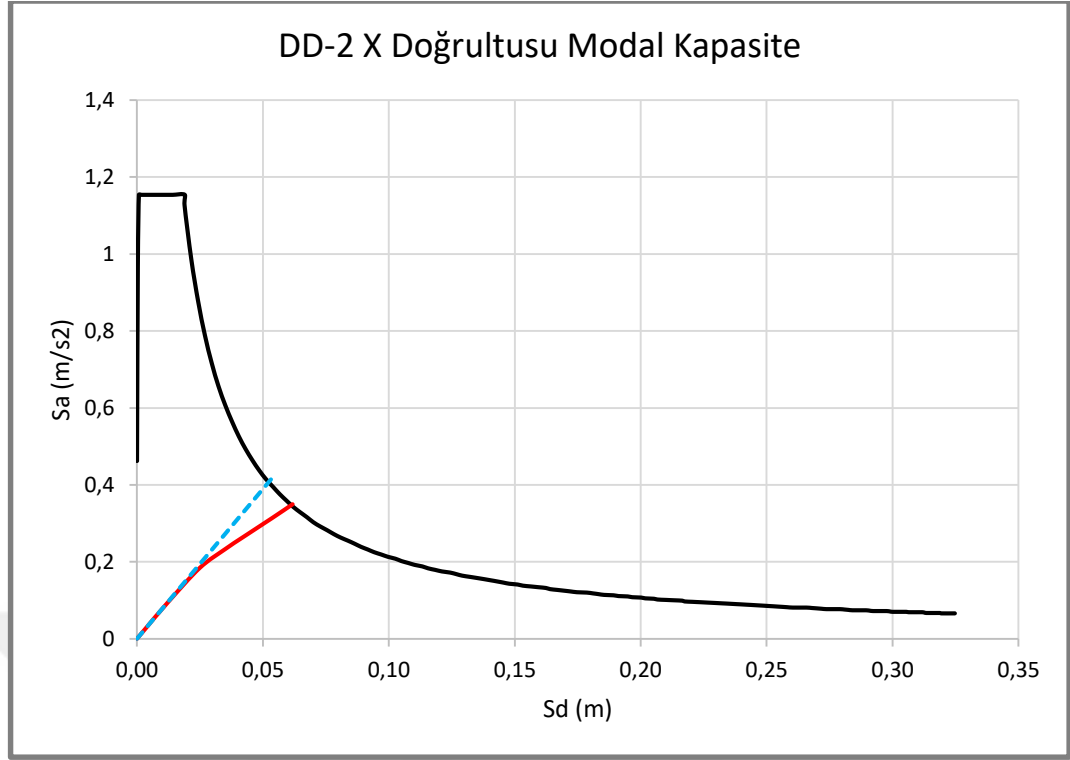
Spektral yer değiştirme değerlerinin bulunmasının ardından tepe yer değiştirme istemleri bulunmuştur:

$$u_{Nx1}^{(X,k)} = \phi_{Nx1} \Gamma_1^{(X,1)} d_1^{(X,k)} = 0,0867\text{m}$$

$$u_{Ny1}^{(Y,k)} = \phi_{Ny1} \Gamma_1^{(Y,1)} d_1^{(Y,k)} = 0,0955\text{m}$$

Çizelge 4.16 : DD-2 Deprem seviyesi için X doğrultusu modal değerler.

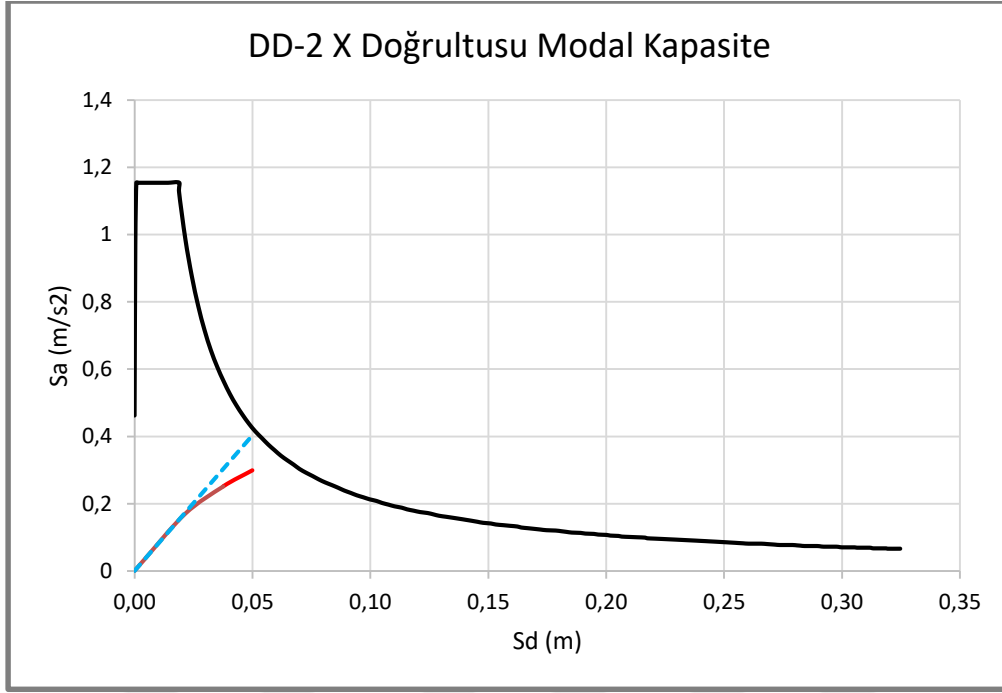
Total M=	10160	X Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	$u_{xN1}^{(i)}$ (mm)	γ_{x1}	M_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	$d_{x1}^{(i)}$ (m)	$a^{(X,k)}_1$
0	0	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,000	0,000
1812,3443	4,282	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,003	0,264
6464,9384	15,444	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,012	0,943
12374,797	30,827	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,025	1,805
15676,7213	43,405	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,035	2,287
17748,0084	52,075	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,042	2,589
21119,9672	66,526	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,054	3,081
23496,0988	76,428	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,062	3,428
25771,0526	86,7	0,6747	6854,952	0,016	77,31	0,070	3,759



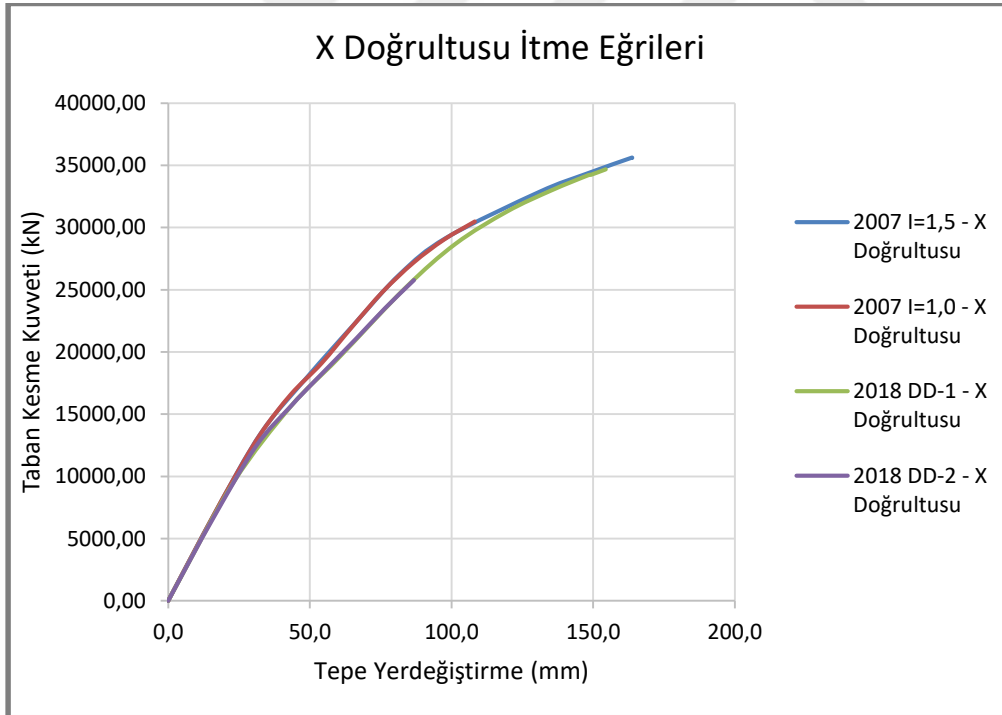
Şekil 4.15 : DD-2 Deprem seviyesi için X doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.

Çizelge 4.17 : DD-2 Deprem seviyesi için Y doğrultusu modal değerler.

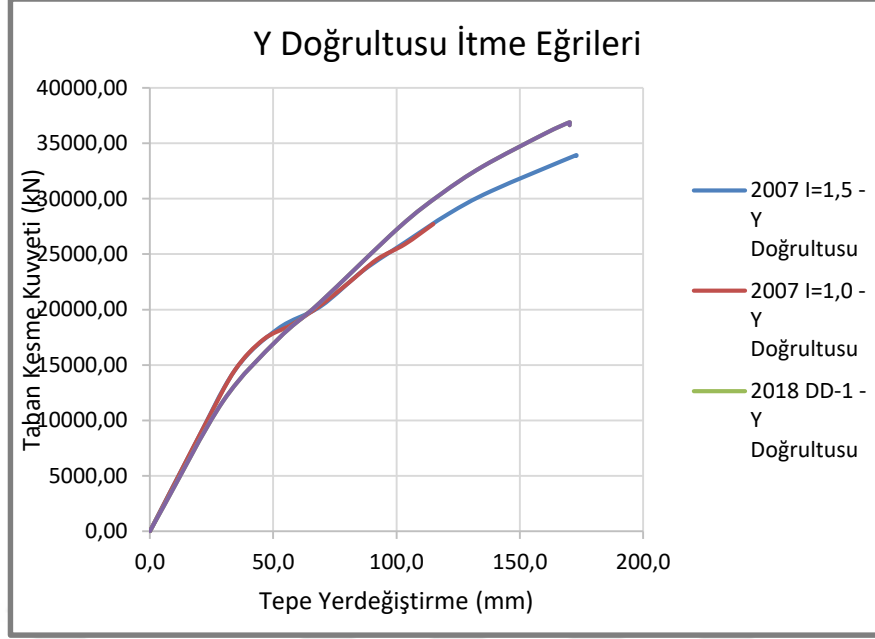
Total M=	10454,03	Y Yönü Modal İvme - Modal Yer değiştirme					
$V^{(i)}_{y1}$ (kN)	$u^{(i)}_{yN1}$ (mm)	γ_{y1}	M_{y1}	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	$d^{(i)}_{y1}$ (m)	$a^{(Y,k)}_1$
0	0	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,000	0,000
2325,0239	5,77	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,004	0,331
11726,1309	29,648	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,022	1,672
17296,6624	51,804	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,038	2,466
20609,1469	68,824	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,050	2,938
27391,8433	100,91	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,073	3,905
30408,5951	117,93	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,086	4,335
32911,9848	134,95	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,098	4,692
35903,8694	160,395	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,116	5,118
36900,533	170,153	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,123	5,260
36755,0902	170,17	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,123	5,240
36634,4075	170,2	0,671	7014,654	0,017	81,11	0,123	5,223



Şekil 4.16 : DD-2 Deprem seviyesi için Y doğrultusu talep spektrumu ve modal kapasite diyagramı.



Şekil 4.17 : X doğrultusu için farklı deprem seviyeleri altında yapı itme eğrileri değişimi.



Şekil 4.18 : Y doğrultusu için farklı deprem seviyeleri altında yapı yapısı itme eğrileri değişimi.

4.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Analiz İçin Deprem Kayıtlarının Seçimi

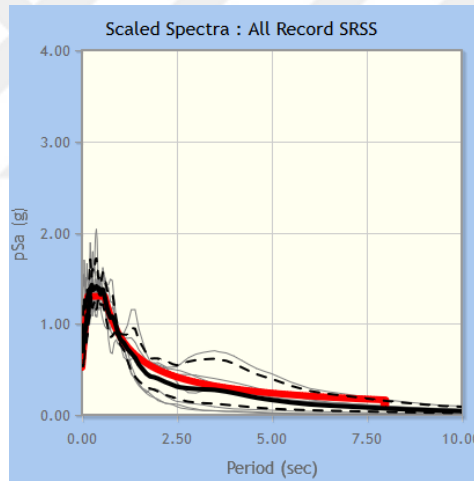
Farklı deprem performansları ve yönetmelikler için deprem kayıtları seçimi aşağıdaki bölümlerde verilmiştir. Deprem kayıtlarına ait ivme,hız ve yer değiştirme zaman grafikleri MATLAB kodu kullanılarak PEER'dan elde edilen ivme-zaman değerlerinden elde edilmiştir [19-21]. İvme,hız ve yer değiştirme zaman grafikleri EK-C'de verilmiştir. Zaman tanım alanında hesap yönteminde ETABS programı kullanılmış ve zaman entegrasyonları program tarafından hesaplanmıştır. Modal çözüm yönteminde Eigen çözümleri kullanılmıştır.

4.5.1 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için deprem kayıtları

Tasarım spektrumunun 1,3 kat artırılması ile yapı ve zemine uygun 7 kayıt bulunarak, ölçeklendirme işlemi PEER yer kayıt veritabanı üzerinde yapılmıştır [19]. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim titreşim periyodu $T = 0,570s$ bulunmuş, kayıtlar $0,2T = 0,114s$ ve $2,0T = 1,140s$ aralığında ölçeklendirilmiştir. Bulunan kayıtlar, spektral ordinatlarının ortalaması, 1.3 kat büyütülmüş tasarım spektrumundan %90 az olmayacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar ve kayıtlara ait bilgiler Çizelge 4.18'de, kayıtların ortalamasının arttırılmış tasarım spektrumu ile süperpozisyonu Şekil 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.18 : DBYBHY 2007 I=1,0 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyükölç (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
179	Imperial Valley-06	El Centro Array #4	1979	6,53	1,212	39,09	0,005	7818
265	Victoria, Mexico	Cerro Prieto	1980	6,33	1,175	24,62	0,010	2462
316	Westmorland	Parachute Test Site	1981	5,90	1,971	41,70	0,005	8340
461	Morgan Hill	Halls Valley	1984	6,19	1,661	40,00	0,005	8000
1158	Kocaeli, Türkiye	Düzce	1999	7,51	1,198	27,20	0,005	5440
1176	Kocaeli, Türkiye	Yarımca	1999	7,51	1,613	35,00	0,005	7000
1602	Düzce, Türkiye	Bolu	1999	7,14	0,882	55,90	0,010	5590



Şekil 4.19 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu –tasarım spektrumu (I=1,0).

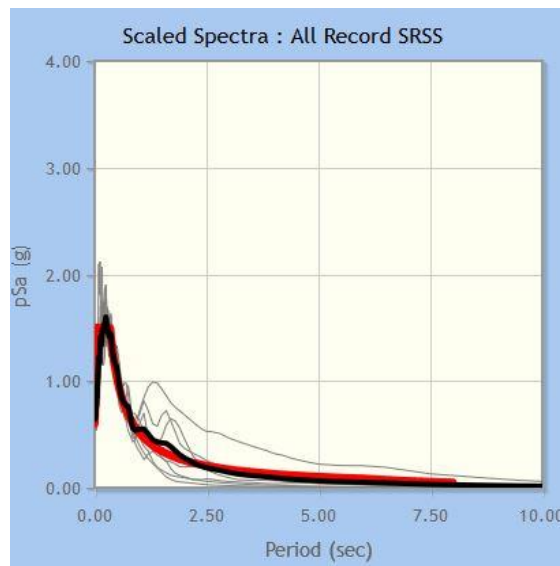
4.5.2 DBYBHY 2007 DD-2 deprem seviyesi için deprem kayıtları

Dayanıma göre tasarımı TBDY 2018'e göre yapılan yapının, DBYBHY 2007'ye göre performans analizini yapmak için yine DBYBHY 2007'de tanımlı I=1,0 ve I=1,5 deprem düzeylerine göre azaltılmamış tasarım spektrumlarına göre zaman tanım alanında analizler yapılırken, değişen depremsellik etkisini gözönüne almak amacı ile TBDY 2018'de tanımlı DD-2 deprem düzeyi için oluşturulan azaltılmamış tasarım spektrumunu kullanılarak DBYBHY 2007 kurallarına uygun bir analiz daha hedeflenmiştir. Tasarım spektrumunun 1,3 kat artırılması ile yapı ve zemine uygun 7

kayıt bulunarak, ölçeklendirme işlemi PEER yer kayıt veritabanı üzerinde yapılmıştır [19]. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim titreşim periyodu $T= 0,570s$ bulunmuş, kayıtlar $0,2T= 0,114s$ ve $2,0T=1,140s$ aralığında ölçeklendirilmiştir. Bulunan kayıtlar, spektral ordinatlarının ortalaması, 1,3 kat büyütülmüş tasarım spektrumundan %90 az olmayacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar ve kayıtlara ait bilgiler Çizelge 4.19’da, kayıtların ortalamasının artırılmış tasarım spektrumu ile süperpozisyonu Şekil 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 : DBYBHY 2007 DD-2 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyüklik (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
158	Imperial Valley-06	Aeropuerto	1979	6,53	1,45	14,770	0,010	1477
173	Imperial Valley-06	El Centro Array #10	1979	6,53	1,98	37,060	0,005	7412
549	Chalfant Valley-02	Bishop LADWP	1986	9,19	1,76	39,995	0,005	7999
727	Superstition Hills-02	Superstition Mtn Camera	1987	6,54	0,70	22,210	0,010	2221
1107	Kobe, Japonya	Kakogawa	1995	6,90	1,39	40,960	0,010	4096
4103	Parkfield-02 CA	Parkfield Cholame	2004	6,00	1,12	20,960	0,005	4192
6878	Joshua Tree, CA	North Palm Springs Fire	1992	6,10	2,66	28,520	0,005	5704



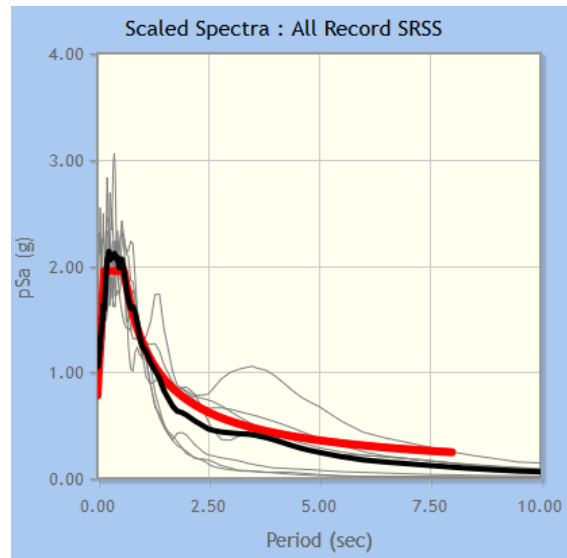
Şekil 4.20 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu –tasarım spektrumu (DD-2).

4.5.3 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için deprem kayıtları

Tasarım spektrumunun 1.3 kat arttırılması ile yapı ve zemine uygun 7 kayıt bulunarak, ölçeklendirme işlemi PEER yer kayıt veritabanı üzerinde yapılmıştır [19]. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim titreşim periyodu $T = 0,570s$ bulunmuş, kayıtlar $0,2T = 0,114s$ ve $2,0T = 1,140s$ aralığında ölçeklendirilmiştir. Bulunan kayıtlar, spektral ordinatlarının ortalaması, 1,3 kat büyütülmüş tasarım spektrumundan %90 az olmayacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar ve kayıtlara ait bilgiler Çizelge 4.20’de, kayıtların ortalamasının arttırılmış tasarım spektrumu ile süperpozisyonu Şekil 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 : DBYBHY 2007 I=1,5 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyükklük (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
179	Imperial Valley-06	El Centro Array #4	1979	6,53	1,820	39,09	0,005	7818
265	Victoria, Mexico	Cerro Prieto	1980	6,33	1,762	24,62	0,010	2462
316	Westmorland	Parachute Test Site	1981	5,90	2,960	41,70	0,005	8340
461	Morgan Hill	Halls Valley	1984	6,19	2,492	40,00	0,005	8000
1158	Kocaeli, Türkiye	Düzce	1999	7,51	1,800	27,20	0,005	5440
1176	Kocaeli, Türkiye	Yarımca	1999	7,51	2,420	35,00	0,005	7000
1602	Düzce, Türkiye	Bolu	1999	7,14	0,990	55,90	0,010	5590



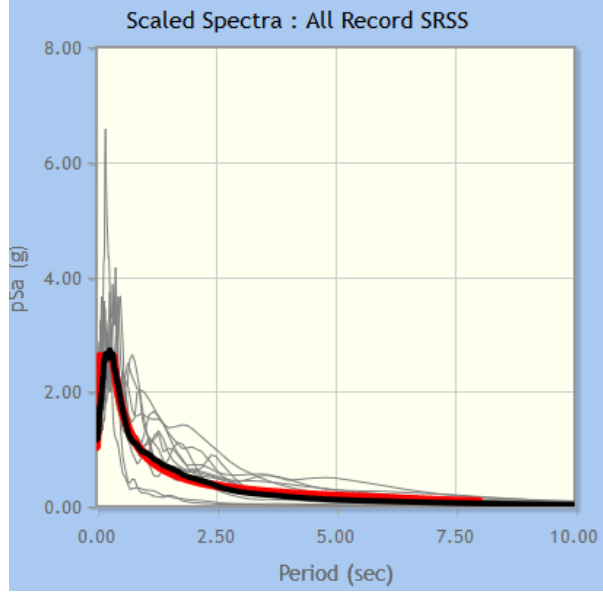
Şekil 4.21 : 7 Deprem kaydı ortalama spektrumu –tasarım spektrumu (I=1,5).

4.5.4 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için deprem kayıtları

DD-1 deprem seviyesi için oluşturulan tasarım spektrumunun 1,3 kat arttırılması ile yapı ve zemine uygun 11 kayıt bulunarak, ölçeklendirme işlemi PEER yer kayıt veritabanı üzerinde yapılmıştır [19]. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim titreşim periyodu $T = 0,720s$ bulunmuş, kayıtlar $0,2T=0,114s$ ve $1,5T=1,080s$ aralığında ölçeklendirilmiştir. Bulunan kayıtlar, spektral ordinatlarının ortalaması, 1,3 kat büyütülmüş tasarım spektrumundan %90 az olmayacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar ve kayıtlara ait bilgiler Çizelge 4.21’de, kayıtların ortalamasının arttırılmış tasarım spektrumu ile süperpozisyonu Şekil 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 : TBDY 2018 DD-1 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyükölük (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
183	Imperial Valley-06	El Centro Array #8	1979	6,53	1,903	37,77	0,005	7554
725	Superstition Hills-02	Poe Road	1987	6,54	2,200	22,30	0,010	2230
821	Erzincan, Türkiye	Erzincan	1992	6,69	1,827	21,31	0,005	4262
1107	Kobe, Japonya	Kakogawa	1995	6,90	2,388	40,96	0,010	4096
1158	Kocaeli, Türkiye	Düzce	1999	7,51	2,161	27,18	0,005	5437
1605	Duzce, Türkiye	Düzce	1999	7,14	1,626	25,88	0,005	5177
1617	Duzce, Türkiye	Lamont 375	1999	7,14	1,268	41,50	0,010	4150
1633	Manjil, İran	Abbar	1990	7,37	1,383	53,52	0,020	2676
1787	Hector Mine	Hector	1999	7,13	2,475	45,31	0,010	4531
3907	Tottori, Japonya	OKY004	2000	6,61	1,498	299,80	0,010	29980
5827	El Mayor-Cucapah, Meksika	Michoacan De Ocampo	2010	7,20	1,663	100,00	0,005	20000



Şekil 4.22 : 11 Deprem kaydı ortalama spektrumu –tasarım spektrumu (DD-1).

