

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MEVCUT PERDELİ BETONARME YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN
YÖNTEMLERLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ender BAYRAKTAR

**KASIM 2013
GÜMÜŞHANE**

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MEVCUT PERDELİ BETONARME YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN
YÖNTEMLERLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ender BAYRAKTAR

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12.09.2013
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20.09.2013

KASIM 2013



KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR danışmanlığında **Ender BAYRAKTAR** tarafından hazırlanan **“MEVCUT PERDELİ BETONARME YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLERLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

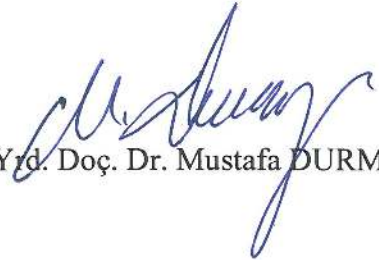
Başkan

: 
Doç. Dr. Temel BAYRAK

Üye (Danışman)

: 
Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR

Üye

: 
Yrd. Doç. Dr. Mustafa DURMAZ

ONAY

Bu tez /.... /2013 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MEVCUT PERDELİ BETONARME YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN
YÖNTEMLERLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

Ender BAYRAKTAR

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR

2013, 181 sayfa

Birçok ülkenin yapı mühendisliği ile ilgili yönetmeliklerinde yer alan deprem hareketi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri Ülkemiz yönetmeliğinde de önemli bir yer teşkil etmektedir. Özellikle bir önceki deprem yönetmeliğine oranla çok ciddi bir disiplinle konuyu ele alan 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile ülkemizdeki yapı güvenliğinin artacağı umut edilmektedir. Deprem hareketi kısaca fay hareketlerinin zeminde ve yapı temelinde meydana getirdiği tahrik hareketi olarak ifade edilebilir. Bu tahrik hareketi ile tabanda meydana gelen periyodik olmayan titreşimler yapıda çözümlemesi çok zor şekil değiştirme (dönme ve yer değiştirme) ve kesit tesirleri meydana getirir. Titreşim halindeki yapılarda birikimli hasarların (dönmelerin) oluşması yönetmeliğimizin çözümlemeye çalıştığı bir

detay olmakla beraber modern deprem hesap yöntemlerinin ortaya çıkışını sağlayan parametrelerden biridir. Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans düzeyinin belirlenmesi için kullanılır.

Bu çalışmada mevcut perdeli betonarme binaların deprem yönetmeliğinde tanımlı doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile performansı belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan iki adet mevcut bina vardır. Bunlardan, Bingöl'deki bina Model-1, Gümüşhane'deki bina ise Model-2 isimleri ile çalışmada belirtilmişlerdir. Model-1 2003 Bingöl depreminde yıkılmıştır. Model-2 ise 2013 yılında kullanıma girmiş mevcut bir yapıdır.

Model-1'de yapının performansına artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ile çözümlenerek karar verilmiştir. İki model için de zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz için üç farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Bunlar; Adana Ceyhan 1998, Bingöl 2003 ve Van 2011 deprem ivme kayıtlarıdır. Model-2 ise sadece zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz ile çözümlenerek yapının performansına karar verilmiştir.

Yapılan analizler sonucu, Model-1'in performansı belirlenirken doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları dikkate alınmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analize göre can güvenliği seviyesinde çıkan performans durumu doğrusal olmayan dinamik analizde göçme durumu olarak belirlenmiştir. Seçilen depremlere göre Model-2'nin performans seviyesinin ise göçme durumu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem İvme Kayıtları, Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz, Perdeli Yapılar, Performans Analizi, Statik İtme Analizi

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF EXISTING REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL STRUCTURES WITH NONLINEAR METHODS

Ender BAYRAKTAR

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özlem ÇAVDAR

2013, 181 pages

The earthquake movement and earthquake resistant structural design principles taking places on regulations of many countries on structural engineering are constitutes an important place in the regulation in Our Country. It is expected in Our Country that the structural reliability increases especially with “Specification for Structures to be built in Earthquake Areas-2007 (SSBEA-2007)” that goes in to operation in 2007 and tackles the matter very seriously compared to the previous earthquake regulations. The earthquake motion can be described shortly as impulses on ground and basis of building caused by fault movements. Non-periodic vibrations in the base caused by the impulses produce very complex deformations (rotation and displacement) and internal forces. The Specification tries to solve the problem of occurring cumulative damage (rotations) on vibrating

buildings and it one of the parameters providing the emergence of the modern methods of seismic analysis. In earthquake engineering, Performance-based design method is used to determine the level of expected performance of the structure under earthquake.

In this study, the performance of the existing reinforced concrete shear wall buildings are determined by non-linear analysis methods defined in Seismic Code. There are two existing buildings that are subject of this study. The building in Bingöl is defined as Model-1, and the one in Gümüşhane is defined as Model-2. Model-1 was collapsed in Bingöl earthquake in 2003. Model-2 is an existing building came into use in 2013.

The performance of Model 1 is decided by analyzing with incremental equivalent seismic load method and nonlinear dynamic time history analysis. Three different earthquake acceleration records are used for nonlinear dynamic time history analysis for two models. These are Adana Ceyhan, 1998, Bingöl 2003, and Van 2011 earthquake acceleration records. Only nonlinear dynamic time history analysis is used in Model-2 to decide performance of the structure.

As a result of the analysis, nonlinear dynamic time history analysis results are taken into account to determine the performance of Model-1. According to the analysis with incremental equivalent seismic load method, performance level is life safety, and according to nonlinear dynamic time history analysis, the performance level is collapsed. For the selected earthquakes, performance level of Model-2 is determined as collapsed.

Key Words: Earthquake Acceleration Records, Nonlinear Time History Analysis, Shear Wall Structures, Performance Analysis, Pushover Analysis

TEŞEKKÜR

DBYBHY 2007 7. bölüm kriterleri doğrultusunda mevcut iki adet perdeli betonarme binanın deprem performansını doğrusal olmayan yöntemler ile inceleyen bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

İki yıllık özverili ve yorucu bir çalışmanın ürünü olan bu çalışmanın, performans analizi konusunda daha kapsamlı daha verimli çalışmalara öncü olmasını temenni ediyorum.

Bu çalışmam kapsamında, tez danışmanım Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR'a deprem hareketi, yapı dinamiği, depreme dayanıklı yapı tasarımı, performans analizi, SAP 2000 programı ve mühendislik bakış açısı gibi konularda yardımını esirgemediğinden ötürü sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yazmış olduğum yüksek lisans tezinde sabır, anlayış, sevgi ve saygı unsurları ile çok değerli katkıları bulunan, desteklerini esirgemeyen biricik aileme minnettarlığımı ifade ederim, saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ender BAYRAKTAR
Gümüşhane, 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	III
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar	2
1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	8
1.2. Plastik Mafsal Hipotezi.....	9
1.2.1. Plastik Mafsal Hipotezinin Esasları	15
1.2.2. Yük Artımı Yöntemi	17
1.3. Betonarme Perdelerde Şekil Değiştirme ve Güç Tükenmesi.....	18
1.3.1. Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri	21
1.3.2. Perdelerin Planda Yerleştirilmesi	22
1.4. DBYBHY 2007'ye Göre Binaların Performans Değerlendirilmesi	24
1.4.1. Binalardan Bilgi Toplanması	25
1.4.2. Bilgi Düzeyleri.....	25
1.4.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	26
1.4.3.1. Kesit Hasar Sınırları.....	27
1.4.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri	27
1.4.4. Performansın Belirlenmesi ve Kullanılan Analiz Yöntemleri	28
1.4.4.1. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İçin Genel İlke ve Kurallar	28
1.4.4.2. Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi	30
1.4.4.3. Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirilmesinde Hesap Adımları	30
1.4.4.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi.....	31
1.4.4.5. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi.....	33

1.4.4.5.1.	Toplam Elastik Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi.....	34
1.4.4.5.2.	Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi.....	35
1.4.4.5.3.	Modal Kapasite Eğrisinin Oluşturulması.....	36
1.4.4.6.	Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi.....	41
1.4.4.7.	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi.....	41
1.4.4.7.1.	Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	42
1.4.4.7.1.1.	Yapay Deprem Yer Hareketleri	42
1.4.4.7.1.2.	Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri.....	42
1.4.4.7.2.	Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Hesap Adımları	43
1.4.4.8.	Kesitteki Birim Şekil değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi.....	44
1.4.4.8.1.	Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil değiştirme Kapasiteleri	44
1.4.4.9.	Bina Deprem Performans Düzeyleri	45
1.4.4.9.1.	Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi	46
1.4.4.9.2.	Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi	46
1.4.4.9.3.	Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi	47
1.4.4.9.4.	Göçme Durumu Sınır Durumu.....	47
1.4.4.10.	Performans Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri.....	48
1.4.4.11.	Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri	49
1.5.	FEMA 356 ve ATC 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi	50
1.5.1.	FEMA 356 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	52
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	54
2.1.	Bingöl Depreminde Göçen Perdeli Betonarme Bina Örneği (Model-1)	54
2.1.1.	Yapının Genel Özellikleri.....	54
2.1.2.	Z3 ve Z4 Yerel Zemin Sınıflarının Grafikselsel Özellikleri	62
2.1.3.	Analizlerde Kullanılan Deprem İvme Kayıtları.....	65
2.2.	Gümüşhane İlinde Mevcut Olan Perdeli Betonarme Bina Örneği (Model-2)	69
2.2.1.	Yapının Genel Özellikleri.....	69
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER.....	78
3.1.	Model-1 İçin Bulgular ve İrdelemeler	78
3.1.1.	Model-1 İçin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Analizi	79
3.1.1.1.	Model-1 İçin Etkin Mod Katılım Çarpanının Hesaplanması.....	80
3.1.1.2.	Z3 Yerel Zemin Sınıfı X Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer.....	81
3.1.1.3.	Model-1'in X Doğrultusu İçin Burulma Denetimi	82

3.1.1.4.	Z3 Yerel Zemin Sınıfı Y Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer.....	83
3.1.1.5.	Model-1'in Y Doğrultusu İçin Burulma Denetimi	84
3.1.1.6.	Z3 Yerel Zemin Sınıfı Tasarım Depremine Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi	85
3.1.1.7.	Z4 Yerel Zemin Sınıfı X Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	88
3.1.1.8.	Z4 Yerel Zemin Sınıfı Y Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	90
3.1.1.9.	Z4 Yerel Zemin Sınıfı Tasarım Depremine Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi	91
3.1.1.10.	Z3 Yerel Zemin Sınıfı Şiddetli Depreme Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi	94
3.1.1.11.	Z4 Yerel Zemin Sınıfı Şiddetli Depreme Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi	97
3.1.2.	Model-1 İçin Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz.....	107
3.1.2.1.	Doğrusal Olmayan Dinamik Analizde Kullanılan Rijitlik ve Kütle Matrisi Parametreleri	107
3.1.2.2.	Model-1'in Taban Kesme Kuvvetinin Zamana Bağlı Değişimi	108
3.1.2.3.	Performans Analizinin Belirlenmesi İçin Kullanılacak Deprem Belirlenmesi	112
3.2.	Model-1 İçin Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırması	114
3.3.	Model-2 İçin Bulgular ve İrdelemeler	129
3.3.1.	Doğrusal Olmayan Dinamik Analizde Kullanılan Rijitlik ve Kütle Matrisi Parametreleri	131
3.3.2.	Model 2'nin Taban Kesme Kuvvetinin Zamana Bağlı Değişimi	131
3.3.3.	Performans Analizinin Belirlenmesi İçin Kullanılacak Deprem Belirlenmesi	136
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	142
5.	KAYNAKLAR	146
6.	EKLER.....	150
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Eğilme momenti-eğrilik diyagramı..... 10
Şekil 1.2.	Mesnet noktasında plastik mafsalsal 11
Şekil 1.3.	İdealize edilmiş moment-eğrilik diyagramı 12
Şekil 1.4.	Plastik mafsalsalın yük deformasyon eğrisi ve performans noktaları 13
Şekil 1.5.	Eğilme doğrultusunda plastik mafsalsal boyu 14
Şekil 1.6.	Betonarme kesitlerde moment eğrilik değişimi 14
Şekil 1.7.	Yığılı plastik davranış hipotezi 15
Şekil 1.8.	Kesitteki plastik eğrilik ve çatlama ilişkisi 16
Şekil 1.9.	Kolon kiriş ve perde elemanlarda SAP 2000 için plastik mafsalsal doğrultuları..... 17
Şekil 1.10.	Plastik mafsalsal hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan yükler altındaki davranışı..... 18
Şekil 1.11.	Yatay yük altında çerçeve ve perde davranışı..... 20
Şekil 1.12.	Farklı yapı türlerinin statik itme analizi ile elde edilen kapasite eğrileri 20
Şekil 1.13.	Perdelerin göçme biçimleri 22
Şekil 1.14.	Perdelerin planda düzenlenmesi 24
Şekil 1.15.	Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği..... 27
Şekil 1.16.	Eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları 33
Şekil 1.17.	Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi 37
Şekil 1.18.	$T_1^{(1)} \geq T_B$ performans noktasının bulunması..... 39
Şekil 1.19.	$T_1^{(1)} < T_B$ performans noktasının bulunması için ilk yaklaşım adımı..... 40
Şekil 1.20.	$T_1^{(1)} < T_B$ performans noktasının bulunması için son yaklaşım adımı..... 40
Şekil 1.21.	Hasarsız/Hemen Kullanım/Can Güvenliği/Göçme Öncesi Durumu Performans seviyelerinin grafiksel gösterimi 48
Şekil 1.22.	Modal kapasite eğrisinin doğrusallaştırılması 51
Şekil 1.23.	Kiriş moment-plastik dönme grafiği 52
Şekil 1.24.	Kolon ve perde moment-plastik dönme grafiği 53
Şekil 2.1.	Model-1 tipik kat planı..... 57
Şekil 2.2.	Model-1 bodrum kat planı 58
Şekil 2.3.	Model-1'in SAP 2000 modelinden görünüşler 59
Şekil 2.4.	Model-1 çubuk eleman modeli 60

Şekil 2.5.	Model-1 3D sonlu eleman modeli.....	60
Şekil 2.6.	Model-1'e ait elemanların SAP 2000 lokal eksenlerine göre en kesitleri.....	61
Şekil 2.7.	Z3 Yerel zemin sınıfı için yönetmelik spektrumu	63
Şekil 2.8.	Z3 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-periyot grafiği	63
Şekil 2.9.	Z3 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-spektral yer değiştirme grafiği.....	63
Şekil 2.10.	Z4 Yerel zemin sınıfı için yönetmelik spektrumu	64
Şekil 2.11.	Z4 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-periyot grafiği	64
Şekil 2.12.	Z4 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-spektral yer değiştirme grafiği.....	64
Şekil 2.13.	Bingöl depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı	66
Şekil 2.14.	Bingöl depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı.....	66
Şekil 2. 15.	Bingöl depremi spektral ivme-periyot grafiği.....	66
Şekil 2.16.	Adana depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı.....	67
Şekil 2.17.	Adana depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı	67
Şekil 2.18.	Adana depremi spektral ivme-periyot grafiği	67
Şekil 2.19.	Van depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı.....	68
Şekil 2.20.	Van depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı	68
Şekil 2.21.	Van depremi spektral ivme-periyot grafiği.....	68
Şekil 2.22.	Model-2 tipik kat planı.....	72
Şekil 2.23.	Model-2 bodrum kat planı	73
Şekil 2.24.	Model-2'in SAP 2000 modelinden görünüşler	74
Şekil 2.25.	Model-2 çubuk eleman modeli	75
Şekil 2.26.	Model-2 3D sonlu eleman modeli.....	75
Şekil 2.27.	Model-2'ye ait elemanların SAP 2000 lokal eksenlerine göre en kesitleri.....	76
Şekil 3.1.	Model-1 mod şekilleri.....	79
Şekil 3.2.	Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi İçin taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi	86
Şekil 3.3.	Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	86
Şekil 3.4.	Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi	87
Şekil 3.5.	Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	87
Şekil 3.6.	Z3 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma	88

Şekil 3.7.	Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi	91
Şekil 3.8.	Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	92
Şekil 3.9.	Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti -tepe yer değiştirme kapasite eğrisi	92
Şekil 3.10.	Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	93
Şekil 3.11.	Z4 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma	94
Şekil 3.12.	Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi.....	95
Şekil 3.13.	Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	95
Şekil 3.14.	Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi.....	96
Şekil 3.15.	Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	96
Şekil 3.16.	Z3 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma.....	97
Şekil 3.17.	Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi.....	98
Şekil 3.18.	Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	98
Şekil 3.19.	Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi.....	99
Şekil 3.20.	Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi	99
Şekil 3.21.	Z4 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma.....	100
Şekil 3.22.	X Doğrultusu kolon alt ve üst uçlarında mafsallaşma durumu (XZ düzlemi)	105
Şekil 3.23.	Y Doğrultusu kolon alt ve üst uçlarında mafsallaşma durumu (YZ düzlemi)	106
Şekil 3.24.	Model-1'in x doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi	108
Şekil 3.25.	Model-1'in y doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi	109
Şekil 3.26.	Model-1'in Adana deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu.....	111
Şekil 3.27.	Model-1'in Bingöl deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu	111
Şekil 3.28.	Model-1'in Van deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu	112
Şekil 3.29.	Z3 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması	115

Şekil 3.30.	Z3 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması.....	115
Şekil 3.31.	Z4 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması.....	116
Şekil 3.32.	Z4 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması.....	116
Şekil 3.33.	Z3 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması.....	117
Şekil 3. 34.	Z3 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması	117
Şekil 3.35.	Z4 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması.....	118
Şekil 3. 36.	Z4 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması	118
Şekil 3.37.	X doğrultusu analizinde kirişlerin farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi.....	120
Şekil 3.38.	Y doğrultusu analizinde kirişlerin farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi.....	123
Şekil 3.39.	Model-1'in Adana deprem ivme kaydı ile yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözüm sonucu tepe deplasman-zaman değişimi.....	127
Şekil 3.40.	Model-1'in x doğrultusu için $V_{t_{max}}$ (taban kesme kuvveti)- d_{max} (tepe deplasman) değişimi	128
Şekil 3.41.	Model-1'in y doğrultusu için $V_{t_{max}}$ (taban kesme kuvveti)- d_{max} (tepe deplasman) değişimi	128
Şekil 3.42.	Model-2 mod şekilleri.....	130
Şekil 3.43.	Model-2'in x doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi	132
Şekil 3.44.	Model-2'in y doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi	133
Şekil 3.45.	Model-2'nin Adana deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu.....	135
Şekil 3.46.	Model-2'nin Bingöl deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu	135
Şekil 3.47.	Model-2'nin Van deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu	136
Şekil 3.48.	X Doğrultusu Adana depreminde göçme bölgesine geçen perde elemanlar.....	138
Şekil 3.49.	Y Doğrultusu Bingöl depreminde göçme bölgesine geçen perde elemanlar.....	140

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	26
Tablo 1.2. Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	34
Tablo 1.3. Deprem türleri ve elastik spektrum eğrisindeki değişim	49
Tablo 1.4. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	50
Tablo 2.1. Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait parametreler.....	65
Tablo 3.1. Model-1'e ait kütle katılım oranları	78
Tablo 3.2. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri.....	82
Tablo 3.3. Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için burulma durumu	82
Tablo 3.4. Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri	83
Tablo 3.5. Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için burulma durumu	84
Tablo 3.6. Z4 yerel zemin sınıfı x doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri	89
Tablo 3.7. Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için burulma durumu	89
Tablo 3.8. Z4 yerel zemin sınıfı y doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri	90
Tablo 3.9. Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için burulma durumu	91
Tablo 3.10. İtme analizi sonucu bulunan itme istemlerinin karşılaştırılması.....	100
Tablo 3.11. İtme analizi sonucu bulunan itme eğrisine ait maksimum değerler.....	101
Tablo 3.12. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu giriş performans değerlendirmesi.....	102
Tablo 3.13. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu giriş performans değerlendirmesi.....	102
Tablo 3.14. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu kolon performans değerlendirmesi.....	103
Tablo 3.15. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu kolon performans değerlendirmesi.....	104
Tablo 3.16. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı x doğrultusu kolon uçları hasar durumu	105
Tablo 3.17. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusu kolon uçları hasar durumu	105
Tablo 3.18. Model-1 için kullanılacak analizlerin belirlenmesi.....	112

Tablo 3.19.	Model-1 Adana depremi x doğrultusu kiriş hasar durumları.....	113
Tablo 3.20.	Model-1 Adana depremi y doğrultusu kiriş hasar durumları.....	113
Tablo 3.21.	Model-1 için farklı yöntemler sonucu bulunan taban kesme kuvvetleri	126
Tablo 3.22.	Model-1 için farklı yöntemler sonucu bulunan tepe deplasman değerleri	127
Tablo 3.23.	Model-2'e ait kütle katılım oranları.....	130
Tablo 3.24.	Model-2 için dikkate alınacak analizin belirlenmesi	136
Tablo 3.25.	X doğrultusu Adana depreminde gevrek kırılan perde elemanların belirlenmesi.....	139
Tablo 3.26.	Y doğrultusu Bingöl depreminde perde elemanların kırılma türlerinin belirlenmesi.....	141

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolonun brüt kesit alanı
a	: Modal yer değiştirme
A_s	: Boyuna donatı alanı
b	: Kesit genişliği
b_w	: Kirişin gövde genişliği
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranı
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği, modal yer değiştirme
d_1	: Birinci moda ait modal yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi
E	: Elastisite modülü, deprem yükü
E_c	: Beton elastisite modülü
El_0	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
El_e	: Çatlamış kesit eğilme rijitliği
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctk}	: Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut beton çekme dayanımı
f_{yk}	: Donatı çeliği karakteristik akma dayanımı
F	: Toplam yatay yük
F_C	: Beton basınç kuvveti
F_S	: Donatı çeliği çekme kuvveti
g	: Yer çekimi ivmesi
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyu
H_i	: Yapının i. katının temel seviyesinden yüksekliği
I	: Kesitin atalet momenti, bina önem katsayısı
L_P	: Plastik mafsallık boyu
M	: Eğilme momenti, bina toplam kütlesi
M_{X1}	: X deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlana hakim (birinci) moda ait etkin kütle

n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N	: Normal kuvvet, bina kat adedi
N_d	: Düşey yükler altında kolonda oluşan tasarım eksenel kuvvet
q	: Hareketli yük
Q	: Hareketli yük
R	: Yapı davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S_a	: Spektral ivme
S_{ae}	: Elastik spektral ivme
S_d	: Spektral yer değiştirme
S_{de1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{dei}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme
$S(T1)$	: T1 periyotdaki elastik tasarım ivme spektrumu
T	: Kesme kuvveti, periyot
T_1	: Binanın 1. Doğal titreşim periyodu
T_A	: Spektrum karakteristik periyodu
T_B	: Spektrum karakteristik ikinci periyodu
u_n	: Tepe noktası yer değiştirmesi
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın N. katında x deprem doğrultusunda i. itme adımı sonunda elde edilen 1. Moda ait yer değiştirme
$u_{xN1}^{(P)}$	: Binanın N. katında x deprem doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi
V_e	: Kesme kuvveti
V_t	: Taban kesme kuvveti
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı ile hesaplanan toplam ağırlığı
Γ_{x1}	: X deprem doğrultusunda 1. Moda ait katılım çarpanı
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_i	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	: Binanın N. katında x deprem doğrultusundaki 1. Moda ait genlik
Δ_{FN}	: Ek eşdeğer deprem yükü
ε	: Birim boy değişimi
ε_c	: Beton birim şekil değiştirmesi
ε_{cg}	: Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi

ϵ_{cu}	: Beton ezilme birim kısalması
ϵ_y	: Akma şekil değıştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliğı birim şekil değıştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğı kopma uzaması
η_{bi}	: İ. katta tanımlı burulma düzensizliğı katsayısı
Θ_p	: Plastik dönme istemi
ABYBHY 1998	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 1998
AEDY	: Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü
ASCE	: American Soceiety of Civil Engineers
ATC	: Applied Technology Council
BHB	: Belirgin hasar bölgesi
BSSC	: Building Seismic Safety Council
CG	: Can güvenliğı
DBYBHY 2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
DODA	: Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz
FEMA	: Federal Emergancy Management Agency
GB	: Göçme bölgesi
GÇ	: Göçme sınırı
GÖ	: Göçme öncesi
GV	: Güvenlik sınırı
HK	: Hemen kullanım
İHB	: İleri hasar bölgesi
MHB	: Minimum hasar bölgesi
MN	: Minimum hasar
SAP 2000	: Structural Analysis and Design Program 2000
TS 500	: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğal afetler insanlık tarihini asırlardır etkilemiştir. İlkçağlardan beri insanlar, başta deprem olmak üzere birçok afetle karşılaşmış ve gün geçtikçe gelişen yöntemler ile bu duruma karşı koymaya çalışmışlardır. Doğal afetlerde korunma içgüdüğü yerleşim merkezlerinin belirlenmesi ve konutların inşa edilmesi konuları üzerinde belirleyici etken oluşturmıştır. Tarih sahnesine ilk çıkan yapılarda dahi yanal etkileri karşılaması için stabilite çaprazları ile örülen duvarlar, kemer taşıyıcılar gibi günümüzde hala kullanılan yöntemler gözlenmektedir.

Artan teknoloji ile özellikle yazılım ve bilgisayar teknolojileri, oldukça karmaşık ve bol parametresi olan deprem hareketini incelemede önemli bir yer teşkil etmektedir. Son otuz yıldır ülkemizde de gün geçtikçe gelişen bilgisayar destekli yapı analizi ile deprem hareketi detaylı olarak incelenmektedir.

Elastik teoremin eksikleri dünyadaki çeşitli depremlerde oluşan yapı hasarlarında ortaya çıkmış ve neticesinde elasto-plastik davranış bilgisine ihtiyaç oluşmuştur. Böylelikle malzeme-kesit-eleman-yapı öğelerinin akma sonrası davranışları göz önüne alınarak çok daha kapsamlı analizler yapılmaktadır. Bu analizler genel olarak doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere iki ana başlıkta incelenir. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ise artımsal itme analizi (pushover) ve zaman tanım alanında çözüm olmak üzere ikiye ayrılır. İtme analizi ise artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal mod birleştirme yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)'nin yedinci bölümünü oluşturan performans esaslı yapı tasarımı, kuvvet esaslı yöntemlere oranla önemli farklılıklar getirmektedir. Bunun yerine şekil değiştirme ve yer değiştirme kriterleri ön plana çıkarak Hooke Kanunu'nun kısıtlayıcı kurallarının ötesine geçilmiştir. Performans analizinin malzeme bilimindeki akma ve pekleşme koşulunu baz aldığı hatırlanacak olursa malzemenin çalışma prensibi, elemanın çalışma prensibini değiştirecek ve en güvenilir sonuçlar ortaya çıkacaktır. Malzemenin doğrusal olmayan davranışının yapı elemanlarında dikkate alınması plastik mafsalları teorisi ile mümkün olmaktadır. Düşey ve yatay taşıyıcı elemanlara atanacak plastik mafsallar farklılık

göstermektedir. Unutulmaması gereken çok önemli bir detay ise plastik mafsalin sünek (düktil) taşıyıcı elemanlar için geçerli olmasıdır. Dolayısı ile güvenilir bir doğrusal olmayan analiz için yapıdaki tüm elemanlar kesit bazında incelenerek sünek olup olmadığı belirlenmelidir. Doğrusal yöntemlerde ise doğrusal olmayan davranışı temsilen bir deprem küçültme katsayısı (R_a) alınarak yapılan analizler, performans esaslı tasarım ile bu kabulden arındırılmıştır. Ancak bu yöntemlerin en önemli unsuru bilgisayar desteksiz çözümün imkansız olmasıdır.

Doğal olarak performans analizi doğrusal analizi de kapsamaktadır. Akma noktasına gelinceye kadar güvenli bir hesap yöntemi olan doğrusal analizler akma noktasından sonra plastik davranış (akma platosu) kriterleri hesaplara dahil edilerek doğrusal olmayan analiz yapılabilir. Doğrusal olmayan analizin doğrusal davranış ve doğrusal olmayan davranışın vektörel toplamı olduğu söylenebilir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri kendi içlerinde farklılık göstermektedir. İtme analizde adım adım artan yatay kuvvetler ile yapının taban kesme kuvveti/ tepe deplasman eğrisi elde edilerek itme istemleri belirlenir. İtme istemine kadar artan yatay kuvvetlerle yüklenen yapıda performans belirlenir. Zaman tanım alanında çözümde ise en önemli özellik itme isteminin söz konusu olmamasıdır. Bu yöntemde deprem ivme kaydı adım adım integre edilerek bulunan yatay kuvvetler yapıya etkitilir. İtme istemi kullanılan deprem kaydına göre değişim gösterir. Analiz sonucunda birikimli değerler dikkate alınarak bina performansına karar verilir.

Uygulama mühendisleri için yapıların depreme karşı davranışını belirlemede, taşıyıcı sistem seçimi ve malzemenin doğrusal olmayan davranışını da göz önünde bulundurabilen basitleştirilmiş hesap yöntemlerine ihtiyaç vardır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz (doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz) yöntemleri performansa dayalı yaklaşım için geliştirilmiştir. Güvenli binaların projelendirilmesi ise bilinçli ve bilimsel verileri işleyebilen inşaat mühendislerinin özverili çalışmaları ile yol bulacaktır.

1.1.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

DBYBHY 2007 yılında ülkemizde yürürlüğe girmiştir. Diğer yönetmeliklerden “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” başlığı ile ayrılmaktadır. Belirtilen başlık performans kavramını ülkemizdeki inşaat mühendisleri ile tanıştırmış ve

yeni analiz yöntemleri sunmuştur. Ülkemizde konu ile ilgili henüz yeterli gelişim sağlanamamış ve yeterli kullanım düzeyine ulaşamamıştır.

Yurtdışında, özellikle Avrupa ülkeleri, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, deprem performanslarının belirlenmesine yönelik detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Deprem güvenliği konusunda çalışmalar gerçekleştiren Applied Technology Council (ATC) tarafından "Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings-ATC 40 projesi" ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings - FEMA 273, 356 yayınları" gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, bu çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 projesi yürütülmüş ve projenin bulgularını içeren FEMA 440 taslak raporu hazırlanmıştır. Bu organizasyonların yanında, Building Seismic Safety Council (BSSC), American Society of Civil Engineers (ASCE) ve Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley (EERC-UCB) tarafından yürütülen diğer projeler de bu alandaki araştırmalara katkı sağlamıştır. Bu projelerden ve yayınlardan yararlanarak, deprem bölgelerinde yer alan mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ve yeni inşa edilecek binaların performansa dayalı tasarımı mümkün olmaktadır (Özer, 2007).

Moghadam ve Tso (2000), artımsal itme analizini deprem talebinin asimetrik binalarda oluşturduğu zararın değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Çalışmada eksantrik ve simetrik binaların üç boyutlu artımsal itme analizi örnekler yardımı ile verilmektedir. Modal analizler, kapasite diyagramları, momentler ve grafikler tablolar halinde verilmekte ve sonuçlar karşılaştırmaktadır.

Coleman ve Spacone (2001) tarafından yapılan çalışmada, üzerine uygulanan yük sonucu bir yapı elemanın nasıl bir kapasite eğrisi çizdiği anlatılmaktadır. Plastik mafsalların nerelerde meydana geldiği kolon ve kiriş örnekleri üzerinde gösterilmiştir.

Kilar ve Fajfar (2001) tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yapıların sismik tasarımı ve değerlendirilmesinde kullanılmakta olan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin kabul edilebilirliği araştırılmıştır. Yapı sistemleri için elde edilen toplam taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirmesi ilişkisinin idealleştirilmesini esas alan analiz yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Antoniou vd. (2002), doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin bazı kısıtlamalarını azaltmak üzere, yeni bir doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, yapının elastik ötesi davranışının çeşitli kademelerinde,

elemanların değişen rijitliklerine ve yapı sisteminin dinamik özelliklerine bağlı olarak, yapı sistemi yüksekliği boyunca yatay yük dağılımının değişimini dikkate almakta ve yüksek mod etkilerini içermektedir.

Chopra ve Goel (2002), çalışmasında binaların deprem davranışını belirlemek için modal statik itme analizi formülasyonunu sunmuşlardır.

Aydinoğlu (2003), çalışmasında çok modlu deprem performans değerlendirmeleri için elastik olmayan spektral yer değiştirmelere dayalı bir artımsal davranış spektrum işlemi sunmuştur.

İrtem vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, 3 katlı her bir yönde  açıklıklı ereve yapı, ikincisi 6 katlı her bir yönde beş açıklıklı ereve yapı ve üçüncüsü 10 katlı her bir yönde beş açıklıklı perde-ereve olmak üzere üç farklı düzenli yapı sisteminde Türk Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış düzenli betonarme yapıların Kapasite Spektrumu Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayısı Yöntemi (DKY) ile performanslarının belirlenmesi ve bunların yönetmelikte öngörülen genel performans hedefleri ile karşılaştırılarak yönetmeliğin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, kullanılan lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yöntemlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Chintanapakdee ve Chopra (2003), çalışmalarında 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 katlı binaların statik itme yöntemine göre analizlerini yapıp kapasite eğrilerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada alt katlardan yüksek katlara göre yerdeğiştirmelerin nasıl değiştiği vurgulanmaktadır.

Almeida ve Carneiro-Barros (2003), birinci doğal titreşim modu şekline göre yatay yük dağılımı uygulanması durumunda çok iyi sonuçlar veren, fakat yüksek mod etkilerinin önemli olduğu yapılarda bu hassasiyetini kaybeden doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerine alternatif olarak her modun katılımını içeren bir yatay yük dağılımı geliştirmişlerdir.

Jan v.d. (2004), yüksek katlı binaların deprem davranışını belirlemek için bir st sınır statik itme analizi yöntemi geliştirmişlerdir. Değişik kiriş ve kolon elemanlar için 30 katlı bir binanın performans analizini ayrıntılı olarak incelemişlerdir.

Maison (2005), çalışmasında seçmiş oldukları binaların FEMA' ya göre artımsal itme analizini gerçekleştirerek bir değerlendirme sunmaktadırlar. Bu değerlendirmede, artımsal itme analizinin tartışmaya açık konularına da açıklık getirmeye çalışmışlardır.

Korkmaz ve Düzgün (2006), yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerini, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırılarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada periyotları farklı, üç açıklıklı, 3, 5, 8 ve 15 katlı dört betonarme çerçeve yapı ele alınmış ve bu çerçeve yapılar için dikdörtgen, üçgen (IBC, $k=1$) ve parabol (IBC, $k=2$) yük etkileri altında doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Statik artımsal itme analizleri, farklı 50 deprem verisi ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Kalkan ve Kunnath (2006) doğrusal olmayan dinamik analizlerin çok sayıda deprem kaydı gerektirmesi ve doğrusal olmayan statik analizlerin FEMA 356'da önerilen yük dağılımları kullanılarak yüksek mod etkilerini belirlemesindeki yetersizliği nedeniyle yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Uyarlamalı modal birleştirme isimli yöntemi incelemek amacıyla 6 ve 13 katlı çelik moment aktaran çerçeve binalar ile 7 ve 20 katlı betonarme moment aktaran çerçeve binalar boyutlandırılmıştır. Çalışma sonucunda, Uyarlamalı modal birleştirme yönteminin katlar arası öteleme ve plastik dönme gibi pik davranışların ölçümlerini çalışmada incelenen diğer doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinden daha tutarlı olarak tahmin ettiğini göstermiştir.

Korkmaz vd. (2006), çalışmalarında betonarme bir yapı modelini, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan performansa bağlı analizlerden “Kapasite Spektrumu” ve “Yer Değiştirme Katsayısı” yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir.

Kutanis (2006), zaman tanım alanında hesap yöntemine alternatif olarak geliştirilen doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinden uyumlu (adaptive) statik itme yöntemi ve klasik statik itme yöntemlerinden elde edilen sonuçları, Artımsal Dinamik Analiz sonuçlarıyla karşılaştırmıştır.

İnel vd. (2007), çalışmalarında doğrusal olmayan eleman davranışını dikkate alınarak seçilen tip projeli mevcut betonarme okul binalarının sismik kapasitelerini bularak, performans değerlendirmelerini yapmışlardır.

Sezer vd. (2007), çalışmalarında DBYBHY 2007 Bölüm 2 ve Bölüm 3'e göre yeni olarak tasarlanan binaların, mevcut bina kabul edilerek DBYBHY 2007'de mevcut binalar için tanımlanan performans hedefleri ve sonuçlar arasındaki uyum üzerinde durmuşlardır.

Sucuoğlu (2007), çalışmasında DBYBHY 2007’de tanımlanan analiz yöntemlerini örnekler ile açıklanmış ve sonuçları yayınlamıştır.

Sezer ve Akın (2007) tarafından yapılan çalışmada, mevcut bir betonarme bina üzerinde, öncelikle DBYBHY-2007’de yer alan doğrusal elastik hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapının hasar durumu belirlenmeye çalışılmış, daha sonra ise doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi için, FEMA356 raporu esas alınarak statik itme analizi (pushover analiz) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yapının performans düzeyi belirlenmiş ve kapasite eğrileri çizilmiştir.

Türker ve İrtem (2007), çalışmalarında FEMA 356 ön standardında binaların Doğrusal Olmayan Statik Analiz (DOSA) ile değerlendirilmesinde öngörülen yatay yük dağılımlarını irdelenmişlerdir. Bunun için, üç tipik düzenli betonarme çerçeve üzerinde, farklı karakteristiklerdeki deprem yer hareketleri için, FEMA 356’da öngörülen yük dağılımları (spektral dağılım, üniform dağılım ve uyarlamalı dağılım) kullanılarak DOSA’lar yapılmış ve elde edilen davranış büyüklükleri (görelî kat ötelemeleri, maksimum kiriş plastik dönmeleri ve kat kesme kuvvetleri), aynı yer hareketleri için gerçekleştirilen Lineer Olmayan Dinamik Analiz (LODA) sonuçları ile karşılaştırılarak dağılımlar değerlendirmişlerdir.

Korkmaz ve Kayhan (2008) tarafından yapılan çalışmada, büyük bina yer değiştirmesi açısından, kapasite spektrumu yöntemi, yer değiştirme katsayısı yöntemi, DBYBHY 2007’de öngörülen elastik yöntem ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi ele alınarak örnek betonarme bir yapı üzerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir.

Providakis (2008), çalışmasında taban izalasyonlu çelik ve betondan oluşan kompozit 5 katlı iki farklı binanın yakın fay etkisine göre doğrusal olmayan statik itme analizini gerçekleştirmiştir.

Rahai ve Alinia (2008), düzlem çerçeve sistemlerde farklı şekillerde düzenlenmiş kompozit eğik elemanların etkisini araştırmışlardır. Mevcut olan 3 ve 9 katlı iki betonarme bina modeli üzerinde kompozit eğik elemanların olması durumlarında binaların performans analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Tanrıkoğlu, Kıran (2010) 8 katlı kolon, kiriş, döşeme ve perde elemanlardan oluşan çerçeve+perde tipi bir betonarme bina için doğrusal yöntem ile performans analizi yapmışlardır.

Korkmaz vd. (2010), çalışmalarında 10 katlı betonarme 16 tip yapının deprem davranışındaki değişiklikleri inceleyerek düzensizliklerin yapısal davranışa etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Analizler kapsamında doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiş, yapıların kapasite eğrileri, yatay kat yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, katlardaki maksimum plastik dönmeler belirlenmiştir.

Beceren (2010) 8 katlı kolon, kiriş, döşeme ve perde elemanlardan oluşan çerçeve+perde tipi bir betonarme yapının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanarak performans analizi çalışması yapmışlardır. Çalışmada perde elemanlar area eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan yöntem olarak artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz kullanmışlardır. Her yöntemin farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Arisoy ve Arel (2010) tarafından yapılan çalışmada, çerçevelerden ve perde-çerçevelerden oluşan sekiz katlı iki adet betonarme binanın performans analizleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için doğrusal ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile yapıp sonuçlar kıyaslanmıştır. Doğrusal olmayan hesap yönteminde hasar bölgelerinin tespitinde kullanılan hedef yer değiştirme değeri iki farklı yöntem (Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu) ile ayrı ayrı hesaplanıp karşılaştırılmıştır.

Lagaros ve Fragiadakis (2011), Avrupa ve Amerika yönetmeliklerinde önerilen statik itme analizi yöntemlerini binaların optimum tasarımını elde edebilmek için ayrı ayrı incelemişler ve maliyet açısından sonuçları karşılaştırmışlardır. Sayısal örnek olarak simetrik ve simetrik olmayan dört farklı bina modeli için performans analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Duman (2011) kolon kiriş ve döşeme elemanlarından oluşan DBYBHY 2007'e göre tasarlanmış 5 katlı bir hastane binası için doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler (artımsal eşdeğer deprem yükü) ile performans belirlemesi çalışması yapmışlardır. Tasarım ve şiddetli deprem için ayrı ayrı hesap yapılan çalışmada hastane binasının istenen performansı sağlayıp sağlayamadığı irdelenmiştir.

Malekpour v.d. (2011); çalışmalarında İran, Avrupa, ve Japon deprem yönetmeliklerine göre çelik moment direnme çerçevelerinin deprem performans değerlendirmesini yapmışlardır.

Vijayakumar ve Babu (2012); Z3 yerel zemin sınıfı üzerinde yer alan 3 katlı mevcut bir betonarme yapının statik itme analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaları

sonucunda statik itme analizinin binaların deprem performansının belirlenmesinde çabuk ve doğru tahminler verdiği vurgulanmıştır.

1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizdeki yapı stoğunun yüzde doksandan fazlasının betonarme olması, mevcut betonarme binaların depreme güvenli olup olmadığı ya da yeni yapılacak binaların hangi unsurlar dikkate alınarak yapılması gerektiği konularında soru işaretleri oluşturmaktadır. Bu soruya cevap verebilmek adına hazırlanan ‘Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm yöntemleri 7. bölüm başlığı altında sunulmuştur. Bu bölüm şimdilik sadece betonarme binalar için geçerlidir.

Bu tez çalışmasında iki adet mevcut perdeli betonarme binanın deprem performansları, SAP 2000 (Structural Analysis Program 2000) programının doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu modellerin biri Bingöl 2003 depreminde yıkılmış perdeli betonarme (bodrum+7 kat) bir binadır. Diğer model ise Gümüşhane il merkezinde 2013 yılında hizmete girmiş olan mevcut perdeli betonarme (bodrum+10 kat) bir yapıdır. Her iki yapı da konut amaçlıdır. Bingöl 2003 depreminde göçen binaya iki farklı doğrusal olmayan yöntem uygulanmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında çözüm (doğrusal olmayan dinamik analiz) ile incelenmiş ve farklı yöntemlerin verdiği farklı sonuçlar kıyaslanmış ve yorumlanmıştır. Gümüşhane vilayetinde yapımı devam etmekte olan bina ise sadece doğrusal olmayan dinamik analiz ile incelenmiştir. Her iki modelde de aynı deprem ivme kayıtları kullanılmış ve binaların deprem performansları birbiri ile kıyaslanmıştır. Kullanılan deprem ivme kayıtları 1998 Adana Ceyhan, 2003 Bingöl ve 2001 Van depremleridir. Bahsi geçen deprem ivme kayıtları üç adet bileşke içermektedir. Bu bileşkeler doğu-batı, kuzey-güney ve düşeydir. Bu bileşkelerden kuzey-güney bileşkesi dikkate alınmış ve modellere her iki doğrultuda uygun çarpım katsayısı (ölçekleme katsayısı) ile çarpılarak analiz yapılmıştır.

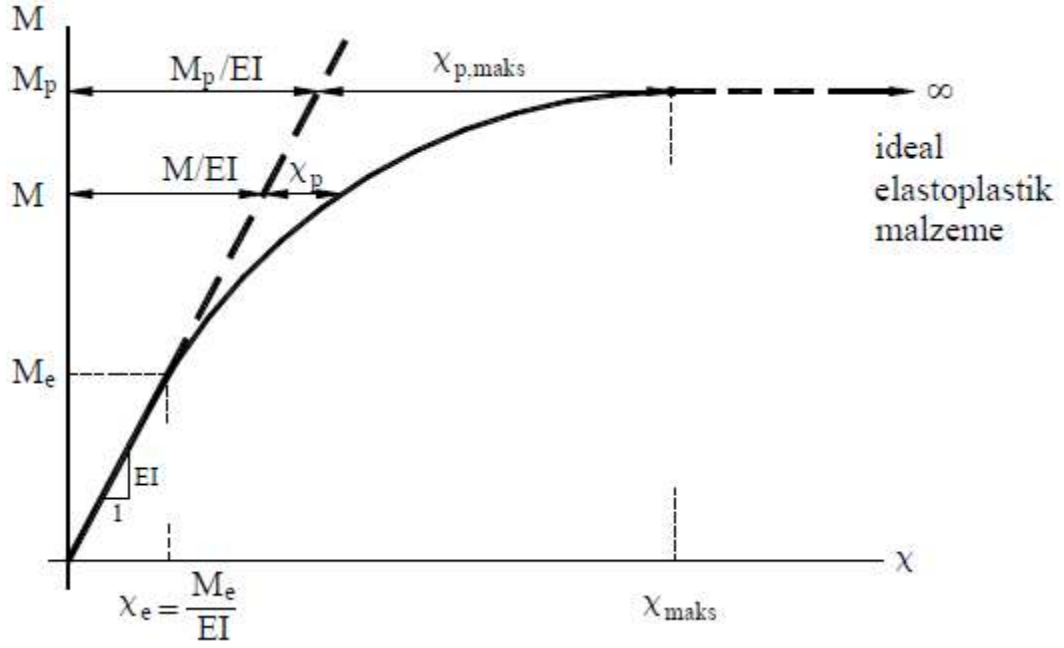
1.2. Plastik Mafsal Hipotezi

Malzeme bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal (plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayımı altında, yük parametresi-yer değiştirme bağıntısının elde edilmesi, limit yükün ve göçme yükünün hesabı amacıyla geliştirilen yöntemler hakkında bilgi verilecektir.

Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde (çelik yapılarda ve bazı koşullar altında betonarme yapılarda) plastik mafsal hipotezi yapılarak sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir.

Toplam şekil değiştirmelerin doğrusal şekil değiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekil değiştirmelerinin plastik mafsal adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu hipoteze plastik mafsal hipotezi adı verilir.

Gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısı Şekil (1.1.)’de verilmiştir. Burada elastoplastik davrandığı varsayılan bir elemanın herhangi bir noktasındaki artan eğilme momentinin eğrilik ile değişimi gösterilmiştir. Elastik noktaya kadar moment ile aynı oranda artan eğilme, plastik bölgeye geçince momentteki artış ciddi oranda azalırken eğrilik artmaya devam etmektedir. Plastik mafsal adı verilen doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin toplandığı nokta moment taşıma kapasitesini aşmış ancak şekil değiştirme kapasitesini aşmamıştır. Kesitin moment taşımadan yaptığı şekil değiştirme/dönme hareketi plastik mafsal hipotezinin temelini teşkil etmektedir.



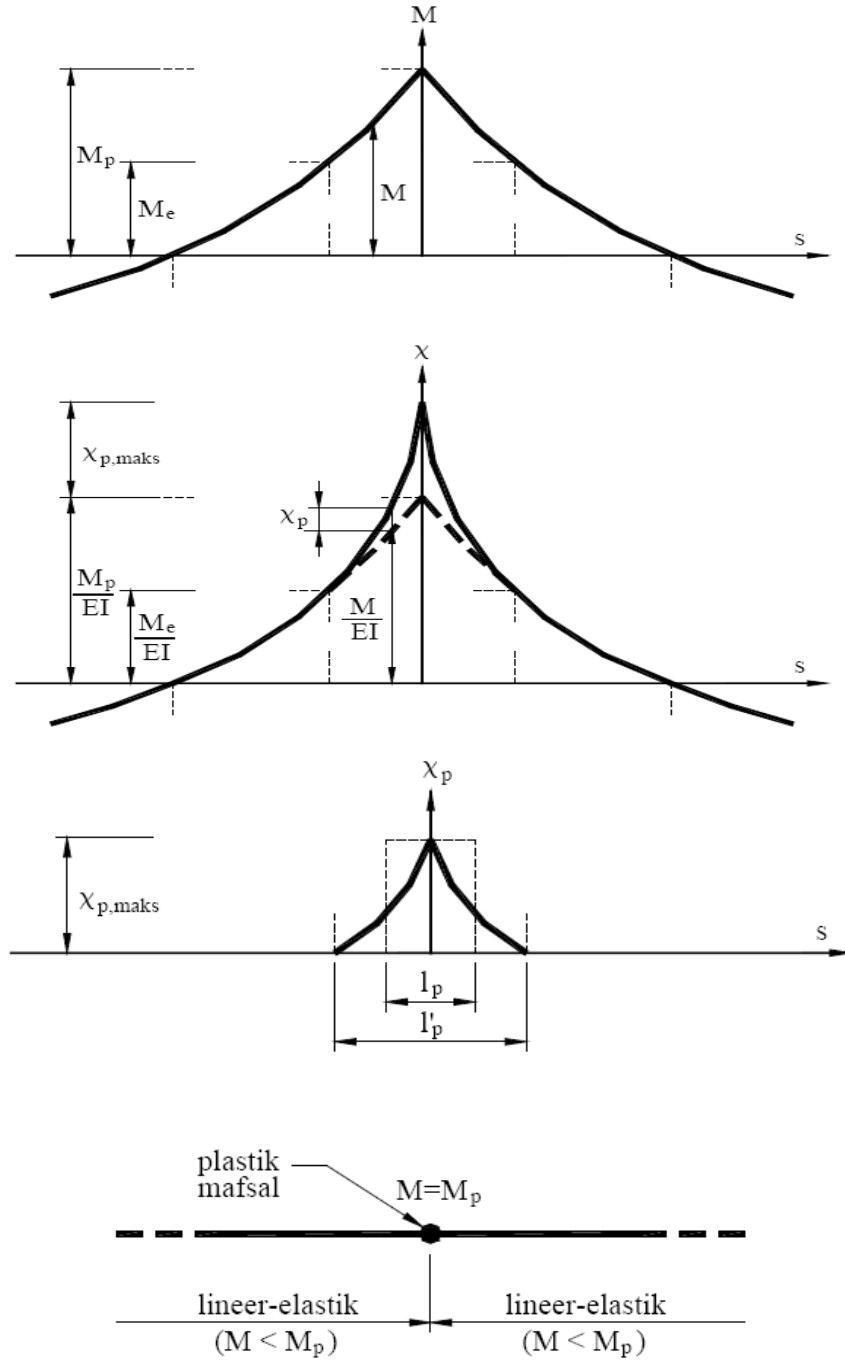
Şekil 1.1. Eğilme momenti-eğrilik diyagramı (Özer, 2009).

Plastik mafsal hipotezinde, çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğundaki bir bölgeye yayılan doğrusal olmayan (plastik) şekil değiştirmelerin/dönmeleri

$$\Phi_p = \int_0^{l_p} \chi_p ds \quad (1.1)$$

şeklinde, plastik mafsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Burada, Φ_p plastik mafsalın dönmesi olarak tanımlanır.

Plastik mafsal olarak tanımlanan noktalar çoğu kez mesnet (birleşim) noktalarıdır. Şekil (1.2.)’de doğrusal olmayan şekil değiştirme/dönmelerin toplandığı noktalardaki (plastik mafsal noktası) moment ve eğrilik değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Mesnet noktasında plastik mafsal (Özer, 2009).

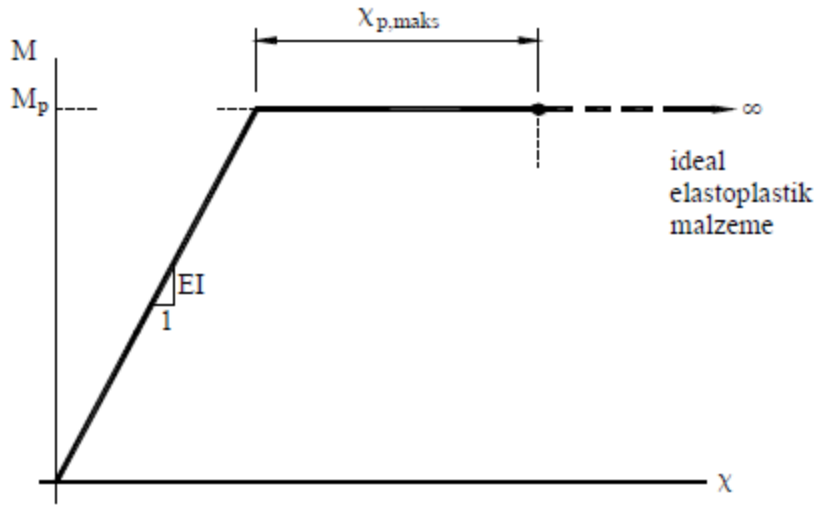
Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, gerçek eğilme momenti - eğrilik bağıntısının

$$M < M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (1.2)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,max} \quad (1.3)$$

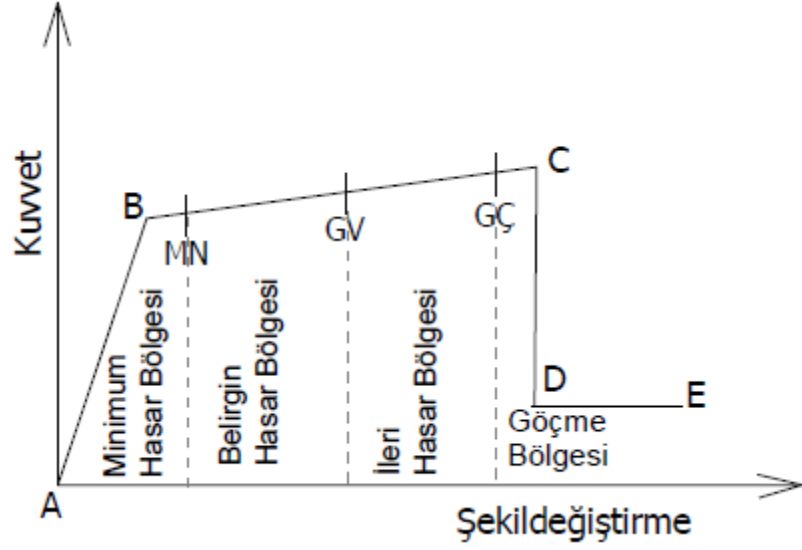
şeklinde iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir. Denklem (1.2.) ve Denklem (1.3.)’de M eğilme momentini, M_p plastik momenti, χ kesit eğriliğini göstermektedir.

Plastik mafsallarda hipotezinin kullanıldığı analizlerde işlem kolaylığı için genellikle idealize edilmiş moment-eğrilik bağıntıları kullanılır. Moment eğrilik diyagramı iki doğrulu (bi-lineer) şekle getirilerek elastik ve plastik bölgenin birbirinden kesin bir biçimde ayrılması sağlanır. Bu bağıntıları kolay kılan detay ise plastik bölgede moment artışının yani pekleşme etkisinin terk edilmesidir. Şekil (1.3.)’de idealize edilmiş bir moment-eğrilik bağıntısı gösterilmiştir.



Şekil 1.3. İdealize edilmiş moment-eğrilik diyagramı (Özer, 2009).

Artan dış yükler altında plastik mafsallarda dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, oluşan büyük plastik şekil değiştirmeler/dönme nedeniyle kesit kullanılamaz hale gelebilir. Kesit kullanılamaz hale gelinceye kadar adım adım dönme kapasitesine yaklaşır. Bu aşamada ilgili kesit dönme kapasite değerine yaklaştıkça göçme durumuna da yaklaşır. Artarak etkiyen kuvvet ve dolayısıyla artan dönme değerleri arasındaki ilişki, kesitin hasar sınırlarının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Bu parametre Şekil (1.4.) üzerinde gösterilmiştir. Yapı sisteminin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsallarda dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması ise, yapının tümünün kullanılamaz hale gelmesine (işletme dışı olmasına), diğer bir deyişle göçmesine neden olmaktadır.



Şekil 1.4. Plastik mafsallın yük deformasyon eğrisi ve performans noktaları

Şekil (1.4.)’de B noktasına kadar artan kuvvet oranında şekil değıştirme/dönme değerleri de artmaktadır. B noktasında son bulan elastik davranış C noktasına kadar plastik davranış göstermektedir. B-C noktaları arasında dönme artarken kuvvetin çok daha az oranda artması plastik davranışın gereğidir. C noktasına ulaşan dönme değeri bu aşamadan sonra artmaya devam edemez. Çünkü dönme kapasitesine ulaşan kesit göçecek yani işletme dışı olacaktır.

Dönme kapasitesi:

$$\max \Phi_p = \int_0^{l_p} \chi_p \, ds \quad \chi \rightarrow \chi_{p,\max} \quad (1.4)$$

şeklinde, eğilme momenti diyagramının şekline ve M(moment)- χ (eğrilik) bağıntısına bağılı olarak belirlenir.

Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı:

$$\max \Phi_p = l_p \cdot \chi_{p,\max} \quad (1.5)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada l_p , eşdeğer plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsall boyu) göstermektedir ve yaklaşık olarak $l_p = 0.5d$ (d: eğilmeye çalışan yöndeki en kesit yüksekliği) bağıntısı ile ifade edilir. Plastik mafsall boyunun teorik gösterimi Şekil (1.5.)’de gösterilmiştir.

Betonarme yapı sistemlerinde dönme kapasitesinin değeri çeşitli etkenlere bağlıdır. Bunların başlıcaları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

a- betonarme betonu ve beton çeliğinin G-ε diyagramlarını belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değişimleri,

b- betonarme betonunun ϵ_{cu} sınır birim boy değişmesini etkileyen, sargı donatısı miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,

c- plastik mafsallık boyunu etkileyen en kesit boyutları,

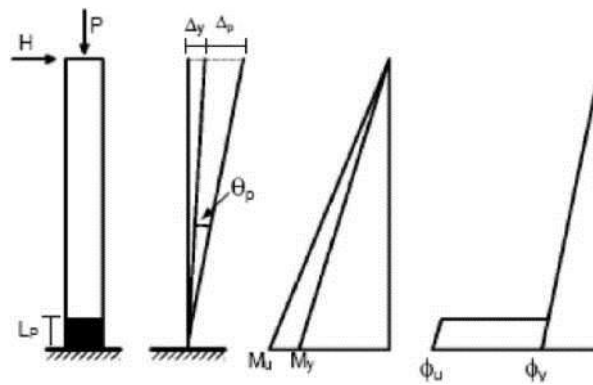
d- eğilme momenti diyagramının şeklidir.

1.2.1. Plastik Mafsallık Hipotezinin Esasları

1) Bir kesitteki eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsallık oluşur. Daha sonra, kesitteki eğilme momenti $M = M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki θ_p plastik dönmesi artarak maks θ_p dönme kapasitesine erişince, oluşan hasar nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelebilir.

2) Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal - elastik olarak davranır.

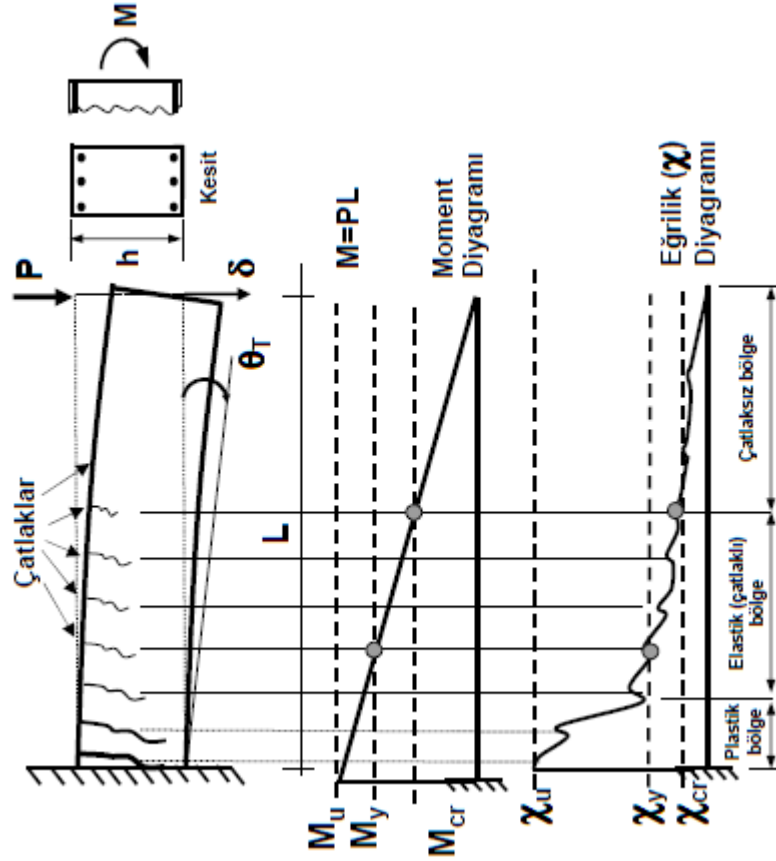
3) Kesite eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi halinde, M_p plastik momentini yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak akma koşulundan bulunan indirgenmiş plastik moment (M_p) değeri esas alınır.



Şekil 1.7. Yığılı plastik davranış hipotezi (FEMA 356).