4.5.5 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için deprem kayıtları

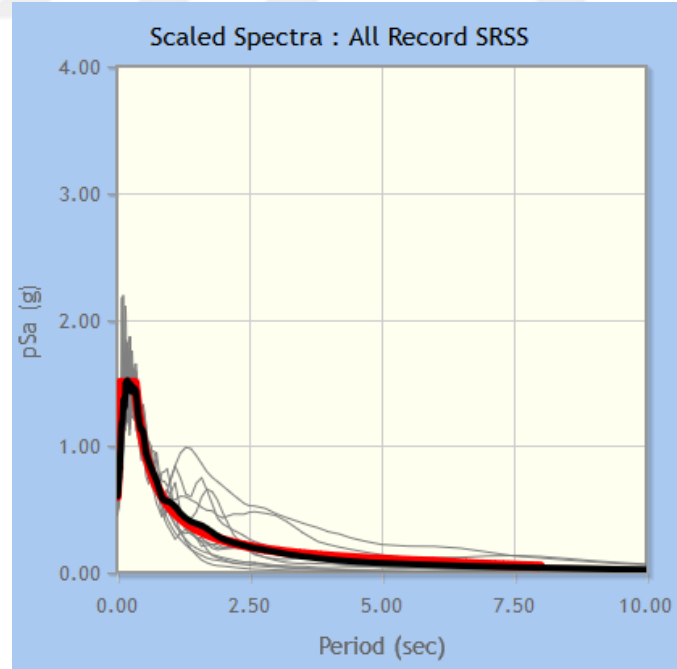
DD-1 deprem seviyesi için oluşturulan tasarım spektrumunun 1.3 kat arttırılması ile yapı ve zemine uygun 11 kayıt bulunarak, ölçeklendirme işlemi PEER yer kayıt veritabanı üzerinde yapılmıştır[19]. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim titreşim periyodu $T = 0,720s$ bulunmuş, kayıtlar $0,2T = 0,114s$ ve $1,5T = 1,080s$ aralığında ölçeklendirilmiştir. Bulunan kayıtlar, spektral ordinatlarının ortalaması, 1,3 kat büyütülmüş tasarım spektrumundan %90 az olmayacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar ve kayıtlara ait bilgiler Çizelge 4.22’de, kayıtların ortalamasının arttırılmış tasarım spektrumu ile süperpozisyonu Şekil 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 : TBDY 2018 DD-1 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyükölç (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
158	Imperial Valley-06	Aeropuerto	1979	6,53	1,50	14,77	0,0100	1477
173	Imperial Valley-06	El Centro Array #10	1979	6,53	1,97	37,06	0,0050	7412
292	Irpinia, İtalya-01	Sturno	1980	6,90	1,23	39,34	0,0024	16391,7

Çizelge 4.22 : (devam) TBDY 2018 DD-1 Deprem performansı için deprem kayıtları.

Kayıt Numarası (RSN)	Kayıt Adı	Kayıt Yeri	Kayıt Yılı	Büyüklik (MW)	Ölçek Çarpanı	Toplam Kayıt Süresi (s)	Zaman Aralığı (s)	Toplam Adım Sayısı
549	Chalfant Valley-02	Bishop LADWP	1986	9,19	1,730	39,995	0,005	7999
727	Superstition Hills-02	Superstition Mtn Camera	1987	6,54	0,680	22,210	0,010	2221
1107	Kobe, Japonya	Kakogawa	1995	6,90	1,410	40,960	0,010	4096
4103	Parkfield-02 CA	Parkfield Cholame	2004	6,00	1,070	20,960	0,005	4192
4480	L'Aquila, İtalya	L'Aquila V.	2009	6,30	0,810	40,005	0,005	8001
5829	El Mayor-Cucapah	RIITO	2010	7,20	0,816	130,000	0,005	26000
5990	El Mayor-Cucapah	El Centro Array #7	2010	7,20	1,525	273,000	0,005	54600
6878	Joshua Tree, CA	North Palm Springs Fire	1992	6,10	2,634	28,520	0,005	5704

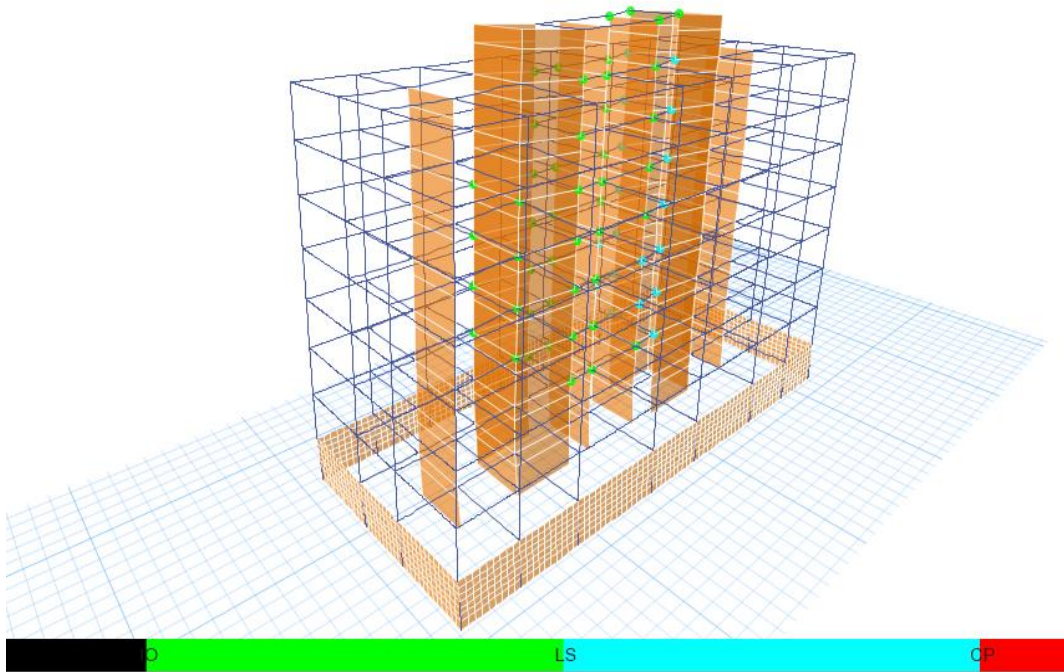


Şekil 4.23 : 11 Deprem kaydı ortalama spektrumu –tasarım spektrumu (DD-2).

4.6 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Doğrusal Elastik Olmayan İtme Analizi Performans Sonuçları

4.6.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları

DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.23’de verilmiştir. X yönü için hasar sınırlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.24’de verilmiştir. I=1,5 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen göreceli kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de verilmiştir. Elde edilen göreceli kat öteleme değerleri, yönetmelik sınır değeri olan 0,02 limit değerinin altında kalmaktadır.



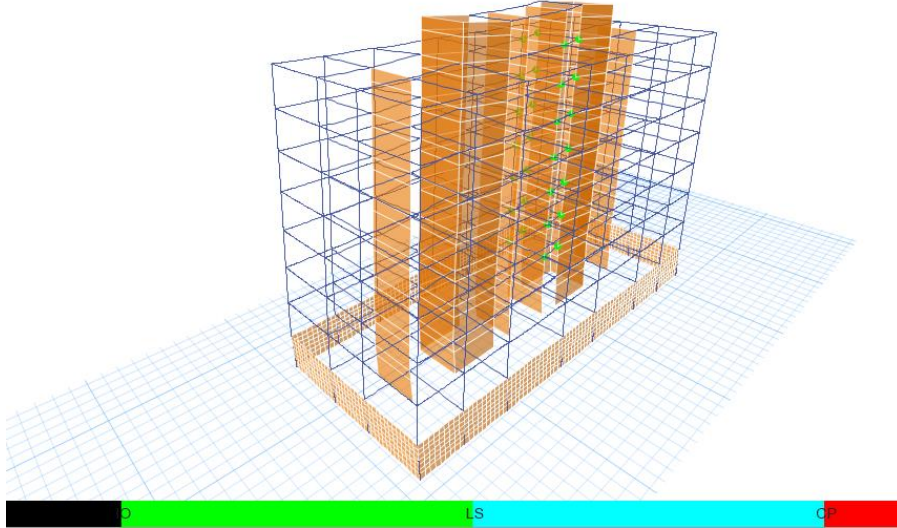
Şekil 4.24 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi kesit hasarları.

Çizelge 4.23 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kolon								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	
Kiriş								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0,0	Hemen Kullanım
Kat 2	48	44	91,7	2	4,2	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 3	48	42	87,5	4	8,3	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 4	48	42	87,5	4	8,3	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 5	48	42	87,5	4	8,3	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 6	48	40	83,3	6	12,5	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 7	48	44	91,7	2	4,2	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 8	48	44	91,7	2	4,2	2	4,2	Can Güvenliği
Kat 9	8	6	75,0	2	25,0	0	0,0	Hemen Kullanım

4.6.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları

DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.24’de verilmiştir. X yönü için hasar sınırlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.25’de verilmiştir. I=1,0 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerleri, yönetmelik sınır değeri olan 0,02 limit değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.25 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi kesit hasarları.

Çizelge 4.24 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi kesit hasarları.

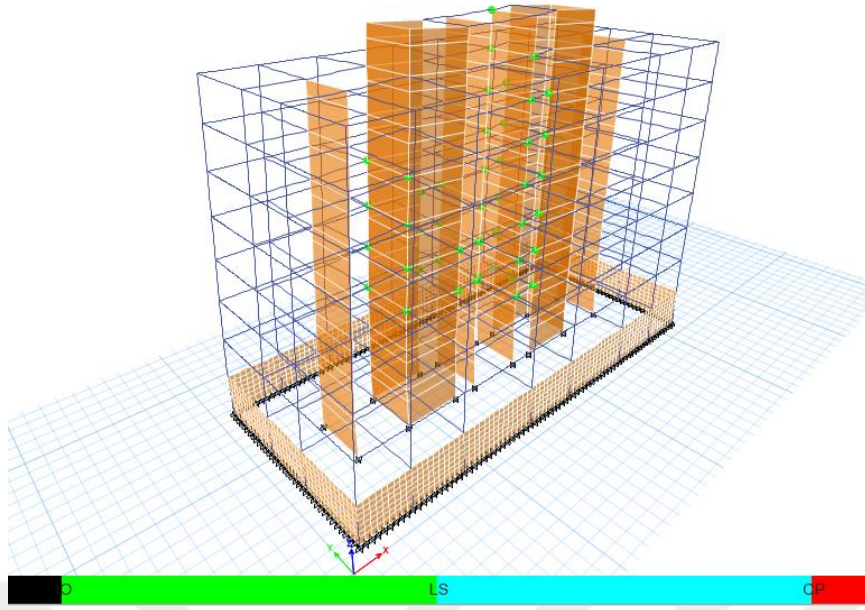
Perde								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım

Çizelge 4.24 : (devam) DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi kesit hasarları.

Kolon								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	
Kiriş								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	8	8	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım

4.6.3 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları

TBDY DD-1 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.25’de verilmiştir. X yönü için hasar sınırlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.26’da verilmiştir. DD-1 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen göreceli kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de verilmiştir. Elde edilen göreceli kat öteleme değerleri, yönetmelik sınır değeri olan 0,0176 limit değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.26 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi kesit hasarları.

Çizelge 4.25 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi kesit hasarları.

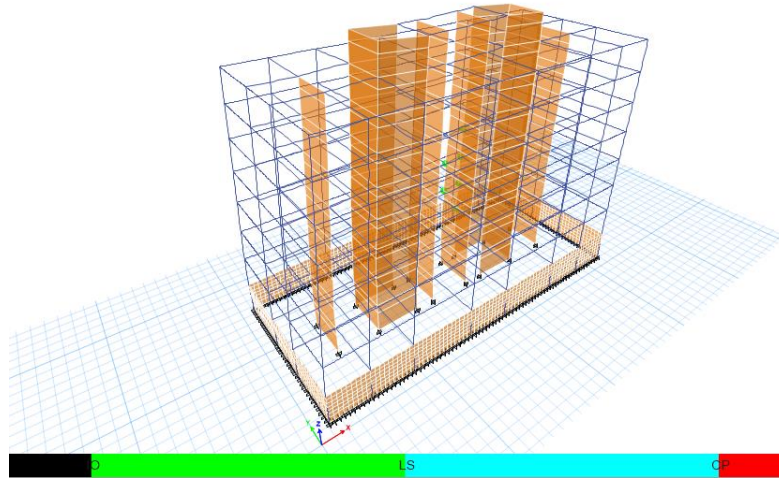
Perde								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	6	5	83,3	1	16,7	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 3	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	4	4	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kolon								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar

Çizelge 4.25 : (devam) TBDY 2018 DD-1 İtme analizi kesit hasarları.

Kiriş								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	48	40	83,3	8	16,7	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	48	34	70,8	14	29,2	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 4	48	34	70,8	14	29,2	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 5	48	35	72,9	13	27,1	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 6	48	36	75,0	12	25,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 7	48	42	87,5	6	12,5	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	8	7	87,5	1	12,5	0	0	Sınırlı Hasar

4.6.4 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan itme analizi sonuçları

TBDY DD-2 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.26’da verilmiştir. X yönü için hasar sınırlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.27’de verilmiştir. DD-2 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerleri, yönetmelik sınır değeri olan 0,0176 limit değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.27 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi kesit hasarları.

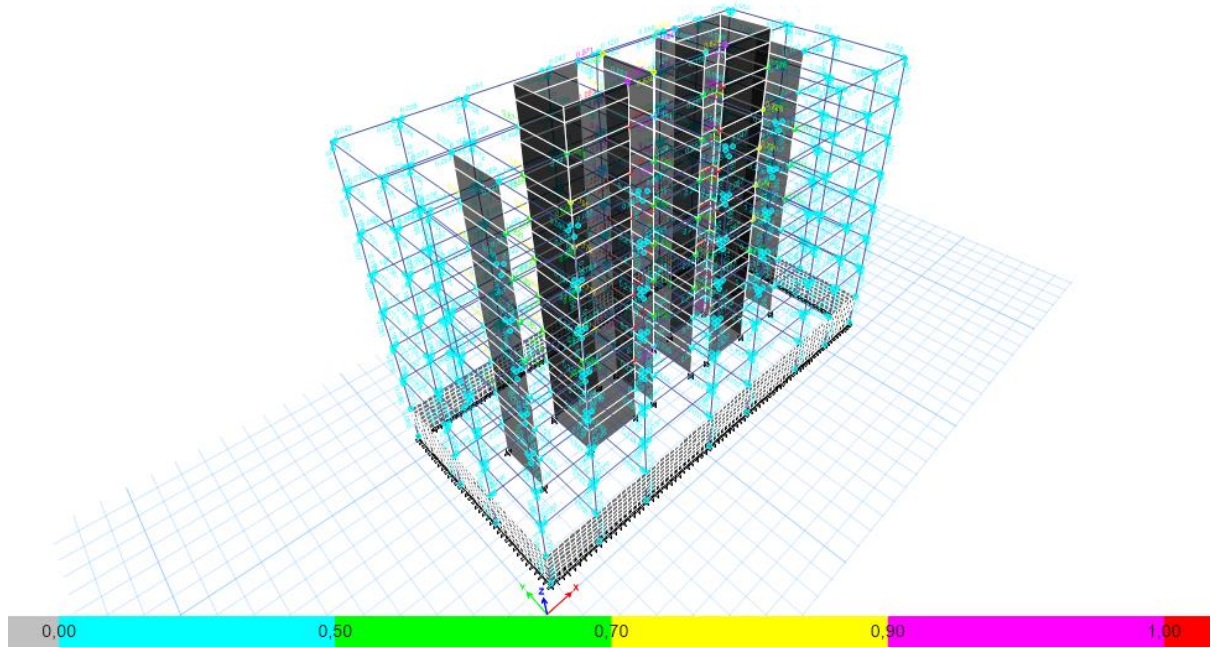
Çizelge 4.26 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kolon								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kiriş								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	48	47	97,9	1	2,1	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	48	47	97,9	1	2,1	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	8	8	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar

4.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Sonuçları

4.7.1 DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları

DBYBHY 2007 I=1,5 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.27’de verilmiştir. 7 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen kesit güvenlik sınırı oranlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.28’de verilmiştir. I=1,5 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görece kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de, taban kesme kuvvetleri Ek-E’de verilmiştir. Elde edilen görece kat öteleme değerleri, her bir deprem kaydı için ve tüm kayıtların ortalaması ile ayrı ayrı yönetmelik sınır değeri olan 0,02 limit değerinin altında kalmaktadır.



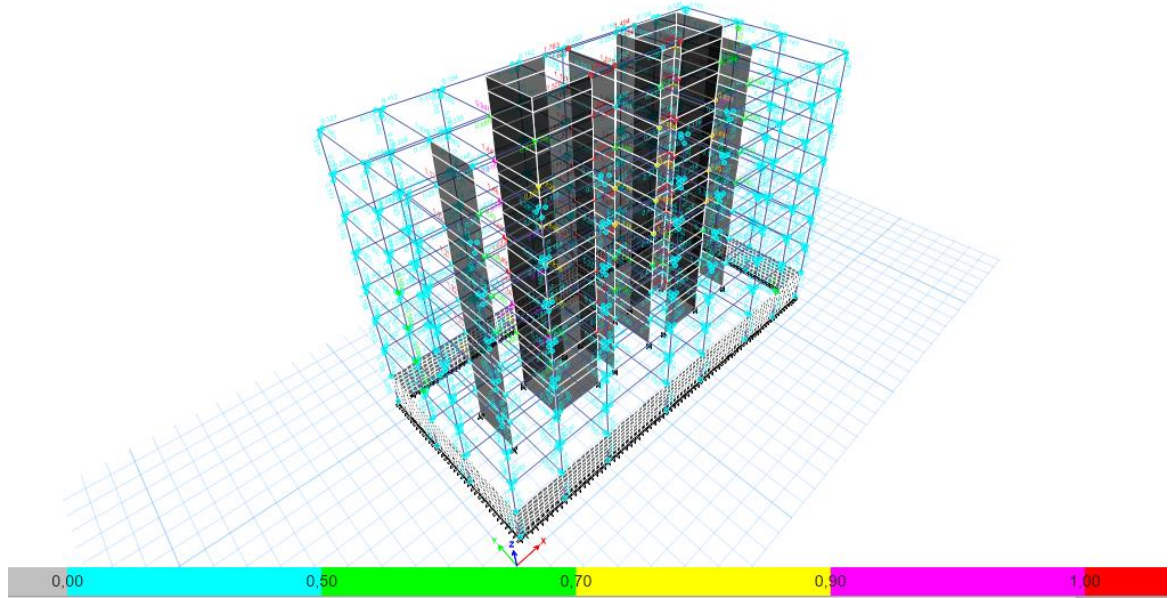
Şekil 4.28 : DBYBHY 2007 I=1,5 Zaman tanım alanında analiz kesit güvenlik sınırı oranları.

Çizelge 4.27 : DBYBHY 2007 I=1,5 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kolon								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	20	20	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	20	18	90,0	2	10,0	0	0	Can Güvenliği
Kat 4	20	19	95,0	1	5,0	0	0	Can Güvenliği
Kat 5	20	19	95,0	1	5,0	0	0	Can Güvenliği
Kat 6	20	20	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	20	20	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	20	16	80,0	4	20,0	0	0	Can Güvenliği
Kat 9	0	0	0,0	0	0,0	0	0	
Kiriş								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0,0	Hemen Kullanım
Kat 2	48	28	58,3	16	33,3	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 3	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 4	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 5	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 6	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 7	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 8	48	26	54,2	18	37,5	4	8,3	Can Güvenliği
Kat 9	8	4	50,0	4	50,0	0	0,0	Can Güvenliği

4.7.2 DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları

DBYBHY 2007 I=1,0 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.28’de verilmiştir. 7 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen minimum hasar sınırı oranlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.29’da verilmiştir. I=1,0 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de, taban kesme kuvvetleri Ek-E’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerleri, her bir deprem kaydı için ve tüm kayıtların ortalaması ile ayrı ayrı yönetmelik sınır değeri olan 0,02 limit değerinin altında kalmaktadır.



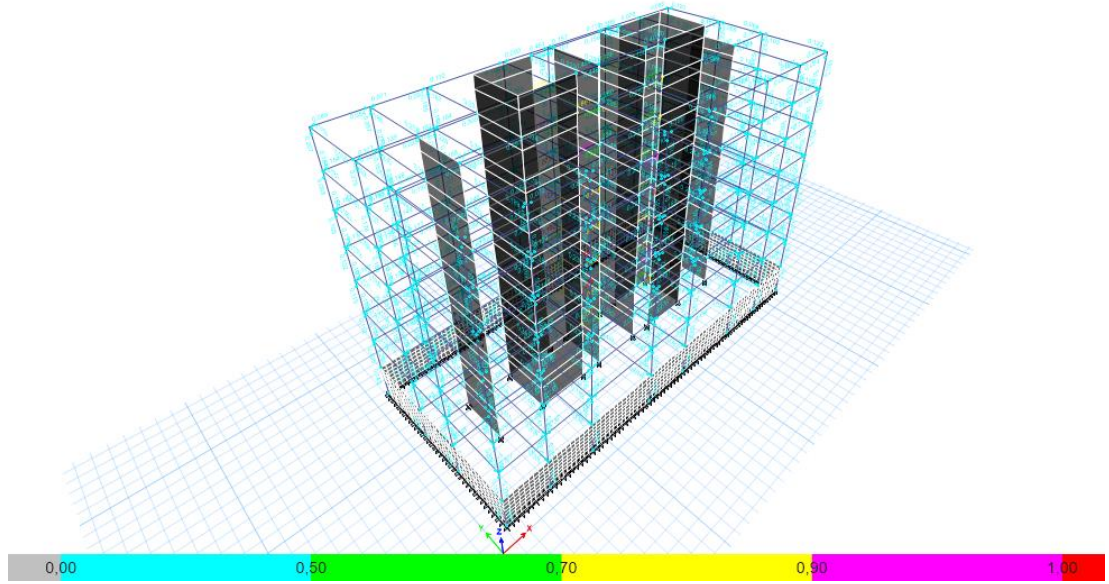
Şekil 4.29 : DBYBHY 2007 I=1,0 Zaman tanım alanında analiz minimum hasar sınırı oranları.

Çizelge 4.28 : DBYBHY 2007 I=1,0 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kolon								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	
Kiriş								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	48	42	87,5	6	12,5	0	0	Can Güvenliği
Kat 3	48	37	77,1	11	22,9	0	0	Can Güvenliği
Kat 4	48	35	72,9	13	27,1	0	0	Can Güvenliği
Kat 5	48	37	77,1	11	22,9	0	0	Can Güvenliği
Kat 6	48	37	77,1	11	22,9	0	0	Can Güvenliği
Kat 7	48	38	79,2	10	20,8	0	0	Can Güvenliği
Kat 8	48	41	85,4	7	14,6	0	0	Can Güvenliği
Kat 9	8	4	50,0	4	50,0	0	0	Can Güvenliği

4.7.3 DBYBHY 2007 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları

DBYBHY 2007 performans kriterleri ile TBDY 2018 DD-2 tasarım spektrumu kullanılarak elde edilen deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.29’da verilmiştir. 7 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen minimum hasar sınırı oranlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.30’da verilmiştir. $I=1,0$ deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Can Güvenliği Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de, taban kesme kuvvetleri Ek-E’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerleri, her bir deprem kaydı için ve tüm kayıtların ortalaması ile ayrı ayrı yönetmelik sınır değeri olan 0,02 limit değerinin altında kalmaktadır.



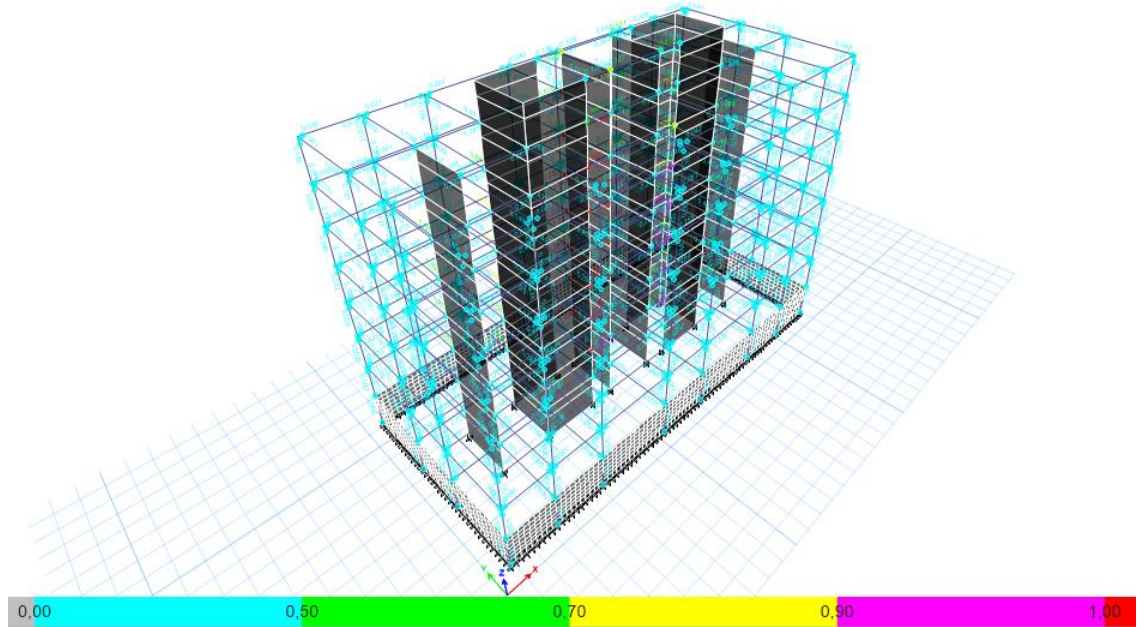
Şekil 4.30 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında analiz minimum hasar sınırı oranları.

Çizelge 4.29 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.

DBYBHY-2007 Zaman Tanım Alanında Hesap Performans Sonuçları DD-2								
Perde								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kolon								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	
Kiriş								
Eleman		Minimum Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 2	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Hemen Kullanım
Kat 3	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Hemen Kullanım
Kat 4	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Hemen Kullanım
Kat 5	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Hemen Kullanım
Kat 6	48	45	93,8	3	6,3	0	0	Hemen Kullanım
Kat 7	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 8	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım
Kat 9	8	8	100,0	0	0,0	0	0	Hemen Kullanım

4.7.4 TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları

TBDY 2018 DD-1 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.30'da verilmiştir. 11 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen kontrollü hasar sınırı oranlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.31'de verilmiştir. DD-1 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de, taban kesme kuvvetleri Ek-E’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerlerinden RSN821, RSN1158 ve RSN1605 nolu kayıtlar hariç her bir deprem kaydı için ve tüm kayıtların ortalaması ile ayrı ayrı yönetmelik sınır değeri olan 0,0176 limit değerinin altında kalmaktadır.



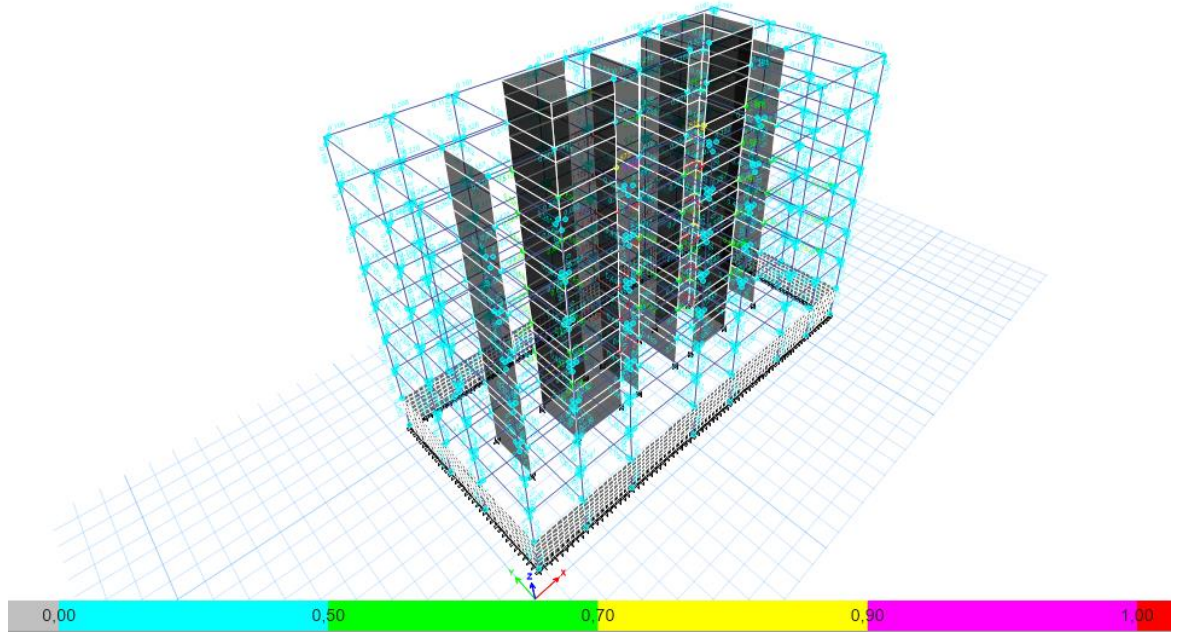
Şekil 4.31 : TBDY 2018 DD-1 Zaman tanım alanında analiz kontrollü hasar sınırı oranları.

Çizelge 4.30 : TBDY 2018 DD-1 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	6	4	66,7	2	33,3	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 3	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	6	6	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	4	4	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kolon								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	20	0	0,0	20	100,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 3	20	12	60,0	8	40,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 4	20	14	70,0	6	30,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 5	20	12	60,0	8	40,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 6	20	12	60,0	8	40,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 7	20	12	60,0	8	40,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 8	20	11	55,0	9	45,0	0	0	Kontrollü Hasar
Kat 9	0	0	0,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kiriş								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0,0	Sınırlı Hasar
Kat 2	48	26	54,2	20	41,7	2	4,2	Kontrollü Hasar
Kat 3	48	22	45,8	23	47,9	3	6,3	Kontrollü Hasar
Kat 4	48	18	37,5	27	56,3	3	6,3	Kontrollü Hasar
Kat 5	48	21	43,8	25	52,1	2	4,2	Kontrollü Hasar
Kat 6	48	22	45,8	24	50,0	2	4,2	Kontrollü Hasar
Kat 7	48	24	50,0	22	45,8	2	4,2	Kontrollü Hasar
Kat 8	48	30	62,5	16	33,3	2	4,2	Kontrollü Hasar
Kat 9	8	4	50,0	4	50,0	0	0,0	Kontrollü Hasar

4.7.5 TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap sonuçları

TBDY 2018 DD-2 deprem seviyesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen kesit hasar sınırlarına göre yapısal performans değerlendirilmesi kat ve eleman adedi bazında Çizelge 4.31’de verilmiştir. 11 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen sınırlı hasar sınırı oranlarını gösteren analiz modeli görünümü Şekil 4.32’de verilmiştir. DD-2 deprem seviyesi için yönetmeliğe göre binadan beklenen performans “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucu bulunan bina deprem performansı “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi”dir. Analiz sonucunda elde edilen görel kat öteleme değerleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı grafik olarak Ek-D’de, taban kesme kuvvetleri Ek-E’de verilmiştir. Elde edilen görel kat öteleme değerleri, her bir deprem kaydı için ve tüm kayıtların ortalaması ile ayrı ayrı yönetmelik sınır değeri olan 0,0176 limit değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.32 : TBDY 2018 DD-2 Zaman tanım alanında analiz sınırlı hasar sınırı oranları.

Çizelge 4.31 : TBDY 2018 DD-2 Zaman tanım alanında analiz kesit hasarları.

Perde								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	6	6	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	4	4	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kolon								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	20	20	100,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	0	0	0,0	0	0	0	0	Sınırlı Hasar
Kiriş								
Eleman		Sınırlı Hasar		Belirgin Hasar		İleri Hasar		Performans
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	
Kat 1	28	28	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 2	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 3	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 4	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 5	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 6	48	44	91,7	4	8,3	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 7	48	46	95,8	2	4,2	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 8	48	48	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar
Kat 9	8	8	100,0	0	0,0	0	0	Sınırlı Hasar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, İstanbul Kadıköy’de yapılması kurgulanan 9 katlı çerçeve ve perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme bir hastane binasının, TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılmış ve DBYBHY 2007 ile TBDY 2018’de tanımlı doğrusal olmayan yöntemler ile farklı deprem seviyeleri için deprem performansı belirlenmiştir. Binanın kuvvet bazlı tasarımı aşamasında yapısal modeli ETABS programı yardımı ile oluşturulmuştur. Bina taşıyıcı sistem elemanlarından kolonlar ve kirişler frame eleman olarak, döşemeler ve perdeler shell eleman olarak modellenmiştir. Tasarım depremi altında kuvvet bazlı tasarımı yapılan binanın TBDY 2018 kapsamında gerekli kontrolleri yapılmış, tasarım nihai haline getirilmiştir.

TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılan binanın, DBYBHY 2007 kapsamında zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan ve tek modlu doğrusal elastik olmayan itme analizleri için yapılarak ($I=1,5$ ve $I=1,0$), yürürlüğe 2018 yılında giren Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ile olan davranış farkları araştırılmıştır. Bina TBDY 2018 kapsamında, zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan ve tek modlu itme analizleri için farklı deprem seviyesi için (DD-1 ve DD-2) yapılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.1). Yapılan karşılaştırmalarda depresemsellik değişkenini sabit tutmak ve iki yönetmelik arasındaki davranış farkını sabit tutmak amacı ile, ayrıca DBYBHY 2007 performans kriterleri altında TBDY 2018’de tanımlı DD-2 tasarım spektrumu kullanılarak hemen kullanım performans hedefi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde yapılmıştır. Bu sayede DBYBHY 2007’de $I=1,0$ performansına denk gelen iki farklı spektrum altında (TBDY 2018 DD-2 spektrumu ile DBYBHY 2007 $I=1,0$ spektrumu) binanın performans sonuçları karşılaştırılmıştır.

Dayanım bazlı tasarımı TBDY 2018’e göre yapılan binanın şekildeğiştirmeye göre değerlendirmesi yine aynı yönetmeliğe göre yapılarak, yönetmeliğin kendi içerisinde tutarlılığı araştırılmıştır. DBYBHY 2007 kapsamında 3 adet zaman tanım alanında

hesap 2 adet itme analizi, TBDY 2018 kapsamında 2 adet zaman tanım alanında hesap ve 2 adet itme analizi gerçekleştirilmiş ve yönetmelik değişiminin sonuçları yapısal performans açısından irdelenmiştir. TBDY 2018 kapsamında yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap bölümünde DD-1 ve DD-2 deprem seviyeleri için tasarım spektrumu ile uyumlu 11 adet ayrı deprem yer hareketi kaydı kullanılarak, iki doğrultulu bileşenleri 90'ar derece döndürülerek 22 adet hesap durumu oluşturularak toplamda 44 adet hesap durumu oluşturulmuştur. Performans değerlendirmesinde 11 adet ayrı kaydın ortalama şekildeğiştirme ve iç kuvvet değerleri alınarak kesit hasar seviyeleri elde edilmiş, yapısal performans seviyesi ortalama değerlere göre bulunmuştur. DBYBHY 2007 kapsamında yapılan zaman tanım alanında hesapta ise yine yönetmelikte tanımlı zaman tanım alanında hesap için 7 adet deprem yer hareketi kaydı kullanılmış ve 90'ar derece döndürülerek her bir deprem seviyesi (I=1,0 ve I=1,5) için 14 adet hesap durumu oluşturulmuş, kesit hasar sınırları bu 14 kaydın ortalamasından elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet değerlerine göre bulunmuştur. Ayrıca yine DBYBHY 2007'de tanımlı performans kriterleri altında depremsellik etkisini sabit tutmak amacı ile TBDY 2018'de tanımlı DD-2 tasarım spektrumuna uyumlu 7 adet deprem yer hareketi kaydı bulunmuş ve 90'ar derece döndürülerek bu deprem seviyesi için de 14 adet hesap durumu oluşturulmuş, kesit hasar sınırları bu 14 kaydın ortalamasından elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet değerlerine göre bulunmuştur.

Çizelge 5.1 : TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 yönetmelikleri, analiz yöntemleri ve deprem seviyeleri için bina performans hedefleri ve sonuçları.

Analiz Türü	Deprem Düzeyi	Hedef Performans	Sonuç Performans	Sonuç
Zaman Tanım Alanında Hesap	TBDY 2018 DD-1	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
Zaman Tanım Alanında Hesap	TBDY 2018 DD-2	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
Zaman Tanım Alanında Hesap	DBYBHY 2007 I=1,5	Can Güvenliği Performans Düzeyi	Can Güvenliği Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
Zaman Tanım Alanında Hesap	DBYBHY 2007 I=1,0	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	Can Güvenliği Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmamıştır.

Çizelge 5.1 : (devam) TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 deprem yönetmelikleri, analiz yöntemleri ve deprem seviyeleri için bina performans hedefleri ve sonuçları.

Analiz Türü	Deprem Düzeyi	Hedef Performans	Sonuç Performans	Sonuç
Zaman Tanım Alanında Hesap	DBYBHY 2007 DD-2	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
İtme Analizi	TBDY 2018 DD-1	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
İtme Analizi	TBDY 2018 DD-2	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
İtme Analizi	DBYBHY 2007 I=1,5	Can Güvenliği Performans Düzeyi	Can Güvenliği Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.
İtme Analizi	DBYBHY 2007 I=1,0	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	Hedef Performans Düzeyi Sağlanmıştır.

Bina deprem performans değerlendirmesinde, kesitlerde oluşması beklenen plastik mafsallı bölgelerde ETABS programında tanımlı yayılı plastik davranışı modelleyen “Fiber Hinge” seçeneği kullanılmış ve kesit hasar sınırları, betonun ve donatı çeliğinin şekildeğiştirmesi cinsinden elde edilmiştir.

Her iki yönetmelik için zaman tanım alanında lineer olmayan hesap yönteminin yanı sıra, yine yönetmeliklerde tanımlı tek modlu eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal olmayan itme analizleri yapılmış, kesit hasar sınırları ve bina performansı bu analizlere göre ayrı ayrı belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan analizler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı yapılan bina DD-2 deprem seviyesi için I=1,5 değeri kullanılarak boyutlandırılmıştır. Yönetmeliğin şekildeğiştirmeye göre tasarım ve değerlendirme kısmında tanımlı yöntemlerle

DD-1 deprem seviyesi ve DD-2 deprem seviyesi için hedeflenen performans düzeylerinin sağlandığı görülmüştür.

2. TBDY 2018 kapsamında kuvvet bazlı tasarımı yapılan binanın, bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile yürürlükten kalkan DBYBHY 2007 kapsamında tanımlı doğrusal olmayan yöntemlerle performans seviyesi araştırılmıştır. $I=1,5$ deprem seviyesi için bina hedef performans seviyesi olan “Can Güvenliği Performans Seviyesi” hem zaman tanım alanında hesap yöntemi ile hem de itme analizi yönteminde sağlanmaktadır. $I=1,0$ deprem seviyesi için bina hedef performans seviyesi “Hemen Kullanım Performans Seviyesi” itme analizi ile sağlanmış, ancak zaman tanım alanında hesap yöntemi ile ise sağlanamamıştır (Çizelge 5.1). İtme analizi sonuçlarının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaba göre güvensiz sonuçlar verdiği belirtilebilir. Bu sonuca ulaşılmasında binanın 9 katlı olmasının etkisi olduğu söylenebilir.
3. TBDY 2018 kapsamında dayanıma göre tasarımı DD-2 deprem düzeyinde $I=1,5$ bina önem katsayısı ile boyutlandırılan bina, TBDY 2018’de tanımlı DD-2 tasarım spektrumu kullanılarak, DBYBHY 2007’nin tüm performans değerlendirme kriterleri kullanılarak zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Bu durumda tez çalışmasında DBYBHY 2007 $I=1,0$ deprem düzeyine karşı gelen (DD-2) iki adet farklı depremsellik altında sonuçlar elde edilmiştir. Binanın inşa edileceği varsayılan bölge özelinde bu durumda DBYBHY 2007 DD-2 deprem düzeyinde bina hedef performans seviyesi “Hemen Kullanım Performans Seviyesi” sağlanmakla birlikte DBYBHY 2007 $I=1,0$ deprem düzeyinde bina hedef performans seviyesi “Hemen Kullanım Performans Seviyesi” sağlanmamıştır.
4. DBYBHY 2007 “Hemen Kullanım Performans Düzeyi”nde sadece kiriş elemanların %10’unun “Belirgin Hasar Bölgesi”ne geçmesine izin vermekte, diğer tüm taşıyıcı sistem elemanları “Minimum Hasar Bölgesi”nde olmak zorundadır. Bu hasar seviyesinin TBDY 2018’de karşılığı “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi” dir. Sınırlı Hasar Performans Düzeyi’nde kirişlerin en fazla %20’si “Belirgin Hasar Bölgesi”ne geçebilir, diğer tüm taşıyıcı sistem elemanları “Sınırlı Hasar Bölgesi”ndedir. DBYBHY 2007 $I=1,0$ deprem seviyesinde bina için talep edilen performans düzeyi olan “Hemen Kullanım

Performans Düzeyi”nde binanın kirişleri %10 limitini sağlamadığından, hedef performans düzeyini karşılamamaktadır. Bu durum konuya ilişkin olarak daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir [4].Yürürlüğe giren yeni yönetmelikte bu sınır %20’ye çıkarılmış, bina hedef performans sınırında iyileştirilme yapılmıştır. TBDY 2018’e göre DD-2 deprem düzeyi için bina hedef performans seviyesi “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi” sağlanmakla birlikte, analiz sonucunda “Belirgin Hasar Bölgesi”ne geçen kirişler %10 değerinin altında kalmaktadır.

5. İtme analizleri ile zaman tanım alanında analizler arasında kesit hasar limitlerini sağlayan eleman sayıları karşılaştırıldığında, itme analizlerinin daha olumlu sonuç verdiği, ancak zaman tanım alanında lineer olmayan hesap yönteminin binanın modal davranışını daha iyi yansıttasından ötürü olumsuz sonuçların daha gerçekçi olduğu görölmektedir.
6. TBDY 2018 kapsamında yapılan zaman tanım alanında lineer olmayan hesap sonuçlarından elde edilen ortalama taban kesme kuvvetleri ile azaltılmış tasarım spektrumlarından elde edilen taban kesme kuvvetlerine bakıldığında, yaklaşık R_a kadar fark görölmektedir. Bu nedenle bina tasarım aşamasında seçilen deprem yükü azaltma katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) ile betonarme eleman tasarımında yeterli süneklikte detaylandırma yapıldığı söylenebilir.
7. Kuvvet bazlı tasarım aşamasında görelî kat öteleme değerlerinin TBDY 2018’de DBYBHY 2007’ye göre daha küçük olması ve kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği hesabında yapılan %30 luk sınır değeri azaltmasının ve ayrıca düşey deprem etkilerinin gözönüne alınmasının binanın deprem performansını daha güvenli tarafta tuttuğu görölmektedir.
8. Kuvvet bazlı tasarım için oluşturulan azaltılmış tasarım spektrumları ile mod birleştirme yöntemi kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetlerine bakıldığında, DBYBHY 2007 için elde edilen değerler TBDY 2018 için elde edilen değerlerden daha büyüktür. Ancak TBDY 2018 kuvvet bazlı tasarımda etkin eğilme rijitliklerini kullanmakta ve yer değiştirmeler daha büyük olmaktadır. Bunun yanısıra görelî kat öteleme kontrollerinde TBDY 2018 daha küçük limit değerler öngördüğünden, eleman boyutlandırma aşamasında yanal

rijitliği fazla olması gereken elemanlar kullanmak gerektiğinden ve kolon kiriş bölgelerinin kesme güvenliği hesabının daha güvenli tarafta tutulduğu gözönüne alındığında, kuvvet bazlı tasarımda TBDY 2018, DBYBHY 2007'den daha güvenli tarafta kalmaktadır. Buna göre TBDY 2018'e göre yapılacak tasarımlarda yanal rijitliğin daha büyük tutulacağı, kolon ve perde gibi eleman boyutlarının göreceli olarak daha büyük olacağı belirtilebilir.

9. Bina taşıyıcı sisteminin deprem performansının incelendiği bu çalışmadan elde edilen performans analizi ve değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar, kolaylıkla EC-8 ve ASCE41 standartları için kolaylıkla uygulanarak çalışmanın kapsamı genişletilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Ketin, İ., 1969.** Kuzey Anadolu Fayı Hakkında.
- [2] **ATC, 1969.** Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1.
- [3] **FEMA, 2000.** Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington D.C.
- [4] **Arslan, Y., 2009.** Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Özer, E., 2007.** Kapasite Tasarımı İlkesi ve Türk Deprem Yönetmeliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.
- [6] **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY 2018.** Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- [7] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY 2007.** Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [8] **Özer, E., 2005.** Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [9] **Alıcı, F., K. Kaatsız, Sucuoğlu, H., 2011.** Genel Yük Vektörleri ile Çok Modlu İtme Analizi (Genel İtme Analizi), Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.
- [10] **Celep, Z., 2008.** Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [11] **Celep, Z., 2007.** Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi İmo Kurs Notları, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

- [12] **Celep, Z.,2007.** Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsal Kabulü ve Çözümleme, Altıncı Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [13] **ETABS V17 Integrated Analysis, Design and Drafting of Building Systems.** Computer and Structures Inc., Berkley, California.
- [14] **Mander, J.B., Priestley, M.J., Park, R.J, 1988.** Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete.
- [15] **Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilecek Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uyulması Gereken Asgari Standartlar, 2013.** Sağlık Bakanlığı Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [16] **TS-500, 2000.** Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] **TS-498, 1987.** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [18] **Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007.** Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [19] **PEER.** Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkley University, USA.
- [20] **Fahjan, Y., 2019.** Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının Matlab Kullanılarak İşlenmesi, İnşaat Mühendisliği Yapısal Deprem Mühendisliği Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [21] **MATLAB, 2018.** Mathworks.