Şekil (1.7.)’de FEMA tarafından hazırlanan, sadece alt ucundan ankastre mesnetli düşey bir taşıyıcı elemanın yük alması durumunda sırasıyla dönme, moment değişimi, eğrilik ilişkisi gösterilmiştir. Ankastre mesnedin ucunda, eğilmeye çalışan kesit boyunun

yaklaşık yarısı kabul edilen bir bölgede(plastik mafsal boyu) dönme miktarındaki artış moment artışına oranla oldukça fazladır. Özellikle akma momentinden sonraki plastik dönme artışı plastik moment artışına oranla çok dikkat çekicidir. Akma noktasından (plastikleşmenin başladığı nokta) sonra moment artışı ihmal edilebilecek düzeydeyken kesit dönme kapasitesine kadar serbestçe dönebilmektedir.

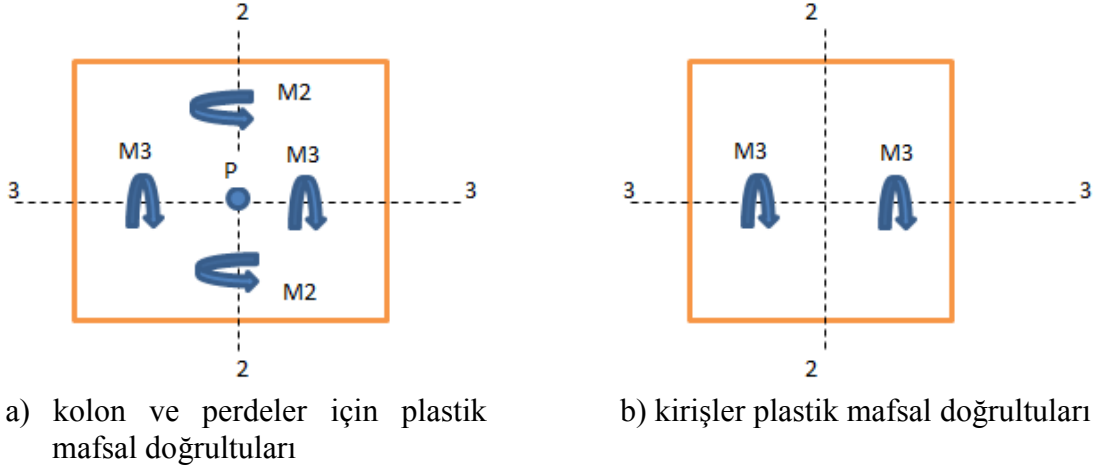


Şekil 1.8. Kesitteki plastik eğrilik ve çatlama ilişkisi (Türker, 2011).

Şekil (1.8.)’de örneklenen kesitin serbest dönme yaptığı plastik mafsal noktasındaki çatlama değişimi gösterilmiştir. Çatlamların dönme kapasitesine yaklaştıkça arttığı ve derinleştiği görülmektedir. Çatlamların plastik bölgede yoğunlaştığı diğer bölgelerde çatlama olsa dahi lineer davranış göstereceği kabulü söz konusudur.

FEMA 356’nın önerdiği plastik mafsal özellikleri SAP 2000 programının kendi algoritmasında mevcuttur. SAP 2000’de kullanılan lokal eksen takımları ile plastik mafsal özelliklerinin geometrileri oluşturulmaktadır. Genel olarak düşey elemanlarda (kolon, perde) her iki yönde eğilme momenti ve normal kuvvete bağlı olarak plastik mafsal

özellikleri dikkate alınır. Kirişlerde ise sadece eğilmeye çalışan doğrultudaki momente bağlı olarak plastik mafsallık özellikleri dikkate alınır.



Şekil 1.9. Kolon kiriş ve perde elemanlarda SAP 2000 için plastik mafsallık doğrultuları

Şekil (1.9.)’da düşey elemanlarda bileşik eğik eğilme, kirişlerde ise basit eğilme etkisinin plastik mafsallık özelliklerini belirlediği gösterilmiştir. Genel itibariyle, SAP 2000 programında dönme/şekil değiştirmelerin hesaplanabilmesi için kolon ve perdeler için P M2 M3, kirişler için ise M3 plastik mafsallık tanımlanmalıdır.

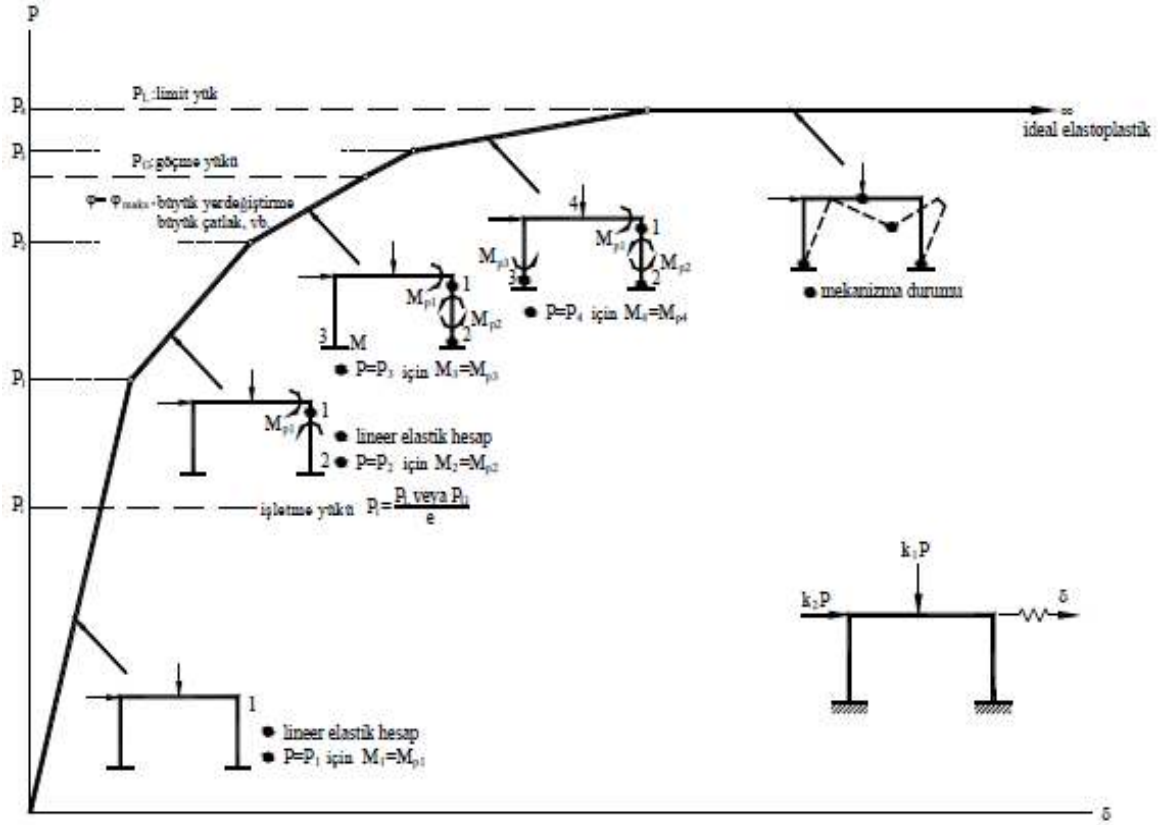
1.2.2. Yük Artımı Yöntemi

Plastik mafsallık hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan dış yükler altındaki davranışı aşağıdaki Şekil (1.10.) üzerinde açıklanmıştır.

Artan dış yükler altında, her plastik mafsallık oluşumundan sonra, o noktaya bir adi mafsallık koymak ve M_p plastik momentini dış yük olarak etkilemek suretiyle elde edilen sistem doğrusal - elastik teoriye göre hesaplanır. Sistemin doğrusal - elastik teoriye göre hesabı için Kuvvet veya Yer değiştirme yöntemlerinden herhangi biri uygulanabilir.

Belirli sayıda plastik mafsallık oluşumundan sonra, sistem kısmen veya tamamen mekanizma durumuna ulaşır; yani stabilitesini yitirerek yük taşıyamaz hale gelir. Şekil (1.10.) bu duruma karşı gelen P_L yük parametresi limit yük (birinci mertebe limit yük) olarak tanımlanır. Bu tanıma göre, limit yük sistemin tümünü veya bir bölümünü mekanizma durumuna getiren yüküdür.

Bazı hallerde limit yükten önce, plastik mafsallardaki dönmelerin dönme kapasitesine ulaşması, büyük yer değiştirmelerin oluşması veya betonarme sistemlerde büyük çatlaklar meydana gelmesi nedeniyle sistem göçebilir. Bu duruma karşı gelen P_G yük parametresi göçme yükü olarak tanımlanır.



Şekil 1.10. Plastik mafsallarda hipotezin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan yükler altındaki davranışı (Özer, 2009).

1.3. Betonarme Perdelerde Şekil Değişirme ve Güç Tükenmesi

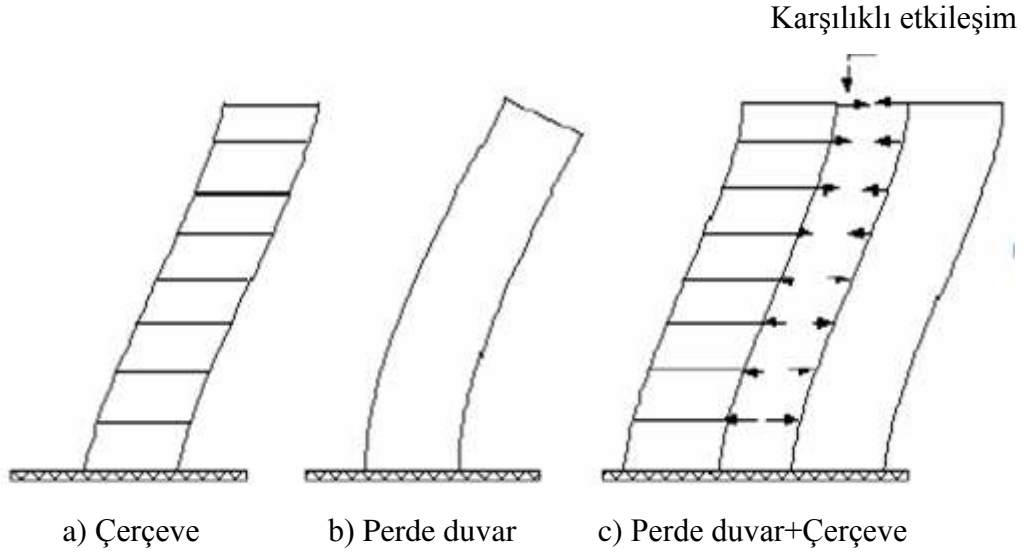
Deprem yönetmeliğinde planda uzun kenarının (l_w) kalınlığına (b_w) oranı, en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanı perde olarak tanımlanmaktadır. Yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler etkili bir şekilde kullanılır. Yüksek yapılara ait taşıyıcı sistemlerde perde duvarların kullanılması, özellikle hemen her bölgesi deprem riski altında bulunan ülkemiz için bir zorunluluk olarak gözükmektedir (DBYBHY 2007).

Perdeler, şiddetli depremlerde çok katlı binalarda önemli hasarlara neden olan görece kat ötelemelerini büyük ölçüde azaltırlar. Uzun kenar doğrultusundaki atalet

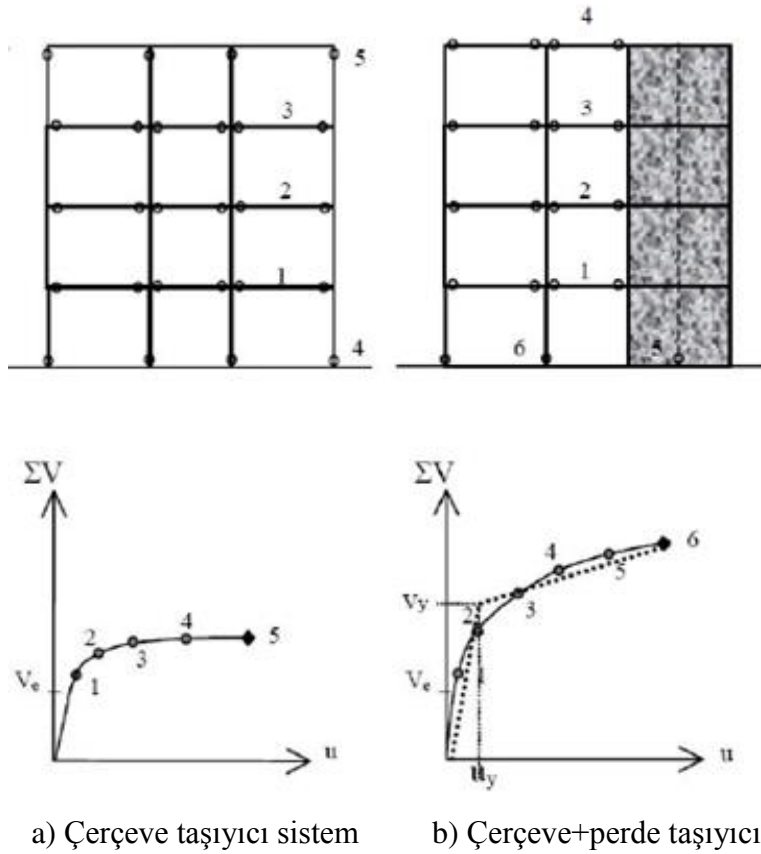
momentleri çok daha büyük olup, yatay yükleri uzun kenar doğrultusunda etkin olarak taşırlar.

Çerçevelerle beraber veya bağ kirişleriyle birleşen perde grupları halinde de kullanılabilirler. Çerçeve ile beraber olduğu durumda perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgârdan oluşan yatay yükleri, perde ve çerçeveler rijitlikleri oranında karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Perdeler, yüksek binalarda, dayanım yanında yanal yer değiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Özenli bir şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toplam göçmesini önledikleri gibi, yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında da etkilidir (Aktan, Kırac, 2009).

Perdeler çerçevelerle birlikte kullanıldığında daha sünek sistemler elde edilir. Şekil (1.11.)’de görüldüğü gibi perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olur ve katlar arası en büyük yer değiştirme üst katlarda meydana gelmektedir. Çerçevede ise relatif (göreceli) yatay ötelemeler kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda en büyük değeri almakta ve üst katlara doğru azalmaktadır. Çerçeve sistemlerde, kolon uçlarının mesnetli oldukları kirişler nedeniyle serbest dönmeleri sınırlanır. Katlar arası kesme kuvveti dağılımında ise kiriş rijitliği etkili olmadığı için çerçeve sistemlerde kesme kuvveti eğilme momentine göre daha etkilidir. Bu tür iki farklı davranış sergileyen perde ve çerçeve sistemlerinin (yeterli yükseklikte olması koşuluyla) beraber yük taşımaları durumunda, taşıyıcı sistemin ötelenmesi; perde ve çerçevelerin beraber davranmaları gereği hem eğilme, hem kayma davranışı etkisinde olacaktır. Sistemde yapının üst kısmındaki perde eğilmesi çerçeveler tarafından, çerçevelerin alt katlardaki kaymaları ise perdeler tarafından engellenir. Böylelikle yapının yatay yük kapasitesi (sismik dayanımı) artar (Aktan, Kırac, 2009).



Şekil 1.11. Yatay yük altında çerçeve ve perde davranışı (Aktan, Kıraç, 2009).



Şekil 1.12. Farklı yapı türlerinin statik itme analizi ile elde edilen kapasite eğrileri (Aydınöğlu 2009).

Şekil (1.12.) (a)'da gösterilen durumda önce bütün katlardaki kirişler aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla kapasitelerine ulaşarak mafsallaşır. Bu oluşum sırasında yapının

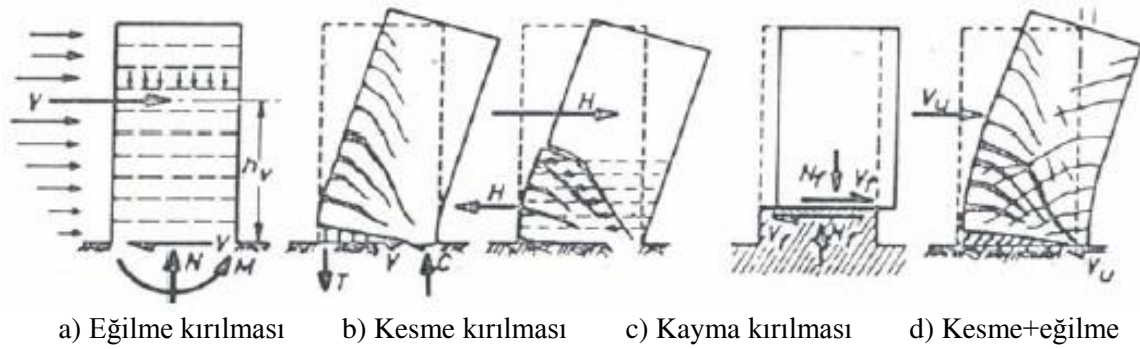
yanal rijitliği yavaş yavaş azalır ve yapı kararlılığını yitirmeden yanal ötelenme yapmaya devam eder. Tüm kirişlerin mafsallaşması ile ankastre duruma düşen kolonlar bir sonraki adımda alt mesnetlerinde mafsallaşır ve böylece yapı yanal kararlılığını yitirerek kapasitesine ulaşır. Çatı katı kirişlerinin özel konumu nedeniyle mafsal oluşturması ara kat kirişlerine oranla gecikebilir, hatta kolonlardan sonra olabilir. Ancak bu durum sünek bir davranış elde edilmesini pek fazla engellemez. Şekil 1.12. (b)'de ise perde-çerçeve sistemine ait kapasite eğrisi gösterilmektedir. Bu sistemde de önce alttan üste doğru kirişler mafsallaşacak ve düşey elemanlar ankastre duruma düşecektir. Perdenin yanal rijitliği kolonlara göre çok fazla olduğu ve kat kirişleri tarafından her katta perde ve kolonlar aynı yanal ötelenmeyi yapmaya zorlandıkları için bu durumda perde yatay yüklerin çoğunu yanal rijitliği oranında karşılamaya başlayacaktır. Bir süre sonra perde tabanında plastik mafsal oluşunca yükünü kolonlara aktaracak ve kolonların da tabanda mafsallaşması ile sistem yatay kapasitesine ulaşacaktır. Bu sistemin sünekliği Şekil 1.12. (a)'deki kuvvetli kolon-zayıf kiriş sistemine yakın olabilir, ancak perdenin yüksek yatay yük dayanımı sistemin kapasitesini de önemli ölçüde arttırmıştır.

1.3.1. Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri

Sünek perdelerin tasarımında, kapasiteyi ve plastik şekil değiştirmelerden dolayı oluşan enerji sönümlemesinin, plastik mafsal bölgelerinde oluşacak eğilme yer değiştirmesinin kontrol etmesi istenir. Bu temel tasarım ilkesi, gevrek göçme mekanizmasının veya sınırlı sünekliğin oluşmasına izin vermez. Bu durum, kapasite boyutlandırma yöntemleri ile güç tükenmesi için istenen düzeni sağlayarak ve oluşabilecek plastik mafsal bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılmasını sağlamakla mümkün olur (Öztürk, 2005).

Perdelerin göçme biçimleri çeşitli şekillerde olabilir. Eğilme göçmesinde, perdenin en büyük moment kısmındaki donatı elastik sınırı geçerek yatay plastik sınır içinde uzar ve akma platosundaki belirli bir uzamadan sonra pekleşme sınırına girilir ve donatıdaki sabit gerilme tekrar yükselmeye başlar. Bunun sonucu olarak, donatıdaki çekme kuvveti şiddeti de artar. Kesit içindeki kuvvet çiftlerinin büyümesiyle kesitin taşıyabileceği moment de artar. Oluşan bu pekleşmeli momentin ardından perde kesitindeki deformasyonlara bağlı göçme meydana gelir (Şekil (1.13. a)). Kesme kırılmasında, betonun kesme dayanımı yüksek olup, betonda kesme kuvvetlerine bağlı olarak ortaya çıkan eğik asal çekme

gerilmelerinden dolayı kesit kesme kapasitesine ulaşarak göçer (Şekil (1.13.b)). Diğer göçme biçimi perde ve temel birleşiminde kayma ile meydana gelir. Yanal deprem kuvvetinden dolayı oluşan gerilmelere bağlı perde- temel birleşiminde yeterli filiz donatısının olmaması nedeni ile perdenin rijit bir kütle hareketi yaparak yatay düzlem üzerinde kayması sonucu oluşan göçmedir (Şekil (1.13.c)). Son göçme şekli de eğilme ve taban kaymasının bir arada olması ile meydana gelen göçme şeklidir (Şekil (1.13.b)) (Öztürk, 2005).



Şekil 1.13. Perdelerin göçme biçimleri (Öztürk, 2005).

1.3.2. Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

Perdeler yatay ve düşey yükler ile burulma etkisi altındadır. Perdenin kesitine ve plandaki yerine göre eğilme momenti ve burulma dayanımı değişir. Bu durumda bazen perdelerin yerleri taşıyıcı sistem açısından pek uygun olmayabilir. Mimari plan ve döşemelerin büyüklüğü perde yerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Mimar ve inşaat mühendisinin birlikte çalışması depreme karşı taşıyıcı sistemin düzenlenmesi açısından daha uygundur.

Perdeler, burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken, beklenen plastik şekil değiştirmelerin bina planında düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak uygundur. Aksi durumda, bazı perdeler aşırı, bazıları da kapasitelerinin altında zorlanacaktır. Perdeli bir yüksek yapıda yeterli rijitlik sağlanabilmesi için sistem çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir.

Bazen yapılar, deprem yüklerinin fazla olması ve özellikle deplasman koşulunu sağlamak üzere yalnız perdelerden teşkil edilebilir. Yapının özellikle deprem etkisinde

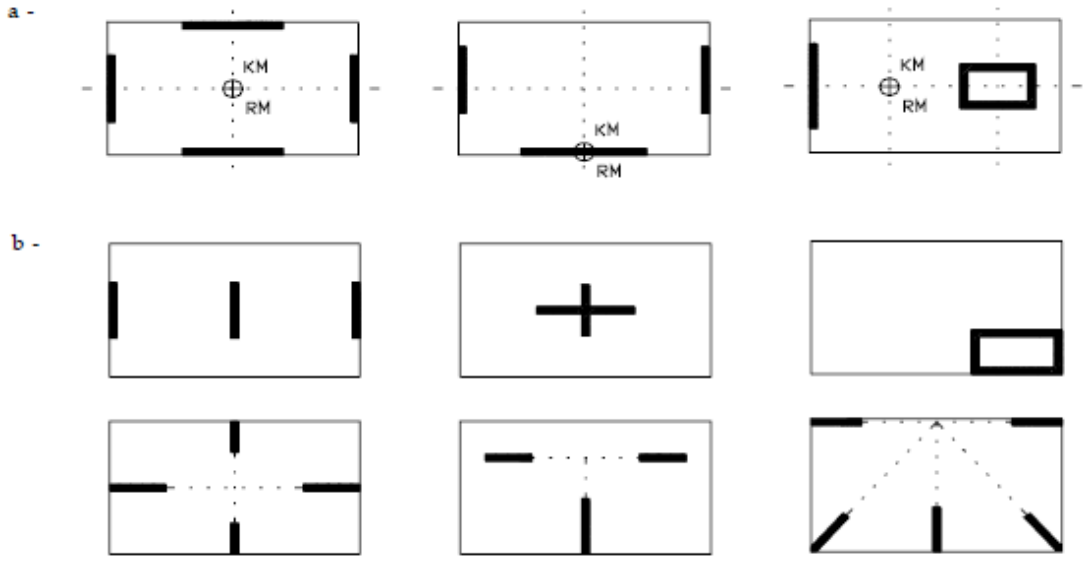
elastik davranışının sağlanması genellikle yönetmeliklerdeki minimum donatı şartlarına uyulması ile mümkündür. Yapının rijitlik merkezini belirlemede etkili olan perdelerin yerleşim düzeni son derece önemlidir. Rijitlik ve kütle merkezlerinin birbirine yakın olması sistemin stabilitesini geliştirmektedir. Perdelerin burulma rijitliğine dikkat edilmesi gerekir. Kattaki burulma etkisi, düşey elemanların üzerine etkiyen kesme kuvvetinin moment koluyla çarpılması olduğuna göre, moment kolu en büyük olan perde veya çerçevede burulma etkisi daha büyük olacaktır. Perdeler gelen burulma etkilerini azaltmak için perde sistemlerinin ideal şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Buna göre; Yapıda en büyük burulma rijitliğinin sağlanması için, perde duvarlar yapının çevresine dağıtılmalıdır. Aynı düzlemdeki perdeler, tek başlarına konsol kiriş gibi çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanarak perde çifti olarak düzenlenebilirler.

Perde duvarlar kat planı içinde, döşeme yüklerinin olabildiğince büyük kısmını, eksenel kuvvet olarak temele aktaracak şekilde düzenlenmelidir. Bu şekilde perdede eğilme momenti için gereken donatı azalır.

Çok katlı yapılarda deprem direncinin bir kaç perdede yoğunlaştırılması, temel sistemini bu noktalarda çok büyük deprem etkisine(devrilme etkisi) maruz bırakır. Bu durum, ekonomik olmayan ağır bir temel sistemini gerektirdiğinden kaçınılmalıdır.

Perde duvarlar, çok katlı bir yapıda, her iki doğrultuda(mümkün olduğunca simetrik) yerleştirilmelidir. Aksi halde depremin güçlü yönde etkimesi durumunda, rijitlik merkezinin herhangi bir tarafında oluşabilecek olan mafsallaşmadan dolayı, rijitlik merkezinin kütle merkezi ile olan mesafesi artacak ve oluşacak burulmaya yardım edebilecek olan depreme dik yöndeki perdelerin yardımcı olması sağlanamayacaktır (Şekil 2.8b).

Perdeler, simetrisi bozuk şekilde ve kat içinde belli bir bölgeye yoğunlaştırılmamalıdır. Perdelerin sistem çizgilerinin bir noktada kesişmeleri önlenmelidir (Öztürk, 2005).



Şekil 1.14. Perdelerin planda düzenlenmesi (Öztürk, 2005).

Yukarıdaki şekilde kütle merkezi ve ağırlık merkezinin birbirine çok yakın olması sebebiyle en uygun perde plan yerleşimlerinin Şekil (1.14) (a)'da olduğu açıktır. Bu sayede burulmadan kaynaklı ek kesit tesirleri ve şekil değiştirmeler büyük oranda azaltılmış olacaktır. Diğer perde plan yerleşimleri ise simetrik olmayan ve bir bölgeye yoğunlaştırılması sebebiyle uygun değildir.

Mimari açıdan uygun bir seçim olan merdiven kovaları ve asansör shaftları betonarme çekirdekleri oluşturur. Çok katlı binalarda, yatay kuvvetlere karşı dayanımı sağlamak için, çoğu zaman bu çekirdeklerden faydalanılmıştır. Burulma etkisine karşı ilave perdeler veya bina çevresinde çerçevelerin oluşturulması gerekebilir. Perde kesitleri, bulundukları yere ve isteğe göre değişik şekillerde düzenlenebilir. Yatay kuvvetlerin profil kesitli perdelerle taşınması halinde, özel yöntemlerle kesit hesabı yapmak gerektirir.

1.4. DBYBHY 2007'ye Göre Binaların Performans Değerlendirilmesi

Performansa dayalı tasarım temelde üç parametreden oluşmaktadır. Bunlar kapasite, talep ve performanstır. Kapasite; binanın taşıyıcı sistemi, malzemesi, kesit geometrisi vb unsurların bir bileşkesi olarak düşünülebilir. Binaların yatay yer değiştirebilme kapasitesi (süneklik) ve yatay yük taşıma kapasitesi (rijitlik) genel anlamda kapasite olarak tanımlanır. Talep; sismik hareketlerin yapıdan karşılamasını istediği yer

değiştirme ve kesit tesirleri olarak tanımlanabilir. Performans ise yapının kapasitesinin sismik talepleri hangi oranda karşılayabileceği ile ilgilidir.

Bu bölümde, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'nin doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerinin kullanılabilmesi için başlangıç aşamasında yapılması gerekenler ile ilgili maddeler yer almaktadır. Bu kısımda yer alan maddeler doğrudan DBYBHY 2007'den alınmıştır (DBYBHY 2007). Ayrıca kısaca FEMA 440 kriterlerine değinilmiştir.

1.4.1. Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

1.4.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı Tablo 1.1'de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

➤ Sınırlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi Tablo 1.7'de tanımlanan "Deprem

Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

➤ **Orta bilgi düzeyi**

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

➤ **Kapsamlı bilgi düzeyi**

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Tablo 1.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY 2007).

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

1.4.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi yapılırken farklı kriterler dikkate alınmalıdır. Dayanıma (kuvvete) dayalı değerlendirme olarak bilinen doğrusal elastik yöntemlerde, yapının sünekliğinin göz önüne alınarak belirlenen yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri, doğrusal teoriye göre hesaplanan elastik deprem yüklerinin etkileriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma DBYBHY 2007’de verilen etki/kapasite oranlarına göre yapılır. Bunun sonucunda binadan beklenen performans hedefinin ne ölçüde sağlandığı belirlenir.

Yer değiştirmeye ve şekil değiştirmeye dayalı değerlendirmeler doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemleriyle yapılmaktadır. Malzeme bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, önceden belirlenen deprem etkisi altında ele alınan binanın talep edilen yer değiştirme değerine ulaştığında, yapı elemanlarında meydana gelen plastik mafsallı dönmelerine göre beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. İki yöntem için de deprem yönetmeliğinde, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanlarını sünek ve gevrek davrandığı göz

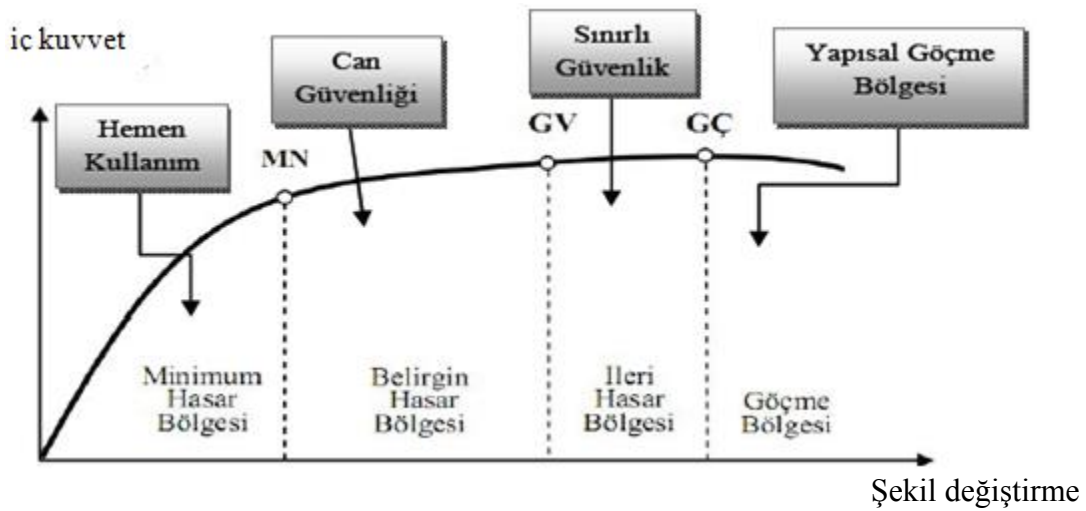
önüne alınarak elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştıkları belirlenmektedir (Sucuoğlu, 2006).

1.4.3.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

1.4.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar. Kesit hasar sınırları ve bu hasar sınırları içerisinde kalan hasar bölgeleri Şekil (1.15.)'de gösterilmiştir.



Şekil 1.15. Şekil değiştirme-İç kuvvet grafiği (DBYBHY 2007; Özer, 2007).

1.4.4. Performansın Belirlenmesi ve Kullanılan Analiz Yöntemleri

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi istem (talep) ve kapasitedir. İstem, yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.

Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi için uygulanan yöntemler dayanım bazlı doğrusal elastik hesap yöntemleri ile şekil değiştirme ve yer değiştirme bazlı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleridir.

Bu bölümde ilk olarak, DBYBHY 2007'ye göre mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla, uygulanan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için öngörülen genel ilke ve kurallar açıklanacaktır. Daha sonra, DBYBHY 2007'nin 7. Bölümünde verilen doğrusal elastik “Eşdeğer Deprem Yüğü” ve doğrusal elastik olmayan “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü” hesap yöntemleri ile deprem performansının belirlenmesi hakkında detaylı bilgi verilecek ve hesap adımları incelenecektir.

1.4.4.1. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İçin Genel İlke ve Kurallar

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanmasında, deprem hesabına ilişkin olarak, aşağıdaki ilke ve kurallar göz önünde tutulur (DBYBHY 2007).

Deprem etkilerinin tanımında, yönetmelikte aynı zamanda tasarım için de verilmiş olan 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır. Çok seviyeli performans değerlendirmesi gerekli olan binalarda, 50 yılda aşılma olasılıkları %50 ve %2 olan depremler için spektrum ordinatları sırası ile 0.5 ve 1.5 katsayıları ile çarpılır, buna karşılık bina önem katsayısı uygulanmaz ($I=1$).

Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak tanımlanır.

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı uygulanır.

Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri bina alanının geoteknik raporuna ve deprem yönetmeliğinin ilgili bölümüne göre belirlenir.

Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem kuvvetleri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanmalıdır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır ve ek dış merkezlik uygulanmaz.

Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen bilgilerin kapsamına göre, bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılır.

Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması aşağıda verilen ilkelere göre yapılır:

- Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır.
- Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 olarak alınabilir.
- Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenebilir.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için (DBYBHY 2007);

- a. Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
- b. Kolon ve perdelerde, $N_d / (A_c f_{cm}) < 0.10$ durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 $N_d / (A_c f_{cm}) > 0.40$ durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

değerleri kullanılır. Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet (N_D) 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle

uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait (EI)₀ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı, çatlamış kesit için tanımlanan etkin eğilme rijitliği (EI)_e kullanılarak deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılır.

Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksiklik oranında azaltılabilir.

Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılır.

1.4.4.2. Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi

Deprem etkileri altındaki mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır.

Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılır.

DBYBHY 2007’de yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi olmak üzere üç tip yöntemden oluşmaktadır.

1.4.4.3. Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirilmesinde Hesap Adımları

Artımsal İtme Analizi uygulanarak yapılan doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenen yolun adımları aşağıda özetlenmiştir (DBYBHY 2007).

Genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesine ve analiz modelinin oluşturulmasına yönelik kurallar esas alınır.

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle (düşey yüklerle) uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan bir statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

Artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kapsamında yapılması durumunda, koordinatları “modal yer değiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yer değiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yer değiştirme istemine karşı gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

Artımsal itme analizinin artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yer değiştirme istemleri de elde edilir. Bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış olan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve son olarak toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra, bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, yönetmelikte tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

1.4.4.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre en önemli avantajı, artan yükler altında sistemde bulunan yapısal elemanlar sırayla kapasitelerine ulaştıkça, bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara

dağılmasına (yeniden dağılım) izin vermesidir. Böylece iç kuvvet dağılımı daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Doğrusal olmayan çözüm yöntemleri henüz standartlaşmış değildir. Ancak kullanımları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Diğer yandan deprem etkisi altında performans değerlendirmesine esas teşkil eden doğrusal olmayan sisteme ait maksimum yer değiştirmeler, tasarım depremi altında yaklaşık yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Eşit yer değiştirme kuralı, yaklaşık yöntemlerin en yaygın kullanılanıdır.

Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri bir defada değil adım adım artırılarak uygulanır. Bu nedenle bu yöntemler “statik itme analizi” olarak adlandırılır.

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır. Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesitin, teorik olarak plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmeler yapılabilir:

Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

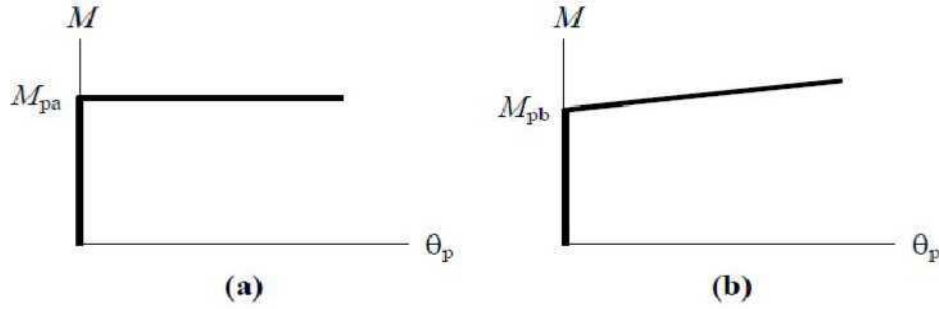
Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması aşağıda verilen ilkelere göre yapılır:

- Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır.
- Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenabilir.

İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet - plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak, aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir:

İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artısına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 1.8a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınır.

Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 1.16.) bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanır.



Şekil 1.16. Eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları (DBYBHY 2007).

1.4.4.5. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

Bu yöntem doğrusal elastik sistemler için eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabildiği binalara uygulanır. Eşdeğer statik yatay yük dağılımı doğrusal elastik sistem ile aynı şekilde hesaplanır, ancak adım adım arttırılarak uygulanır. Deprem sırasında binanın en fazla zorlandığı duruma bu şekilde ulaştığı varsayılır. Arttırılarak uygulanan yatay yükler altında binada elastik ötesi statik davranışın oluşması yöntemin ana unsurudur.

1.4.4.5.1. Toplam Elastik Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t ile belirlenecektir. R_a değeri elastik hesap yapılacağı için 1 alınır.

$$V_t = \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,1 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (1.6)$$

Denklem (1.6.)’daki $A(T_1)$ Spektral ivme katsayısını, $R_a(T_1)$ Deprem yükü azaltma katsayısını, W Yapı toplam ağırlığını, A_0 Etkin yer ivmesi katsayısını, I Bina önem katsayısını ifade etmektedir.

Denklem (1.6)’da yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Denklem (1.7.) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (1.7)$$

Denklem (1.7.)’deki N Yapı bodrum hariç kat adedini, W_i i. katın hareketli yük dahil toplam ağırlığını ifade etmektedir.

w_i kat ağırlıkları ise Denklem (1.8) ile hesaplanacaktır.

$$W_i = g_i + n \cdot q_i \quad (1.8)$$

Denklem (1.8.)’deki g_i i. kattaki sabit yükü, q_i i. kattaki hareketli yükü, n hareketli yük katılım katsayısını ifade etmektedir.

Tablo 1.2.’de hareketli yük katılım katsayısının (n) bina kullanım amacına göre değişimi gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, sinema, spor salonu vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

1.4.4.5.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem (1.9) ile ifade edilir. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1 alınır. İki'den fazla kat adedi olan binalarda ise 0,85 alınabilir.

$$V_t = \Delta F_N + \lambda \left(\sum_{i=1}^N F_i \right) \quad (1.9)$$

Denklem (1.9)'daki ΔF_N binanın N. katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükünü, λ eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısını ifade etmektedir

Binanın N. katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri Denklem (1.10) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t \quad (1.10)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N. kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (1.11) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N W_j \cdot H_j} \quad (1.11)$$

Denklem (1.11.)'deki F_i i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükünü, W_i i. katın hareketli yük dahil toplam ağırlığını, H_i i. katın sıfır kotundan itibaren yüksekliğini, W_j j. katın hareketli yük dahil toplam ağırlığını, H_j j. katın sıfır kotundan itibaren yüksekliğini ifade etmektedir.

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın DBYBHY Tablo 2.5'ten seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların

ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu göz önüne alınacaktır. Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üstteki katların ağırlıkları kullanılacaktır

Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları göz önüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak $S(T) = 1$ alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denklem (1.12)'den bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler $R_a(T) = 1$ katsayısına bölünecektir.

$$S_{ae}(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \cdot g \quad (1.12)$$

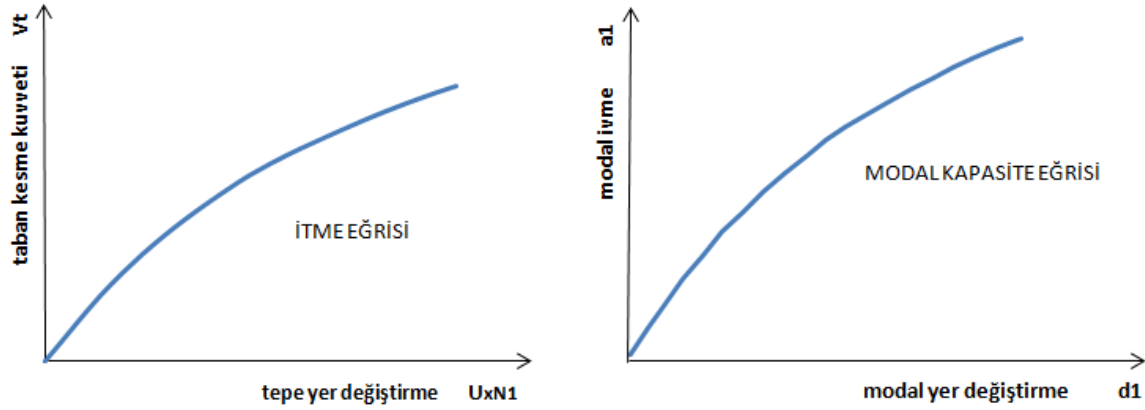
Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınır.

1.4.4.5.3. Modal Kapasite Eğrisinin Oluşturulması

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları yatayda tepe yer değiştirmesi düşeyde taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları yatayda modal yer değiştirme düşeyde

modal ivme olan modal kapasite diyagramı elde edilebilir. Şekil (1.17.)’de itme eğrisinin modal koordinat dönüşümü ile modal kapasite eğrisine dönüştürülmüş hali sunulmuştur.



Şekil 1.17. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi

(i). itme adımında hakim deprem doğrultusundaki moda ait modal ivme a_i Denklem (1.13) ile bulunur.

$$\alpha_i^{(1)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (1.13)$$

Denklemden geçen $V_{x1}^{(i)}$ deprem doğrultusu (i)’nci itme adımında elde edilen birinci moda ait kesme kuvvetini, M_{x1} ise deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan hakim moda ait etkin kütleyi gösterir.

(i). itme adımında hakim moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ değerinin hesabı için Denklem (1.14) kullanılır.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1}} \quad (1.14)$$

Γ_{x1} birinci (etkin) moda ait modal katkı çarpanını ifade eder. Denklem (1.15)’de ifade edildiği üzere hesap edilir.

$$\Gamma_{x1} = \frac{[Q_i]T \cdot [M] \cdot \{1\}}{[Q_i]T \cdot [M] \cdot [Q_i]} \quad (1.15)$$

$U_{xN1}^{(i)}$ itme eğrisinden elde edilen maksimum tepe deplasmandır. Φ_{xN1} ise tepe genlik değerinin ifade eder. İtme analizi yukarıdaki hesap adımları ile elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte elastik davranış spektrumundan faydalanılarak hakim moda ait maksimum modal yer değiştirme, diğer bir deyişle modal yer değiştirme talebi hesaplanır. Tanım olarak modal yer değiştirme talebi doğrusal olmayan spektral yer değiştirme talebine eşittir.

$$d_1^{(i)} = S_{di1} \quad (1.16)$$

S_{di1} , itme analizinin ilk adımında doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait başlangıç periyoduna ($T_1^{(1)}$) karşı gelen doğrusal elastik spektral yer değiştirmeye (S_{de1}) bağlı olarak hesaplanır.

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (1.17)$$

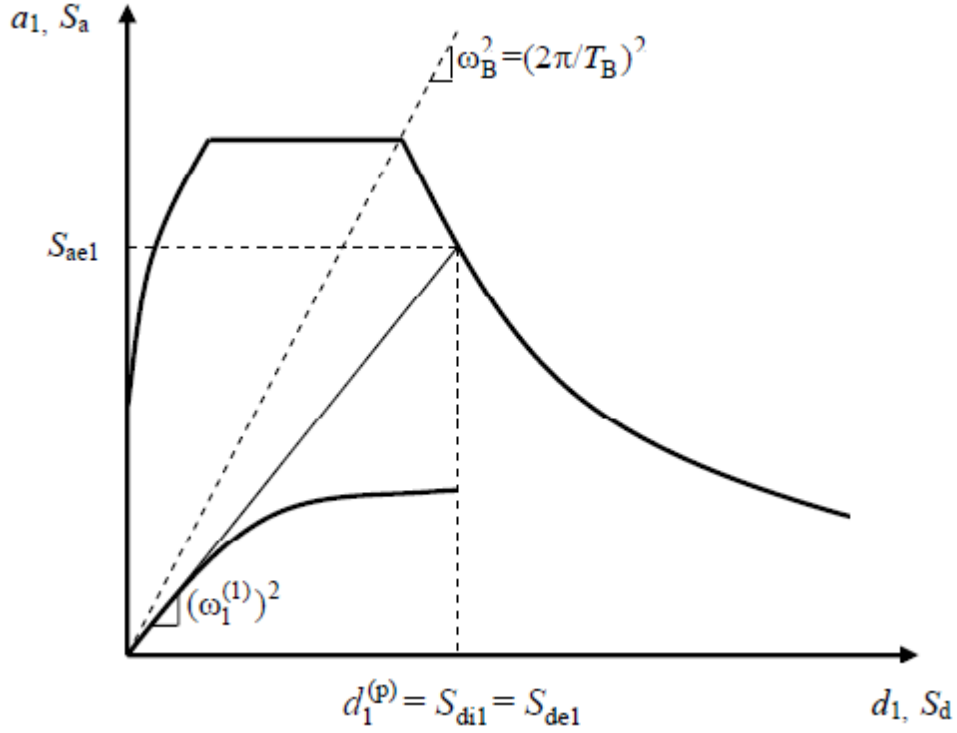
S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivmeden (S_{ae1}) hesaplanır.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (1.18)$$

Bu aşamadan sonra yapının ilgili hesap yönündeki etkin modu hesap adımlarını değiştirir. Etkin moda ait periyodun ivme spektrumundaki karakteristik periyodu T_B ile kıyaslanması söz konusudur.

$$\text{➤ } T_1^{(1)} \geq T_B \quad ((w_1^{(1)})^2 < w_B^2) \text{ Durumu}$$

Bu durumda yapının esnek bir davranış göstermesinden dolayı eşit yer değiştirme kuralı uygulanır. Bu nedenle $C_{R1}=1$ alınarak hesap adımlarına devam edilir.



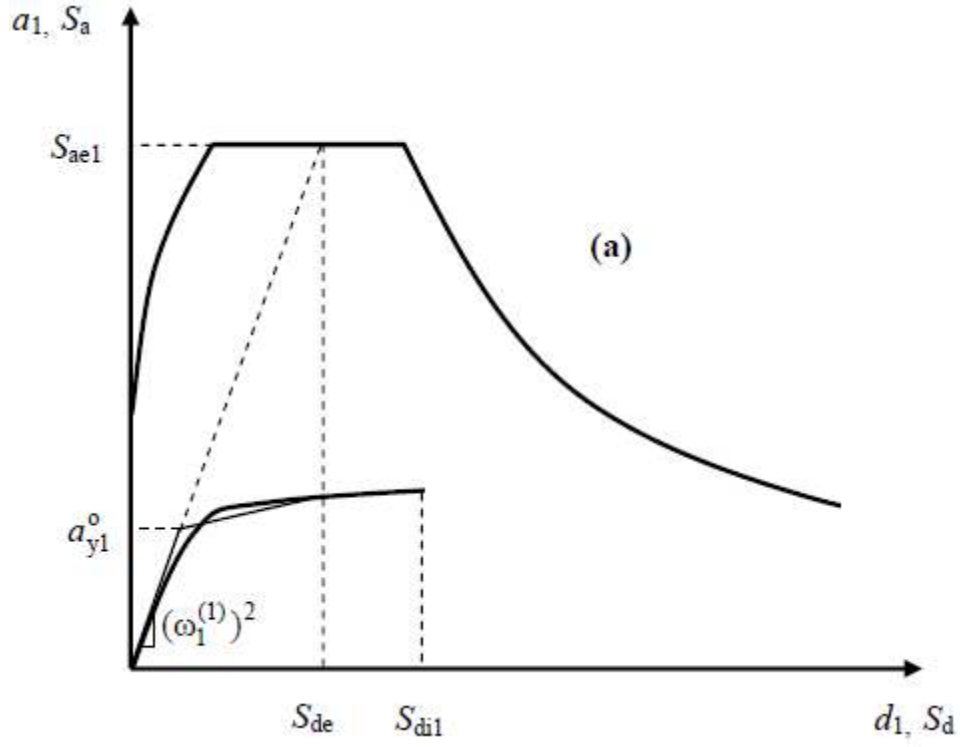
Şekil 1.18. $T_1^{(1)} \geq T_B$ performans noktasının bulunması (DBYBHY 2007).

➤ $T_1^{(1)} < T_B$ ($(w_1^{(1)})^2 > w_B^2$) Durumu

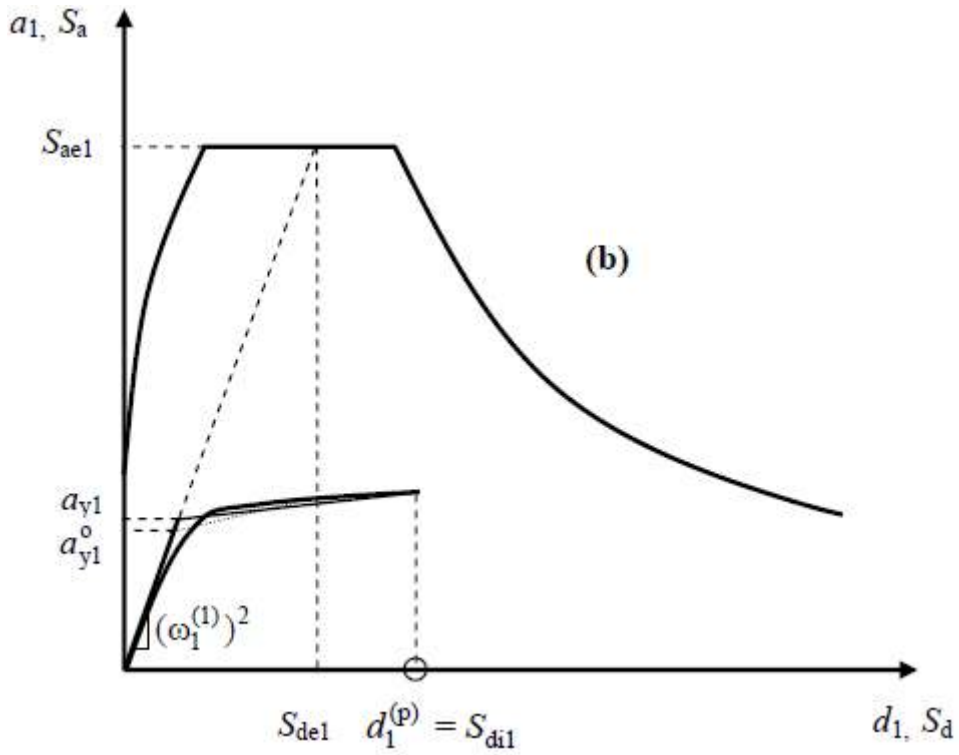
Bu durumda yapının rijit bir davranış göstermesinden dolayı eşit yer değiştirme kuralı uygulanamaz. Bu sebeple modal kapasite eğrisinin iki doğrusu (bi-lineer) olarak dönüştürülür. Ardından eşdeğer akma noktası eşit alanlar kuralı çerçevesinde ardışık yaklaşımla hesap edilir. Hesabın ilk adımında $C_{R1}=1$ alınır. Ardışık adımlar arasında yeterli yaklaşıklık sağlandığı zaman ardışık yaklaşıma son verilir.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) \cdot T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (1.19)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (1.20)$$



Şekil 1.19. $T_1^{(1)} < T_B$ performans noktasının bulunması için ilk yaklaşım adımı (DBYBHY 2007).



Şekil 1.20. $T_1^{(1)} < T_B$ performans noktasının bulunması için son yaklaşım adımı (DBYBHY 2007).

Her iki durum için de modal yer değiştirme istemi (talebi) bulunduğundan sonra x deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirme istemi Denklem (1.21) ile bulunur.

$$U_{xN1} = \Phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1} \cdot d_1^{(p)} \quad (1.21)$$

Denklem (1.21) ile hesaplanan tepe deplasman istemine ulaşınca kadar her iki hesap doğrultusu için de yeni bir itme analizi yapılır.

1.4.4.6. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Bu yöntemin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım artırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin adım adım uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemin doğrusal elastik kaldığı varsayımı yapılan bir itme analizi yöntemidir.

1.4.4.7. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi de tıpkı diğer iki yöntemde olduğu gibi sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denklemi öngörülen deprem için çözümlenmektedir. Doğrusal davranışta olduğu gibi yapı elemanlarının elastik ve plastik şekil değiştirmeleri, yer değiştirmeleri ve kesit iç etkileri zamana bağlı olarak bulunur. Plastik mafsallı kapasiteleri beton ile donatının uzama ve kısılma talepleri ile belirlenir. Bu analiz yönteminin çözümü diğer yöntemlere nazaran daha kapsamlı olmasından dolayı sonuçların yorumlamasına dikkat edilmelidir. Analiz için kullanılan deprem kaydının yönetmelikle uyumu ve olabildiğince çok kayıt için analizin çözümünün yapılması yöntemin doğruluğu için önemlidir.

1.4.4.7.1. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

1.4.4.7.1.1. Yapay Deprem Yer Hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilacaktır.

- a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} 'den daha küçük olmayacaktır.
- c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, DBYBHY 2007 2.4'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

1.4.4.7.1.2. Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde göz önüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar DBYBHY 2007'de (bkz 2.9.1) verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

1.4.4.7.2. Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Hesap Adımları

Doğrusal olmayan dinamik analiz ile hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet- şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır (DBYBHY 2007).

Doğrusal olmayan dinamik analiz yapılabilmesi için kütle ve rijitlik matrisi parametrelerine ihtiyaç duyulur. Dinamik denklemlerin çözümünde sönüm matrisinin kütle matrisi ve rijitlik matrisi ile orantılı olduğu kabul edilmektedir. Bu sayede denklem takımlarının çözümleri basitleşmekte ve sönüm matrisi denkleme dahil edilmektedir. Sabit bir sönüm oranı için en az iki moda ait periyot ve buna bağlı olarak bulunan açısal frekans değerleri ile matris çözümü sonucu ilgili parametreler bulunur. Bahsi geçen parametreler Rayleigh sönümü için geçerlidir. Sönüm oranı olarak bina tipi yapılarda % 5 alınabilir (Celep, Yapı Dinamiği sf.110, 2011).

$$[C]=\alpha[M]+\beta[K] \quad (1.22)$$

[C] : Yapı sönüm matrisi

α :Kütle matrisi katsayısı

[M] :Yapı kütle matrisi

β :Rijitlik matrisi katsayısı

[K] :Yapı rijitlik matrisi

$$\zeta_r = \frac{1}{w_r} \cdot \alpha + w_r \cdot \beta \quad (1.23)$$

ζ_r : Yapı sönüm oranı

w_r : Yapı açısal frekansı

Denklem (1.23.) ile hesaplanan α ve β parametreleri Denklem (1.22)'de yazılır. İlgili değişkenler hesaplandıktan sonra uygun deprem ivme kaydı programa tanıtılır ve analiz yapılır.

1.4.4.8. Kesitteki Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan yöntemlere göre yapılan, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi veya dinamik analize göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen plastik dönme (Θ_p) istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi denklem (1.24.) ile hesaplanacaktır (DBYBHY 2007).

$$\Phi_p = \frac{\Theta_p}{L_p} \quad (1.24)$$

Denklem (1.24.)'de Θ_p kesitin plastik dönme miktarını, L_p kesitin plastik mafsal uzunluğunu, Φ_p kesitin plastik eğrilik miktarını ifade etmektedir

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan eşdeğer akma eğriliği ve plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki toplam eğrilik istemi izleyen şekilde elde edilir.

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (1.25)$$

Denklem (1.25.)'de Φ_t kesitteki toplam eğriliği, Φ_y kesitin akma eğriliğini, Φ_p kesitteki plastik eğrilik ifade etmektedir.

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi, yukarıdaki denklem ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit bazında hasar bölgesi belirlenir.

1.4.4.8.1. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği sünek betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında, performans düzeylerine göre izin verilen şekil değiştirme sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır (DBYBHY 2007);

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı uzama birim şekil değiştirmesi üst sınırları izleyen şekildedir;

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$$

$$(\epsilon_s)_{MN} = 0.010$$

Kesit güvenlik sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı uzama birim şekil değiştirmesi üst sınırları izleyen şekildedir;

$$(\epsilon_{cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01(p_s / p_{sm}) < 0.0135$$

$$(\epsilon_s)_{GV} = 0.040$$

Kesit göçme sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı uzama birim şekil değiştirmesi üst sınırları izleyen şekildedir;

$$(\epsilon_{cu})_{GC} = 0.004 + 0.014(p_s / p_{sm}) < 0.018$$

$$(\epsilon_s)_{GC} = 0.060$$

Burada p_s kesitte mevcut bulunan deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranı, p_{sm} ise deprem yönetmeliğine göre bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı olarak tariflenir.

1.4.4.9. Bina Deprem Performans Düzeyleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkilidir. Bu hasar durumları, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir (Özer, 2007).

DBYBHY 2007’de tanımlanan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile binanın deprem performans seviyesi belirlenir.

1.4.4.9.1. Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir; ancak bunlar onarılabılır düzeydedir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, bu durumdaki binaların hemen kullanım performans düzeyinde olduğu kabul edilir (DBYBHY 2007).

1.4.4.9.2. Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanların yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bir bölümü korunmaktadırlar. Düşey taşıyıcı elemanlar, düşey yükleri taşımakta yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir (Özer, 2005).

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Bu durumda bina Can Güvenliği durumunda kabul edilebilir. Can Güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için 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. En üst kattaki ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetinin toplamının, o kattaki tüm kattaki kolonların kesme kuvvetinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içerisindeki dağılıma göre karar verilir (DBYBHY 2007).

1.4.4.9.3. Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanla düşey yükleri taşımada yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelere ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır ve dolgu duvarların bir kısmı yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur (Özer, 2005).

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina göçme öncesi durumunda kabul edilebilir. Göçme öncesi durumunda kabul edilebilmesi için 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 kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetinin toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmesi gereklidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir (DBYBHY 2007).

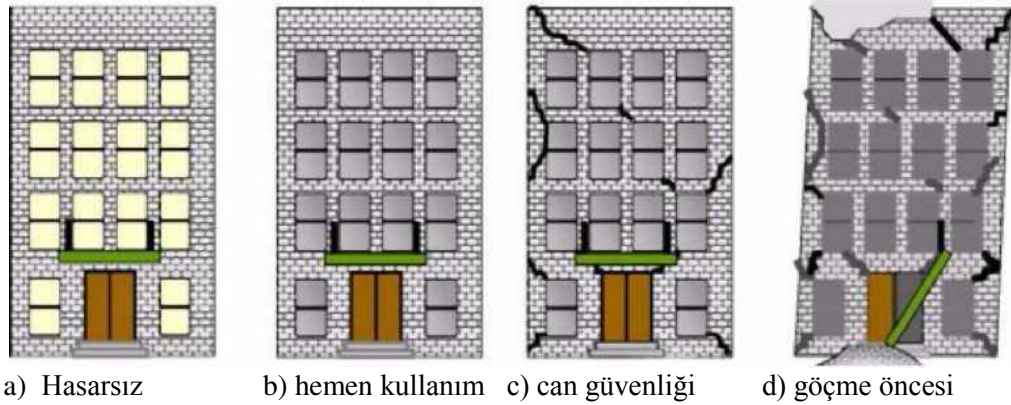
Sünek elemanlar için çeşitli hasar durumları tanımlanırken, gevrek elemanların taşıma güçlerine eriştikten sonra doğrudan göçme durumuna geldiği kabul edilmektedir. Burada da hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi olumsuz ve güçlü kolon kavramı olumlu bir durum olarak kabul edilmektedir (Sucuoğlu, 2006).

1.4.4.9.4. Göçme Durumu Sınır Durumu

Yapı, uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür.

Yapıda belirgin kalıcı hasarlar oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddetteki bir yer hareketi altında yıkılma olasılığı yüksektir (Özer, 2005).

Bina göçmenin önlenmesi durumunu sağlamıyorsa Göçme Durumundadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (DBYBHY 2007).



Şekil 1.21. Hasarsız/Hemen Kullanım/Can Güvenliği/Göçme Öncesi Durumu Performans seviyelerinin grafiksel gösterimi

1.4.4.10. Performans Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler.

> Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık geri dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin spektrum eğrisi tasarım depreminin yarısı kadardır.

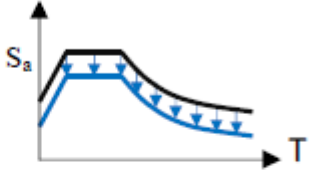
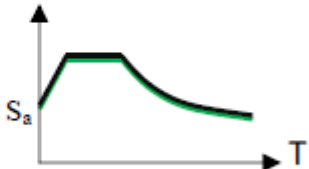
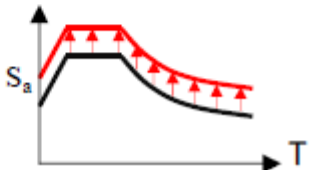
> Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık geri dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinde esas alınmaktadır.