EKLER

EK A: Kolon, Perde ve Kiriş Donatıları

EK B: Etabs Programı Bilgi Giriş Görselleri

EK C: Deprem İvme, Hız ve Yer Değiştirme Kayıtları

EK D: Doğrusal Olmayan Analiz Göreli Kat Öteleme Değeleri

EK E: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Taban Kesme Kuvvetleri



Çizelge A.1 : Kolon donatıları

KAT	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı	Enine Donatı
		b (cm)	h (cm)		
KAT 1-2-3-4-5	S101	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S102	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S103	70	70	16Φ20	Φ12/20/10
	S104	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S105	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S106	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S107	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S108	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S109	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S116	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S117	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S118	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S119	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S120	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S121	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S122	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S123	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S124	70	70	20Φ22	Φ12/20/10
	S125	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
	S126	60	60	16Φ20	Φ12/20/10
KAT 6-7-8	S601	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S602	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S603	70	70	16Φ20	Φ12/20/10
	S604	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S605	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S606	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S607	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S608	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S609	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S616	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S617	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S618	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S619	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S620	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S621	70	70	16Φ20	Φ12/20/10
	S622	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S623	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S624	70	70	20Φ20	Φ10/20/10
	S625	60	60	16Φ18	Φ10/20/10
	S626	60	60	16Φ18	Φ10/20/10

Çizelge A.2 : Perde donatıları

Kat	Eleman Adı	Boyutlar			Boyuna Donatı		Enine Donatı	
		b (cm)	h (cm)	Başlık (cm)	Başlık	Gövde	Başlık	Gövde
KAT-1-2-3	S110	40	490	100	12Φ22	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
	S111	30	-	125	17Φ22	Φ14/25	Φ12/10	Φ12/10
	S112	40	490	100	12Φ22	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
	S113	40	490	100	12Φ22	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
	S114	30	-	125	17Φ22	Φ14/25	Φ12/10	Φ12/10
	S115	40	490	100	12Φ22	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
KAT-4-5	S410	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S411	30	-	100	11Φ20	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
	S412	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S413	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S414	30	-	100	11Φ20	Φ14/25	Φ10/10	Φ10/10
	S415	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
KAT-6-7-8-9	S610	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S611	30	-	100	11Φ20	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S612	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S613	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S614	30	-	100	11Φ20	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15
	S615	40	490	75	10Φ22	Φ14/25	Φ10/15	Φ10/15

Çizelge A.3 : Kiriş donatıları

KAT	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı
		b (cm)	h (cm)	Sol Mesnet	Montaj	Sağ Mesnet	Alt Donatı	
KAT-1	K101	50	60	2Φ16	4Φ14	2Φ18	5Φ18	2Φ10/20/10
	K102	50	60	2Φ18	4Φ14	2Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K103	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/10
	K104	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/20/10
	K105	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/10
	K106	50	60	2Φ22	4Φ14	2Φ18	5Φ18	2Φ10/20/10
	K107	50	60	2Φ18	4Φ14	2Φ16	5Φ18	2Φ10/20/10
	K108	50	60	2Φ16	4Φ14	2Φ18	5Φ18	2Φ10/20/10
	K109	50	60	2Φ18	4Φ14	2Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K110	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/10
	K111	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/20/10
	K112	30	60	-	3Φ20	-	3Φ20	Φ10/10
	K113	50	60	2Φ22	4Φ14	2Φ18	5Φ18	2Φ10/20/10
	K114	50	60	2Φ18	4Φ14	2Φ16	5Φ18	2Φ10/20/10
	K115	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K116	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K117	50	60	2Φ20	5Φ16	2Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10
	K118	50	60	2Φ20	5Φ16	2Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10
	K119	30	60	-	3Φ18	-	3Φ18	Φ10/20/10
	K120	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K121	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K122	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K123	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K124	30	60	-	3Φ18	-	3Φ18	Φ10/20/10
	K125	50	60	2Φ20	5Φ16	2Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10
	K126	50	60	2Φ20	5Φ16	2Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10
	K127	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10
	K128	40	60	3Φ22	4Φ14	3Φ22	4Φ20	Φ10/20/10

KAT	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı
		b (cm)	h (cm)	Sağ Mesnet	Montaj	Sol Mesnet	Alt Donatı	
KAT-9	K901	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/10
	K902	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10
	K903	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/10
	K904	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/10
	K905	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10
	K906	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/10
	K907	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	2Φ10/20/10
	K908	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	2Φ10/20/10

Çizelge A.4 : Kiriş donatıları(Devam)

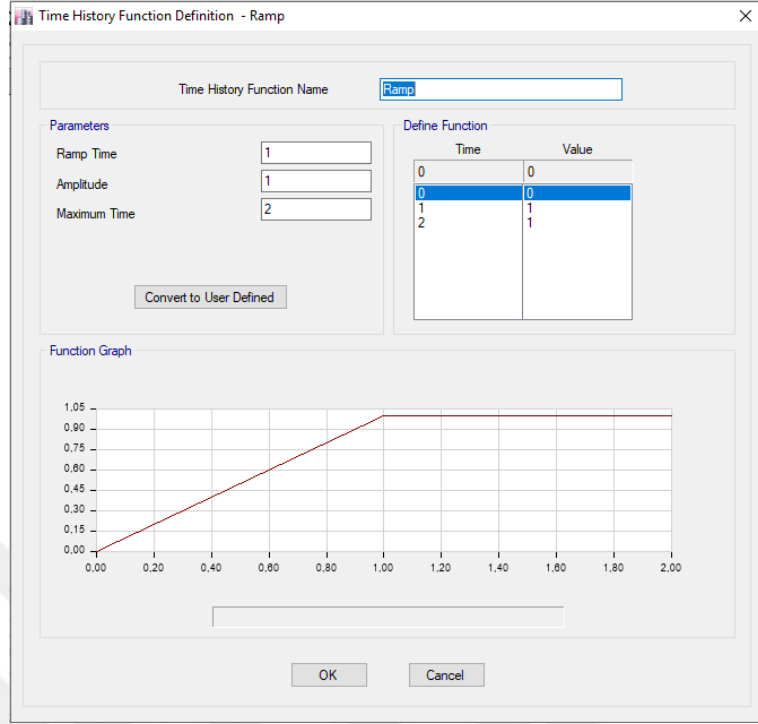
KAT	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı
		b (cm)	h (cm)	Sağ Mesnet	Montaj	Sol Mesnet	Alt Donatı			b (cm)	h (cm)	Sağ Mesnet	Montaj	Sol Mesnet	Alt Donatı	
KAT-2-3-4	K201	60	60	3Φ20	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K229	60	60	4Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K202	60	60	3Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K230	60	60	3Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K203	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K231	60	60	3Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K204	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K232	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K205	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K233	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K206	60	60	4Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10	K234	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10
	K207	60	60	3Φ22	5Φ16	3Φ20	5Φ18	2Φ10/20/10	K235	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10
	K208	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K236	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	Φ10/20/10
	K209	50	60	2Φ22	4Φ22	3Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K237	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K210	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K238	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K211	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10	K239	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K212	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K240	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K213	50	60	3Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K241	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	Φ10/20/10
	K214	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K242	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10
	K215	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K243	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10
	K216	50	60	2Φ22	4Φ22	3Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K244	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K217	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K245	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K218	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10	K246	60	60	4Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K219	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K247	60	60	3Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K220	50	60	3Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K248	60	60	3Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K221	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10								
	K222	60	60	3Φ20	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K223	60	60	3Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K224	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K225	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K226	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K227	60	60	4Φ22	5Φ16	3Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10								
	K228	60	60	3Φ22	5Φ16	3Φ20	5Φ18	2Φ10/20/10								

Çizelge A.5 : Kiriş donatıları(Devam)

KAT	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı	Eleman Adı	Boyutlar		Boyuna Donatı				Enine Donatı
		b (cm)	h (cm)	Sağ Mesnet	Montaj	Sol Mesnet	Alt Donatı			b (cm)	h (cm)	Sağ Mesnet	Montaj	Sol Mesnet	Alt Donatı	
KAT-5-6-7-8	K501	60	60	3Φ20	4Φ20	3Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K529	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K502	60	60	3Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K530	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K503	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K531	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K504	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K532	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K505	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K533	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K506	60	60	4Φ22	4Φ20	3Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10	K534	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	6Φ20	2Φ10/20/10
	K507	60	60	3Φ22	4Φ20	3Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10	K535	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	6Φ20	2Φ10/20/10
	K508	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K536	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	Φ10/20/10
	K509	50	60	2Φ22	4Φ22	3Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K537	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K510	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K538	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K511	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10	K539	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K512	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K540	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K513	50	60	3Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K541	30	60	2Φ16	2Φ18	2Φ16	3Φ20	Φ10/20/10
	K514	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K542	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	6Φ20	2Φ10/20/10
	K515	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K543	50	60	4Φ22	4Φ18	4Φ22	6Φ20	2Φ10/20/10
	K516	50	60	2Φ22	4Φ22	3Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K544	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K517	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K545	40	60	4Φ20	4Φ18	4Φ20	5Φ20	Φ10/20/10
	K518	30	60	-	3Φ22	-	3Φ22	Φ10/20/10	K546	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K519	30	60	-	6Φ22	-	6Φ22	Φ10/10	K547	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K520	50	60	3Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10	K548	60	60	4Φ22	5Φ16	4Φ22	5Φ18	2Φ10/20/10
	K521	50	60	2Φ22	4Φ22	2Φ22	6Φ22	2Φ10/20/10								
	K522	60	60	3Φ20	4Φ20	3Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K523	60	60	3Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K524	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K525	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K526	60	60	4Φ22	4Φ20	4Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K527	60	60	4Φ22	4Φ20	3Φ22	5Φ20	2Φ10/20/10								
	K528	60	60	3Φ22	4Φ20	3Φ20	5Φ20	2Φ10/20/10								



EK B



Şekil B.1 : Zaman tanım alanında hesap için başlangıç yüklemesi ramp fonksiyonu tanımı.

Load Case Data

General:

- Load Case Name: G+Q_RAMP
- Load Case Type/Subtype: Time History
- Nonlinear Direct Integration
- Exclude Objects in this Group: Not Applicable
- Mass Source: Previous

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)
- Nonlinear Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	Sw	Ramp	1
Load Pattern	Dead	Ramp	1
Load Pattern	Live	Ramp	0,3

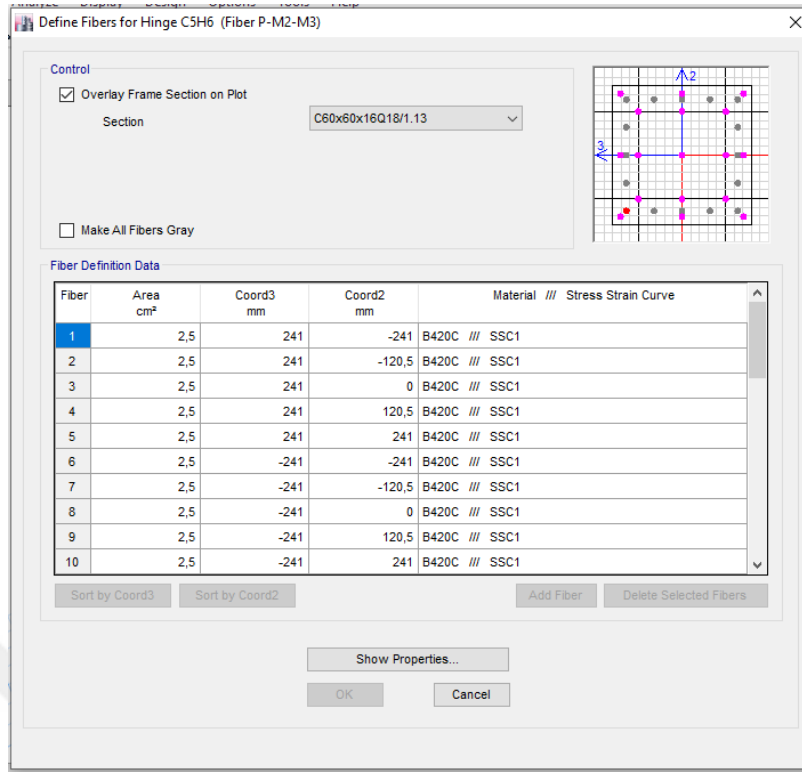
Buttons: Add, Delete, Advanced

Other Parameters:

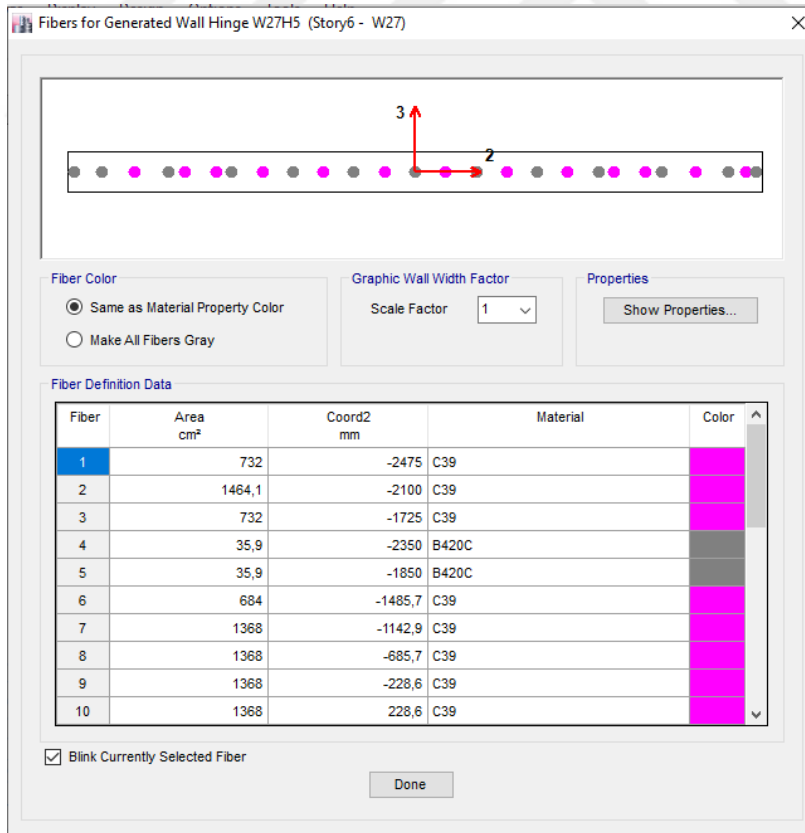
- Geometric Nonlinearity Option: P-Delta
- Number of Output Time Steps: 4
- Output Time Step Size: 0.5 sec
- Damping: Mass: 0.5445; Stiff: 0.0027; Modal: No
- Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor
- Nonlinear Parameters: Default

Buttons: OK, Cancel

Şekil B.2 : Zaman tanım alanında hesap için başlangıç yüklemesi tanımı.



Şekil B.3 : 60cm×60cm Kolon fiber hinge tanımı.



Şekil B.4 : 40cmx490cm Perde fiber hinge tanımı.

Load Case Data

General

Load Case Name: PO_Dusey

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Sw	1
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.3

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Nonlinear Parameters: User Defined

OK Cancel

Şekil B.5 : İtme analizi başlangıç yüklemesi PO_Dusey tanımı.

Load Case Data

General

Load Case Name: PO_X

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: PO_Dusey

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EQX	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: User Defined

OK Cancel

Şekil B.6 : İtme analizi X Doğrultusu yüklemesi PO_X tanımı.

Load Case Data

General

Load Case Name: PO_Y

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: PO_Dusey

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EQY	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control

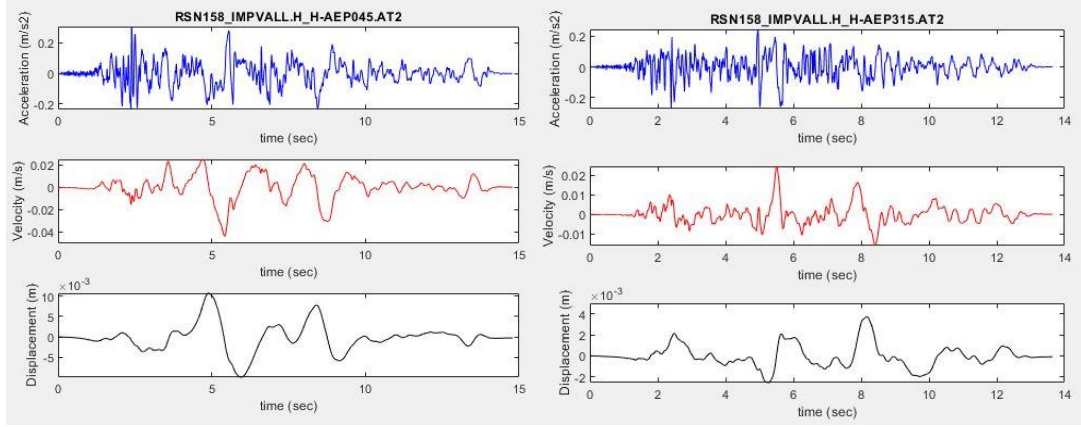
Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: User Defined

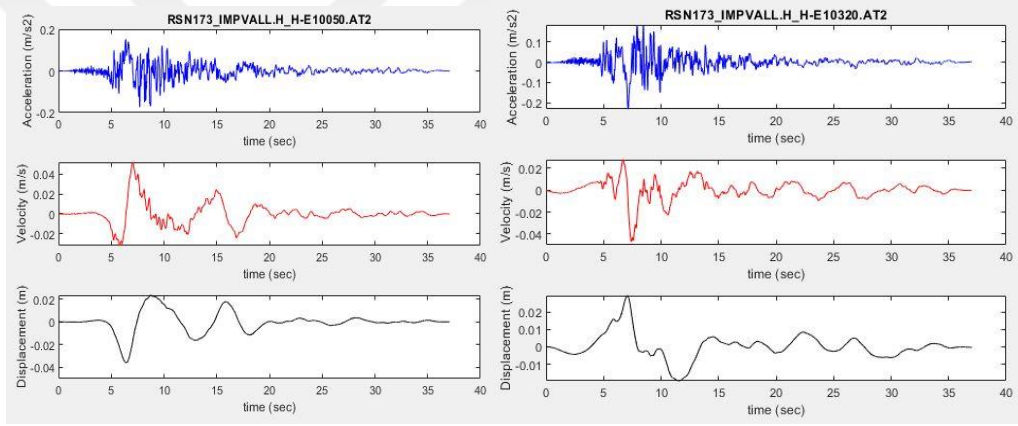
OK Cancel

Şekil B.7 : İtme analizi Y Yönü yüklemesi PO_Y tanımı.

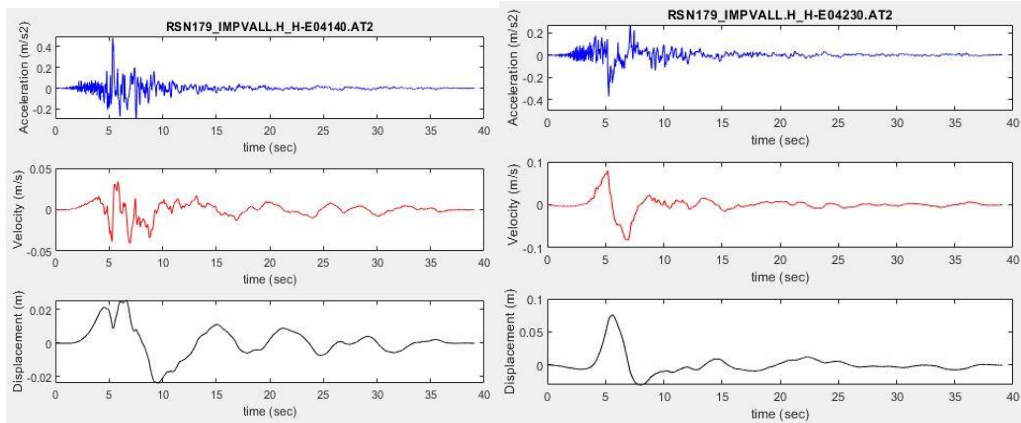
EK C



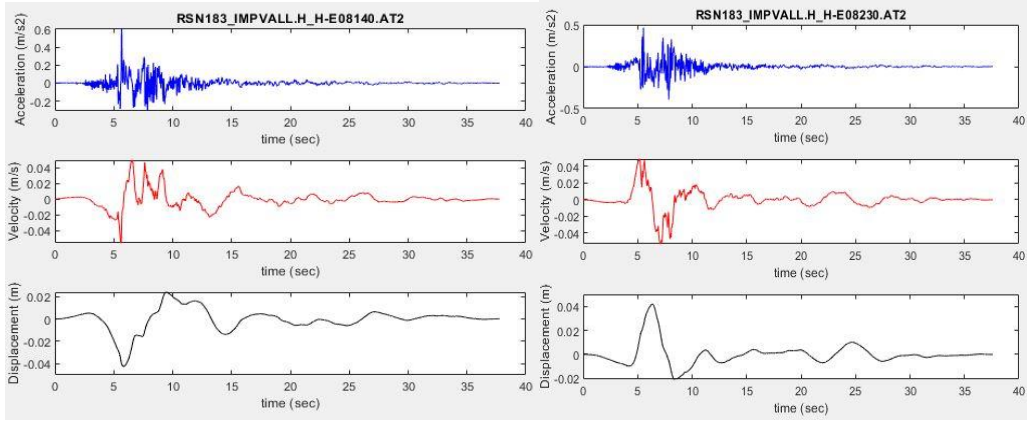
Şekil C.1 : RSN158 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



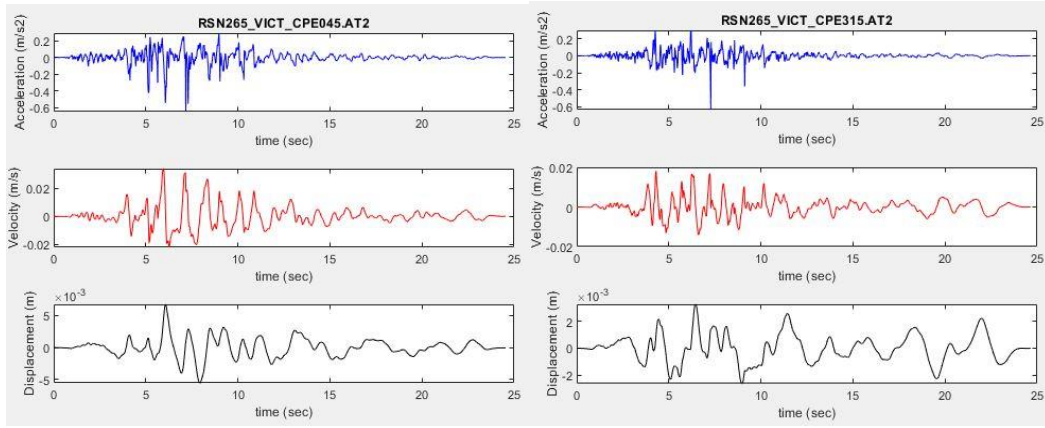
Şekil C.2 : RSN173 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



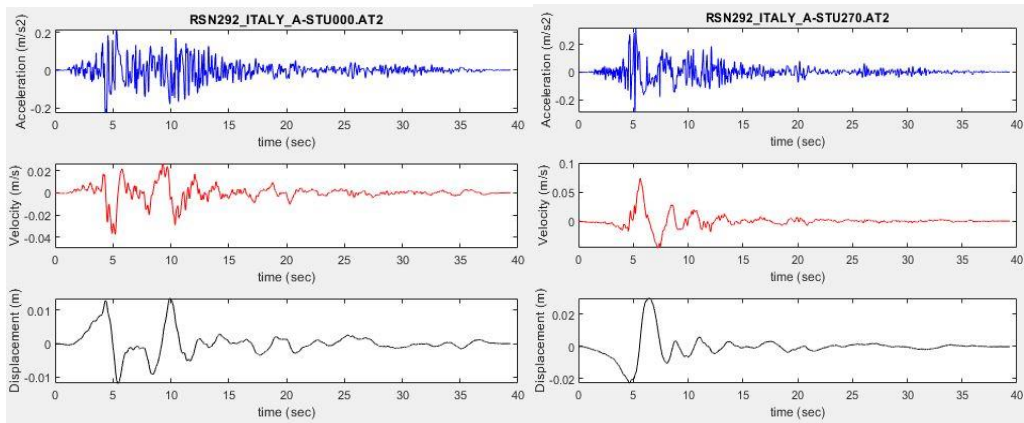
Şekil C.3 : RSN179 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



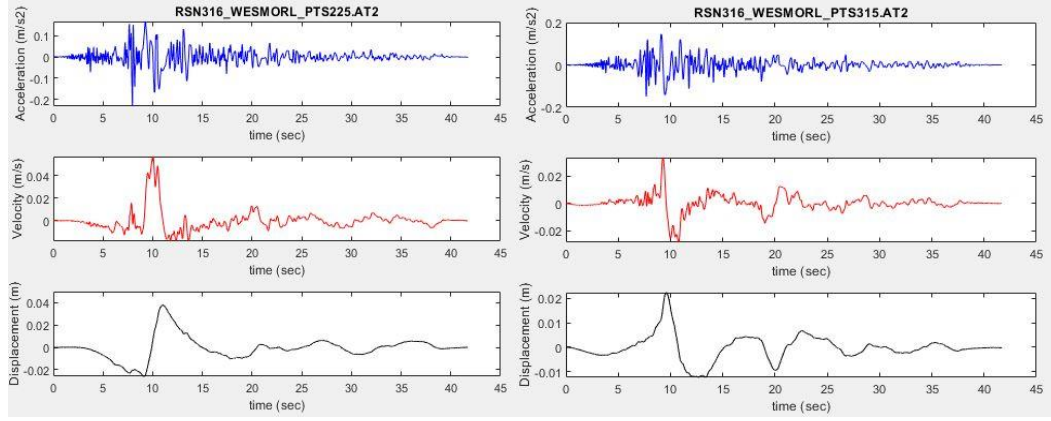
Şekil C.4 : RSN183 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



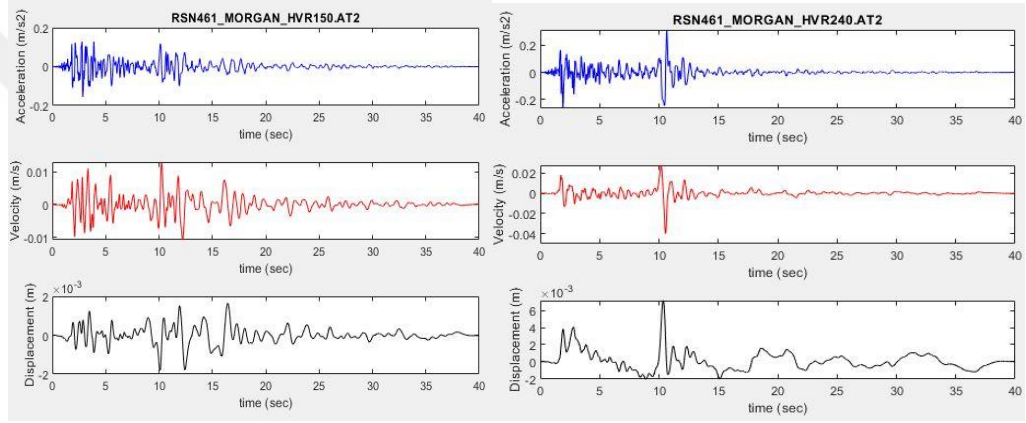
Şekil C.5 : RSN265 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



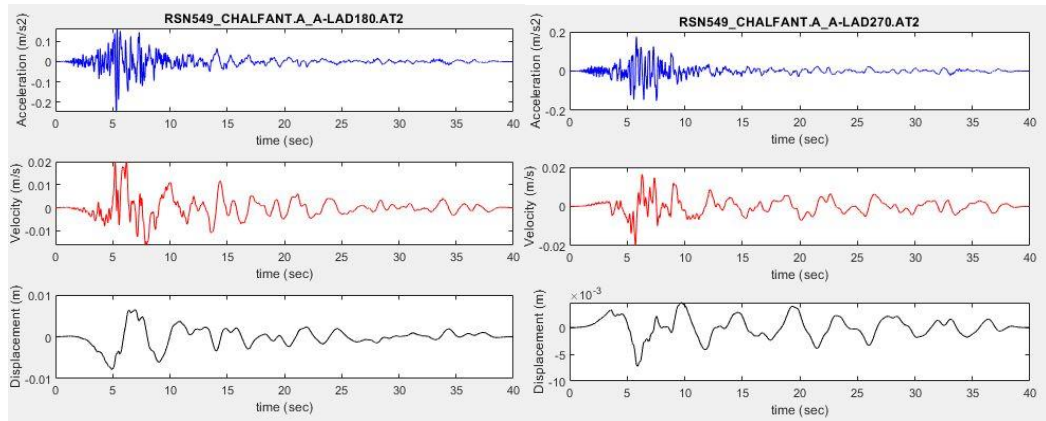
Şekil C.6 : RSN292 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



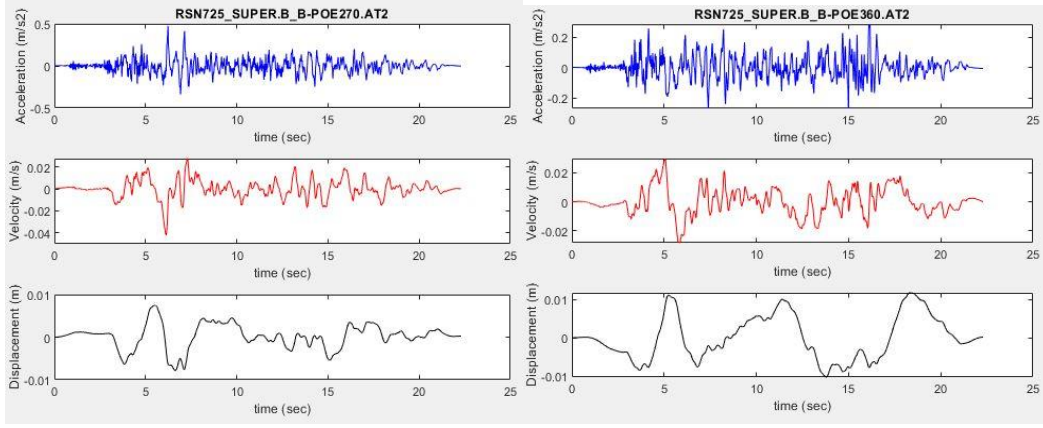
Şekil C.7 : RSN316 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



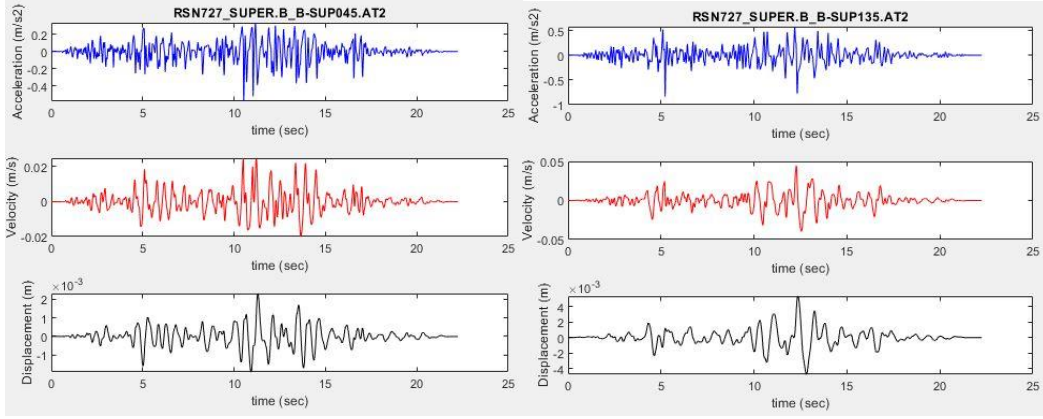
Şekil C.8 : RSN461 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



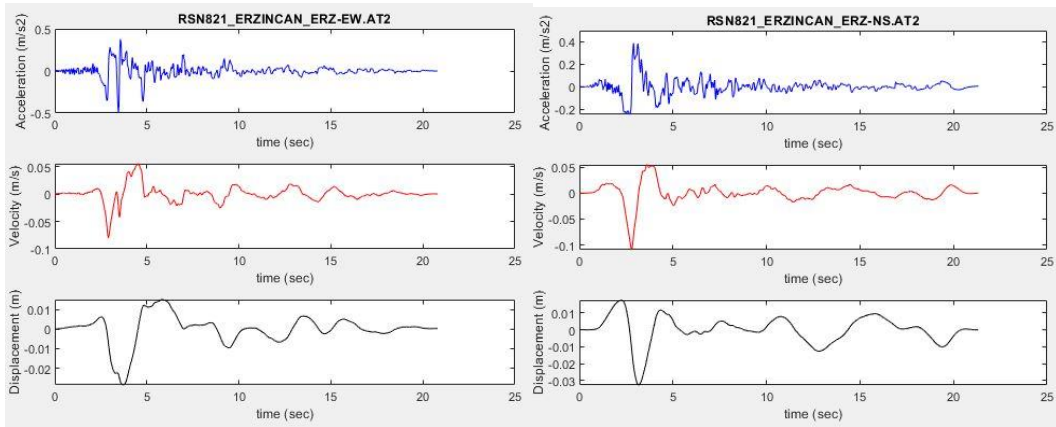
Şekil C.9 : RSN549 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



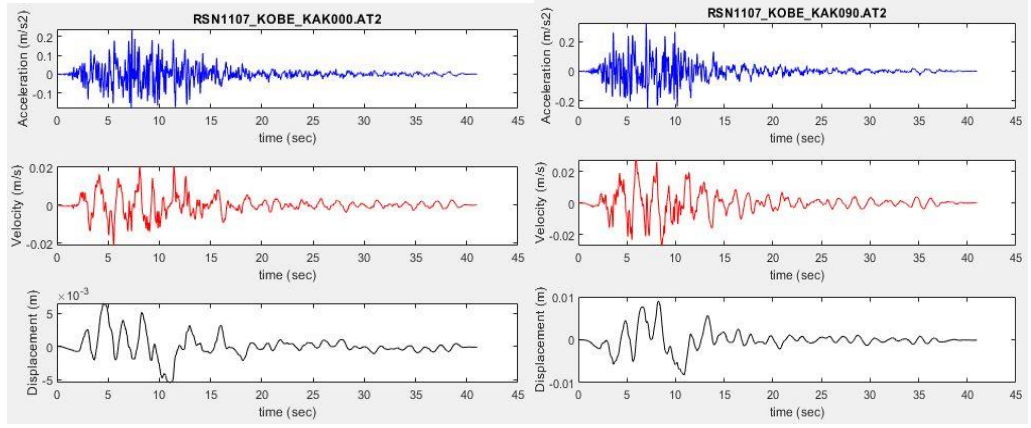
Şekil C.10 : RSN725 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



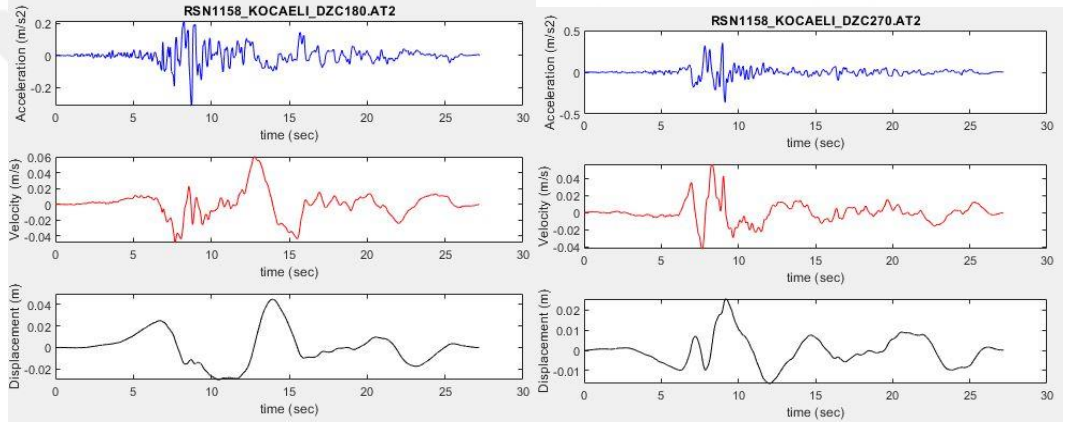
Şekil C.11 : RSN727 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



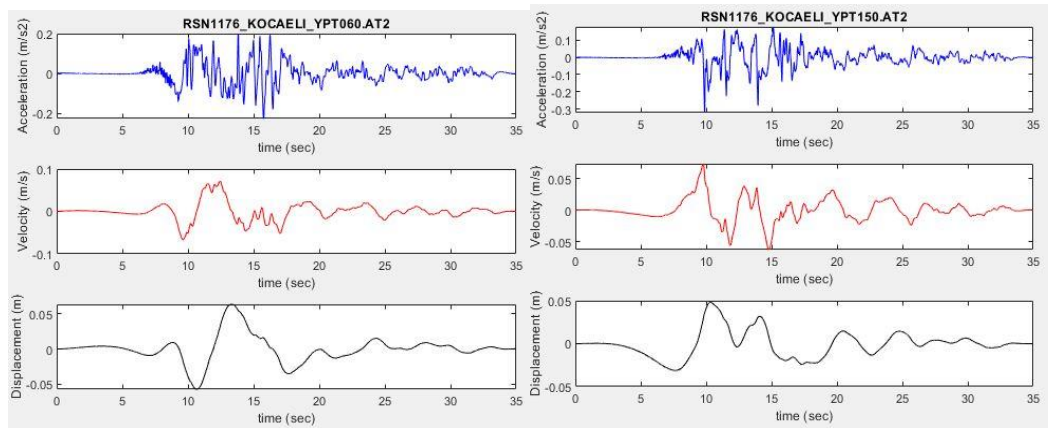
Şekil C.12 : RSN821 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



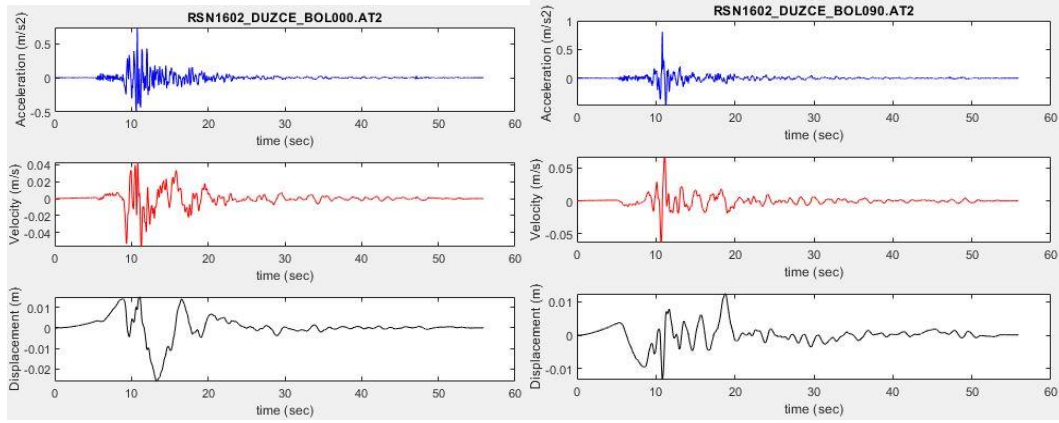
Şekil C.13 : RSN1107 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



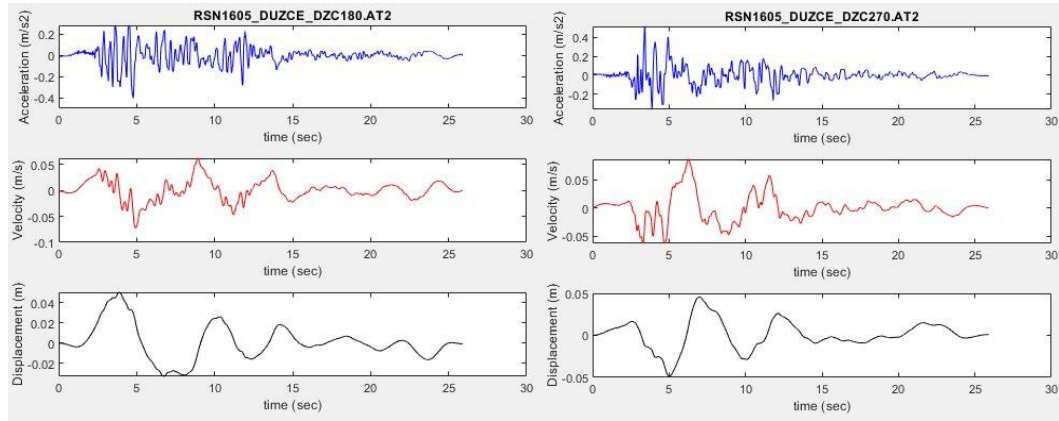
Şekil C.14 : RSN1158 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



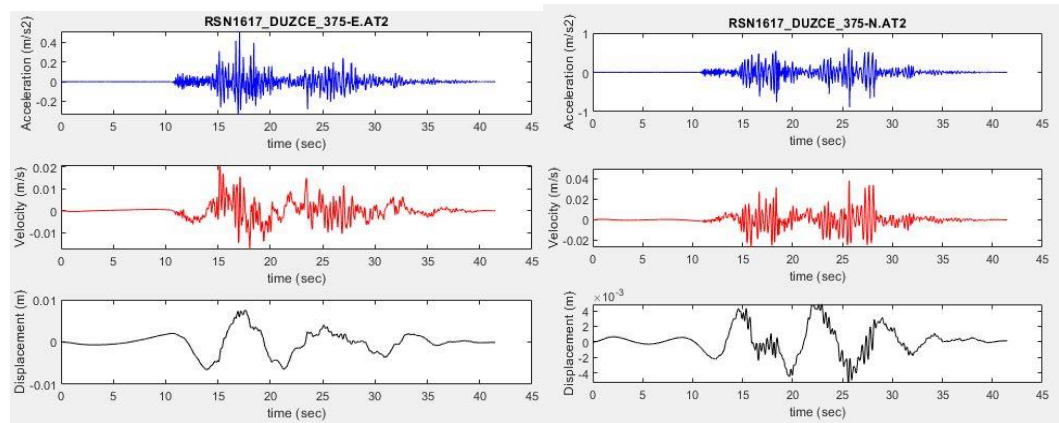
Şekil C.15 : RSN1176 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



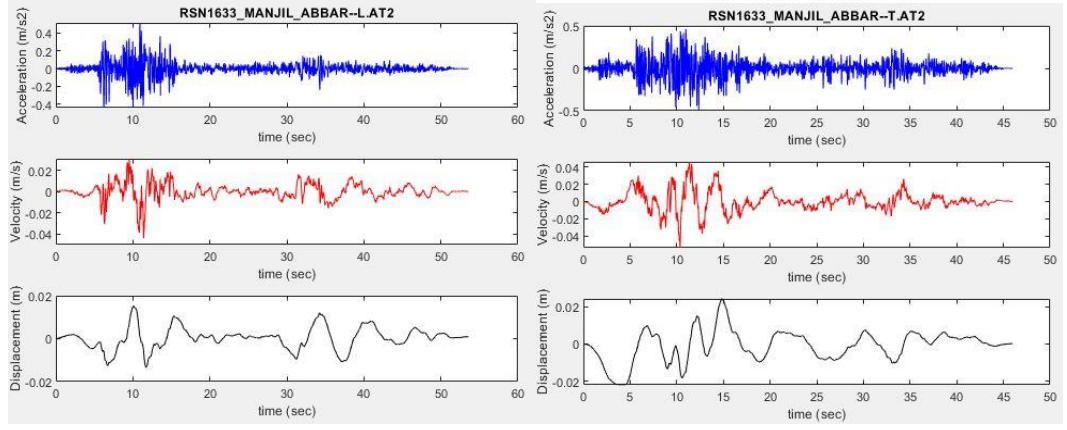
Şekil C.16 : RSN1602 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



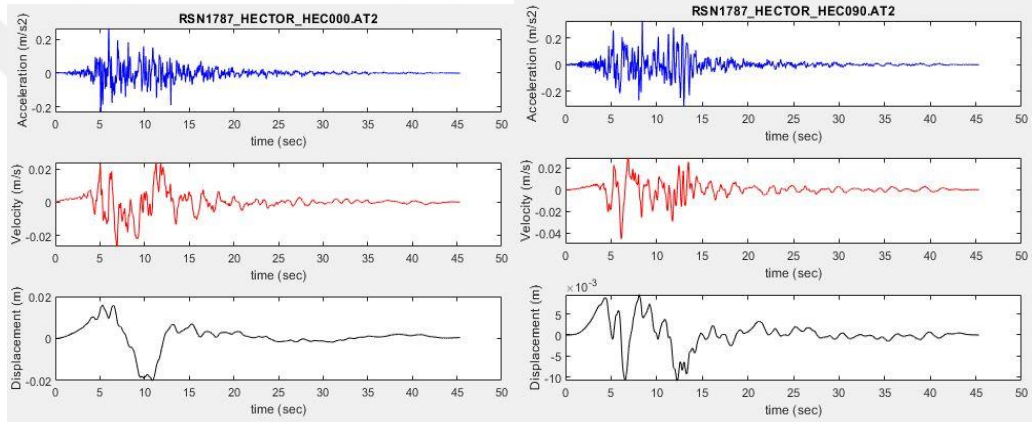
Şekil C.17 : RSN1605 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları



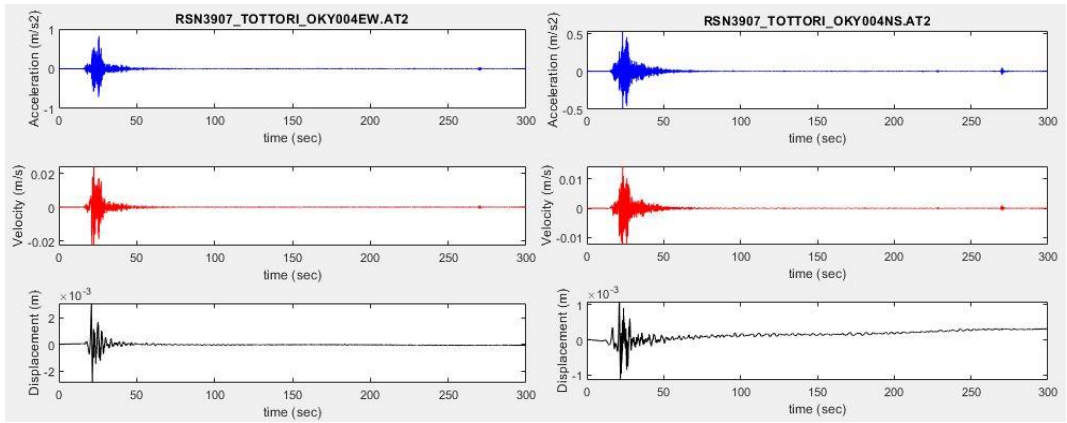
Şekil C.18 : RSN1617 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



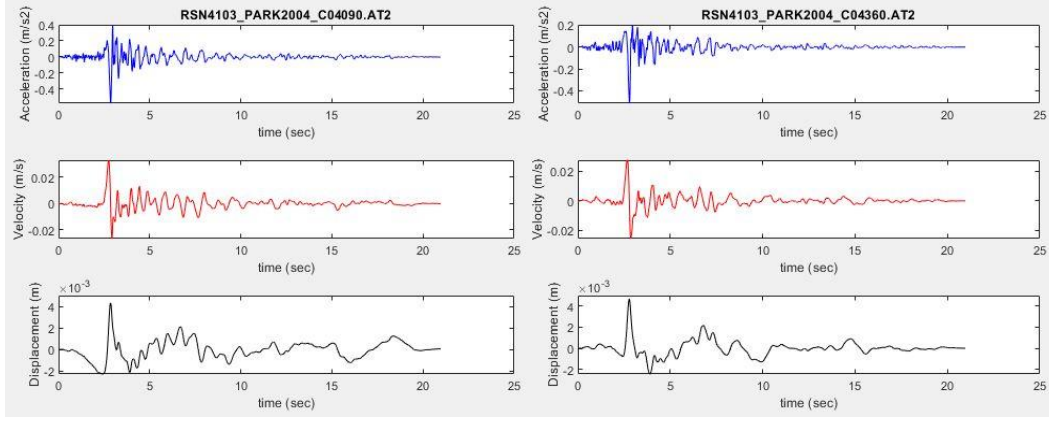
Şekil C.19 : RSN1633 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



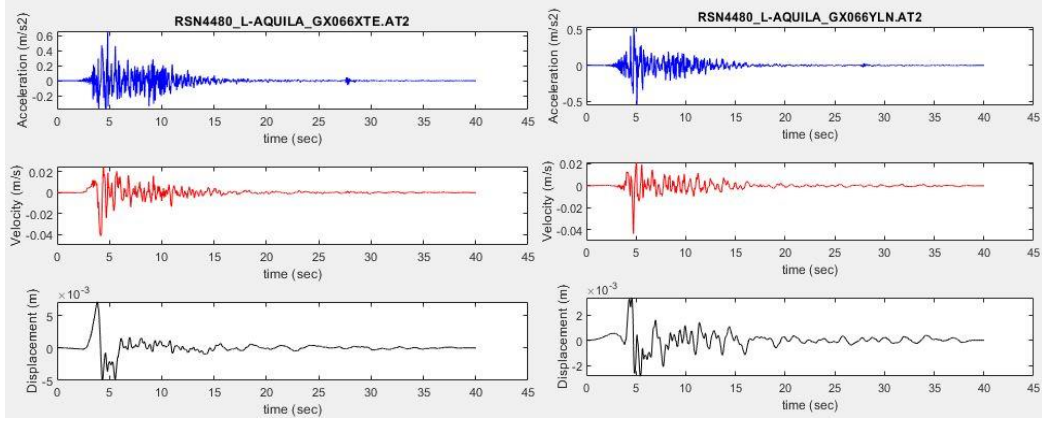
Şekil C.20 : RSN1787 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