> En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan yer hareketidir. Yaklaşık geri dönüş periyodu 2475 yıl olan bir depremdir. Bu depremin spektrum eğrisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.50 katıdır.

Tablo 1. 3. Deprem türleri ve elastik spektrum eğrisindeki değişim

Deprem Türü	Deprem Etkisi Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu	Elastik Spektrum Eğrisindeki Değişiklik
Kullanım Depremi	0.50	%50	72 yıl	
Tasarım Depremi	1.00	%10	475 yıl	
En Büyük Deprem	1.50	%2	2475 yıl	

1.4.4.11. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans düzeyi, performans hedefi olarak tanımlanır. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir. Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri tabloda verilmiştir.

Tablo 1.4. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (DBYBHY 2007).

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi

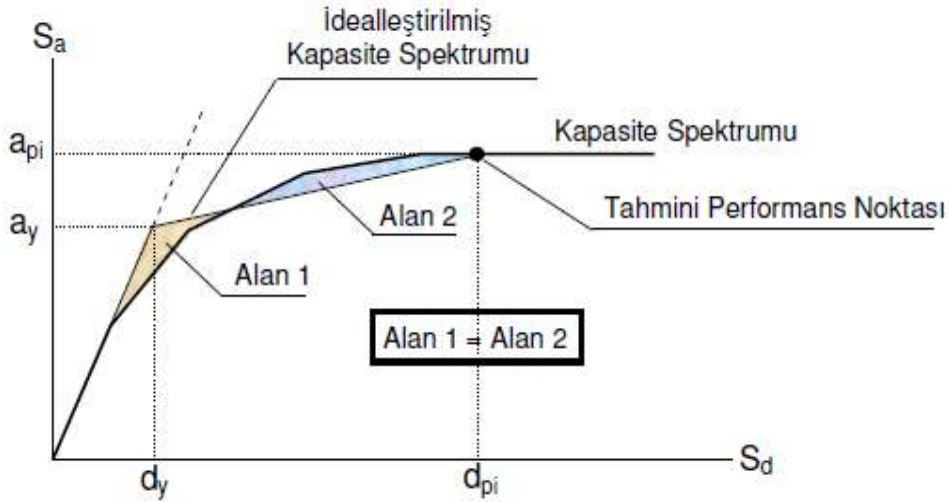
1.5. FEMA 356 ve ATC 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi

Bu yöntem, belirli bir deprem yer hareketi için yapıya yüklenen yer değiştirme talebi (istemi) ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır. Binada deprem yükleri altında elastik olmayan şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Bu şekil değiştirmeler binanın sönümünü artırır dolayısıyla deprem talebini (istemini) azaltır. Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY), binada meydana gelen elastik olmayan şekil değiştirmelere bağlı olarak elastik talep spektrumu indirgeyip kapasite ve talebin eşit olduğu noktayı belirlemeye çalışır. Performans noktası adı verilen bu noktada, binadan istenilen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilmektedir.

Bu yöntemde performans noktası belirlenirken kapasite eğrisi, talep spektrumu ile karşılaştırılması gerektiği için, spektral formata dönüştürülür. Ancak, talep spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğundan, çok serbestlik dereceli sisteme ait kapasite eğrisinin eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem,

birinci doğal moda ait modal kütle çarpanı (a_1) ve modal katılım çarpanı kullanılarak belirlenebilir. Kapasite Spektrum Yöntemi ile performans noktasının elde edilmesinde, geleneksel olarak kullanılan Spektral ivme-Periyot (S_a -T) yerine Spektral ivme-Spektral yer değiştirme (S_a - S_d) formatı kullanılmaktadır.

Verilen bir bina ve deprem için yer değiştirme talebi, deprem esnasında yapının beklenen maksimum davranışının bir tahminidir. Deprem yükleri altındaki yapı elastik olmayan şekil değiştirmeler nedeniyle rijitlik kaybeder, rijitlik kaybettikçe binanın periyodu ve sönümü artar. Kapasite spektrumu yardımıyla, yutulan enerji miktarı ve buna karşılık gelen eşdeğer sönüm, yaklaşık olarak hesaplanır. Bunun için öncelikle kapasite spektrumu üzerinde bir nokta performans noktası olarak tahmin edilir ve spektrum eğrisi iki doğru parçası ile idealleştirilir. Bu idealleştirme, kapasite spektrum eğrisi ile iki doğru parçalı idealleştirilmiş eğrinin arasında kalan alanların (Alan 1= Alan 2) eşit olması şeklinde yapılmaktadır. Şekil (1.22.)’de kapasite spektrumunun seçilen tahmini bir performans noktası için, doğruların altında ve üstünde kalan alanlar eşit olacak şekilde iki doğrulu forma getirilmiş hali gösterilmektedir (FEMA 356).



Şekil 1.22. Modal kapasite eğrisinin doğrusallaştırılması (FEMA 356).

a_y : İki doğru parçalı olarak idealleştirilen kapasite spektrumunda akma noktasının spektral ivme koordinatı,

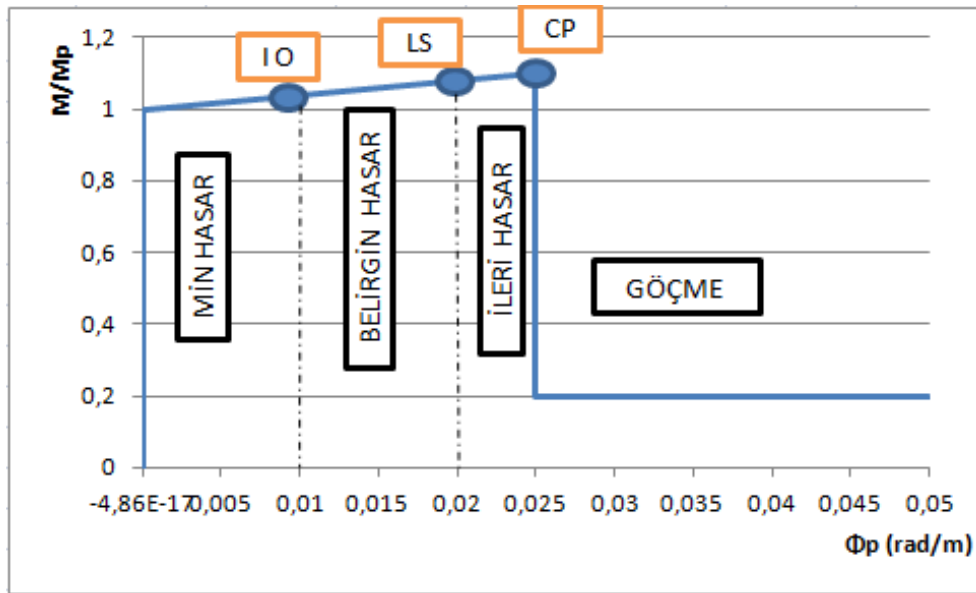
d_y : İki doğru parçalı olarak idealleştirilen kapasite spektrumunda akma noktasının spektral yerdeğiştirme koordinatı,

a_{pi} : Tahmini performans noktasının spektral ivme koordinatı

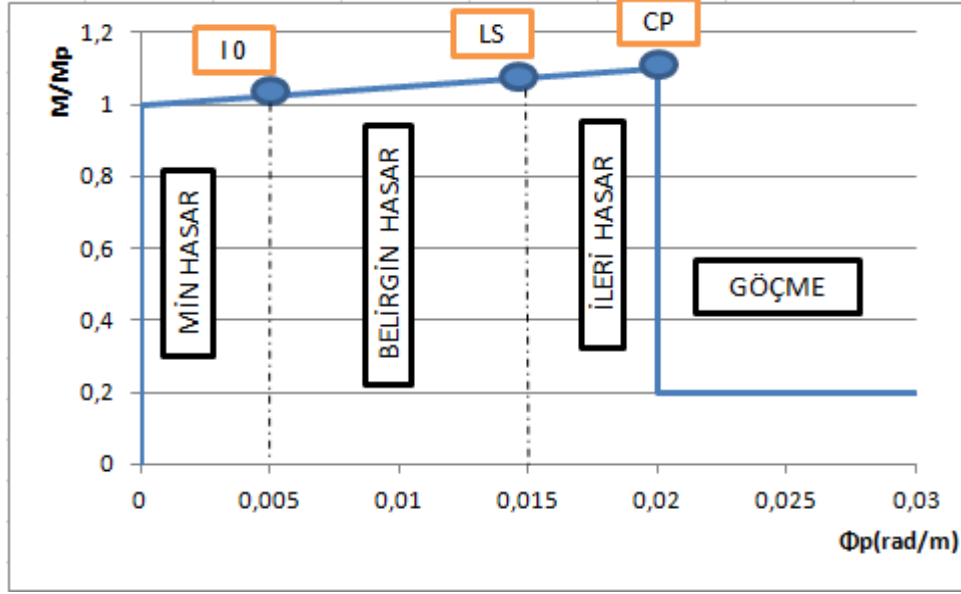
d_{pi} : Tahmini performans noktasının spectral yer değiştirme koordinatı olarak tanımlanmaktadır.

1.5.1. FEMA 356 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgesi

Plastik dönme miktarlarını baz alan FEMA 356'nın, hazırladığı moment-plastik dönme eğrileri Şekil (1.23.)'de kirişler, Şekil (1.24.)'de ise kolon ve perdelerde için ifade edilmiştir. DBYBHY 2007'de olduğu gibi üç hasar sınırı ve dört hasar bölgesi tanımlıdır. FEMA hasar sınırları SAP 2000 programının kendi algoritmasında mevcuttur. Bu tez çalışmasında FEMA 356 hasar sınırları (dönme miktarları) dikkate alınarak hasar bölgeleri belirlenmiştir.



Şekil 1.23. Kiriş moment-plastik dönme grafiği (FEMA 356).



Şekil 1.24. Kolon ve perde moment-plastik dönme grafiği (FEMA 356).

Analiz sonrası eleman uçlarında tanımlı plastik mafsallarda meydana gelen plastik dönme değerleri belirlenir ve yukarıdaki grafik üzerinden hasar bölgeleri belirlenir. Grafiklerde geçen IO, LS, CP kısaltmaları yönetmeliğimizdeki HK, CG, GÖ kısaltmaları ile aynı manaya gelmektedir.

- IO: immediate occupancy: hemen kullanım (oturma) (HK)
- LS: life safety: can güvenliği (CG)
- CP: collapse prevention: göçme öncesi (GÖ)

Görüldüğü üzere kapasite spektrumu tüm hesap adımları DBYBHY 2007'deki itme analizi hesap adımlarına oldukça benzerdir. Aradaki tek fark FEMA ve ATC eleman uçlarındaki dönmeyi, DBYBHY 2007 ise eleman uç kesitlerindeki beton ve donatının birim şekil değiştirmelerini dikkate almaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde çalışmaya konu olan iki farklı modelin özellikleri tanıtılacaktır. Modellere ait malzeme bilgileri, coğrafi bilgiler, taşıyıcı sistem bilgileri, statik hesaba esas teşkil edecek yükleme durumları, yerel zemin sınıfları, kalıp planları, kesit ve perspektif görünüşler verilmiştir.

Ayrıca artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde kullanılacak yerel zemin sınıflarına ait spektrumların grafiksel özellikleri ve doğrusal olmayan dinamik analizde kullanılacak deprem ivme kayıtlarının özellikleri sunulmuştur.

2.1. Bingöl Depreminde Göçen Perdeli Betonarme Bina Örneği (Model-1)

2.1.1. Yapının Genel Özellikleri

Bingöl il merkezinde bulunan bina bodrum+7 kattan oluşmaktadır. İncelenen yapının planı, x doğrultusunda 27 m, y doğrultusunda dış cephede 16 m iç cephelerde 19,5 m'dir. Yapının bodrum dahil toplam yüksekliği 24,9 m'dir. Yapıda x doğrultusunda 6 açıklık vardır. Y doğrultusunda ise 4 açıklık vardır. Kat yükseklikleri bodrum katta 4,6 m'dir. Zemin kat ve normal katlarda 2,9 m'dir. Yapı perde+çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olup bodrum katın çevresinin bir kısmı bodrum kat perdeleri ile çevrilidir. Beton sınıfı olarak C30, donatı çeliği olarak da S420 kullanılmıştır. Yapının bodrum kat çevresinin bir kısmındaki rijit bodrum perdeleri üst katlarda devam etmediğinden (bkz DBYBHY 2007 7.6.4.1. b) belirtildiği üzere bodrum kat perdelerinin alt ve üst uçlarında plastik mafsallı atanmamıştır.

Bina ölü ağırlığı haricinde sabit yük olarak $1,5 \text{ kN/m}^2$, hareketli yük olarak 4 kN/m^2 döşemelere atanmıştır. Tüm döşemeler çift doğrultuda çalıştığından, SAP 2000'de ilgili komut ile döşemede tanımlı yüklerin çevresindeki mesnetli kirişlere aktarılması sağlanmıştır. Bu çalışmada duvar yükleri dikkate alınmamıştır.

Binanın boy kesitleri incelendiğinde genel olarak düzgün bir bina olduğunu söylemek zordur. Bodrum kat perdelerinin bodrum kat çevresinin tamamında olmaması, bodrum katta pencere kullanım amacıyla oluşturulan kısa kolonlar ve bina girişindeki merdivenin kot farkı sebebiyle kısa kolon oluşturması yapının tipik süreksizliklerini ifade

etmektedir. Kat yükseklikleri ile ilgili durum oldukça dikkat çekicidir. Bodrum kat yüksekliğinin 4,6m iken diğer katların 2,9m olması yatay rijitliği olumsuz etkileyeceği açıktır. Fakat kalıp planları incelendiğinde genel olarak düzgün bir tasarım yapıldığı söylenebilir. Kalıp planı x ve y doğrultusu için simetriktir.

2003 Bingöl depreminde göçen Model-1'in deprem performansının belirlenmesi için artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılacaktır.

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarına ait tasarım ve şiddetli depremler dikkate alınacaktır. Model-1'e ait statik projelerde yerel zemin sınıfına ait bir bilgi bulunmamaktadır. Bu sebeple iki farklı yerel zemin sınıfı analizlerde kullanılmıştır.

Doğrusal olmayan dinamik analiz için Adana Ceyhan 1998, Bingöl 2003 ve Van 2011 depremleri kullanılmıştır.

Bina bilgileri

Bulunduğu vilayet : Bingöl

Kat adedi : bodrum+7

Kat yüksekliği : 4,6 m – 2,9 m

Bodrum kat dahil toplam bina yüksekliği : 24,9 m

Bina oturma alanı : 494 m²

Malzeme Bilgileri

Beton sınıfı : C30 (f_{ck} : 30 Mpa)

Donatı çeliği : S420 (f_{yk} : 420 Mpa)

Beton elastisite modülü, [E_c] : 3,2E4 Mpa

Donatı çeliği elastisite modülü, [E_s] : 2E5 Mpa

Proje Parametreleri

Deprem bölgesi : 1

Etkin yer ivmesi katsayısı, [A_0] :0,4 (1. Derece deprem bölgesi)

Bina önem katsayısı, [I] :1

Yerel zemin sınıfı : Z3

Yerel zemin sınıfı : Z4

Spektrum karakteristik periyotları (Z3) : $T_A=0,15\text{sn}$ $T_B=0,6\text{sn}$

Spektrum karakteristik periyotları (Z4): $T_A=0,15\text{sn}$ $T_B=0,9\text{sn}$

Hareketli yük katılım katsayısı : 0,3

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Taşıyıcı sistem türü : perde+çerçeve

Döşeme : 0,12m

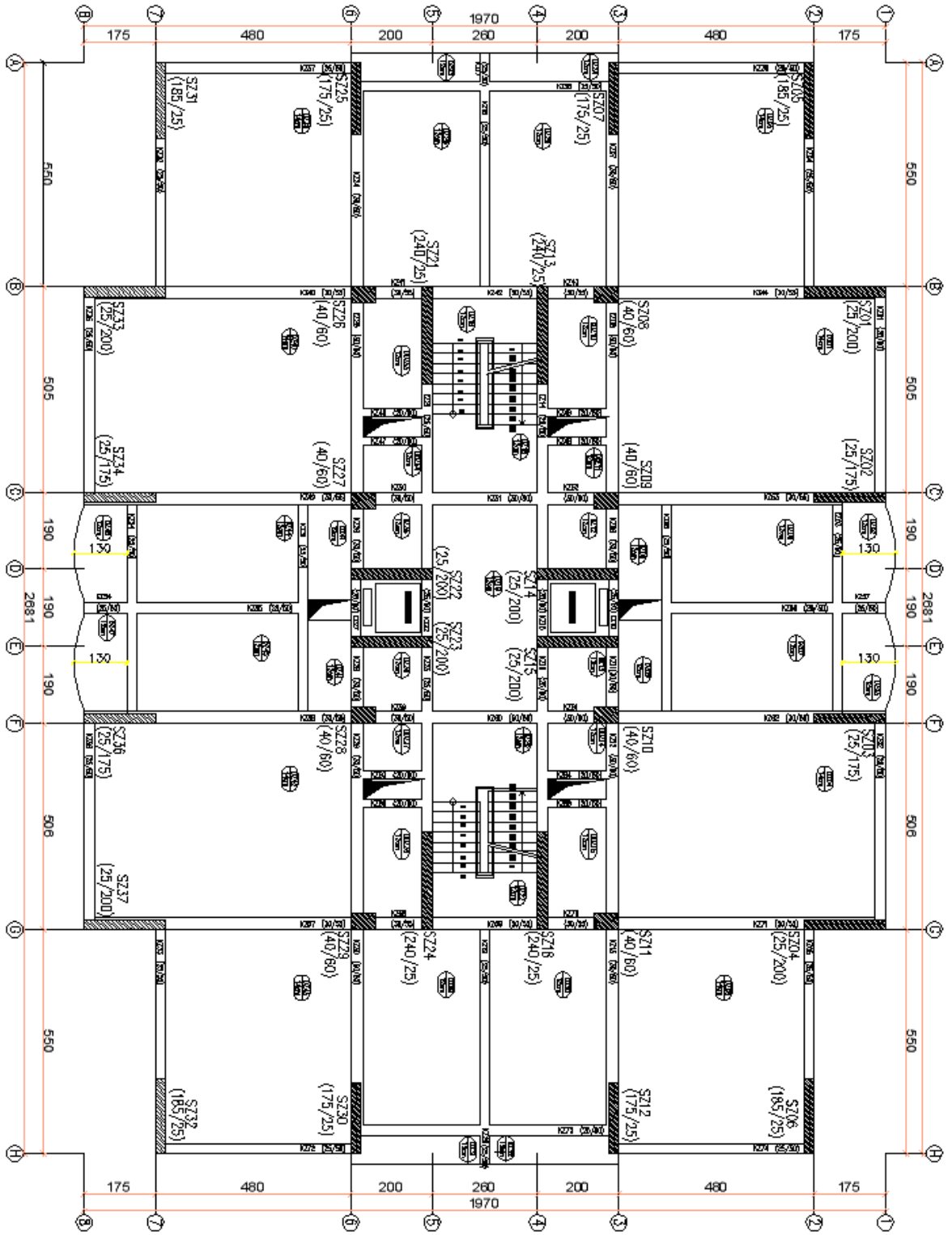
Yükler

Plak zati: Plak ağırlıkları SAP 2000'e hesaplatılmıştır.

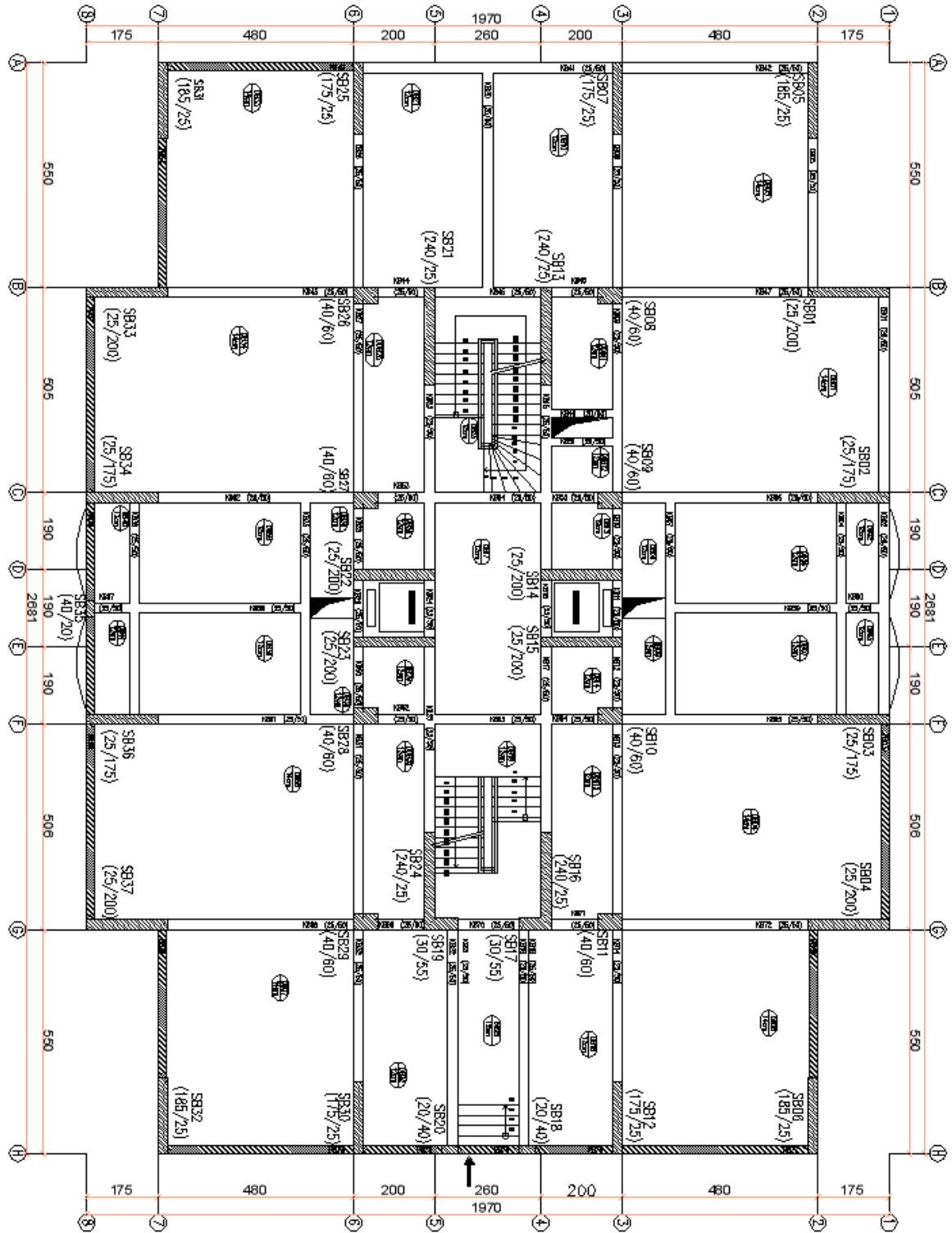
Kaplama+sıva: $1,5 \text{ kN/m}^2$

Sabit yük: $1,5 \text{ kN/m}^2$ +plak eleman ağırlığı

Hareketli yük: 4 kN/m^2

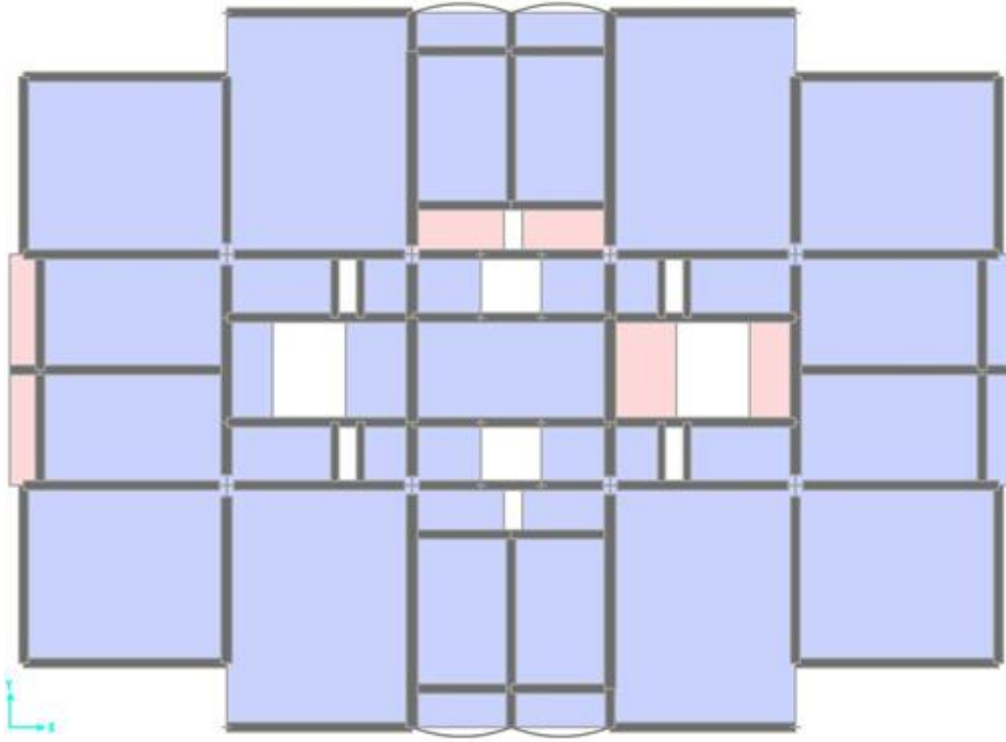


Şekil 2.1. Model-1 tipik kat planı

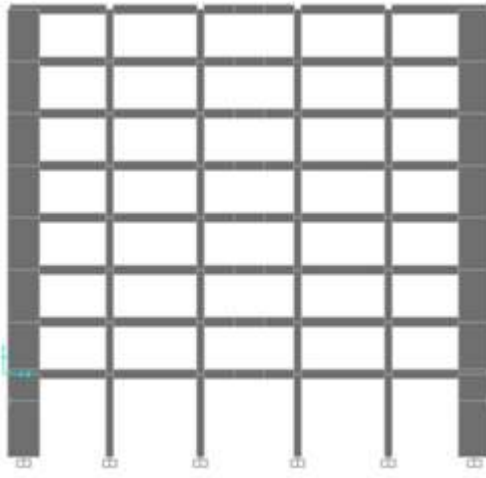


Şekil 2.2. Model-1 bodrum kat planı

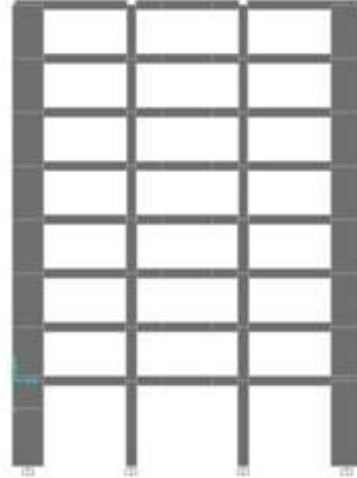
Model-1'in statik projesinden alınan tipik kat kalıp planı Şekil (2.1.)'de, bodrum kat kalıp planı ise Şekil (2.2.)'de gösterilmiştir. Şekil (2.3.)'de ise model-1'in SAP 2000 programında modellenmiş plan ve kesitleri sunulmuştur.



a) Yapının tipik kat planı



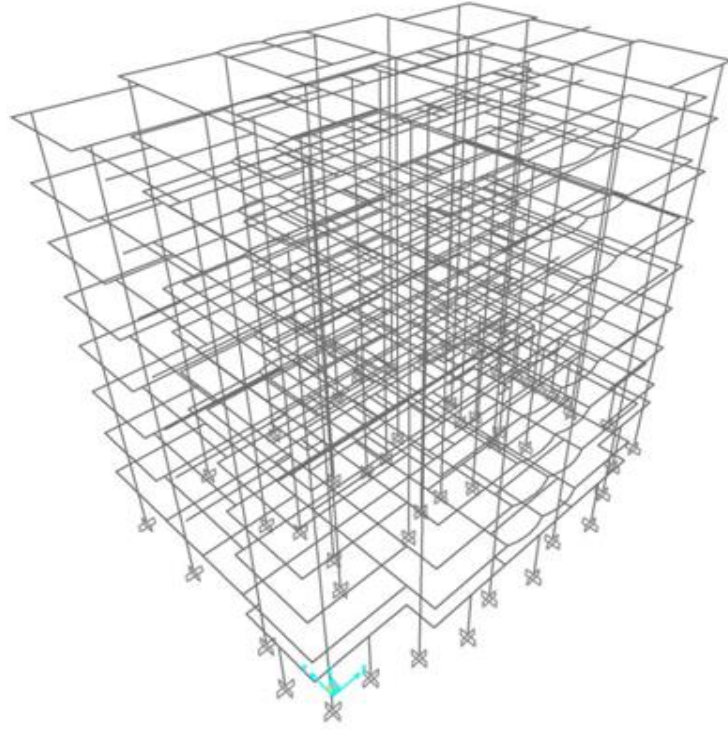
b) Yapının XZ düzlemindeki kesiti



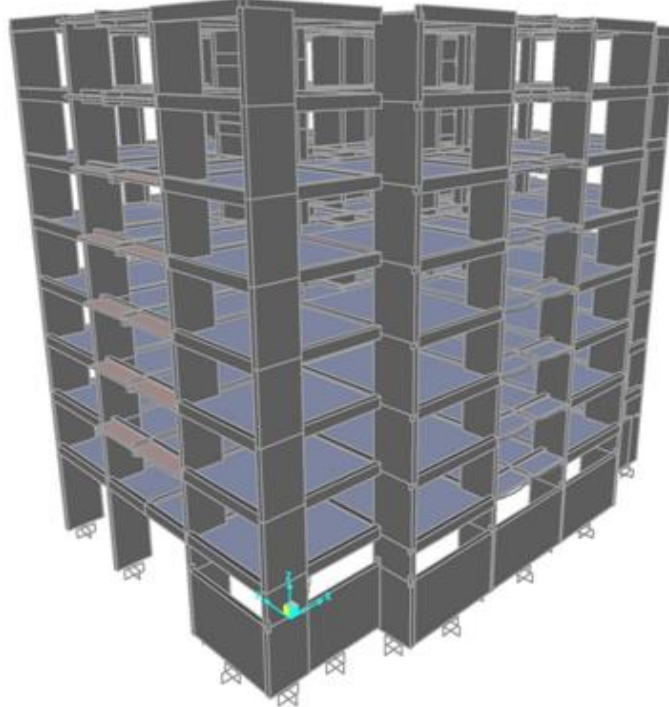
c) Yapının YZ düzlemindeki kesiti

Şekil 2.3. Model-1'in SAP 2000 modelinden görüşler

Model-1'e ait çubuk eleman modeli Şekil (2.4.)'de, üç boyutlu (3D) sonlu eleman modeli ise Şekil (2.5.)'de sunulmuştur.

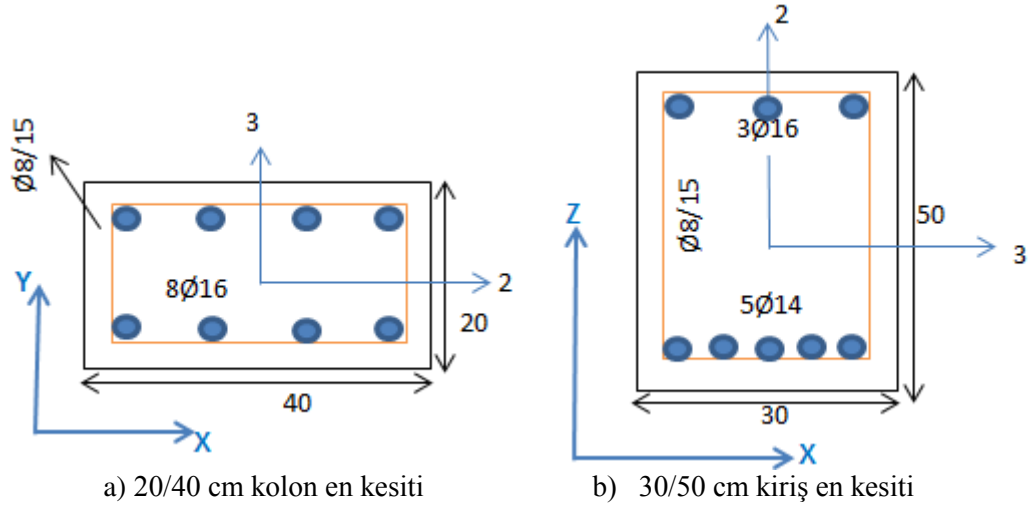


Şekil 2.4. Model-1 çubuk eleman modeli



Şekil 2.5. Model-1 3D sonlu eleman modeli

Model-1'in taşıyıcı sistemi SAP 2000 programında oluşturulduktan sonra kiriş, kolon ve perde elemanlara ait kesit geometri özellikleri ve donatı detayları girilmiştir. SAP 2000'de kesit oluştururken global eksen takımı X Y Z ile lokal eksen takımı 1 2 3 yönleri dikkate alınır. Kolon ve perdelerin düşey, kirişlerin yatay taşıyıcı eleman olması dolayısı ile lokal eksen takımları farklıdır.



Şekil 2.6. Model-1'e ait elemanların SAP 2000 lokal eksenlerine göre en kesitleri

Model-1'e ait 20/40 cm ebatlarındaki kolon ile 30/50 cm ebatlarındaki kiriş en kesitleri ve donatı detayları Şekil (2.6.)'da verilmiştir. Diğer elemanların boyut ve donatılarına ilişkin tablo ekler bölümünde Tablo (5.1.)'de sunulmuştur.

Çalışılan modele ait statik projelerinin mevcut olması sebebi ile bina bilgi düzeyi yönetmeliğimizde belirtildiği üzere (bkz DBYBHY 2007 Tablo 7. 1) 'kapsamlı' olarak belirlenmiş ve bilgi katsayısı 1 alınmıştır. Model-1'in kullanım amacının konut olmasından dolayı yönetmeliğimiz gereği beklenen performans seviyesi hemen kullanım (HK)'dır

Modelin statik projesinde yerel zemin sınıfı ile ilgili bir bilgi yoktur. Bu sebeple yerel zemin sınıfı olarak Z3 ve Z4 yazar tarafından seçilmiştir. Z3 ve Z4 seçilmesinde amaç, binayı en çok deprem yüküne maruz bırakacak karakteristik periyotlara sahip olmalarıdır.

Analiz için kütle kaynağı olarak düşey yüklerden faydalanılmıştır. Sabit yüklerin tamamı ile hareketli yüklerin % 30'u (bkz DBYBHY 2007 Tablo 2.7) kütle kaynağı olarak atanmıştır. Sabit yüklere eleman (perde, döşeme, kolon, kiriş) zati ağırlıkları dahildir. Bu

işlem SAP 2000’de kütle kaynağı kutucuğu ile belirlenmiştir. Eğer bu işlem yapılmamış olsaydı sadece eleman zati ağırlıkları kütle kaynağı olarak kullanılacaktı.

Doğrusal olmayan düşey yük analizi ile bulunan normal kuvvet düzeylerine göre kolonlarda ve perdelerde her iki eğilme yönünde (SAP 2000’de x ve y yönündeki eğilme etkisi lokal eksenler için 2 ve 3 yönüne tekabül eder) rijitlik azaltması atanmıştır. Model-1’in tüm düşey elemanlarının katlara göre rijitlik azaltılması ekler bölümünde Tablo (5.3.) -Tablo(5.10.) arasında sunulmuştur. Tüm kirişlerde ise sabit bir değer olan 0,4EI ile rijitlik azaltması (bkz DBYBHY 2007 7.4.13. a) atanmıştır. Kolon ve perdelerde P M2 M3, kirişlerde M3 plastik mafsallı atanmıştır.

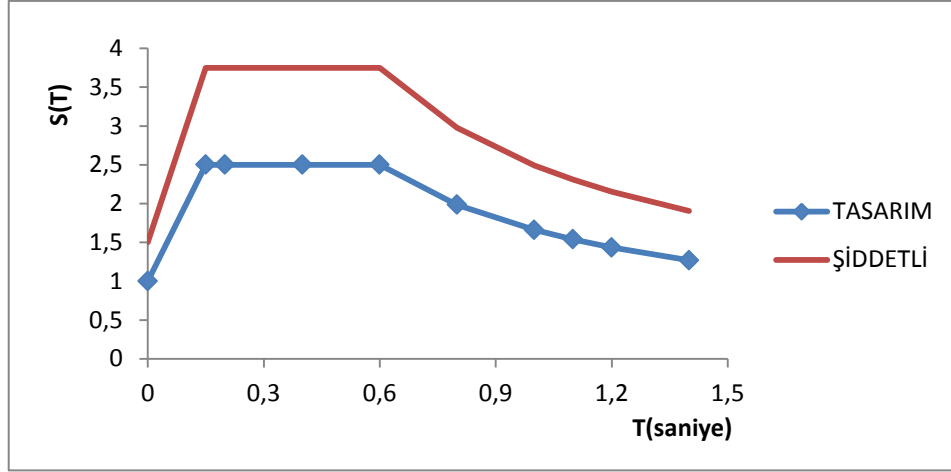
Çevresinin büyük kısmı rijit bodrum kat perdeleri ile çevrilmiş olduğundan bodrum kat haricinde tüm katlara döşeme kotunda rijit diyafram (kesme tipi çerçeve) özellikleri atanmıştır. Kolon-kiriş ve perde-kiriş elemanların birleşim noktalarında rijit birleşim özellikleri atanmıştır.

Bu modelin doğrusal olmayan analizinde kat sayısı, burulma düzensizliği (Burulma düzensizliği hesabı sadece tasarım depremleri için yapılmıştır. Çünkü şiddetli depremde minimum ve maksimum ötelenmeler eşit miktarda artacağından oransal anlamda bir değişiklik olmayacaktır.), etkin moda ait kütle katılım oranları dolayısı ile artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizi için Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için tasarım ve şiddetli deprem etkileri göz önüne alınmıştır. Bahsi geçen analizlerin yapılabilmesi için yerel zemin sınıflarına ait spektrum katsayısı S(T) periyot grafiği, spektral ivme (S_a) periyot grafiğine çevrilmiştir. Ardından spektral ivme (S_a) spektral yer değiştirme (S_d) grafiğine çevrilmiştir. Bu çevrimin amacı modal kapasite eğrisi ile koordinat uyumu sağlanması ve ilgili yer değiştirme isteminin bulunmasıdır.

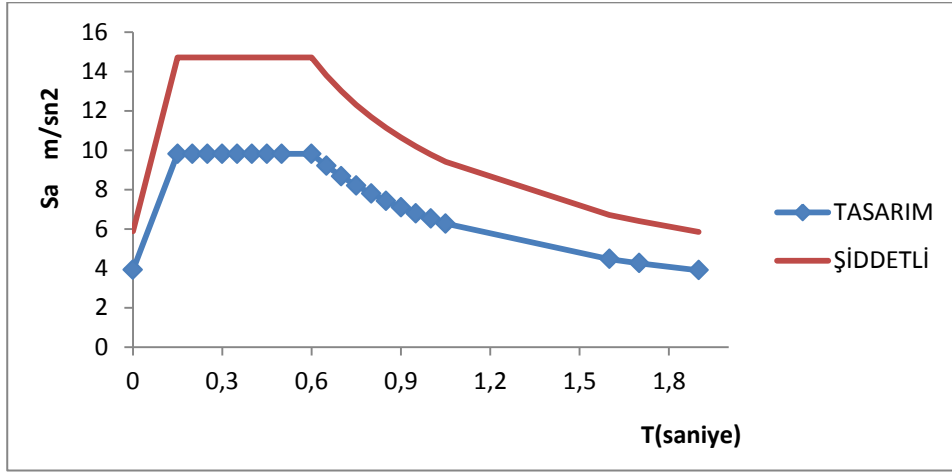
2.1.2. Z3 ve Z4 Yerel Zemin Sınıflarının Grafiksel Özellikleri

Artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde kullanılacak Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarına ait spektrum katsayısı/periyot, spektral ivme/periyot ve spektral ivme/spektral yer değiştirme grafikleri aşağıda verilmiştir. Grafikler tasarım depremi ve şiddetli deprem için hazırlanmıştır.

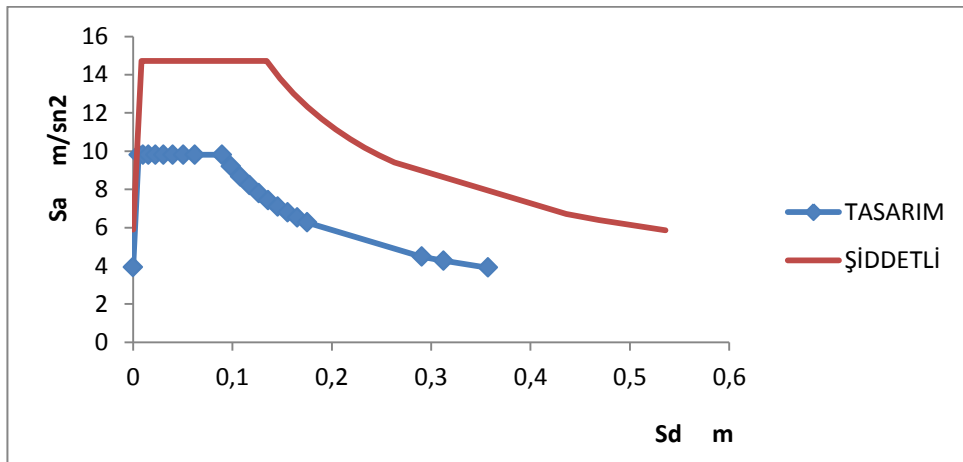
Spektral ivme değeri spektrum katsayısına bağlı olarak hesaplanmıştır. Spektral yer değiştirme ise spektral ivmeye bağlı olarak hesaplanmıştır.



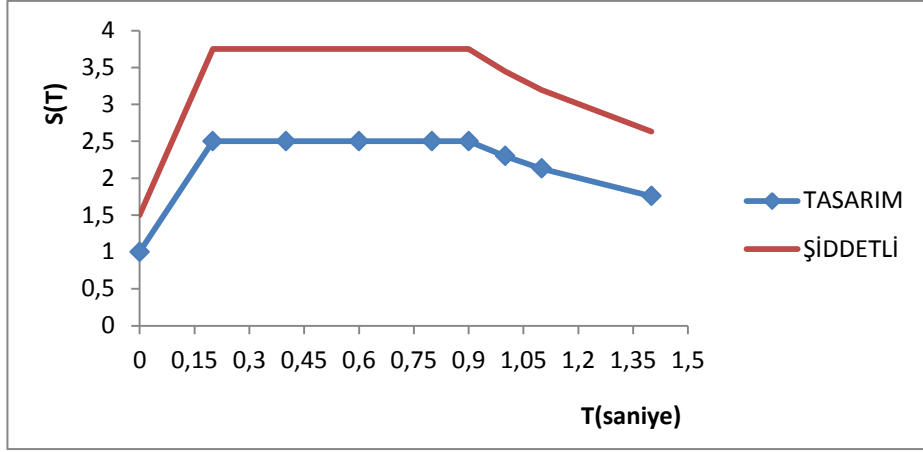
Şekil 2.7. Z3 Yerel zemin sınıfı için yönetmelik spektrumu



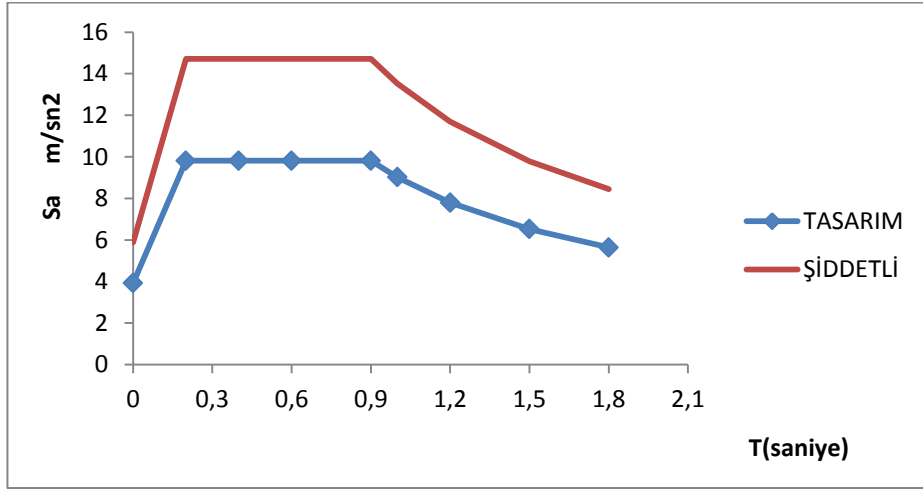
Şekil 2.8. Z3 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-periyot grafiği



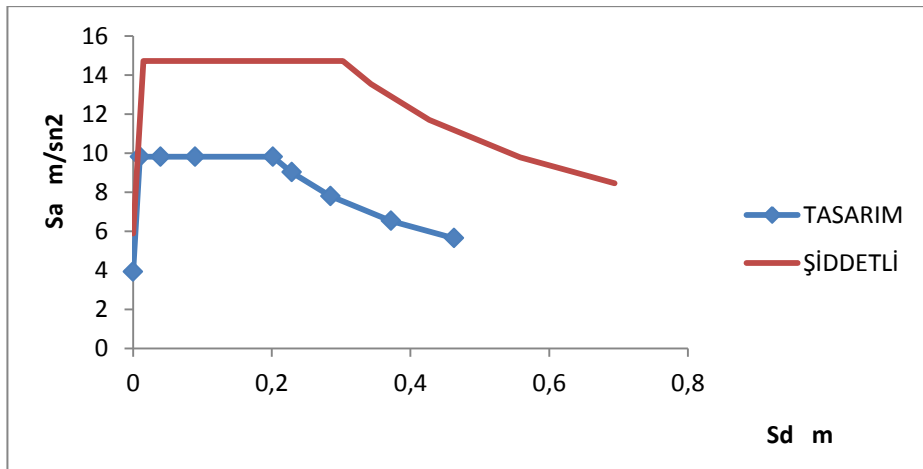
Şekil 2.9. Z3 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-spektral yer değiştirme grafiği



Şekil 2.10. Z4 Yerel zemin sınıfı için yönetmelik spektrumu



Şekil 2.11. Z4 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-periyot grafiği



Şekil 2.12. Z4 Yerel zemin sınıfı için spektral ivme-spektral yer değiştirme grafiği

2.1.3. Analizlerde Kullanılan Deprem İvme Kayıtları

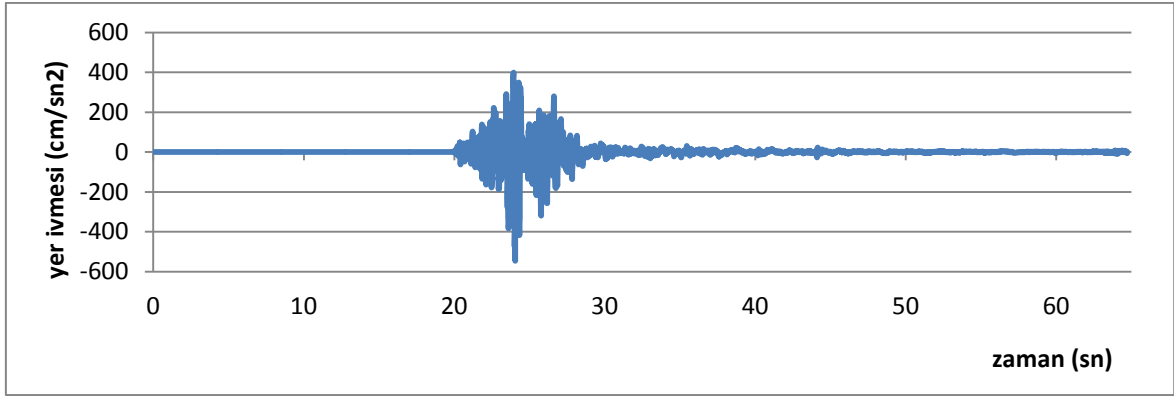
Tablo (2.1.)’de doğrusal olmayan dinamik analizde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait özellikler sunulmuştur. Analiz süresinin kısa sürmesi adına deprem ivme kayıtlarının sadece en yüksek yer ivmesi değerini (maksimum veya minimum) verdiği aralık dikkate alınmıştır. Böylece çok düşük değerler veren depremin başlangıç ve bitiş süresine ait yer ivme değerleri analize dahil edilmemiştir. Maksimum yer ivmesi değeri ve maksimum yer ivmesi değerine en yakın değerlerin dahil edildiği kayıtlar 15 saniyeden kısa olmamak koşulu ile oluşturulmuştur.

- 65 saniyelik kaydı olan Bingöl 2003 depreminin 20 ile 35 saniye aralığında olan değerler,
- 30 saniyelik kaydı olan Adana Ceyhan 1998 depreminin 5 ile 20 saniye aralığında olan değerler,
- 70 saniyelik kaydı olan 2011 Van depreminin 5 ile 20 saniye aralığında olan değerler dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

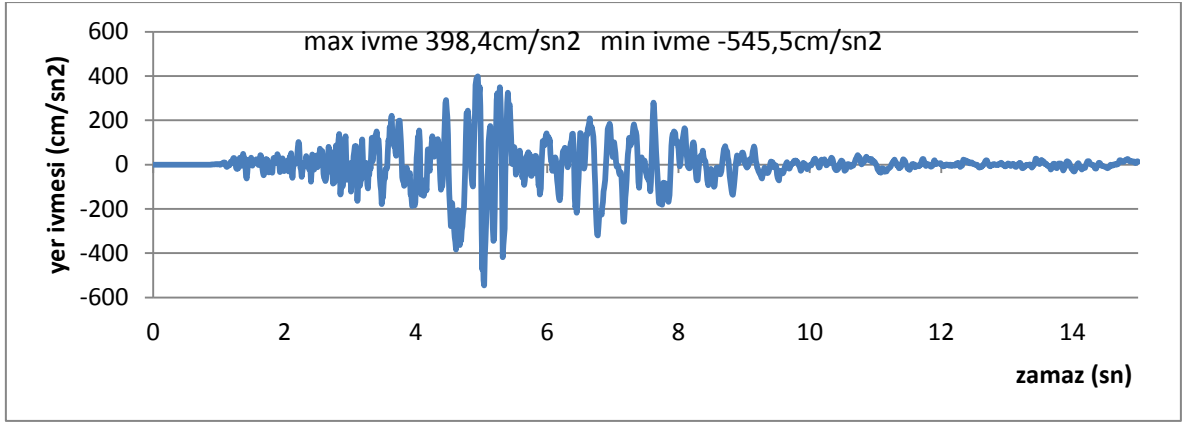
Tablo 2.1. Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait parametreler

Vilayet	Ölçüm istasyonu	Tarih	Derinlik (km)	Büyükölük	N-S Bileşini PGA (Gal)
Bingöl	Bingöl Merkez Bay.ve İskan Müd.	01.05.2003	6	6.1 Md	545.532
Adana Ceyhan	Adana Ceyhan Tarım İlçe Müd.	1998	-	5.9 Ml	223.276
Van	Van Merkez Bay.ve İskan Müd.	09.11.2011	6.09	5.6 Ml	148.077

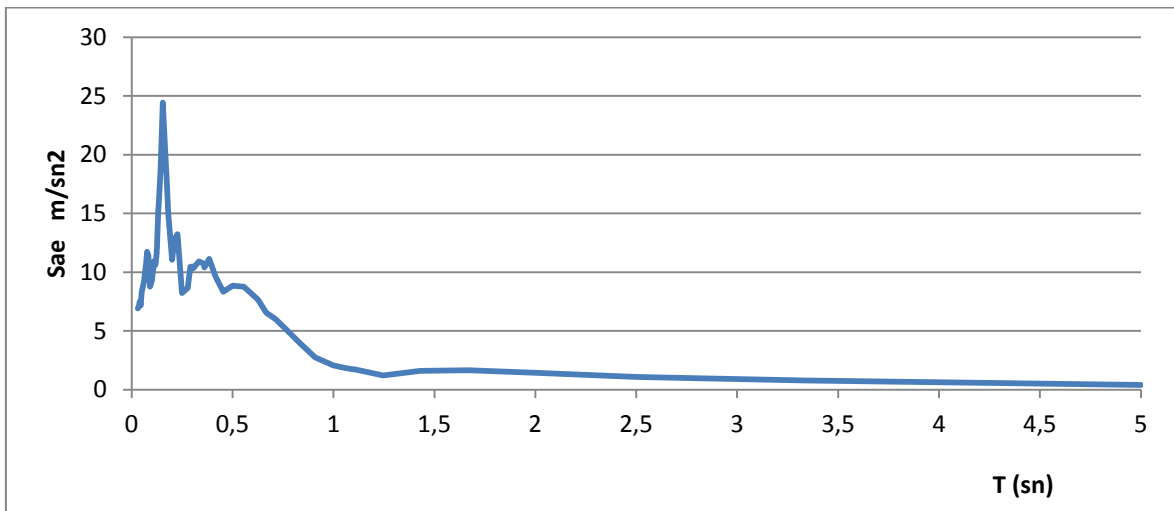
- Bingöl 2003 Deprem İvme Kaydı (N/S)



Şekil 2.13. Bingöl depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı

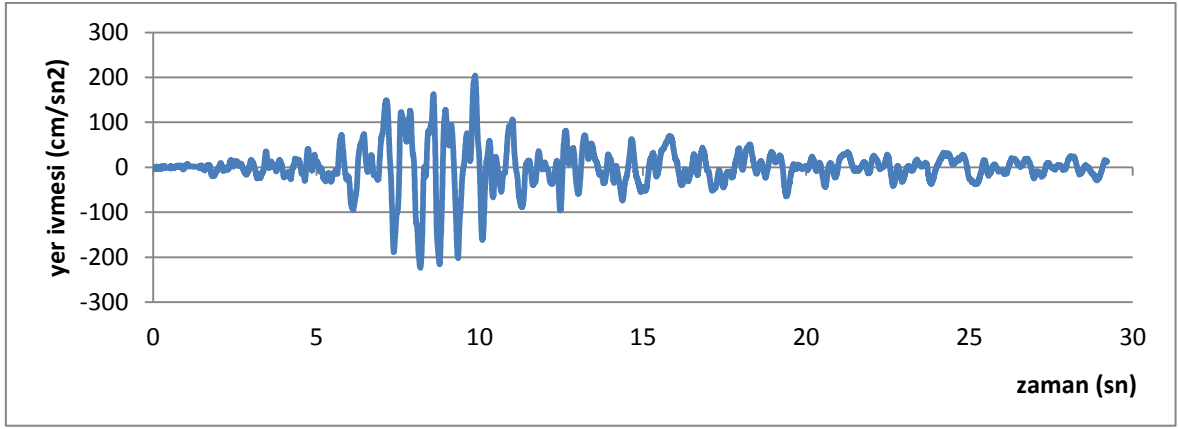


Şekil 2.14. Bingöl depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı

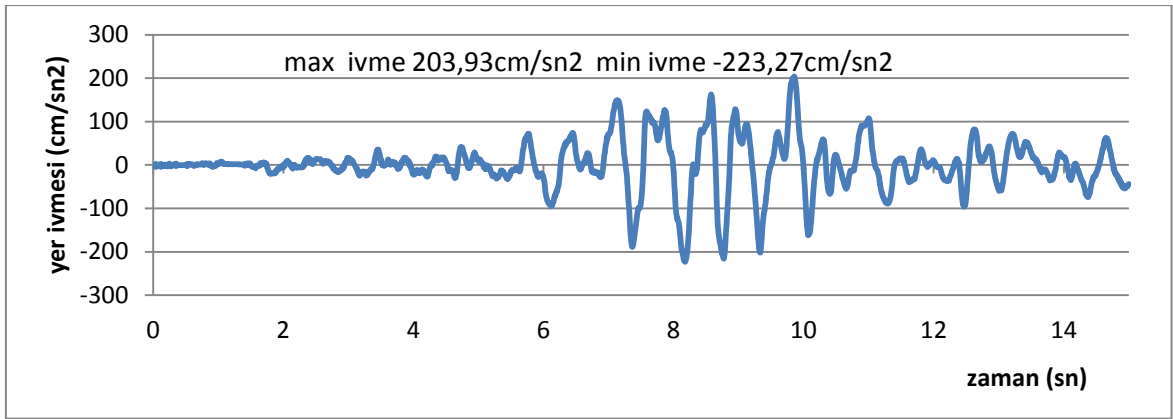


Şekil 2. 15. Bingöl depremi spektral ivme-periyot grafiği

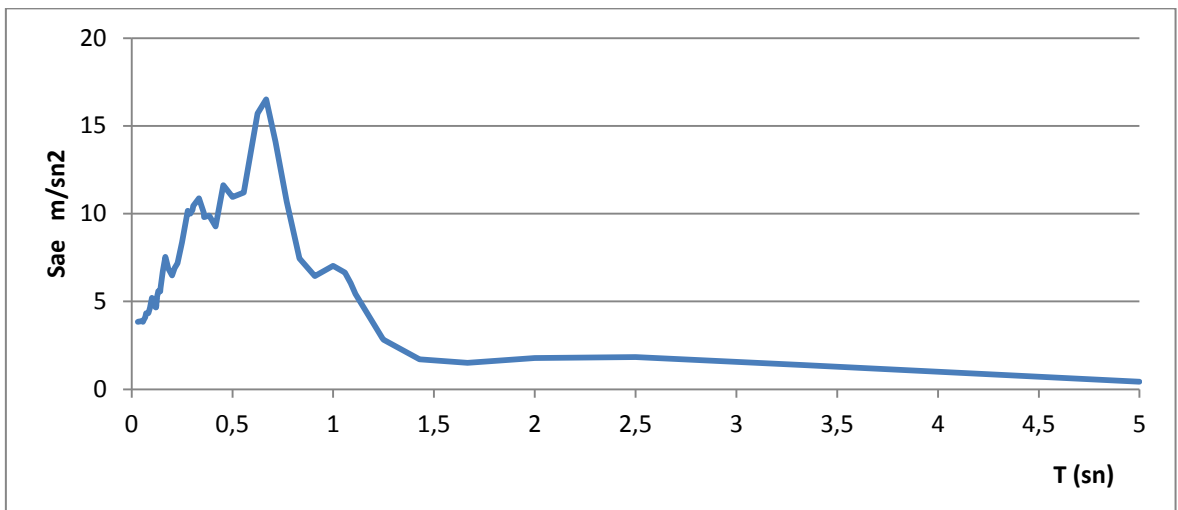
- Adana Ceyhan 1998 Deprem İvme Kaydı (N/S)



Şekil 2.16. Adana depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı

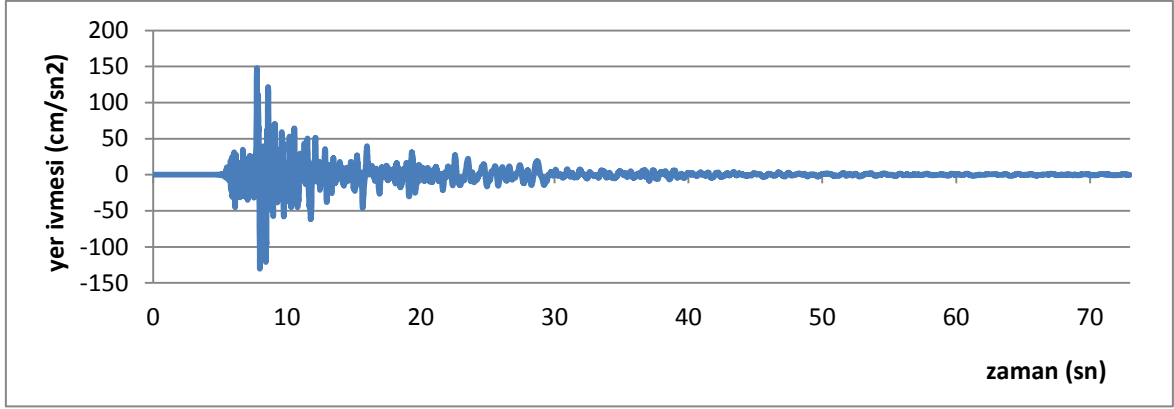


Şekil 2.17. Adana depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı

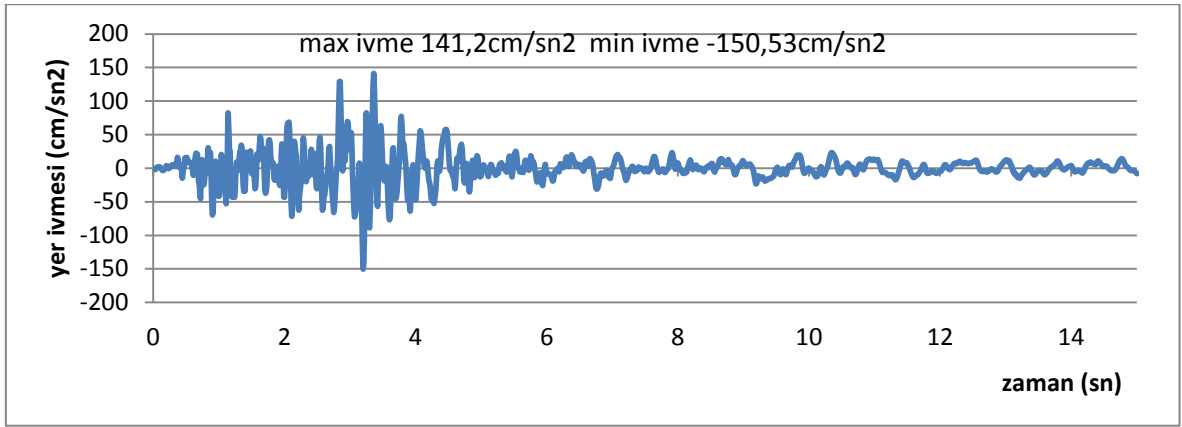


Şekil 2.18. Adana depremi spektral ivme-periyot grafiği

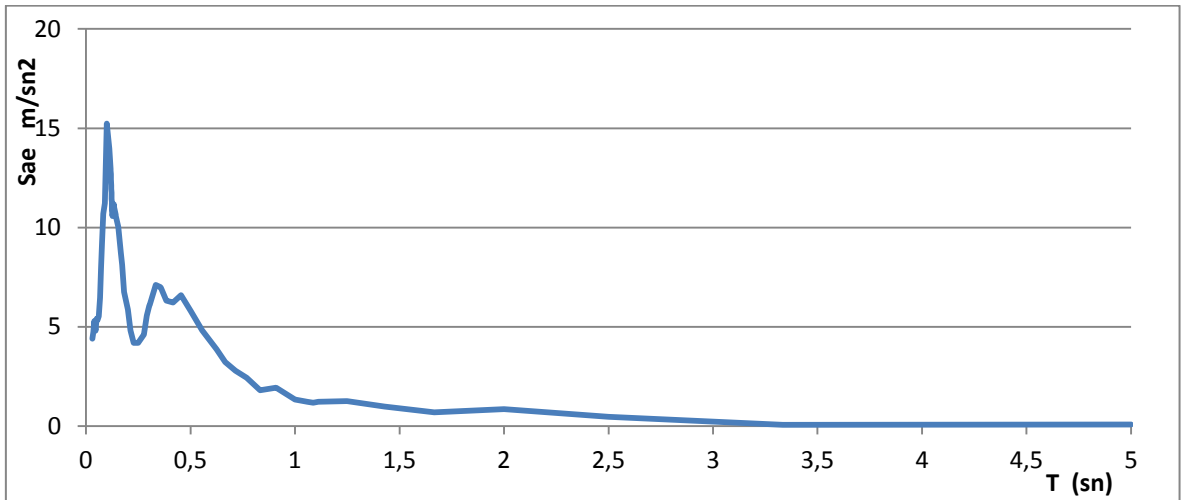
- Van 2011 Depremi İvme Kayıtları 2011 (N/S)



Şekil 2.19. Van depremi yer ivmesi-zaman grafiği kaydı



Şekil 2.20. Van depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı



Şekil 2.21. Van depremi spektral ivme-periyot grafiği

2.2. Gümüşhane İlinde Mevcut Olan Perdeli Betonarme Bina Örneği (Model-2)

2.2.1. Yapının Genel Özellikleri

Gümüşhane il merkezinde 2013 yılında hizmete giren bina bodrum+10 kattan oluşmaktadır. İncelene yapının planı, x doğrultusunda 22,8 m, y doğrultusunda 11 m uzunluğundadır. Bodrum dahil yapı toplam yüksekliği 30,8 m'dir. Yapıda x doğrultusunda ön cephede 5 arka cephede 7 açıklık vardır. Y doğrultusunda ise 3 açıklık vardır. Kat yükseklikleri bodrum, zemin ve normal katlarda 2,8 m'dir. Taşıyıcı sistemi çerçeve+perde sistemidir. Beton sınıfı olarak C25, donatı çeliği olarak da S420 kullanılmıştır. Yapının bodrum kat çevresinin tamamı rijit bodrum perdeleri üst katlarda devam etmediğinden DBYBHY 2007'de (bkz 7.6.4.1. b) belirtildiği üzere alt ve üst uçlarında plastik mafsallı atanmamıştır.

Bina ölü ağırlığı haricinde sabit yük olarak $1,5 \text{ kN/m}^2$, hareketli yük olarak 2 kN/m^2 döşemelere atanmıştır. Tüm döşemeler çift doğrultuda çalıştığından, SAP 2000'de ilgili komut ile döşemede tanımlı yüklerin çevresindeki mesnetli kirişlere aktarılması sağlanmıştır. Bu çalışmada duvar yükleri dikkate alınmamıştır.

Binanın kalıp planları ve boy kesitleri incelendiğinde genel olarak düzgün bir bina olduğu söylenebilir. Düşeyde ve yatayda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır. Bodrum kat dahil tüm kat yükseklerinin aynı olması (2,8 m) deprem davranışı ve yatay rijitlik açısından önemlidir.

Asansör shaftının (kovasının) 'U' kesit olması özellikle x doğrultusunda etkiyen depremde burulma nedeniyle elverişsiz koşullar oluşturabilmektedir. Bu durum planda önemli bir düzensizlik oluşturmaktadır. 'U' kesit perdenin modellenmesi için düşeyde birbirinden bağımsız üç adet frame (çubuk) eleman oluşturulmuş yatayda ise bu elemanlar birbirlerine fiktif elemanlar ile bağlanmıştır. Çünkü 'U' kesitli perdeler bütün kolları birbiri ile çalışan tek perde olarak idealleştirilmiştir (bkz DBYBHY 2007 7.6.4.3. b). Fiktif elemanların kütle ve ağırlık bileşenleri sıfır olarak atanmıştır. Bu sayede hem asansör shaftını birbirine bağlayan fiktif elemanların bina ağırlığına ve periyoduna etki etmesi önlenmiştir hem de asansör perdelerinin beraber çalıştırılması sağlanmıştır.

Model-2, Gümüşhane il merkezinde olması nedeniyle 3. Derece deprem bölgesindedir. Ancak Gümüşhane'nin il merkezi ile özellikle güneyindeki ilçelerinin

deprem bölgeleri arasında ciddi farklar vardır. Örneğin Köse ilçesi 2. Derece deprem bölgesi iken Kelkit ve Şiran ilçeleri 1. Derece deprem bölgesindedir. Gümüşhane il sınırları içerisinde farklı deprem bölgelerinin olduğu açıktır. Bu durum Gümüşhane ili içerisinde farklı fay hatlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple Model-2'nin 1. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilmiştir.

Gümüşhane il merkezinde yapımı henüz tamamlanmış olan Model-2'nin deprem performansının belirlenmesi için sadece doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılacaktır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans belirlemesi binanın kat adedinden dolayı (bkz DBYBHY 2007 7.6.5.2) yapılmayacaktır. Kullanılacak deprem ivme kayıtları Model-1 için kullanılan deprem ivme kayıtlarının aynısıdır.

Bina bilgileri

Bulunduğu vilayet : Gümüşhane

Kat adedi : bodrum+10

Kat yüksekliği : 2,8 m

Bodrum kat dahil toplam bina yüksekliği : 30,8 m

Bina oturma alanı : 251 m²

Malzeme bilgileri

Beton sınıfı : C25 (f_{ck} : 25 Mpa)

Donatı çeliği : S420 (f_{yk} : 420 Mpa)

Beton elastisite modülü, $[E_c]$: 3E4 Mpa

Donatı çeliği elastisite modülü, $[E_s]$: 2E5 Mpa

Proje parametreleri

Deprem bölgesi : 1

Etkin yer ivmesi katsayısı, $[A_0]$: 0,4 (1. Derece deprem bölgesi)

Bina önem katsayısı, $[I]$: 1

Hareketli yük katılım katsayısı : 0,3

Taşıyıcı sistem özellikleri

Taşıyıcı sistem türü : perde+çerçeve

Döşeme : 0,13 m

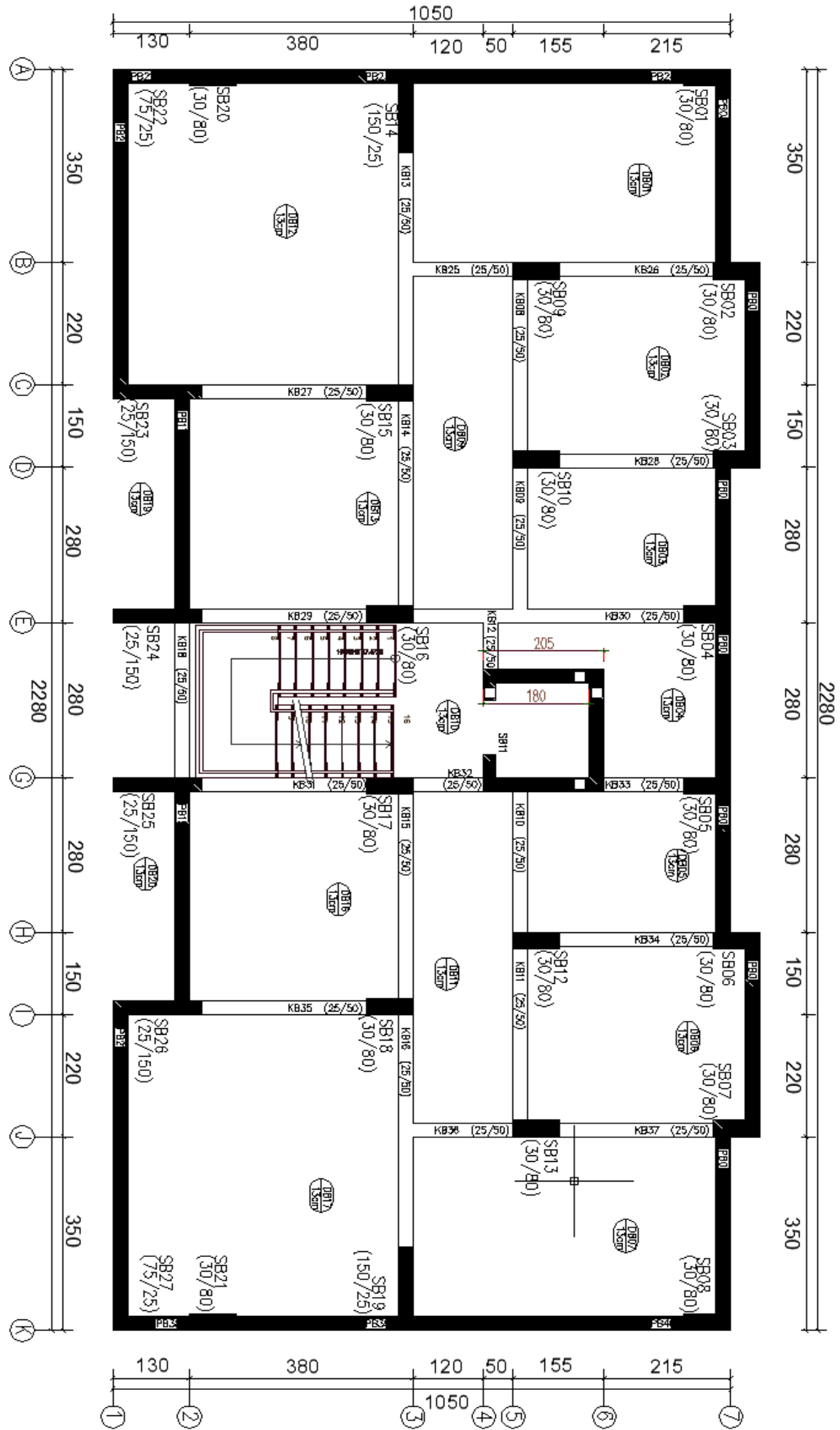
Yükler

Plak zati: Plak ağırlıkları SAP 2000'e hesaplatılmıştır.

Kaplama+sıva: $1,5 \text{ kN/m}^2$

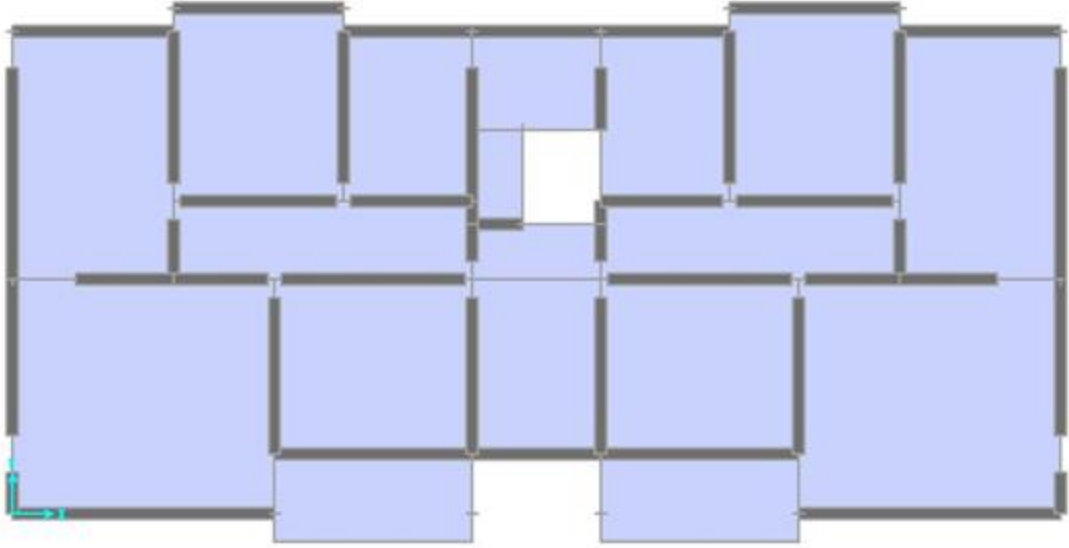
Sabit yük: $1,5 \text{ kN/m}^2$ +plak eleman ağırlığı

Hareketli yük: 2 kN/m^2

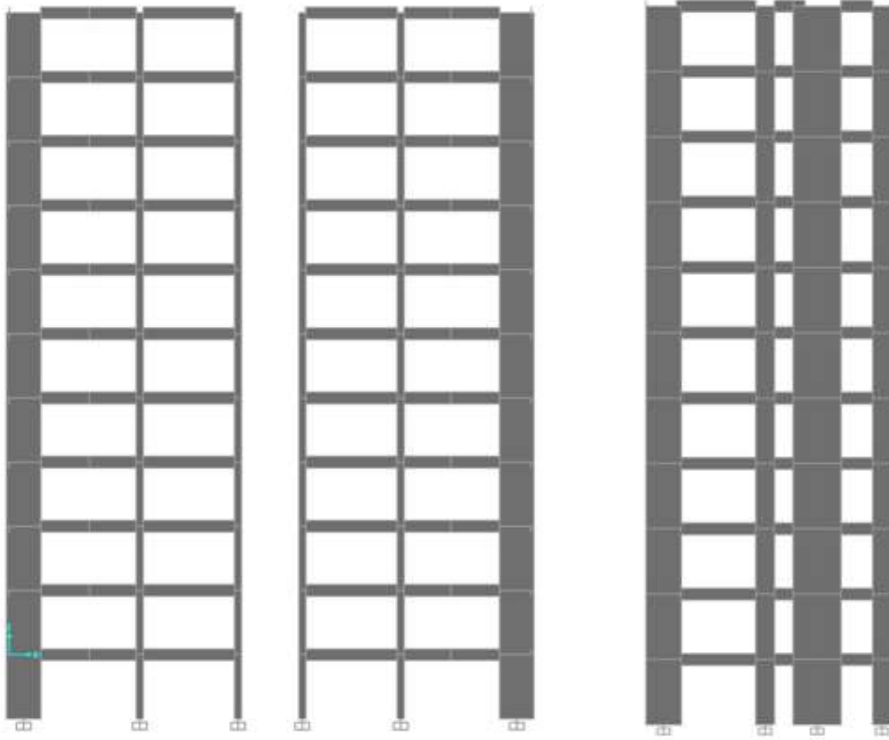


Şekil 2.23. Model-2 bodrum kat planı

Model-2'nin statik projesinden alınan tipik kat kalıp planı Şekil (2.22.)'de, bodrum kat kalıp planı ise Şekil (2.23.)'de gösterilmiştir. Şekil (2.24.)'de ise model-2'nin SAP 2000 programında modellenmiş haline ait plan ve kesitler sunulmuştur.



a) Yapının tipik kat planı

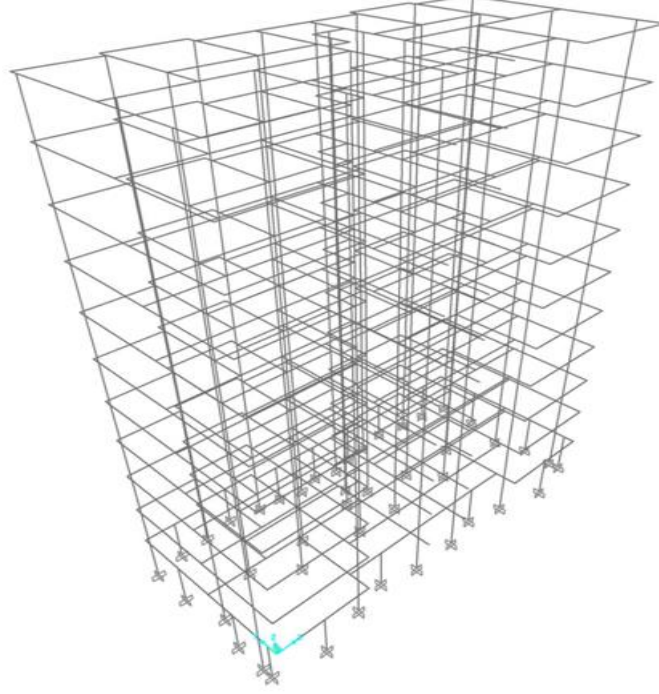


b) Yapının XZ düzlemindeki kesiti

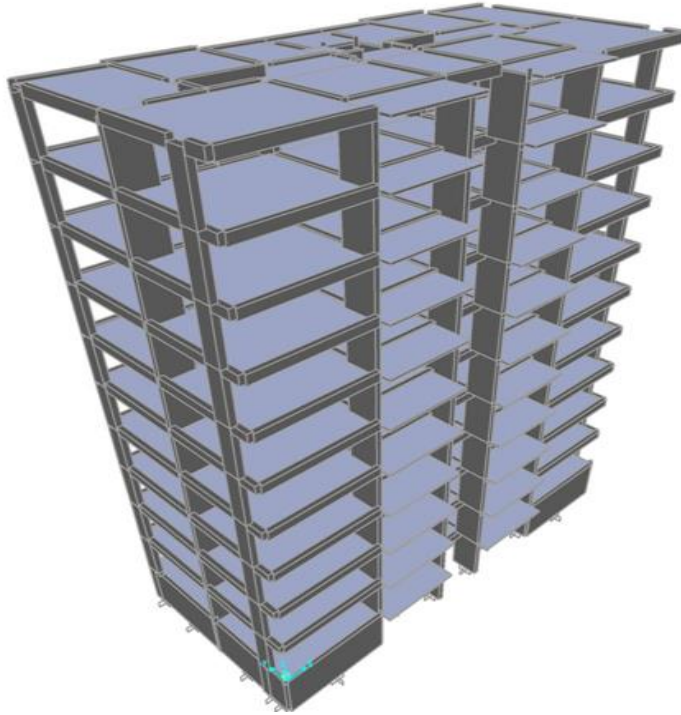
c) Yapının YZ düzlemindeki kesiti

Şekil 2.24. Model-2'in SAP 2000 modelinden görüşler

Model-2'e ait çubuk eleman modeli Şekil (2.25.)'de, üç boyutlu (3D) sonlu eleman modeli ise Şekil (2.26.)'da sunulmuştur.

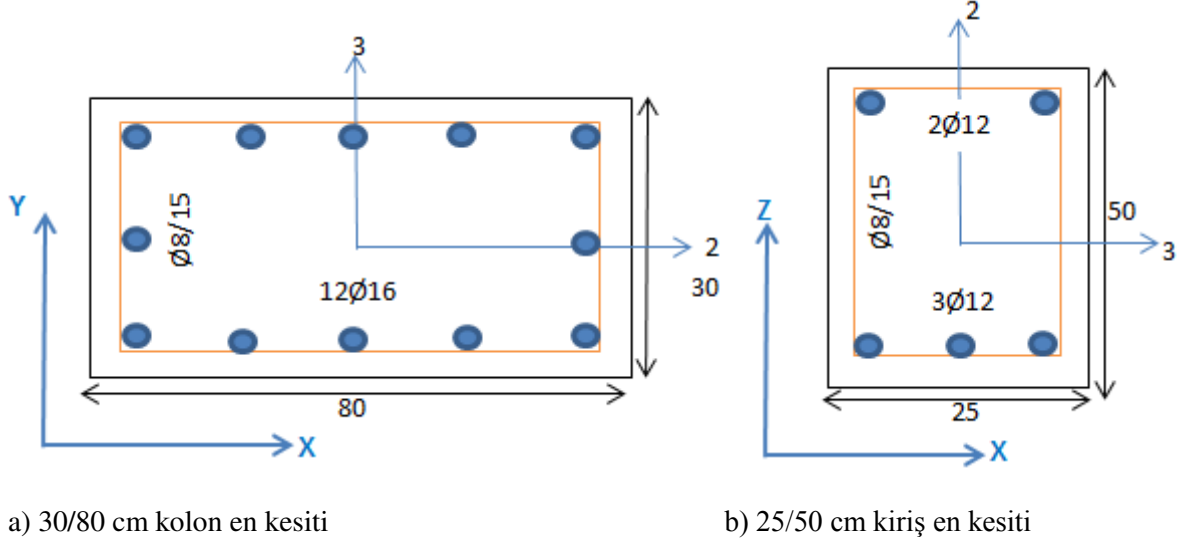


Şekil 2.25. Model-2 çubuk eleman modeli



Şekil 2.26. Model-2 3D sonlu eleman modeli

Model-2'nin taşıyıcı sistemi SAP 2000 programında oluşturulduktan sonra kiriş, kolon ve perde elemanlara ait kesit geometri özellikleri ve donatı detayları girilmiştir.



Şekil 2.27. Model-2'ye ait elemanların SAP 2000 lokal eksenlerine göre en kesitleri

Model-2'ye ait 30/80 cm ebatlarındaki kolon ile 25/50 cm ebatlarındaki kiriş en kesitleri ve donatı detayları Şekil (2.27)'de verilmiştir. Diğer elemanların boyut ve donatılarına ilişkin tablo ekler bölümünde Tablo (5.2)'de sunulmuştur.

Çalışılan modele ait statik projelerinin mevcut olması sebebi ile bina bilgi düzeyi yönetmeliğimizde belirtildiği üzere (bkz DBYBHY 2007 Tablo 7. 1) 'kapsamlı' olarak belirlenmiş ve bilgi katsayısı 1 alınmıştır. Model 2'nin kullanım amacının konut olmasından dolayı yönetmeliğimiz gereği beklenen performans seviyesi hemen kullanım (HK)'dır.

Analiz için kütle kaynağı olarak düşey yüklerden faydalanılmıştır. Sabit yüklerin tamamı ile hareketli yüklerin % 30'u (bkz DBYBHY 2007 Tablo 2.7) kütle kaynağı olarak atanmıştır. Sabit yüklere eleman (perde döşeme kolon kiriş) zati ağırlıkları dahildir. Bu işlem SAP 2000'de mass source (kütle kaynağı) kutucuğu ile belirlenmiştir

Doğrusal olmayan düşey yük analizi ile bulunan normal kuvvet düzeylerine göre kolonlarda ve perdelerde her iki eğilme yönünde (SAP 2000'de x ve y yönündeki eğilme etkisi lokal eksenler için 2 ve 3 yönüne tekabül eder) rijitlik azaltması atanmıştır. Model-2'in tüm düşey elemanlarının katlara göre rijitlik azaltılması ekler bölümünde Tablo (5.11.) -Tablo (5.21.) arasında sunulmuştur. Tüm kirişlerde ise sabit bir değer olan 0,4EI ile rijitlik

azaltması (bkz DBYBHY 2007 7.4.13. a) atanmıştır. Kolon ve perdelerde P M2 M3, kirişlerde M3 plastik mafsalı atanmıştır.

Çevresinin tamamı rijit bodrum kat perdeleri ile çevrili olduğundan bodrum kat haricinde tüm katlara döşeme kotunda rijit diyafram (kesme tipi çerçeve) özellikleri atanmıştır. Kolon-kiriş ve perde-kiriş elemanların birleşim noktalarında rijit birleşim özellikleri atanmıştır.

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Bu bölümde yapılan çalışmalar kısmında incelenen/tanıtılan modellerin, genel bilgiler bölümünde verilen ilkeler çerçevesinde doğrusal olmayan analizleri sonucu elde edilen bulgular ve deprem performans seviyeleri sunulmuştur.

Ayrıca bu bölümde Model-1'e ait artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları birbiri ile kıyaslanarak farklı analiz yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.1. Model-1 İçin Bulgular ve İrdelemeler

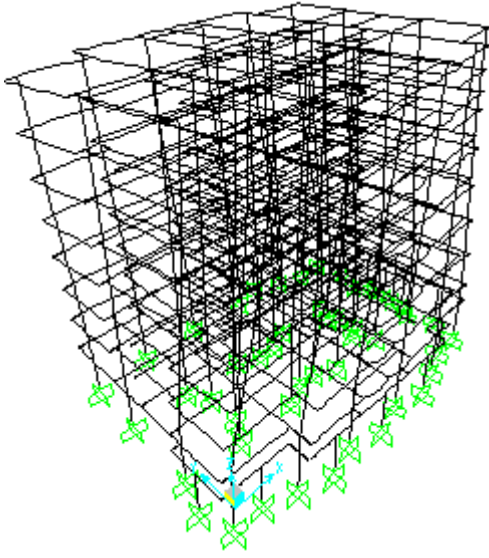
SAP 2000'de yapılan modal analiz sonucu yapı toplam kütlelerinin hangi oranda ilgili moda katıldığı belirlenmiştir. Yapı toplam kütlelerinin büyük kısmının tek bir moda katılması yapının düzenli olduğunu yansıtabilir. Aşağıda Model-1 için yapılan modal analiz sonucu elde edilen ilk dört moda ait periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Tablo 3.1. Model-1'e ait kütle katılım oranları

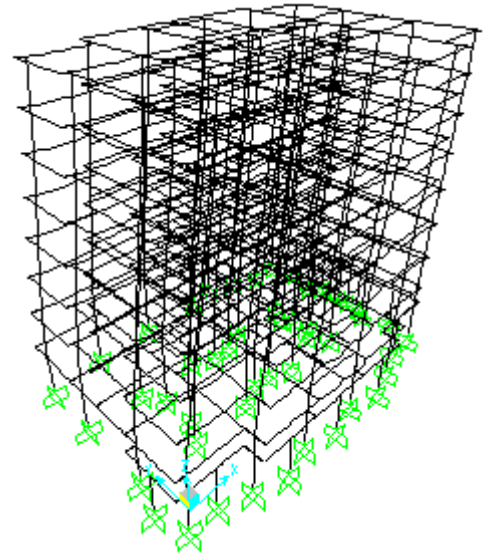
Mod	periyot	U _x	U _y
No	sn	%	%
1	1,249	0,55	0,44
2	1,145	70	0,11
3	1,092	0,14	70,7
4	0,36	0,05	0,059

Tablo (3.1) incelendiğinde, Model-1 için artımsal eşdeğer deprem yükü analizi şartlarından biri olan etkin kütle katılım oranının her iki doğrultuda da yönetmeliğe (bkz DBYBHY 2007 7.6.5.2) uygun olduğu görülür.

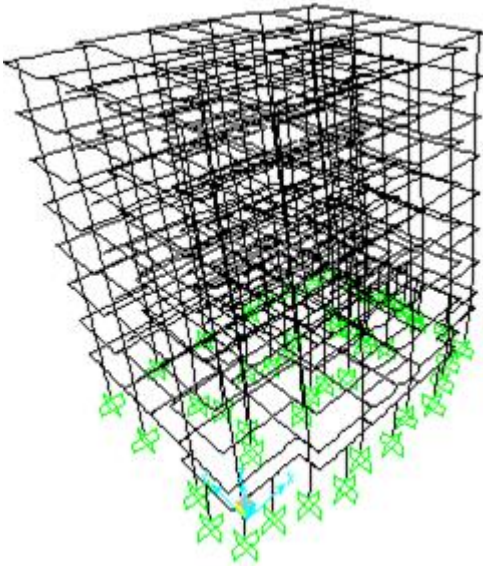
Şekil (3.1)'de model-1'in ilk dört moduna ait mod şekilleri sunulmuştur.



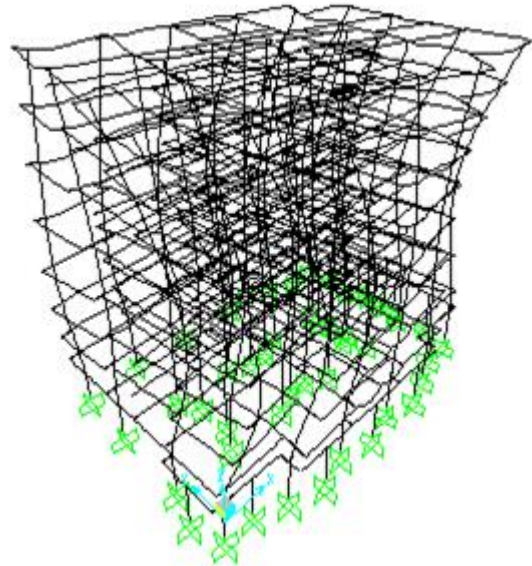
a) 1. Moda ait mod şekli



b) 2. Moda ait mod şekli



c) 3. Moda ait mod şekli



d) 4. Moda ait mod şekli

Şekil 3.1. Model-1 mod şekilleri

3.1.1. Model-1 İçin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Analizi

Binaya etkiyen eşdeğer deprem yükleri bulunurken doğrusal hesap adımları ile aynı işlem adımları söz konusudur. İki temel fark vardır. Bunlardan biri elaman rijitlikleri azaltılması(dolayısı ile periyot artar ve binanın sismik talebi azalarak daha az deprem yükü alır) diğeri ise deprem yükü azaltma katsayısının her koşulda 1 olarak alınmasıdır.

Her iki yerel zemin sınıfına ait x ve y yönündeki elastik deprem kuvvetleri SAP 2000 programına deprem yüklemesi durumuna tanıtılmış ve itme analizi yapılmıştır. İtme analizinin başlangıç adımı olarak düşey yüklerle uyumlu ($G+0,3Q$) doğrusal olmayan analiz ilgili yük durumuna girilmiştir. Başlangıç adımı kuvvet kontrolü olup artımsal eşdeğer deprem yükü analizi ise düktil (sünek) davranış çözümlemesidir.

3.1.1.1. Model-1 İçin Etkin Mod Katılım Çarpanının Hesaplanması

Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfında performans analizi yapılan Bingöl modelinde artımsal eşdeğer deprem yükü kullanılması sebebi ile etkin mod (hesap modu) için katılım çarpanı hesaplanmalıdır. Çünkü bu parametre itme eğrisinin modal kapasite eğrisine çevrilmesinde, yer değiştirme vektörünün koordinat dönüşümünü yapar. Bu amaçla SAP 2000’de modal analiz sonucu hem etkin mod belirlenir hem de kat deplasmanları bulunarak aşağıdaki deplasman matrisleri hazırlanır. Deplasman matrisini oluşturan değerler(sütun) en üst kata ait deplasman değeri 1 olacak şekilde oransal anlamda düzenlenir. Bu düzenlemenin amacı artımsal eşdeğer deprem yükünde tepe deplasman genliğinin 1(hesap kolaylığı için) alınmış olmasıdır. Kütle matrisi için de her kata ait ağırlıklar $G+0,3Q$ yüklemesi ile hesaplanmış ve $g=9,81m/sn^2$ ile bölünerek matris oluşturulmuştur.

Model-1 bodrum kat çevresi perdeli bir modeldir. Bu sebeple elastik eşdeğer yükleri de 7 normal kat ve bodrum kat olmak üzere farklı farklı hesaplanmıştır. Modal katılım çarpanı hesabında bodrum katın dikkate alınması şart değildir. Ancak deplasman matrisindeki değerlere bakılırsa aşağıdaki şekilde işlemlerin yapılması sonucu etkilemeyecektir. Çünkü bodrum kat çevresinin perdeli yani üst katlara göre çok daha fazla rijit olması sebebi ile deplasman yapmadığı kabul edilebilirdi.

Şiddetli deprem veya tasarım depremi olması modal katılım çarpanını etkilemeyen bir detaydır. Dolayısı ile bulunan değer her yerel zemin sınıfında ve her deprem seviyesinde modal koordinat dönüşümünde kullanılmıştır.

$$[Q_i]_x = \begin{bmatrix} 29 \\ 26 \\ 22 \\ 17,5 \\ 13 \\ 8 \\ 4 \\ 0,93 \end{bmatrix} \quad [Q_i]_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,9 \\ 0,76 \\ 0,6 \\ 0,45 \\ 0,28 \\ 0,14 \\ 0,03 \end{bmatrix} \quad [Q_i]_y = \begin{bmatrix} 23,5 \\ 21,2 \\ 18,4 \\ 15 \\ 11,4 \\ 7,7 \\ 4,1 \\ 1,4 \end{bmatrix} \quad [Q_i]_y = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,9 \\ 0,78 \\ 0,64 \\ 0,49 \\ 0,33 \\ 0,17 \\ 0,06 \end{bmatrix}$$

$$[W] = \begin{bmatrix} 396 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 467 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 467 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 467 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 467 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 467 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 467 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 543 \end{bmatrix}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} 40 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 47 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 47 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 47 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 47 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 47 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 47 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 53 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{[Q_i]T*[M]*\{1\}}{[Q_i]T*[M]*[Q_i]} = 1,4$$

$$\Gamma_{y1} = \frac{[Q_i]T*[M]*\{1\}}{[Q_i]T*[M]*[Q_i]} = 1,4$$

3.1.1.2. Z3 Yerel Zemin Sınıfı X Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer

Deprem Yüğü Hesabı

Model-1'in x doğrultusu için elastik eşdeğer deprem yükü hesabının yapılabilmesi için öncelikle x doğrultusundaki etkili moda ait periyot bilinmelidir. X doğrultusu için 2. mod ($T_x=1,14\text{sn}$) dikkate alınmıştır. Z3 yerel zemin sınıfına ait karakteristik periyot değerleri olan $T_A=0,15\text{sn}$ $T_B=0,6\text{sn}$ değerleri de belirlendikten sonra yapı periyodunun karakteristik periyotlara göre durumu belirlenerek taban kesme kuvveti bulunmuştur. Bahsi geçen işlem adımları ardından Tablo (3.2.) ile kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri kullanılarak taban kesme kuvveti katlara dağıtılmıştır.

$$\begin{aligned}
A_o &= 0,4 & A(T) &= A_o * I * S(T) \\
I &= 1 & S(T) &= 1,5 \\
T_x &= 1,140 \text{ sn} & R_a &= 1 \\
T_A &= 0,15 \text{ sn} & V_t x &= 1917 \text{ ton} \\
T_B &= 0,6 \text{ sn} & V_t &= W * A(T) / R_a \\
R &= 1 & \Delta F_N &= 72 \text{ ton} \\
& & \Delta F_N &= 0,0075 * N * V_t
\end{aligned}$$

Tablo 3.2. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri

Kat	h(m)	H(m)	w(ton)	w*H	F(ton)
6	2,9	20,3	396	8038,525	478
5	2,9	17,4	467	8132,498	411
4	2,9	14,5	467	6777,081	342
3	2,9	11,6	467	5421,67	274
2	2,9	8,7	468	4071,293	206
1	2,9	5,8	469	2717,56	137
Zemin	2,9	2,9	469	1358,78	69
			ΣW	$\Sigma (W*H)$	ΣF
			3203,196	36517,41	1917

- Bodrum kata etkiyen deprem yükü: $0,4 * 1 * 543 = 217 \text{ ton}$

3.1.1.3. Model-1'in X Doğrultusu İçin Burulma Denetimi

DBYBHY 2007 tablo 2.1'de tariflendiği üzere x doğrultusu için bulunan deprem kuvvetlerinin $\pm\%5$ dış merkezlik etkileri binaya etkitilerek en büyük deplasman değerleri dikkate alınmıştır. Model 1 x doğrultusuna göre simetrik olduğundan + veya - dış merkezlik farklı sonuçlar vermeyeceğinden sadece $+\%5$ dış merkezlik için hesap yapılmıştır. Tablo (3.3.)'de Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için katların burulma düzensizliği katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.3. Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için burulma durumu

Kat no	h(cm)	Δ_{imak}	Δ_{imin}	Δ_{iort}	nbi	Şart: $nbi < 1,4$
7	290	0,246	0,189	0,217	1,131	Uygun
6	290	0,223	0,170	0,196	1,136	Uygun

Tablo 3.3'ün devamı

5	290	0,195	0,147	0,171	1,142	Uygun
4	290	0,161	0,120	0,140	1,148	Uygun
3	290	0,122	0,089	0,105	1,156	Uygun
2	290	0,080	0,057	0,069	1,168	Uygun
1	290	0,041	0,028	0,035	1,190	Uygun

Tablo (3.3.)'de görüldüğü üzere Model-1'in x doğrultusu için burulma denetimi uygundur.

3.1.1.4. Z3 Yerel Zemin Sınıfı Y Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer

Deprem Yüğü Hesabı

Model-1'in y doğrultusu için elastik eşdeğer deprem yükü hesabının yapılabilmesi için öncelikle x doğrultusundaki etkili moda ait periyot bilinmelidir. Y doğrultusu için 3. mod ($T_y=1,09\text{sn}$) dikkate alınmıştır. Z3 yerel zemin sınıfına ait karakteristik periyot değerleri olan $T_A=0,15\text{sn}$ $T_B=0,6\text{sn}$ değerleri de belirlendikten sonra yapı periyodunun karakteristik periyotlara göre durumu belirlenerek taban kesme kuvveti bulunmuştur. Bahsi geçen işlem adımları ardından Tablo (3.4.) ile kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri kullanılarak taban kesme kuvveti katlara dağıtılmıştır.

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,4 & A(T) &= A_o * I * S(T) \\
 I &= 1 & S(T) &= 1,6 \\
 T_y &= 1,090 \text{ sn} & R_a &= 1 \\
 T_A &= 0,15 \text{ sn} & V_t Y &= 1987 \text{ ton} \\
 T_B &= 0,6 \text{ sn} & V_t &= W * A(T) / R_a \\
 R &= 1 & \Delta F_N &= 75 \text{ ton} \\
 & & \Delta F_N &= 0,0075 * N * V_t
 \end{aligned}$$

Tablo 3.4. Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri

Kat	h(m)	H(m)	w(ton)	w*H	F(ton)
6	2,9	20,3	396	8038,525	495
5	2,9	17,4	467	8132,498	426
4	2,9	14,5	467	6777,081	355
3	2,9	11,6	467	5421,67	284

Tablo 3.4'ün devamı

2	2,9	8,7	468	4071,293	213
1	2,9	5,8	469	2717,56	142
Zemin	2,9	2,9	469	1358,78	71
			ΣW	$\Sigma(W*H)$	ΣF
			3203,196	36517,41	1987

- Bodrum kata etkiyen deprem yükü: $0,4*1*543=217$ ton

3.1.1.5. Model-1'in Y Doğrultusu İçin Burulma Denetimi

DBYBHY 2007 tablo 2.1'de tariflendiği üzere y doğrultusu için bulunan deprem kuvvetlerinin $\pm\%5$ dış merkezlik etkileri binaya etkililerek en büyük deplasman değerleri dikkate alınmıştır. Bingöl modeli Y doğrultusuna simetrik olduğundan + veya - dış merkezlik farklı sonuçlar vermeyeceğinden sadece $+\%5$ dış merkezlik için hesap yapılmıştır. Tablo (3.5.)'de Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için katların burulma düzensizliği katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.5. Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için burulma durumu

Kat no	h (cm)	Δ_{im}^{mak}	Δ_{im}^{min}	Δ_{iort}	nbi	Şart: nbi<1,4
7	290	0,244	0,157	0,200	1,217	Uygun
6	290	0,225	0,144	0,184	1,219	Uygun
5	290	0,199	0,128	0,163	1,218	Uygun
4	290	0,165	0,107	0,136	1,214	Uygun
3	290	0,125	0,083	0,104	1,204	Uygun
2	290	0,081	0,057	0,069	1,180	Uygun
1	290	0,040	0,032	0,036	1,121	Uygun

Tablo (3.5.)'de görüldüğü üzere Model 1'in y doğrultusu için burulma denetimi uygundur. Ancak önemli bir detay söz konusudur. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizi uygulanabilmesi için sınır burulma durumunu ($nbi<1,4$) sağlayan Modelinin y doğrultusu 3, 4, 5, 6, 7. katlarda burulma etkisi gösterecektir (bkz DBYBHY 2007 2.3.2).

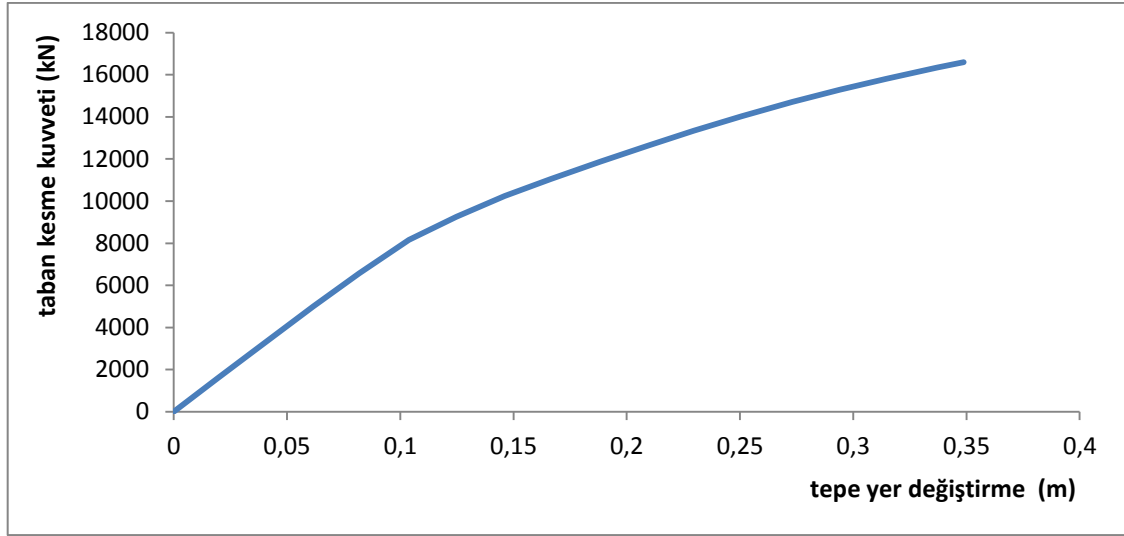
3.1.1.6. Z3 Yerel Zemin Sınıfı Tasarım Depremine Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi

SAP 2000 programının veri çıkış bilgisi olarak aldığımız itme eğrisi modal koordinat dönüşümü ile modal kapasite eğrisine çevrilmiştir. Bu çevrim işlemi ile ilgili tablolar ekler bölümünde Ek 3’de sunulmuştur. Kapasite eğrisi ise başlangıç noktasına teğet çizileceği için iki doğrulu (bi-lineer) olarak doğrusallaştırılmıştır. Bi-lineer doğrunun ilk parçasının eğimi açısal frekansa bağlı hesaplanır. Akma noktası grafik altında ve üstünde kalan alanların eşitlenmesi ilkesi ile deneysel olarak bulunur. Bi-lineer doğru sünek yapıyı ifade eder. Moment-eğrilik diyagramı veya pekleşen çelik modeli ile aynı mantaliteyi yani doğrusal davranışın bitimi ile devreye giren plastik davranışı gösterir. Bi-lineer doğru (iki parçalı doğru haline getirilmiş modal kapasite eğrisi) ile davranış spektrumunun kesişim noktasının yataydaki izdüşümünün tepe genlik ve mod katılım çarpanı ile çarpılması sonucu yapının itme istemi bulunur. Yapı bu itme istemine kadar tekrar itilir ve itme analizi tamamlanır. Yapı itme istemi kadar tekrar itme analizine tabi tutulduktan sonra yapıdaki mafsallaşma durumları değerlendirilir ve yönetmelik kuralları çerçevesinde performansına karar verilir.

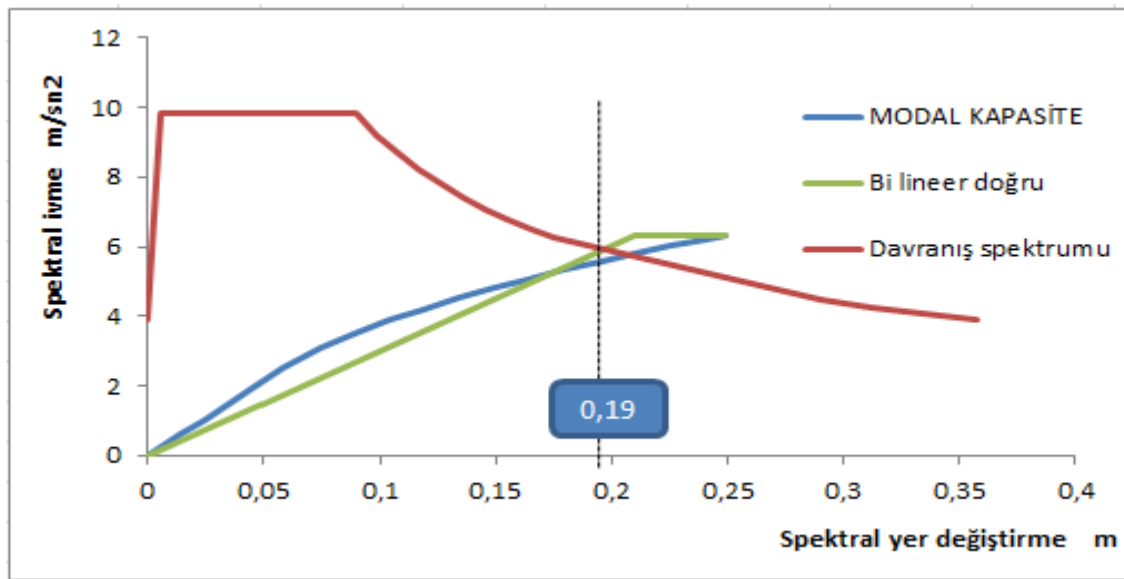
Ancak yapı her zaman itme istemini karşılayacak kapasiteye sahip olmayabilir. Bu gibi durumlarda yapının tekrar itme analizine tabi tutulmasına gerek yoktur. Yapıdan talep edilen itme isteminin yapı kapasitesinden fazla olması, yapının göçmesi anlamına gelmektedir.

Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi için yapılan işlemler aynı işlem adımları, Z3 yerel zemin sınıfı şiddetli deprem, Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi ve Z4 yerel zemin sınıfı şiddetli deprem için de yapılmıştır.

Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.2.)’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



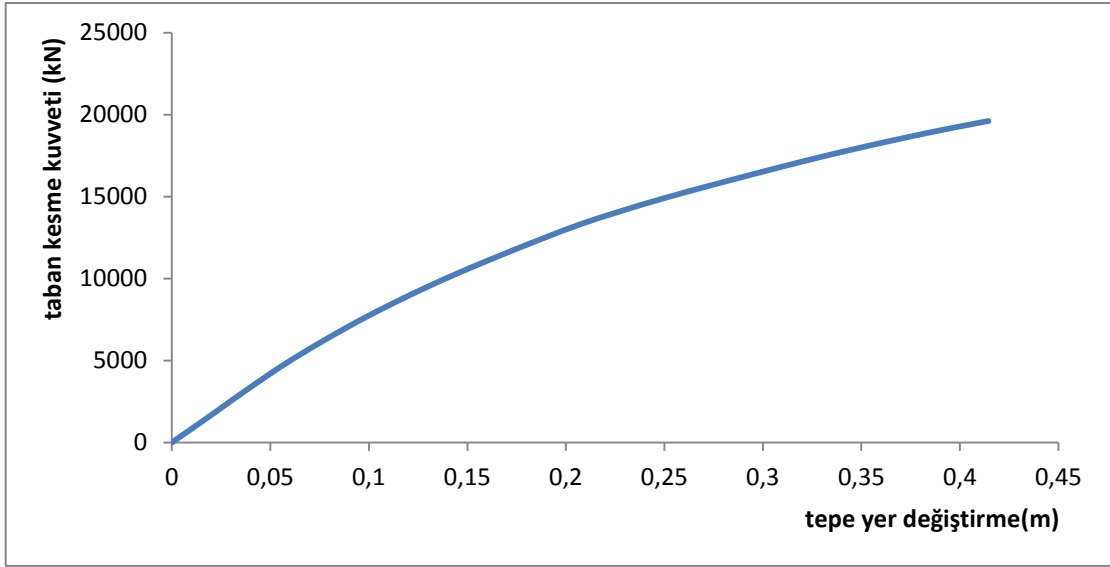
Şekil 3.3. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-lineer doğrunun eğimi: $(2 \cdot \pi / T)^2 : (2 \cdot \pi / 1,145)^2 : 30,07$

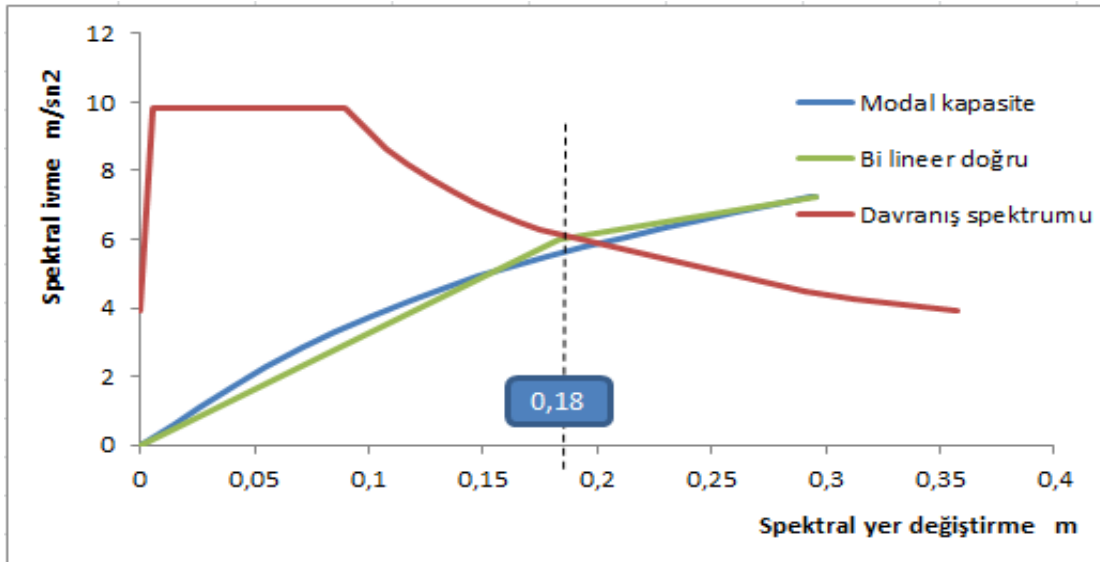
İtme istemi: $0,19 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,27 \text{ m}$

Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı x doğrultusundaki tasarım depreminde itme istemini karşılayabileceği Şekil 3.3.'de görülmektedir.

Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi şekil (3.4.)’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



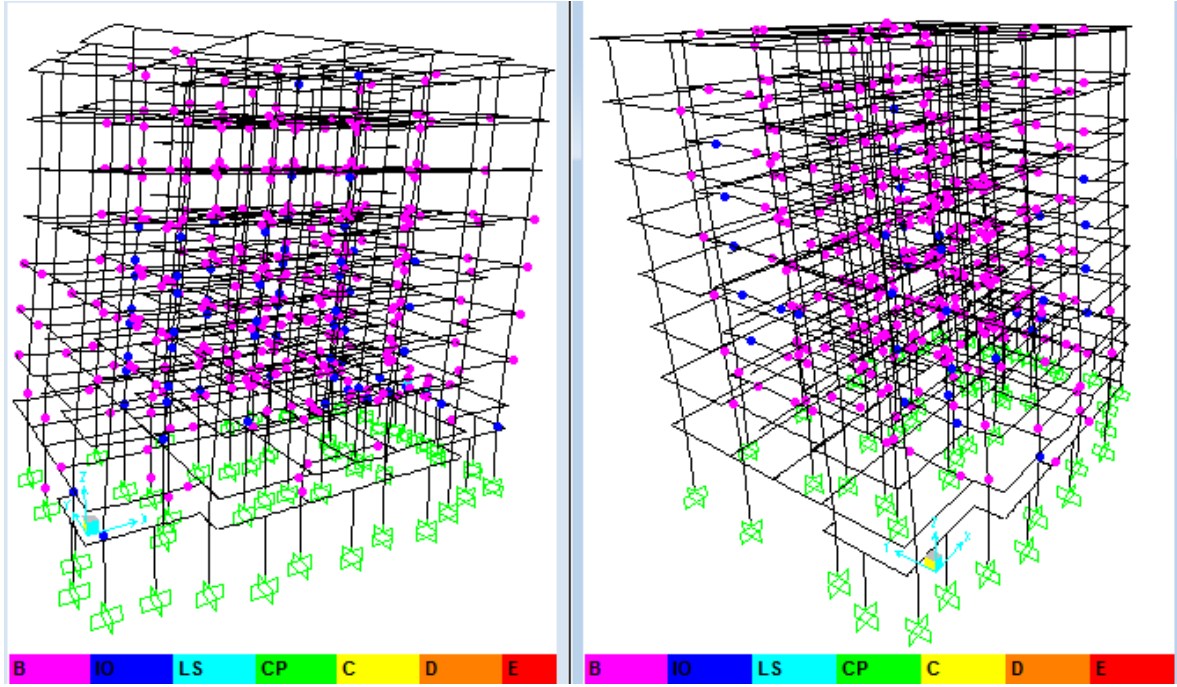
Şekil 3.5. Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

$$\text{Bi-lineer doğrunun eğimi: } (2 \cdot \pi / T)^2 : (2 \cdot \pi / 1,09)^2 : 32,71$$

$$\text{İtme istemi: } 0,18 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,25 \text{ m}$$

Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusundaki tasarım depreminde itme istemini karşılayabileceği Şekil 3.5.'de görülmektedir.

Yapılan analizler sonucu Z3 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma durumu Şekil (3.6.)'da gösterilmiştir. Model 1 x doğrultusunda 0,27m, y doğrultusunda 0,25m itme analizine tabi tutulmuştur.



a) X doğrultusu plastik mafsallar

b) Y doğrultusu plastik mafsallar

Şekil 3.6. Z3 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma

3.1.1.7. Z4 Yerel Zemin Sınıfı X Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Model-1'in x doğrultusu için elastik eşdeğer deprem yükü hesabının yapılabilmesi için öncelikle x doğrultusundaki etkili moda ait periyot bilinmelidir. X doğrultusu için 2. mod ($T_x=1,14s$) dikkate alınmıştır. Z4 yerel zemin sınıfına ait karakteristik periyot değerleri olan $T_A=0,15s$ $T_B=0,9s$ değerleri de belirlendikten sonra yapı periyodunun karakteristik periyotlara göre durumu belirlenerek taban kesme kuvveti bulunmuştur. Bahsi geçen işlem adımları ardından Tablo (3.6.) ile kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri kullanılarak taban kesme kuvveti katlara dağıtılmıştır.

$$\begin{aligned}
A_o &= 0,4 & S(T) &= 2,1 \\
I &= 1 & R_a &= 1 \\
T_x &= 1,14 \text{ sn} & V_t &= 2651 \text{ ton} \\
T_A &= 0,2 \text{ sn} & V_t &= W \cdot A(T)/R_a \\
T_B &= 0,9 \text{ sn} & \Delta F_N &= 99 \text{ ton} \\
R &= 1 & \Delta F_N &= 0,0075 \cdot N \cdot V_t
\end{aligned}$$

Tablo 3.6. Z4 yerel zemin sınıfı x doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri

Kat	h(m)	H(m)	w(ton)	w*H	F(ton)
6	2,9	20,3	396	8038,525	661
5	2,9	17,4	467	8132,498	568
4	2,9	14,5	467	6777,081	474
3	2,9	11,6	467	5421,67	379
2	2,9	8,7	468	4071,293	285
1	2,9	5,8	469	2717,56	190
Zemin	2,9	2,9	469	1358,78	95
			ΣW	$\Sigma(W \cdot H)$	ΣF
			3203,196	36517,41	2651

- Bodrum kata etkiyen deprem yükü: $0,4 \cdot 1 \cdot 543 = 217 \text{ ton}$

Tablo 3.7. Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için burulma durumu

Kat no	h(cm)	Δ_{imak}	Δ_{imin}	Δ_{iort}	nbi	Şart: $nbi < 1,4$
7	290	0,339	0,261	0,300	1,131	Uygun
6	290	0,308	0,234	0,271	1,136	Uygun
5	290	0,270	0,203	0,236	1,142	Uygun
4	290	0,222	0,165	0,194	1,148	Uygun
3	290	0,168	0,122	0,145	1,156	Uygun
2	290	0,110	0,079	0,094	1,168	Uygun
1	290	0,057	0,039	0,048	1,189	Uygun

Tablo (3.7.)’de görüldüğü üzere Model-1’in x doğrultusu için burulma denetimi uygundur.

3.1.1.8. Z4 Yerel Zemin Sınıfı Y Doğrultusu Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Model-1'in y doğrultusu için elastik eşdeğer deprem yükü hesabının yapılabilmesi için öncelikle x doğrultusundaki etkili moda ait periyot bilinmelidir. Y doğrultusu için 3. mod ($T_y=1,09\text{sn}$) dikkate alınmıştır. Z4 yerel zemin sınıfına ait karakteristik periyot değerleri olan $T_A=0,15\text{sn}$ $T_B=0,9\text{sn}$ değerleri de belirlendikten sonra yapı periyodunun karakteristik periyotlara göre durumu belirlenerek taban kesme kuvveti bulunmuştur. Bahsi geçen işlem adımları ardından Tablo (3.8.) ile kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri kullanılarak taban kesme kuvveti katlara dağıtılmıştır.

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,4 & A(T) &= A_o * I * S(T) \\
 I &= 1 & S(T) &= 2,1 \\
 T_y &= 1,090 \text{ sn} & R_a &= 1 \\
 T_A &= 0,2 \text{ sn} & V_t &= 2748 \text{ ton} \\
 T_B &= 0,9 \text{ sn} & V_t &= W * A(T) / R_a \\
 R &= 1 & \Delta F_N &= 103 \text{ ton} \\
 & & \Delta F_N &= 0,0075 * N * V_t
 \end{aligned}$$

Tablo 3.8. Z4 yerel zemin sınıfı y doğrultusu için kat elastik deprem kuvvetleri

Kat	h (m)	H (m)	w (ton)	w*H	F (ton)
6	2,9	20,3	396	8038,525	685
5	2,9	17,4	467	8132,498	589
4	2,9	14,5	467	6777,081	491
3	2,9	11,6	467	5421,67	393
2	2,9	8,7	468	4071,293	295
1	2,9	5,8	469	2717,56	197
Zemin	2,9	2,9	469	1358,78	98
			ΣW	$\Sigma(W*H)$	ΣF
			3203,196	36517,41	2748

- Bodrum kata etkiyen deprem yükü: $0,4 * 1 * 543 = 217 \text{ ton}$

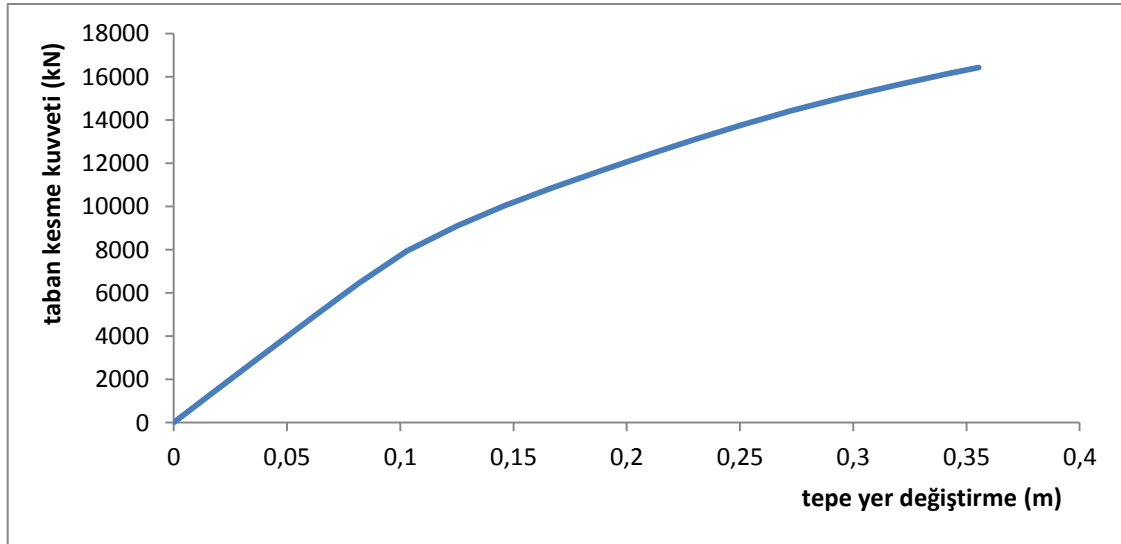
Tablo 3.9. Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için burulma durumu

Kat no	h(cm)	Δ_{imk}	Δ_{imin}	Δ_{iort}	nbi	Şart: $nbi < 1,4$
7	290	0,337	0,217	0,277	1,217	Uygun
6	290	0,310	0,199	0,254	1,219	Uygun
5	290	0,275	0,176	0,225	1,219	Uygun
4	290	0,228	0,147	0,188	1,215	Uygun
3	290	0,172	0,114	0,143	1,205	Uygun
2	290	0,112	0,078	0,095	1,181	Uygun
1	290	0,056	0,043	0,049	1,123	Uygun

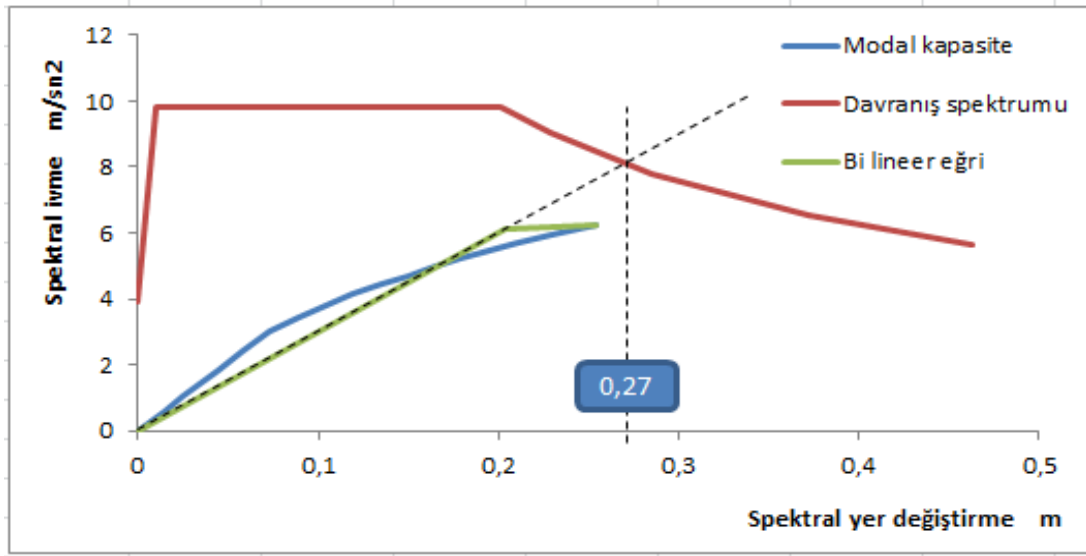
Tablo (3.9.)’da görüldüğü üzere Model-1’in y doğrultusu için burulma denetimi uygundur.

3.1.1.9. Z4 Yerel Zemin Sınıfı Tasarım Depremine Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi

Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.7.)’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



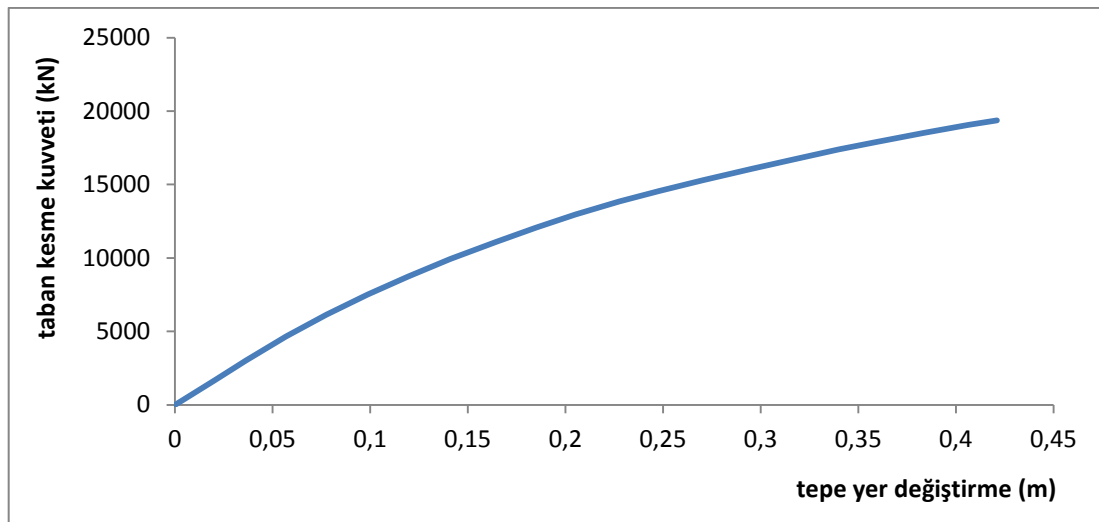
Şekil 3.8. Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-lineer doğrunun eğimi: $(2*\pi/T)^2 : (2*\pi/1,145)^2 : 30,07$

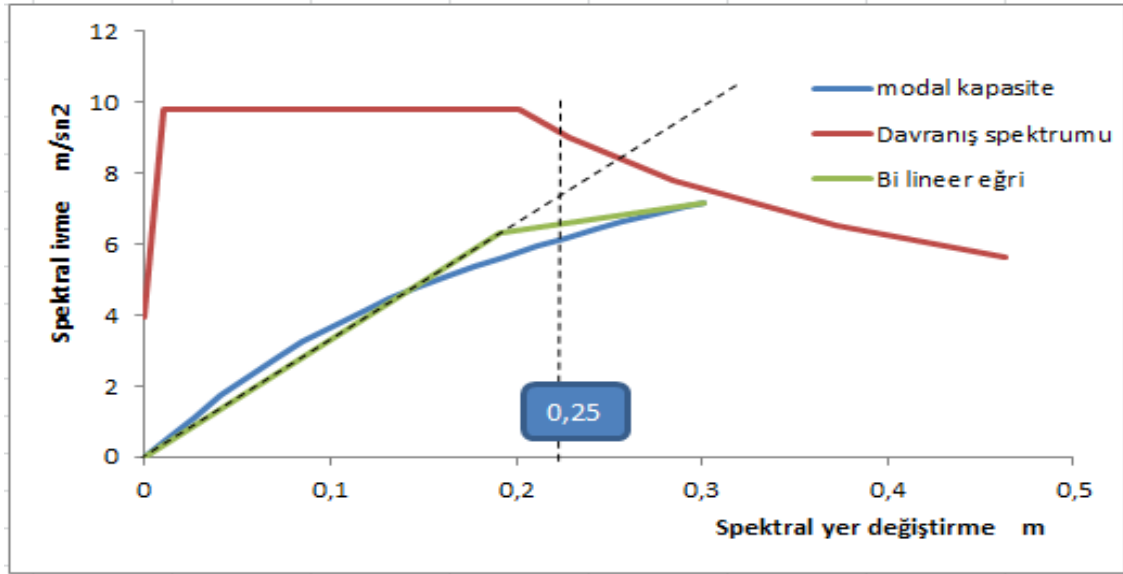
İtme istemi: $0,27*1,4*1=0,38$ m

Model-1 Z4 yerel zemin sınıfı x doğrultusundaki tasarım depreminde itme istemini karşılayamadığı Şekil 3.8.'de görülmektedir.

Z4 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.9.)'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



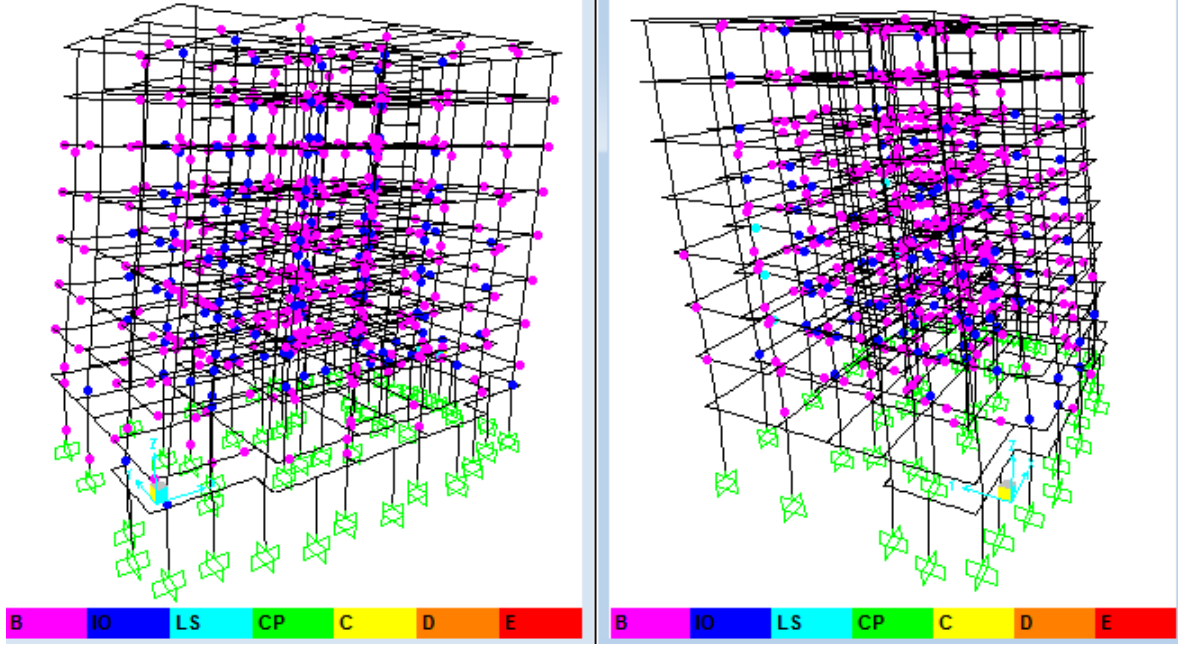
Şekil 3.10. Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu tasarım depremi için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-lineer doğrunun eğimi: $(2*\pi/T)^2 : (2*\pi/1,09)^2 : 32,71$

İtme istemi: $0,25*1,4*1=0,35$ m

Model-1 Z4 yerel zemin sınıfı y doğrultusundaki tasarım depreminde itme istemini karşılayabileceği Şekil 3.10.'da görülmektedir.

Yapılan analizler sonucu Z4 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma durumu Şekil (3.11.)'de gösterilmiştir. Model-1 x doğrultusunda 0,38 m, y doğrultusunda 0,35 m itme analizine tabi tutulmuştur.



a) X doğrultusu plastik mafsallar

b) Y doğrultusu plastik mafsallar

Şekil 3.11. Z4 Yerel zemin sınıfı tasarım depremindeki mafsallaşma

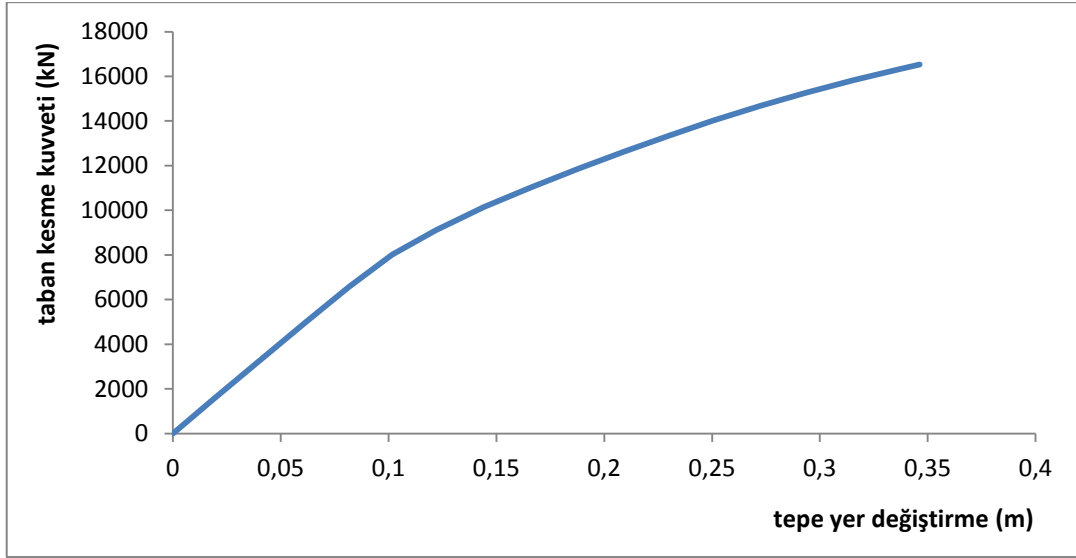
3.1.1.10. Z3 Yerel Zemin Sınıfı Şiddetli Depreme Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi

Tasarım depremi için yapılan hesapların aynıları şiddetli deprem için de yapılacak ve aynı hesap adımları tekrarlanarak itme istemleri belirlenecektir. Bunun için katlara etkiyen elastik eşdeğer deprem yükleri 1,5 ile çarpılmıştır. Böylelikle şiddetli deprem için katlara etkiyen kuvvetler belirlenmiştir. SAP 2000 programına hesaplanan kuvvetler girilmiş ve şiddetli deprem için analizler yapılmıştır.

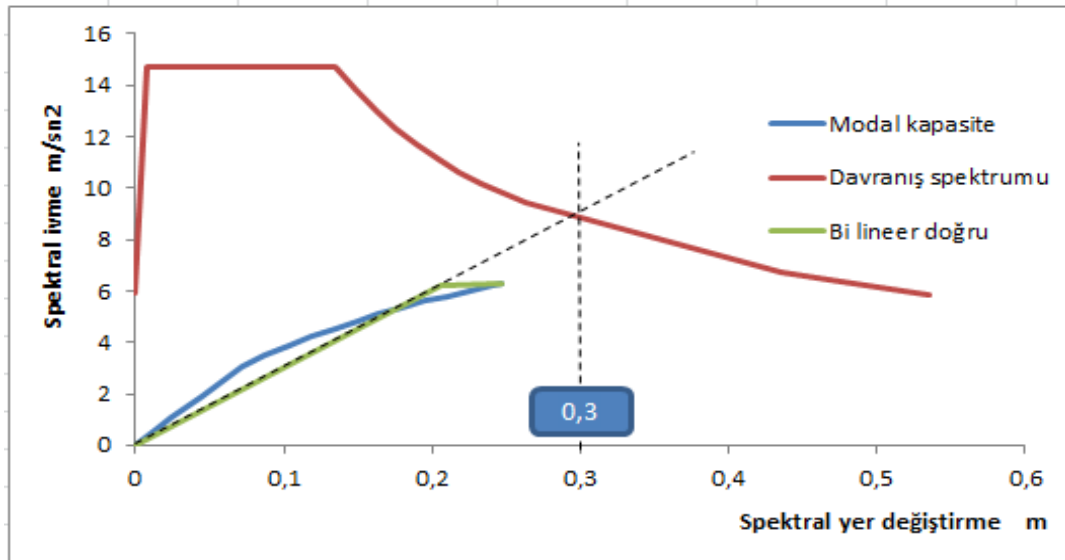
Şiddetli depremin spektrum katsayısı, tasarım depreminin 1,5 katı olduğundan spektral ivme (S_a) ve spektral yer değiştirme (S_d) değerleri de 1,5 ile çapılacaktır. Çünkü spektral ivme spektrum katsayısına ($S(T)$), spektral yer değiştirme ise spektral ivmeye bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Burulma denetimi ise tasarım depremlerinde bulunduğu gibidir. 1,5 ile çarpılan elastik deprem yüklerinin binaya lineer etkitilmesi ile deplasmanlar da 1,5 katına çıkacaktır. Burulma düzensizliği katsayısı oransal olduğu için bir değişim olmayacaktır. Burulma düzensizliği katsayısının hesabı yönetmeliğimiz gereği doğrusaldır (bkz DBYBHY 2007 2.3.2.).

Z3 yerel zemin sınıfı şiddetli depremde x doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.12.)’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



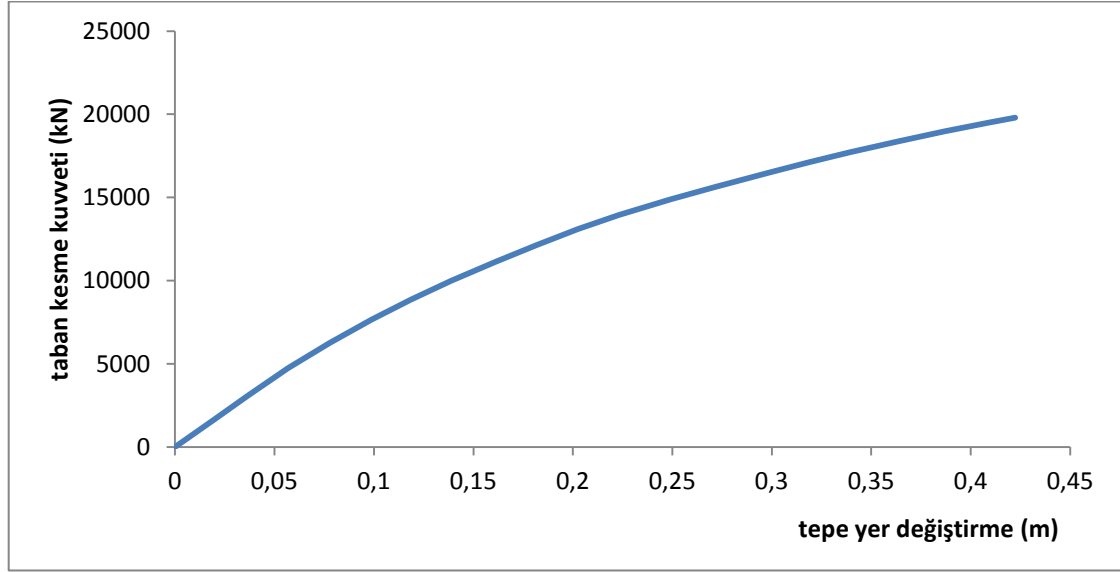
Şekil 3.13. Z3 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-lineer doğrunun eğimi: $(2 \cdot \pi / T)^2 : (2 \cdot \pi / 1,145)^2 : 30,07$

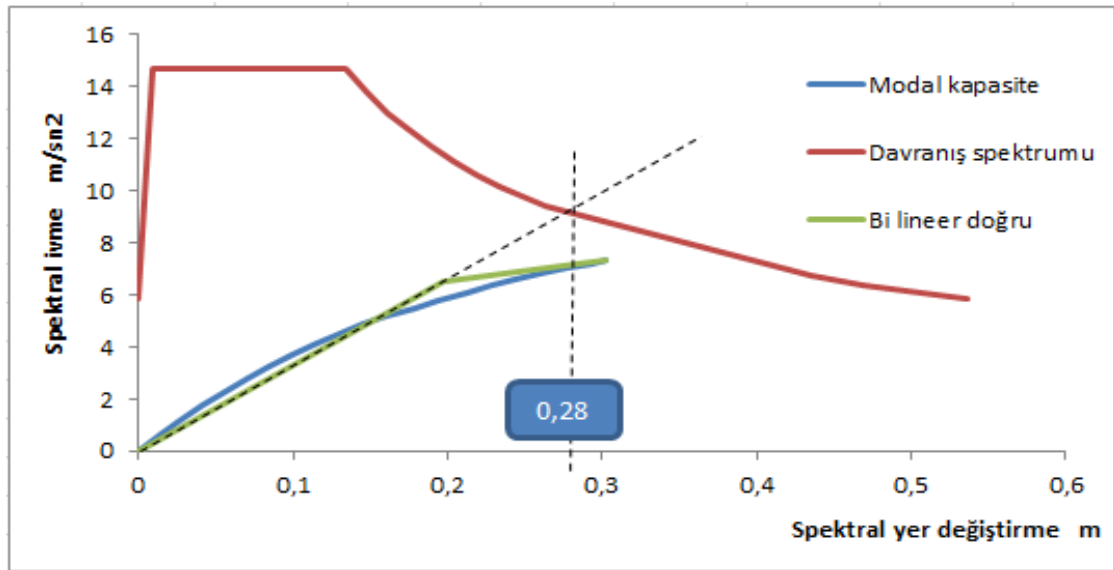
İtme istemi: $0,3 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,42 \text{ m}$

Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı x doğrultusundaki şiddetli depremde itme istemini karşılayamadığı Şekil 3.13.'de görülmektedir.

Z3 yerel zemin sınıfı şiddetli depremde y doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.14.)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



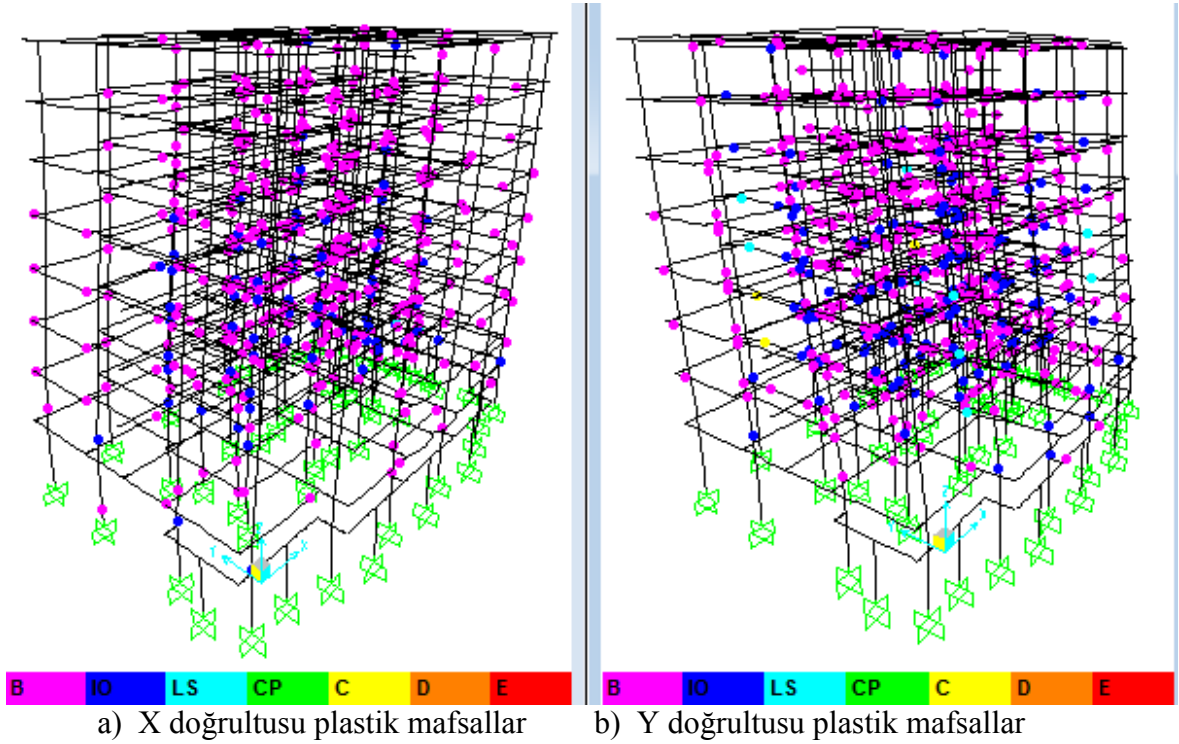
Şekil 3.15. Z3 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-linear doğrunun eğimi: $(2*\pi/T)^2 : (2*\pi/1,09)^2 : 32,7$

İtme istemi: $0,28*1,4*1=0,39$ m

Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusundaki şiddetli depremde itme istemini karşılayabileceği Şekil 3.15.'de görülmektedir.

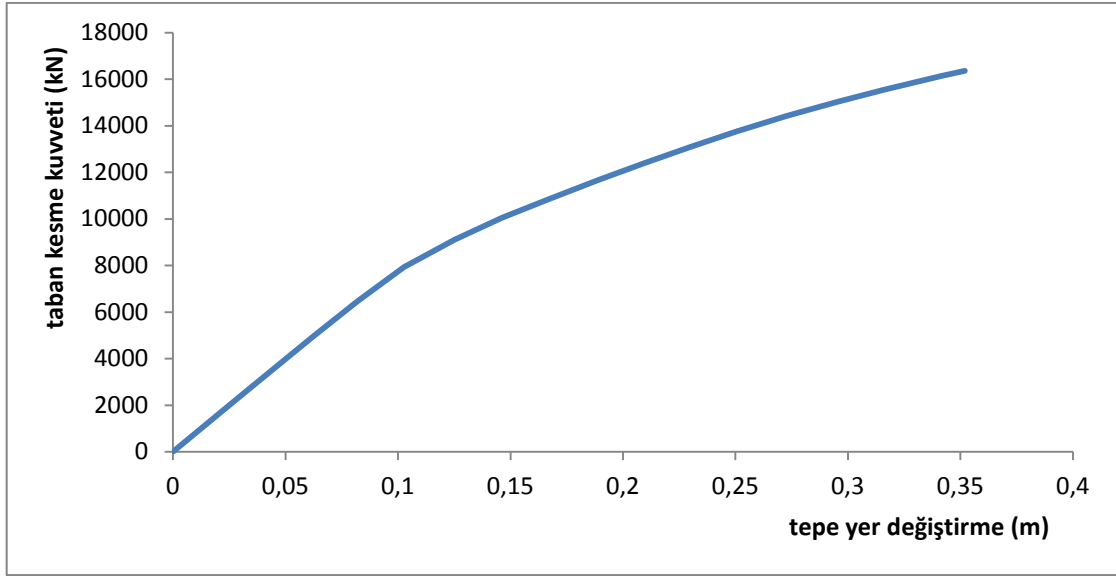
Yapılan analizler sonucu Z3 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma durumu Şekil (3.16.)'de gösterilmiştir. Model-1 x doğrultusunda 0,42 m, y doğrultusunda 0,39 m itme analizine tabi tutulmuştur.



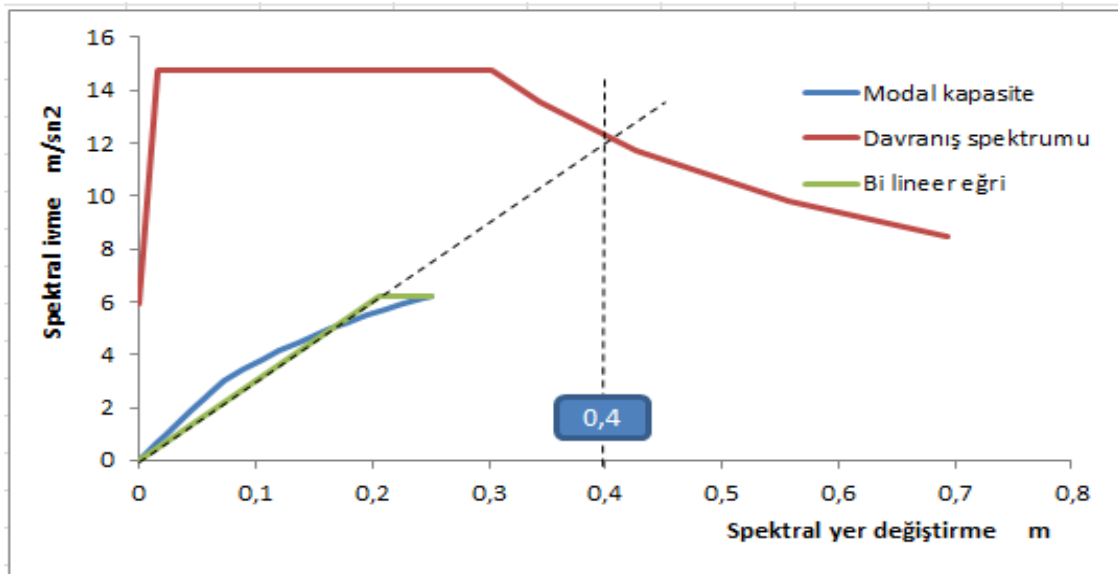
Şekil 3.16. Z3 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma

3.1.1.11. Z4 Yerel Zemin Sınıfı Şiddetli Depreme Ait İtme İstemlerinin Belirlenmesi

Z4 yerel zemin sınıfı şiddetli depremde x doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.17.)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



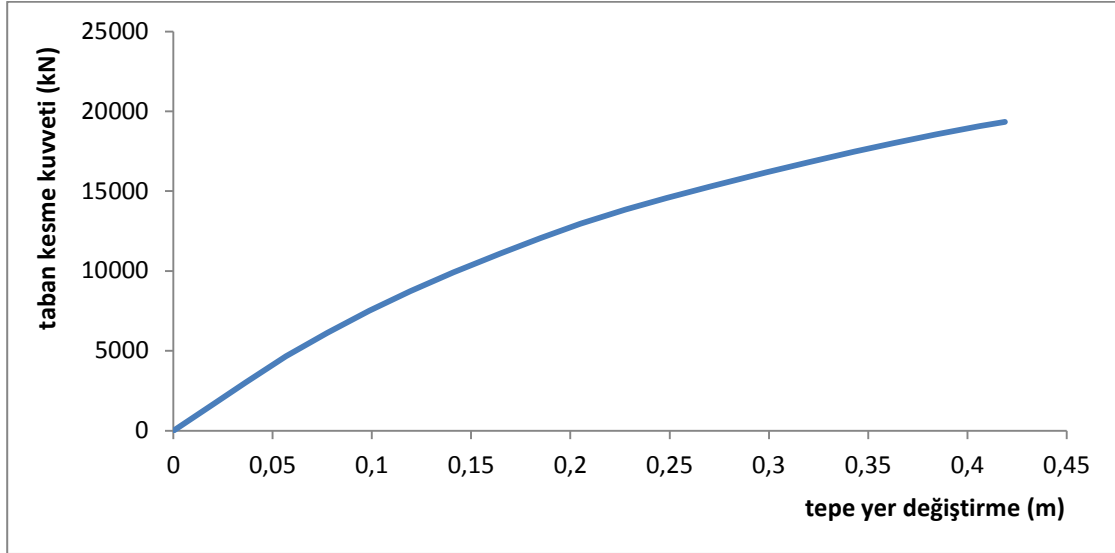
Şekil 3.18. Z4 yerel zemin sınıfı X doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

Bi-lineer doğrunun eğimi: $(2*\pi/T)^2 : (2*\pi/1,145)^2 : 30,07$

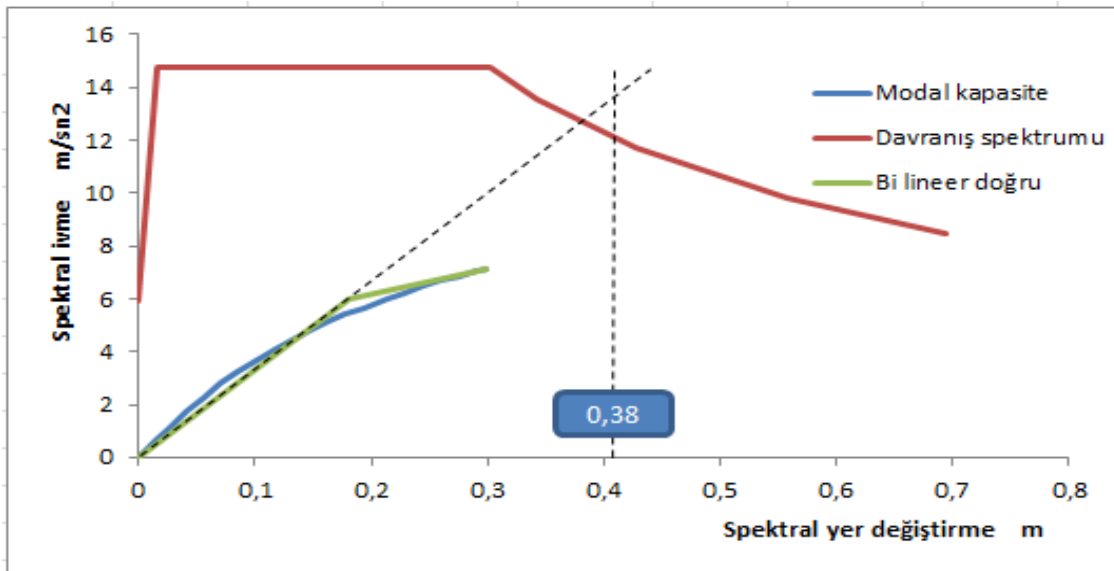
İtme istemi: $0,4*1,4*1=0,56$ m

Model-1 Z4 yerel zemin sınıfı x doğrultusundaki şiddetli depremde itme istemini karşılayamadığı Şekil 3.18.'de görülmektedir.

Z4 yerel zemin sınıfı şiddetli depremde y doğrultusu için SAP 2000 programından veri çıkış bilgisi olarak alınan taban kesme kuvveti tepe deplasman eğrisi Şekil (3.19.)’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme kapasite eğrisi



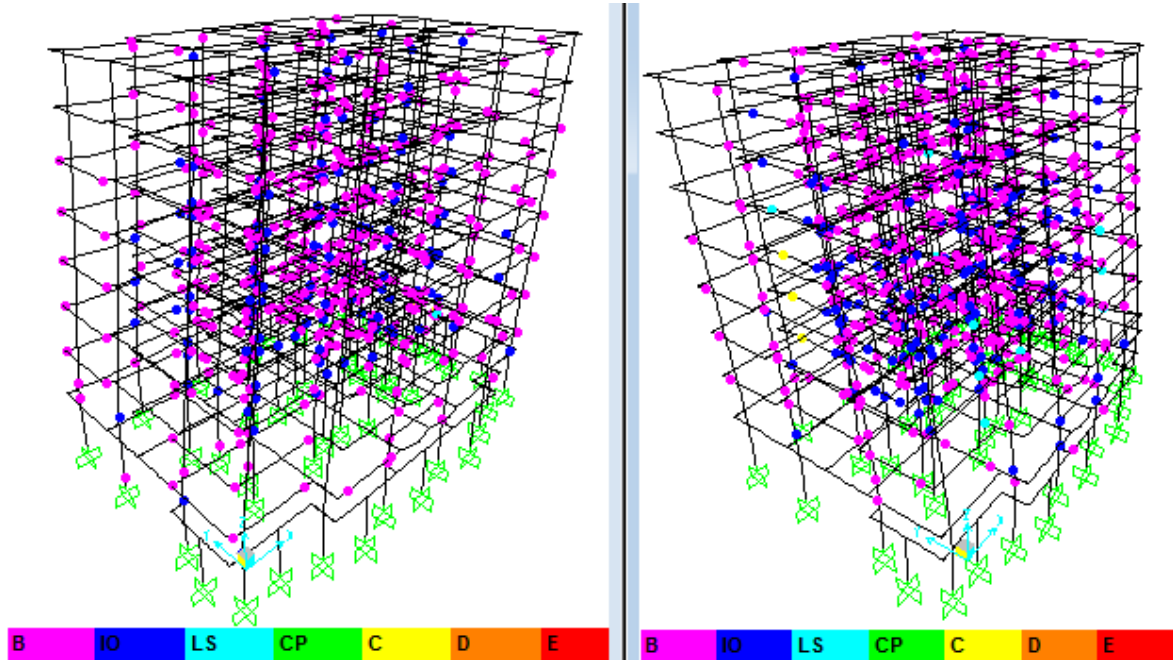
Şekil 3.20. Z4 yerel zemin sınıfı Y doğrultusu şiddetli deprem için davranış spektrumu eğrisi ile modal kapasite eğrisinin kesiştirilmesi

$$\text{Bi-lineer doğrunun eğimi: } (2 \cdot \pi / T)^2 : (2 \cdot \pi / 1,09)^2 : 32,7$$

$$\text{İtme istemi: } 0,38 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,53 \text{ m}$$

Model-1 Z4 yerel zemin sınıfı y doğrultusundaki şiddetli depremde itme istemini karşılayamadığı Şekil 3.20.'de görülmektedir.

Yapılan analizler sonucu Z4 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma durumu Şekil (3.21.)'de gösterilmiştir. Model-1 x doğrultusunda 0,56 m, y doğrultusunda 0,53 m itme analizine tabi tutulmuştur.



a) X doğrultusu plastik mafsallar

b) Y doğrultusu plastik mafsallar

Şekil 3.21. Z4 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremdeki mafsallaşma

Hesaplanan itme istemleri ve yapının bu itme istemlerini karşılayıp karşılayamadığı tablo 3.10.'da gösterilmiştir. Model-1'in artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sonucu bulunan itme eğrisine ait maksimum değerler tablo 3.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.10. İtme analizi sonucu bulunan itme istemlerinin karşılaştırılması

Analiz durumu	X		Y	
	İtme istemi (m)	Netice	İtme istemi (m)	Netice
Z3 Tasarım	0,27	karşılıyor	0,25	karşılıyor
Z3 Şiddetli	0,42	karşılanmıyor	0,39	karşılıyor
Z4 Tasarım	0,38	karşılanmıyor	0,35	karşılıyor
Z4 Şiddetli	0,56	karşılanmıyor	0,53	karşılanmıyor

Tablo 3.11. İtme analizi sonucu bulunan itme eğrisine ait maksimum değerler

Analiz durumu	X		Y	
	Max Vt (kN)	Max yer değiştirme (m)	Max Vt (kN)	Max yer değiştirme (m)
Z3 Tasarım	16595	0,348	19609	0,414
Z3 Şiddetli	16535	0,346	19788	0,422
Z4 Tasarım	16426	0,355	19369	0,421
Z4 Şiddetli	16354	0,351	19334	0,418

Tablo 3.10. incelendiğinde itme istemleri analiz durumuna göre ciddi farklılıklar arz etmektedir. Bu durumun açıklaması ise; yapının itme eğrisinin analiz durumuna göre değişiklik göstermemesidir. Çünkü bina hangi deprem analiz durumuna maruz kalsa da kapasitesi talep edilen sismik kuvvetler ile değişmez. Spektral ivme- spektral yer değiştirme eğrisi ise deprem analiz durumuna göre ciddi farklılıklar oluşturur ki bu durum şiddetli depremlerde çok daha dikkat çekici olmaktadır.

Tablo 3.11. incelendiğinde dört farklı analiz durumu ve iki yön incelendiğinde taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasman değerleri birbirlerine oldukça yakın olduğu anlaşılır. Bunun sebebi adım adım monotonik artan deprem yükleridir. Farklı yerel zemin sınıflarında muhakkak ki farklı kat deprem kuvvetleri ortaya çıkar. Ancak farklı deprem kuvvetlerinin aralarındaki oran, doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi nedeniyle sabittir. Bu işlemler yapılırken kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri değişmemekte sadece spektral katsayı yerel zemin sınıfı nedeniyle değişim göstermektedir.

Binanın deprem performansının konut olması dolayısı ile can güvenliğini sağlaması gerekir. Bu gereklilik her iki deprem yönünde geçerlidir. Örneğin x yönünde can güvenliği sağlanmış fakat y yönünde göçme öncesi çıkmış ise bina için can güvenliği denemez. Hesap yapılan iki yönden en elverişsiz olanı performans seviyesi olarak kabul edilir. Benzer hasar gören elemanların performansının belirlenmesi için de geçerlidir.

Tablo 3.10. incelendiğinde sadece Z3 yerel zemin sınıfı için yapılan performans analizi itme istemleri karşılanmaktadır. Ancak itme istemlerinin karşılanması yeterli kriter olmayıp önce eleman bazında sonra kat bazında ardından da bina bazında performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilecektir.

Tablo 3.12. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu kiriş performans değerlendirmesi

7. KAT		6. KAT	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	4	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	18
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	4,17	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	19
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0
5. KAT		4. KAT	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	20	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	25
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	21	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	26
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0
3. kat		2. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	25	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	29
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	2	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	2
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	26	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	30
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	2,1	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	2
1. kat		bodrum kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	87
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	27	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	20
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	2	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	28	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	23
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	2	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0

Tablo 3.13. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu kiriş performans değerlendirmesi

7. kat		6. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	12	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	19
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	12,5	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	20
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0
5. kat		4. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	22	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	26
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	2	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	4
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	23	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	27
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	2,1	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	4,2

Tablo 3.13'ün devamı

3. kat		2. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	28	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	23
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	4	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	7
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	29	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	24
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	4,17	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	7,29
1. kat		bodrum kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	87
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	25	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	16
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	4	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	26	minimum hasar bölgesindeki kiriş %:	18
belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	44	belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0

Tablo 3.14. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu kolon performans değerlendirmesi

7. kat		6. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	744 kN	kat toplam kesme kuvveti:	2743 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
5. kat		4. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	5311 kN	kat toplam kesme kuvveti:	7416 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0
3. kat		2. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	9012 kN	kat toplam kesme kuvveti:	10106 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0
1. kat		bodrum kat	
kat toplam kesme kuvveti:	11399 kN	kat toplam kesme kuvveti:	14132 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	385
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	3

Tablo 3.15. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu kolon performans değerlendirmesi

7. kat		6. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	190 kN	kat toplam kesme kuvveti:	3614 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0
5. kat		4. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	6451 kN	kat toplam kesme kuvveti:	8724 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0
3. kat		2. kat	
kat toplam kesme kuvveti:	10427 kN	kat toplam kesme kuvveti:	11572 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0
1. kat		bodrum kat	
kat toplam kesme kuvveti:	12770 kN	kat toplam kesme kuvveti:	13275 kN
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti:	0
ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0	ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvveti %:	0

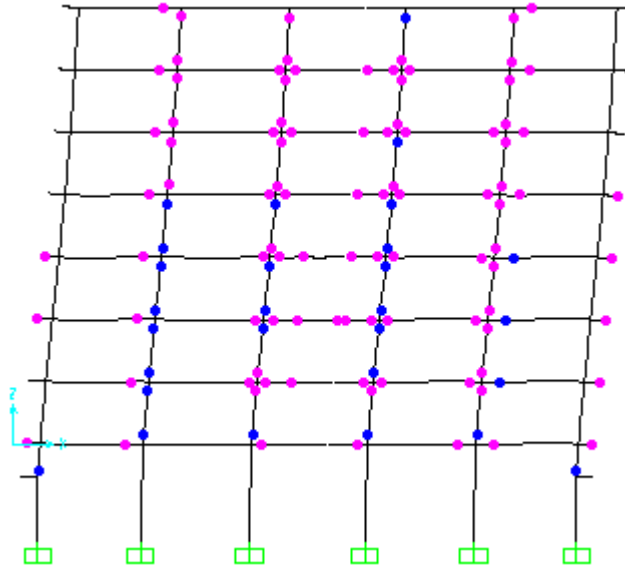
Son aşama olarak DBYBHY 2007 (bkz 7.7.3. c) gereği olarak; herhangi bir katın herhangi bir kolonun veya kolonların her iki ucu da minimum hasar sınırı aşılmışsa, ilgili kolonlara gelen kesme kuvveti tüm kat tarafından taşınan kesme kuvvetinin %30'dan az olup olmadığı irdelenecektir.

Tablo 3.16. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı x doğrultusu kolon uçları hasar durumu

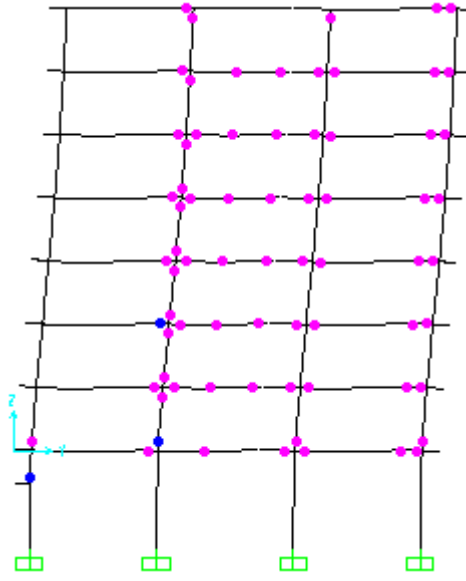
Kat no	Kat kesme kuvveti (kN)	Her iki ucu minimum hasarı aşmış kolonların kesme kuvveti (kN)	Yüzde	Koşul: <%30
7	744	0	0	uygun
6	2743	0	0	uygun
5	5311	0	0	uygun
4	7416	773	10,42	uygun
3	9012	1283	14,24	uygun
2	10106	827	8,18	uygun
1	11399	331	2,9	uygun
bodrum	14132	385	2,72	uygun

Tablo 3.17. Model-1 Z3 yerel zemin sınıfı y doğrultusu kolon uçları hasar durumu

Kat no	Kat kesme kuvveti (kN)	Her iki ucu minimum hasarı aşmış kolonların kesme kuvveti (kN)	Yüzde	Koşul: <%30
7	190	0	0	Uygun
6	3614	0	0	Uygun
5	6451	0	0	Uygun
4	8724	0	0	Uygun
3	10427	0	0	Uygun
2	11572	0	0	Uygun
1	12770	0	0	Uygun
bodrum	13275	0	0	Uygun



Şekil 3.22. X Doğrultusu kolon alt ve üst uçlarında mafsallaşma durumu (XZ düzlemi)



Şekil 3.23. Y Doğrultusu kolon alt ve üst uçlarında mafsallaşma durumu (YZ düzlemi)

Model-1 için toplamda dört adet artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi yapılmıştır. Bunlar Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfı için tasarım ve şiddetli deprem etkileridir. İtme analizi sonucu her iki yönde de itme istemine cevap veren analiz Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi için olandır. Diğer analizlerde elde edilen itme istemleri yapının kapasitesini aşmaktadır.

Konut kullanım amacı ile yapılmış binanın hedef performans düzeyi can güvenliğidir. Sözü edilen model ilgili analiz sonucu can güvenliği(CG) performans düzeyini başarılı bir şekilde sağlamaktadır. Binanın hemen kullanım seviyesi performans düzeyinde kabul edilmemesi ise bazı kolonlarda belirgin hasar durumlarının ortaya çıkmasıdır. Bodrum katta ise kısa kolonlarda ileri hasar bölgesi olduğu unutulmamalıdır. Hemen kullanım performans seviyesi için tüm taşıyıcı elemanların minimum hasar sınırını geçmemeleri gerekmektedir.

DBYBHY 2007’de (bkz 7.3.3. c ve 7.7.4. b) yer alan ‘herhangi bir katta herhangi bir kolon veya kolonlar alt ve üst kesiti aynı anda minimum hasar sınırını aşmışsa taşıdığı kesme kuvveti kat kesme kuvvetinin %30’dan az olmalıdır’ kriteri son derece önem arz etmektedir. Güçlü kolon zayıf kiriş ilkesinin korunması adına önemli bir detay olup modelin artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde böyle bir sıkıntı görülmemektedir.

3.1.2. Model-1 İçin Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Doğrusal olmayan dinamik analiz (zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz) yapılabilmesi için yapının sağlaması gereken herhangi bir ön şart DBYBHY 2007’de bulunmamaktadır. Dolayısı ile kat adedi, burulma düzensizliği, kütle katılım oranı gibi parametrelerin önemi yoktur.

Doğrusal olmayan dinamik analiz yapılabilmesi için esas kriter deprem ivme kayıtları ile ilgilidir. DBYBHY 2007’de de belirtildiği üzere en az 15 saniye olması gerekir.

Kullanılan deprem ivme kaydından elde edilecek spektral ivme-periyot eğrisinde sıfır periyoda karşı gelen değeri $A_0 \cdot g$ ’ den az olmamalıdır (DBYBHY 2007).

% 5 sönüm oranı için elde edilen spektral ivme-periyot eğrisinde, etkili periyot T_1 ise $0,2T_1$ ile $2T_1$ periyot aralığına karşı gelen spektral ivmeler, yönetmelik spektrum değerlerinin en az % 90’ı olmalıdır. Ancak alt sınır belirlenmiş olmasına karşın yönetmeliğimiz üst sınır ile ilgili bir kriter belirlememiştir (DBYBHY 2007).

Bu kriterlerin sağlanması için ölçekleme katsayısı olarak adlandırılan bir çarpım değeri ile yer ivmesi- zaman kaydı ölçeklenir. Bu amaçla Van ivme kaydı değerleri 2,7 ile Adana deprem ivme kaydı değerleri 1,7 ile çarpılmıştır. Bingöl depreminin değerleri yönetmelikteki şartları sağladığından herhangi bir ölçeklemeye ihtiyaç duyulmamıştır.

3.1.2.1. Doğrusal Olmayan Dinamik Analizde Kullanılan Rijitlik ve Kütle Matrisi Parametreleri

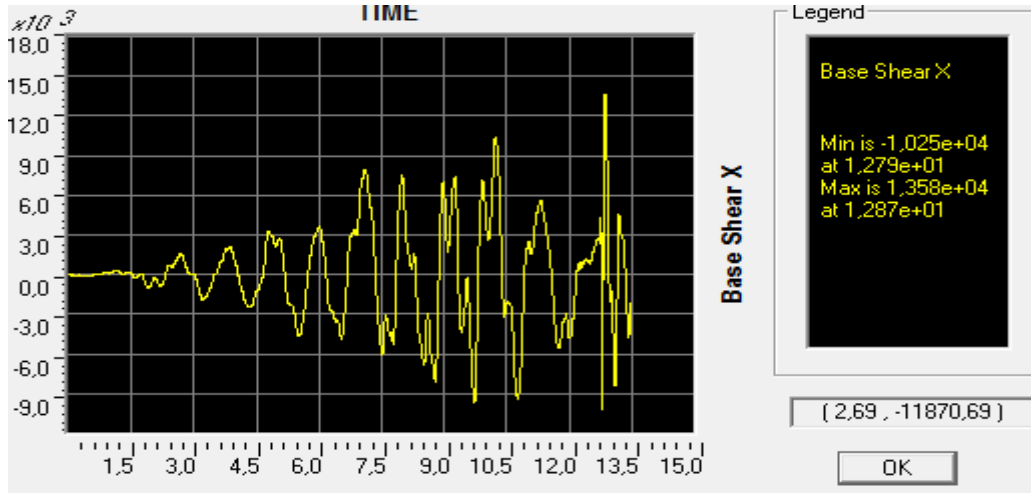
Bu modelde x doğrultusu için 2. ve 5. Mod; y doğrultusu için 3. ve 5. Mod dikkate alınmıştır. Mod seçimi yapılırken modların kütle katılım oranları dikkate alınmalıdır (5. Modun her iki hesap yönünde de katılım oranları yaklaşık eşittir). İki mod alınması yeterli yaklaşıklık sağlamaktadır. Ancak binanın kat adedi arttıkça doğal olarak daha fazla mod kullanılması uygun olur. Sönüm oranı olarak % 5 baz alınmıştır. Denklem 1.22. ve Denklem 1.23. ile hesaplanan değişkenler aşağıda sunulmuştur.

X doğrultusunda;	$\alpha = 0,217$	$\beta = 0,002$
Y doğrultusunda;	$\alpha = 0,225$	$\beta = 0,002$

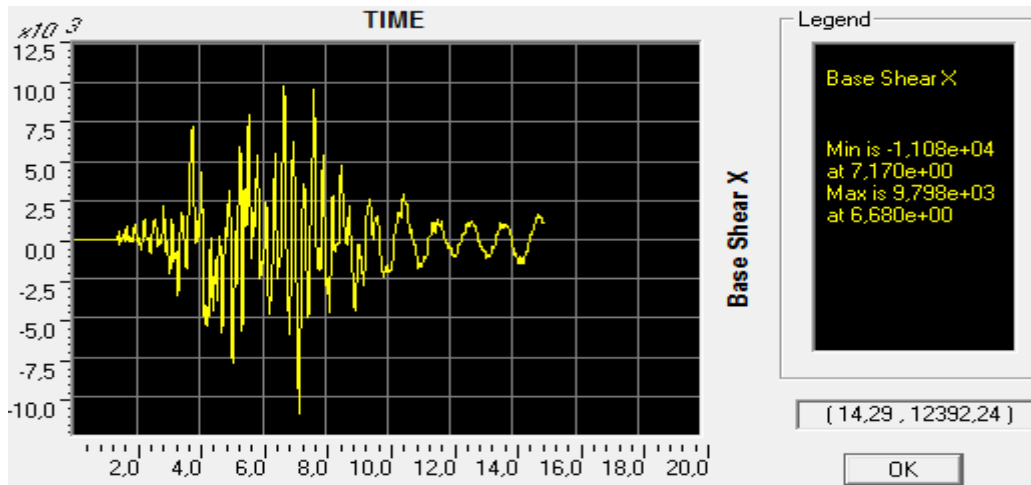
3.1.2.2. Model-1'in Taban Kesme Kuvvetinin Zamana Bağlı Değişimi

Model-1 için 3 farklı deprem ivme kaydı ile yapılan doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu deprem yönetmeliğimiz gereği (bkz DBYBHY 2007 2.9.3.) sonuçların maksimumu belirlenecektir. Modelin performansı maksimum sonucu veren deprem ivme kaydına ait analiz sonucuna göre belirlenecektir.

Şekil 3.24. ve Şekil 3.25. ile yapının taban kesme kuvvetinin analiz süresi boyunca değişimi her iki hesap doğrultusu için de verilmiştir. Yapının her iki hesap doğrultusunda da en büyük taban kesme kuvvetini veren deprem ivme kaydı seçilecek ve performans belirlenmesinde dikkate alınacaktır.



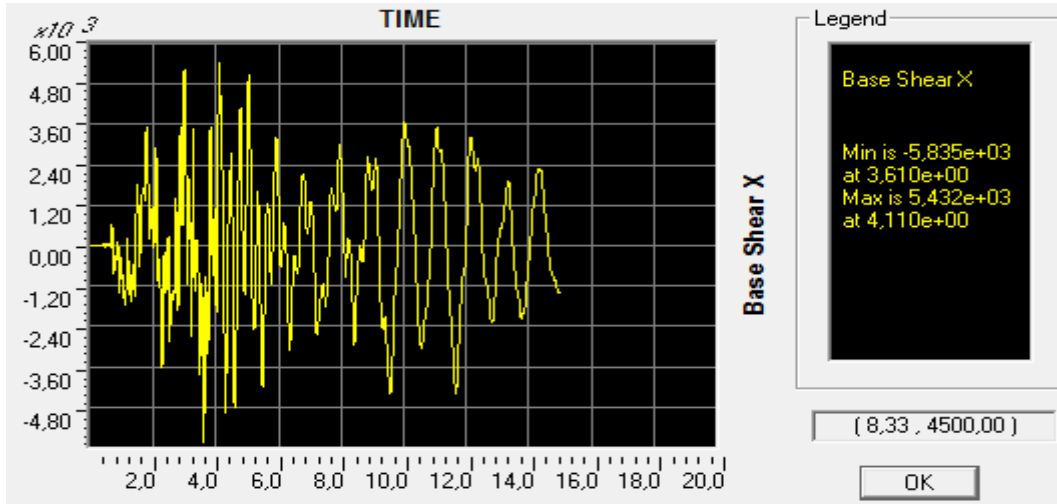
a) Model-1 Adana depremi x doğrultusu $V_t(kN)$ -sn



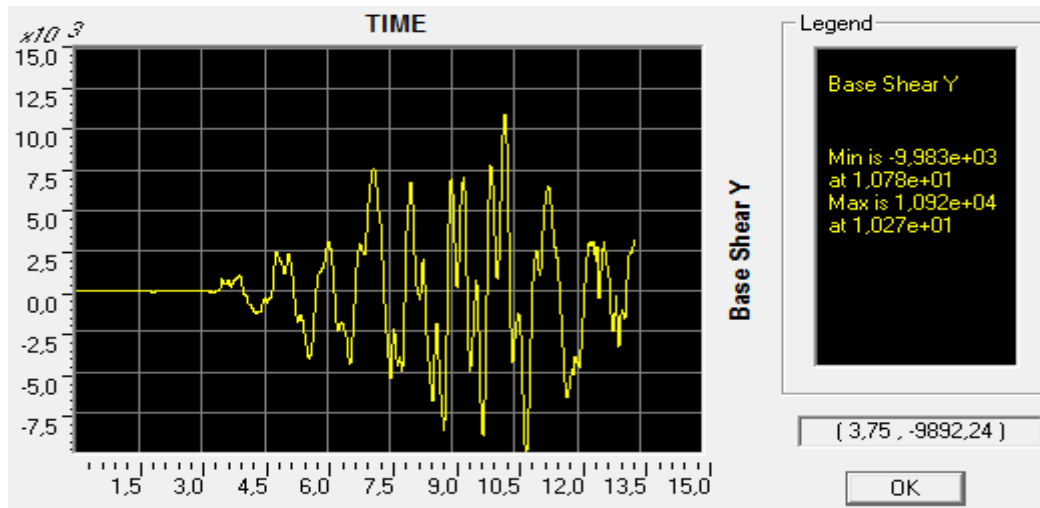
b) Model-1 Bingöl depremi x doğrultusu $V_t(kN)$ -sn

Şekil 3.24. Model-1'in x doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi

Şekil 3.24'ün devamı



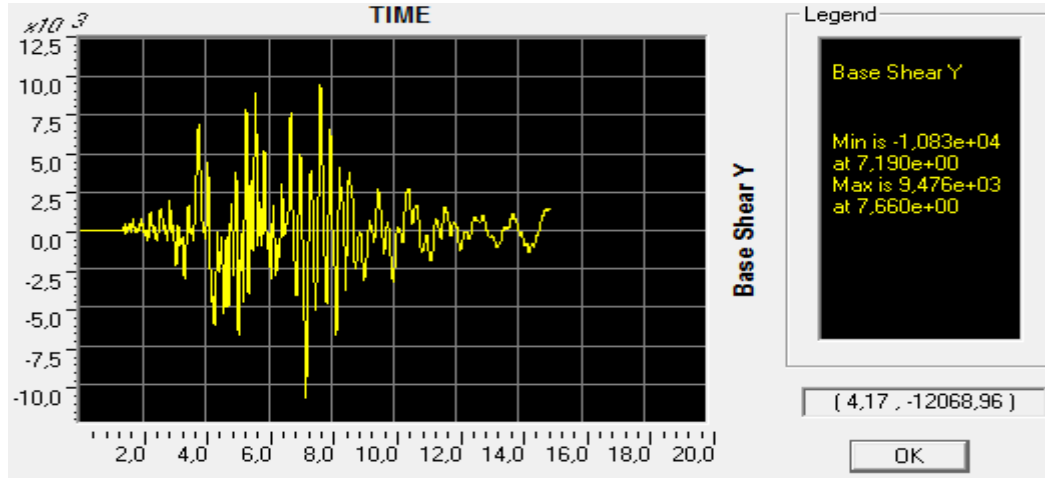
c) Model-1 Van depremi x doğrultusu $V_t(kN)$ -sn



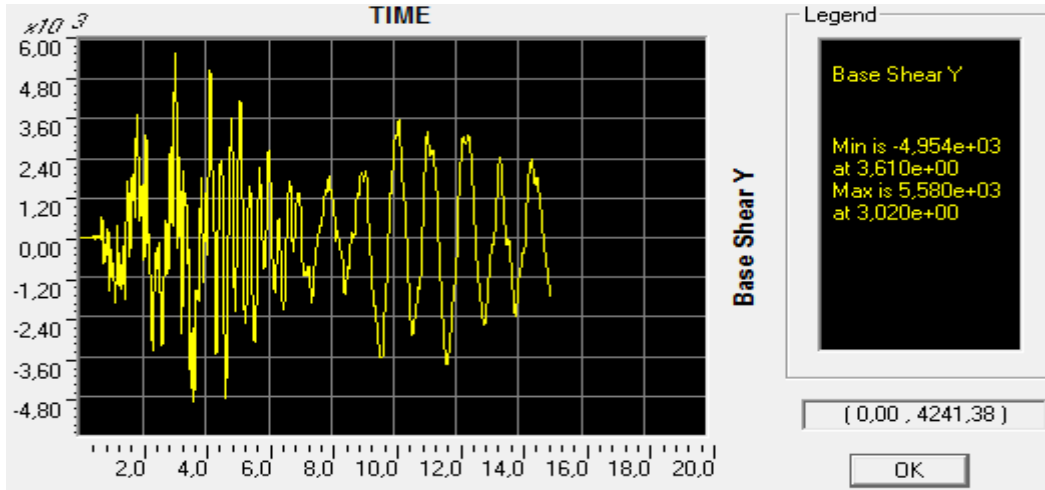
a) Model-1 Adana depremi y doğrultusu $V_t(kN)$ -sn

Şekil 3.25. Model-1'in y doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi

Şekil 3.25'in devamı

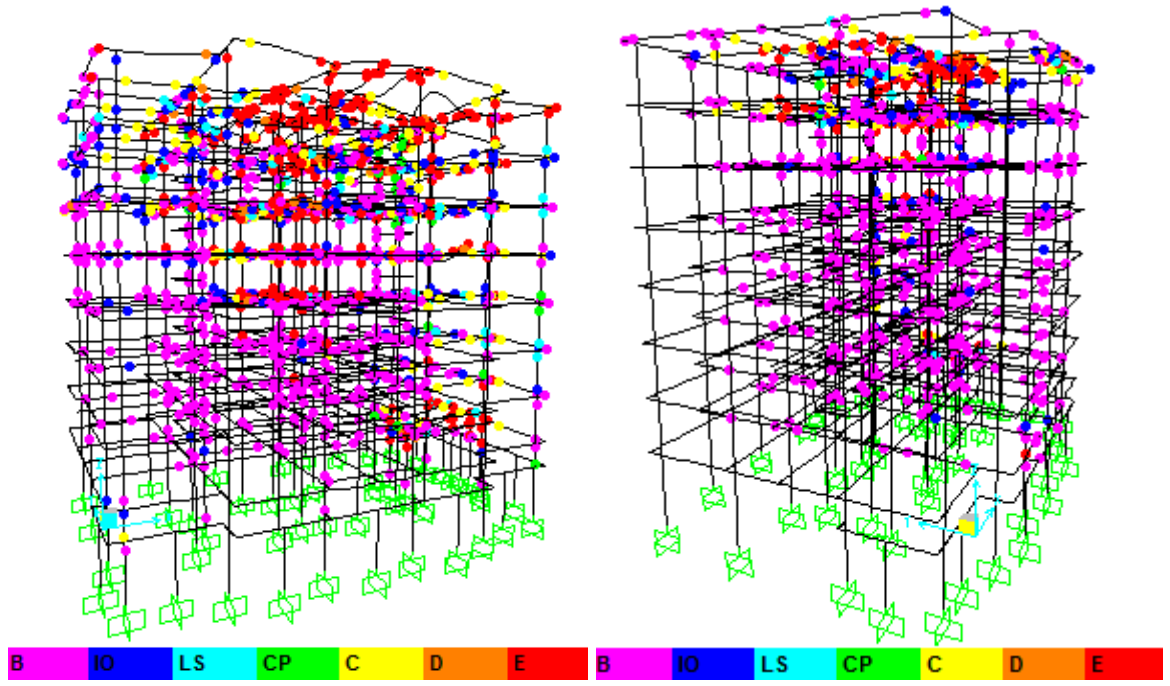


b) Model-1 Bingöl depremi y doğrultusu $V_t(kN)$ -sn



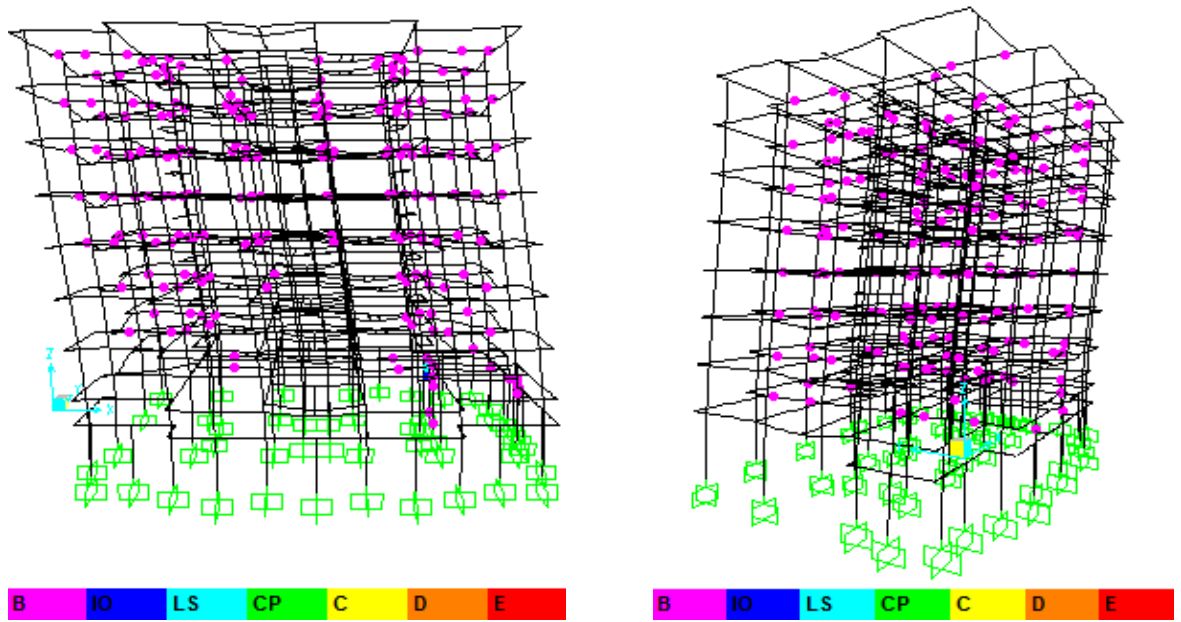
c) Model-1 Van depremi y doğrultusu $V_t(kN)$ -sn

Model-1'in her iki hesap yönüne ait mafsallaşma durumları Şekil (3.26)'da Adana depremi, ve Şekil (3.27)'de Bingöl depremi ve Şekil (3.28)'de Van depremi için verilmiştir.



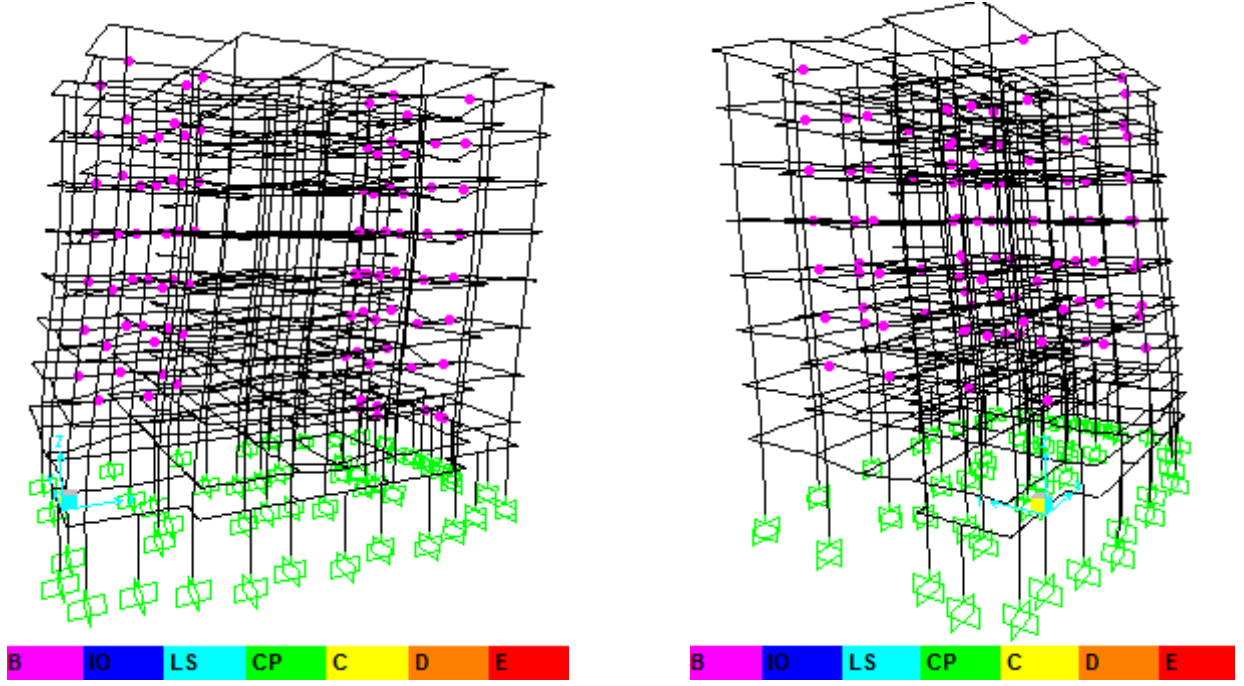
a) Adana depremi x doğrultusu mafsallaşma b) Adana depremi y doğrultusu mafsallaşma

Şekil 3.26. Model-1'in Adana deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu



a) Bingöl depremi x doğrultusu mafsallaşma b) Bingöl depremi y doğrultusu mafsallaşma

Şekil 3.27. Model-1'in Bingöl deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu



a) Van depremi x doğrultusu mafsallaşma

b) Van depremi y doğrultusu mafsallaşma

Şekil 3.28. Model-1'in Van deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu

3.1.2.3. Performans Analizinin Belirlenmesi İçin Kullanılacak Depremin Belirlenmesi

Yönetmeliğimiz gereği üç deprem kaydı kullanıldığında maksimum taban kesme kuvvetini veren analiz dikkate alınır. Tablo 3.18.'de Model-1 için yapılan 3 farklı deprem ivme kaydına ait doğrusal olmayan analiz sonucu bulunmuş taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Taban kesme kuvveti depremin binadan talep ettiği yatay kesit tesirlerinin toplamıdır. Bu kesit tesirleri yapı ağırlıkları ile kıyaslanarak yapıdan en büyük talebi isteyen deprem belirlenmiştir.

Tablo 3.18. Model-1 için kullanılacak analizlerin belirlenmesi

Yön	Deprem	Yapı ağırlığı (kN)	İstem (kN)	İstem/Ağırlık
X	Adana	38583	13580	0,352
	Bingöl	38583	11080	0,287
	Van	38583	5835	0,151
Y	Adana	38583	10920	0,283
	Bingöl	38583	10830	0,281
	Van	38583	5580	0,145

Model-1'in Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kaydı ile yapılan doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarına göre performans belirlemesi yapılacaktır.

Tablo 3.19. Model-1 Adana depremi x doğrultusu giriş hasar durumları

7. kat		6. kat	
toplam giriş adedi:	96	toplam giriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	4	minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	17
belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	1	belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	15
ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	3	ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	3
göçme bölgesindeki giriş adedi:	88	göçme bölgesindeki giriş adedi:	58
göçme bölgesindeki giriş %:	91,7	göçme bölgesindeki giriş %:	60,4
5. kat		4. kat	
toplam giriş adedi:	96	toplam giriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	33	minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	35
belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	10	belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	11
ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	4	ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	4
göçme bölgesindeki giriş adedi:	49	göçme bölgesindeki giriş adedi:	26
göçme bölgesindeki giriş %:	51	göçme bölgesindeki giriş %:	27
3. kat		2. kat	
toplam giriş adedi:	96	toplam giriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	42	minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	39
belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	11	belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	2
ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	27	ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	4
göçme bölgesindeki giriş adedi:	16	göçme bölgesindeki giriş adedi:	0
göçme bölgesindeki giriş %:	16,7	göçme bölgesindeki giriş %:	0
1. kat		bodrum kat	
toplam giriş adedi:	96	toplam giriş adedi:	87
minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	38	minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	17
belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	2	belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	0
ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	4	ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	9
göçme bölgesindeki giriş adedi:	0	göçme bölgesindeki giriş adedi:	0
göçme bölgesindeki giriş %:	0	göçme bölgesindeki giriş %:	0

Tablo 3.20. Model-1 Adana depremi y doğrultusu giriş hasar durumları

7. kat		6. kat	
toplam giriş adedi:	96	toplam giriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	17	minimum hasar bölgesindeki giriş adedi:	32
belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	15	belirgin hasar bölgesindeki giriş adedi:	14
ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	2	ileri hasar bölgesindeki giriş adedi:	1
göçme bölgesindeki giriş adedi:	45	göçme bölgesindeki giriş adedi:	18
göçme bölgesindeki giriş %:	46,9	göçme bölgesindeki giriş %:	18,75

Tablo 3.20'nin devamı

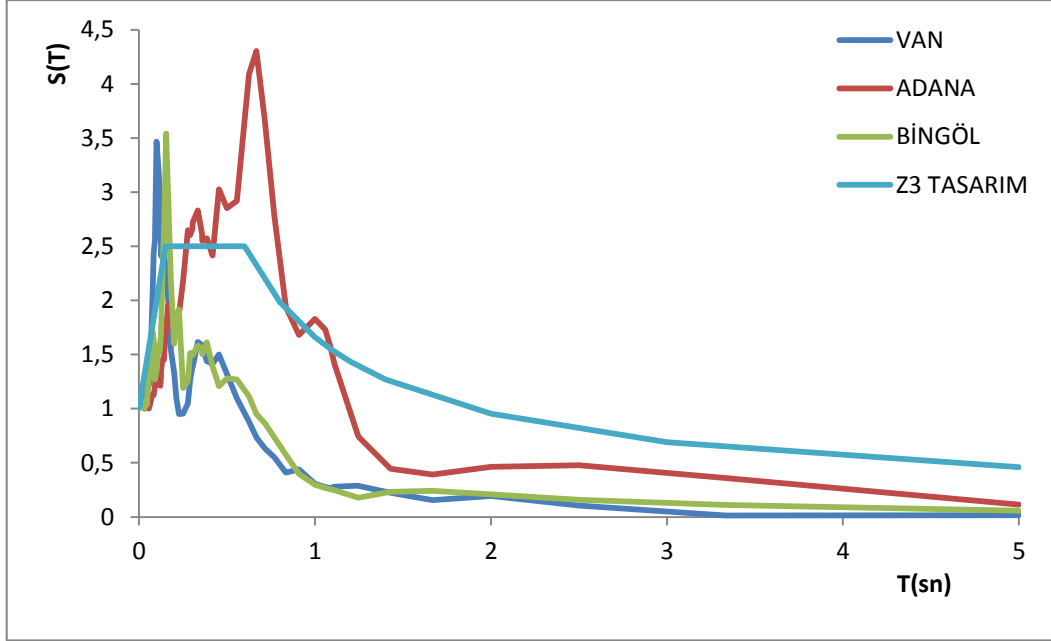
5. kat		4. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	38	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	45
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	6
ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	1
göçme bölgesindeki kiriş adedi:	7	göçme bölgesindeki kiriş adedi:	0
göçme bölgesindeki kiriş %:	7	göçme bölgesindeki kiriş %:	0
3. kat		2. kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	96
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	46	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	33
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	3	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	1
ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
göçme bölgesindeki kiriş adedi:	0	göçme bölgesindeki kiriş adedi:	0
göçme bölgesindeki kiriş %:	0	göçme bölgesindeki kiriş %:	0
1. kat		bodrum kat	
toplam kiriş adedi:	96	toplam kiriş adedi:	87
minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	36	minimum hasar bölgesindeki kiriş adedi:	23
belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	2
ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	ileri hasar bölgesindeki kiriş adedi:	4
göçme bölgesindeki kiriş adedi:	0	göçme bölgesindeki kiriş adedi:	0
göçme bölgesindeki kiriş %:	0	göçme bölgesindeki kiriş %:	0

Tablo 3.19 ve Tablo 3.20. incelendiğinde model-1'in her iki doğrultudaki deprem performansının göçme durumu olduğu açıktır. Performansın belirlenmesi adına kolonlar ile ilgili kriterlere gerek duyulmamıştır. Çünkü DBYBHY 2007'de (bkz 7.7.4. a) belirtildiği üzere herhangi bir katta kirişlerin en fazla % 20'sinin göçme bölgesine geçmesine müsaade edilmektedir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde her iki yönde de % 20'nin fazlasıyla üzerinde oranlar dikkat çekmektedir. Ayrıca DBYBHY 2007 (bkz 7.7.3. c ve 7.7.4. b) incelendiğinde hiçbir koşulda hiçbir kolonun göçme bölgesine geçmesine izin verilmemektedir. Kolonlar en fazla ileri hasar bölgesine geçebilmektedir. İlgili modelin doğrusal olmayan dinamik analiz için x ve y doğrultusundaki analizleri sonucu sadece kirişlerin hasar bölgeleri belirlenerek göçme durumunda olduğu anlaşılmıştır.

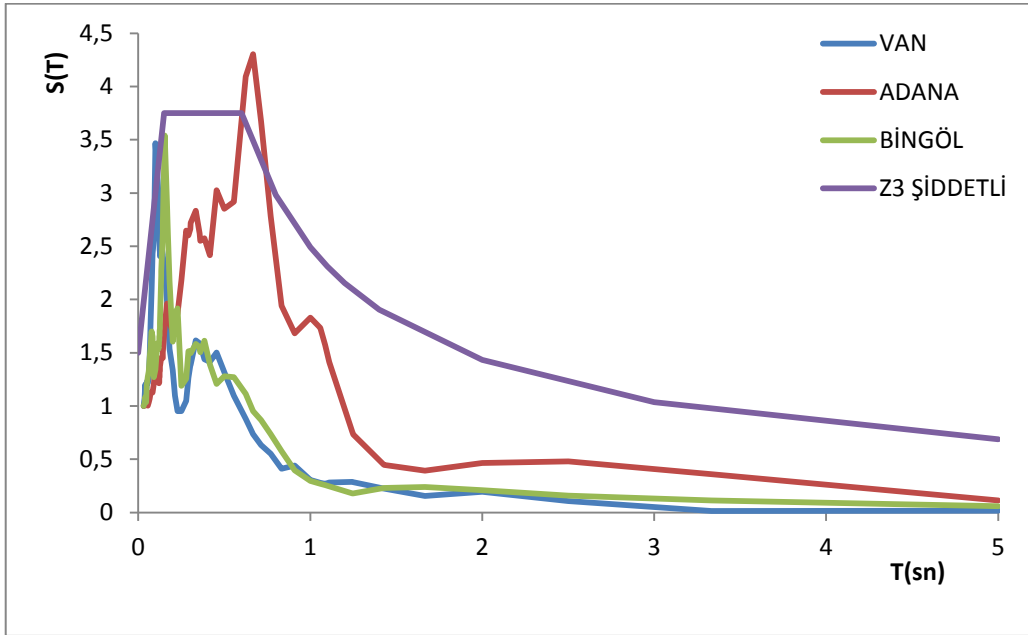
3.2. Model-1 İçin Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırması

Karşılaştırmaya başlamadan önce Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları ile 1,7 ölçekleme katsayısı ile ölçeklenen Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kaydı, Bingöl 2003 deprem

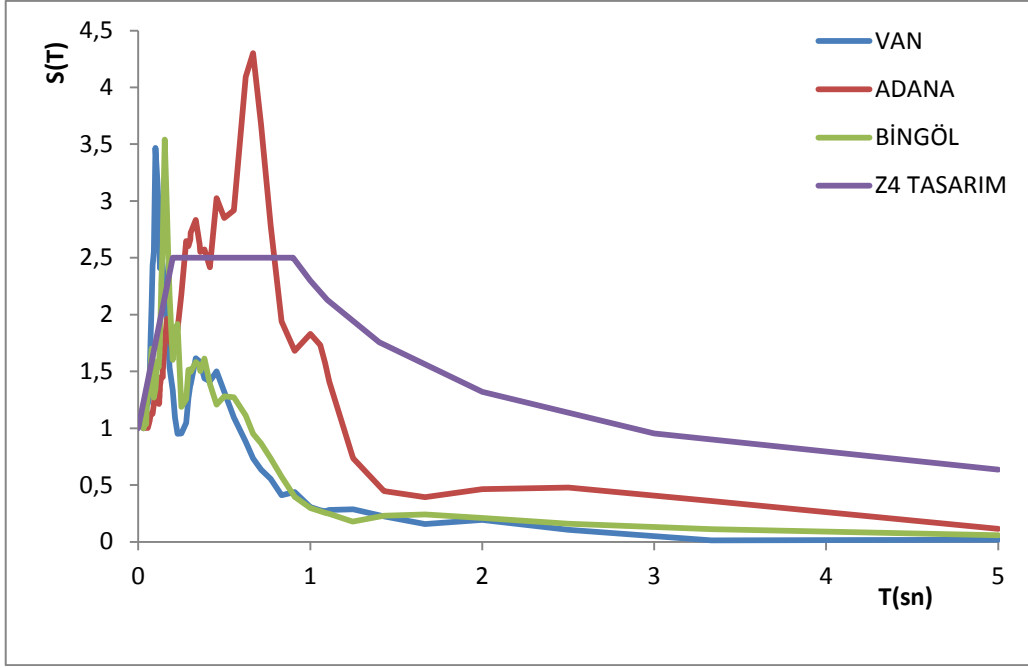
ivme kaydı, 2,7 ölçekleme katsayısı ile ölçeklenen Van 2011 deprem ivme kayıtlarına ait spektrum katsayısı ve spektral ivme grafiklerinin incelenmesinin önem arz ettiği düşünülmektedir.



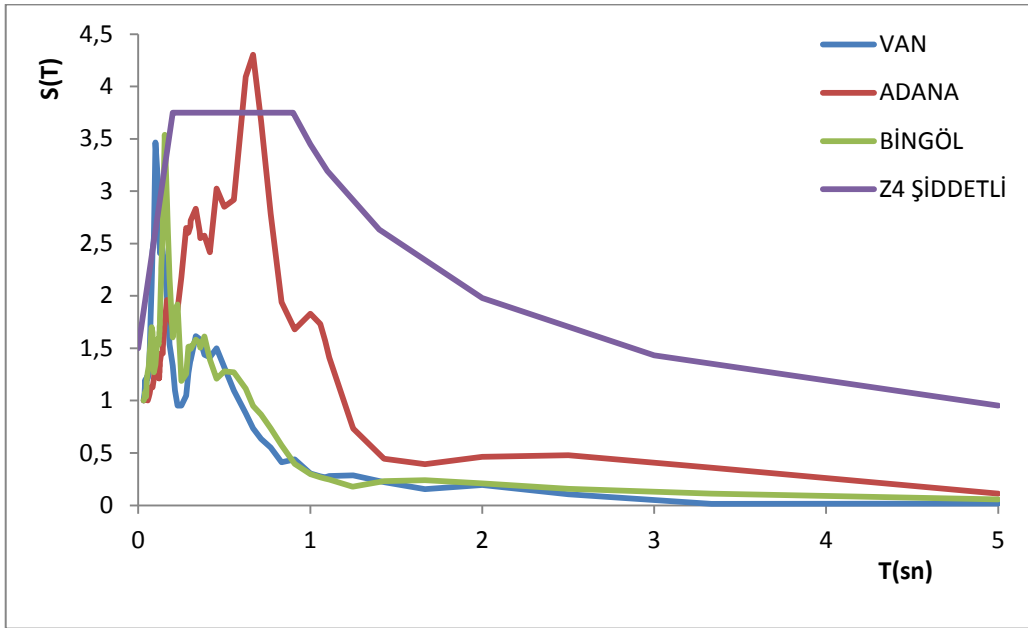
Şekil 3.29. Z3 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması



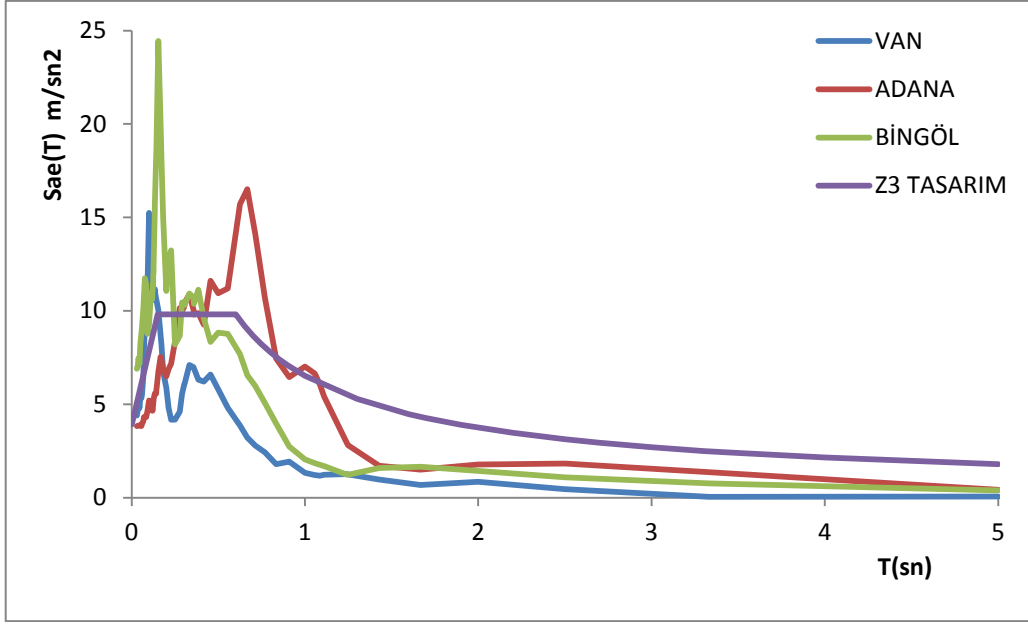
Şekil 3.30. Z3 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması



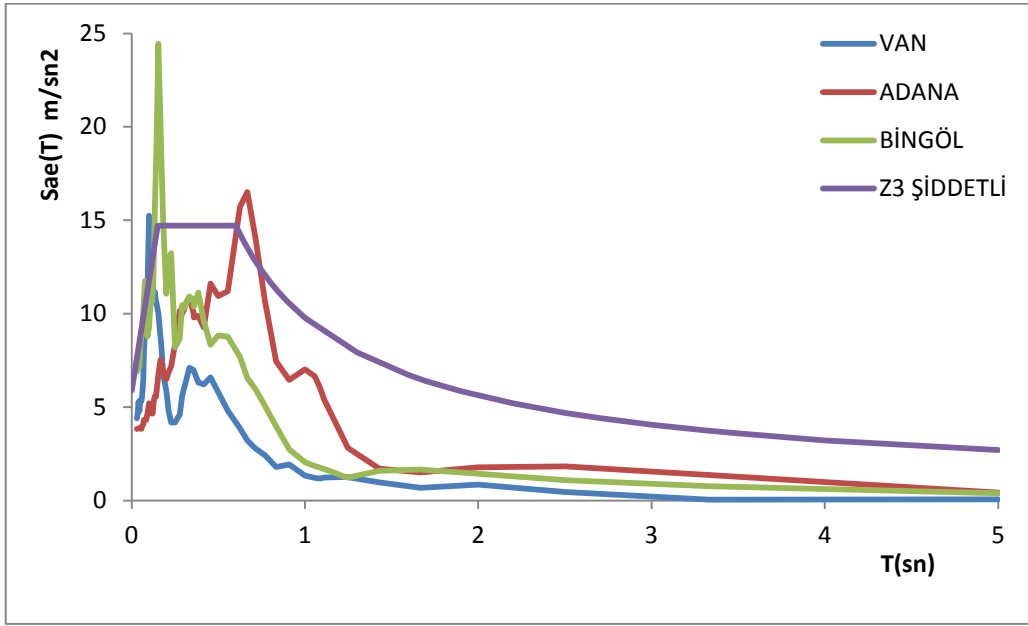
Şekil 3.31. Z4 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması



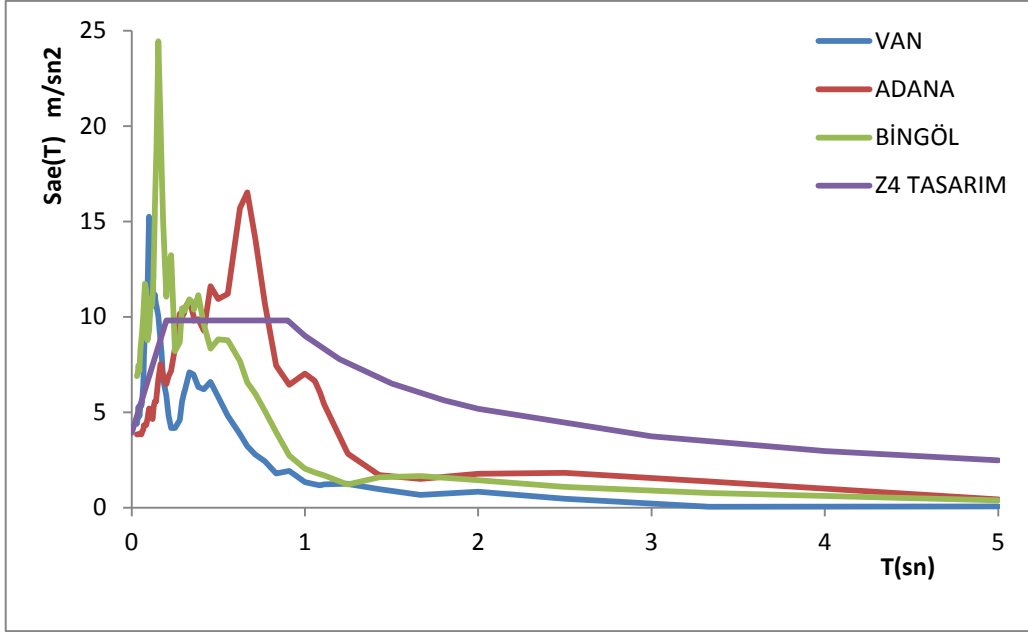
Şekil 3.32. Z4 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektrum katsayısı karşılaştırılması



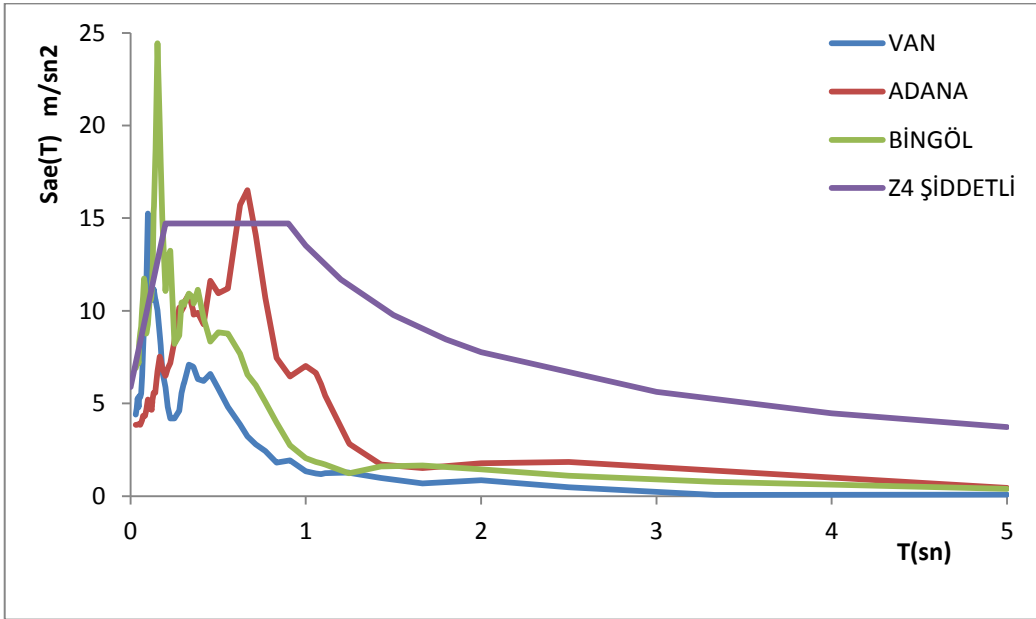
Şekil 3.33. Z3 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması



Şekil 3. 34. Z3 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması



Şekil 3.35. Z4 Tasarım depremi ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması



Şekil 3.36. Z4 Şiddetli deprem ve ivme kayıtları spektral ivme karşılaştırılması

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde en hasar verici depremin Adana depremi olduğu açıktır. Çünkü bu deprem genel olarak Van ve Bingöl depremleri gibi dar bir periyot alanında değil geniş bir periyot aralığında yüksek spektral ivmeler oluşturmaktadır.

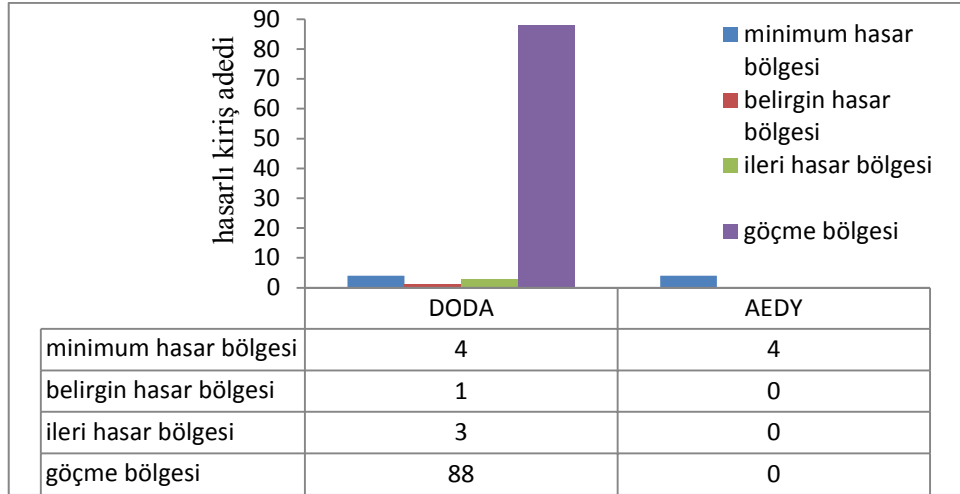
Z4 zemin sınıfı tasarım depremi ve Adana depremi spektrumu göz önüne alındığında diğer kombinasyonlara nazaran daha uyumlu oldukları söylenebilir. Çünkü

grafiklerin birbirlerini kestikleri noktalar dikkate alındığında altta ve üstte kalan alanların yaklaşık olarak eşit olduğu belirlenmiştir. (Aynı durumu Z4 şiddetli deprem etkisinde söylemek mümkün değildir.) Bu duruma kanıt olarak da Z4 zemin sınıfı tasarım depremi için bile itme isteminin bina tarafından karşılanamaması ve Adana depremi ivme kaydı ile yapılan analizde binada ciddi hasarların oluşması gösterilebilir.

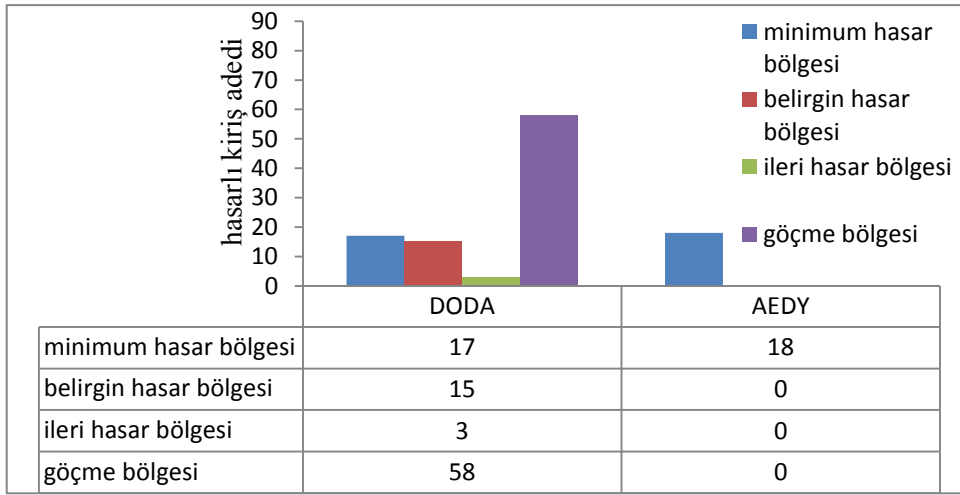
Bingöl modelinin Z3 yerel zemin sınıfı şartlarında tasarım depremi için artımsal eşdeğer deprem yükü ve Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan dinamik analiz ile deprem performansı irdelenmeye çalışılmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi haricindeki analizler itme istemlerinin yapının kapasitesinden fazla olması dolayısı ile karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. Kullanılan yöntemler farklı sonuçlar vermiştir. Ancak en güvenilir yöntemin doğrusal olmayan dinamik analiz olduğu unutulmamalıdır. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde can güvenliği olarak belirlenen performans seviyesi doğrusal olmayan dinamik analizde göçme durumu olarak belirlenmiştir. Farklı yöntemler ile yapılan analizde aradaki farkın bir performans bölgesi kadar olması beklenen bir durumdur. Ancak bu modeldeki durum oldukça farklıdır. Yöntemler arasındaki farklar, binadaki düzensizlik ve burulma gibi istenmeyen etkiler ile birlikte belirginleşmektedir.

Bu bağlamda Model-1'in kirişlerinde meydana gelen hasar durumlarının kullanılan yöntemlere göre değişimi sütun grafikler üzerinden incelenecektir. Sütun grafiklerde artımsal eşdeğer deprem yükü analizi AEDY olarak, doğrusal olmayan dinamik analiz ise DODA olarak ifade edilmiştir. Her kat için hazırlanan sütun grafiklerin yatay eksenini kullanılan yöntemleri, dikey eksenini ise kullanılan yöntemler sonucu bulunan farklı hasar bölgelerindeki kiriş adetlerini göstermektedir.

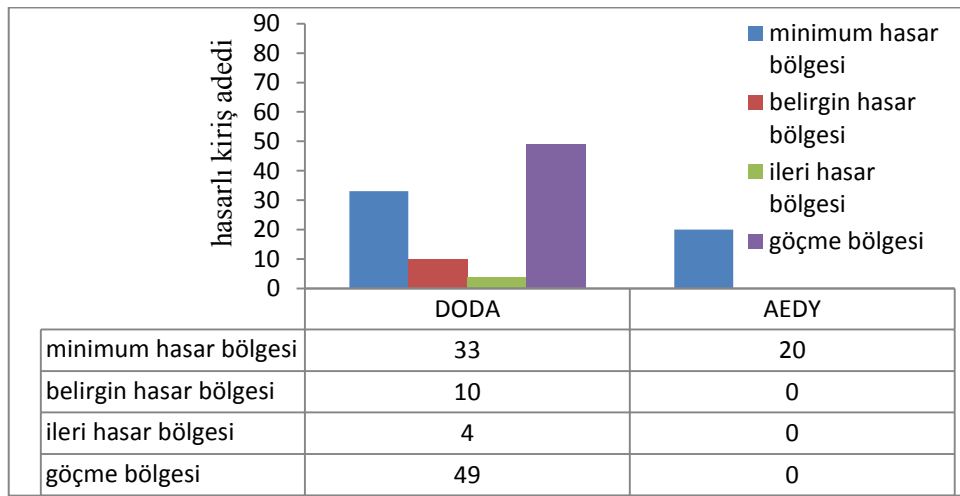
Doğrusal olmayan dinamik analizde modelin performansının belirlenmesinde kullanılan en büyük taban kesme kuvvetini veren Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kaydı dikkate alınmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde ise her iki hesap yönünde de itme istemini karşılayan Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi dikkate alınmıştır. Şekil (3.37.)'de x doğrultusu analizinde kirişlerin farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi, Şekil (3.38.)'de ise y doğrultusu analizinde kirişlerin farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi sunulmuştur.



a) 7. Kattaki kiriş hasar bölgeleri



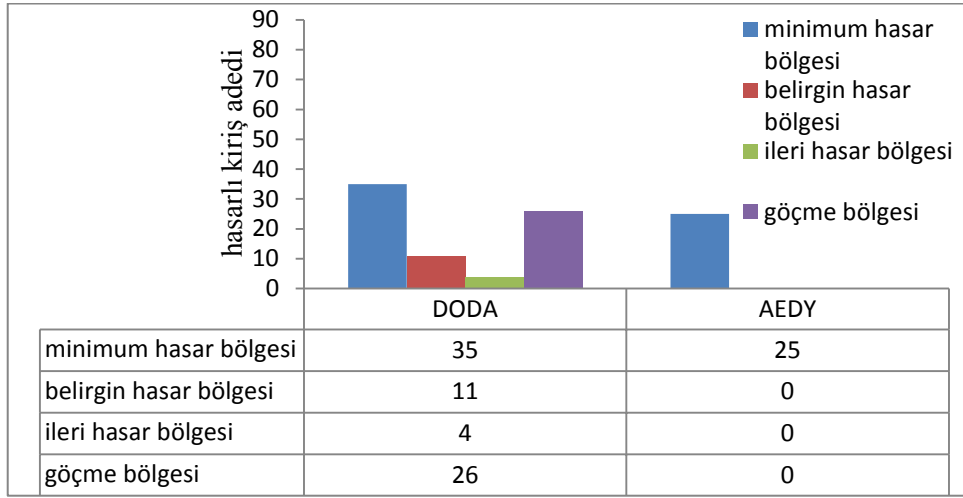
b) 6. Kattaki kiriş hasar bölgeleri



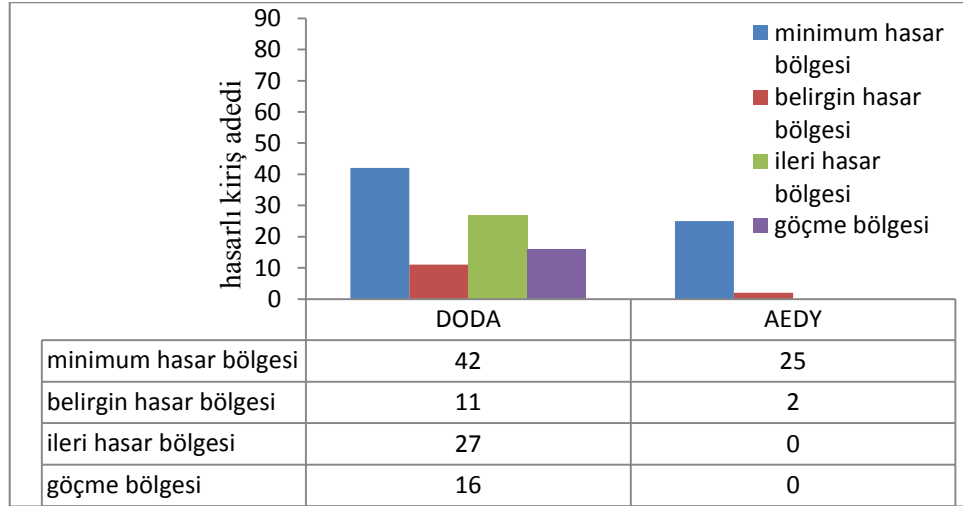
c) 5. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

Şekil 3.37. X doğrultusu analizinde kirişlerin farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi

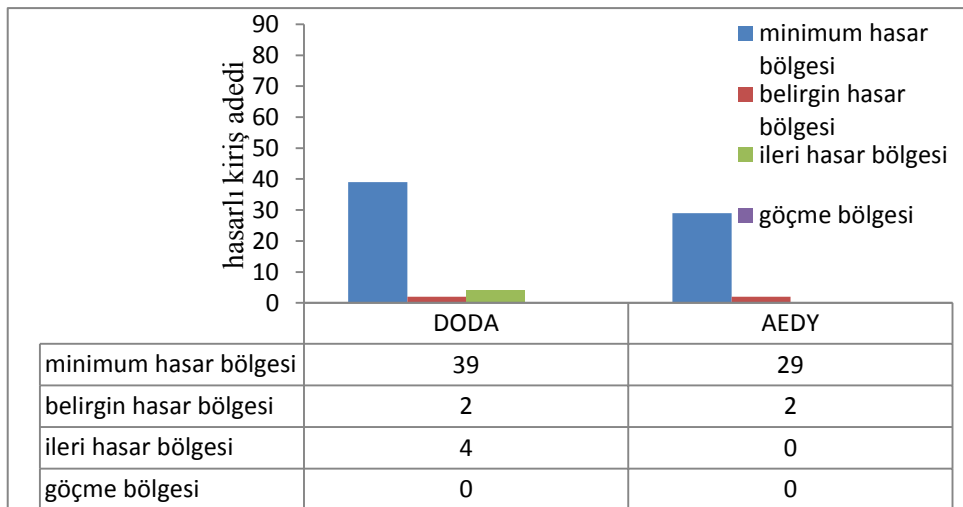
Şekil 3.37'nin devamı



d) 4. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

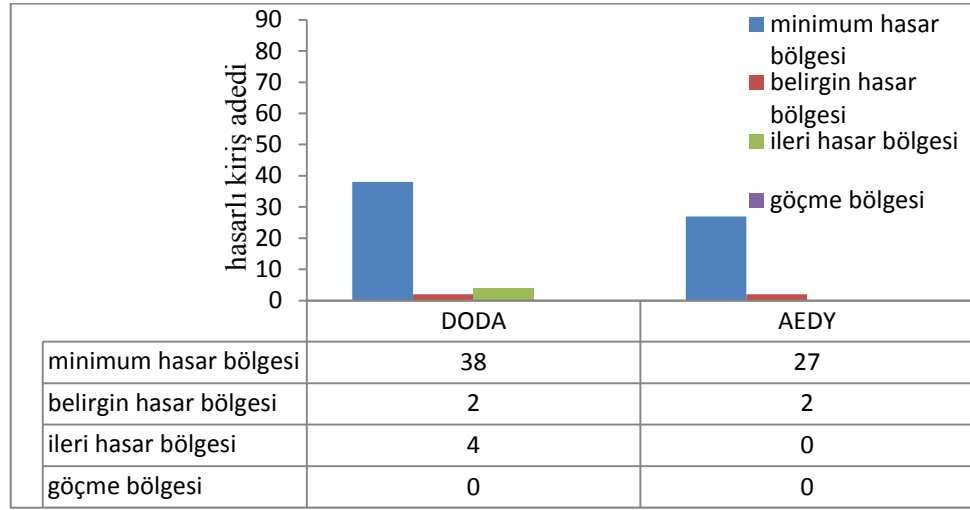


e) 3. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

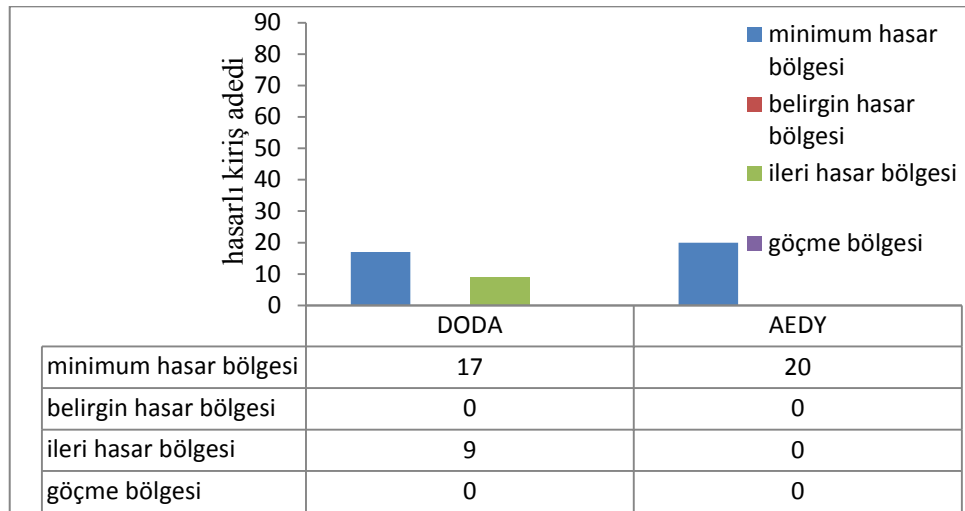


f) 2. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

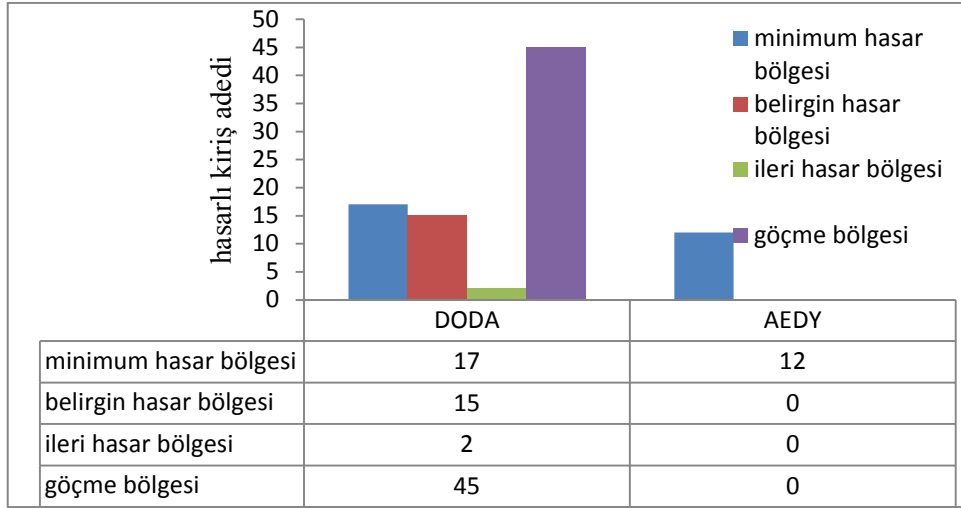
Şekil 3.37'nin devamı



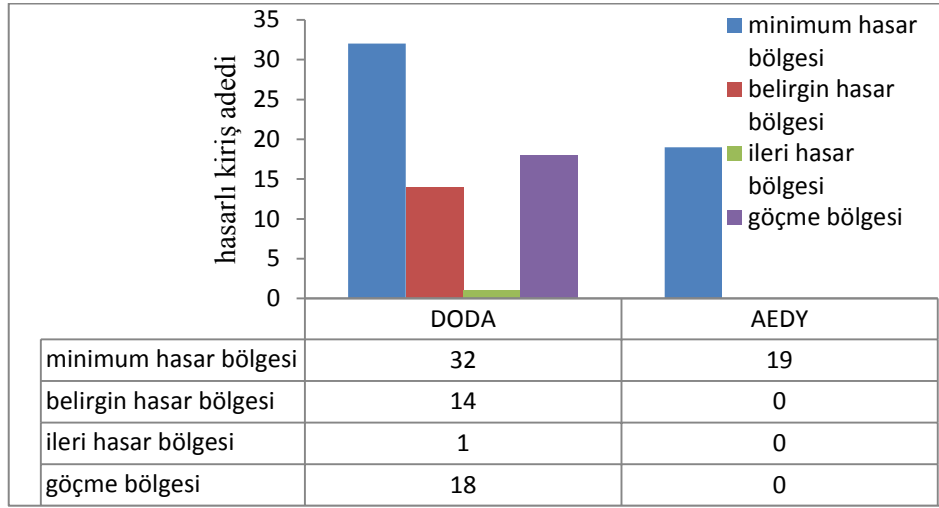
g) 1. Kattaki kiriş hasar bölgeleri



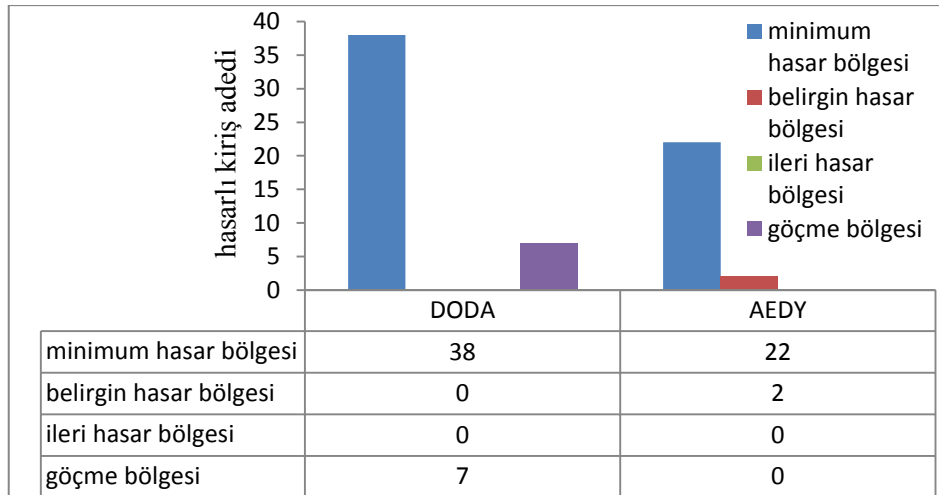
h) Bodrum kattaki kiriş hasar bölgeleri



a) 7. Kattaki kırış hasar bölgeleri



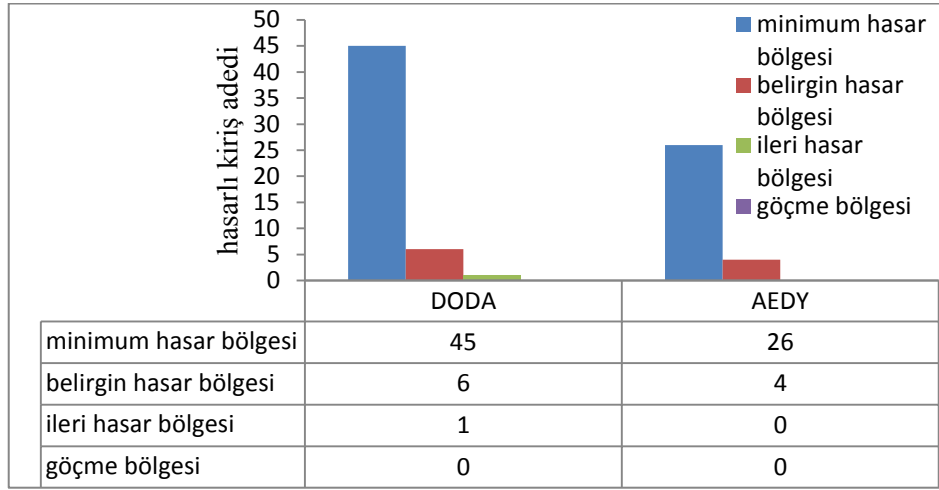
b) 6. Kattaki kırış hasar bölgeleri



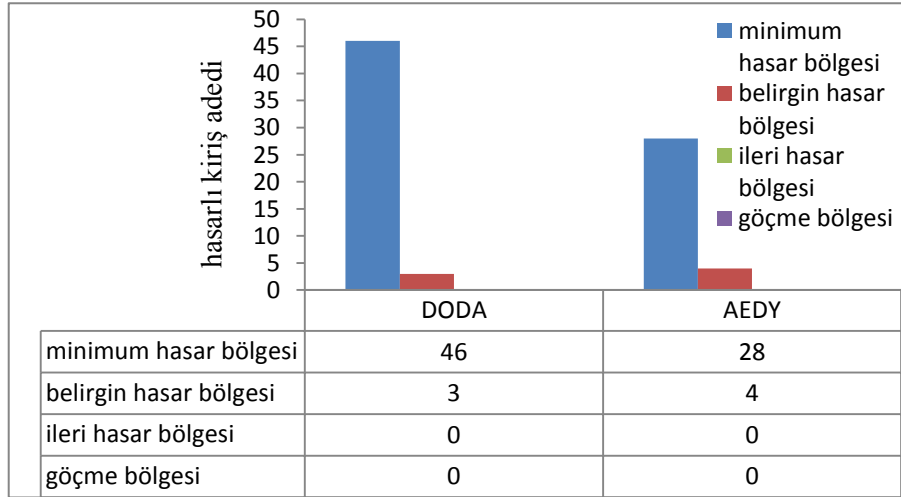
c) 5. Kattaki kırış hasar bölgeleri

Şekil 3.38. Y doğrultusu analizinde kırışların farklı yöntemlere göre hasar bölgelerindeki değişimi

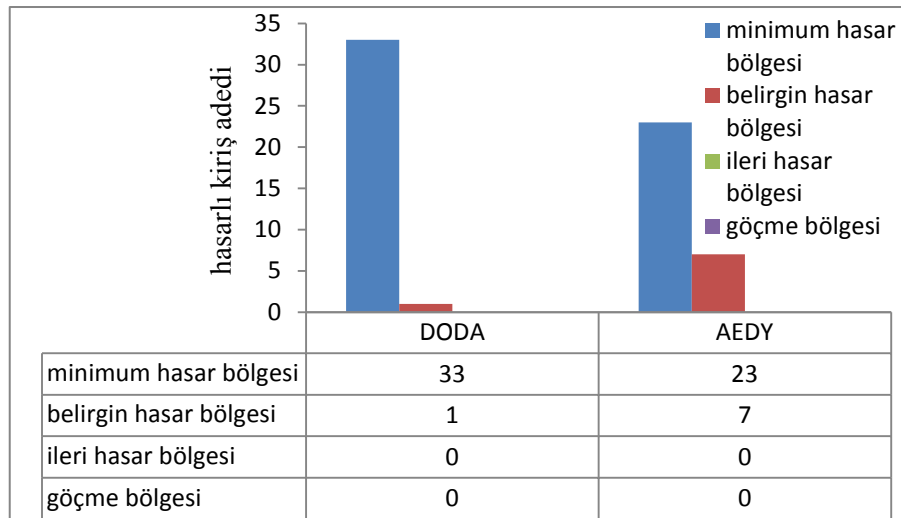
Şekil 3.38'in devamı



d) 4. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

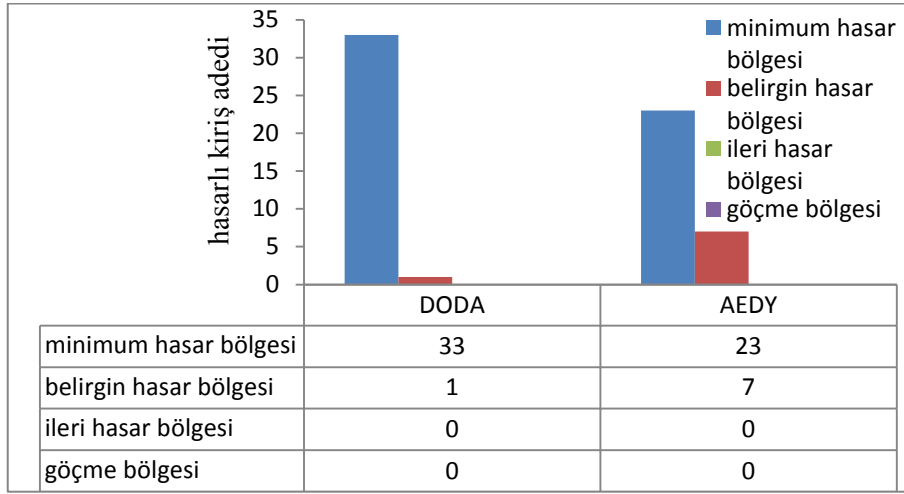


e) 3. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

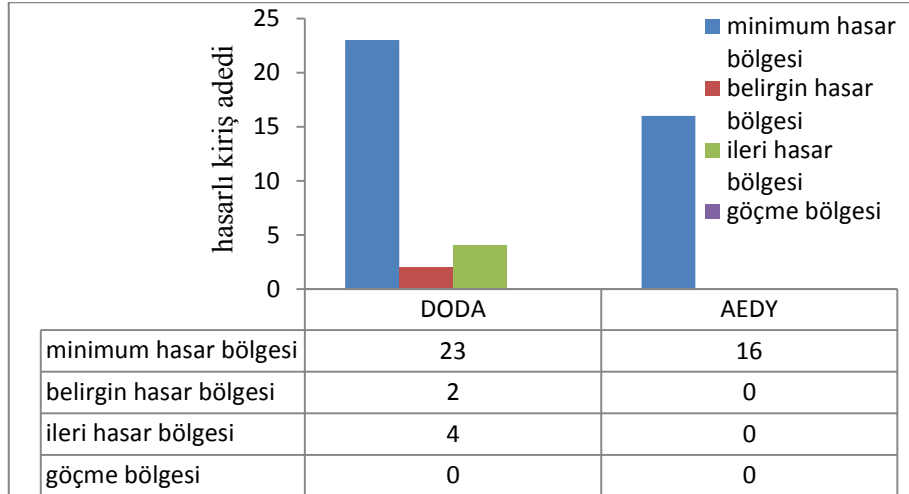


f) 2. Kattaki kiriş hasar bölgeleri

Şekil 3.38'in devamı



g) 1. Kattaki giriş hasar bölgeleri



h) Bodrum kattaki giriş hasar bölgeleri

Şekil 3.37 ve Şekil 3.38. incelendiğinde girişlerde, farklı yöntemler ile yapılan analizler sonucu meydana gelen hasar bölgeleri arasında ciddi farklar görülmektedir. Doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının artımsal eşdeğer değer deprem yükü yönteminden daha olumsuz sonuçlar vermesi beklene bir durumdur. Ancak 7. ve 6. Katlarda meydana gelen fark daha fazladır. Bu duruma burulma düzensizliğinin neden olduğu düşünülmektedir.

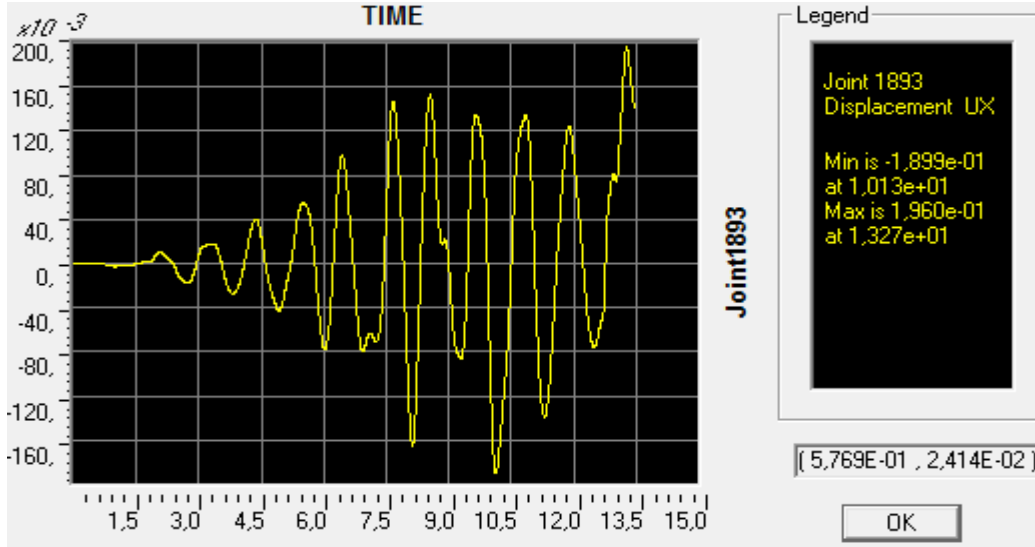
Analizi yapılan bina bodrum kat perde yerleşiminin rijitlik dağılımını bozması, burulma etkileri olması ve bodrum kat perdelerinin düzensiz yerleşimi sonucu yöntemlerin sonuçlarında ortak nokta bulmak zordur. Bu sebeple taban kesme kuvvetleri irdelenecektir. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizi için itme eğrisindeki son değer (maksimum değer),

doğrusal olmayan dinamik analiz için ise analiz süresi içerisinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti dikkate alınacaktır.

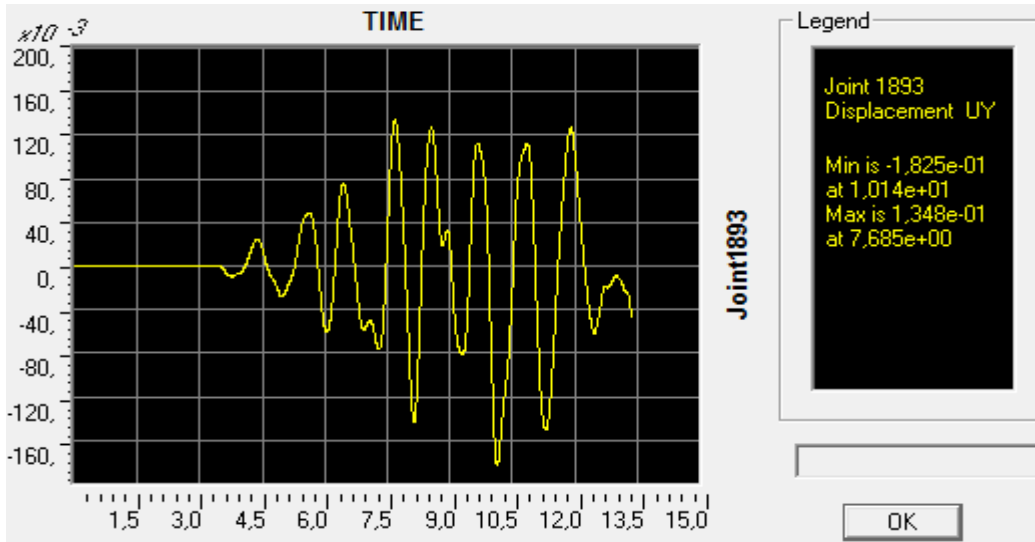
Tablo 3.21. Model-1 için farklı yöntemler sonucu bulunan taban kesme kuvvetleri

Yön	Yöntem	Yapı ağırlığı (kN)	İstem (kN)	İstem/Ağırlık
X	AEDY Z3 tasarım	38583	14604	0,379
	Adana DODA	38583	13580	0,352
Y	AEDY Z3 tasarım	38583	14917	0,387
	Adana DODA	38583	10920	0,283

Tablo 3.21. incelendiğinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile çözüm sonucu bulunan taban kesme kuvvetleri doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarından büyüktür. Bu fark en çok y doğrultusu için ortaya çıkmaktadır. En çok hasar oluşan analiz şekli doğrusal olmayan dinamik analiz (Adana Ceyhan 1998) olduğundan bu yöntemde bulunan taban kesme kuvvetinin daha çok olması beklenebilir. Ancak yöntemlerin hesap kabulleri, işlem adımlarının farklı olması ve analizlerin doğrusal olmayan olması nedeniyle düzensiz binalarda farklı sonuçların çıkması oldukça normal bir durumdur. Bu sebeple analizler sonucu tepe deplasman değerleri kıyaslanacaktır. Artımsal eşdeğer deprem yükü analizi için hesaplanan itme istemleri, doğrusal olmayan dinamik analiz için ise tepe noktasında oluşan en büyük deplasman değeri dikkate alınacaktır. Şekil (3.39.)’da model-1’in tepe noktasının, Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kaydı ile yapılan analiz sonucu deplasman değerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.



a) Adana deprem ivme kaydı, x doğrultusu zamana bağlı tepe yer değıştirme grafiğı

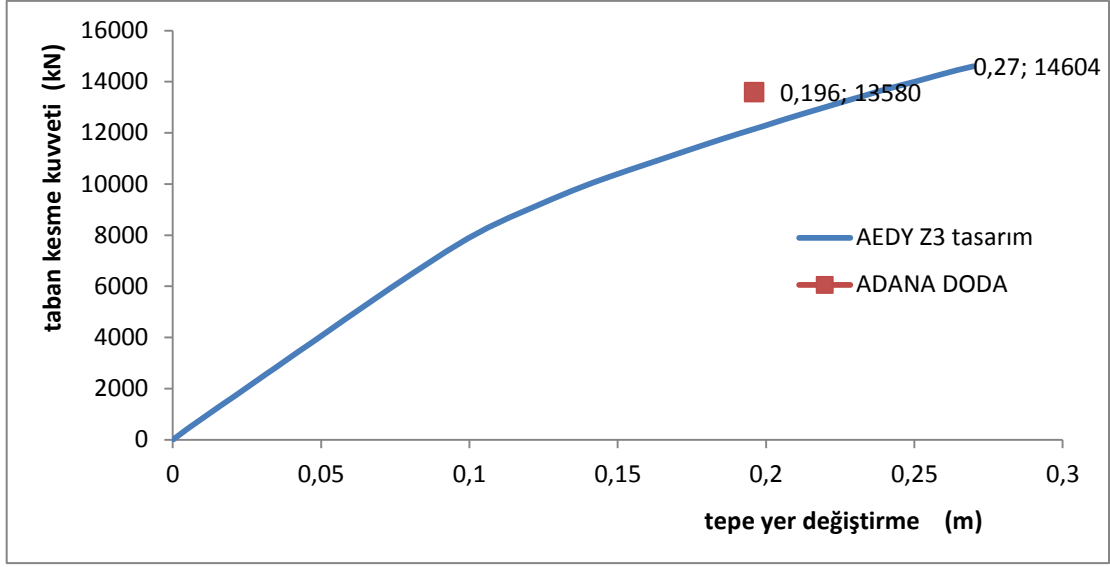


b) Adana deprem ivme kaydı, y doğrultusu zamana bağlı tepe yer değıştirme grafiğı

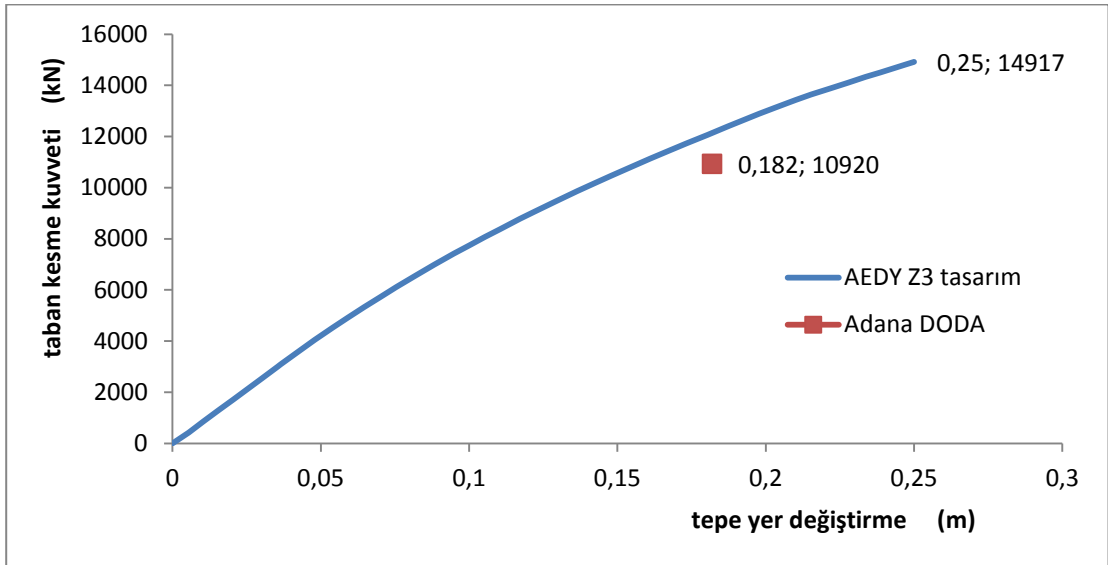
Şekil 3.39. Model-1'in Adana deprem ivme kaydı ile yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözüm sonucu tepe deplasman-zaman değışimi

Tablo 3.22. Model-1 için farklı yöntemler sonucu bulunan tepe deplasman değeri

Yön	Yöntem	İtme istemi
X	AEDY Z3 tasarım	0,27 m
	Adana DODA	0,196 m
Y	AEDY Z3 tasarım	0,25 m
	Adana DODA	0,182 m



Şekil 3.40. Model-1'in x doğrultusu için $V_{t_{max}}$ (taban kesme kuvveti)- d_{max} (tepe deplasman) değişimi



Şekil 3.41. Model-1'in y doğrultusu için $V_{t_{max}}$ (taban kesme kuvveti)- d_{max} (tepe deplasman) değişimi

Şekil (3.40) ve Şekil (3.41.) incelendiğinde artımsal eşdeğer deprem yükü analizi için bulunan tepe deplasmanları (itme istemleri) doğrusal olmayan dinamik analize göre fazladır. Netice itibari ile artımsal eşdeğer deprem yükü analizi sonucu hem tepe deplasmanı hem de taban kesme kuvveti doğrusal olmayan dinamik analize nazaran fazladır. Fakat doğrusal olmayan dinamik analiz sonucu bina hasarının artımsal eşdeğer deprem yükü analizine göre çok daha fazla olması dikkat çekicidir. İki yöntem birbirinden

oldukça farklı sonuçlar vermiştir. (Buna sebep teşkil eden durumun analiz yöntemlerindeki farklılıklar olduğu açıktır. Doğrusal olmayan dinamik analiz tekrarlı ve yön değiştirebilen etkileri dikkate alırken artımsal eşdeğer deprem yükü analizi ise tek bir yönde ve monotonik artan etkileri dikkate alır.)

Bu duruma sebebiyet veren faktörün başında burulma düzensizliği olduğu açıktır. Özellikle y doğrultusunda bodrum, 1. ve 2. Katlar hariç burulma düzensizliği katsayısı 1,2 nin üzerindedir. Bu değer statik itme analizi için engel teşkil etmemekte ancak DBYBHY 2007 gereği burulma hareketi var demektir. Düzensiz binalarda beklendiği üzere burulma üst katlarda daha çoktur. Çünkü üst katlarda burulma etkisini azaltacak normal kuvvet düzeyleri alt katlara nazaran azdır. Bu modelde burulma hareketini artıran bir diğer detay ise bodrum kat perdelerinin her iki yönde eşit dağılmamış olmasıdır. Bodrum kat perdeleri her iki yönde eşit dağılmış olsaydı burulma etkisi kesinlikle azalacaktı. Eylemsizlik momentlerinden dolayı çalışma yönündeki etkin rijitliği çok fazlasıyla artırdığından ve üst katlarda devam etmediğinden bodrum kat perdeleri, birçok binanın depremde hasar almasına neden olmaktadır. Bu çalışmada ilginç olan ise burulma durumunun artımsal eşdeğer deprem yükü analizine etkisinin olmamasıdır. Diğer analiz yönteminde ise adeta belirleyici faktör olmuştur.

Netice itibari ile sözü edilen binada en olumsuz sonuçları veren doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları dikkate alınmalıdır. Bu sebeple bina göçme durumundadır.

3.3. Model-2 İçin Bulgular ve İrdelemeler

Model-2 için kullanılacak deprem ivme kayıtları Model-1 için kullanılan deprem ivme kayıtlarının aynısıdır. Bu modelde sadece doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile performans belirlemesi yapılmıştır. Kat adedinin bodrum hariç 8 kattan çok olmasından dolayı artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanamamaktadır (bkz. DBYBHY 2007 7.6.5.2). İvme kayıtları her iki model için de aynı ölçekleme katsayısı ile ölçeklenmiş ve aynı etkili zaman aralığı dikkate alınmıştır.

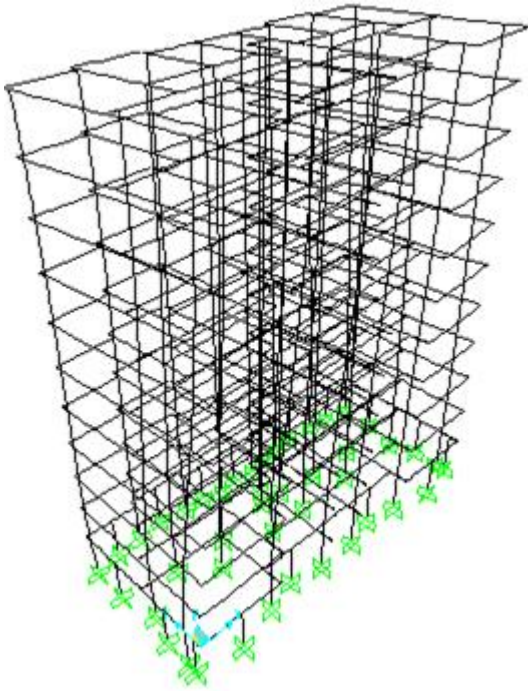
Tablo (3.23.)’de model-2 için yapılan modal analiz sonucu elde edilen ilk dört moda ait periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Tablo 3.23. Model-2'e ait kütle katılım oranları

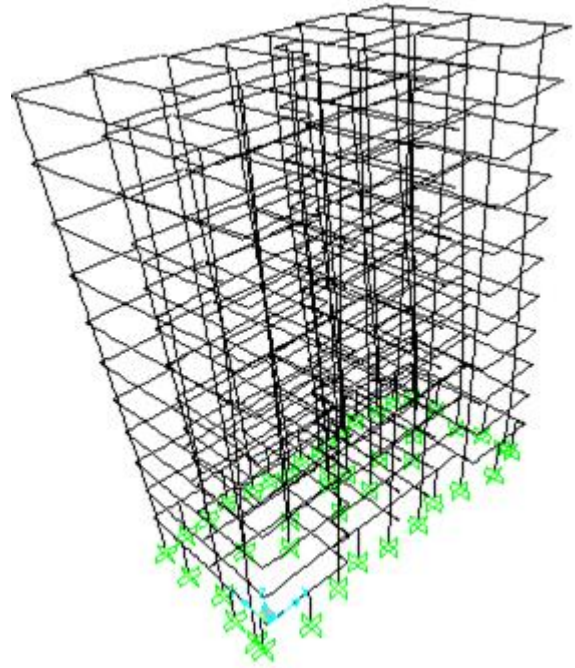
Mod	periyot	Ux	Uy
No	sn	%	%
1	1,411	37,6	0,137
2	1,073	31	0,38
3	0,913	0	70
4	0,44	5,4	0

Tablo (3.23.) incelendiğinde Model-2'nin x doğrultusunda kütle dağılımında düzensizlik olduğu söylenebilir. Yapıların kütlelerinin büyük bir kısmının tek bir modda yoğunlaşması o yapının genel anlamda düzenli bir formda olduğunu gösterir. X doğrultusunda bu durumun oluşmasında esas neden, 'U' en kesitli asansör shaftının x doğrultusundaki perdesinin taşıyıcı sistemde rijitlik ve kütle merkezinin birbirinden uzaklaşmasını sağlamasıdır.

Şekil (3.42.)'de model-2'nin ilk dört moduna ait mod şekilleri sunulmuştur.



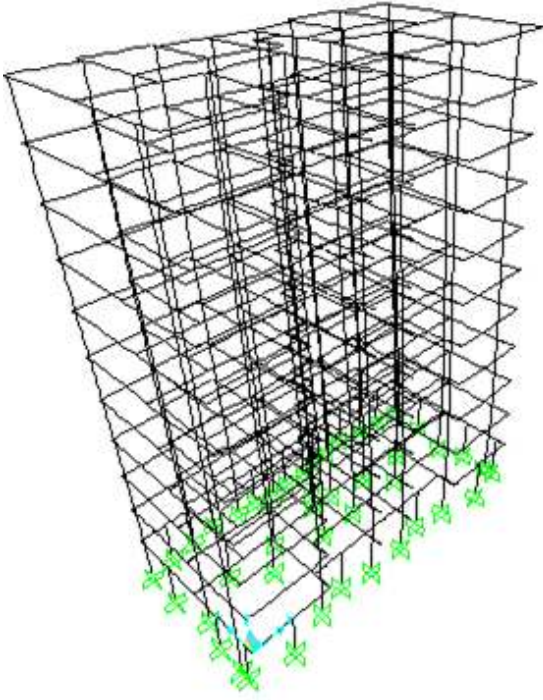
a) 1.moda ait mod şekli



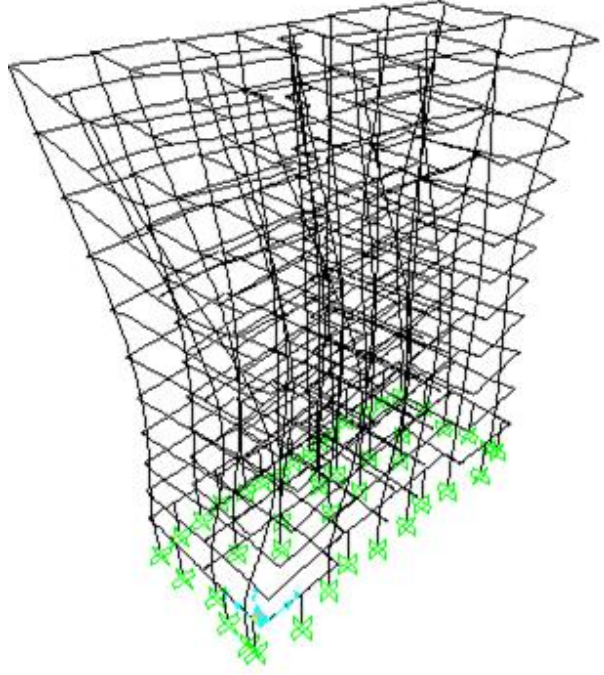
b) 2. Moda ait mod şekli

Şekil 3.42. Model-2 mod şekilleri

Şekil 3.42'nin devamı



c) 3. moda ait mod şekli



d) 4. moda ait mod şekli

3.3.1. Doğrusal Olmayan Dinamik Analizde Kullanılan Rijitlik ve Kütle Matrisi Parametreleri

Bu modelde x doğrultusu için 1. ve 2. Mod; y doğrultusu için 3. ve 5. Mod dikkate alınmıştır. Mod seçimi yapılırken modların kütle katılım oranları dikkate alınmalıdır. İki mod alınması yeterli yaklaşıklık sağlamaktadır. Ancak binanın kat adedi arttıkça doğal olarak daha fazla mod kullanılması uygun olur. Sönüm oranı olarak % 5 baz alınmıştır. Denklem 1.22. ve Denklem 1.23. ile hesaplanan değişkenler aşağıda sunulmuştur.

X doğrultusunda; $\alpha = 0,12$ $\beta = 0,005$

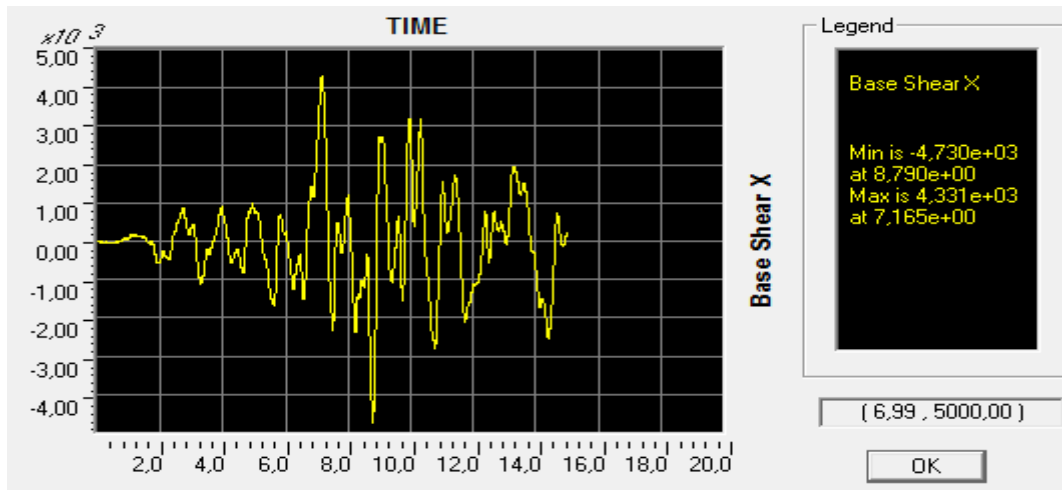
Y doğrultusunda; $\alpha = 0,254$ $\beta = 0,002$

3.3.2. Model 2'nin Taban Kesme Kuvvetinin Zamana Bağlı Değişimi

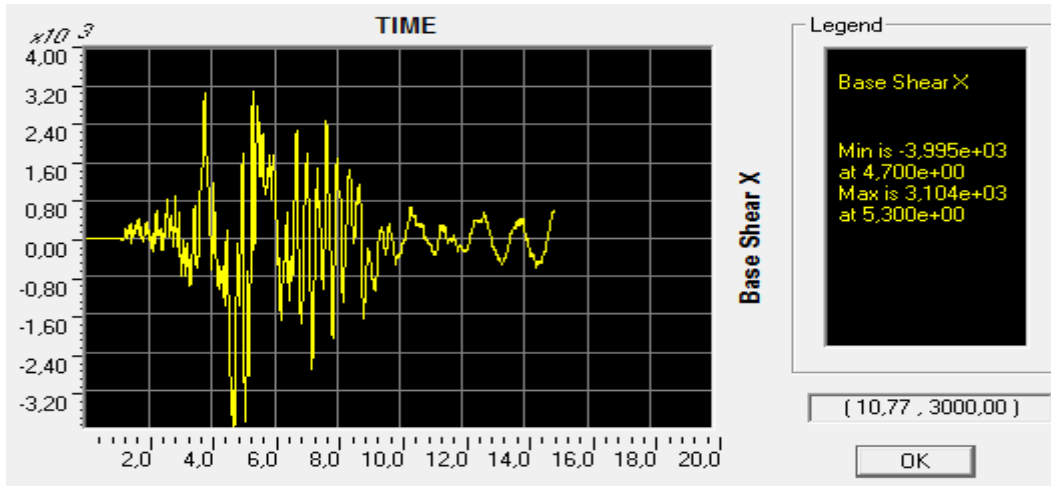
Model 2 için 3 farklı deprem ivme kaydı ile yapılan doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu deprem yönetmeliğimiz gereği (bkz. DBYBHY 2007 2.9.3.) sonuçların

maksimumu belirlenecektir. Modelin performansı maksimum sonucu veren deprem ivme kaydına ait analiz sonucuna göre belirlenecektir.

Şekil 3.43. ve Şekil 3.44. ile yapının taban kesme kuvvetinin analiz süresi boyunca değişimi her iki hesap doğrultusu için de verilmiştir. Yapının her iki hesap doğrultusunda da en büyük taban kesme kuvvetini veren deprem ivme kaydı seçilecek ve performans belirlenmesinde dikkate alınacaktır.



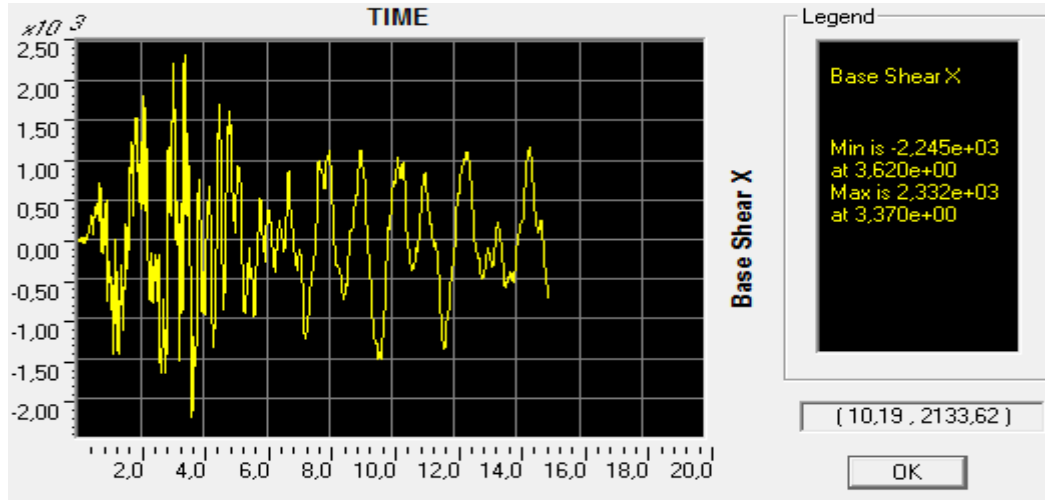
a) Model-2 Adana depremi x doğrultusu V_t -sn



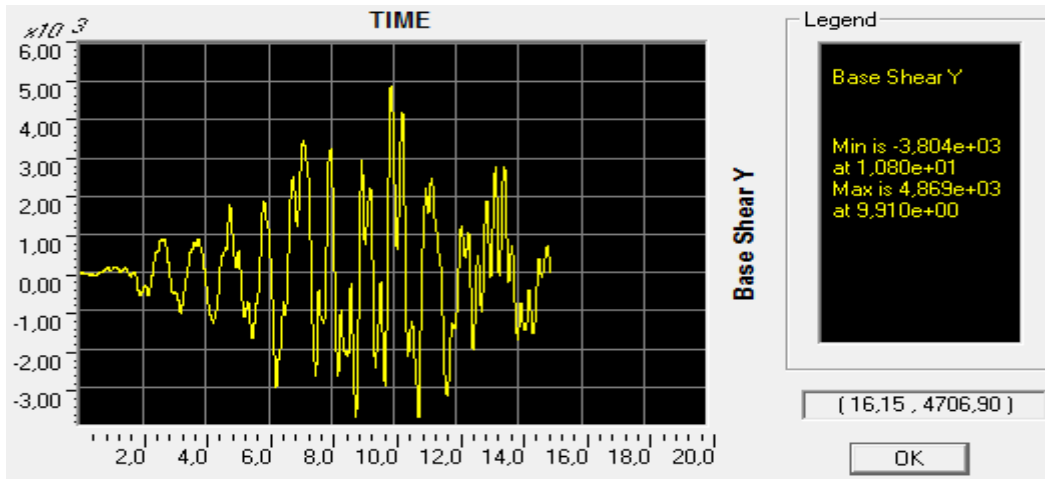
b) Model-2 Bingöl depremi x doğrultusu V_t -sn

Şekil 3.43. Model-2'in x doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi

Şekil 3.43'ün devamı



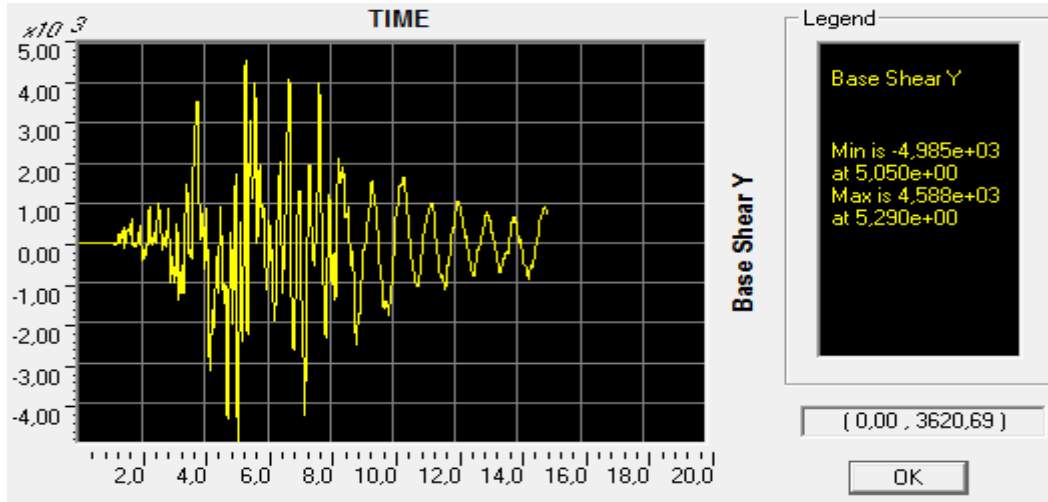
c) Model-2 Van depremi x doğrultusu Vt-sn



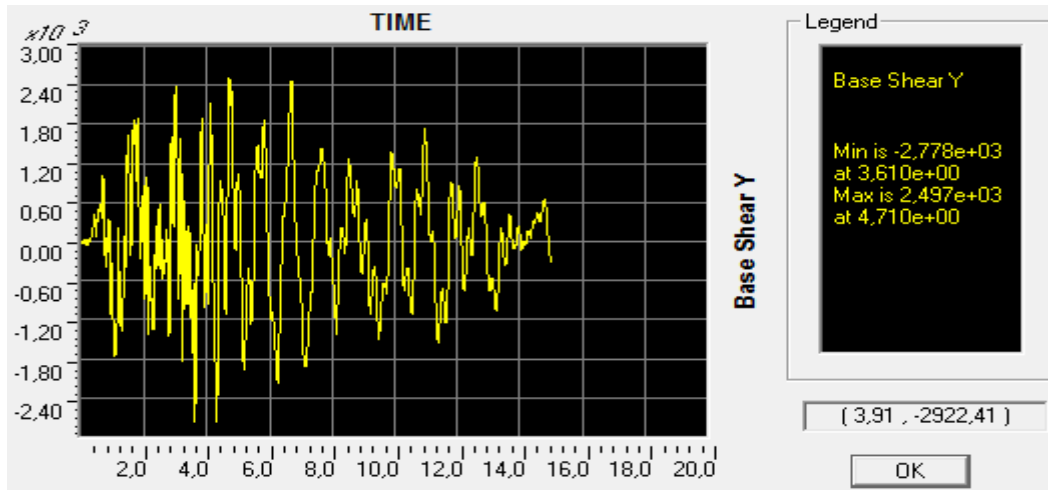
a) Model-2 Adana depremi y doğrultusu Vt-sn

Şekil 3.44. Model-2'in y doğrultusunda taban kesme kuvveti zaman değişimi

Şekil 3.44'ün devamı

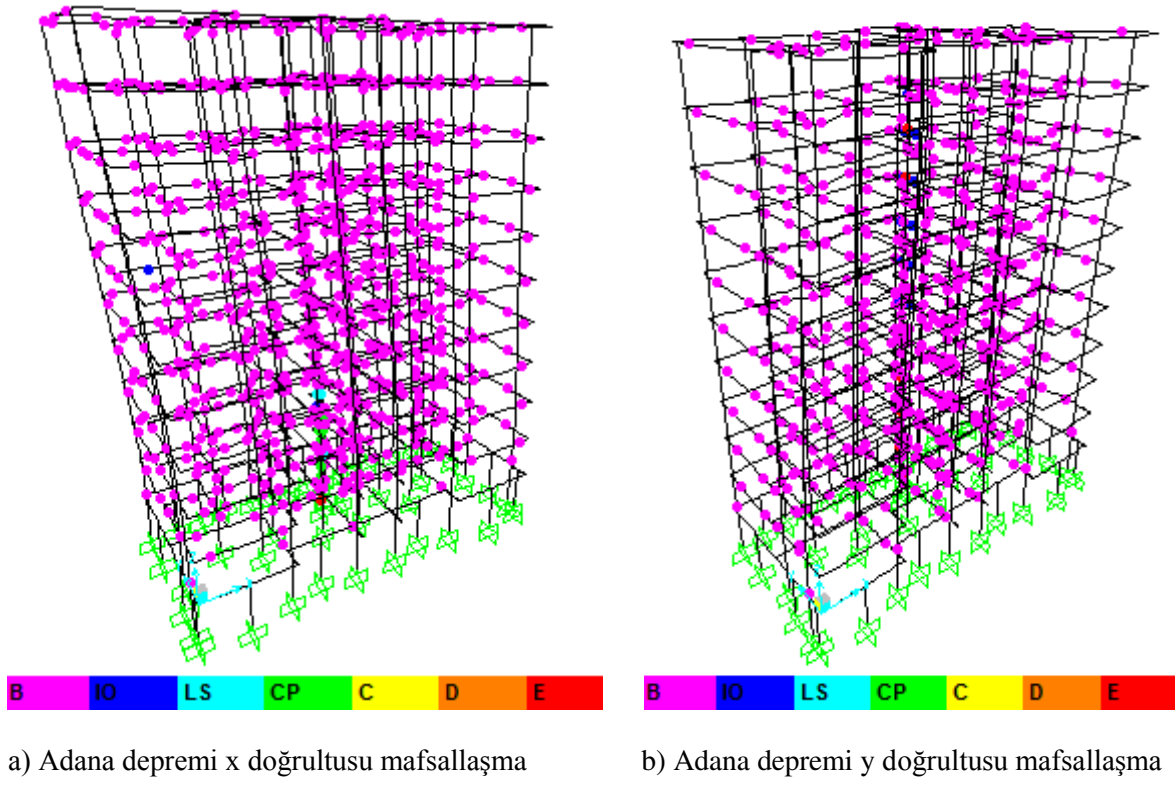


b) Model-2 Bingöl depremi y doğrultusu Vt-sn

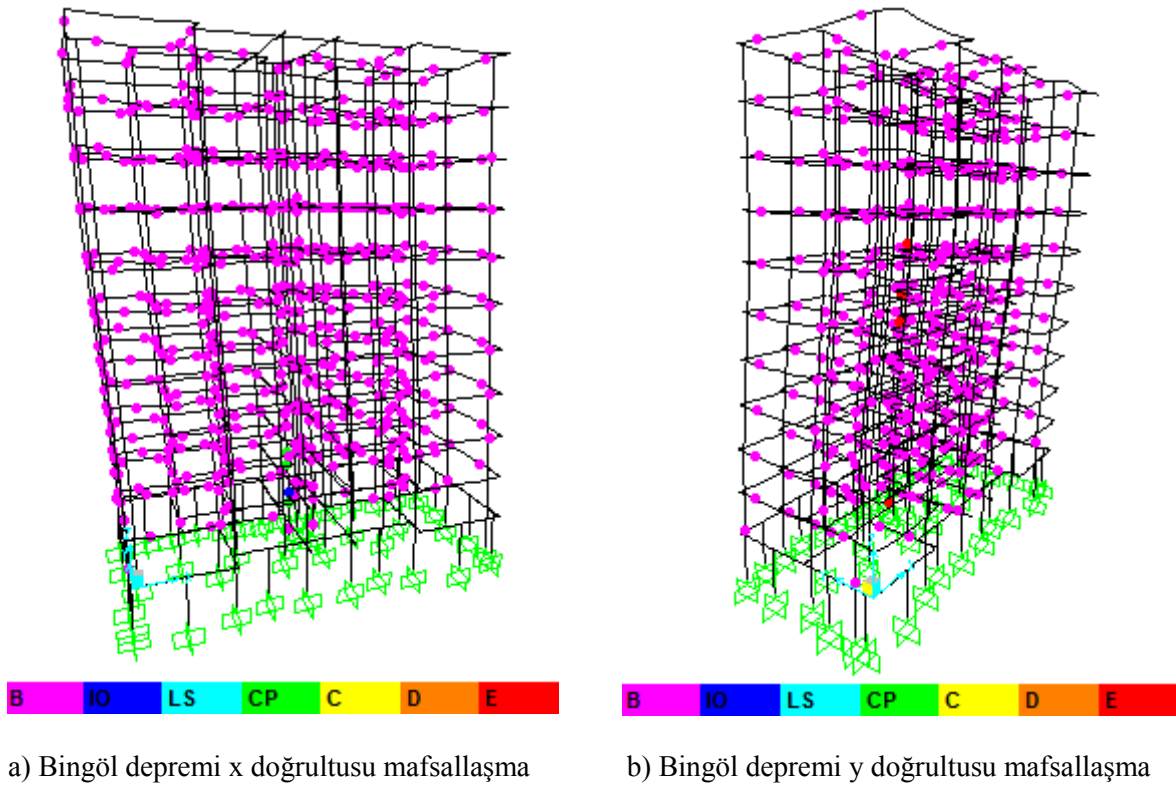


c) Model-2 Van depremi y doğrultusu Vt-sn

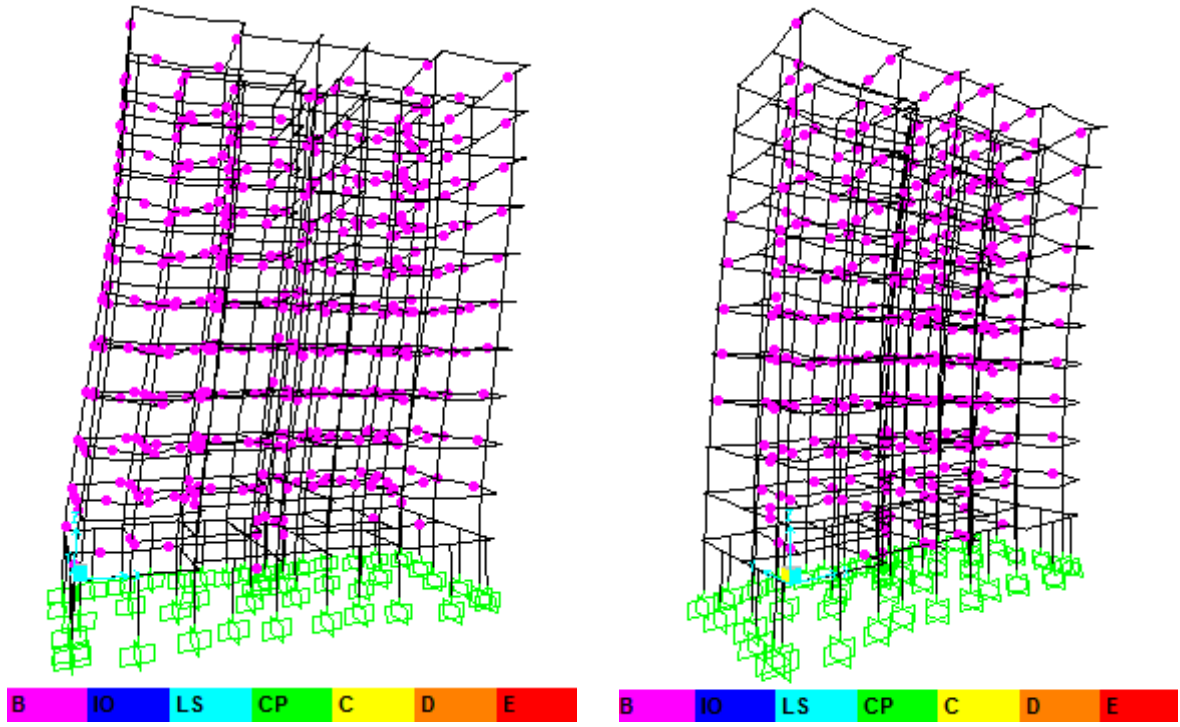
Model-2'nin her iki hesap yönüne ait mafsallaşma durumları Şekil (3.45)'de Adana depremi, Şekil (3.46)'da Bingöl depremi ve Şekil (3.47)'de Van depremi için verilmiştir.



Şekil 3.45. Model-2'nin Adana deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu



Şekil 3.46. Model-2'nin Bingöl deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu



a) Van depremi x doğrultusu mafsallaşma

b) Van depremi y doğrultusu mafsallaşma

Şekil 3.47. Model-2'nin Van deprem ivme kaydı için mafsallaşma durumu

3.3.3. Performans Analizinin Belirlenmesi İçin Kullanılacak Deprem Belirlenmesi

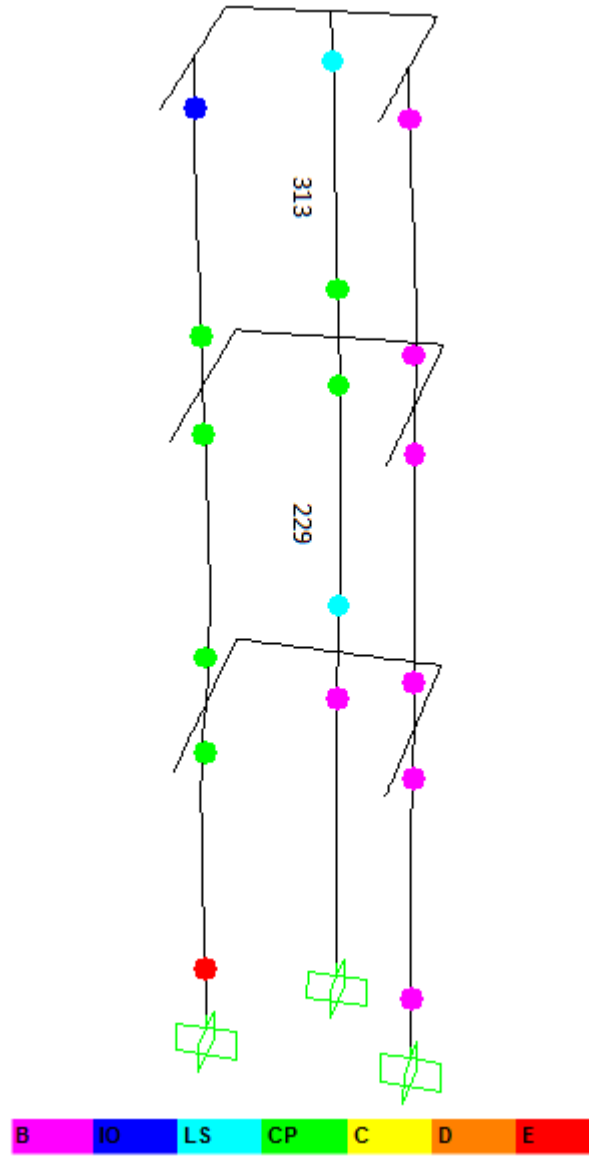
Yönetmeliğimiz gereği üç deprem kaydı kullanıldığında maksimum taban kesme kuvvetini veren analiz dikkate alınır. Tablo 3.24.'de Model-2 için yapılan 3 farklı deprem ivme kaydına ait doğrusal olmayan analiz sonucu bulunmuş taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Taban kesme kuvvetleri depremin binadan talep ettiği kesit tesirleridir. Bu kesit tesirleri yapı ağırlıkları ile kıyaslanarak yapıdan en büyük talebi isteyen deprem belirlenmiştir.

Tablo 3.24. Model-2 için dikkate alınacak analizin belirlenmesi

Doğrultu	Deprem	Yapı ağırlığı (kN)	İstem (kN)	İstem/Ağırlık
X	Adana	25952	4730	0,182
	Bingöl	25952	3995	0,154
	Van	25952	2332	0,090
Y	Adana	25952	4869	0,188
	Bingöl	25952	4985	0,192
	Van	25952	2778	0,107

Model-2'nin doğrusal olmayan dinamik analiz ile performansının belirlenmesinde x doğrultusu için Adana depremi, y doğrultusu için Bingöl depremi dikkate alınacaktır.

X doğrultusu için yapılan analizde asansör kovanını oluşturan 5 adet perde elemanın göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bir adet kiriş belirgin hasar bölgesinde bir perde de ileri hasar bölgesindedir. Göçme bölgesindeki perdelerin üç tanesi x doğrultusu için zayıf yön olarak çalışan yöndedir. X doğrultusu için güçlü yönde çalışan iki perdenin (1. Kat ve 2. kat) gevrek olarak kırıldığı belirlenmiştir ve Şekil (3.48.)'de sunulmuştur. Ancak x doğrultusu için zayıf yönde çalışan perdelerde gevrek kırılma durumu söz konusu değildir. Eğer göçme bölgesine geçen tüm perde elemanlar gevrek kırılmaya maruz kalsalardı, güçlendirilecekleri belirtilmek şartıyla can güvenliği performans düzeyinde olacağı söylenebilirdi. Diğer tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Yönetmeliğimiz gereği hiçbir kolon ya da perdenin göçme bölgesine geçmesine müsaade edilmediğinden göçme durumu performans seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 3.48. X Doğrultusu Adana depreminde göçme bölgesine geçen perde elemanlar

Model-2'ye ait bahsi geçen perde elemanların kırılma türlerini belirlemek için kesme kuvveti taşıma kapasiteleri hesaplanmıştır. Hesaplanan kesme kuvveti taşıma kapasiteleri(V_r), depremin talep ettiği en büyük kesme kuvvetinden(V_d) fazla olmalıdır. Elemanın talep edeceği kesme kuvveti, kesme kuvveti taşıma kapasitesini aşmadığı müddetçe eğilme kırılması söz konudur. Aksi durum gevrek kırılma olarak nitelenir (bkz TS 500 8.1.4.).

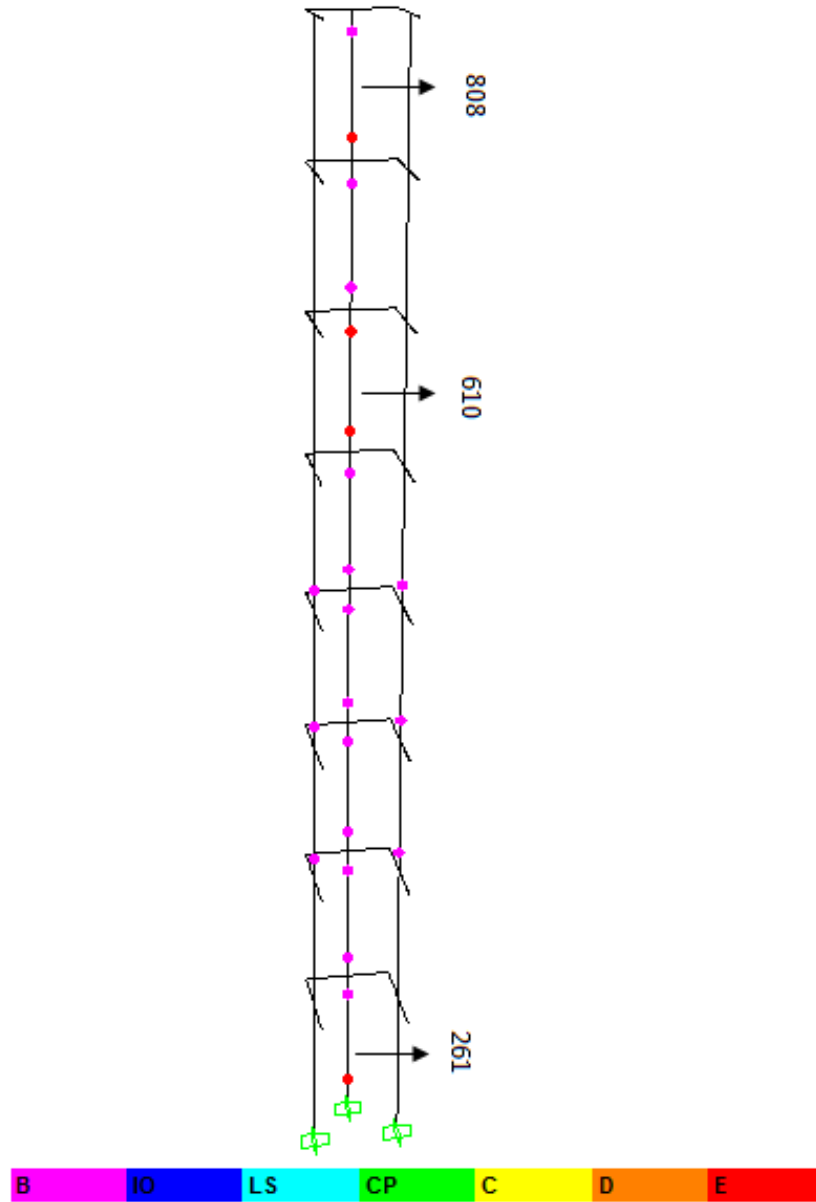
Tablo (3.25)'de bahsi geçen perde elemanların, Adana deprem ivme kaydı x doğrultusu analizi süresince depremin talep ettiği maksimum ve minimum kesme

kuvvetleri belirlenmiştir. Elemanların kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ile kıyaslanarak kırılma türüne karar verilmiştir.

Tablo 3.25. X doğrultusu Adana depreminde gevrek kırılan perde elemanların belirlenmesi

Eleman no	Kesit ismi	Max kesme (Vd)	Min kesme (Vd)	Vr	Koşul: $V_d < V_r$
229	AP 220/25	425 kN	-1919 kN	1441 kN	Gevrek kırılma
313	AP 220/25	1904 kN	-1366 kN	1441 kN	Gevrek kırılma

Y doğrultusu için yapılan analizde asansör kovanını oluşturan 3 adet perde elemanın göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir ve Şekil (3.49.)’da sunulmuştur. Diğer tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Göçme bölgesindeki perdelerin tamamı y doğrultusu için zayıf yön olarak belirlenen yöndedir. Göçme bölgesindeki perde elemanların gevrek olarak kırılmadığı belirlenmiştir. Eğer gevrek kırılırdı, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirileceği belirtilmek üzere can güvenliği performans düzeyi olduğu söylenebilirdi. Yönetmeliğimiz gereği hiçbir kolon ya da perdenin göçme bölgesine geçmesine müsaade edilmediğinden göçme durumu performans seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 3.49. Y Doğrultusu Bingöl depreminde göçme bölgesine geçen perde elemanlar

Tablo (3.26)'da bahsi geçen perde elemanların, Bingöl deprem ivme kaydı y doğrultusu analizi süresince depremin talep ettiği maksimum ve minimum kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Elemanların kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ile kıyaslanarak kırılma türüne karar verilmiştir.

Tablo 3.26. Y doğrultusu Bingöl depreminde perde elemanların kırılma türlerinin belirlenmesi

Eleman no	Kesit ismi	Max kesme (Vd)	Min kesme (Vd)	Vr	Koşul: $V_d < V_r$
261	AP 220/25	5,92 kN	-6,67 kN	840 kN	Eğilme kırılması
610	AP 220/25	12,91 kN	-6,99 kN	840 kN	Eğilme kırılması
808	AP 220/25	14,45 kN	-8,22 kN	840 kN	Eğilme kırılması

X doğrultusu depreminde, x doğrultusunda güçlü yönde çalışan birinci kattaki ve ikinci kattaki iki adet perdenin gevrek kırılmasının sebebi o yönde başka perde olmamasıdır. Perdeler atalet (eylemsizlik) momentleri dolayısı ile güçlü yönlerinde çok ciddi kesme kuvvetine maruz kalırlar. Örneğin y doğrultusu depreminde y doğrultusu için güçlü yönde çalışan perdelerden hiçbiri gevrek kırılmaya maruz kalmamıştır. Çünkü y yönünde güçlü çalışan iki adet perdenin olması ile kesme kuvvetleri paylaşılmıştır. (Bu duruma x doğrultusunda modlara ait kütle katılım oranlarının düzensizliği de etkili olmuştur.)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde amaç, sismik talepleri belirlenebilen güvenli yapıların projelendirilmesi ve inşa edilmesini sağlamaktır. Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılır. Bu amaçla farklı hesap yöntemleri geliştirilmiş olup en güvenilir hesap yöntemlerinin doğrusal olmayan hesap yöntemleri olduğu bilim çevrelerince kabul görmüştür. Mevcut hesap yöntemlerinin güvenilirliği hala incelenmektedir.

Bu tez çalışması için iki adet mevcut bina dikkate alınmıştır. Tüm modelleme ve analiz çalışmaları SAP 2000 programı ile yapılmıştır.

Binaların biri Bingöl vilayetinde olup Bingöl 2003 depreminde yıkılmıştır. Binada asansör perdesinin yerleşimi yatay rijitlik dağılımını olumsuz etkilemektedir. Binanın bodrum katında yer alan perdeler ise x ve y yönlerine eşit atalet momenti oluşturacak şekilde yerleştirilmemiştir. Zemin katta ise bina girişindeki merdivenden dolayı kısa kolon oluşumu vardır. Ayrıca yapılan irdeleme sonucu binanın burulma düzensizliğine maruz kaldığı belirlenmiştir. Genel anlamda düzensiz bir bina olduğu söylenebilir. Bu binanın Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için tasarım ve şiddetli deprem etkileri altında artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanmıştır. Sadece Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depremi altında her iki yönde de deprem itme istemlerini karşılayabilmiştir. Diğer yöntem ise doğrusal olmayan dinamik analiz olup üç adet deprem ivme kaydı uygulanmıştır. Bingöl 2003, Van 2011, Adana Ceyhan 1998 deprem ivme kayıtları analiz süresinin kısa olması bakımından en etkili oldukları yani PGA (pick ground acceleration) değerlerini içeren 15 saniyelik ivme kayıtları hazırlanmıştır. Bingöl deprem ivme kaydı 1,7 ile Van deprem ivme kaydı 2,7 ile ölçeklenerek yönetmeliğimize uygun hale getirilmiştir. En büyük taban kesme kuvvetini veren Adana depreminin sonuçları dikkate alınarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonuçları belirlenmiş ve artımsal eşdeğer deprem yükü analizi(Z3 tasarım depremi) ile kıyaslanmıştır.

Diğer bina ise Gümüşhane vilayetinde 2013 yılında hizmete girmiştir. Bodrum kat perdelerinin her yönde süreksizlik teşkil etmeyecek şekilde düzenlenmesi yapının düzensizliğini azaltmıştır. Fakat binada asansör şaftı için yerleştirilen perdeler yatay rijitlik dağılımını olumsuz etkilemektedir. Bu durum haricinde düzgün bir geometriye sahip

olduğu söylenebilir. Bu binada artımsal eşdeğer deprem yükü analizi yönetmeliğimiz gereği uygulanamamıştır. Uygulanan yöntem doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözümdür. Bingöl modelinde uygulanan deprem ivme kayıtları aynı ölçekleme katsayıları ile bu modele de uygulanmıştır.

Yapılan çalışmalardan aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır:

1) Model-1 için yapılan artımsal eşdeğer deprem yükü analizinde Z3 yerel zemin sınıfı tasarım depreminde binalar için hedef performans olan can güvenliği performans düzeyini sağlamıştır. Ancak şiddetli deprem için yapılan analizde itme istemleri yapının kapasitesini aşmıştır. Z4 yerel zemin sınıfında ise tasarım depreminde bile deprem itme istemlerini karşılayamamıştır. Z4 yerel zemin sınıfında deprem itme isteminin yüksek olması T_B değerinin 0,9sn olmasından dolayıdır. Genel anlamda Z4 yerel zemin sınıfı binaları en çok zorlayan zemin sınıfıdır. Çünkü T_B değerinin 0,9sn olması binaların ortalama periyot değerlerine çok yakındır.

2) Model-1 için yapılan doğrusal olmayan dinamik analizde her iki hesap doğrultusu için de Adana deprem ivme kaydı dikkate alınmıştır. Son derece kötü sonuçlar veren bu yöntemde göçme bölgesine geçen kirişler yönetmelikte belirtilen orandan çok yüksektir. Bu sebeple performans belirlenirken kolonların değerlendirilmesine dahi gerek kalmamış ve göçme durumu olarak belirlenmiştir.

3) Model-1 için yapılan iki farklı doğrusal olmayan analiz sonuçları birbirinden oldukça farklıdır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde can güvenliği olan performans durumu doğrusal olmayan dinamik analizde göçme durumu olarak belirlenmiştir. Ancak bu durumda iki performans bölgesi kadar fark ortaya çıkması artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin güvenilirliğini azaltmaktadır.

4) Model-1 düzensiz bir geometri göstermektedir. İtme analizi genelde düzenli binalarda daha güvenilir sonuçlar verecektir. Yöntem, zaten burulma düzensizliği, kat adedi, etkin mod kütle katılım oranı gibi oldukça kısıtlayıcı ön şartları vardır. Ancak düzensiz binalar da bu ön şartları sağlayabilirler. Fakat yapılan kabuller sonucu düzensizlikler her zaman analiz sonuçlarına yansımaz. Analizi yapılan bina gibi düzensizlikleri olan binalarda doğrusal olmayan dinamik analizin daha elverişsiz ancak daha güvenli sonuçlar vereceği açıktır.

5) Model-2 ise genel anlamda düzenli bir binadır. Mafsallaşma şekillerine bakılırsa her iki hesap yönünde de minimum hasardaki eleman sayısı yüzde yüze yakındır. Ancak yönetmeliğimizin kuralları nedeni ile göçme durumu performans seviyesindedir. Bu

duruma neden olan ise zemin kat, 1. Kat ve 2. Kattaki perde elemanların göçme bölgesine geçmeleridir. Yönetmeliğimizde hiçbir kolon ve perdenin göçme bölgesine geçmesine izin vermemektedir.

6) Model-2’de asansör perdelerinin yerleşimi yatay rijitlik dağılımını olumsuz etkilemiştir. Perde yerleşiminin rijitlik merkezini kütle merkezinden uzaklaştıracak şekilde tasarlanması burulma etkilerini meydana getirecektir. Burulma etkisindeki yüksek yapılar daha az kat adedi olan binalara nazaran daha tehlikeli sonuçlar doğurur. Burulma momenti, burulma yaratan perde eleman üzerinde eğilme etkisi yaratır ve bu etki deprem eğilme etkisi ile birleşince taşıma gücünün üzerinde kesit tesirleri doğar.

7) Model-2 x doğrultusu için güçlü yönde çalışan iki adet perdenin gevrek kırıldığı belirlenmiştir. Ancak y doğrultusunda gevrek kırılma durumu söz konusu değildir. Bunun sebebi ise y doğrultusu güçlü yönde iki adet perde eleman varken, x doğrultusu güçlü yönde bir adet perde eleman vardır. Perde elemanlar güçlü yönlerinde kat kesme kuvvetinin büyük kısmını karşılamaktadır. Dolayısı ile y doğrultusunda iki adet perdenin olması perdelerle gelecek kesme kuvvetinin paylaşılması ve gevrek kırılma riskinin azalması anlamına gelmektedir. Asansör perdesi yerleşiminde dikkat edilmeyen yatay rijitlik dağılımı deprem hareketi esnasında ciddi sorunlar teşkil etmektedir.

8) Model-2, Gümüşhane il merkezinde olması dolayısı ile 3. Derece deprem bölgesine göre tasarımları yapılmıştır. Ancak bu çalışmada Gümüşhane’ye bağlı birçok ilçenin 2. Derece ve 1. Derece deprem bölgesinde olması nedeniyle 1. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilerek analizler yapılmıştır. Eğer analizler tasarımda olduğu gibi 3. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilerek yapılsaydı daha olumlu performans sonuçlarına ulaşılması beklenebilirdi.

9) Deprem hareketinin, binadaki anlık şekil değiştirme parametreleri, tepe deplasman değerleri, kesit tesirlerini vb analiz sonuçlarına yansıtabilen en etkili yöntem doğrusal olmayan dinamik analizdir. Çünkü artımsal eşdeğer deprem yükü analizi tek doğrultuda uygulanan monotonik artan etkileri baz alırken zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözüm ise yön değiştirebilen ve tekrarlı etkileri baz alır. Diğer performans analiz yöntemleri ile kıyaslandığında bu nedenlerden dolayı çoğu kez daha az kesit tesiri, tepe deplasman vb değerleri verebilir ancak çok daha fazla hasar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma neticesinde aşağıdaki önerilerin dikkate alınmasının faydalı olacağı düşünülmektedir:

1) Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin düzensiz binalar için tekrar değerlendirilmesi ve etkili moda ait kütle katılım oranının yükseltilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

2) Düzensiz binalarda sadece etkili modu dikkate aldığından dolayı artımsal eşdeğer deprem yükü yerine artımsal mod birleştirme yönteminin kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

3) DBYBHY 2007 7. Bölüm’de belirtilen bina performans seviyesinin belirlenmesi kriterlerine kısmi göçme ile ilgili bir kriter eklenmesinin, performans esaslı değerlendirmede daha elverişli sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

4) Deprem hareketinin, binada birikimli (kümülatif) olarak artan kesit tesiri, şekil değiştirme parametreleri ve anlık değişim gösteren tepe deplasman değerlerinin deprem ivme kaydı süresi ile orantılı değişeceği açıktır. Bu nedenle deprem ivme kayıtları azaltılmadan doğrusal olmayan dinamik analizler yapılmalıdır.

5) Burulma etkisindeki yapılarda taşıyıcı elemanların burulma sonrası çatlama durumu söz konusu olduğundan burulma rijitlik azaltması ile analizlerin yenilenmesi ve kıyaslanması doğru olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Akbaşı, B., 2004. Performansa Dayalı Tasarım, Dersi Notları, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktan S., Kıraç N., 2009. Betonarme Perdelerin Davranış Etkileri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: XXIII Sayı: 1
- Alıcıoğlu, M. B., 2013. Betonarme Yapılarda Perde Duvar Kullanımının Önemi, Manisa Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü Yapı Denetim Şube Müdürlüğü
- Arısoy B., Arel H.Ş., 2010. Yapısal Özellikleri Farklı Binaların Performansa Dayalı Analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 25, No 3, 431-439, Ankara.
- ASCE 41-06, 2007. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American.
- ATC 40, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- Aydinoğlu, M.N., 2003. An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic Spectral Displacements for Multi-Mode Seismic Performance Evaluation, Bulletin of Earthquake Engineering, 1, 3-36.
- Celep, Z., Kumbasar N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep Z., 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Kavramları Davranışı ve Çözümleme/Deprem Yönetmeliği (2007) Kavramları, Beta Yayınları, İstanbul, 2. Baskı.
- Celep, Z., 2004. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul 4. Baskı.
- Coleman, J., Spacone, E., 2001. Localization Issues In Force-Based Frame Elements”, Journal of Structural Engineering, Vol. 127, No. 11.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Ankara, 159 s.
- Dervişoğlu, Z., 2006. Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Performans Değerlendirme Yöntemlerinin Doğrusal Olmayan Teori Çerçevesinde Değerlendirilmesi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

- Duman, N., 2011. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarlanan Betonarme yapıların Doğrusal ve Doğrusal olmayan Yöntemlerle Deprem Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane
- FEMA-273, 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- FEMA-356, 2000. Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- FEMA-440, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- İnel M., Bilgin H., Özmen H.B., 2007. Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- İrtem E., Türker K., Hasgöl U., 2003. Türkiye Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre Sergisi.
- İrtem E., Türker K., Hasgöl U., 2004. Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi, Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- İrtem E., Türker K., Hasgöl U., 2006. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesi ve Türk Deprem Yönetmeliği'nin Performans Hedeflerinin İrdelenmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Kıran F., 2010. Binaların Performans Analizi İçin Kullanılan Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Korkmaz, A., Düzgün, M. 2006. Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi,, İMO Teknik Dergi, 3873 -3878, Yazı 255, Kısa Bildiri.
- Korkmaz A., Demir F., Türkmen M., Tekeli H. ve Çırak İ., 2006. Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Korkmaz A., Ay Z., Çimen Ö., Keskin N., Çelik D., Bayrak Ç., 2010. Dolgu Duvarlı Betonarme Yapıların Deprem Davranışında Bağ Kirişlerinin Yapı Performansına Etkisinin İncelenmesi, C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi Cilt 30 Sayı 1.

- Korkmaz A., Uçar T., Düzgün M., 2010. Yapısal Düzensizlikleri Olan Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının Değerlendirilmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2) 123-138, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kutanis M., 2006. Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Kutanis M., 2007. Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı, Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı.
- Lagaros, N.D., Fragiadakis M., 2011. Evaluation of ASCE-41, ATC-40 and N2 Static Pushover Methods Based on Optimally Designed Buildings, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 31 77-90.
- Malekpour S., Seyyedi P., Dashti F. ve Asghari J.F., 2011. Seismic performance Evaluation of Steel Moment-Resisting Frame Using Iranian, European and Japanese Seismic Codes, Vol. 14, pp 3331-3337, Procedia Engineering
- Özer, E., 2005. Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Özer, E., 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme. Ders notları, 14 s. <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer>
- Özer, E., 2009. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul. <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer>
- Öztürk, T., 2005. İMO İlkbahar Yaz Dönemi Meslek İçi Eğitim Kursları, İstanbul.
- Rahai, A.R., Alinia, M.M., 2008. Performance Evaluation and Strengthening of Concrete Structures with Composite Bracing Members, Construction and Building Materials 22 2100-2110.
- SAP2000 Advanced 14.2.4, 2009. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Sezer F., Gençoğlu M., Celep Z., 2007. Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği 2007'de Kurallarına Örneklerle Kıyaslamamak Bir Bakış, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- Sezer R., Akın A., 2007. Yeni Deprem Yönetmeliği 2007'ye Göre Mevcut Bir Binaların Deprem Performansının İncelenmesi, International Symposium on Advances in Earthquake & Structural Engineering, Süleyman Demirel University, Isparta-Antalya, Turkey.
- Sucuoğlu, H., 2006. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Değerlendirmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 444-445 , 4-5, Ankara.

- Sucuoğlu H., 2007. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, İMO Adana Şubesi Semineri.
- Tuncer, Ö., 2008. Betonarme Yapıların Deprem Performansının Doğru ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı, İstanbul.
- Türk Standardı TS-498, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı TS-500, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türker K., İrtem E., 2007. FEMA 356’da Lineer Olmayan Statik Analiz İçin Öngörülen Yatay Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi, International Symposium on Advances in Earthquake & Structural Engineering, Süleyman Demirel University, Isparta-Antalya, Turkey.
- Türker K., 2011. Betonarmede Özel Konular Ders Notları <http://www.balikesir.edu.tr/kturker/>
- Vijayakumar A. ve Babu D.L. 2012. Pushover analysis of existing reinforced concrete framed structures, European Journal of Scientific Research, Vol. 71 No-2, pp 195-202

6. EKLER

Ek 1. Modellerin Kolon ve Perde Donatı Detayları

Ek Tablo 1. Model-1 kolon ve perde donatı detayları

Kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	Pas payı (cm)	Boyuna donatı	Etriye donatısı	Çiroz donatısı x	Çiroz donatısı y
C175/25	175	25	4	20Ø20	Ø8/15	-	8Ø8/15
C175/25_1_2	175	25	4	18Ø20	Ø8/15	-	7Ø8/15
C185/25	185	25	4	20Ø28	Ø8/15	-	8Ø8/15
C185/25_1_2	185	25	4	18Ø20	Ø8/15	-	7Ø8/15
C185/25_3	185	25	4	16Ø20	Ø8/15	-	6Ø8/15
C20/40	20	40	4	8Ø16	Ø8/15	2Ø8/15	-
C240/25	240	25	4	14Ø28	Ø8/15	-	5Ø8/15
C25/175	25	175	4	20Ø20	Ø8/15	8Ø8/15	-
C25/175_1_2	25	175	4	18Ø20	Ø8/15	7Ø8/15	-
C25/200	25	200	4	16Ø28	Ø8/15	6Ø8/15	-
C25/200 AP	25	200	4	20Ø20	Ø8/15	8Ø8/15	-
C25/200_1_2	25	200	4	20Ø20	Ø8/15	8Ø8/15	-
C25/200_3	25	200	4	18Ø20	Ø8/15	7Ø8/15	-
C30/55	30	55	4	8Ø16	Ø8/15	Ø8/15	Ø8/15
C40/50	40	50	4	14Ø16	Ø8/15	2Ø8/15	3Ø8/15
C40/60	40	60	4	14Ø16	Ø8/15	3Ø8/15	2Ø8/15
P20/204	20	204	4	14Ø12	Ø8/15	5Ø8/15	-
P20/213	20	213	4	14Ø12	Ø8/15	5Ø8/15	-
P20/483	20	483	4	36Ø12	Ø8/15	16Ø8/15	-
P474/20	474	20	4	44Ø12	Ø8/15	-	20Ø8/15
P505/20	505	20	4	58Ø16	Ø8/15	-	27Ø8/15
P550/20	550	20	4	60Ø16	Ø8/15	-	28Ø8/15

Ek Tablo 2. Model-2 kolon ve perde donatı detayları

Kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	Pas payı (cm)	Boyuna donatı	Etriye donatısı	Çiroz donatısı x	Çiroz donatısı y
AP 220/25	220	25	4	28Ø 12	Ø8/15	Ø8/15	11Ø8/15
AP 25/205	25	205	4	24Ø 12	Ø8/15	9Ø8/15	Ø8/15
BP 20/118	20	118	4	8Ø 12	Ø8/15	2Ø8/15	-
BP 20/380	20	380	4	28Ø 12	Ø8/15	11Ø8/15	-
BP 20/500	20	500	4	44Ø 12	Ø8/15	20Ø8/15	-
BP 280/20	280	20	4	22Ø 12	Ø8/15	-	9Ø8/15
BP 350/20	350	20	4	30Ø 12	Ø8/15	-	13Ø8/15
BP 370/20	370	20	4	28Ø 12	Ø8/15	-	12Ø8/15
BP 405/20	405	20	4	36Ø 12	Ø8/15	-	16Ø8/15
BP 570/20	570	20	4	46Ø 12	Ø8/15	-	21Ø8/15
C30/80	30	80	4	12Ø 16	Ø8/15	3Ø8/15	Ø8/15
S150/25	150	25	4	22Ø 16	Ø8/15	Ø8/15	Ø8/15
S25/150	25	150	4	22Ø 16	Ø8/15	5Ø8/15	3Ø8/15

Ek 2. Modellerin Etkin Rijitlik Katsayıları

Ek Tablo 3. Model-1 bodrum kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
141	C20/40	20	40	G+0,3Q	-14,3	0,006	0,4
142	C20/40	20	40	G+0,3Q	-14,7	0,006	0,4
170	P20/204	20	204	G+0,3Q	-28,6	0,002	0,4
193	C185/25	185	25	G+0,3Q	-175,1	0,013	0,4
194	C25/200	25	200	G+0,3Q	-544,3	0,036	0,4
271	C175/25	175	25	G+0,3Q	-955,0	0,073	0,4
278	P505/20	505	20	G+0,3Q	-738,7	0,024	0,4
281	C25/175	25	175	G+0,3Q	-829,6	0,063	0,4
287	P550/20	550	20	G+0,3Q	-585,3	0,018	0,4
289	C25/175	25	175	G+0,3Q	-816,0	0,062	0,4
295	P505/20	505	20	G+0,3Q	-726,4	0,024	0,4
296	C25/200	25	200	G+0,3Q	-534,8	0,036	0,4
313	P20/483	20	483	G+0,3Q	-603,7	0,021	0,4
315	C185/25	185	25	G+0,3Q	-204,8	0,015	0,4
317	C175/25	175	25	G+0,3Q	-886,4	0,068	0,4
325	P20/483	20	483	G+0,3Q	-788,2	0,027	0,4
331	P20/213	20	213	G+0,3Q	-209,2	0,016	0,4
345	P20/213	20	213	G+0,3Q	-202,1	0,016	0,4
347	C175/25	175	25	G+0,3Q	-875,6	0,067	0,4
354	P20/483	20	483	G+0,3Q	-555,0	0,019	0,4
356	C185/25	185	25	G+0,3Q	-230,4	0,017	0,4
365	C25/200	25	200	G+0,3Q	-477,8	0,032	0,4
372	P505/20	505	20	G+0,3Q	-966,0	0,032	0,4
376	C25/175	25	175	G+0,3Q	-936,6	0,071	0,4
384	P474/20	474	20	G+0,3Q	-585,4	0,021	0,4
391	P474/20	474	20	G+0,3Q	-652,9	0,023	0,4
397	P474/20	474	20	G+0,3Q	-598,6	0,021	0,4
408	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-1084,3	0,072	0,4
411	C40/60	40	60	G+0,3Q	-948,2	0,132	0,44
412	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1428,0	0,079	0,4
413	C40/60	40	60	G+0,3Q	-1060,9	0,147	0,46
416	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-1101,9	0,073	0,4
419	C40/60	40	60	G+0,3Q	-939,7	0,131	0,44
421	C40/60	40	60	G+0,3Q	-1063,0	0,148	0,46
423	C25/200	25	200	G+0,3Q	-1179,0	0,079	0,4
424	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-1082,1	0,072	0,4
425	C185/25	185	25	G+0,3Q	-769,4	0,055	0,4
426	C175/25	175	25	G+0,3Q	-1393,1	0,106	0,41
427	C40/60	40	60	G+0,3Q	-953,0	0,132	0,44

Ek Tablo 3'ün Devamı

428	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1431,0	0,079	0,4
429	C40/60	40	60	G+0,3Q	-1066,5	0,148	0,46
430	C25/175	25	175	G+0,3Q	-1417,3	0,108	0,41
432	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-1100,2	0,073	0,4
435	C40/60	40	60	G+0,3Q	-946,8	0,131	0,44
437	C40/60	40	60	G+0,3Q	-1066,4	0,148	0,46
1176	C30/55	30	55	G+0,3Q	-239,9	0,048	0,4
1177	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1272,3	0,071	0,4
1180	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1261,2	0,070	0,4
1181	C30/55	30	55	G+0,3Q	-238,3	0,048	0,4

Ek Tablo 4. Model-1 1. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N _D (kN)	N _D /(A _c *f _{cm})	EI _e /EI ₀
2	C25/200	25	200	G+0,3Q	-1040,3	0,07	0,4
4	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-955,1	0,06	0,4
5	C185/25	185	25	G+0,3Q	-657,0	0,05	0,4
6	C175/25	175	25	G+0,3Q	-1219,0	0,09	0,4
7	C40/60	40	60	G+0,3Q	-790,5	0,11	0,41
9	C40/60	40	60	G+0,3Q	-900,9	0,13	0,43
11	C25/175	25	175	G+0,3Q	-1241,9	0,09	0,4
57	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1263,7	0,07	0,4
64	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1258,7	0,07	0,4
66	C25/200	25	200	G+0,3Q	-1030,5	0,07	0,4
67	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-964,0	0,06	0,4
68	C185/25	185	25	G+0,3Q	-655,7	0,05	0,4
69	C175/25	175	25	G+0,3Q	-1241,7	0,09	0,4
70	C40/60	40	60	G+0,3Q	-784,4	0,11	0,41
72	C40/60	40	60	G+0,3Q	-898,6	0,12	0,43
73	C25/175	25	175	G+0,3Q	-1226,0	0,09	0,4
99	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1293,9	0,07	0,4
101	C25/200	25	200	G+0,3Q	-1028,6	0,07	0,4
102	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-955,9	0,06	0,4
103	C185/25	185	25	G+0,3Q	-657,7	0,05	0,4
104	C175/25	175	25	G+0,3Q	-1211,3	0,09	0,4
105	C40/60	40	60	G+0,3Q	-797,5	0,11	0,41
107	C40/60	40	60	G+0,3Q	-906,6	0,13	0,43
108	C25/175	25	175	G+0,3Q	-1222,9	0,09	0,4
109	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1294,4	0,07	0,4
132	C25/200	25	200	G+0,3Q	-1045,6	0,07	0,4
133	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-962,5	0,06	0,4
134	C185/25	175	25	G+0,3Q	-655,5	0,05	0,4
135	C175/25	175	25	G+0,3Q	-1243,4	0,09	0,4
136	C40/60	40	60	G+0,3Q	-789,3	0,11	0,41
138	C40/60	40	60	G+0,3Q	-900,9	0,13	0,43
139	C25/175	25	175	G+0,3Q	-1244,9	0,09	0,4

Ek Tablo 5. Model-1 2. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N _D (kN)	N _D /(A _c *f _{cm})	EI _e /EI ₀
1211	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-887,4	0,06	0,4
1212	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-834,9	0,06	0,4
1213	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-563,1	0,04	0,4
1214	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-1042,4	0,08	0,4
1215	C40/60	40	60	G+0,3Q	-663,7	0,09	0,4
1216	C40/60	40	60	G+0,3Q	-746,8	0,10	0,4
1217	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-1064,1	0,08	0,4
1239	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-878,5	0,06	0,4
1240	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-841,5	0,06	0,4
1241	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-562,4	0,04	0,4
1242	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-1062,8	0,08	0,4
1243	C40/60	40	60	G+0,3Q	-660,6	0,09	0,4
1244	C40/60	40	60	G+0,3Q	-745,6	0,10	0,4
1245	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-1050,7	0,08	0,4
1267	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-876,9	0,06	0,4
1268	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-836,3	0,06	0,4
1269	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-563,6	0,04	0,4
1270	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-1035,9	0,08	0,4
1271	C40/60	40	60	G+0,3Q	-669,0	0,09	0,4
1272	C40/60	40	60	G+0,3Q	-751,1	0,10	0,4
1273	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-1047,8	0,08	0,4
1290	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-891,2	0,06	0,4
1291	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-840,9	0,06	0,4
1292	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-562,2	0,04	0,4
1293	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-1064,3	0,08	0,4
1294	C40/60	40	60	G+0,3Q	-664,0	0,09	0,4
1295	C40/60	40	60	G+0,3Q	-747,0	0,10	0,4
1296	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-1066,5	0,08	0,4
1323	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1096,3	0,06	0,4
1325	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1093,4	0,06	0,4
1328	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1120,3	0,06	0,4
1330	C240/25	240	25	G+0,3Q	-1122,3	0,06	0,4

Ek Tablo 6. Model-1 3. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
1359	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-733,4	0,05	0,4
1360	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-706,4	0,05	0,4
1361	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-468,8	0,03	0,4
1362	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-866,2	0,07	0,4
1363	C40/60	40	60	G+0,3Q	-543,7	0,08	0,4
1364	C40/60	40	60	G+0,3Q	-602,9	0,08	0,4
1365	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-885,9	0,07	0,4
1387	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-725,7	0,05	0,4
1388	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-711,2	0,05	0,4
1389	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-468,4	0,03	0,4
1390	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-883,8	0,07	0,4
1391	C40/60	40	60	G+0,3Q	-542,3	0,08	0,4
1392	C40/60	40	60	G+0,3Q	-602,5	0,08	0,4
1393	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-874,9	0,07	0,4
1415	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-724,3	0,05	0,4
1416	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-707,9	0,05	0,4
1417	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-469,2	0,03	0,4
1418	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-860,9	0,07	0,4
1419	C40/60	40	60	G+0,3Q	-547,6	0,08	0,4
1420	C40/60	40	60	G+0,3Q	-606,2	0,08	0,4
1421	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-872,3	0,07	0,4
1438	C25/200_1_2	25	200	G+0,3Q	-736,2	0,05	0,4
1439	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-711,0	0,05	0,4
1440	C185/25_1_2	185	25	G+0,3Q	-468,3	0,03	0,4
1441	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-885,0	0,07	0,4
1442	C40/60	40	60	G+0,3Q	-544,7	0,08	0,4
1443	C40/60	40	60	G+0,3Q	-603,4	0,08	0,4
1444	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-887,8	0,07	0,4
1471	C240/25	240	25	G+0,3Q	-922,0	0,05	0,4
1473	C240/25	240	25	G+0,3Q	-920,4	0,05	0,4
1476	C240/25	240	25	G+0,3Q	-941,0	0,05	0,4
1478	C240/25	240	25	G+0,3Q	-943,5	0,05	0,4

Ek Tablo 7. Model-1 4. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
1507	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-578,6	0,04	0,4
1508	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-572,3	0,04	0,4
1509	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-374,3	0,03	0,4
1510	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-690,3	0,05	0,4
1511	C40/60	40	60	G+0,3Q	-429,0	0,06	0,4
1512	C40/50	40	60	G+0,3Q	-466,2	0,06	0,4
1513	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-707,5	0,05	0,4
1535	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-572,3	0,04	0,4
1536	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-575,8	0,04	0,4
1537	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-374,1	0,03	0,4
1538	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-704,7	0,05	0,4
1539	C40/60	40	60	G+0,3Q	-428,5	0,06	0,4
1540	C40/50	40	60	G+0,3Q	-466,3	0,06	0,4
1541	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-698,8	0,05	0,4
1563	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-571,2	0,04	0,4
1564	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-573,8	0,04	0,4
1565	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-374,6	0,03	0,4
1566	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-686,1	0,05	0,4
1567	C40/60	40	60	G+0,3Q	-431,9	0,06	0,4
1568	C40/50	40	60	G+0,3Q	-468,8	0,07	0,4
1569	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-696,7	0,05	0,4
1586	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-580,6	0,04	0,4
1587	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-575,9	0,04	0,4
1588	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-374,0	0,03	0,4
1589	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-705,6	0,05	0,4
1590	C40/60	40	60	G+0,3Q	-430,4	0,06	0,4
1591	C40/50	40	60	G+0,3Q	-466,9	0,06	0,4
1592	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-708,9	0,05	0,4
1619	C240/25	240	25	G+0,3Q	-741,9	0,04	0,4
1621	C240/25	240	25	G+0,3Q	-741,0	0,04	0,4
1624	C240/25	240	25	G+0,3Q	-756,5	0,04	0,4
1626	C240/25	240	25	G+0,3Q	-759,2	0,04	0,4

Ek Tablo 8. Model-1 5. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c * f_{cm})$	EI_e/EI_0
1655	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-423,2	0,03	0,4
1656	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-431,8	0,03	0,4
1657	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-279,6	0,02	0,4
1658	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-514,7	0,04	0,4
1659	C40/60	40	60	G+0,3Q	-317,9	0,04	0,4
1660	C40/50	40	60	G+0,3Q	-341,4	0,05	0,4
1661	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-528,2	0,04	0,4
1683	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-418,4	0,03	0,4
1684	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-434,4	0,03	0,4
1685	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-279,5	0,02	0,4
1686	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-525,5	0,04	0,4
1687	C40/60	40	60	G+0,3Q	-317,9	0,04	0,4
1688	C40/50	40	60	G+0,3Q	-341,8	0,05	0,4
1689	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-521,7	0,04	0,4
1711	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-417,6	0,03	0,4
1712	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-433,2	0,03	0,4
1713	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-279,8	0,02	0,4
1714	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-511,5	0,04	0,4
1715	C40/60	40	60	G+0,3Q	-320,0	0,04	0,4
1716	C40/50	40	60	G+0,3Q	-343,4	0,05	0,4
1717	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-520,2	0,04	0,4
1734	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-424,6	0,03	0,4
1735	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-434,5	0,03	0,4
1736	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-279,4	0,02	0,4
1737	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-526,3	0,04	0,4
1738	C40/60	40	60	G+0,3Q	-319,4	0,04	0,4
1739	C40/50	40	60	G+0,3Q	-342,3	0,05	0,4
1740	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-529,2	0,04	0,4
1767	C240/25	240	25	G+0,3Q	-557,0	0,03	0,4
1769	C240/25	240	25	G+0,3Q	-556,4	0,03	0,4
1772	C240/25	240	25	G+0,3Q	-567,7	0,03	0,4
1774	C240/25	240	25	G+0,3Q	-570,3	0,03	0,4

Ek Tablo 9. Model-1 6. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
1803	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-267,4	0,02	0,4
1804	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-286,5	0,02	0,4
1805	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-184,8	0,01	0,4
1806	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-339,1	0,03	0,4
1807	C40/60	40	60	G+0,3Q	-209,5	0,03	0,4
1808	C40/50	40	60	G+0,3Q	-222,5	0,03	0,4
1809	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-348,7	0,03	0,4
1831	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-264,2	0,02	0,4
1832	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-288,2	0,02	0,4
1833	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-184,7	0,01	0,4
1834	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-346,4	0,03	0,4
1835	C40/60	40	60	G+0,3Q	-209,7	0,03	0,4
1836	C40/50	40	60	G+0,3Q	-223,2	0,03	0,4
1837	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-344,5	0,03	0,4
1859	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-263,7	0,02	0,4
1860	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-287,7	0,02	0,4
1861	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-184,9	0,01	0,4
1862	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-337,1	0,03	0,4
1863	C40/60	40	60	G+0,3Q	-210,9	0,03	0,4
1864	C40/50	40	60	G+0,3Q	-224,1	0,03	0,4
1865	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-343,5	0,03	0,4
1882	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-268,3	0,02	0,4
1883	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-288,4	0,02	0,4
1884	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-184,7	0,01	0,4
1885	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-346,9	0,03	0,4
1886	C40/60	40	60	G+0,3Q	-210,9	0,03	0,4
1887	C40/50	40	60	G+0,3Q	-223,8	0,03	0,4
1888	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-349,3	0,03	0,4
1915	C240/25	240	25	G+0,3Q	-368,8	0,02	0,4
1917	C240/25	240	25	G+0,3Q	-368,4	0,02	0,4
1920	C240/25	240	25	G+0,3Q	-375,9	0,02	0,4
1922	C240/25	240	25	G+0,3Q	-378,2	0,02	0,4

Ek Tablo 10. Model-1 7. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N _D (kN)	N _D /(A _c *f _{cm})	EI _e /EI ₀
1951	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-111,4	0,007	0,4
1952	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-137,3	0,009	0,4
1953	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-89,7	0,006	0,4
1954	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-163,8	0,012	0,4
1955	C40/60	40	60	G+0,3Q	-103,7	0,014	0,4
1956	C40/50	40	60	G+0,3Q	-108,4	0,015	0,4
1957	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-169,2	0,013	0,4
1979	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-109,7	0,007	0,4
1980	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-138,3	0,009	0,4
1981	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-89,7	0,006	0,4
1982	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-167,4	0,013	0,4
1983	C40/60	40	60	G+0,3Q	-103,9	0,014	0,4
1984	C40/50	40	60	G+0,3Q	-109,3	0,015	0,4
1985	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-167,3	0,013	0,4
2007	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-109,5	0,007	0,4
2008	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-138,3	0,009	0,4
2009	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-89,7	0,006	0,4
2010	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-162,8	0,012	0,4
2011	C40/60	40	60	G+0,3Q	-104,4	0,015	0,4
2012	C40/50	40	60	G+0,3Q	-109,7	0,015	0,4
2013	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-166,9	0,013	0,4
2030	C25/200_3	25	200	G+0,3Q	-111,8	0,007	0,4
2031	C25/200 AP	25	200	G+0,3Q	-138,3	0,009	0,4
2032	C185/25_3	185	25	G+0,3Q	-89,6	0,006	0,4
2033	C175/25_1_2	175	25	G+0,3Q	-167,6	0,013	0,4
2034	C40/60	40	60	G+0,3Q	-105,0	0,015	0,4
2035	C40/50	40	60	G+0,3Q	-110,0	0,015	0,4
2036	C25/175_1_2	25	175	G+0,3Q	-169,5	0,013	0,4
2063	C240/25	240	25	G+0,3Q	-177,5	0,010	0,4
2065	C240/25	240	25	G+0,3Q	-177,3	0,010	0,4
2068	C240/25	240	25	G+0,3Q	-181,1	0,010	0,4
2070	C240/25	240	25	G+0,3Q	-183,2	0,010	0,4

Ek Tablo 11. Model-2 bodrum kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
4	BP 20/500	20	500	G+0,3Q	-567,0	0,02	0,4
9	BP 20/380	20	380	G+0,3Q	-656,6	0,03	0,4
19	BP 20/118	20	118	G+0,3Q	-37,0	0,01	0,4
20	BP 20/118	20	118	G+0,3Q	-35,9	0,01	0,4
100	BP 570/20	570	20	G+0,3Q	-561,0	0,02	0,4
101	BP 405/20	405	207	G+0,3Q	-850,1	0,00	0,4
102	S25/150	25	150	G+0,3Q	-824,6	0,09	0,4
104	S25/150	25	150	G+0,3Q	-810,9	0,09	0,4
105	BP 405/20	405	20	G+0,3Q	-842,8	0,04	0,4
106	BP 570/20	570	20	G+0,3Q	-561,1	0,02	0,4
108	S25/150	25	150	G+0,3Q	-684,0	0,07	0,4
119	S25/150	25	150	G+0,3Q	-685,0	0,07	0,4
142	C30/80	30	80	G+0,3Q	-277,7	0,05	0,4
144	BP 350/20	350	20	G+0,3Q	-551,1	0,03	0,4
146	BP 370/20	370	20	G+0,3Q	-375,5	0,02	0,4
148	BP 280/20	280	20	G+0,3Q	-365,4	0,03	0,4
149	BP 280/20	280	20	G+0,3Q	-138,5	0,01	0,4
150	BP 280/20	280	20	G+0,3Q	-423,2	0,03	0,4
151	BP 370/20	370	20	G+0,3Q	-390,3	0,02	0,4
169	BP 350/20	350	20	G+0,3Q	-550,4	0,03	0,4
203	S150/25	150	25	G+0,3Q	-693,4	0,07	0,4
204	S150/25	150	25	G+0,3Q	-692,3	0,07	0,4
205	C30/80	30	80	G+0,3Q	-711,1	0,12	0,42
206	C30/80	30	80	G+0,3Q	-916,2	0,15	0,47
208	C30/80	30	80	G+0,3Q	-1020,8	0,17	0,49
209	C30/80	30	80	G+0,3Q	-1044,2	0,17	0,50
210	C30/80	30	80	G+0,3Q	-936,9	0,16	0,47
211	C30/80	30	80	G+0,3Q	-882,6	0,15	0,46
260	C30/80	30	80	G+0,3Q	-936,9	0,16	0,47
261	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-693,3	0,05	0,4
262	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-861,6	0,07	0,4
263	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-927,9	0,07	0,4
264	C30/80	30	80	G+0,3Q	-89,6	0,01	0,4
265	C30/80	30	80	G+0,3Q	-91,1	0,02	0,4
266	C30/80	30	80	G+0,3Q	-283,9	0,05	0,4
267	C30/80	30	80	G+0,3Q	-263,0	0,04	0,4
268	C30/80	30	80	G+0,3Q	-282,4	0,05	0,4
269	C30/80	30	80	G+0,3Q	-246,0	0,04	0,4

Ek Tablo 11'in devamı

270	C30/80	30	80	G+0,3Q	-294,3	0,05	0,4
271	C30/80	30	80	G+0,3Q	-189,4	0,03	0,4
272	C30/80	30	80	G+0,3Q	-279,3	0,05	0,4
273	C30/80	30	80	G+0,3Q	-786,3	0,13	0,44
280	BP 20/500	20	500	G+0,3Q	-554,8	0,02	0,4
281	BP 20/380	20	380	G+0,3Q	-645,3	0,03	0,4

Ek Tablo 12. Model-2 1. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_c/EI_0
160	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1400,1	0,15	0,47
161	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1135,0	0,12	0,43
162	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1117,1	0,12	0,43
163	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1398,4	0,15	0,47
164	C30/80	30	80	G+0,3Q	-747,5	0,12	0,43
165	C30/80	30	80	G+0,3Q	-572,0	0,10	0,40
166	S150/25	150	25	G+0,3Q	-1165,2	0,12	0,43
167	C30/80	30	80	G+0,3Q	-578,1	0,10	0,40
168	S150/25	150	25	G+0,3Q	-1178,3	0,13	0,43
186	C30/80	30	80	G+0,3Q	-732,0	0,12	0,43
187	C30/80	30	80	G+0,3Q	-654,0	0,11	0,41
188	C30/80	30	80	G+0,3Q	-725,3	0,12	0,43
189	C30/80	30	80	G+0,3Q	-605,5	0,10	0,40
190	C30/80	30	80	G+0,3Q	-494,7	0,08	0,40
191	C30/80	30	80	G+0,3Q	-357,8	0,06	0,40
192	C30/80	30	80	G+0,3Q	-626,9	0,10	0,41
193	C30/80	30	80	G+0,3Q	-812,0	0,14	0,45
194	C30/80	30	80	G+0,3Q	-919,8	0,15	0,47
195	C30/80	30	80	G+0,3Q	-942,8	0,16	0,48
196	C30/80	30	80	G+0,3Q	-842,3	0,14	0,45
197	C30/80	30	80	G+0,3Q	-799,6	0,13	0,44
198	C30/80	30	80	G+0,3Q	-709,1	0,12	0,42
199	C30/80	30	80	G+0,3Q	-842,1	0,14	0,45
200	C30/80	30	80	G+0,3Q	-754,6	0,13	0,43
229	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-705,8	0,05	0,40
230	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-762,0	0,06	0,40
231	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-819,4	0,06	0,40

Ek Tablo 13. Model-2 2. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c*f_{cm})$	EI_c/EI_0
103	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1258,5	0,13	0,45
107	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1021,2	0,11	0,41
109	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1004,2	0,11	0,41
120	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1257,0	0,13	0,45
143	C30/80	30	80	G+0,3Q	-671,7	0,11	0,42
249	C30/80	30	80	G+0,3Q	-514,0	0,09	0,40
251	S150/25	150	25	G+0,3Q	-1046,3	0,11	0,42
278	C30/80	30	80	G+0,3Q	-519,8	0,09	0,40
279	S150/25	150	25	G+0,3Q	-1058,7	0,11	0,42
290	C30/80	30	80	G+0,3Q	-656,1	0,11	0,41
291	C30/80	30	80	G+0,3Q	-586,5	0,10	0,40
292	C30/80	30	80	G+0,3Q	-649,6	0,11	0,41
293	C30/80	30	80	G+0,3Q	-540,3	0,09	0,40
294	C30/80	30	80	G+0,3Q	-439,1	0,07	0,40
295	C30/80	30	80	G+0,3Q	-315,9	0,05	0,40
296	C30/80	30	80	G+0,3Q	-545,4	0,09	0,40
297	C30/80	30	80	G+0,3Q	-712,1	0,12	0,42
298	C30/80	30	80	G+0,3Q	-822,3	0,14	0,45
299	C30/80	30	80	G+0,3Q	-844,5	0,14	0,45
300	C30/80	30	80	G+0,3Q	-755,1	0,13	0,43
301	C30/80	30	80	G+0,3Q	-719,4	0,12	0,43
302	C30/80	30	80	G+0,3Q	-634,8	0,11	0,41
303	C30/80	30	80	G+0,3Q	-754,9	0,13	0,43
304	C30/80	30	80	G+0,3Q	-678,6	0,11	0,42
313	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-679,2	0,05	0,40
314	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-680,5	0,05	0,40
315	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-732,9	0,06	0,40

Ek Tablo 14. Model-2 3. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c*f_{cm})$	EI_c/EI_0
372	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1117,1	0,12	0,43
373	S25/150	25	150	G+0,3Q	-906,3	0,10	0,40
374	S25/150	25	150	G+0,3Q	-890,4	0,09	0,40
375	S25/150	25	150	G+0,3Q	-1115,6	0,12	0,43
376	C30/80	30	80	G+0,3Q	-596,2	0,10	0,40
377	C30/80	30	80	G+0,3Q	-455,7	0,08	0,40
378	S150/25	150	25	G+0,3Q	-927,6	0,10	0,40
379	C30/80	30	80	G+0,3Q	-461,0	0,08	0,40
380	S150/25	150	25	G+0,3Q	-939,1	0,10	0,40
389	C30/80	30	80	G+0,3Q	-580,6	0,10	0,40
390	C30/80	30	80	G+0,3Q	-519,4	0,09	0,40
391	C30/80	30	80	G+0,3Q	-574,5	0,10	0,40
392	C30/80	30	80	G+0,3Q	-476,4	0,08	0,40
393	C30/80	30	80	G+0,3Q	-385,7	0,06	0,40
394	C30/80	30	80	G+0,3Q	-278,0	0,05	0,40
395	C30/80	30	80	G+0,3Q	-472,2	0,08	0,40
396	C30/80	30	80	G+0,3Q	-618,5	0,10	0,40
397	C30/80	30	80	G+0,3Q	-725,8	0,12	0,43
398	C30/80	30	80	G+0,3Q	-746,7	0,12	0,43
399	C30/80	30	80	G+0,3Q	-667,6	0,11	0,42
400	C30/80	30	80	G+0,3Q	-638,3	0,11	0,41
401	C30/80	30	80	G+0,3Q	-561,1	0,09	0,40
402	C30/80	30	80	G+0,3Q	-667,5	0,11	0,41
403	C30/80	30	80	G+0,3Q	-602,6	0,10	0,40
412	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-610,3	0,04	0,40
413	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-610,2	0,05	0,40
414	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-655,8	0,05	0,40

Ek Tablo 15. Model-2 4. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c*f_{cm})$	EI_c/EI_0
471	S25/150	25	150	G+0,3Q	-975,0	0,10	0,41
472	S25/150	25	150	G+0,3Q	-790,6	0,08	0,40
473	S25/150	25	150	G+0,3Q	-776,2	0,08	0,40
474	S25/150	25	150	G+0,3Q	-973,7	0,10	0,41
475	C30/80	30	80	G+0,3Q	-520,3	0,09	0,40
476	C30/80	30	80	G+0,3Q	-397,2	0,07	0,40
477	S150/25	150	25	G+0,3Q	-808,7	0,09	0,40
478	C30/80	30	80	G+0,3Q	-401,9	0,07	0,40
479	S150/25	150	25	G+0,3Q	-819,0	0,09	0,40
488	C30/80	30	80	G+0,3Q	-505,3	0,08	0,40
489	C30/80	30	80	G+0,3Q	-452,3	0,08	0,40
490	C30/80	30	80	G+0,3Q	-499,9	0,08	0,40
491	C30/80	30	80	G+0,3Q	-413,2	0,07	0,40
492	C30/80	30	80	G+0,3Q	-333,1	0,06	0,40
493	C30/80	30	80	G+0,3Q	-240,2	0,04	0,40
494	C30/80	30	80	G+0,3Q	-404,1	0,07	0,40
495	C30/80	30	80	G+0,3Q	-529,8	0,09	0,40
496	C30/80	30	80	G+0,3Q	-630,7	0,11	0,41
497	C30/80	30	80	G+0,3Q	-649,9	0,11	0,41
498	C30/80	30	80	G+0,3Q	-580,9	0,10	0,40
499	C30/80	30	80	G+0,3Q	-557,0	0,09	0,40
500	C30/80	30	80	G+0,3Q	-488,0	0,08	0,40
501	C30/80	30	80	G+0,3Q	-580,9	0,10	0,40
502	C30/80	30	80	G+0,3Q	-526,1	0,09	0,40
511	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-534,4	0,04	0,40
512	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-537,6	0,04	0,40
513	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-575,7	0,04	0,40

Ek Tablo 16. Model-2 5. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c * f_{cm})$	EI_e/EI_0
570	S25/150	25	150	G+0,3Q	-832,6	0,09	0,4
571	S25/150	25	150	G+0,3Q	-674,2	0,07	0,4
572	S25/150	25	150	G+0,3Q	-661,6	0,07	0,4
573	S25/150	25	150	G+0,3Q	-831,3	0,09	0,4
574	C30/80	30	80	G+0,3Q	-444,1	0,07	0,4
575	C30/80	30	80	G+0,3Q	-338,3	0,06	0,4
576	S150/25	150	25	G+0,3Q	-689,6	0,07	0,4
577	C30/80	30	80	G+0,3Q	-342,4	0,06	0,4
578	S150/25	150	25	G+0,3Q	-698,6	0,07	0,4
587	C30/80	30	80	G+0,3Q	-430,3	0,07	0,4
588	C30/80	30	80	G+0,3Q	-385,4	0,06	0,4
589	C30/80	30	80	G+0,3Q	-425,6	0,07	0,4
590	C30/80	30	80	G+0,3Q	-350,9	0,06	0,4
591	C30/80	30	80	G+0,3Q	-281,5	0,05	0,4
592	C30/80	30	80	G+0,3Q	-203,0	0,03	0,4
593	C30/80	30	80	G+0,3Q	-339,5	0,06	0,4
594	C30/80	30	80	G+0,3Q	-445,1	0,07	0,4
595	C30/80	30	80	G+0,3Q	-536,5	0,09	0,4
596	C30/80	30	80	G+0,3Q	-553,7	0,09	0,4
597	C30/80	30	80	G+0,3Q	-494,7	0,08	0,4
598	C30/80	30	80	G+0,3Q	-475,4	0,08	0,4
599	C30/80	30	80	G+0,3Q	-415,3	0,07	0,4
600	C30/80	30	80	G+0,3Q	-494,8	0,08	0,4
601	C30/80	30	80	G+0,3Q	-449,3	0,07	0,4
610	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-455,6	0,03	0,4
611	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-461,2	0,04	0,4
612	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-492,5	0,04	0,4

Ek Tablo 17. Model-2 6. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
669	S25/150	25	150	G+0,3Q	-689,6	0,07	0,4
670	S25/150	25	150	G+0,3Q	-557,4	0,06	0,4
671	S25/150	25	150	G+0,3Q	-546,7	0,06	0,4
672	S25/150	25	150	G+0,3Q	-688,5	0,07	0,4
673	C30/80	30	80	G+0,3Q	-367,7	0,06	0,4
674	C30/80	30	80	G+0,3Q	-279,4	0,05	0,4
675	S150/25	150	25	G+0,3Q	-570,4	0,06	0,4
676	C30/80	30	80	G+0,3Q	-282,8	0,05	0,4
677	S150/25	150	25	G+0,3Q	-578,1	0,06	0,4
686	C30/80	30	80	G+0,3Q	-355,5	0,06	0,4
687	C30/80	30	80	G+0,3Q	-318,3	0,05	0,4
688	C30/80	30	80	G+0,3Q	-351,5	0,06	0,4
689	C30/80	30	80	G+0,3Q	-288,9	0,05	0,4
690	C30/80	30	80	G+0,3Q	-230,7	0,04	0,4
691	C30/80	30	80	G+0,3Q	-166,1	0,03	0,4
692	C30/80	30	80	G+0,3Q	-277,2	0,05	0,4
693	C30/80	30	80	G+0,3Q	-363,5	0,06	0,4
694	C30/80	30	80	G+0,3Q	-443,1	0,07	0,4
695	C30/80	30	80	G+0,3Q	-457,9	0,08	0,4
696	C30/80	30	80	G+0,3Q	-409,0	0,07	0,4
697	C30/80	30	80	G+0,3Q	-393,5	0,07	0,4
698	C30/80	30	80	G+0,3Q	-342,8	0,06	0,4
699	C30/80	30	80	G+0,3Q	-409,0	0,07	0,4
700	C30/80	30	80	G+0,3Q	-372,1	0,06	0,4
709	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-375,5	0,03	0,4
710	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-382,0	0,03	0,4
711	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-407,0	0,03	0,4

Ek Tablo 18. Model-2 7. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c * f_{cm})$	EI_e/EI_0
768	S25/150	25	150	G+0,3Q	-546,3	0,06	0,4
769	S25/150	25	150	G+0,3Q	-440,2	0,05	0,4
770	S25/150	25	150	G+0,3Q	-431,5	0,05	0,4
771	S25/150	25	150	G+0,3Q	-545,4	0,06	0,4
772	C30/80	30	80	G+0,3Q	-291,1	0,05	0,4
773	C30/80	30	80	G+0,3Q	-220,3	0,04	0,4
774	S150/25	150	25	G+0,3Q	-451,1	0,05	0,4
775	C30/80	30	80	G+0,3Q	-223,0	0,04	0,4
776	S150/25	150	25	G+0,3Q	-457,3	0,05	0,4
785	C30/80	30	80	G+0,3Q	-280,9	0,05	0,4
786	C30/80	30	80	G+0,3Q	-251,3	0,04	0,4
787	C30/80	30	80	G+0,3Q	-277,7	0,05	0,4
788	C30/80	30	80	G+0,3Q	-227,4	0,04	0,4
789	C30/80	30	80	G+0,3Q	-180,6	0,03	0,4
790	C30/80	30	80	G+0,3Q	-129,5	0,02	0,4
791	C30/80	30	80	G+0,3Q	-216,4	0,04	0,4
792	C30/80	30	80	G+0,3Q	-284,4	0,05	0,4
793	C30/80	30	80	G+0,3Q	-350,4	0,06	0,4
794	C30/80	30	80	G+0,3Q	-362,5	0,06	0,4
795	C30/80	30	80	G+0,3Q	-323,5	0,05	0,4
796	C30/80	30	80	G+0,3Q	-311,6	0,05	0,4
797	C30/80	30	80	G+0,3Q	-270,6	0,05	0,4
798	C30/80	30	80	G+0,3Q	-323,6	0,05	0,4
799	C30/80	30	80	G+0,3Q	-294,6	0,05	0,4
808	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-295,8	0,02	0,4
809	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-300,0	0,02	0,4
810	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-318,8	0,02	0,4

Ek Tablo 19. Model-2 8. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c * f_{cm})$	EI_e/EI_0
867	S25/150	25	150	G+0,3Q	-402,8	0,04	0,4
868	S25/150	25	150	G+0,3Q	-322,6	0,03	0,4
869	S25/150	25	150	G+0,3Q	-316,1	0,03	0,4
870	S25/150	25	150	G+0,3Q	-402,1	0,04	0,4
871	C30/80	30	80	G+0,3Q	-214,3	0,04	0,4
872	C30/80	30	80	G+0,3Q	-161,1	0,03	0,4
873	S150/25	150	25	G+0,3Q	-331,7	0,04	0,4
874	C30/80	30	80	G+0,3Q	-163,1	0,03	0,4
875	S150/25	150	25	G+0,3Q	-336,4	0,04	0,4
884	C30/80	30	80	G+0,3Q	-206,4	0,03	0,4
885	C30/80	30	80	G+0,3Q	-184,5	0,03	0,4
886	C30/80	30	80	G+0,3Q	-204,1	0,03	0,4
887	C30/80	30	80	G+0,3Q	-166,3	0,03	0,4
888	C30/80	30	80	G+0,3Q	-130,9	0,02	0,4
889	C30/80	30	80	G+0,3Q	-93,2	0,02	0,4
890	C30/80	30	80	G+0,3Q	-157,3	0,03	0,4
891	C30/80	30	80	G+0,3Q	-207,1	0,03	0,4
892	C30/80	30	80	G+0,3Q	-258,4	0,04	0,4
893	C30/80	30	80	G+0,3Q	-267,7	0,04	0,4
894	C30/80	30	80	G+0,3Q	-238,3	0,04	0,4
895	C30/80	30	80	G+0,3Q	-229,6	0,04	0,4
896	C30/80	30	80	G+0,3Q	-198,7	0,03	0,4
897	C30/80	30	80	G+0,3Q	-238,4	0,04	0,4
898	C30/80	30	80	G+0,3Q	-217,0	0,04	0,4
907	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-213,2	0,02	0,4
908	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-216,4	0,02	0,4
909	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-229,8	0,02	0,4

Ek Tablo 20. Model-2 9. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
966	S25/150	25	150	G+0,3Q	-259,1	0,03	0,4
967	S25/150	25	150	G+0,3Q	-204,7	0,02	0,4
968	S25/150	25	150	G+0,3Q	-200,6	0,02	0,4
969	S25/150	25	150	G+0,3Q	-258,6	0,03	0,4
970	C30/80	30	80	G+0,3Q	-137,5	0,02	0,4
971	C30/80	30	80	G+0,3Q	-101,7	0,02	0,4
972	S150/25	150	25	G+0,3Q	-212,2	0,02	0,4
973	C30/80	30	80	G+0,3Q	-103,0	0,02	0,4
974	S150/25	150	25	G+0,3Q	-215,3	0,02	0,4
983	C30/80	30	80	G+0,3Q	-132,1	0,02	0,4
984	C30/80	30	80	G+0,3Q	-117,7	0,02	0,4
985	C30/80	30	80	G+0,3Q	-130,7	0,02	0,4
986	C30/80	30	80	G+0,3Q	-105,6	0,02	0,4
987	C30/80	30	80	G+0,3Q	-81,5	0,01	0,4
988	C30/80	30	80	G+0,3Q	-57,1	0,01	0,4
989	C30/80	30	80	G+0,3Q	-99,1	0,02	0,4
990	C30/80	30	80	G+0,3Q	-131,1	0,02	0,4
991	C30/80	30	80	G+0,3Q	-166,8	0,03	0,4
992	C30/80	30	80	G+0,3Q	-173,3	0,03	0,4
993	C30/80	30	80	G+0,3Q	-153,2	0,03	0,4
994	C30/80	30	80	G+0,3Q	-147,6	0,02	0,4
995	C30/80	30	80	G+0,3Q	-127,0	0,02	0,4
996	C30/80	30	80	G+0,3Q	-153,5	0,03	0,4
997	C30/80	30	80	G+0,3Q	-139,2	0,02	0,4
1006	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-128,9	0,01	0,4
1007	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-131,5	0,01	0,4
1008	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-140,3	0,01	0,4

Ek Tablo 21. Model-2 10. kat kolon ve perde etkin rijitlik katsayıları

kesit no	kesit ismi	X (cm)	Y (cm)	kombinasyon	N_D (kN)	$N_D/(A_c \cdot f_{cm})$	EI_e/EI_0
1065	S25/150	25	150	G+0,3Q	-115,4	0,01	0,4
1066	S25/150	25	150	G+0,3Q	-86,4	0,01	0,4
1067	S25/150	25	150	G+0,3Q	-84,8	0,01	0,4
1068	S25/150	25	150	G+0,3Q	-115,2	0,01	0,4
1069	C30/80	30	80	G+0,3Q	-60,7	0,01	0,4
1070	C30/80	30	80	G+0,3Q	-42,2	0,01	0,4
1071	S150/25	150	25	G+0,3Q	-92,4	0,01	0,4
1072	C30/80	30	80	G+0,3Q	-42,7	0,01	0,4
1073	S150/25	150	25	G+0,3Q	-93,8	0,01	0,4
1082	C30/80	30	80	G+0,3Q	-57,9	0,01	0,4
1083	C30/80	30	80	G+0,3Q	-51,1	0,01	0,4
1084	C30/80	30	80	G+0,3Q	-57,4	0,01	0,4
1085	C30/80	30	80	G+0,3Q	-45,3	0,01	0,4
1086	C30/80	30	80	G+0,3Q	-32,3	0,01	0,4
1087	C30/80	30	80	G+0,3Q	-21,6	0,00	0,4
1088	C30/80	30	80	G+0,3Q	-42,5	0,01	0,4
1089	C30/80	30	80	G+0,3Q	-56,2	0,01	0,4
1090	C30/80	30	80	G+0,3Q	-75,8	0,01	0,4
1091	C30/80	30	80	G+0,3Q	-79,4	0,01	0,4
1092	C30/80	30	80	G+0,3Q	-68,2	0,01	0,4
1093	C30/80	30	80	G+0,3Q	-65,8	0,01	0,4
1094	C30/80	30	80	G+0,3Q	-55,6	0,01	0,4
1095	C30/80	30	80	G+0,3Q	-68,7	0,01	0,4
1096	C30/80	30	80	G+0,3Q	-61,5	0,01	0,4
1105	AP 220/25	220	25	G+0,3Q	-32,7	0,002	0,4
1106	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-48,9	0,004	0,4
1107	AP 25/205	25	205	G+0,3Q	-55,5	0,004	0,4

Ek 3. Model-1'in Modal Koordinat Dönüşümü

Ek Tablo 22. Z3 Yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset \times 1$	$\Gamma \times 1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2626,78	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1604,98	2626,78	1,00	1,40	0,01	0,61
2	0,03	2763,12	2626,78	1,00	1,40	0,02	1,05
3	0,06	4992,69	2626,78	1,00	1,40	0,04	1,90
4	0,08	6572,78	2626,78	1,00	1,40	0,06	2,50
5	0,10	8155,34	2626,78	1,00	1,40	0,07	3,10
6	0,12	9253,88	2626,78	1,00	1,40	0,09	3,52
7	0,15	10236,86	2626,78	1,00	1,40	0,10	3,90
8	0,17	11043,22	2626,78	1,00	1,40	0,12	4,20
9	0,19	11866,58	2626,78	1,00	1,40	0,13	4,52
10	0,21	12629,25	2626,78	1,00	1,40	0,15	4,81
11	0,23	13335,70	2626,78	1,00	1,40	0,16	5,08
12	0,25	14024,59	2626,78	1,00	1,40	0,18	5,34
13	0,27	14711,52	2626,78	1,00	1,40	0,20	5,60
14	0,29	15284,92	2626,78	1,00	1,40	0,21	5,82
15	0,31	15803,56	2626,78	1,00	1,40	0,22	6,02
16	0,34	16336,04	2626,78	1,00	1,40	0,24	6,22
17	0,35	16595,98	2626,78	1,00	1,40	0,25	6,32

Ek Tablo 23. Z3 Yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset y1$	$\Gamma y1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2701,62	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1705,25	2701,62	1,00	1,40	0,01	0,63
2	0,04	3083,61	2701,62	1,00	1,40	0,03	1,14
3	0,06	4745,49	2701,62	1,00	1,40	0,04	1,76
4	0,08	6256,07	2701,62	1,00	1,40	0,06	2,32
5	0,10	7661,66	2701,62	1,00	1,40	0,07	2,84
6	0,12	8906,42	2701,62	1,00	1,40	0,09	3,30
7	0,14	10117,38	2701,62	1,00	1,40	0,10	3,74
8	0,16	11324,15	2701,62	1,00	1,40	0,12	4,19
9	0,19	12389,69	2701,62	1,00	1,40	0,13	4,59
10	0,21	13297,82	2701,62	1,00	1,40	0,15	4,92
11	0,23	14109,69	2701,62	1,00	1,40	0,16	5,22
12	0,25	14850,60	2701,62	1,00	1,40	0,18	5,50
13	0,27	15609,32	2701,62	1,00	1,40	0,19	5,78
14	0,30	16438,90	2701,62	1,00	1,40	0,21	6,08
15	0,32	17161,66	2701,62	1,00	1,40	0,23	6,35
16	0,34	17790,50	2701,62	1,00	1,40	0,24	6,59
17	0,36	18392,12	2701,62	1,00	1,40	0,26	6,81
18	0,39	18992,37	2701,62	1,00	1,40	0,28	7,03
19	0,41	19492,61	2701,62	1,00	1,40	0,29	7,22
20	0,41	19609,21	2701,62	1,00	1,40	0,30	7,26

Ek Tablo 24. Z4 Yerel zemin sınıfı tasarım depremi x doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset \times 1$	$\Gamma \times 1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2626,78	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1573,24	2626,78	1,00	1,40	0,01	0,60
2	0,03	2724,99	2626,78	1,00	1,40	0,02	1,04
3	0,06	4893,19	2626,78	1,00	1,40	0,04	1,86
4	0,08	6441,67	2626,78	1,00	1,40	0,06	2,45
5	0,10	7924,97	2626,78	1,00	1,40	0,07	3,02
6	0,12	9092,79	2626,78	1,00	1,40	0,09	3,46
7	0,15	10041,95	2626,78	1,00	1,40	0,10	3,82
8	0,17	10851,30	2626,78	1,00	1,40	0,12	4,13
9	0,19	11678,11	2626,78	1,00	1,40	0,14	4,45
10	0,21	12387,45	2626,78	1,00	1,40	0,15	4,72
11	0,23	13090,89	2626,78	1,00	1,40	0,16	4,98
12	0,25	13760,81	2626,78	1,00	1,40	0,18	5,24
13	0,27	14419,81	2626,78	1,00	1,40	0,19	5,49
14	0,30	15024,62	2626,78	1,00	1,40	0,21	5,72
15	0,32	15626,04	2626,78	1,00	1,40	0,23	5,95
16	0,34	16122,95	2626,78	1,00	1,40	0,24	6,14
17	0,36	16426,49	2626,78	1,00	1,40	0,25	6,25

Ek Tablo 25. Z4 Yerel zemin sınıfı tasarım depremi y doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset y1$	$\Gamma y1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2701,62	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1673,69	2701,62	1,00	1,40	0,01	0,62
2	0,04	3024,68	2701,62	1,00	1,40	0,03	1,12
3	0,06	4652,36	2701,62	1,00	1,40	0,04	1,72
4	0,08	6132,56	2701,62	1,00	1,40	0,06	2,27
5	0,10	7514,45	2701,62	1,00	1,40	0,07	2,78
6	0,12	8738,68	2701,62	1,00	1,40	0,09	3,23
7	0,14	9923,47	2701,62	1,00	1,40	0,10	3,67
8	0,16	11106,56	2701,62	1,00	1,40	0,12	4,11
9	0,18	12059,76	2701,62	1,00	1,40	0,13	4,46
10	0,21	12969,13	2701,62	1,00	1,40	0,15	4,80
11	0,23	13842,26	2701,62	1,00	1,40	0,16	5,12
12	0,25	14566,37	2701,62	1,00	1,40	0,18	5,39
13	0,27	15281,53	2701,62	1,00	1,40	0,19	5,66
14	0,29	16049,93	2701,62	1,00	1,40	0,21	5,94
15	0,32	16689,14	2701,62	1,00	1,40	0,23	6,18
16	0,34	17372,12	2701,62	1,00	1,40	0,24	6,43
17	0,36	17912,85	2701,62	1,00	1,40	0,26	6,63
18	0,38	18519,25	2701,62	1,00	1,40	0,27	6,85
19	0,41	19054,32	2701,62	1,00	1,40	0,29	7,05
20	0,42	19369,27	2701,62	1,00	1,40	0,30	7,17

Ek Tablo 26. Z3 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremi x doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset \times 1$	$\Gamma \times 1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2626,78	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1605,20	2626,78	1,00	1,40	0,01	0,61
2	0,03	2763,32	2626,78	1,00	1,40	0,02	1,05
3	0,06	4993,01	2626,78	1,00	1,40	0,04	1,90
4	0,08	6573,23	2626,78	1,00	1,40	0,06	2,50
5	0,10	8013,70	2626,78	1,00	1,40	0,07	3,05
6	0,12	9109,78	2626,78	1,00	1,40	0,09	3,47
7	0,14	10155,69	2626,78	1,00	1,40	0,10	3,87
8	0,17	11042,31	2626,78	1,00	1,40	0,12	4,20
9	0,19	11866,57	2626,78	1,00	1,40	0,13	4,52
10	0,21	12627,91	2626,78	1,00	1,40	0,15	4,81
11	0,23	13335,60	2626,78	1,00	1,40	0,16	5,08
12	0,25	14018,00	2626,78	1,00	1,40	0,18	5,34
13	0,27	14700,07	2626,78	1,00	1,40	0,19	5,60
14	0,29	15253,58	2626,78	1,00	1,40	0,21	5,81
15	0,32	15822,30	2626,78	1,00	1,40	0,23	6,02
16	0,34	16318,73	2626,78	1,00	1,40	0,24	6,21
17	0,35	16535,25	2626,78	1,00	1,40	0,25	6,29

Ek Tablo 27. Z3 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremi y doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset y1$	$\Gamma y1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2701,62	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1705,38	2701,62	1,00	1,40	0,01	0,63
2	0,04	3083,94	2701,62	1,00	1,40	0,03	1,14
3	0,06	4746,02	2701,62	1,00	1,40	0,04	1,76
4	0,08	6256,77	2701,62	1,00	1,40	0,06	2,32
5	0,10	7662,22	2701,62	1,00	1,40	0,07	2,84
6	0,12	8868,13	2701,62	1,00	1,40	0,08	3,28
7	0,14	9982,59	2701,62	1,00	1,40	0,10	3,70
8	0,16	11128,33	2701,62	1,00	1,40	0,11	4,12
9	0,18	12133,13	2701,62	1,00	1,40	0,13	4,49
10	0,20	13109,45	2701,62	1,00	1,40	0,14	4,85
11	0,22	13943,27	2701,62	1,00	1,40	0,16	5,16
12	0,25	14889,26	2701,62	1,00	1,40	0,18	5,51
13	0,27	15616,05	2701,62	1,00	1,40	0,19	5,78
14	0,30	16469,33	2701,62	1,00	1,40	0,21	6,10
15	0,32	17118,51	2701,62	1,00	1,40	0,23	6,34
16	0,34	17716,22	2701,62	1,00	1,40	0,24	6,56
17	0,36	18371,53	2701,62	1,00	1,40	0,26	6,80
18	0,39	18971,34	2701,62	1,00	1,40	0,28	7,02
19	0,41	19506,17	2701,62	1,00	1,40	0,29	7,22
20	0,42	19788,85	2701,62	1,00	1,40	0,30	7,32

Ek Tablo 28. Z4 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremi x doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	Mx (kNsn ² /m)	$\emptyset \times 1$	$\Gamma \times 1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2626,78	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1573,20	2626,78	1,00	1,40	0,01	0,60
2	0,03	2725,12	2626,78	1,00	1,40	0,02	1,04
3	0,06	4893,26	2626,78	1,00	1,40	0,04	1,86
4	0,08	6441,78	2626,78	1,00	1,40	0,06	2,45
5	0,10	7925,41	2626,78	1,00	1,40	0,07	3,02
6	0,13	9093,66	2626,78	1,00	1,40	0,09	3,46
7	0,15	10042,19	2626,78	1,00	1,40	0,10	3,82
8	0,17	10851,81	2626,78	1,00	1,40	0,12	4,13
9	0,19	11671,07	2626,78	1,00	1,40	0,14	4,44
10	0,21	12388,68	2626,78	1,00	1,40	0,15	4,72
11	0,23	13089,47	2626,78	1,00	1,40	0,16	4,98
12	0,25	13758,32	2626,78	1,00	1,40	0,18	5,24
13	0,27	14423,40	2626,78	1,00	1,40	0,19	5,49
14	0,30	15038,40	2626,78	1,00	1,40	0,21	5,73
15	0,32	15543,84	2626,78	1,00	1,40	0,23	5,92
16	0,34	16133,25	2626,78	1,00	1,40	0,24	6,14
17	0,35	16354,97	2626,78	1,00	1,40	0,25	6,23

Ek Tablo 29. Z4 Yerel zemin sınıfı şiddetli depremi y doğrultusu modal koordinat dönüşüm

Adım	Yer değiştirme	Taban kesme kuvveti	Etkili modal kütle	Tepe genlik	Mod katılım çarpanı	Modal yer değiştirme	Modal ivme
n	$u(i) \times N1$ (m)	$V(i) \times 1$ (kN)	M_x (kNsn ² /m)	$\emptyset y1$	$\Gamma y1$	$d(i)1$ (m)	$a(i)1$ (m/s ²)
0	0,00	0,00	2701,62	1,00	1,40	0,00	0,00
1	0,02	1673,76	2701,62	1,00	1,40	0,01	0,62
2	0,04	3025,09	2701,62	1,00	1,40	0,03	1,12
3	0,06	4652,47	2701,62	1,00	1,40	0,04	1,72
4	0,08	6132,78	2701,62	1,00	1,40	0,06	2,27
5	0,10	7513,87	2701,62	1,00	1,40	0,07	2,78
6	0,12	8738,99	2701,62	1,00	1,40	0,09	3,23
7	0,14	9922,73	2701,62	1,00	1,40	0,10	3,67
8	0,16	11106,19	2701,62	1,00	1,40	0,12	4,11
9	0,18	12060,98	2701,62	1,00	1,40	0,13	4,46
10	0,21	12968,00	2701,62	1,00	1,40	0,15	4,80
11	0,23	13842,22	2701,62	1,00	1,40	0,16	5,12
12	0,25	14566,83	2701,62	1,00	1,40	0,18	5,39
13	0,27	15283,57	2701,62	1,00	1,40	0,19	5,66
14	0,30	16160,21	2701,62	1,00	1,40	0,21	5,98
15	0,32	16807,10	2701,62	1,00	1,40	0,23	6,22
16	0,34	17471,24	2701,62	1,00	1,40	0,24	6,47
17	0,36	18010,22	2701,62	1,00	1,40	0,26	6,67
18	0,38	18544,99	2701,62	1,00	1,40	0,27	6,86
19	0,41	19067,25	2701,62	1,00	1,40	0,29	7,06
20	0,42	19334,19	2701,62	1,00	1,40	0,30	7,16

ÖZGEÇMİŞ

11 Ocak 1989 tarihinde İstanbul’da doğdu. Giresun/Görece nüfusuna kayıtlıdır. Annesinin ve babasının memuriyeti dolayısı ile ilköğretim öğrenimini altı farklı okulda, Anadolu’nun çeşitli il ve ilçelerinde tamamladı. 2003 yılında girdiği Trabzon Lisesi’nden 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi inşaat mühendisliği bölümüne girmeye hak kazandı. 2011 Temmuz ayında mezun olduktan iki ay sonra Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi inşaat mühendisliği bölümünde (yapı statik anabilim dalı) yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisans yaptığı dönemde özel sektörün çeşitli faaliyet alanlarında çalıştı. Halen özel bir firmada statik proje mühendisi olarak çalışmaktadır.