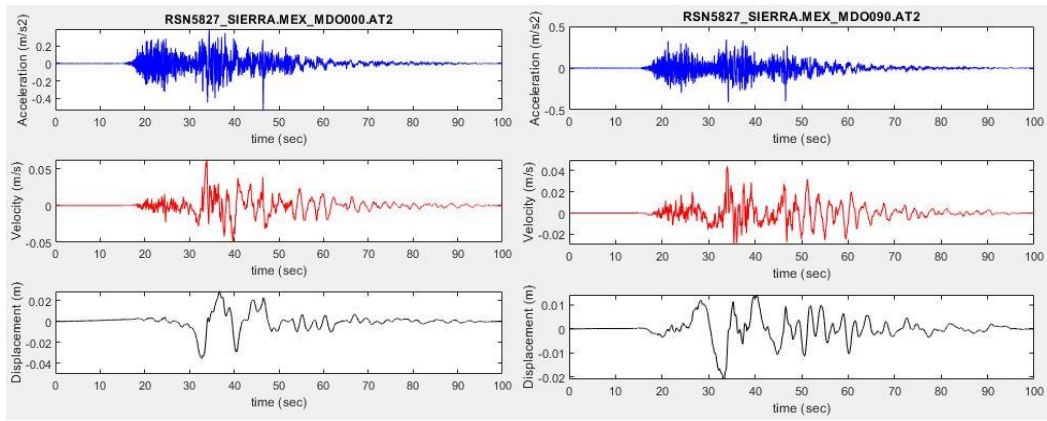
Şekil C.21 : RSN3907 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



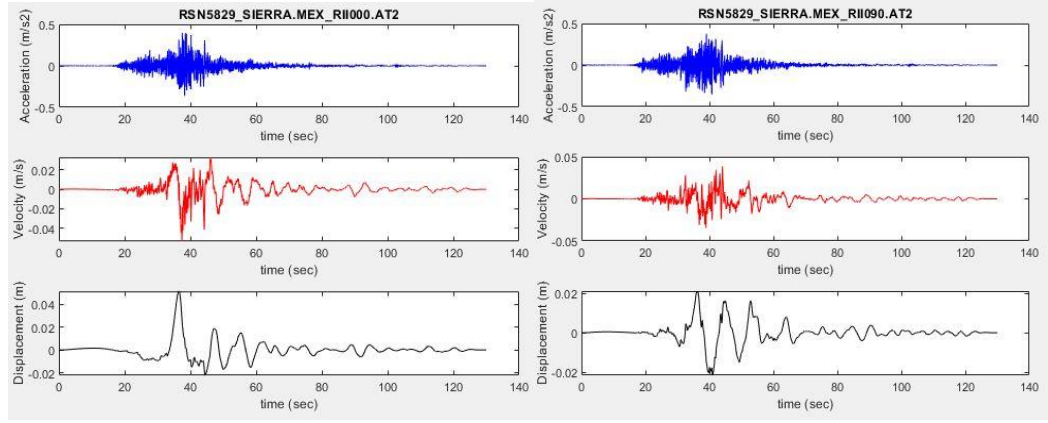
Şekil C.22 : RSN4103 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



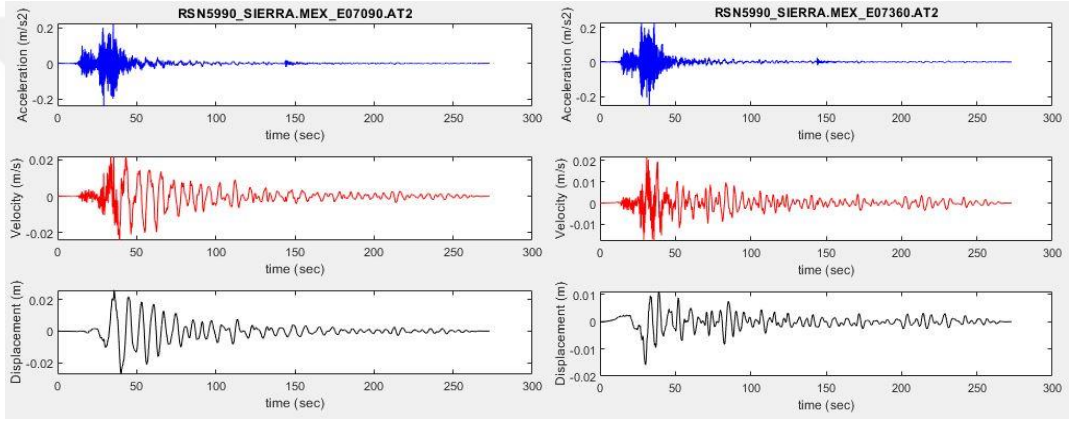
Şekil C.23 : RSN4480 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



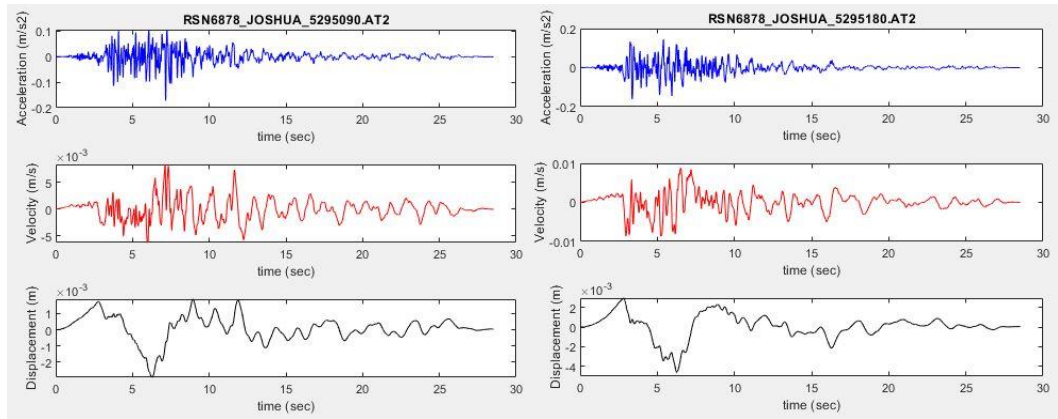
Şekil C.24 : RSN5827 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



Şekil C.25 : RSN5829 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



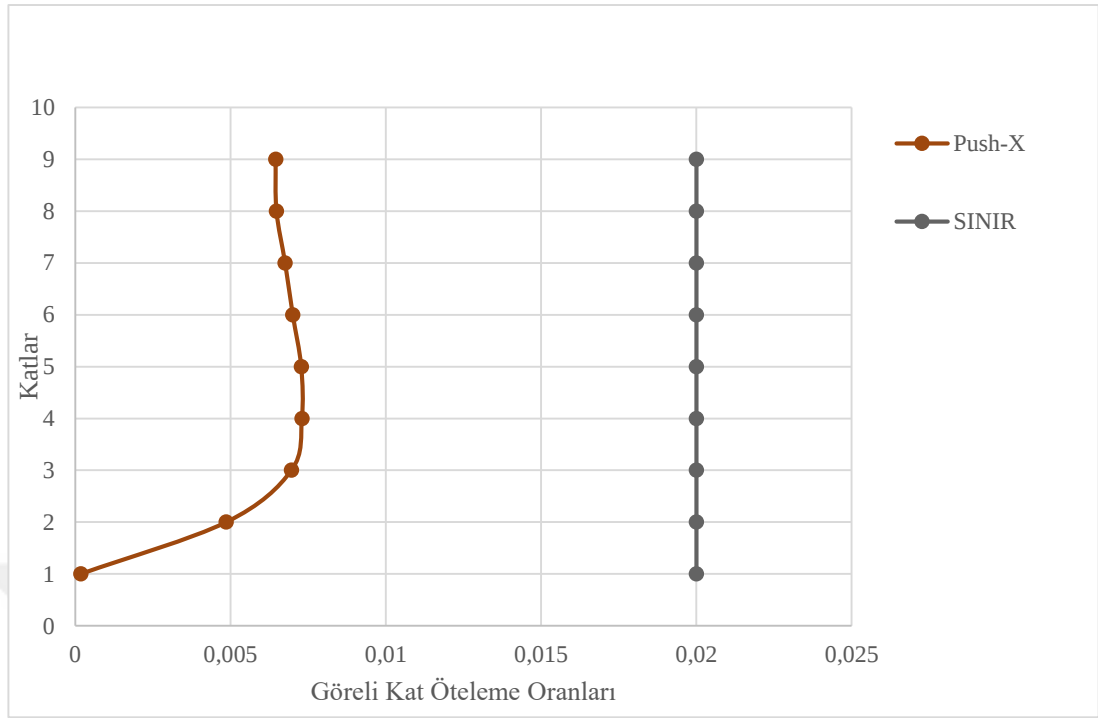
Şekil C.26 : RSN5990 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



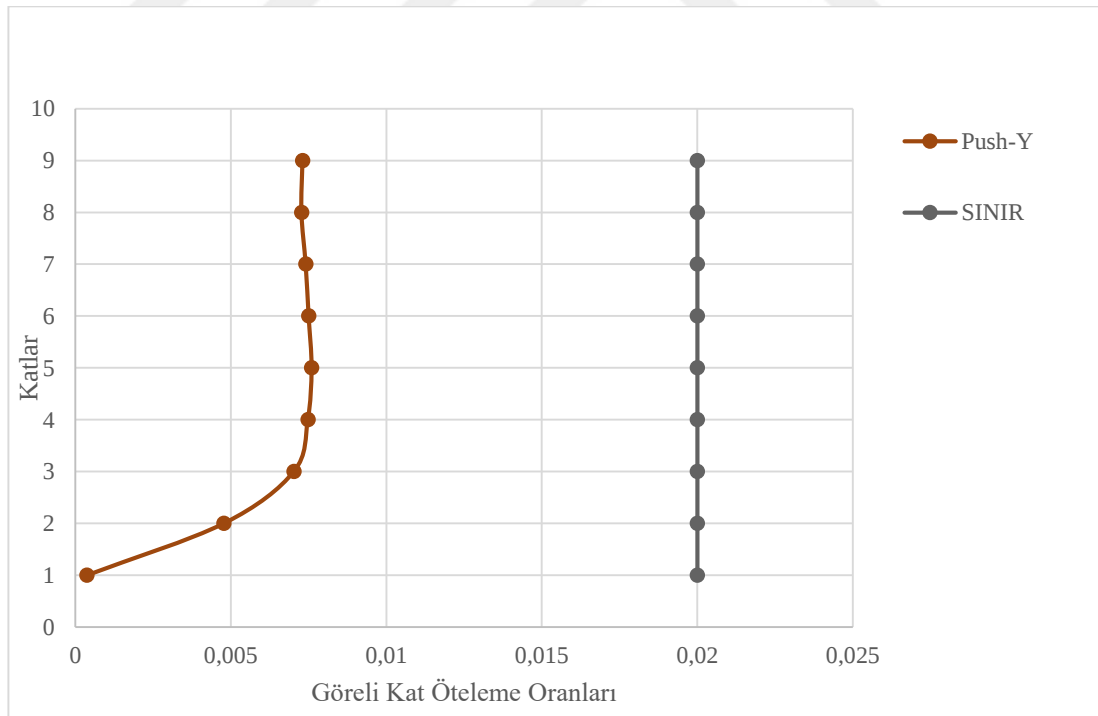
Şekil C.27 : RSN6878 deprem kaydı ivme,hız ve yerdeğiştirme kayıtları.



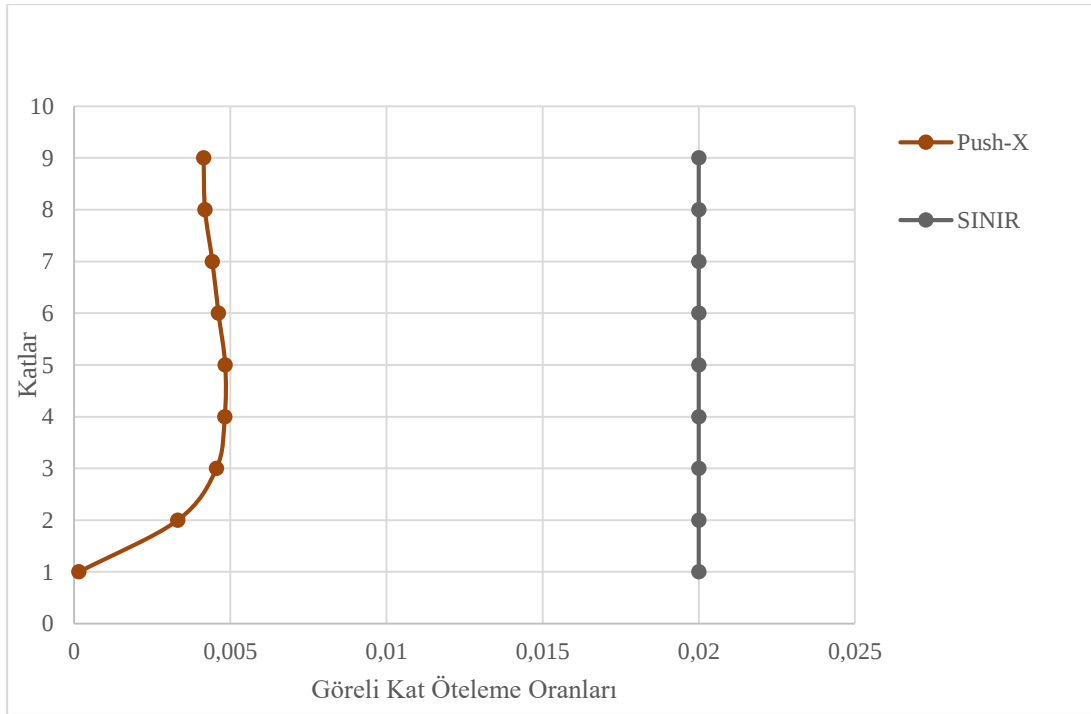
EK D



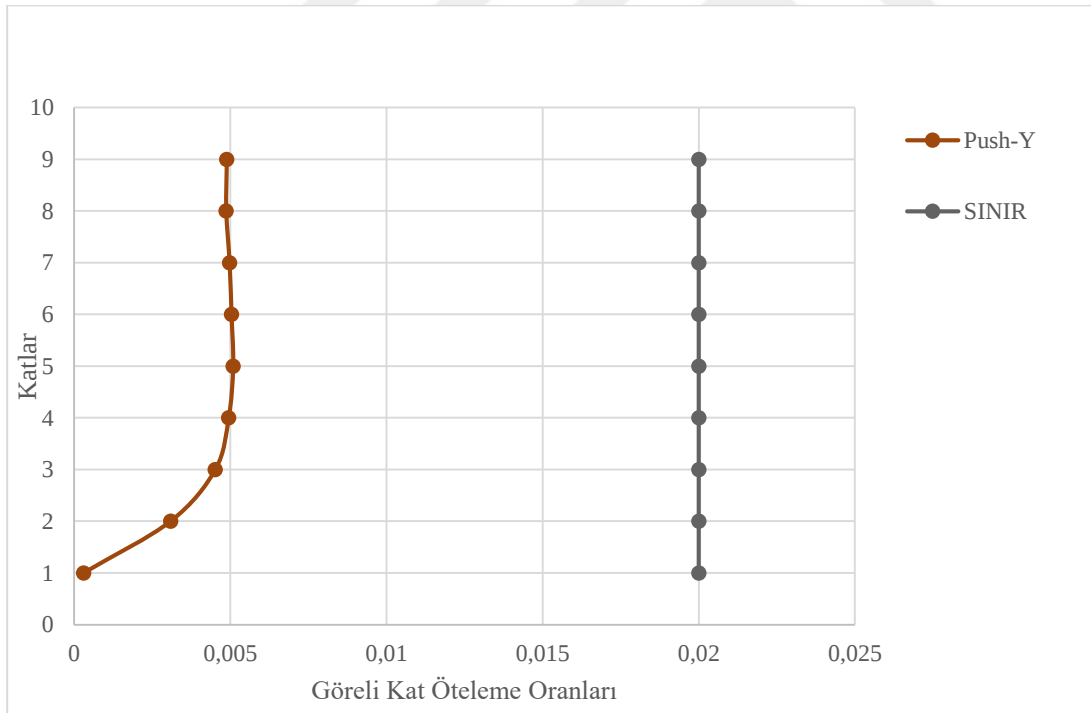
Şekil D.1 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi X doğrultusu görel kat öteleme değerleri.



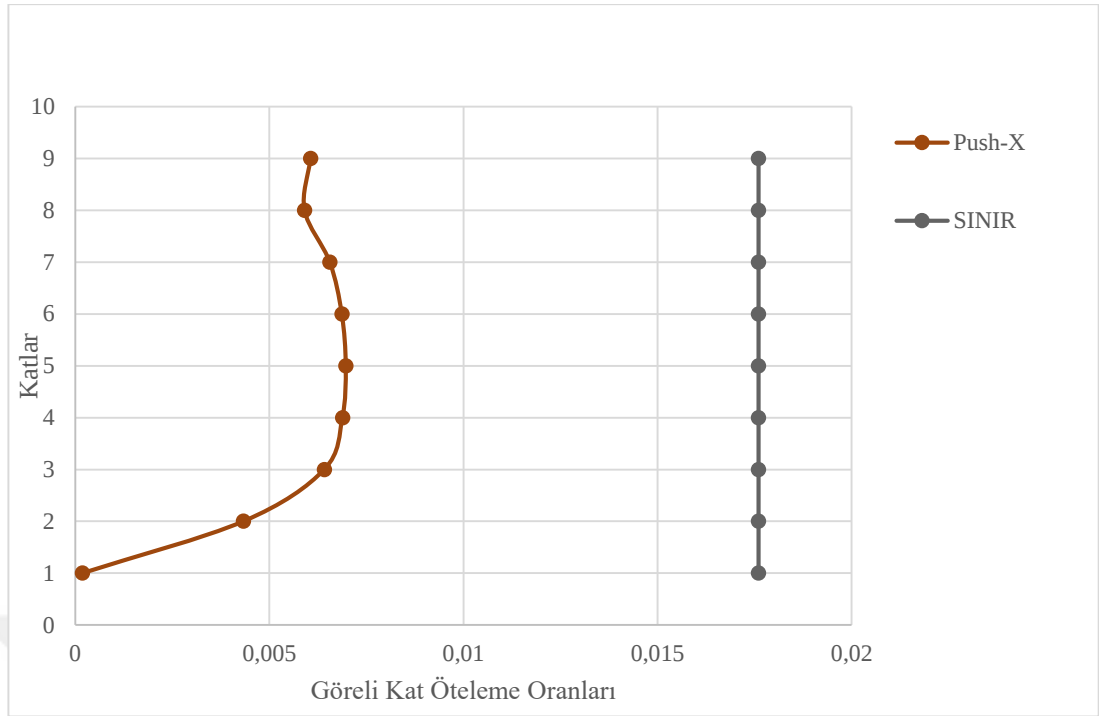
Şekil D.2 : DBYBHY 2007 I=1,5 İtme analizi Y doğrultusu görel kat öteleme değerleri.



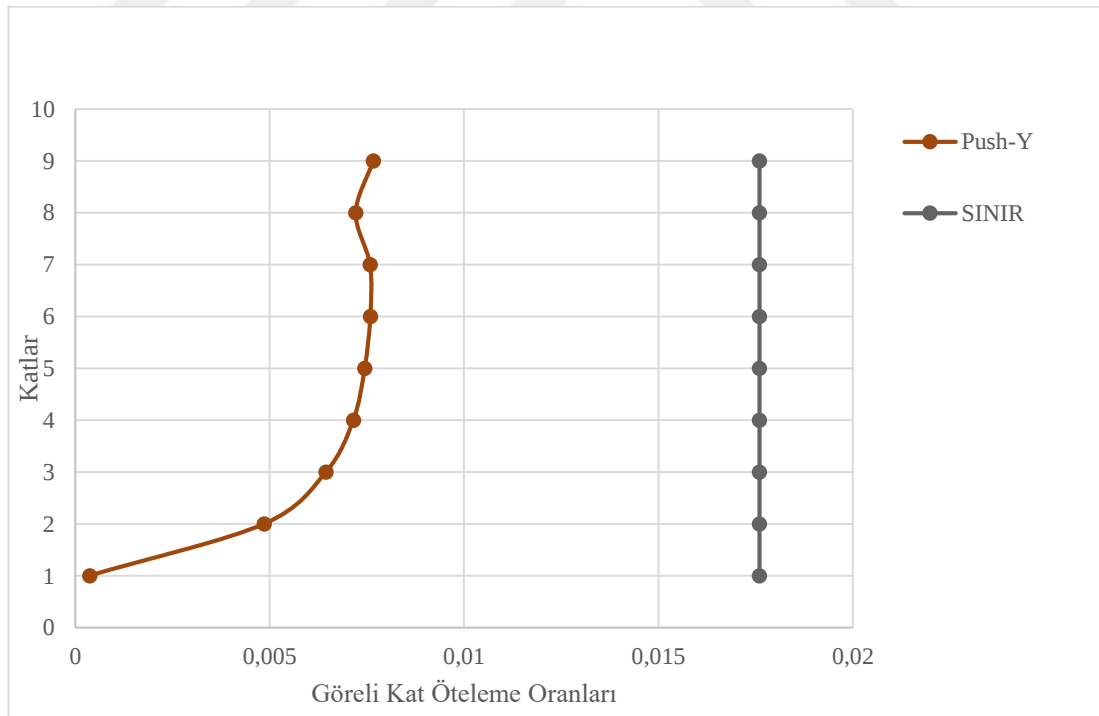
Şekil D.3 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi X doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.



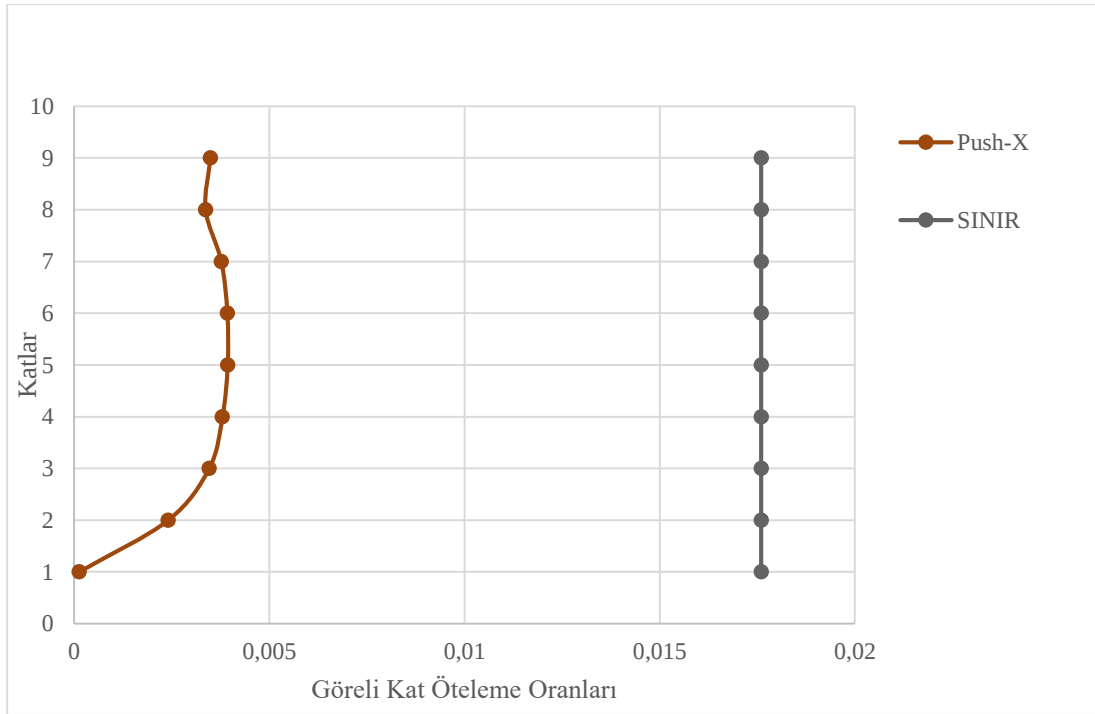
Şekil D.4 : DBYBHY 2007 I=1,0 İtme analizi Y doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.



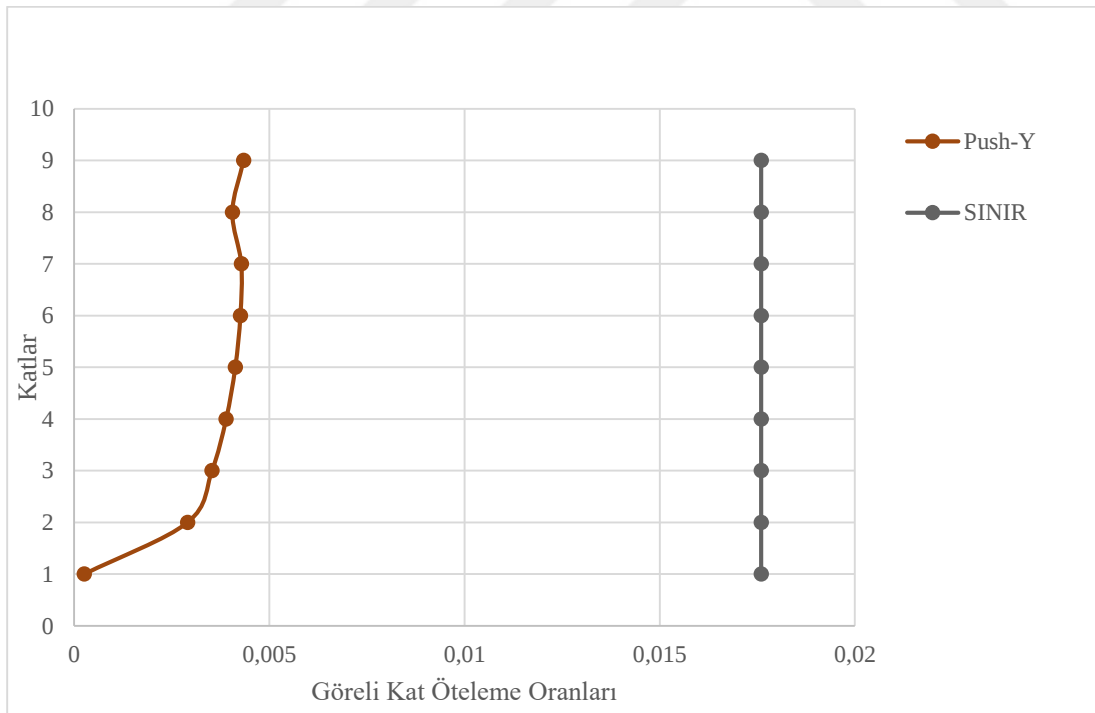
Şekil D.5 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi X doğrultusu görel kat öteleme değerleri.



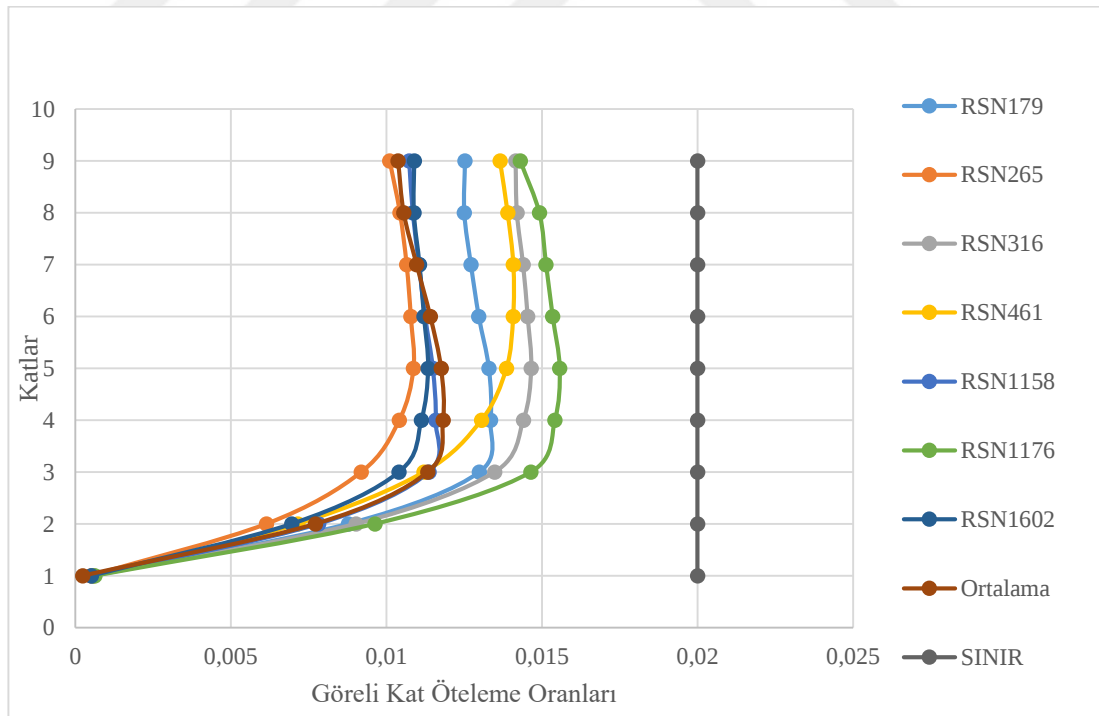
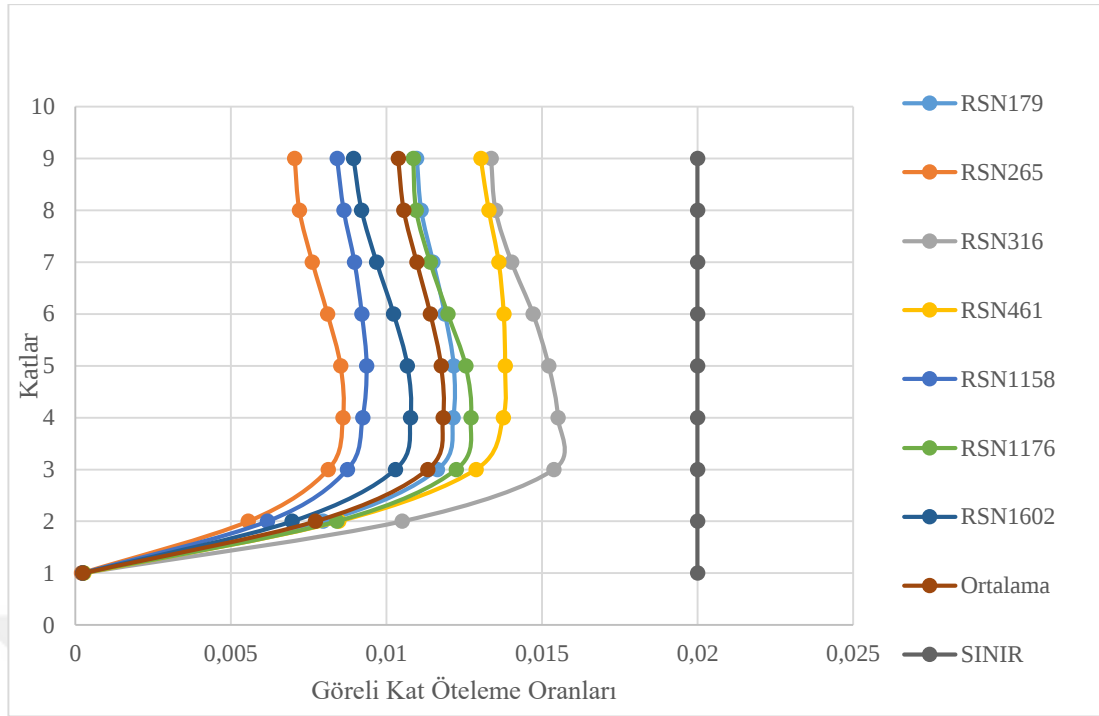
Şekil D.6 : TBDY 2018 DD-1 İtme analizi Y doğrultusu görel kat öteleme değerleri.

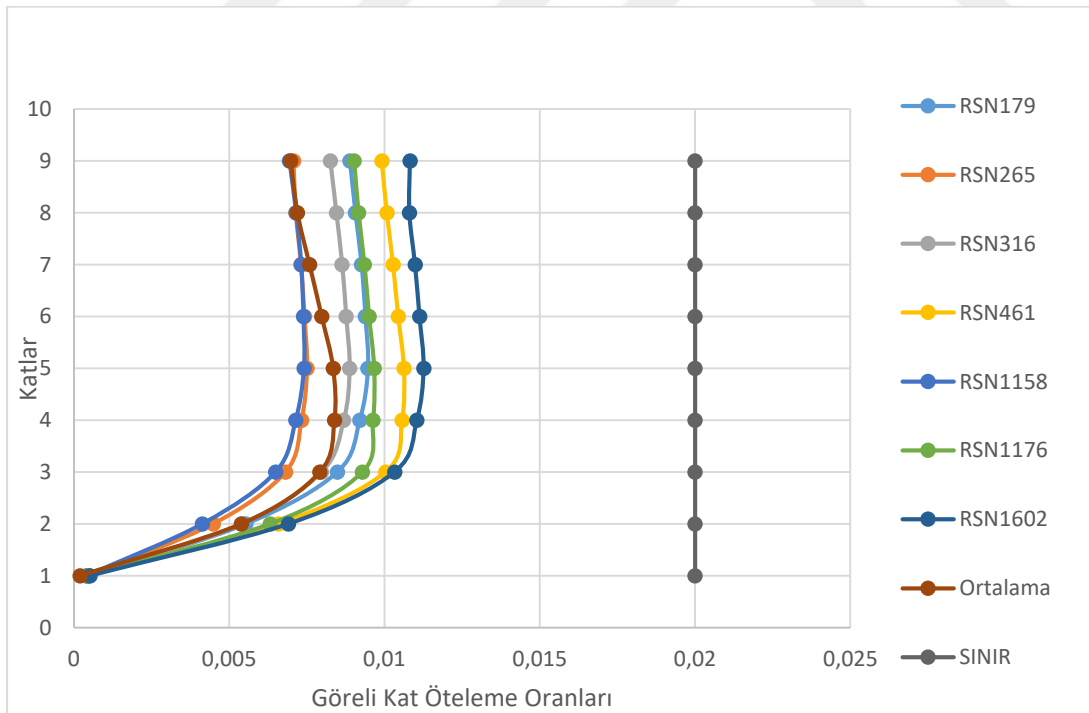
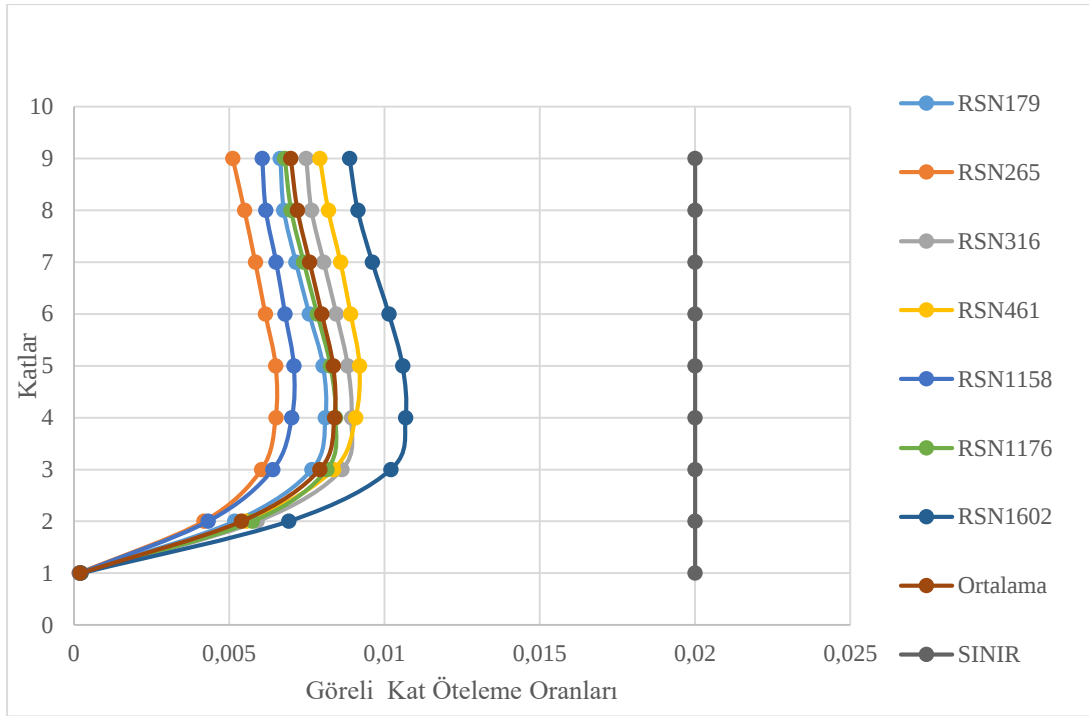


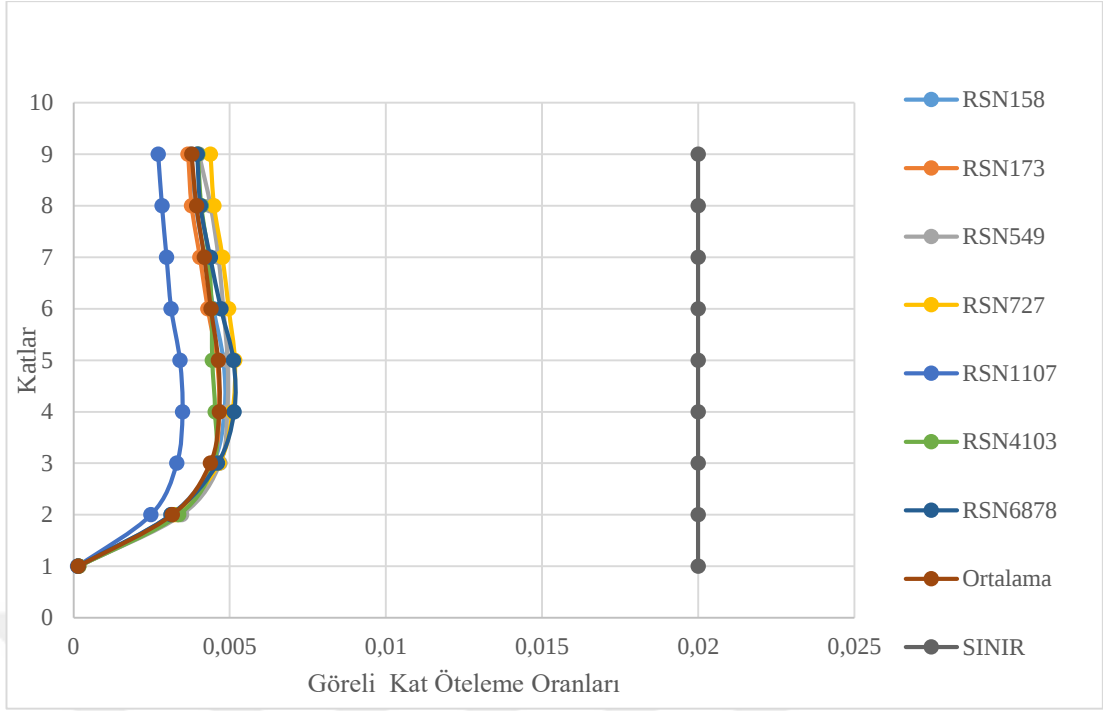
Şekil D.7 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi X doğrultusu görel kat öteleme değerleri.



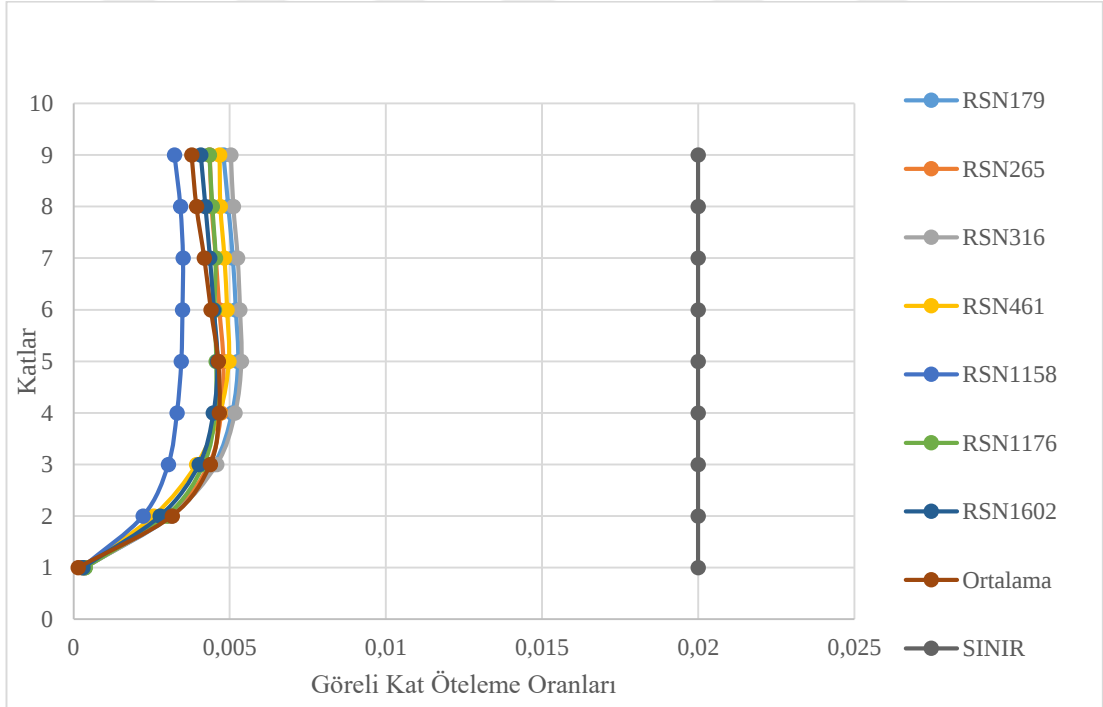
Şekil D.8 : TBDY 2018 DD-2 İtme analizi Y doğrultusu görel kat öteleme değerleri.



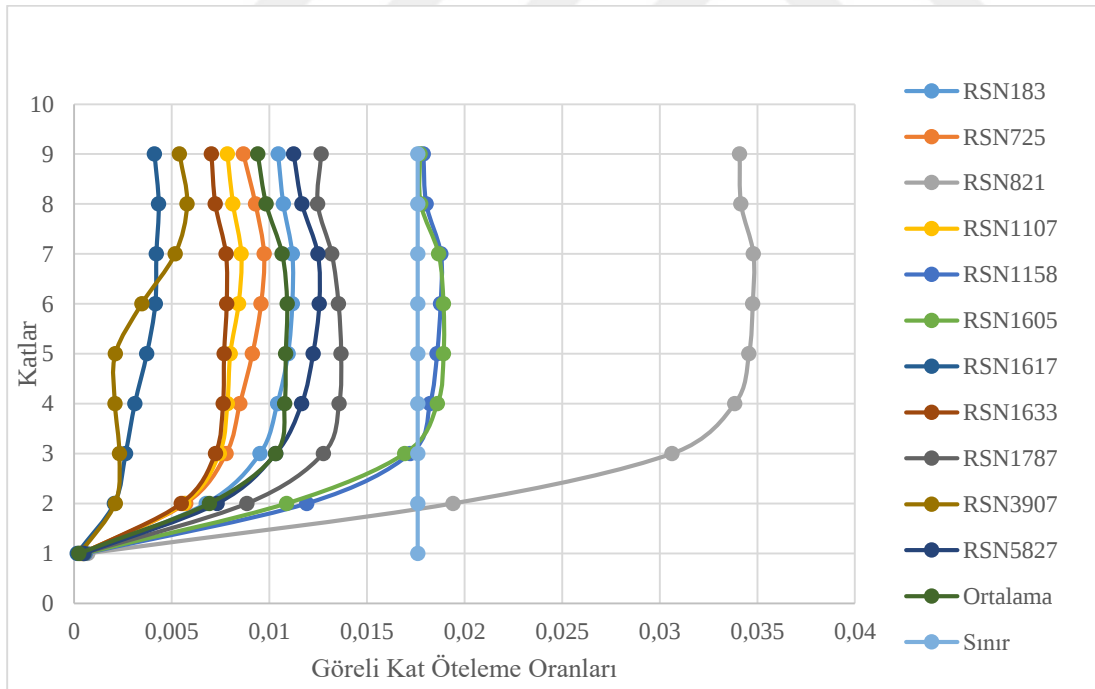
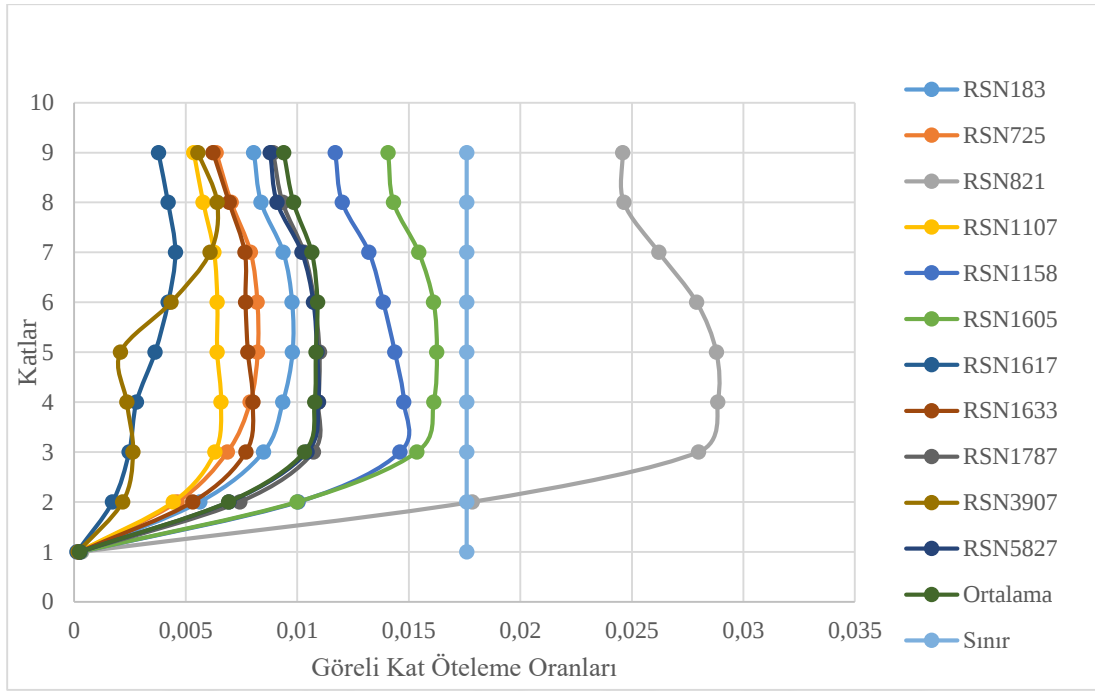


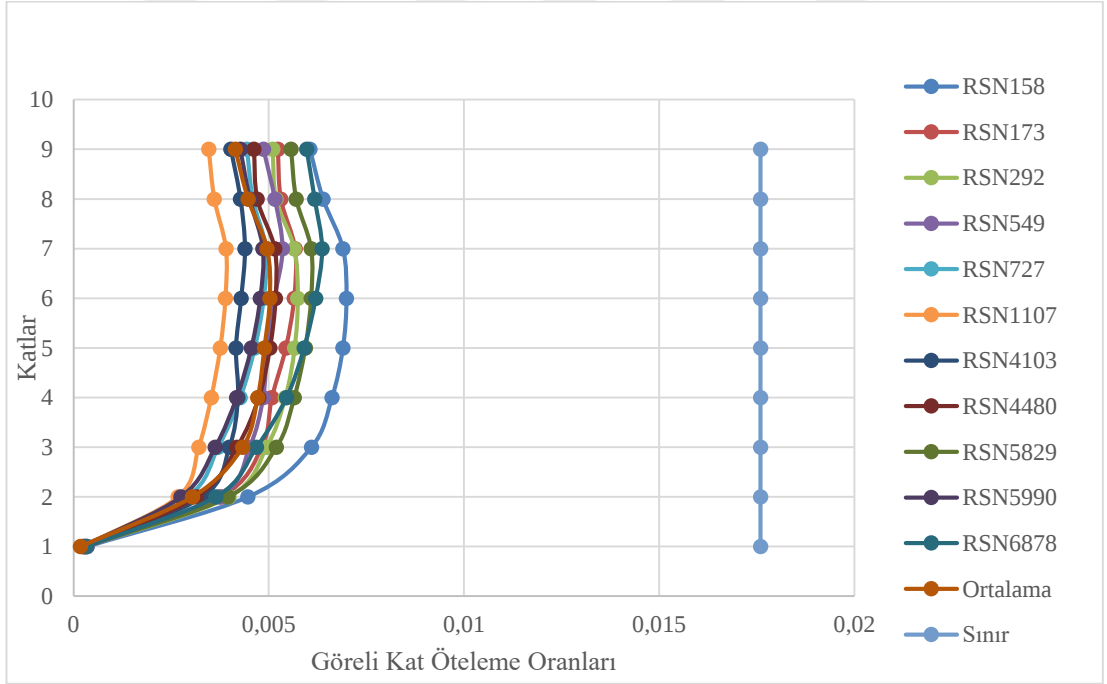
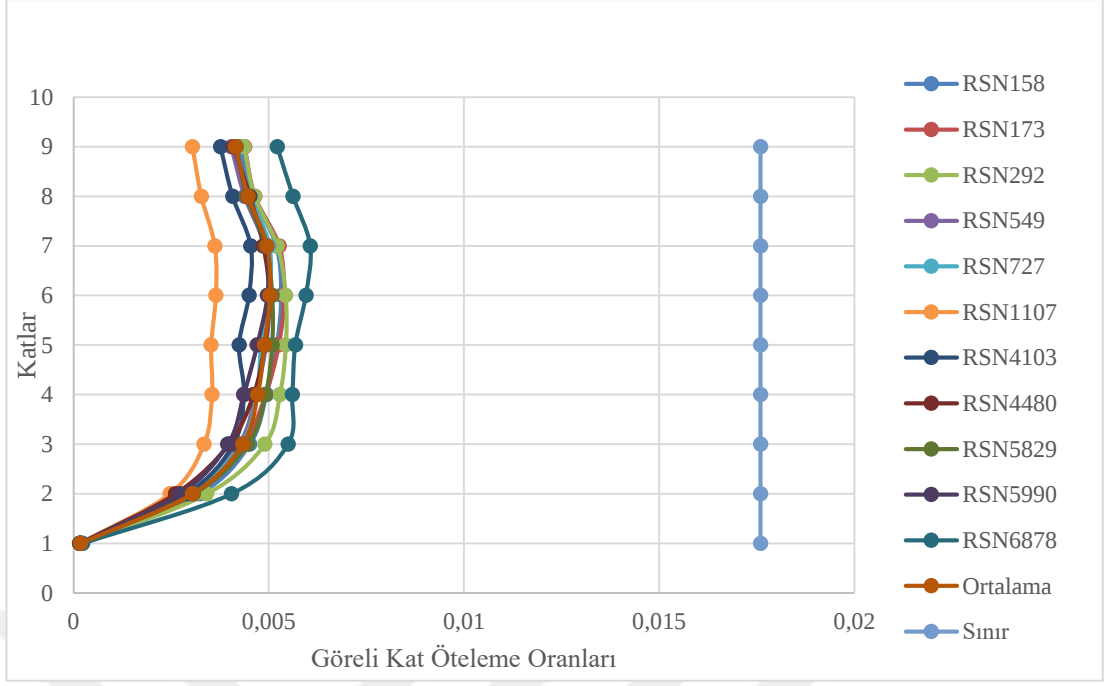


Şekil D.13 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında hesap X doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.



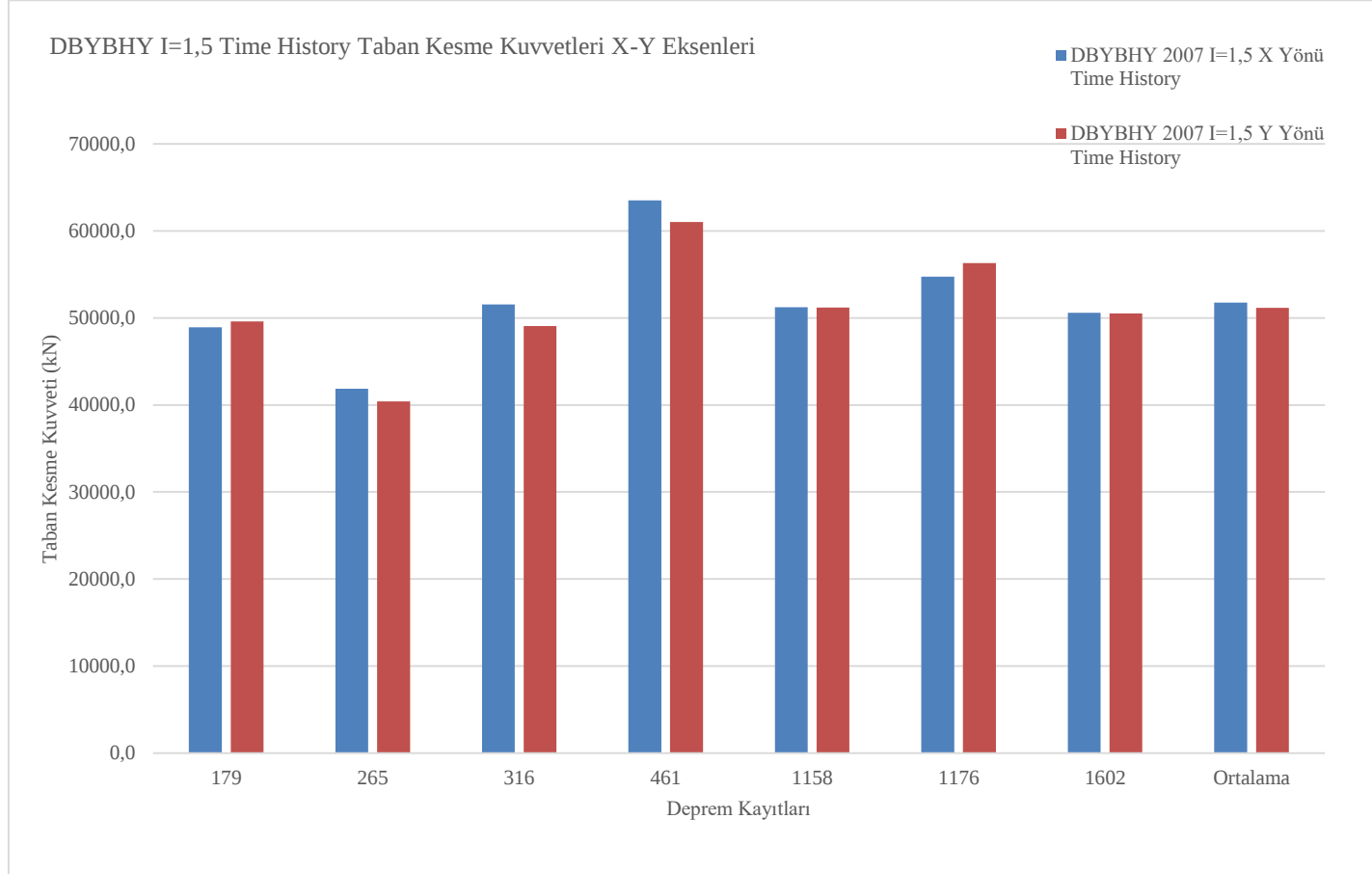
Şekil D.14 : DBYBHY 2007 DD-2 Zaman tanım alanında hesap Y doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.



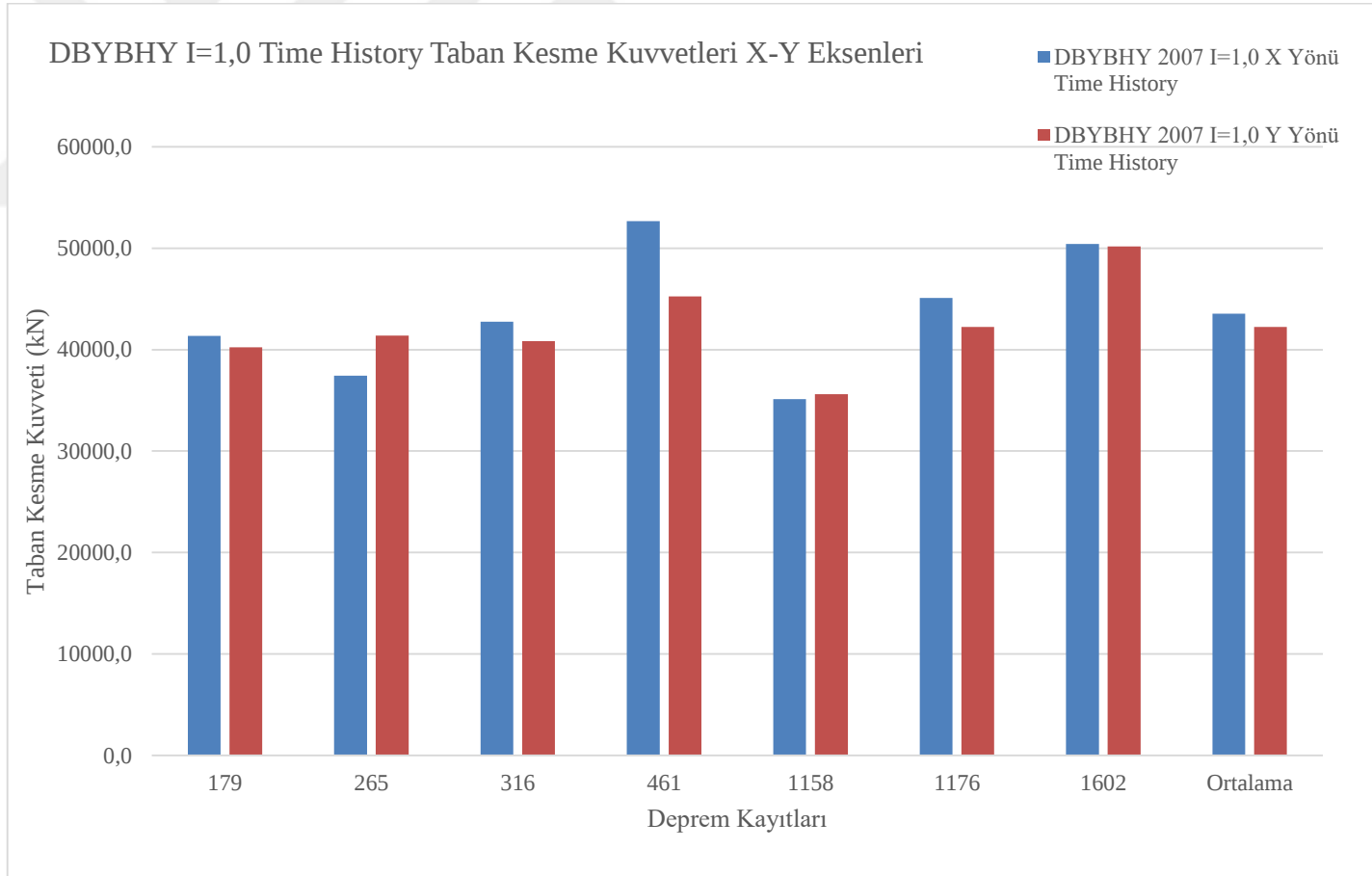




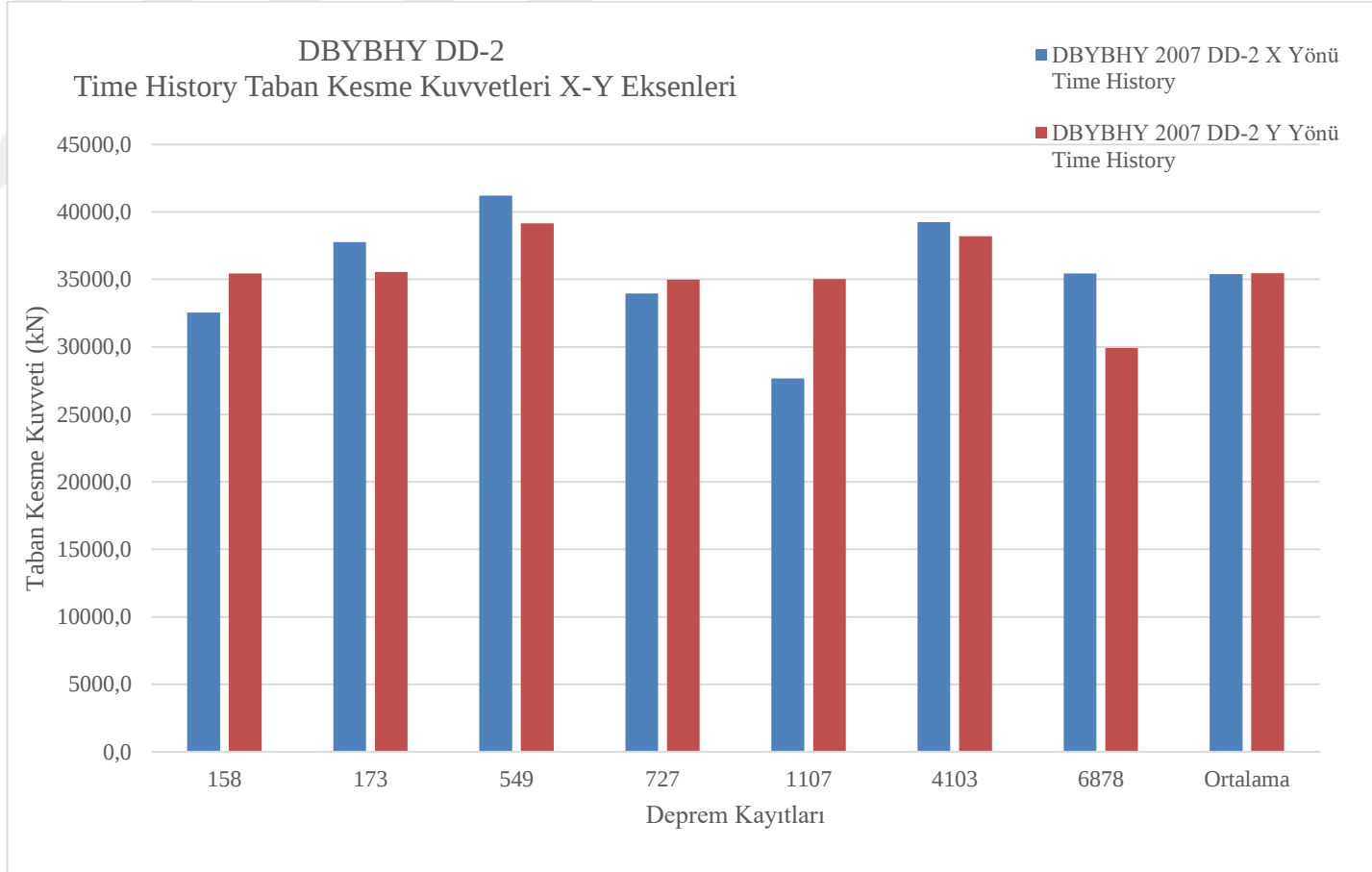
EK E



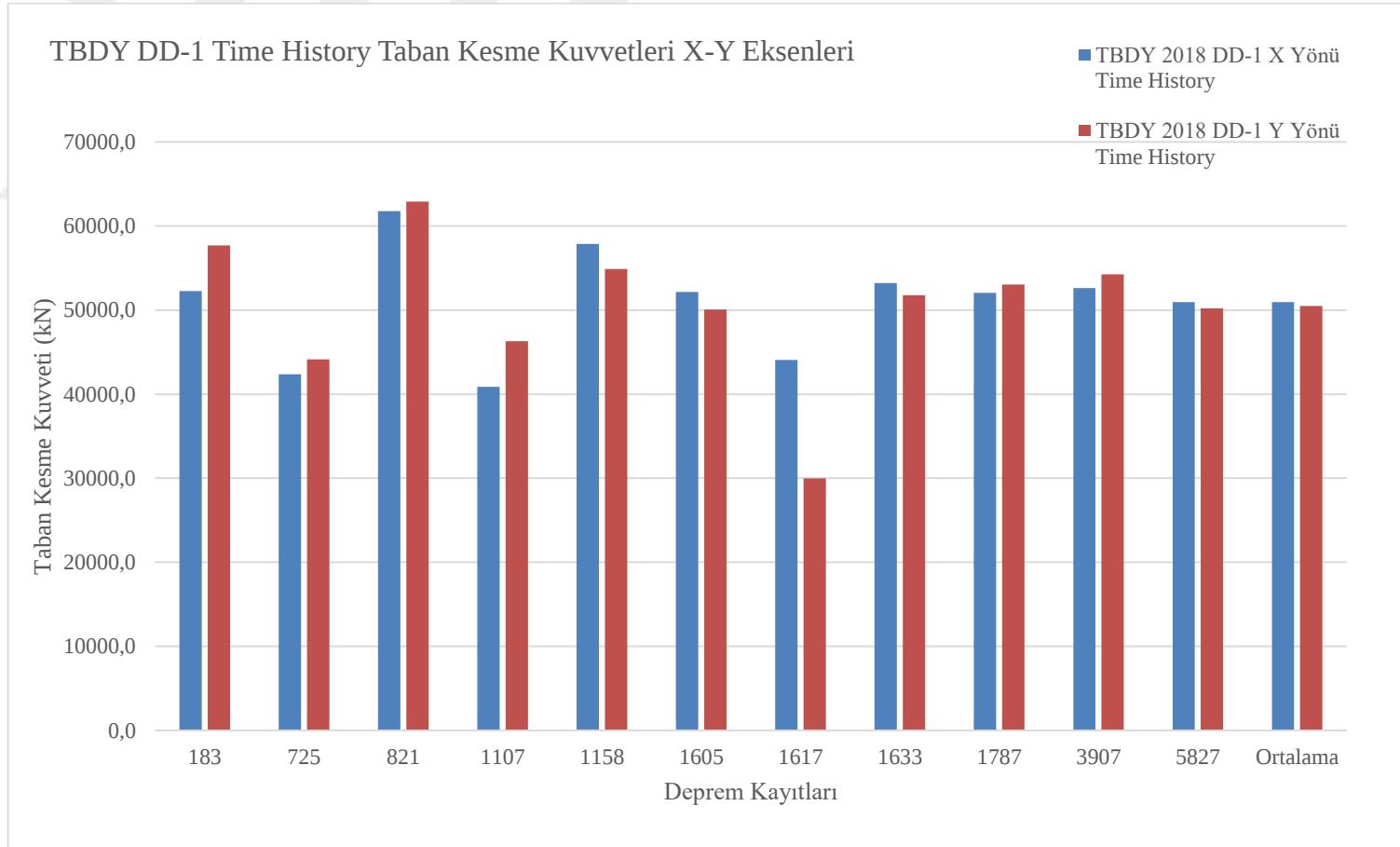
Şekil E.1 : DBYBHY 2007 I=1,5 Deprem seviyesi için zaman tanım alanında hesap taban kesme kuvvetleri.



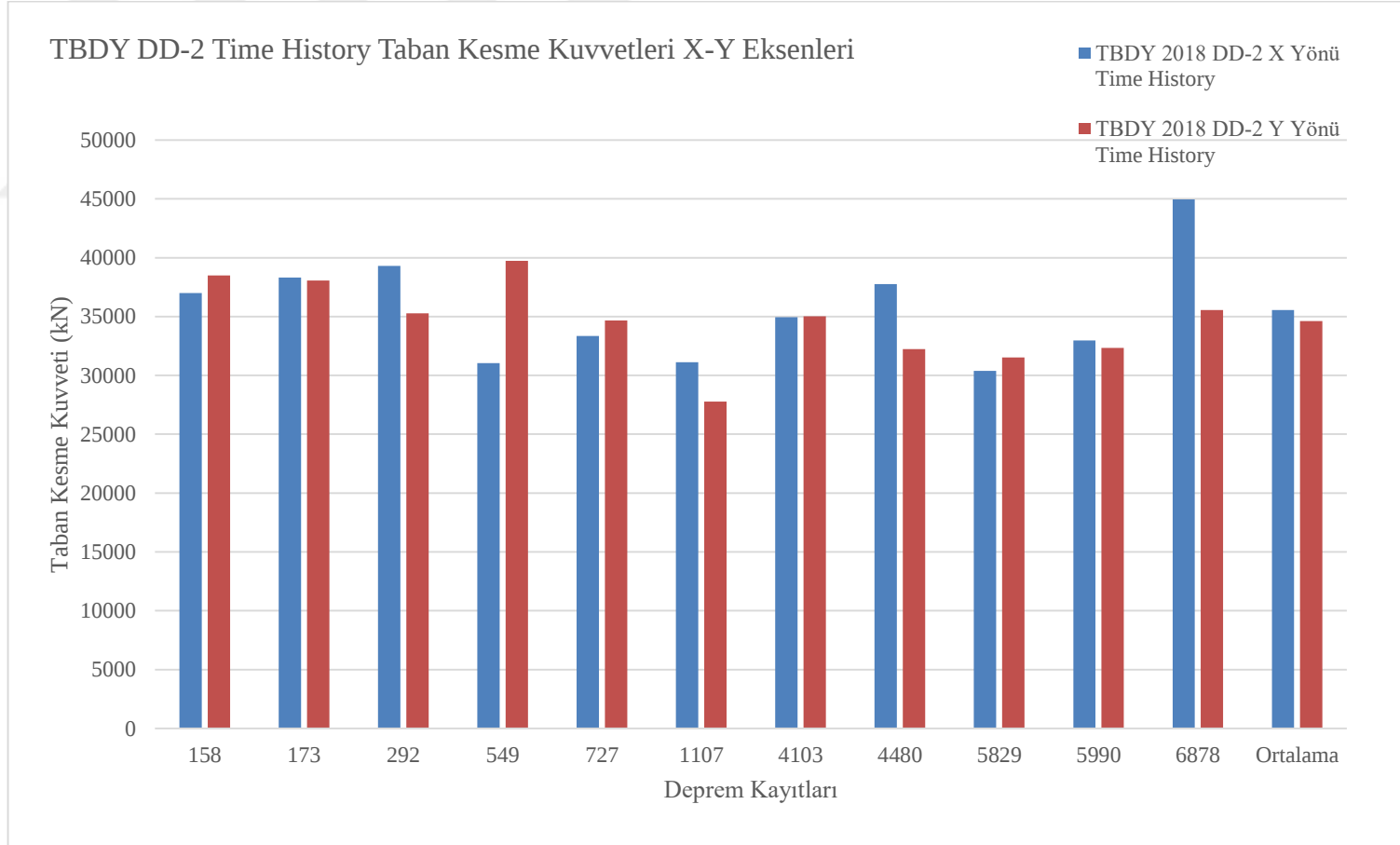
Şekil E.2 : DBYBHY 2007 I=1,0 Deprem seviyesi için zaman tanım alanında hesap taban kesme kuvvetleri.



Şekil E.3 : DBYBHY 2007 DD-2 Deprem seviyesi için zaman tanım alanında hesap taban kesme kuvvetleri.



Şekil E.3 : TBDY 2018 DD-1 Deprem seviyesi için zaman tanım alanında hesap taban kesme kuvvetleri.



Şekil E.4 : TBDY 2018 DD-2 Deprem seviyesi için zaman tanım alanında hesap taban kesme kuvvetleri.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Burak UÇAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.04.1990 Kadıköy İstanbul
E-posta : burakucar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü