

**A1 VE A2 GRUBU YAPISAL DÜZENSİZLİKLERİN BETONARME YAPILARIN
DEPREM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Murat DEMİRKÖSE

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

ZONGULDAK

Ocak 2012

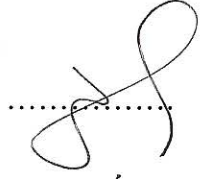
KABUL:

Murat DEMİRKÖSE tarafından hazırlanan “A1 VE A2 GRUBU YAPISAL DÜZENSİZLİKLERİN BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 26/01/2012

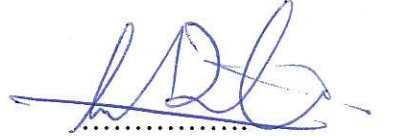
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Veli Alekperoğlu ŞİRİNOV (ZKÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Fatih ALTAN (ZÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Turhan BİLİR (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım/.../2012



Prof. Dr. Özden ÖZEL GÜVEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Murat DEMİRKÖSE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

A1 VE A2 GRUBU YAPISAL DÜZENSİZLİKLERİN BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Murat DEMİRKÖSE

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Veli Alekperoğlu ŞİRİNOV

Ocak 2012, 121 sayfa

Bu tezin amacı A1 ve A2 yapısal düzensizliklerinin betonarme yapıların deprem performansı üzerine etkilerini araştırmaktır. Birinci ve ikinci bölümde, A1 türü (burulma düzensizliği) ve A2 türü (döşeme süreksizliği) düzensizlikler hakkında yapılan literatür çalışmaları detaylı olarak açıklandı. 3. bölümde betonarme yapıların deprem performansı kavramı ve bu konuda kullanılan metodlar hakkında bilgi verildi. Bunlara ek olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y-2007)'te ifade edilen betonarme yapıların performans değerlendirmesi açıklanmıştır. 4.bölümde A1 ve A2 türü yapısal düzensizliklerin yapıların deprem performansı üzerindeki etkisini araştırmak için tasarlanan 12 farklı yapı modelinin kullanımı sayısal ile uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamalarda bu modellerin STA4 CAD V13.1 paket programı ile doğrusal olmayan analizleri (statik itme) yapılmıştır. Analiz sonuçları D.B.Y.B.H.Y-2007' de belirtilen Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçme düzeyi performans kriterleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Tasarlanan modellerin statik itme analizi sonuçlarına göre A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme

ÖZET (devam ediyor)

süreksizliği düzensizliğinin tasarlanan modellerin deprem performansını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Ayrıca sözkonusu düzensizliklerin miktarı, binada bulunduğu konum ve düzensizliklerin bir arada olup olmadığı tasarlanan yapı modellerinin deprem performansının miktarını da etkilemektedir. Sonuç olarak; betonarme yapıların taşıyıcı sisteminin tasarımında D.BY.B.H.Y-2007 deprem yönetmeliği kurallarına uyulmalıdır. Böylece A1 ve A2 grubu yapısal düzensizliklerin oluşması önlenir. Eğer bu mümkün değilse bazı ek önlemler alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Yapısal düzensizlik, Deprem Performansı.

Bilim Kodu: 624.03.01

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF A1 AND A2 GROUP OF STRUCTURAL IRREGULARITIES TO EARTHQUAKE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Murat DEMİRKÖSE

Zonguldak Karaelmas University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Veli Alekperoğlu ŞİRİNOV

Ocak 2012, 121 pages

The purpose of this thesis is to investigate effects of A1 and A2 group of structural irregularities on the earthquake performance of the reinforced concrete structures. In the first and second section, literature studies made about A1 group (torsion irregularity) and A2 group (floor discontinuity irregularity) are explained in detail. In the the third section, information about earthquake performance concept of reinforced concrete structures and methods used in this topic was given. As addition to these, the performance evaluation of reinforced concrete structures expressed in the new Turkish Earthquake Code (TEC-2007) was explained. In fourth section, for investigation effects of A1 and A2 groups of structural irregularities on the earthquake performance of the reinforced concrete structures, numerical applications was made by using 12 different the structure model designed. In these applications, Nonlinear analyse of these models was made by the STA4 CAD V13.1 software. The results of analyses are evaluated regarding performance criteries which is described in the new Turkish Earthquake

ABSTRACT (continued)

Code (TEC-2007)'de as Immediate Occupancy, Life Safety and Collapse Prevention. The results show that both A1 torsion irregularity and A2 floor discontinuity irregularity significantly decreases earthquake performance of the reinforced concrete structures .

Factors such that the amount of irregularities, position of it on the structure, being single or multiple of irregularity is basic parameters that affect earthquake performance of the reinforced concrete structures. As a result; in the design of the carrier system of reinforced concrete structures, the Turkish Earthquake Code (TEC-2007) regulations should be confirmed. Thus, formation of A1 and A2 groups of structural irregularities is prevented. If this is not possible, some additional measures should be taken.

Key Words: Earthquake, Structural irregularity, Earthquake performance

Science Code:624.03.01

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak yaptığım bu çalışmamda, çalışmalarım boyunca değerli fikir ve yönlendirmeleriyle yardımcı olan tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Veli Alekperoğlu ŞİRİNOV’a (ZKÜ) teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan ve her konuda bana destek vererek bugünlere gelmemi sağlayan Babam Sayın Ahmet Yaşar DEMİRKÖSE’ye ve Annem Sayın Hikmet DEMİRKÖSE’ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
1.1 AMAÇ VE KAPSAM	1
 BÖLÜM 2 YAPISAL DÜZENSİZLİKLER	 5
2.1 YAPISAL DÜZENSİZLİK KAVRAMI	5
2.2 PLANDA DÜZENSİZLİKLER	5
2.2.1 A1 Burulma Düzensizliği	6
2.2.1.1 Ek Dış Merkezlik	8
2.2.2 A2 Döşeme Süreksizlikleri.....	11
2.2.2.1 Döşemenin Fonksiyonu	12
2.2.2.2 A2 Döşeme Süreksizliğine İlişkin Diğer Örnek Binalar	13
2.2.3 Yatay Deprem Yüklerine Karşı Direnen Sistemler	15
2.3 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YAPISAL DÜZENSİZLİKLER	18
2.3.1 2007 Deprem Yönetmeliği	18
2.3.1.1 Genel İlke ve kurallar	19
2.3.1.2 A1 Burulma Düzensizliği	19
2.3.1.3 A2 Döşeme Süreksizliği	19
2.4 A1 YAPISAL DÜZENSİZLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	20
2.4.1 A1 Burulma Düzensizliği	20

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.4.2 Plan Geometrisi	30
2.4.3 Kolon ve Perdelerin Plan Üzerindeki Yerleşimi	32
2.4.4 A2 Döşeme Süreksizliği.....	36
 BÖLÜM 3 BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI	 41
3.1 PERFORMANS KAVRAMI	41
3.1.1 Artımsal İtme Analizi.....	42
3.1.2 ATC 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi	44
3.1.3 Deplasman Katsayıları Yöntemi.....	46
3.2 MEVCUT BETONARME YAPILARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİNDE TÜRK YÖNETMELİĞİ.....	 49
3.2.1 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının Değerlendirilmesi	50
3.2.1.1 Binalardan bilgi toplanması.....	50
3.2.1.2 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi	50
3.2.1.3 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi	50
3.2.1.4 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi	51
3.2.1.5 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	51
3.2.1.6 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	 52
3.2.1.7 Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	53
3.2.1.8 Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü	55
3.3 DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ	 55
3.3.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi	56
3.3.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi.....	56
3.3.3 Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi	57
3.4 BİNA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE ULUSLARARASI YÖNTEMLER	 57
3.4.1 Taşıyıcı Elemanlar için Performans Seviyeleri	57
3.4.2 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar için Performans Seviyeleri	59

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 4 SAYISAL UYGULAMALAR.....	61
4.1 YAPI MODELLERİNİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ.....	61
4.1.1 M1 Modeli.....	61
4.1.2 M2 Modeli.....	62
4.1.3 M3 Modeli.....	62
4.1.4 M4 Modeli.....	63
4.1.5 M5 Modeli.....	63
4.1.6 M6 Modeli.....	64
4.1.7 M7 Modeli.....	64
4.1.8 M8 Modeli.....	64
4.1.9 M9 Modeli.....	65
4.1.10 M10 Modeli.....	65
4.1.11 M11 Modeli.....	66
4.1.12 M12 Modeli.....	66
4.2 MODELLERİN ANALİZİ	74
4.3 MODELLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	80
4.3.1 M1, M7 ve M8 Modelleri.....	80
4.3.2 M2, M3ve M 4 Modelleri.....	86
4.3.3 Model 2,Model 5 ve Model 6.....	93
4.3.4 Model 9 ve Model 10	101
4.3.5 Model 11 ve Model 12.....	106
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Göreli kat ötelenmeleri	7
2.2 Ek dışmerkezlik.....	9
2.3 Betonarme sistemlerde x ve y yönünde burulma	10
2.4 Kesme kuvveti ve burulma nedeni ile kirişin karşılıklı iki yüzünde oluşan gerilmeler ..	11
2.5 a.Döşemenin rijit çalışması, b.Döşemenin esnek çalışması	13
2.6 a. Kirişsiz aydınlık boşluğu, b. Kirişli aydınlık boşluğu	13
2.7 a.Kirişler süreksiz uzun ince, b.Kirişler süreksiz fakat kalın, c.Kirişler sürekli döşeme ince	14
2.8 Düşük döşeme örneği	15
2.9 Deprem yüklerine karşı direnen binalar	16
2.10 A2 döşeme süreksizlikleri.....	20
2.11 Çeşitli perde ve kolon yerleşim yerleri.....	21
2.12 Hatalı perde yerleşim örnekleri a,b,c ve d	23
2.13 Mevcut yapıya deprem perdesi takviyesi	23
2.14 a ve b Burulma momentine maruz yapı.....	24
2.15 Burulma düzensizliğinin olmadığı simetrik yapı.....	25
2.16 Burulma düzensizliğinin olduğu simetrik yapı.....	26
2.17 Burulma momentine maruz kolon ve perdeli yapı.....	28
2.18 Planda düzensizlik durumlarına örnekler, a)Burulma düzensizliği, b)Burulma düzensizliği, c) Döşeme süreksizliği	28
2.19 Burulma düzensizliği (a) Doğru, (b) Yanlış, Bir yönde daha büyük rijitlik (c) Doğru, (d) Yanlış	29
2.20 Farklı geometrilerdeki yapılarda davranışların niteliği	31
2.21 a ve b. Farklı yönlerde kollara sahip yapılarda deprem hareketine karşı davranış biçimleri.....	32
2.22 Düzensiz kat planları ve kat plan diyagramları.....	32
2.23 Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dış merkezlik nedeni ile yapıda burulma etkileri.....	33
2.24 Katlarda rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması yüzünden düşey bir eksen etrafında meydana gelen a. burulma ve b.göçme.....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
2.25 Taşıyıcı sistemde uygun perde yerleşimi.....	34
2.26 Çekirdeğin esas taşıyıcı sistem olması durumu	35
2.27 Karmaşık kütleli planların kütle hareketleri ve basit biçimlere ayrılabilme özelliği	36
2.28 Döşeme süreksizliğinin olduğu değişik yapı modelleri(a,b,c,d).....	37
2.29 Artriumlu bir yapıda döşeme düzensizliğinin dilatasyonla çözümü	40
3.1 Doğrusal Olmayan Artımsal İtme Analizden Elde Edilen Kapasite Eğrisi.....	43
3.2 Kapasite diyagramı ve spektrumu	45
3.3 Elastik olmayan dayanım ve deplasman istemi	46
3.4 Kapasite eğrisinin idealleştirilmesi.	47
3.5 Betonarme Elemanda Yük-Yerdeğiştirme eğrisi	49
3.6 Kesit düzeyinde performans sınır durumları	52
3.7 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları	59
4.1 M1 modelinin kat planı.....	68
4.2 M2 modelinin kat planı.....	68
4.3 M3 modelinin kat planı.....	69
4.4 M4 modelinin kat planı.....	69
4.5 M5 modelinin kat planı.....	70
4.6 M6 modelinin kat planı.....	70
4.7 M7 modelinin kat planı.....	71
4.8 M8 modelinin kat planı.....	71
4.9 M9 modelinin kat planı.....	72
4.10 M10 modelinin kat planı.....	72
4.11 M11 modelinin kat planı.....	73
4.12 M12 modelinin kat planı.....	73
4.13 STA4-CAD Statik itme analizi kapasite eğrisi.	75
4.14 a, b ve c sırasıyla M1 modeli ile A1 burulma düzensizliği ihtiva eden M7 ve M8 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği eğrisi.	83
4.15 a, b ve c sırasıyla M1 modeli ile A1 burulma düzensizliği ihtiva eden M7 ve M8 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği eğrisi.	84
4.16 a, b ve c sırasıyla M2 modeli ile burulma düzensizliği ihtiva eden, M3 ve M4 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
4.17 a, b ve c sırasıyla M2 modeli ile burulma düzensizliği ihtiva eden, M3 ve M4 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.	91
4.18 a, b ve c sırasıyla Burulma düzensizliği ihtiva eden M2,M5 ve M6 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	97
4.19 a, b ve c sırasıyla Burulma düzensizliği ihtiva eden M2,M5 ve M6 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	98
4.20 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği ihtiva eden M9 ve M10 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.	103
4.21 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M9 ve M10 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	104
4.22 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M11 ve M12 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	108
4.23 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M11 ve M12 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) grafiği.....	109

ÇİZELGELER DİZİNİ

No	Sayfa
2.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.....	18
2.2 Katların kolon kesitleri	25
2.3 CC2 yapısı için burulma düzensizlik katsayıları.....	26
2.4 X ve Y yönünde burulma düzensizliği	27
3.1 Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.	51
3.2 Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).....	54
3.3 Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).....	54
3.4 Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).....	55
3.5 Göreli kat ötelemesi sınırları.....	55
3.6 Taşıyıcı elemanların performans seviyeleri	58
3.7 Taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri.....	59
4.1 Kontrol sistemi (M1 ve M2) ve A1-burulma düzensizliği içeren modellere ait tasarım parametreleri.	67
4.2 A2-Döşeme süreksizliği düzensizliği içeren modellere ait tasarım parametreleri.....	67
4.3 M1 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	76
4.4 M2 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	76
4.5 M3 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	76
4.6 M4 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	77
4.7 M5 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	77
4.8 M6 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	77
4.9 M7 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	77
4.10 M8 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	78

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
4.11 M9 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	78
4.12 M10 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	78
4.13 M11 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	78
4.14 M12 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.	79
4.15 a.M1–M12 modellerine bina ait yatay yük kapasite oranı (V_k), x ve y yönünde göçme yükü (P_x, P_y), modellerin performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti (V_b) ile tepe yerdeğiştirmesi (Δ), b.1.doğal titreşim periyodu (T_{1x}, T_{1y}),	79
4.16 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M1,M7 ve M8 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	85
4.17 Statik itme analizi sonucu M1,M7 ve M8 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (S_a), Spektral yerdeğiştirme (S_d) ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.	86
4.18 M1,M7 ve M8 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı, plastikleşen kolon V_c oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.....	86
4.19 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M2, M3 ve M4 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	92
4.20 Statik itme analizi sonucu M2,M3 ve M4 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.....	93
4.21 M2, M3 ve M4 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı, plastikleşen kolon V_c oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.....	93
4.22 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M2, M5 ve M6 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	99
4.23 Statik itme analizi sonucu M2,M5 ve M6 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.....	100
4.24 M2,M5 ve M6 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı, plastikleşen kolon V_c oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.....	100
4.25 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M9 ve M10 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	105

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.26 Statik itme analizi sonucu M9 ve M10 modellerine ait x ve y yönündeki Can güvenliği noktası ile Performans noktasındaki Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kırış hasar oranları.	105
4.27 M9 ve M10 modellerine ait kırış hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat Vc oranı, plastikleşen kolon Vc oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.....	106
4.28 a ve b sırasıyla x ve y yönünde, M11 ve M12 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.....	110
4.29 Statik itme analizi sonucu M11, M12 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kırış hasar oranları.....	110
4.30 Statik itme analizi sonucu M11 ve M12 modellerine ait Can güvenliği yeterlilik kontrolü.	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: İvme
A0	: Etkin yer ivme katsayısı
Ac	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
b	: Çelik sargıda yatay plakaların genişliği
bw	: Kirişin gövde genişliği
di	: Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d1 ⁽ⁱ⁾	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
EI)e	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
(EI)o	: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
gi	: Ölü yük
fck	: Beton basınç dayanımı
fcu	: Ortalama beton dayanımı
Hw	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
ND	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
lw	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
Lp	: Plastik mafsal uzunluğu
mi	: Binanın i'inci katının kütlesi
Mx1	: X deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
P	: Eksenel kuvvet
Sa	: Spektral ivme
B _{eff}	: Efektif viskoz sönüm

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

SR_A	: Spektrum sabit ivme
SR_V	: Spektrum sabit hız
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_x, T_y	: Doğal titreşim periyotları
$u^{(i)}_{xN}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) X deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
V_{x1}	: X deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hâkim moda) ait taban kesme kuvveti
Γ_{x1}	: X deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
ρ_s	: Kesitte “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
Δ	: Yerdeğiştirme
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
θ_p	: Plastik dönme istemi
q_i	: Hareketli yük
Z	: Yerel zemin sınıfı
ε_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
α_1	: Modal kütle katsayısı
$\alpha_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
α	: Rijitlik oranı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

κ	: Histeristik davranış katsayısı
μ	: Deplasman sünekliği oranı
T_e	: Efektif periyot
C_0	: Yapının son kat deplasmanını spektral deplasman ile ilişkilendiren katsayı
C_1	: TSD sistemin spektral deplasmanını ÇSD sistemin tepe deplasmanı ile ilişkilendiren katsayı
C_2	: Histeresis şeklin maksimum deplasman üzerindeki etkisini temsil eden katsayı
C_3	: II. Mertebe etkiler nedeniyle artırılmış deplasmanları temsil eden katsayı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
r	: Etki/kapasite oranı
Λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Φ_{yN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) y deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
$\Phi_{tepe,1}$	: Yapı en üst kat genliği
δ_{max}	: Yapı tepe deplasmanı
W	: Toplam yapı ağırlığı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ATC	: Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi)
FEMA	: Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Yönetim Ajansı)
SEAOC	: Structural Engineers Association of California (California Yapısal Mühendisleri Derneği)
BSSC	: Building Seismic Safety Council(Sismik Güvenlik Konseyi Binası)
ASCE	: American Society of Civil Engineers EERC-UCB : Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley (Berkeley'deki California Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi)
EC	: Eurocode (Avrupa kodu)
TSD	: Tek Serbestlik Dereceli
ADRS	: Acceleration Displacement Response Spectrum (Hızlanma Deplasman Davranış Spektrumu)
MN	: Minimum Hasar Sınırı
GV	: Kesit Güvenlik Sınırı
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı
SD	: Çok Serbestlik Dereceli
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
GD	: Göçme Durumu
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 AMAÇ VE KAPSAM

Dünyada yüzyıllardır görülen doğal afetlerin başında depremler gelmektedir. Depremler yıkıcı etkisi nedeni ile betonarme yapılarda büyük hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Türkiye'nin de önemli bir deprem kuşağında bulunduğu göz önüne alınırsa, betonarme yapıların depreme karşı dayanıklı tasarlanmasının ve inşa edilmesinin ne kadar önemli ve gerekli olduğu ortaya çıkar.

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın amacı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y-2007) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007) çerçevesinde betonarme yapılarda görülen yapısal düzensizliklerden A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin yapıların depreme karşı göstereceği dayanım performansına etkilerini incelemektir.

Çalışmada önce yapıların A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliği düzensizliği ve deprem performansı kavramı açıklanmaktadır. Bunun yanında uluslararası yönetmelikler hakkında da bilgi verilmekte ve yapıların performans seviyelerinin tespit edilmesinde kullanılan bazı yöntemler açıklanmaktadır. Betonarme yapılar için D.B.Y.B.H.Y-2007 (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007)'de tespit edilen deprem performans seviyeleri ve özellikleri anlatılmaktadır. Çalışmanın sayısal incelemeler ile ilgili uygulama bölümünde ise A1 ve A2 yapısal düzensizliği içeren 10 ve A1 ve A2 yapısal düzensizliği içermeyen 2 ayrı yapı modeli STA4-CAD V13.1 betonarme paket programı ile çözülmüş ve doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Yapılan analizlerde A1 ve A2 yapısal düzensizlikleri ile bu düzensizliklerdeki değişim oranlarının yapının depreme dayanım performansının değişimine ve değişim artış oranlarına etkisi incelenmiştir. Son bölümde de tez çalışması süresince

yapılan açıklama ve analizler doğrultusunda ulaşılan sonuçlar özetlenmiş ve öneriler getirilmiştir.

Türkiye gibi deprem riski yüksek ülkelerde yapılan betonarme yapılarda bulunması gereken en önemli özellik, yapının depremin yıkıcı etkisine karşı yeterli dayanımı, rijitliği ve sünekliği göstermesi ve böylece öncelikle can güvenliğinin, daha sonra da mal kayıplarının önlenmesinin sağlanmasıdır. Can güvenliğinin sağlanması, yapının “depreme güvenli” yapı olmasına bağlıdır.

Bir betonarme yapının deprem kuvvetleri etkisi altındaki davranışı, maruz kaldığı deprem kuvvetinin büyüklüğüne, yapı elemanlarının malzeme ve kesit özelliklerine ve çevresel faktörlere bağlıdır. Yapının depreme karşı, yeterli dayanım göstermesi için, sünek olması ve sınırlı ve kontrollü yanal öteleme yapabilmesi gerekir. Ancak, betonarme yapılar çeşitli nedenlerden dolayı depremin yıkıcı etkisine karşı yeterli dayanım gösterememektedir. Binaların depreme karşı dayanımının yetersiz olmasının nedenleri arasında çeşitli yapısal düzensizlikler, taşıyıcı sistemin diğer yönlerden yetersizlikleri, planda taşıyıcı eleman yerleşim ve dağılımının uygun olmaması, donatı detaylandırma ve malzeme özelliklerinin yetersizliği, yapım ve kontrol sürecinde yapılan hatalar vardır. Bu sorunlar içinde sayılan taşıyıcı sistemde yapısal düzensizliklerin varlığı yapının deprem performansını olumsuz etkilemektedir.

Klasik betonarme inşaat, birdöküm (monolitik) olduğundan, çelik, ahşap ve önüretimli betonarmede olduğu gibi bağlantı sorunu yoktur. Depreme karşı dayanım performansı açısından betonarmeyi diğer malzemelerden üstün kılan en önemli özellik de budur. Doğal olarak betonarmenin bu önemli avantajı, yapı yönetmeliklere uygun tasarlandığı, detaylandırıldığı ve yapıldığı durumlarda geçerlidir.

Türkiye’de betonarme yapıların büyük bir çoğunluğunda, tasarım ve yapım hataları dolayısıyla bu avantajdan pek yararlanılamamaktadır. Bu hatalardan kaçınabilmek için yapıların tasarım ve inşasında mutlaka yönetmeliklere uygun şekilde hareket edilmesi gerekmektedir. Mimari projeyi hazırlayan mimar, depreme dayanıklı mimari tasarım ilkelerine uymalıdır. Taşıyıcı sistemin en uygun şekilde seçilmesi yapının deprem etkilerine dayanma gücü ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle tasarım sürecinde mimarlar ve mühendisler daima işbirliği içinde bulunmalıdırlar. Ancak bu şekilde depreme karşı güvenli yapı tasarımı

yapılabilir. Bir yapıdan istenen en önemli özellik yapı güvenliğini sağlayarak insan hayatının korunmasıdır. D.B.Y.B.H.Y-2007’de (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007) bina taşıyıcı sistemlerine ilişkin genel ilkelerin başında rijitlik, kararlılık ve dayanım gelmektedir. Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan ve betonarme yapıların deprem davranışını etkileyen ve üç tanesi düşeyde ve üç tanesi de planda olmak üzere altı ayrı düzensizlik durumundan, Burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizlikleri (A2) durumlarının betonarme bina türü yapıların deprem davranışına etkisi aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

BÖLÜM 2

YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

2.1 YAPISAL DÜZENSİZLİK KAVRAMI

Bu bölümde yapı düzensizlikleriyle ilgili genel bilgilere yer verilecektir. Yapısal düzensizlikler, yapının deprem davranışını bozucu nitelikte planda veya düşeyde taşıyıcı sistemin içerdiği çeşitli unsurlardır. Yapının deprem performansını düşürürler. Bu düzensizliklerden bazıları taşıyıcı sistemde komşu katların rijitlik, dayanım ve kütlelerindeki ani değişiklikler şeklinde olabilir. Bazıları da simetrik olmayan kat planları, döşeme süreksizlikleri ve planda çıkıntıların bulunması gibi yatayda oluşan düzensizliklerdir. Yapısal düzensizliklerin betonarme yapıların deprem davranışlarında ortaya çıkaracağı olumsuzlukların önüne geçmek için tasarımda uyulması gereken kurallar D.B.Y.B.H.Y-2007 yönetmeliğinde verilmiştir.

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemin düzensizlik içerecek şekilde tasarlanması eleman kesitlerinde oluşan kesme kuvveti ve moment gibi kesit tesirlerinin artmasına neden olur. Bunun sonucunda ise düzensizlik içeren yapılar düzenli yapılara göre daha fazla zorlanmaktadır. Bu zorlanmalar yapıda ağır hasar oluşturabilmekte ve hatta yapının göçmesine dahi yol açabilmektedir.

2.2 PLANDA DÜZENSİZLİKLER

D.B.Y.B.H.Y-2007’de planda düzensizlikler; A1 burulma düzensizliği, A2 döşeme süreksizlikleri ve planda çıkıntı düzensizliği durumlarıdır. Bu düzensizliklerden A1 ve A2 düzensizlikleri aşağıda irdelenmiştir.

2.2.1 A1 Burulma Düzensizliği

Burulma düzensizliği genellikle çok katlı binalarda görülür. Temel nedeni, plan geometrisinin veya taşıyıcı elemanların rijitlik dağılımının simetrik olmamasıdır. Ancak tek başına, plan geometrisi veya rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan yapılarda da duvarların ve hareketli yüklerin yapı içinde simetrik olarak dağılmaması, merdiven ve asansör boşluğu gibi nedenlerden dolayı da burulma düzensizliği görülebilmektedir.

Yapıların deprem anında yalnızca depremden ötürü oluşacak kuvvetlerin etkisi dikkate alınarak hesabı yapıldığında önemli bir etki dikkate alınmamış olur. Çünkü binanın plandaki durumuna bağlı oluşan düzensizlik mevcut ise binada ek bir burulma etkisi söz konusu olacaktır. Burulma olayı yapıdaki rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışmamasından meydana gelen dış merkezliğin neden olduğu ilave moment etkisinin bir sonucudur. Söz konusu burulma etkisinin binada mevcut düzensizlik durumuna bağlı olarak dikkate alınması ve boyutlandırmaya esas olan hesap kuvvetlerine ilave edilmesi gerekir. Burulmanın en önemli nedeni planda yatay doğrultuda yük taşıyıcı elemanların kütle merkezi ile rijitlik merkezlerinin arasında dış merkezlik oluşmasına neden olacak şekilde asimetrik rijitlik dağılımının bulunmasıdır.

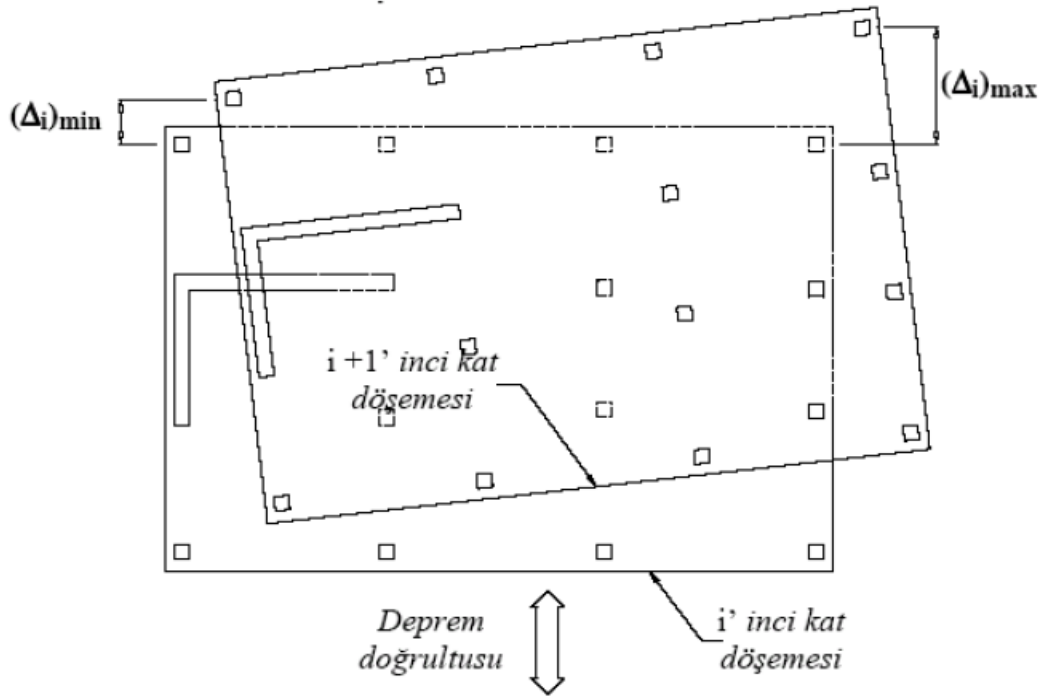
Burulma düzensizliği son yıllarda yapılan deprem yönetmeliklerinde en çok dikkat edilen yapısal düzensizliktir. Yönetmeliklerde önce %5 standart dışmerkezlikli yüklemeler sonucu η_b burulma düzensizlik katsayısı hesaplanır ve daha sonra bu değer 1,2'den büyükse artırılmış dışmerkezliklere göre hesap yapılması öngörülür (Aka 1996, Keskinel 1996, Arad 1996).

Burulma düzensizliğini etkileyen başlıca faktörler; yapının plan geometrisi ve planda rijitlik dağılımıdır. Kat planında, rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezlik minimumda tutulmalıdır. Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında dışmerkezlik olması ve yatay kuvvetlerin etkimesi durumunda kat burulma momenti oluşur (Kara 2001). Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvvetleri oluşturur. Deprem yükleri altında zaten yüksek kesme kuvvetlerine maruz bulunan kolonlara, bir de kat burulma momentinden ek kesme kuvvetlerinin gelmesi istenmeyen bir durumdur. Kat burulma momentini azaltmak veya eğer mümkünse, tümünden yok etmek için kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirine yaklaşması veya çakışması gerekmektedir. Yapıda kütle merkezi hemen hemen sabittir. Kütle merkezinin konumunu değiştirmek için kat içindeki kütle dağılımını değiştirmek gerekir ki, bu zordur.

Ancak, rijitlik merkezi kolon veya perde rijitlikleri ayarlanarak değiştirilebilir (Aka 1996, Keskinel 1996, Arad 1996).

D.B.Y.B.H.Y -2007’de A1-Burulma düzensizliği şu şekilde tarif edilmiştir.

“Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) 1,2’den büyük olması durumudur. ” Şekil 2.1’de burulma düzensizliğinin neden olacağı kat ötelenmeleri gösterilmiştir. Buradan hareketle Bağintı 2.1’de görelî kat ötelenmelerinin yönetmelik hükümlerine göre hesabı gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Görelî kat ötelenmeleri (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

$$\eta_b = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (2.1)$$

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (2.1a)$$

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (2.1b)$$

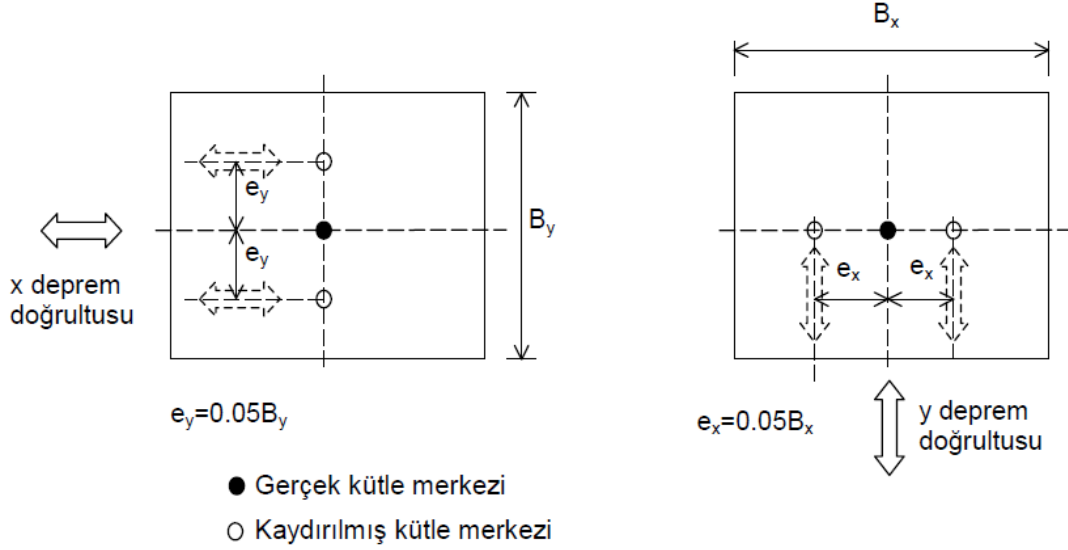
$$(\Delta_i)_{ort} = ((\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}) / 2 \quad (2.1c)$$

Burada, d_i : Binanın i .'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeyi; $(\Delta_i)_{\max}$ i .'inci kattaki maksimum görelî kat ötelenmesini; $(\Delta_i)_{\min}$ i .'inci katta minimum görelî kat ötelenmesini ve $(\Delta_i)_{ort}$ i .'inci katta ortalama görelî kat ötelenmesini göstermektedir.

2.2.1.1 Ek Dış Merkezlik

Betonarme herhangi bir yapıda kolon, kiriş, perde, döşeme ile sabit ve hareketli yükler dikkate alınarak birbirine dik x ve y yönlerine göre sistemin ağırlık merkezi bulunur. Bulunan bu merkez kütle merkezi olarak isimlendirilir. Deprem nedeni ile yapıya etkiyen kuvvetlerin bu merkezden geçen birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri kabul edilmektedir. Deprem kuvvetlerinin taşıyıcı yapı elemanlarında oluşturdıkları kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği noktaya da rijitlik merkezi denilmektedir. D.B.Y.B.H.Y-2007'de herhangi bir i 'inci katta burulma düzensizliği bulunması durumunda, $1,2 < \eta_b < 2$ ise dışmerkezlik değerleri, her iki doğrultu için D_i büyütme katsayısı (Bağıntı 2.2) ile çarpılarak büyütülmeli ve analiz yeniden yapılmalıdır. $\eta_b > 2$ ise 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde dinamik analiz yapılması zorunludur. Çünkü yönetmelikte dinamik hesabın taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Dışmerkezlik hesabı yapılırken depremin her iki doğrultuda geldiği düşünülerek hesap yapılır (Şekil 2.2).

$$D_i = (\eta_b / 1.2)^2 \quad (2.2)$$



Şekil 2.2 Ek dışmerkezlilik (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

Yapısal olarak düzensiz binaların deprem performansı ve yönetmelik maddelerinin değerlendirilmesi konusunda son yıllarda bir çok çalışma yapılmıştır.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007), Aka (1996) ve Gülay (2001)'de Burulma düzensizliği katsayısının yüksek değerler almasında etkin olan faktörler belirtilmiştir.

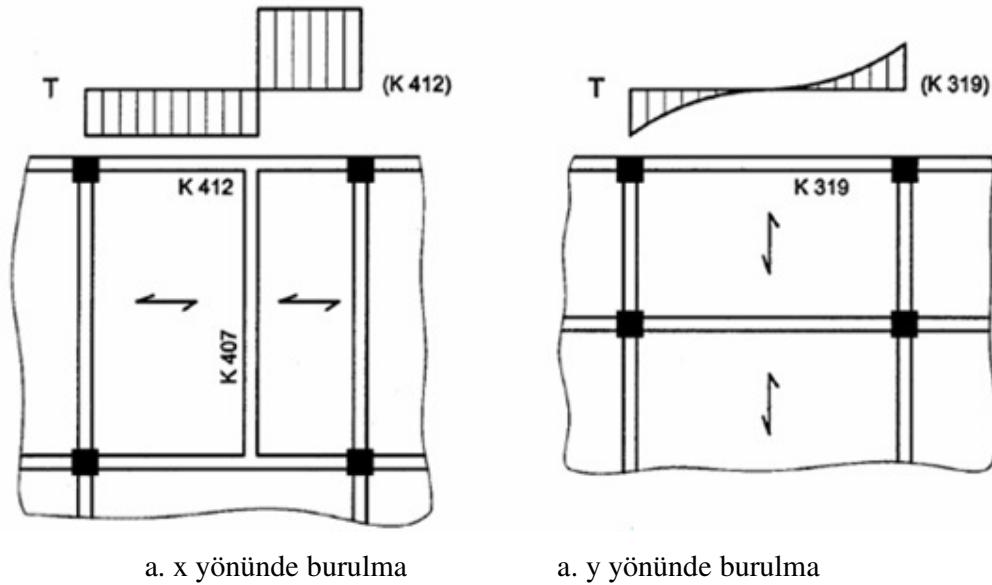
Özmen (2002) ve Özmen (2001) çalışmasında, plan geometrisinin burulma düzensizliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Plan geometrisi düzenli ve düzensiz olmak üzere iki yapı modellemiştir. Bu yapıların burulma düzensizliği katsayıları (η_b) 1,2 ve 1,5 arasında hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalarda rijitlik dağılımının burulma düzensizliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Plan geometrisi dikdörtgen olan iki yapıdan biri rijitlik bakımından düzensiz diğeri düzenli olarak modellenmiştir. Bu iki yapının η_b katsayıları bulunmuş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Daha sonra rijitlik düzensizliği düzeltilen yapının η_b katsayısındaki değişim incelenmiştir. İnceleme sonucunda rijitlik düzensizliği azalırken burulma düzensizliği katsayısı η_b 'nin de azaldığı görülmüştür.

Aydinoğlu (1997), Yaptığı çalışmada Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte yer alan hesap metodları ile kullanılan prosedürler çizelge yardımıyla anlatılmıştır.

Güllü (2004) ve Yoldaş (2005), Yaptıkları çalışmalarda, Türk Deprem Yönetmeliğine göre Perdeli yapılarda A2 (Döşeme Süreksizliği) düzensizliği durumunun düzeltilmesi için perde yerleşiminin etkisi incelenmektedir.

Hiperstatik bir sistemde, yapı elemanına etkiyen burulma momentinin betonarme yapı elemanlarının doğrusal elastik davrandığı varsayımına göre hesabı gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Bir betonarme elemanın burulma sonucu çatlaması ile burulma rijitliği önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle yapı elemanlarını doğrusal elastik davrandığı varsayımına göre hesaplanan burulma momentleri gerçek değerinin çok üstüne çıkmaktadır.

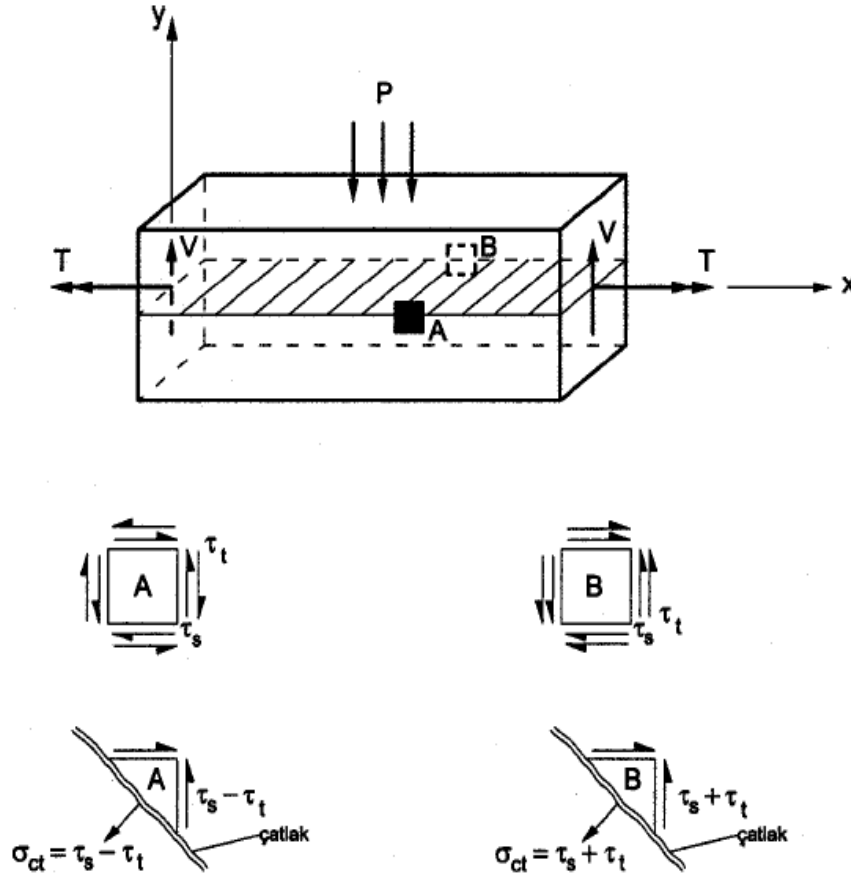
Betonarme yapı elemanlarında burulma momentinin nasıl oluştuğunu göstermek için Şekil 2.3' te iki tipik örnek verilmiştir. Şekil 2.3 (a)'da K412 nolu kirişinin iki ucundaki burulma momentlerinin toplamı, K407 kirişinin saplandığı noktadaki negatif eğilme momentine eşittir. Şekil 2.3(b)' deki kenar kirişte oluşan burulma momentleri ise döşemeden kaynaklanmaktadır. Döşeme mesnedinde oluşan negatif momentler kirişe burulma momenti olarak aktarılmaktadır.



Şekil 2.3 Betonarme sistemlerde x ve y yönünde burulma (Özmen 2001).

Burulma momentleri elemanda kesme kuvvetleri oluşturur. Kesme kuvveti nedeni ile oluşan gerilmelerden farklı olarak bu gerilmeler elemanın iki karşılıklı yüzünde birbirine ters yöndedir. Bu nedenle eğilme ve burulmanın birlikte etkidikleri durumlarda kesme ve burulmadan oluşan kesme gerilmeleri elemanın bir yüzünde aynı iken, karşı yüzde ters

yöndedir (Şekil 2.4). Burulma momenti elemanın bir yüzünde kayma gerilmelerini, dolayısıyla asal çekme gerilmelerini artırdığından eğik çatlak oluşmasına neden olur.



Şekil 2.4 Kesme kuvveti ve burulma nedeni ile kirişin karşılıklı iki yüzünde oluşan gerilmeler (Özmen 2001).

2.2.2 A2 Döşeme Süreksizlikleri

D.B.Y.B.H.Y-2007’de A2 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerektiği belirtilmektedir.

Katlara etkiyen deprem yüklerini, düşey taşıyıcılara aktarmada döşemelerin çok önemli fonksiyonu vardır. Döşemelerin kat düzeylerinde bütün düşey taşıyıcılarını birbirine

bağlaması gibi önemli görevi vardır. Deprem yükleri döşeme plağı düzlemine paralel doğrultuda etki yapar ve plağı çok derin ve ince bir kiriş gibi zorlar. Deprem yükünü kendi düzlemi içinden aktaran döşeme plağı, bu yükü düşey taşıyıcılara aktarır ve bu kısımlarda kesme kuvvetlerinin oluşmasına neden olur.

Döşeme bütün düşey taşıyıcıları beraber sürükleyerek ve ötelenmelerini sağlayarak diyafram görevini tam olarak gerçekleştirmelidir. Bunun için kendi düzlemi içinde etkiyen deprem yükü altında küçük sehim yapmalıdır. Bunun davranışın sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Ayrıca büyük boşlukların bulunduğu ve özellikle kolon veya perdeye mesnetlenen kirişsiz döşemelerde mesnetlerin kenarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştırarak gerilme yığılmalarına sebep olur. Yapıda döşeme boşluklarının oluşması ile oluşan düzensizlik nedeni ile yapılarda oluşması muhtemel rijitlik azalması sonucu yatay deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılması zorlaşır (Güllü 2004).

Şekil 2.16 (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007)'da görüldüğü gibi döşemenin kalınlığında ani sayılabilecek değişikliklerde de deprem kuvvetlerinin iletilmesinde gerilme yığılmalarına sebep olmaktadır. Bu düzensizlik için yönetmelikte herhangi bir hesap ayrıntısı bulunmamaktadır. Bu tür düzensizliklerin önlenmesi en iyi çözüm olacaktır.

2.2.2.1 Döşemenin Fonksiyonu

Döşemelerin deprem anındaki görevi taşıdığı ölü yüklerin yanında yatay deprem yüklerini de kirişler ile birlikte düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlamaktır. Yapıların kat kütlelerinin seviyelerinde toplanabileceği varsayımına göre deprem kuvvetleri bu seviyelerde yapıya etkimektedir. Döşeme rijit diyafram şeklinde çalışır ve rijit ötelemenin yanında şekil değişimine uğrar. Hesapları kısaltmak için şekil değiştirmeler ihmal edilerek döşemenin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmektedir. Yapıların kat kütlelerinin kat seviyelerinde toplanabileceği varsayımına göre deprem kuvvetleri bu seviyelerde yapıya etkimektedir (Tezcan 2003).

Döşeme rijit diyafram şeklinde çalışır (Şekil 2.5a). Rijit ötelemenin yanında şekil değişimine de uğrar (Şekil 2.5b). Şekil değiştirmelerin ihmal edildiği ve hesapları çok kısaltan bir yaklaşım ise döşemenin rijit diyafram olarak çalıştığını kabul etmektir.



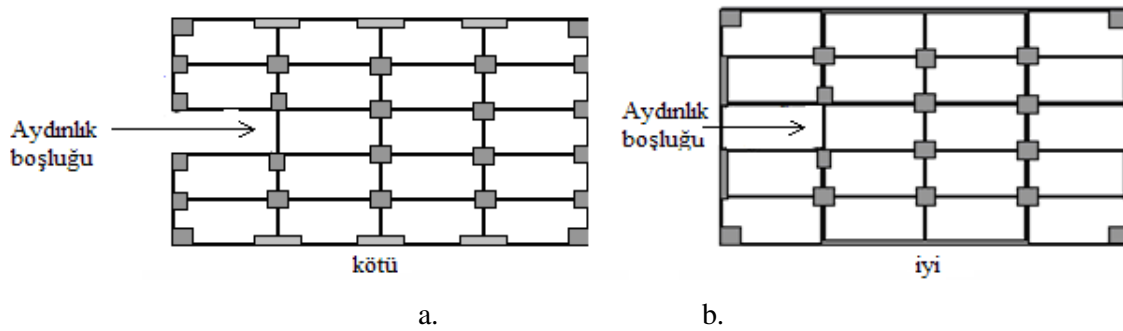
Şekil 2.5 a.Döşemenin rijit çalışması, b.Döşemenin esnek çalışması (Tezcan 2003).

2.2.2.2 A2 Döşeme Süreksizliğine İlişkin Diğer Örnek Binalar

Aydınlık boşluğu

Yapının komşu yapı tarafında veya çok daireli yapının ortasında, bazı hacimlerin ı ışık alabilmesi için, aydınlık boşluğu bırakılır. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi aydınlık bölgesindeki kirişler bazen yapılmamaktadır. Döşeme de olmadığı için yapıda bir düzensizlik oluşur, yapının bu bölgesi daha esnek davranır. Bunun sakıncaları vardır. Şöyle ki; yapının bu bölgesi yumuşak davranır. Yatay kuvvetlerin kolondan-kolona aktarımı zorlaşır.

Boşluk civarındaki kolonlar aşırı yatay yer değiştirirler. Yapı burulma etkisinde kalır. Bu durumu düzeltmek için; Şekil 2.6b'de görüldüğü gibi aydınlık bölgesindeki kirişler kesilmeden mutlaka sürekli olarak yapılmalıdır.

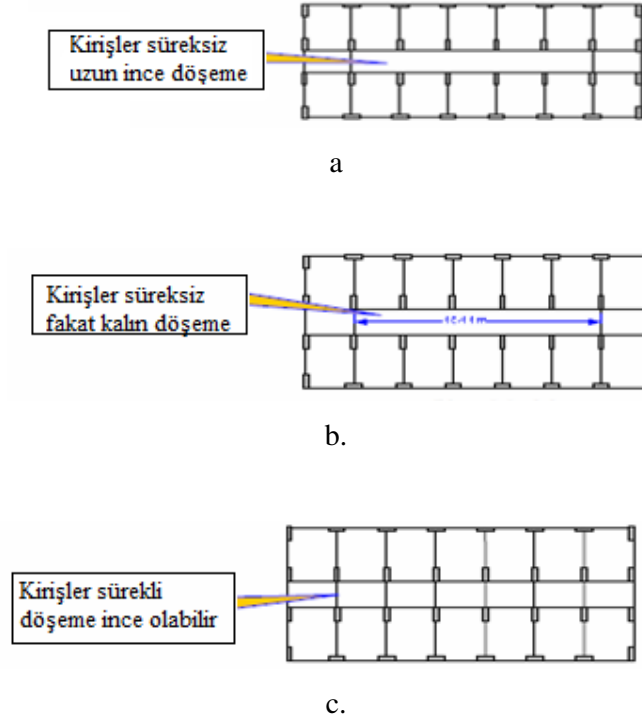


Şekil 2.6 a. Kirişsiz aydınlık boşluğu, b. Kirişli aydınlık boşluğu (Körlü 2003).

Uzun kirişsiz koridor

Çoğunlukla yapı koridorlarında sarkan kiriş istenmez. Bu durumda bir doğrultuda çalışan uzun bir döşeme oluşur. Döşeme açıklığı küçük olduğundan döşemenin düşey yük

momentleri de küçük olur. Statik-betonarme hesaplarında yatay yük etkileri dikkate alınmadığından, ince bir döşeme ile yetinilir (Şekil 2.7a). Halbuki döşemenin yatay yükleri kirişler ile beraber kolondan-kolona aktarmak gibi çok önemli bir işlevi vardır. Bu nedenle kalın olması gerekir (Şekil 2.7b). Eğer kirişler Şekil 2.8c’ de görüldüğü gibi sürekli ise ince olabilir. Tarif edilen bu durumun sakıncaları şunlardır:



Şekil 2.7 a.Kirişler sürekli uzun ince, b.Kirişler sürekli fakat kalın, c.Kirişler sürekli döşeme ince

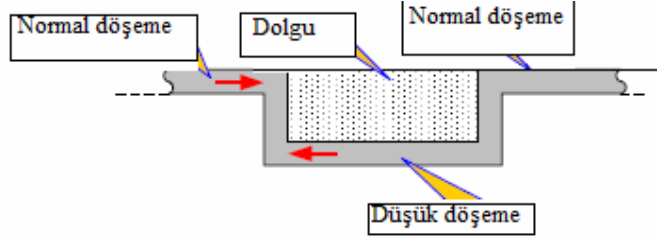
- Yatay kuvvet(deprem/ rüzgâr) aktarımı zorlaşır.
- Döşeme yeterince rijit davranamaz, yatay kuvvetin kolon ve perdelerle dağılımı düzensiz olur.
- Yatay kuvvet etkisi altında döşeme buruşabilir.
- Donatı boyu yetersiz kalır, eklemek gerekir.
- Büzülme etkileri belirginleşir.

Bu olumsuzlukların oluşmaması için aşağıdakiler yapılmalıdır;

- Kirişler koridorda da sürekli olmalı.
- Kirişler yapılamıyorsa, döşeme kalınlığı artırılmalı (20-30 cm)
- Döşeme boyu çelik çubuk boyundan fazla olmamalı (10-11 m)

Düşük Döşeme

Banyo tuvalet gibi ıslak hacimlerde, atık su tesisatını gizlemek amacıyla mimarlar projelerinde düşük döşeme tasarlamaktadırlar. Deprem sorunu olmayan Avrupa ülkelerinden kopyalanmış bir çözümdür. Deprem riski çok yüksek olan Türkiye'ye uygun değildir. Döşemenin yatay yükleri kirişler ile beraber kolondan-kolona aktarmak gibi çok önemli işlevi düşük döşemeli sistemlerde gereği gibi gerçekleştirememektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Düşük döşeme örneği (Körlü 2003).

Düşük döşeme yapmanın sakıncaları şunlardır:

- Yatay kuvvet (deprem/kuvvet) aktarımı zorlaşır.
- Döşeme yeterince rijit davranamaz, yatay kuvvetin kolon ve perdelerine dağılımı düzensiz olur.
- Yatay kuvvet etkisi altında rijitliğin ani değiştiği noktalarda döşeme kırılabilir.

Bu durumun oluşmaması için şunlar yapılabilir:

- Düşük döşeme yapılmamalıdır.
- Düşük döşeme yerine izolasyonlu asma tavan yapılabilir.

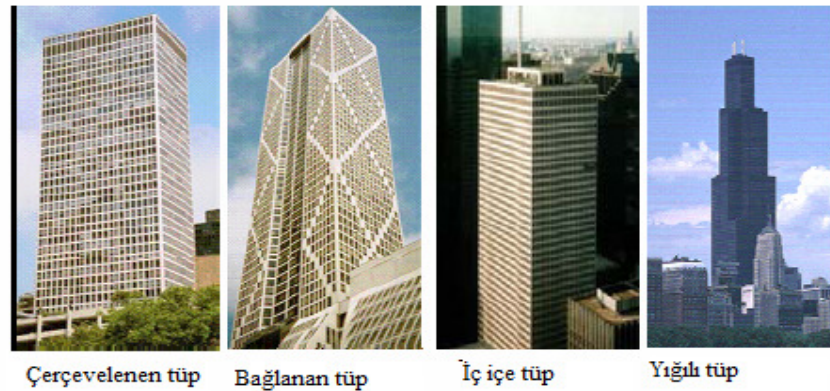
2.2.3 Yatay Deprem Yüklerine Karşı Direnen Sistemler

Dünyada teknolojik gelişmelere paralel olarak betonarme yapıların yatay deprem yüklerine karşı dayanımını artırmak için değişik metodlar geliştirilmiştir. Örneğin Temel seviyesinde uygulanan elastomerik yastık ve sönümleyiciler sayesinde Yeni Zelanda Ulusal Te Papa Tongarewa Müzesi binasının tasarım esnekliğinden ödün verilmemiştir. Kuzey Anadolu Fay hattı ile aynı özellikleri gösteren San Andreas Fay Hattı üzerinde bulunan Northridge'de yapılan Arrowhead Bölgesel Tıp Merkezi kauçuk izolatör ve darbe yutuculardan oluşan pasif, hibrid sönümleme sistemi ile çok çarpıcı bir örnektir.

Bazı yapılarda planda çok sayıda yapılan çıkıntılar birbirinden ayrılarak modül şeklinde tasarlanmakta deprem sırasında bu çıkıntıların yapının tümünden ayrı hareket etmesi önlenerek birleşim noktalarında gerilme birikmesinin oluşumu dolayısıyla hasar oluşumu önlenmektedir. Böylece yapının deprem dayanım direnci artmaktadır.

Etkin bir deprem güvenliği için yapının kütlesi minimize edilmelidir. Bu kapsamda örnek olarak Yeni Avrupa Parlamento binası verilebilir. Az miktarda beton ve çeliğe ihtiyaç duyularak yapılan binada esneklik ve deprem dayanımının sağlanmasında normalden çok daha fazla bir kazanç sağlanmıştır.

Rijit sistemler kolonlar ve kirişlerle beraber yatay yüklere direnç göstererek aynı zamanda bir sapma açısı oluşturmaktadırlar. Bu nedenle orta yükseklikteki binalarda kullanılırlar (20 kata kadar). Çok yüksek binalarda yatay deprem yüklerine karşı direnci artırmak için değişik sistemler kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Rijitliğin simetrik olması durumunda kütle merkezi ile çakışan ağırlık merkezi deprem yükleri altında oluşacak burulma momentini minimum seviyede tutarak yapının hasar görmesini önlemektedir. Örnek olarak Granada Üniversitesi Politeknik Merkezi verilebilir.



Şekil 2.9 Deprem yüklerine karşı direnen binalar (Ersoy 1995).

Depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesinde yer alan üç temel kıstas, dayanım, rijitlik ve sünekliktir. Yapılardan istenen bu koşulların yeterli şekilde sağlanmasıdır. Bu koşulların tam olarak gerçekleşebilmesi ise düşey taşıyıcı elemanların uygun ve yerinde kullanımı ile olmaktadır. Günümüzde düşey elemanların yanında çapraz çelik örmeler (bracing) yapının sismik gücü için yeni bir metottur (Ersoy 1995). Şili’de yapılmış olan Manantiales Binası 17 katlı bir binada yapısal bileşenlerin sismik dayanımında önemini gösteren bir uygulamadır.

Bina yükseldikçe sıklığı azalan ve enkesiti küçülen kolonlar bir esneklik sağlar. Özellikle en üst katlarda yer alan cephe çevresindeki çaprazlamalar tüm salınımı kontrol etmekte, periyodu azaltmakta ve sisteme ilave rijitlik kazandırmaktadır.

Bir binanın mimari tasarımı ile deprem güvenliği arasında çok sıkı ilişkiler mevcuttur. Binanın büyüklüğü, plan ve yükseklik boyutları, geometrik şekilleri, kütle ve rijitlik dağılımındaki düzen ve düzensizlikler o binanın depreme dayanım güvencesini etkileyen en önemli parametrelerdir. Herhangi bir deprem anında yapıya gelecek deprem kuvvetlerinin karşılanması yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan biridir. Deprem anında yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin yapıdaki düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içinde yükler etkisinde kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur (Özmen 2001). Genel olarak döşemeler düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu yüzden döşemelerin deprem anındaki görevleri deprem yüklerini düşey taşıyıcılara güvenli bir şekilde aktarmaktır. Döşeme rijit ise diğer bir deyişle rijit diyafram olarak çalışıyorsa yatay yükler altında kendi düzlemi içinde deforme olmadan rijit bir kütle gibi öteleme hareketi yaparlar.

Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılmazı gereken olumsuzluklardır. Bu özellikleri taşıyan yapılar taşıyıcı sistem olarak düzensiz yapı olarak kabul edildikleri için düzenli yapılara nazaran hatalı uygulamalara sebep olabilecekleri gibi boyutlamada da ekonomik olmaktan uzak olurlar.

A1 ve B2 türü düzensizlikler, Çizelge 2,1’de belirtildiği üzere deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde etken olan düzensizliklerdir (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

Çizelge 2.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_b \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_b \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

Çizelge 2.1’de H_N temel üst seviyesinden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliğini göstermektedir.

2.3 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

2.3.1 2007 Deprem Yönetmeliği

D.B.Y.B.H.Y-2007’de binaların depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için minimum koşulları tanımlamaktır. Bu nedenle köprüler, barajlar vs. gibi bina türü olmayan yapılar için bu yönetmelik geçerli değildir. D.B.Y.B.H.Y-2007’de depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi hafif şiddetteki depremlerde yapısal olan ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

D.B.Y.B.H.Y-2007’de içerik olarak 1998 (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1998) yönetmeliğinin yeniden revize edilmesi olmakla beraber 1998 yönetmeliğine benzerdir. Ancak, “Mevcut Binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi” bölümünü eklenmiş ve sel, çığ ve kaya düşmesi gibi doğal afetlerin anlatıldığı bölüm çıkarılmıştır. Diğer iki önemli yenilik ise ahşap ve kerpiç binaların deprem yönetmeliği kapsamında çıkarılmasıdır. 1998 deprem yönetmeliği incelendiğinde temel amaç olarak 1998 yönetmeliği koşullarına uygun olarak yapılmamış mevcut binaların gelecekte maruz kalacakları deprem etkileri altında gösterecekleri performansın değerlendirilmesi ve deprem dayanımı yeterli olmayan binaların güçlendirilmesi için gerekli olan kuralların tanımlanmasıdır. D.B.Y.B.H.Y.2007’de bu

konuya gereken hassasiyet gösterilmiş ve yönetmeliğinin 7. bölümü bu amaçla hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, şiddetli depreme karşılık gelmektedir. Bina önem katsayısı $I = 1$ olan binalar için, tasarım depreminin 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10'dur. Yönetmelikte bu şekilde tanımlanan depreme göre yapılan yapı tasarımının ilk iki aşamada öngörülen yapı davranışını güvenli bir biçimde sağlayacağı kabul edilir. Yönetmeliklerde tanımlanan şiddetli depremin etkisi altında yapının göçmeksizin ayakta kalabilmesi, yapıda belirli bir dayanımın bulunmasıyla birlikte, önemli ölçüde enerji yutabilme kapasitesinin sağlanmış olmasına bağlıdır. Bu iki yapısal özellik, yukarıda ikinci aşamada belirtilen yapısal davranış için de gereklidir. Birinci aşama için öngörülen doğrusal elastik davranış ise tümüyle yapı elemanlarının yeterli dayanımı ile sağlanır.

2.3.1.1 Genel İlke ve kurallar

D.B.Y.B.H.Y- 2007'de yapısal düzensizlikler planda ve düşeyde olmak üzere iki grup halinde incelenmiştir. Plandaki düzensizlikler A grubu düzensizlik olup, A1, A2 ve A3 olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Düşeydeki düzensizliklerde B grubu düzensizlik olup B1, B2 ve B3 olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. D.B.Y.B.H.Y-2007'ye göre binaya gelen depremin yıkım enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistem tarafından tüketilmesi gerektiği belirtilmiş olup, yapı tasarlanırken sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulması gerekmektedir.

2.3.1.2 A1 Burulma Düzensizliği

D.B.Y.B.H.Y -2007'de A1 Burulma düzensizliği şu şekilde tarif edilmiştir.

“Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur”. (Şekil 2.1).

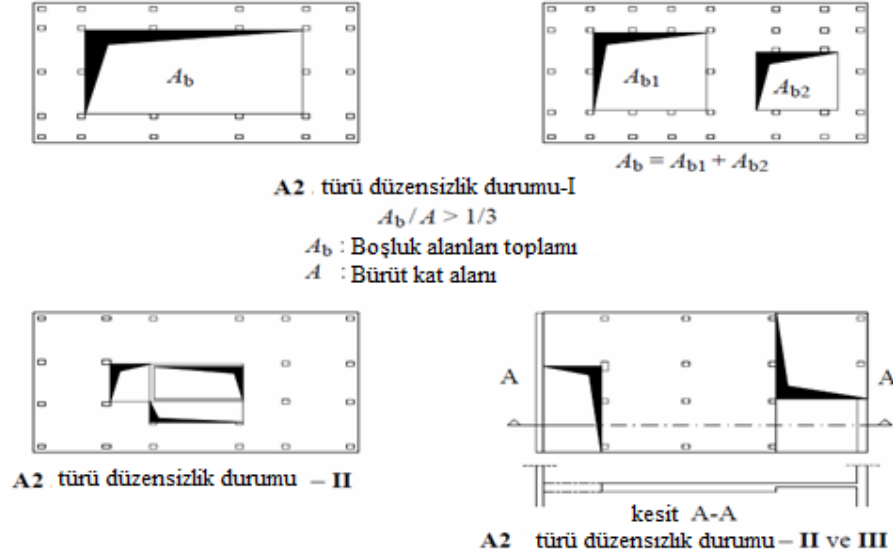
2.3.1.3 A2 Döşeme Süreksizliği

D.B.Y.B.H.Y -2007'de A2 Döşeme Süreksizliği şu şekilde tarif edilmiştir.

“Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 2.10) görüldüğü üzere;

I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

- II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu'' olarak tanımlanmaktadır.

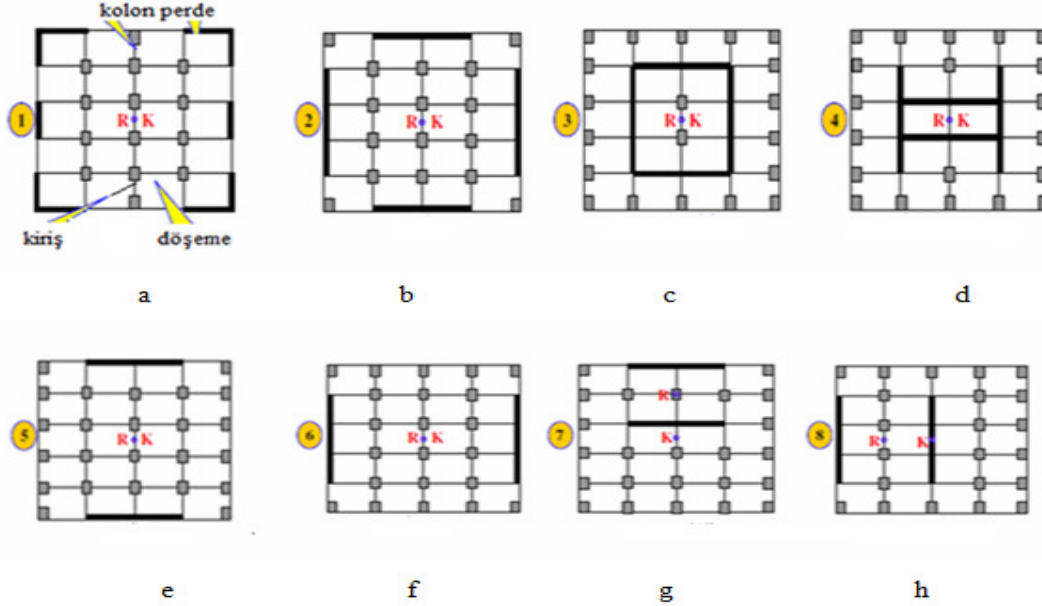


Şekil 2.10 A2 döşeme süreksizlikleri (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

2.4 A1 YAPISAL DÜZENSİZLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.4.1 A1 Burulma Düzensizliği

Aşağıdaki şekillerde burulma düzensizliğine maruz değişik yapı modelleri üzerinde durulmuştur. Şekil 2.11’de kolon ve perdelerin yerlerinin değişik olması halinde yapıya gelen deprem etkisi incelenmiştir.



Şekil 2.11 Çeşitli perde ve kolon yerleşim yerleri (Ersoy 1995). a.iyi, b.iyi, c.daha az iyi, d.çok daha az iyi, e.kötü, f.kötü, g.çok kötü, h.çok kötü.

Yukarıdaki örnekler incelendiğinde:

Örnek a,b,c ve d'de: Perde miktarı aynıdır, aynı deprem kuvvetini alırlar ve yatay yer değiştirmeyi aynı miktarda sınırlarlar. Rijitlik ve kütle merkezleri çakışmaktadır. Ancak c ve d örneğinde perdeler yapı içine kaydırıldığından burulmaya karşı a ve b örneğindeki kadar direnemezler. E ve f örneklerinde rijitlik ve kütle merkezleri çakışmaktadır, fakat yapının durumu depremin geliş yönüne bağlıdır. Deprem x yönünden gelirse e örneğinde yapıdaki perdeler direnir, f örneğindeki yapıda ise x yönünde perde olmadığından yıkılma olasılığı e örneğine göre daha fazladır. Deprem y yönünden gelirse e örneğinde y yönünde perde olmadığı için yıkılma olasılığı, y yönünde perdeye sahip f örneğine göre daha fazladır. G ve h örneklerinde perdeler yapıya zarar verir. Çünkü yapının bir tarafına yerleştirilmişlerdir, rijitlik ve kütle merkezleri arasındaki kaçıklık çok büyüktür, bu yapılar burulur. Perdeler yatay kuvvetlere karşı en büyük direnci gösteren, yapının göçmesini zorlaştıran elemanlardır. Kolonlara nazaran çok büyük olan rijitlikleri nedeniyle deprem kuvvetinin çok büyük bir kısmını taşırlar, yatay yerdeğiştirmelerin küçük kalmasını sağlarlar ve yapının burulmasını önlerler.

Perdelerin yukarıda belirtilen işlevleri sağlayabilmesi için çok bilinçli yerleştirilmesi gerekir. Aksi halde yapıya yarar yerine zarar verirler. Perde ve kolonlar kat kütle merkezinden (yaklaşık olarak kat alanının geometrik merkezi) geçen x ve y eksenlerine göre simetrik yerleştirilmezlerse kat

rijitlik merkezi kütle merkezi ile çakışmaz ise e_x ve e_y dış merkezlikleri oluşur. Deprem kuvveti daima kütle merkezinden geçer. Deprem x yönünden geldiğinde, yapı x yönünde ötelenir ve e_y dışmerkezliğinin oluşturduğu burulma momenti yapıyı rijitlik merkezi etrafında döndürür. O halde burulma momentlerinin oluşmaması için perdeler ve kolonlar elden geldiğince rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışacak şekilde yerleştirilmelidir. Bunun sağlanması için;

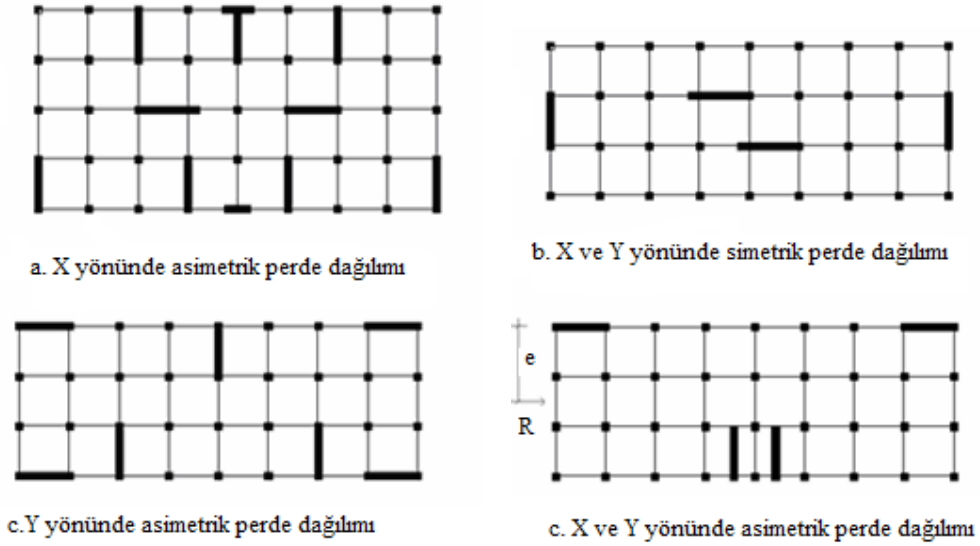
1. Perdeler hem x hem de y yönünde elden geldiğince, rijitlikleri eşit olacak şekilde konulmalıdır.
2. Kolonlar ve perdeler elden geldiğince, x ve y eksenlerine göre simetrik olacak şekilde tasarlanmalıdır.
3. Yine elden geldiğince yapı ortalarına da bir iki perde olacak şekilde, yerleştirilmelidir.
4. Deprem perdeleri mümkün olabildiğince yapının dış kısmına yerleştirilmelidir.

Böylece betonarme yapılar da, yukarıdaki 1.,2.,ve 3. maddelerin uygulanması ile kütle ve rijitlik merkezleri çakışmakta ve 4. maddenin uygulanması ile de burulma momentine karşı daha etkili olarak direnç sağlanmaktadır. Aynı zamanda yapıların ortasındaki yerdeğiştirmeler ile perde temelindeki dönmeler önlenecektir.

Şekil 2.12’de perdelerin planda yerleşim yerlerinin değişik olması durumunda yapının depremde göstereceği performans incelenmektedir.

Şekil 2.12a’da yapının düşey taşıyıcı elemanlarının yerleşim planı incelendiğinde yapıda x yönünde perde duvar konulduğu, y yönünde ise hem iç hem de dış kısımda perde konulduğu görülmektedir. Perdelerin yapıya gelen deprem kuvvetleri nedeni ile üzerine gelen kesme kuvvetlerinin çoğunu karşılayabilmesi için dış kısma konulması gerektiği bu yapının mevcut haliyle burulmaya maruz kalacağı ve yapıda A1 burulma düzensizliği oluşacağı anlaşılmaktadır. Şekil 2.12b’de ise perde duvarlar her iki yönde simetrik olarak yerleştirilmesine rağmen y yönünde dış kısma, x yönünde ise iç kısma yerleştirildiğinden yapı y yönünde deprem kuvvetlerinin önemli bir kısmının perde duvarlar aracılığı ile karşılarken x yönünde ise perdelerin içte olması nedeni ile yeterince karşılamadığından yapıda burulma meydana gelmektedir. Şekil 2.12c’de x yönünde simetrik perde duvar olmasına rağmen y yönünde perdelerin yerleşimi hem iç kısımda hem de asimetrik yerleştirilmiş bu durumda yapıda burulma oluşmasını sağlayan temel nedenlerden biridir.

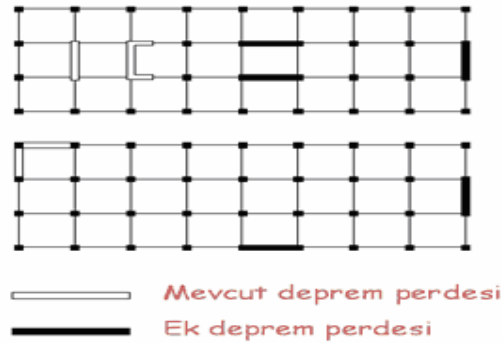
Şekil 12d’de ise perdeler x ve y yönünde asimetric olarak tek yönde yerleştirilmiştir. Bu nedenle yapıda burulma nedeni ile A1 düzensizliği oluşmaktadır.



Şekil 2.12 Hatalı perde yerleşim örnekleri a,b,c ve d (Ersoy 1995).

Bağlantıları zayıf prefabrike panolar gibi esnek döşemeler halinde perdeler birbirine olabildiğince yakın olmalıdır.

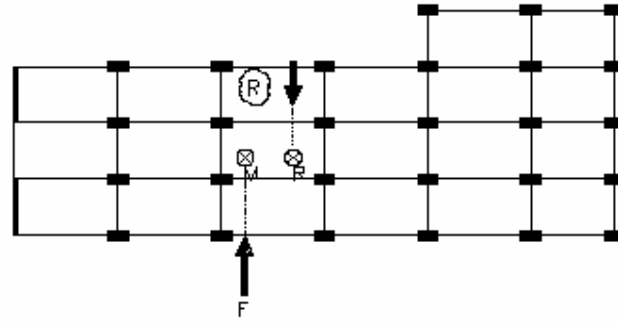
Uzun doğrultuda uçlarda yerleştirilen perdeler ısı genleşmeleri ile önemli iç kuvvetlere ve zorlamalara sebep olurlar (Şekil 2.12 c ve d). Bina döşemelerinde perdeler kısa doğrultuda Şekil a ve b’ deki gibi yönlendirilmelidir.



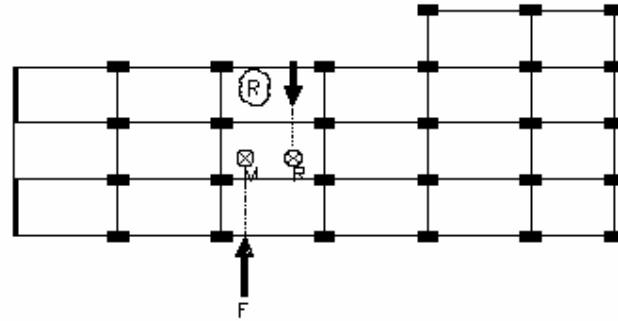
Şekil 2.13 Mevcut yapıya deprem perdesi takviyesi (Ersoy 1995).

Mevcut bir yapıda perde yerleşim hatasının düzeltilmesi için mevcut perde sayısının yeterli olmaması halinde, yeni perdelerin ilavesi burulma etkilerini azaltacak biçimde tasarlanmalı ve

inşa edilmelidir. Şekil 2.13'te mevcut perdelerle yeni ilave edilen perdelerle hem burulma etkileri giderilmekte, hem de her iki doğrultuda yeterli oranda perde yerleştirilmiş olmaktadır.



b. X ve Y yönünde asimetrik kolon ve perde



b. X ve Y yönünde asimetrik kolon ve perde

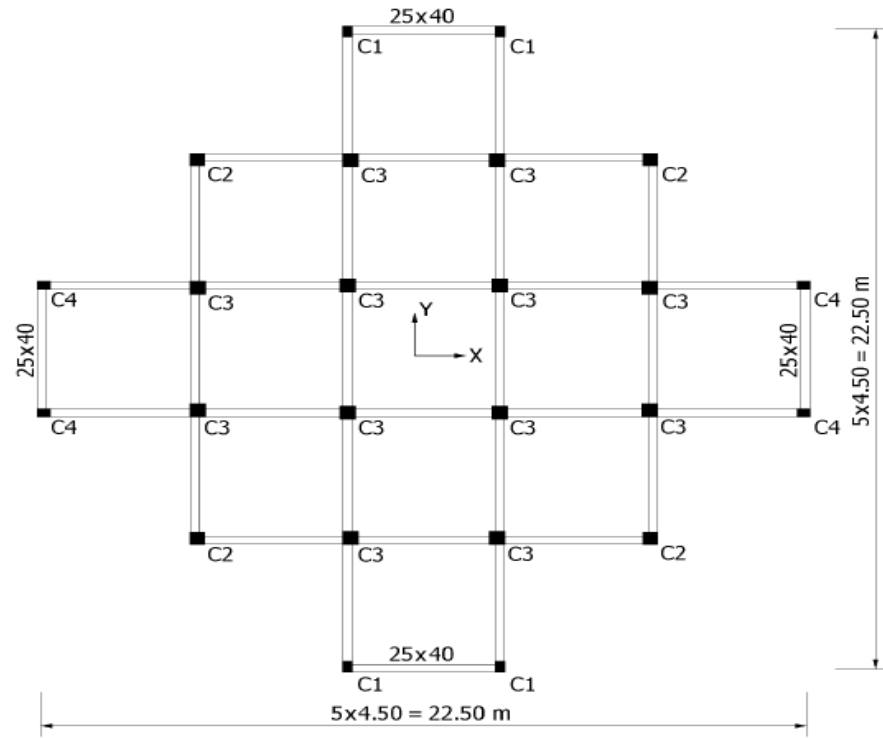
Şekil 2.14 a ve b Burulma momentine maruz yapı (Körlü 2003).

Hem geometri hem de rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapıların incelenmesinden elde edilen en önemli sonuç, bu tip yapıların davranış biçimlerinin sadece rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar ile paralel nitelikte olmasıdır. Buradan planda rijitlik dağılımının dengesiz olmasının yapıda burulma düzensizliğinin (Şekil 2.14a ve b) oluşmasına neden olan etkenlerden biri olduğu sonucuna varılmaktadır.

Planda düzensizliklerle ilgili çeşitli çalışmalar vardır. Burulma etkisini incelemek için geçmişte çok katlı asimetrik yapıların yerine tek katlı yapı modelleri incelenmiştir. Son yıllarda ise yapıların daha gerçekçi doğrusal olmayan deprem performansını açıklamak için çok katlı yapılar incelenmiştir. Bununla birlikte bu konuda geniş kapsamlı çalışmalar olmasına rağmen yapının doğrusal olmayan depremsel davranışının karmaşıklığı düzensiz binaların hareketini etkileyen parametrelerin çok sayıda olması nedeni ile evrensel olarak kabul edilmiş sonuçlara ulaşılmasını engellemiştir. Bu çalışmalardan iki tanesi çalışmalarını herhangi bir kod tasarım sınırlaması olmaksızın çift yönde dışmerkezlikli tek katlı model ile

parametrik analizler yürütülmüştür (Perus ve Fajfar 2005). Doğrusal olmayan davranışa haiz yapılarda burulma etkileri genel olarak elastik yapılardaki gibi olmaktadır. Çünkü yapının depreme karşı elastik ve elastik ötesi türden tepki vermesi döngüsel formdan ziyade çevrimsel formda olmaktadır.

Şekil 2.15'te görülen ve kolon kesitleri Çizelge 2.2'de verilen yapıda kolonların simetrik yerleştirilmesine rağmen yapıda burulma düzensizliği oluşmaktadır (Çizelge 2.3).



Şekil 2.15 Burulma düzensizliğinin olmadığı simetrik yapı (Körlü 2003).

Çizelge 2.2 Katların kolon kesitleri (Körlü 2003).

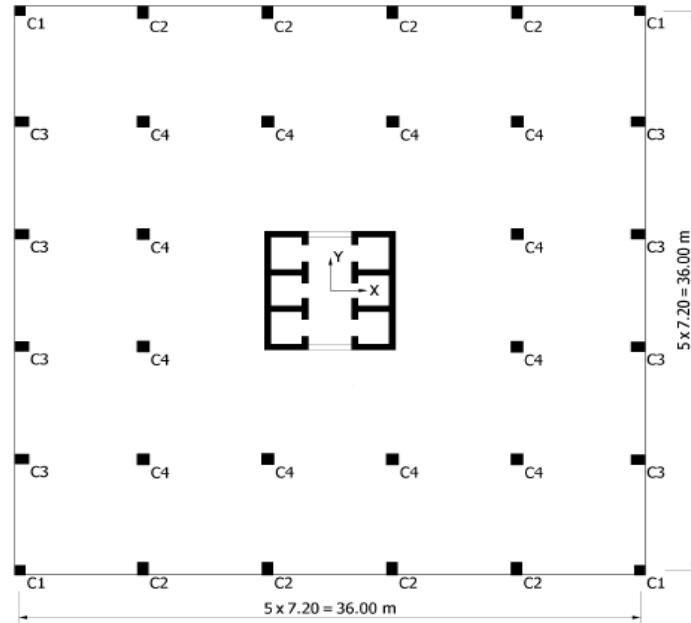
Kat No	C1	C2	C3	C4
10-9	25*30	30*30	40*40	30*25
8-7	25*30	35*35	40*40	30*25
6-5	25*35	40*40	45*45	35*25
4-3	25*40	45*45	50*50	40*25
2-1	25*45	50*50	60*60	40*25

Çizelge 2.3 CC2 yapısı için burulma düzensizlik katsayıları (Özmen 2004).

Kat No	η_t ($\delta_{\max} / \delta_{\text{avg}}$)
10	1.248
9	1.247
8	1.246
7	1.247
6	1.248
5	1.249
4	1.251
3	1.254
2	1.258
1	1.263

$\eta_t > 1,2$ olduğu için yapı burulma düzensizliğine maruzdur.

Bazen de Şekil 2.16’da görüldüğü gibi yapıda kolonların yerleşimi simetrik olmasına rağmen kolon kiriş yerleşim planının merkezindeki perde duvarlı çekirdek kısmından dolayı yapıda burulma düzensizliği oluşabilmektedir (Çizelge 2.4).

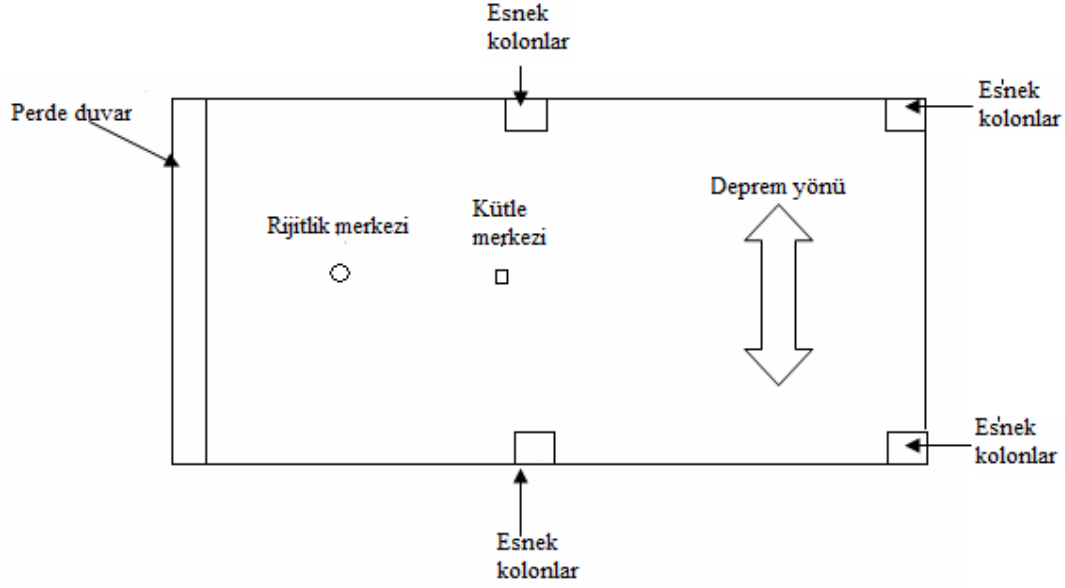


Şekil 2.16 Burulma düzensizliğinin olduğu simetrik yapı (Özmen 2004).

Çizelge 2.4 X ve Y yönünde burulma düzensizliği (Özmen 2004).

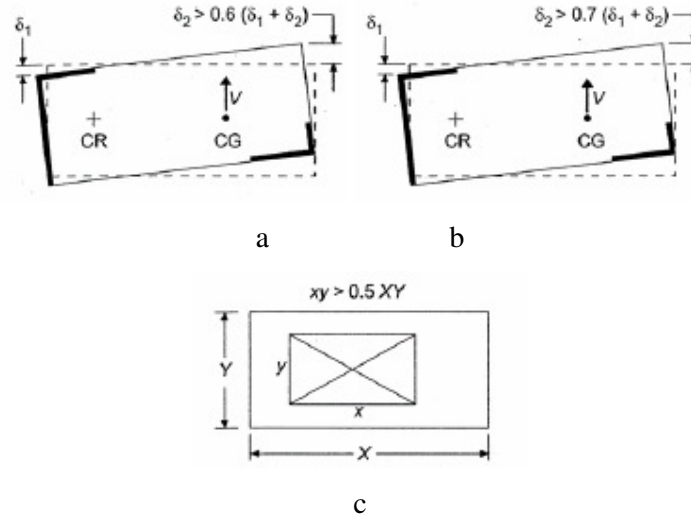
Kat No	η_i <i>x yönü</i>	η_i <i>y yönü</i>
10	1.192	1.347
9	1.193	1.365
8	1.194	1.385
7	1.194	1.407
6	1.195	1.429
5	1.195	1.453
4	1.195	1.478
3	1.195	1.506
2	1.195	1.537
1	1.194	1.576

Çizelge 2.4 incelendiğinde burulma katsayısı x yönünde 1,2 ye yakın y yönünde ise 1.576 uzanmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısını azaltmak için dış eksenlerdeki rijitliği artırmak gerekmektedir. Bunun için kiriş olarak çevrede parapet duvarlar kullanılmalı, çevre kolonların sayısı ve kesitleri artırılmalıdır ve çevrede veya çevreye yakın perde duvarların sayısı artırılmalıdır. Burulma etkisinin oluşumunun temel nedeni yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dış merkezliğin olmasıdır. Şekil 2.17’de yapının sol tarafında perde duvar vardır. Sağ tarafında ise kolonlar bulunmaktadır. Bu durum yapıda burulma oluşmasına sebep olmuştur. Şekil 2.17’ye dikkat edilecek olunursa yapının sol tarafında bulunan perde duvar yapıda burulma düzensizliğinin oluşmasına sebep olmuştur. Yapının kütle merkezi ile geometrik merkezi aşağı yukarı aynıdır. Ancak yapıda sadece sol tarafta bulunan perde duvar nedeniyle yapının rijitlik merkezi farklı bir noktada oluşmuştur. Oysaki yapı tasarlanırken her iki yöne eşit sayıda deprem perdesinin konması gereklidir, aksi takdirde yapıda burulma momentine maruz bir yapı görülmektedir.



Şekil 2.17 Burulma momentine maruz kolon ve perdeli yapı (Ersoy 1995).

Aşağıda Şekil 2.18’de Betonarme yapılarda A grubu yapısal düzensizliklere ilişkin ilgili örnekler toplu halde görülmektedir.

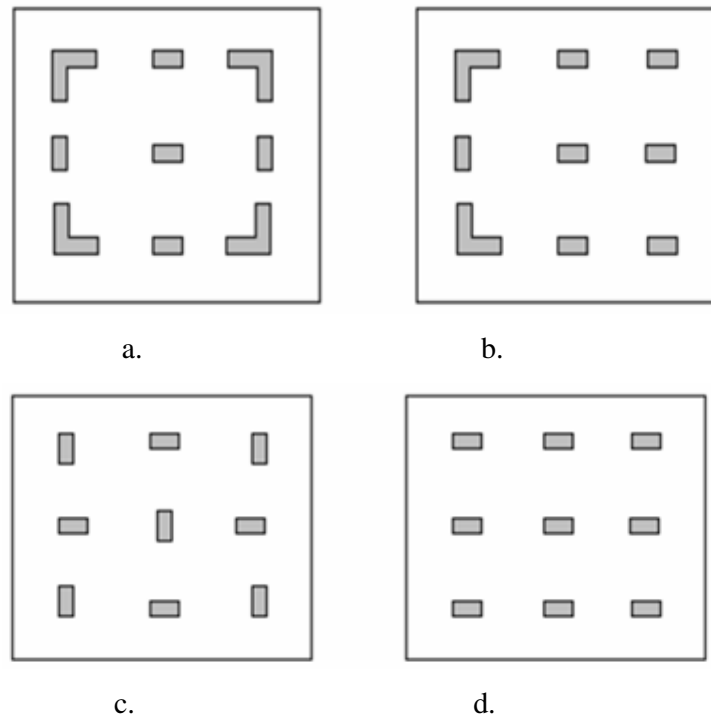


Şekil 2.18 Planda düzensizlik durumlarına örnekler, a)Burulma düzensizliği, b)Burulma düzensizliği, c) Döşeme süreksizliği (Güler 2005).

Şekil 2.18a ve Şekil 2.18b’de yapıda düşey taşıyıcı elemanların dağılımının asimetrik olması sonucu yapıdaki rijitlik dağılımı da düzensiz olmuş bu durum yapıda A1 burulma düzensizliğine sebep olmuştur. Şekil 2.18c’ de ise döşemedeki boşluğun simetrik olmaması ve toplam alanın 1/3 ünden fazla olması sonucu rijitlik düzensizliği oluşmuş bunun sonucunda

yapıda A1 burulma düzensizliği ile beraber A2 döşeme süreksizliği nedeni ile yapıya gelen deprem kuvvetlerinin dağılımında dengesizlik oluşmuştur.

Perdeleri düzensiz yerleştirilen yapılar ve hep aynı yönde yerleştirilmiş kolonlarla tek bir yönde rijitliği artırılmış yapılar depremde büyük hasar alır (Şekil 2.19b ve d). Bu nedenle Şekil 2.19 a ve c’de olduğu gibi rijitlik dağılımının her iki yönde de dengeli dağılması gerekir. D.B.Y.B.H.Y-2007’de yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin aynı veya yakın nokta olması istenmiştir.



Şekil 2.19 Burulma düzensizliği (a) Doğru, (b) Yanlış, Bir yönde daha büyük rijitlik (c) Doğru, (d) Yanlış (Alyamaç 2004).

Bir yapı tasarlanırken dikkat edilmesi gereken temel unsurlardan biri yapıya gelen deprem kuvvetlerinin güvenle karşılanmasıdır. Yapıya gelen yatay deprem yüklerinin karşılanması ve yapıdaki düşey elemanlara aktarılması döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içinde deprem yüklerinin etkisi altında kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur (Sucuoğlu 2008). Genel olarak döşemeler düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu yüzden döşemelerin deprem anındaki görevleri deprem yüklerini düşey taşıyıcılara güvenli bir şekilde aktarmaktır. Döşeme rijit ise veya rijit diyafram olarak çalışıyorsa yatay yükleri altında kendi

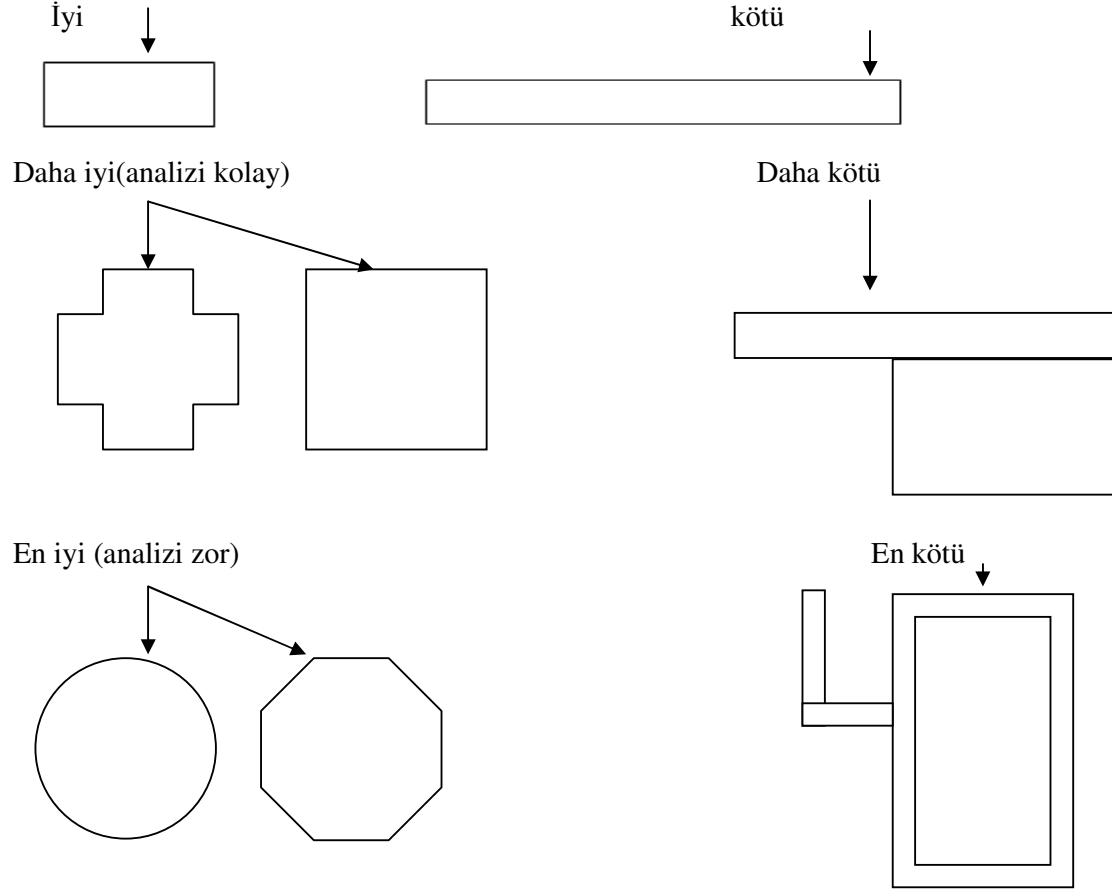
düzlemi içinde deforme olmadan rijit bir kütle gibi öteleme hareketi yapabilir. Döşeme esnek ise esnek diyafram olarak çalışıyorsa rijit ötelemenin yanında şekil değiştirme de yapar.

Herhangi bir depremde, döşeme üzerindeki yatay deprem enerjisinin büyük bölümü perdeler, küçük bir bölümü kolonlarca taşınacaktır ve yapı ağırlık merkezinde oluşan deprem yükü, yapıyı merkezi etrafında döndürerek bir burulma momenti yaratacaktır. Kolonların rijitlik merkezinden uzaklaştıkça yapacağı yatay yerdeğiştirme artacak ve en uçtaki kolondan itibaren göçmeler meydana gelecektir. Bu nedenle bu tür düzensizliğe neden olacak düzenlemelerden kesinlikle kaçınılmalıdır. A1 türü burulma düzensizliğine neden olan başlıca etkenler;

- 1) Plan geometrisi
- 2) Kolon ve perdelerin plan üzerindeki yerleşimi

2.4.2 Plan Geometrisi

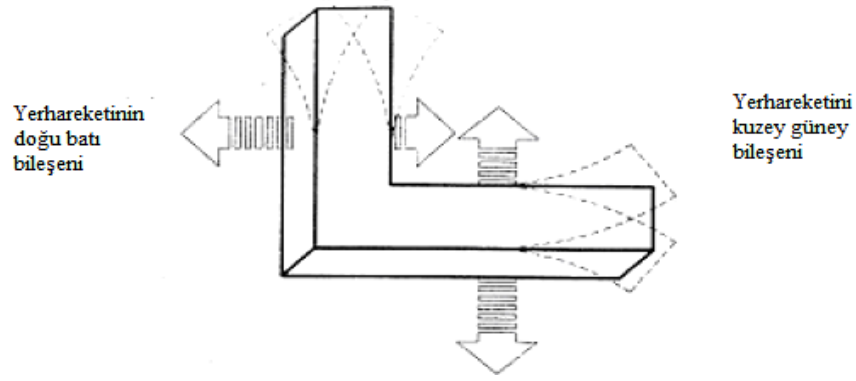
Deprem açısından en uygun yapı tasarım biçimi, simetrik ve her yönde aynı ölçüde taşıma güçleri olan karedir. Bir kenarı diğerine göre çok uzun olmaması şartı ile dikdörtgen yapı planı da basitlik ve simetri bakımından uygun bir çözümdür. Plan alanı çok büyük olan yapılar, simetrik konumlarda da olsalar sakıncalıdır. Çünkü bu tür yapıların döşemelerinde çok büyük kuvvetler oluşur. Şekil 2.20’de farklı plan geometrilerine sahip yapıların deprem davranışı bakımından karşılaştırmaları verilmiştir. Görüldüğü gibi yapının plan geometrisi ne kadar basit ve sade ise davranış o kadar iyi olmaktadır.



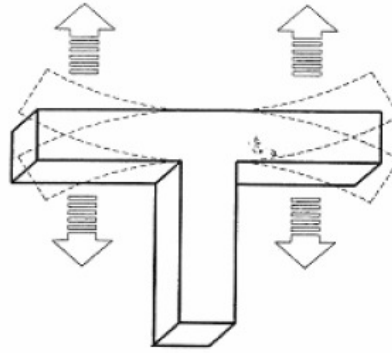
Şekil 2.20 Farklı geometrilerdeki yapılarda davranışların niteliği (Tezcan 2003).

Simetrik plana sahip olmayan binaların burulma ve gerilme yığılması nedeni ile yapıların salınımından kaynaklanan enerjiyi yutma kapasitesi düşüktür. Yutulamayan enerji yapıda kırılmaya neden olur. Bu nedenle yapı tasarlanırken mümkün olduğunca basit plan tasarımı seçilmelidir (Zacek 2002).

İki ya da tek doğrultuda simetrik olarak planlanan H,L,T,Y şeklinde geometrilere sahip yapıların farklı yönlerdeki kollarının birleşim noktalarında deprem esnasında burulma ve gerilme birikimleri olur (Şekil 2.21).



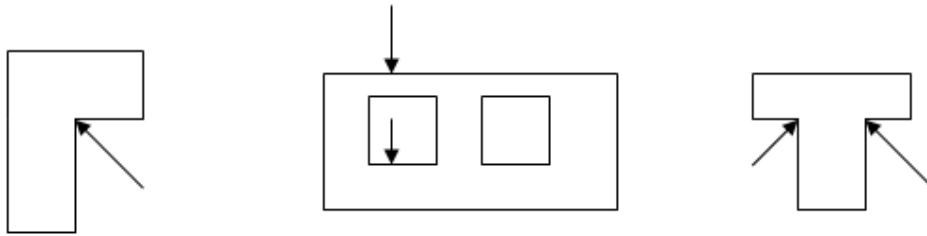
a.



b.

Şekil 2.21 a ve b. Farklı yönlerde kollara sahip yapılarda deprem hareketine karşı davranış biçimleri (Tezcan 2003).

Farklı doğrultularda kütlelerin bir araya gelmesi ile oluşan tek bir yapı çözümlemelerinde kütlelerin bir araya geldiği noktalarda özellikle köşe birleşimlerinde, Şekil 2.22’de olduğu gibi yapı depreme karşı dayanıksız hale getirilmiş olur.

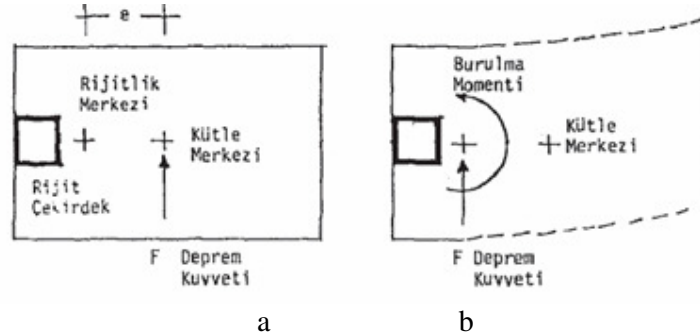


Şekil 2.22 Düzensiz kat planları ve kat plan diyagramları (Lagorio 1990).

2.4.3 Kolon ve Perdelerin Plan Üzerindeki Yerleşimi

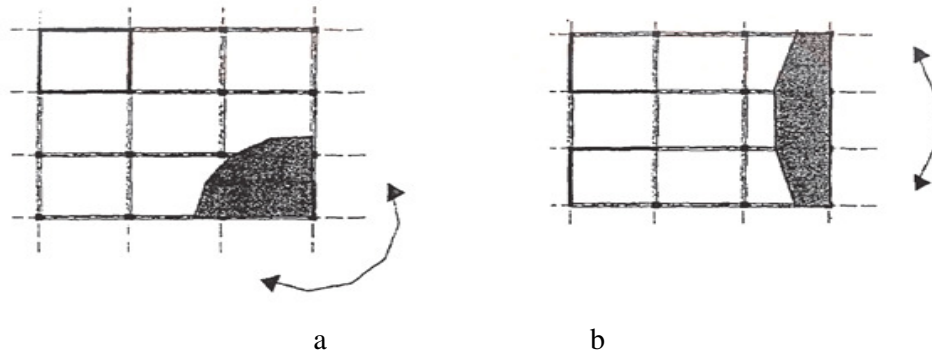
Herhangi bir deprem anında yapının tasarımında planda basitlik ve düzen sağlanması gerekir. Eğer yapıda şekil 2.23a ’da görüldüğü üzere rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında mesafe

nedeni ile depremin yapı üzerinde yaratacağı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşmaktadır. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etkirler. Kütle merkezi birçok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Rijitlik merkezi ise yapıda perde ve kolon gibi düşey taşıyıcı elemanların ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasındaki farklılık Şekil 2.23b’de görüldüğü üzere yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde döndürmesine yol açar (Sucuoğlu 2007).



Şekil 2.23 Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dış merkezlik nedeni ile yapıda burulma etkileri (Bayülke 1998).

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardan kolon ve perdelerin plan üzerindeki yerleşimleri dışında dolgu duvarların da simetrik yerleştirilmesi gerekmektedir. Dolgu duvarlar statik hesaplarda göz önüne alınmamasına rağmen gerçekte etkili olurlar ve yapının rijitlik merkezinin yerini değiştirebilirler. Binanın katlarında rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması nedeni ile düşey bir eksen etrafında meydana gelen burulma Şekil 2.24a ve 2.24b olduğu gibi kenar köşe kolonlarda göçmeye neden olabilir (Aka 2001).



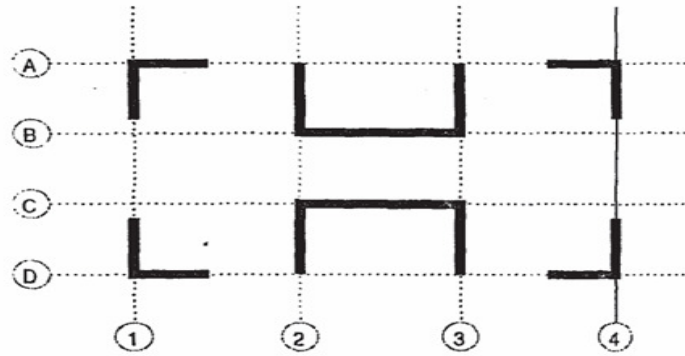
Şekil 2.24 Katlarda rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması yüzünden düşey bir eksen etrafında meydana gelen a. burulma ve b. göçme (Aka 2001).

Yapının taşıyıcı sisteminin çerçeve yerine perde olması herhangi bir depremde yapının göstereceği dayanım performansını artırmaktadır. Bunun nedeni depremlerde binaların

göçmesi genellikle katlar arası rölatif deplasmanların beklenenden büyük olması sonucu kolonların yıkılmasıdır.

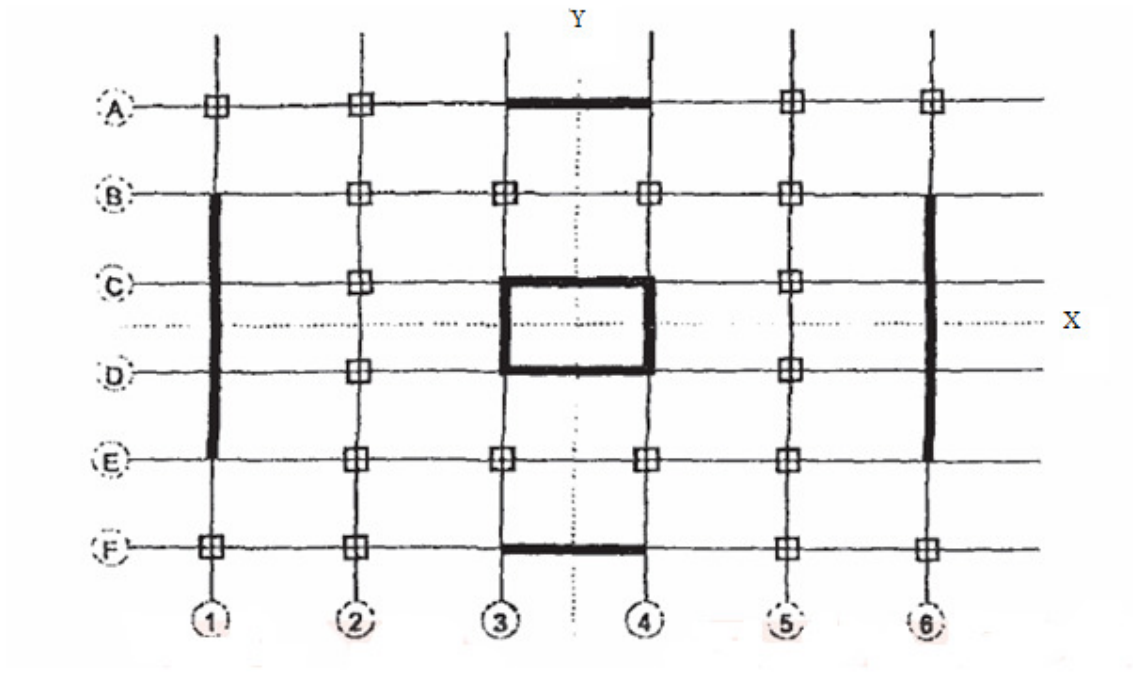
Yatay deprem yükleri kiriş ve kolonlardan ibaret çerçeveler yerine birbirine dik her iki deprem yönünde de betonarme perdelerle taşınırsa perdelerin rijitliği nedeni ile katlararası rölatif deplasmanlar küçülür ve sonuç olarak hasar azalır (Tuna 2000).

Taşıyıcı sistemi perde olan sistemlerde tasarım yaparken dikkat edilmesi gereken nokta (Şekil 2.25) kolonlu sistemlerde olduğu gibi perdelerin eşit veya eşite yakın aks aralıklarında cephelere dik iki eksen doğrultusunda eşit sayıda perdelerden oluşturulmasıdır.



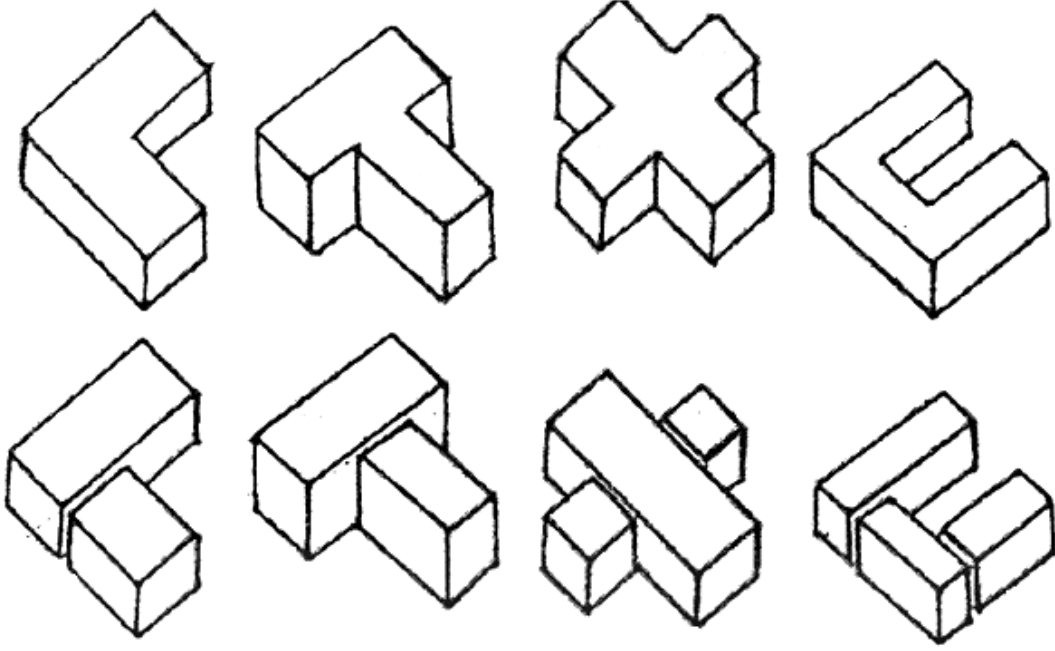
Şekil 2.25 Taşıyıcı sistemde uygun perde yerleşimi (Tuna 2000).

Şekil 2.25’de görüldüğü gibi çekirdekleri esas taşıyıcı sistem olarak tasarlanmış yapılarda çekirdeğin mümkün olduğunca kütle merkezinde olmasına dikkat edilmelidir. Çekirdeğin burulma etkisini azaltmak için birbirine paralel olarak iki doğrultuda da en az ikişer perde teşkil edilmelidir (Tuna 2000).



Şekil 2.26 Çekirdeğin esas taşıyıcı sistem olması durumu (Tuna 2000).

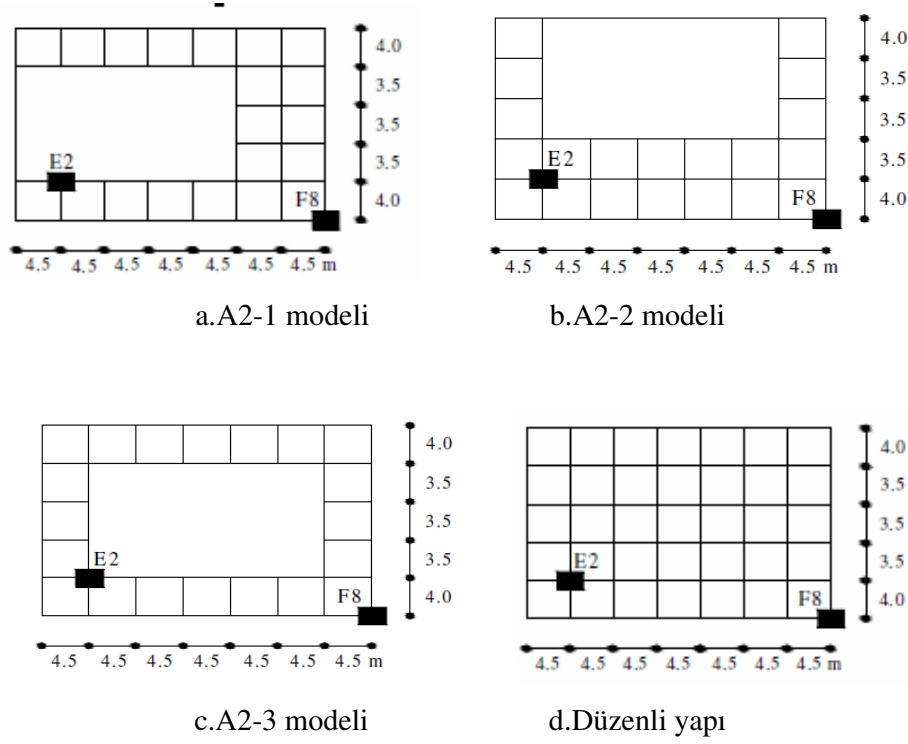
Depremlerde genel olarak basit ve sade geometrik plana sahip yapıların deprem anında karmaşık geometrik plana sahip yapılara göre daha iyi davranış göstermektedirler. Birtakım mimari neden ve zorunluluklardan dolayı bu tür bir planlamanın gerekli olduğu durumlarda yapılar da oluşması muhtemel yapısal düzensizliklerden A1 burulma düzensizliğinin oluşmasını önlemek için yapının derzler ile daha küçük ve basit bölümlere ayrılması gerekir. Fakat bu durumda bazı sakıncaların oluşabilir. Örneğin yapı elemanlarının birbirine çarpmaları veya derzlerin teknik kurallara uygun olarak yapılmaması sonucu yapı bölümlerinin beraber hareket etmesi ile beraber yapıda oluşacak burulma sonucu hasar meydana gelebilir (Çiftçi 1999). Karmaşık plana sahip yapılar basit ve sade kütlelere bölünerek deprem derzleri ile ayrıldığında deprem hasarı azaltılabilir. Şekil 2.27’de karmaşık planlı yapı geometrilerinin deprem sırasındaki kütle hareketleri ve deprem derzleri ile basit geometrilere ayrılma biçimleri örneklenmiştir (Mertol 2002).



Şekil 2.27 Karmaşık kütleli planların kütle hareketleri ve basit biçimlere ayrılabilme özelliği (Mertol 2002).

2.4.4 A2 Döşeme Süreksizliği

Şekil 2.28’de (Ulucan 2008) verilen yapı modellerinde bulunan döşeme süreksizliğinin yerleri değiştirilerek yapıda bulunan kolon ve kirişler üzerindeki etkisi ve bunun yanında A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin yapının lineer olmayan deprem davranışına etkisini incelemek için biri düzenli olmak üzere toplam 4 farklı yapı modeli incelenmiştir. Bu modellerdeki boşluk alanları eşit seçilerek sadece konumları değiştirilmiştir. Analizler için tasarlanan taşıyıcı modeller x yönünde yedi, y yönünde beş açıklıklı alınmıştır. Sistemler zemin + yedi kata sahip olup, kat yükseklikleri tüm katlarda 3.5 m kabul edilmiştir. Sistemlerin x yönündeki açıklıkları 4.5 m; y yönündeki açıklıkları, kenarda 4 m ve iç açıklıklar da 3.5 m olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2.28 Döşeme süreksizliğinin olduğu değişik yapı modelleri(a,b,c,d) (Ulucan 2008).

Yapının performansı incelendiğinde düzenli yapı dahil olmak üzere A2 düzensizliğine sahip bütün yapı modelleri için, rijit ve esnek diyafram durumlarında F8 kolonunun x yönündeki kesme kuvvetlerinden pek etkilenmediği görülmektedir. Diğer taraftan, E2 kolonunun sadece A2-3 modeli için kesme kuvveti bazı katlarda % 21'e varan oranda önemli değişim göstermektedir. X yönündeki deprem etkisi açısından F8 kolonunun konumu bütün yapı modelleri için zorlanma bakımından benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, rijit ve esnek diyafram kabullerine ait çözümler önemli ölçüde etkilenmemektedir. E2 kolonunda ise söz konusu deprem doğrultusu için zorlanma şekli A2-3 modeli dışındaki modellerde yaklaşık olarak benzer kabul edilebilir. Ancak, A2-3 modelinde E2 kolonu boşluğun tam kösesine denk gelmektedir. Bu nedenle, rijit ve esnek diyafram durumlarındaki davranışında önemli değişimler olmaktadır. Boşluğun köşe kısmında gerilme yığılması olmaktadır. Bu nokta veya bu noktaya yakın yerlerdeki kolon veya perdelerde daha fazla kesit zorları oluşmaktadır.

Y yönündeki deprem etkisi altında ise, F8 kolonunun y yönündeki kesme kuvvetleri, bazı katlarda A2-2 modelinde % 34 ve A2-3 modelinde % 44'e varan oranda büyük değişimler göstermektedir. Aynı şekilde E2 kolonunun sadece A2-3 modeli için kesme kuvvetinde bazı katlarda % 52'ye varan oranda önemli sayılabilecek bir değişim görülmektedir. Y yönündeki

deprem etkisi açısından F8 kolonunun A2-2 ve A2-3 modellerindeki konumu diğer iki modele oranla bağlantı yönüyle daha zayıf bir konum arz ettiğinden, rijit ve esnek diyafram kabullerine ait çözümleri arasında önemli farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Benzer yaklaşımla, E2 kolonunda ise söz konusu deprem doğrultusu için zorlanma şekli A2-3 modeli dışındaki modellerde yaklaşık olarak benzer kabul edilebilir. Ancak, A2-3 modelinde E2 kolonu boşluğun tam kösesine denk gelmektedir. Bu nedenle, söz konusu kolonun rijit ve esnek diyafram çözümlerinde önemli farklar oluşmaktadır.

Yukarıdaki incelemeler ışığında A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin yapıların yer değiştirmeye göre doğrusal olmayan davranışına etkisi rijit diyafram kabulü yapılarak artımsal mod birleştirme yöntemi ile incelenmiştir. Yapılan çözümlemelerde A2 döşeme süreksizliği düzensizliğine sahip yapı modellerinde esnek ve rijit diyafram kabullerine göre elde edilen sonuçlar arasında önemli sayılabilecek farklılıklar oluşurken, bu düzensizliğin olmadığı durumda esnek ve rijit diyafram çözümleri pek değişmemektedir. Dikkat edilecek diğer bir husus döşeme içinde yatay gerilmenin açıklık etrafında yoğunlaştığı yapılan incelemelerde ortaya çıkmıştır (Ulucan ve Yön 2008).

A grubu düzensizliklerden ikincisi olan yapıda aşırı boşluk bulunması da yapının deprem anındaki dayanım performansını olumsuz etkilemektedir. Yapı elemanlarından döşemeler deprem yüklerine karşı kirişleri birbirine bağlayarak yapının rijitleşmesini sağlamaktadır. Döşemeler genelde kirişlere bazen de kolonlara oturur.

Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnektirler. Bu nedenle deprem kuvveti altında büyük yatay ötelemelere sebep olurlar. Döşemenin ağırlığı asmolon ve kirişsiz döşemelerin olduğu yapılarda normal plak döşemeli yapılara göre % 20 daha ağırdır. Yapılara gelen deprem yükleri yapının ağırlığı ile orantılı olduğundan ağır yapı oluşları nedeni ile bu cins yapılar depremde ağır hasar görürler.

Yapıdaki boşluk oranının büyüklüğü kadar taşıyıcı sistem seçiminin, döşeme boşluğunun kat planındaki yeri ve kat planına yerleştirilme şekli de önemli olmaktadır (Güllü 2004). Bu nedenle herhangi bir deprem anında yapıya gelen deprem kuvvetleri, yapıda asansör boşluğu veya merdivenler simetrik değilse ve perde duvarlar bunların çevresine yerleştirilmişse yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezinin birbirine çok yakın olmasını sağlamak için başka ek perde duvarlar konulmalıdır.

Bir yapı tasarlanırken dikkat edilmesi gereken temel unsurlardan biri yapıya gelen deprem kuvvetlerinin güvenle karşılanmasıdır. Yapıya gelen yatay deprem yüklerinin karşılanması ve yapıdaki düşey elemanlara aktarılması döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içinde deprem yüklerinin etkisi altında kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur (Sucuoğlu 2007). Genel olarak döşemeler düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu yüzden döşemelerin deprem anındaki görevleri deprem yüklerini düşey taşıyıcılara güvenli bir şekilde aktarmaktır. Döşeme rijit ise veya rijit diyafram olarak çalışıyorsa yatay yükleri altında kendi düzlemi içinde deforme olmadan rijit bir kütle gibi öteleme hareketi yapabilir. Döşeme esnek ise esnek diyafram olarak çalışıyorsa rijit ötelemenin yanında şekil değiştirme de yapar. Döşemenin yatay deprem kuvvetleri altında şekil değişimine uğraması yapıya gelen yatay deprem kuvvetlerinin dengesiz bir şekilde diğer taşıyıcı elemanlara aktarılmasına ve böylece yapıda istenmeyen hasarların oluşmasına sebep olacaktır.

Herhangi bir deprem anında D.B.Y.B.H-2007’de belirtilen döşeme boşluklarının olması öncelikle döşemenin rijitliğini zayıflatır. Rijitliği zayıflayan döşeme depremden gelen yatay kuvvetler sonucu belli bir miktar deformasyona uğrayarak ötelenecektir. Döşemenin deformasyona uğrayarak ötelenmesi sonucunda yatay deprem kuvvetleri düşey taşıyıcı elemanlara orantılı olarak aktarılamayacak ve böylece yapıda istenmeyen hasarlar oluşacaktır.

Bazen ticaret merkezleri, kültür merkezleri gibi büyük yapıların tasarımında mimari zorunluluk olarak döşeme boşluğu D.B.Y.B.H-2007’de belirtildiği gibi kat bürüt alanının $1/3$ ’ün den fazla yapılabilir. Böyle durumlarda Şekil 2.29’da görüldüğü gibi ortasında atrium veya galeri boşluğu olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Bu durumdaki yapılar depremde yeterli dayanım performansı gösterebilmesi için blokların dilatasyonla basit parçalara ayrılmalıdır (Çamlıbel 1994).

BÖLÜM 3

BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI

3.1 PERFORMANS KAVRAMI

Bir yapının deprem performansı ile ilgili değişik tanımlar vardır. Bunlardan ilki; “Yapının talep edilen sismik yer hareketini karşılayabilme kapasitesi”dir (Arslan 2003). İkincisi ise “Belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” (Sucuoğlu 2008) dir.

Afet yönetmeliği (A.B.Y.Y.H.Y–1998) içinde yer alan depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları deprem afetine daha fazla vurgu yapılarak, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y–2007)” adı altında yenilenmiş ve yönetmeliğe “Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” adı altında ilk defa mevcut yapılarla ilgili hükümler içeren bir bölüm eklenmiştir. Bu bölümde yapıların deprem etkisi altında doğrusal ötesi davranışının yansıtılması için kullanılabilecek yöntemlerden birisi olarak deprem mühendisliğinde dünyada yaygın olarak kullanılan itme analizi (pushover analiz), Artımsal itme Analizi” adı ile önerilmektedir.

Performans düzeyleri, çeşitli şartnamelerde (FEMA356, Eurocode 8-3, D.B.Y.B.H.Y-2007) birbirine yakın bir şekilde tanımlanmıştır. Hemen Kullanım-HK (Hasarsızlık-Fully Operational,) durumunda, uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda hasar meydana gelmemiş ve dayanım özellikleri korunmaktadır. Birkaç elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir, ancak bunlar onarılabilir seviyelerdedir. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Can Güvenliği-CG (Orta Hasar – Life Safety,) durumunda uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar oluşmuştur, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar da düşey yükleri taşımada yeterlidir. Taşıyıcı olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir. Göçmenin Önlenmesi-

GÖ (Ağır Hasar, Collapse Prevention,) durumunda, uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

Performans düzeyinin seçilmesi ile ilgili olarak, şartnameler minimum hedefleri belirlemişlerdir. Bunun yanında, yapının önemi, ekonomik ömrü, deprem tehlike düzeyi ve kullanım amacı göz önünde bulundurularak minimum hedeften daha yüksek performansların seçilmesi her zaman söz konusudur.

ATC 40' da (Applied Technology Council 1996) ise yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ayrı ayrı değerlendirilmiş, yapısal ve yapısal olmayan elemanlara ait performans seviyeleri ve aralıkları tanımlanmış ve bunların birleşiminden elde edilen yapı performans seviyeleri belirtilmiştir. FEMA 273'te hesaplarda esas alınacak deprem etki seviyeleri, doğrusal ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri, yapıların onarımı ve güçlendirilmesi hakkında açıklamalar yapılmıştır.

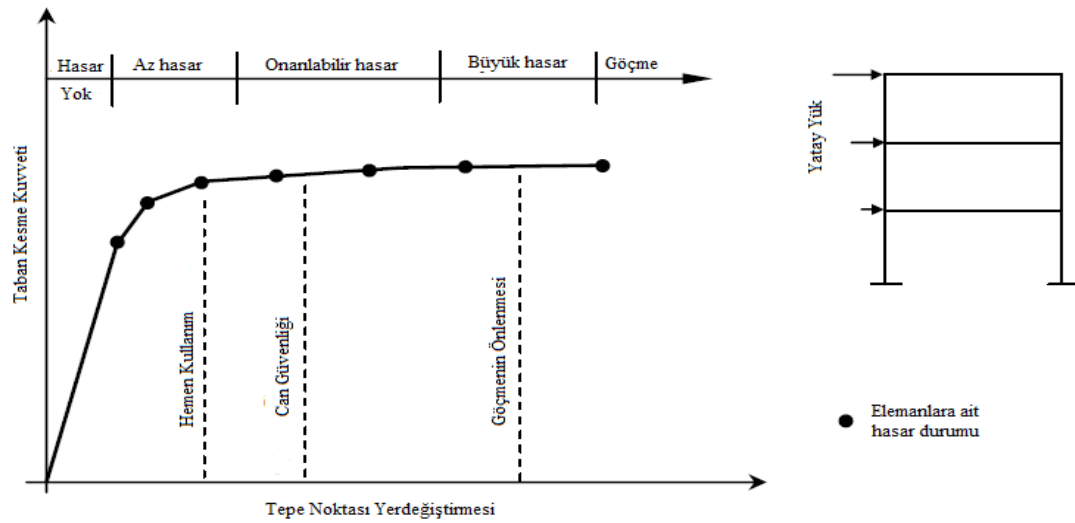
Bugünkü tasarım yönetmeliklerinde sözü edilen performansa dayalı tasarım, depreme maruz kalan herhangi bir yapıda meydana gelen hasarların belirlenen performans seviyeleriyle karşılanması şeklinde açıklanan genel bir tasarım felsefesidir.

3.1.1 Artımsal İtme Analizi

Türkiye'de son dönemlerde meydana gelen şiddetli depremler depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün, dolayısıyla performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin önemini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle yapı sistemlerinin deprem etkileri altında performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesinde, yapının doğrusal olmayan davranışının belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla kullanılan yöntemler ATC 40, FEMA 356 ve FEMA 440 yönetmeliklerinde sunulmuş ve 2007 yılında yürürlüğe giren D.B.Y.B.H.Y-2007 ile Türkiye'de de yapıların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemi yapıların deprem performansının araştırılmasında bilimsel temellere dayanan kullanımı pratik bilimsel bir metottur (Lawson vd. 1994). Doğrusal elastik analiz ile elde edilemeyen yapıda herhangi bir

hasar oluştuktan sonra yapının göstereceği davranış karakteri, yapıda elemanlarda mafsallaşma sonrası mekanizma oluşumu ve buna bağlı göçme durumunun oluşumu gibi çok önemli bilgilere ulaşılmaktadır (Krawinler ve Seneviratna 1998).

Yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışının bulunması için kullanılan doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemi yapının deprem yükleri altındaki dayanımını temsil eden taban kesme kuvveti – tepe noktası yerdeğiştirmesi ($V-\delta$) ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesi ve değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Yatay yükler her adımda aralarındaki sabit bir oran olacak şekilde arttırılmakta ve belirli bir yerdeğiştirme veya göçme durumuna erişilinceye kadar yapıya ait taban kesme kuvveti – tepe noktası yerdeğiştirmesi ilişkisi belirlenmektedir. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi, yapının elastik ötesi deformasyon yeteneği ve hasar durumunu belirlemek üzere, doğrusal olmayan artımsal itme analizlerden ibarettir. Yapıya uygulanan yatay yükler aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılmaya devam ederken, kesitlerin biri veya birkaçı taşıma kapasitelerine erişmekte ve bu kesitlerde plastik mafsall oluşmaktadır. Böylece yapının davranışı incelenmekte yapının bir bölümünü veya tamamını mekanizma durumuna getiren göçme veya limit yük değerine ulaşılmaktadır (Oral 2005). Doğrusal olmayan artımsal itme analizinden elde edilen tipik bir taban kesme kuvveti– tepe noktası yerdeğiştirmesi ilişkisi Şekil 3.1’de verilmektedir. Kapasite eğrisi yardımıyla belirli bir deprem tehlike seviyesi için yapının talep edilen performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir.



Şekil 3.1 Doğrusal Olmayan Artımsal İtme Analizden Elde Edilen Kapasite Eğrisi (Uçar ve Seçer 2008).

3.1.2 ATC 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi

ATC 40 Kapasite Spektrumu Yönteminde, yapının mevcut kapasitesi yapıdaki deprem istemi ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma yapının mevcut kapasitesi elastik ötesi statik itme analizi ile elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi (kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Statik itme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları Bağntı (3.1a) ve (3.1b) yardımıyla eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral deplasmanlarına dönüştürülür. Kapasite Spektrum Yöntemi'nin doğruluğu talep spektrumunu oluşturmak için seçilen ivme tepki spektrumuna ve eşdeğer talep spektrumunu oluşturmak için kullanılan sönüm modeline bağlıdır. Bu nedenle yapının lineer olmayan davranışını en iyi gösteren sönüm modeli seçilmelidir (Çavdar 2005). Deplasman tabanlı sismik talep değerlendirmesi ve doğrusal olmayan tasarım konuları araştırılırken sönüm modelleri karşılaştırılmış ve süneklik oranı 4'ten az olan yapılarda Ortalama Rijitlik ve Enerji (ASE) Modeli'nin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Xue 2001).

$$S_a = \frac{V_t}{\alpha_1 W} \quad (3.1a)$$

$$S_d = \frac{\delta_{\max}}{PF \phi_{tepe,1}} \quad (3.1b)$$

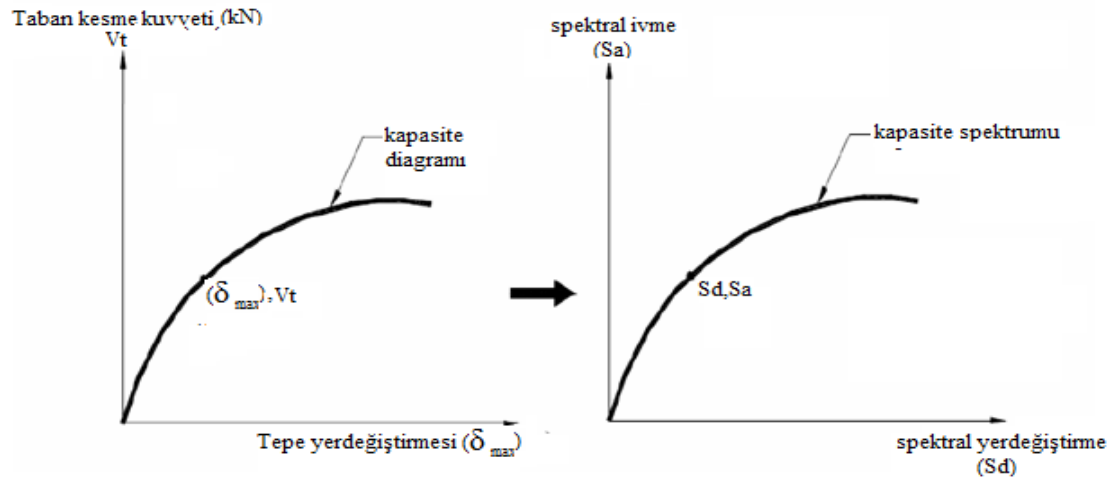
Bağntı (3.1a) ve (3.1b)'de; S_a spektral ivmeyi, S_d spektral deplasmanı, V_T ve $\delta_{\max}$ sırasıyla itme analizinin her bir adımındaki taban kesme kuvvetini ve yapı tepe deplasmanını, W toplam yapı ağırlığını, $\phi_{tepe,1}$ birinci mod için yapının en üst katındaki genliği, α_1 birinci doğal titreşim moduna ait modal kütle katsayısını ve PF birinci doğal moda ait modal katılım çarpanını ifade etmektedir. Bağntı (3.1a) ve (3.1b) yardımıyla yapılan dönüşüm sonucunda ortaya çıkan spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar (Şekil 2.1). Deprem istemleri yüksek sönümlü elastik spektrum ile tanımlanmaktadır. Bunun için tasarım spektrumuna sabit ivme ve sabit hız bölgelerinde ayrı ayrı olmak üzere indirgeme katsayıları (SRA ve SRV) uygulanır (Bağntı 3.2a ve 3.2b). Burada β_{eff} efektif viskoz sönümü, SRA ve SRV değerleri sırasıyla spektrumun sabit ivme ve sabit hız bölgesindeki spektral indirgeme katsayılarını göstermektedir. Efektif vizkoz sönüm oranı (β_{eff}) Bağntı (3.3) ile bulunabilir. Burada; α akma sonrası rijitlik oranını, κ betonarme yapıların histeretik davranışındaki değişiklikleri göz

önüne almak için bir katsayı ve μ maksimum deplasman süneklik oranını ifade etmektedir. Plastikleşmeye bağlı olarak indirgenmiş istem spektrumu da spektral ivme-spektral deplasman (acceleration displacement response spectrum-ADRS) formatında ifade edilir. Böylece, aynı grafik üzerinde gösterilen istem ve kapasite spektrumlarının kesiştiği nokta performans noktası adını alır. Bu nokta sözkonusu yapının elastik olmayan dayanım ve deplasman istemini gösterir (Şekil 3.3). Tepe deplasmanı performans noktasına ulaşmış yapıda kesitlerdeki iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyesini ifade eden sınır değerlerle karşılaştırılarak yapının performans düzeyi belirlenir (Applied Technology Council 1996).

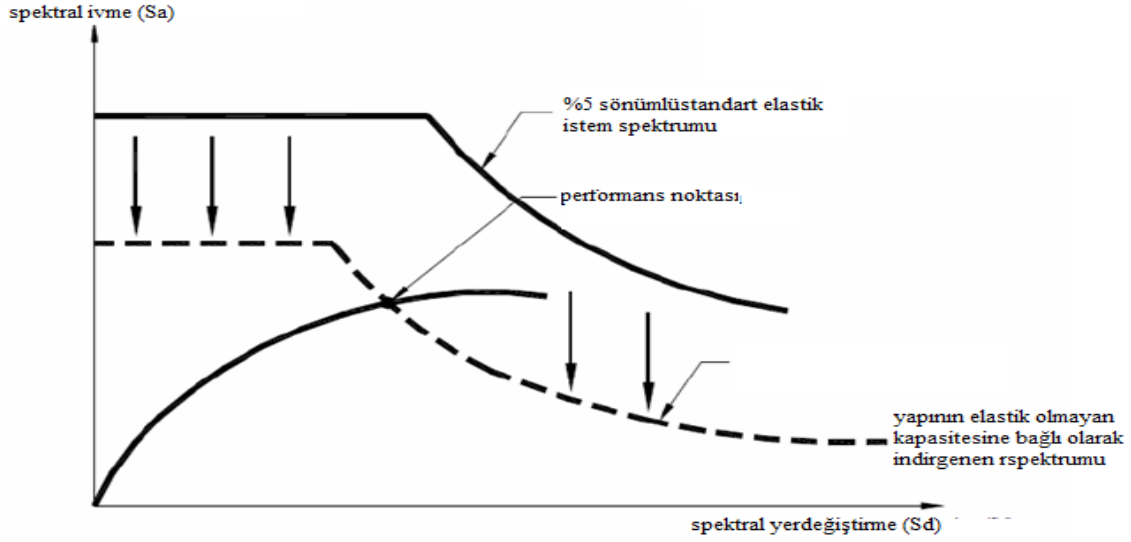
$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eff})}{2.12} \quad (3.2a)$$

$$SR_V = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}{1.65} \quad (3.2b)$$

$$\beta_{eff} = 0.05 + k \frac{2}{\pi} \frac{(\mu - 1)(1 - \alpha)}{\mu(1 + \alpha\mu - \alpha)} \quad (3.3)$$



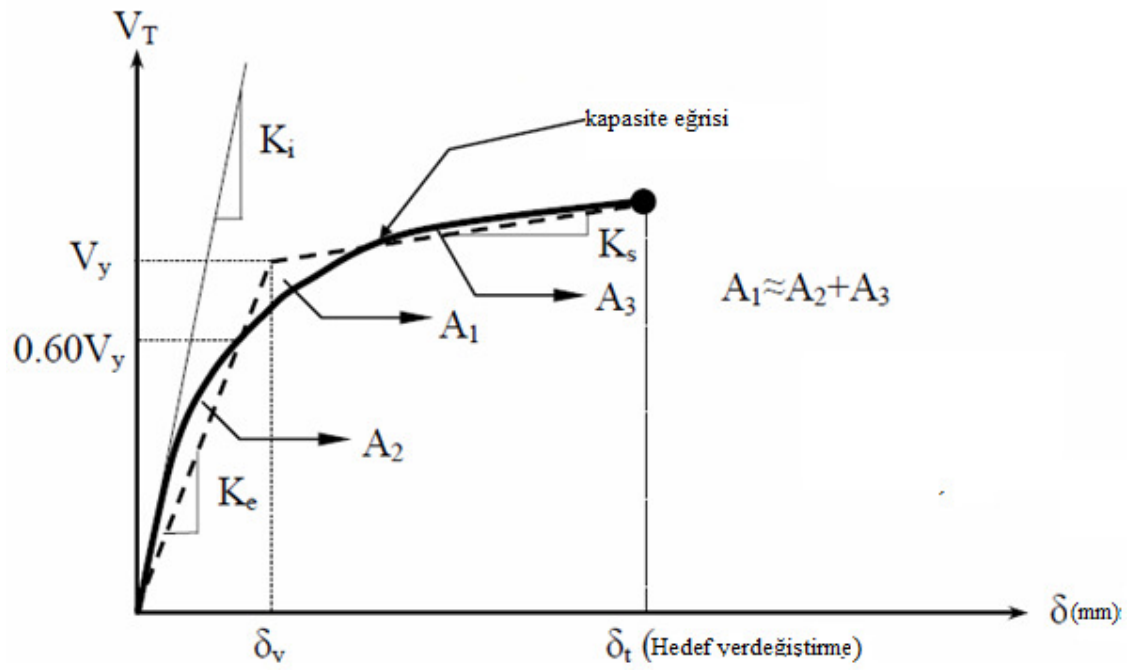
Şekil 3.2 Kapasite diyagramı ve spektrumu (Applied Technology Council 1996).



Şekil 3.3 Elastik olmayan dayanım ve deplasman istemi (Applied Technology Council 1996).

3.1.3 Deplasman Katsayıları Yöntemi

Performans noktasının belirlenmesi için kullanılan deplasman katsayıları yöntemi, belirli bir deprem hareketi için yapıya yüklenen yerdeğiştirme talebi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu ilkesine dayanır. Deplasman Katsayıları Yöntemi'nde ilk olarak taban kesme kuvveti (V_T) ile yapının tepe noktası yerdeğiştirmesi (δ) arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilmektedir (Şekil 3.4). Yapının birinci doğal titreşim periyoduna ve etkin olan modlara bağlı olarak uygun bir yatay yük dağılımı seçilmektedir. Sabit düşey yükler ve aralarındaki oran sabit kalacak şekilde artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre hesap yapılarak yapıya ait kapasite eğrisi elde edilmektedir. Yapıya ait kapasite eğrisinin elde edilmesinden sonra, kapasite eğrisinin ilk kısmının eğimi elastik rijitliği (K_e), ikincisinin eğimi ise elastik sonrası rijitliği (K_s) ifade eden iki doğru parçası ile idealleştirilmektedir. İdealleştirme işlemi yapılırken gerçek kapasite eğrisi ile idealleştirilmiş kapasite eğrisi altında kalan alanların eşit olmasına ve K_e eğimli doğru parçasının kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğru parçalarının kesim noktasının ordinatının $0.60V_y$ olmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.4 Kapasite eğrisinin idealleştirilmesi.

Kapasite eğrisi bu şekilde idealleştirildikten sonra, yapının efektif periyodu (T_e) Denklem (3.4) ile hesaplanmaktadır (FEMA 440 2004).

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.4)$$

Burada T_i çatlamış kesit rijitlikleri kullanılarak hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu, T_e efektif periyot değeri, K_i elastik yanal rijitliği göstermektedir.

Yapının performans düzeyinin kontrolünün yapılacağı hedef yerdeğiştirmesi (δ_T) denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır (FEMA 440 2004).

$$\delta = C_o C_1 C_2 S_a \frac{g}{4\Pi^2} T_e^2 \quad (3.5)$$

Burada; C_0 eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yerdeğiştirmesini çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası yerdeğiştirmesi ile ilişkilendiren modal katılım katsayısıdır.

C_1 doğrusal elastik yerdeğiştirmeler ile beklenen maksimum elastik olmayan yerdeğiştirmeleri ilişkilendiren katsayıdır ve denklem (3.6) ile belirlenmektedir.

$$C_1 = 1 + (R-1) \frac{a}{T_e^2} \quad (3.6)$$

Denklem (3.7)'de verilen S_a katsayısı FEMA 440 ile tanımlanan B, C ve D zemin sınıfları için sırasıyla 130, 90 ve 60 olarak alınmaktadır. R değeri ise elastik olmayan dayanım talebinin akma dayanımına oranı olarak tanımlanmakta ve denklem (3.7) ile elde edilmektedir (FEMA 440 2004).

$$R = S_a \frac{C_m}{\frac{V_y}{W}} \quad (3.7)$$

Denklem (3.8)'de S_a yapının birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivmeyi, V_y iki doğru parçası ile idealleştirilmiş kapasite eğrisinin akma dayanımını ifade etmektedir. C_m ise efektif kütle çarpanı olup taşıyıcı sistem ile kat adedine bağılı olarak FEMA 356'dan alınmıştır. C_2 katsayısı denklem (3.8) ile belirlenmektedir:

$$C_2 = 1 + 1 \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T} \right)^2 \quad (3.8)$$

Dikkate alınan deprem hareketi için hedef yerdeğiştirme değeri hesaplandıktan sonra, hedefinin gerçekte gerçekteşmediğı kontrol edilmektedir. Bunun için sisteme ait büyüklükler kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır.

Binanın depreme karşı göstereceğı dayanım performansının değerlendirilmesinde yapının kritik noktaları olarak depremlerin yıkım enerjisinin yapıyı en çok zorladığı kolon, kiriş, perde birleşim bölgesindeki noktaları sayılabilir. Herhangi bir depremde betonarme yapının yeterli dayanım performansı gösterebilmesi için yapının sünek davranış göstermesi gereklidir.



3.2.1 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının Değerlendirilmesi

D.B.Y.B.H.Y-2007'ye göre Binanın deprem performansının belirlenmesinde iki metod kullanılmaktadır. Birincisi doğrusal elastik hesap yöntemi, diğeri doğrusal elastik olmayan hesap yöntemidir. Bu hesap yöntemlerine geçmeden önce bina ile ilgili bilgilerin toplanması gereklidir.

3.2.1.1 Binalardan bilgi toplanması

Binanın zemin özellikleri, temel sistemi, eleman özellikleri, yapı sistemi, bina geometrisi, mevcut hasar,onarım, değişiklikler ve korozyon etkisinin araştırılması gerekir. Taşıyıcı sistem projesi yoksa sınırlı, taşıyıcı sistem projesi varsa orta ve taşıyıcı sistem projesi varsa kapsamlı bilgi düzeyinde kabul edilir. Mevcut malzeme dayanımı olarak taşıyıcı eleman kapasite hesaplarında kullanılacak malzeme dayanımları alınır.

3.2.1.2 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

- a)Taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi diğer binalarla olan durumun incelenmesi, temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi gerekir.
- b)Binanın yapıldığı tarihte minimum donatının kullanıldığı varsayımı yapılmalı, her katta kolon ve kirişlerin %10 unda (en az bir adet) paspayı sıyrılmak suretiyle çelik sınıfı da görsel olarak tespit edilebilir. Eğer paspayı sıyıramayan elemanların da tahribatsız yöntemlerle donatı tespiti yapılmalıdır
- c)Malzeme özellikleri olarak her katta en az iki beton örneği alınmalı, mevcut beton dayanımı olarak en düşük basınç dayanımı ve mevcut karakteristik dayanımı olarak karakteristik akma dayanımı alınmalıdır.

3.2.1.3 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Orta bilgi düzeyinde sınırlı bilgi düzeyindeki a ve b maddelerine ek olarak:

Her katta en az üç, her 400 m² den en az bir, toplamda en az 9 beton örneği alınması mevcut beton dayanımı olarak ortalama-standart sapma, mevcut çelik dayanımı olarak karakteristik akma dayanımı alınmalıdır.

3.2.1.4 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Kapsamlı bilgi düzeyinde sınırlı bilgi düzeyindeki a ve b maddelerine ek olarak:

Her kattan en az üç adet, her 200 m² de en az bir adet ve toplam en az 9 adet beton örneği ile bir adet donatı örneği alınmalıdır. Mevcut beton dayanımı için ortalama ve standart sapma, mevcut çelik dayanımı olarak da karakteristik akma dayanımı (projede verilen çelik sınıfı özelliklerine uygun ise) göz önüne alınmalıdır.

Bilgi düzeyi katsayıları incelenen binalardan elde edilen bilgi düzeylerine göre eleman kapasitelerine uygulanacak katsayılar Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Malzeme dayanımları yerinde örnek alınarak tespit edilmezse ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmez. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılır.

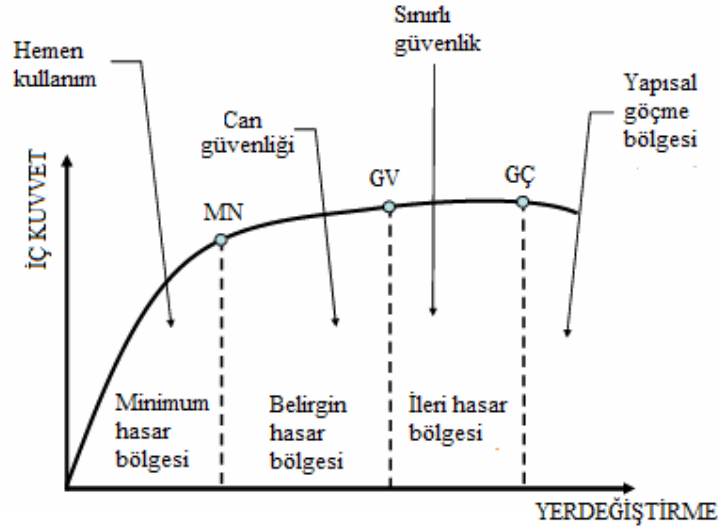
Çizelge 3.1 Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi düzeyi	Bilgi düzeyi
Sınırlı	0.75
Orta	0.9
Kapsamlı	0.1

3.2.1.5 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

D.B.Y.B.H.Y-2007’de sünek yapı elemanları için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımı yapılmıştır. Bu sınırlar 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.

Kritik kesitlerinin hasarı MN’ ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, GÇ’yi aşan elemanlar ise göçme bölgesinde yer alırlar (Şekil 3.16).



Şekil 3.6 Kesit düzeyinde performans sınır durumları (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007).

Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik olmayan hesap yöntemleriyle bulunan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin D.B.Y.B.H.Y-2007’de tanımlanan kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerlerle karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgesinde olacağına karar verilecektir. Eleman hasarı elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

3.2.1.6 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi bu yöntemde bodrum üzerinde bina yüksekliğinin 25 m’den küçük, katsayısının da 8’den küçük olduğu, ek dışmerkezlilik dikkate alınmadan, burulma katsayısını 1,4 olan binalara uygulanır. Toplam eşdeğer deprem yükü (Taban kesme kuvveti) Denk.(3.9)’a göre hesabında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum bir ve iki katlı binalarda 1.0 ve diğer binalarda 0.85 alınır.

$$V_t = WA(T_1) / (R_a(T_1) \geq 0.1 A_o * I * W) \quad (3.9)$$

Mod birleştirme yönteminde $R_a=1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusunda ve yönünde uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan mod da elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

3.2.1.7 Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ile perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılır (Çizelge 3.2 ve 3.3). Hesaplanan r değerleri Çizelge 3.4'te verilen sınır değerlerle karşılaştırılır.

a)Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır.

b)Perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için ayrıca $H_w/I_w > 2.0$ koşulunu sağlaması gerekir. Yukarıda 1.ve 2. maddedeki koşulları sağlamayan betonarme elemanlar gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanır.

Deprem etkisi altında $R_a=1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile sünek elemanların etki/kapasite oranı belirlenir.

Kesit artık moment kapasitesi kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte toplanan moment etkisinin farkıdır. Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından D.B.Y.B.H.Y-2007'de 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolon ve kirişlerin uç bölgelerinde bu yönetmeliğin 3.5.6.2'de verilen koşulları sağlayan betonarme perdeler sargılanmış, sağlamayanlar ise sargılanmamış sayılırlar.

Çizelge 3.2 Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).

Sünek kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}} (1)$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≤ 1.30	2.5	5	8
≤ 0.05	Var	≤ 0.65	3	5	7
≤ 0.05	Var	≤ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≤ 1.30	2	3	5
≤ 0.05	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≤ 0.05	Yok	≤ 1.30	1.5	2.5	4
V_e kesme kuvveti deprem yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2(a)'ya göre hesaplanacaktır.					

Çizelge 3.3 Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).

Sünek kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_k}{A_c f_{cm}} (1)$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}} (2)$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≤ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≤ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	Yok	≤ 0.65	1	1	1
(1) N_k eksenel kuvveti Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.					
(2) V_e kesme kuvveti deprem yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2(a)'ya göre hesaplanacaktır.					

Çizelge 3.4 Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları(r_s).

Sünek perdeler	Hasar sınırları		
Perde uç bölgesinde sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

3.2.1.8 Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Her iki deprem doğrultusunda, doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta, binanın herhangi bir katında kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri her bir hasar sınırı için Tablo 7.6’da verilen değeri aşmaması gereklidir.

Çizelge 3.5 Görelî kat ötelemesi sınırları.

Görelî kat öteleme oranı	Hasar sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.03	0.04

3.3 DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin deprem etkisine maruz binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizlerinin yapılmasında kullanılmasının amacı muhtemel bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Bu istem büyüklükleri, D.B.Y.B.H.Y-2007’de 7. bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır.

Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemidir. İlk iki yöntem, deprem yönetmeliğinde doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve

güçlendirme hesapları için temel alınan artımsal itme analizinde kullanılacak yöntemlerdir. Artımsal itme analizinden önce kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılarak bulunan sonuçlar artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır. Artımsal itme analizi deprem yönetmeliğine göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan 1. hakim moda ait “modal kapasite diyagramı elde edilir. Bu diyagram ile birlikte D.B.Y.B.H.Y-2007’de bölüm 2.4’te tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerine bölüm 7.8’de yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşama olarak modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet sistemleri hesaplanır.

Artımsal itme analizinin D.B.Y.B.H.Y-2007’de bölüm 7.6.6’da tanımlanan artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilip, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

3.3.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi

Bu yöntemin uygulanmasında bina kat adedinin bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlanması gereklidir. Bu yöntemin temeli deprem doğrultusuna hakim birinci titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım artırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılması esasına dayanır.

3.3.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Bu yöntemle taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım artırılan ve birbiri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin artımsal uygulanmasıdır.

3.3.3 Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi

Bu yöntemde önce yapının taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Yapının analizi sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetlerle bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır. En az üç kuvvetli yer hareketi kaydı gereklidir. 3 kuvvetli yer hareketinin ortalama spektrumu yönetmelikte verilen spektrumun %90'ından büyük olmalıdır.

3.4 BİNA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE ULUSLARARASI YÖNTEMLER

Yapılarda depremler sonucu oluşan hasarın yönetmeliklerin tanımladığı eşdeğer deprem yükleri altında yapısal elemanların mevcut dayanım kapasitelerinin aşılması ile doğrudan ilgili olmadığı, hasarın temel nedeninin sünek davranması öngörülen yapı elemanlarının şekil değiştirme kapasitelerinin aşılması olduğu uzun süredir bilinmektedir. Özellikle 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremleri ile ortaya çıkan can ve mal kaybından sonra tüm dünyada performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin önemi anlaşılmıştır. Bu çalışmaların ilk önemli ürünü ABD'de Kaliforniya Yapı Mühendisleri Birliğinin 1995 yılında yayınlamış olduğu'' Vision 2000 Raporu'dur (Seac 1995). Ardından 1996 yılında, Applied Technology Council tarafından'' Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings'' ATC-40, FEMA-273 ve FEMA-356'da verilen yöntemler, yapı dinamik davranışı birinci mod serbest titreşim ile sınırlıdır.

3.4.1 Taşıyıcı Elemanlar için Performans Seviyeleri

ATC 40, FEMA 273,356 ve ASCE 41-06 dokümanlarında, taşıyıcı elemanlar için tanımlanan performans seviyeleri ve performans aralıkları Çizelge 3.6'da özetlenmiştir.

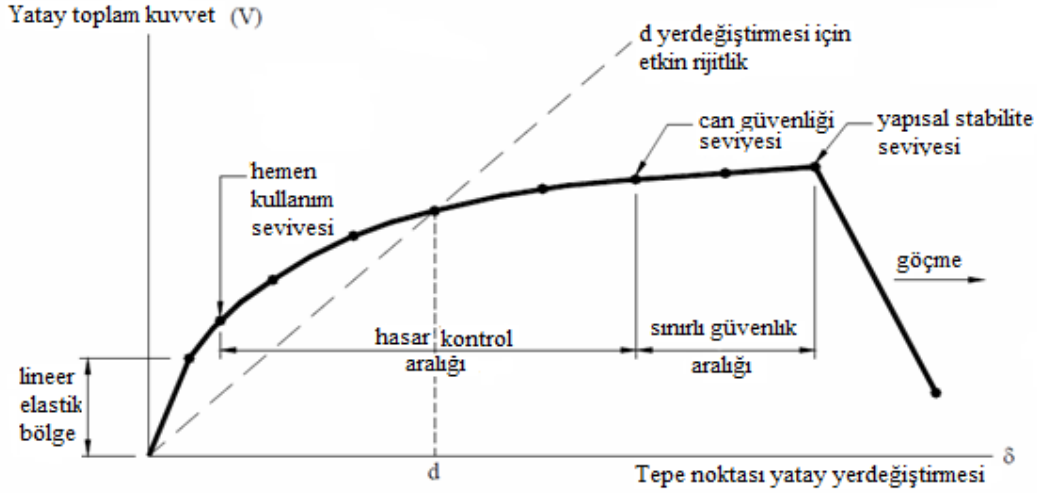
Çizelge 3.6 Taşıyıcı elemanların performans seviyeleri .

Performans seviyesi	Performans aralığı	Kod
Hemen kullanım		S-1
	Hasar kontrol	S-2
Can güvenliği		S-3
	Sınırlı güvenlik	S-4
Göçmenin önlenmesi		S-5

Yukarıdaki tabloda belirtilerek kodlanan performans seviyeleri ve aralıklarında bulunan performans seviyeleri ve performans aralıkları şöyle özetlenebilir.

- a) Hemen kullanım performans seviyesi (S-1): Hemen kullanım performans seviyesinde deprem etkisi ile binanın taşıyıcı sisteminde oluşan hasar az olduğu için mevcut yapının deprem öncesindeki dayanım rijitlik ve sünekliği deprem sonrasında da aynen korunmaktadır.
- b) Can güvenliği performans seviyesi (S-3): Can güvenliği performans seviyesinde yapının taşıyıcı sisteminde önemli hasarlar oluşabilir. Oluşan bu hasarlar sonucu yapıda bölgesel ve toptan göçme olmamaktadır. Deprem sırasında görülmesi muhtemel yaralanmalar yapısal hasarlara bağlıdır.
- c) Göçmenin Önlenmesi performans seviyesi (S-5): Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinde yapıda bölgesel veya toptan göçmeye neden olabilen ağır hasar durumu meydana gelebilmektedir. Bu seviyede taşıyıcı elemanlarda büyük hasarlar oluşmuş dayanım ve rijitliklerde önemli azalmalar olmuştur. Bunun yanında yapının taşıma kapasitesi düşey yükleri taşımaya devam etmek için yeterlidir. Yapı stabilitesini korumakla beraber yapıda can güvenliği riski vardır.
- d) Hasar kontrol performans aralığı (S-2): Hasar kontrol performans aralığında deprem etkisi ile oluşan hasar, hemen kullanım ile can güvenliği performans seviyeleri arasında bulunduğu performans aralığıdır.
- e) Sınır güvenlik performans aralığı (S-4): Sınır güvenlik performans aralığında can güvenliğinin sağlanması açısından taşıyıcı elemanların performansı yeterli olmayabilir.

Yukarıda tanımlanan performans seviye ve aralıkları Şekil 3.7’de kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam yatay kuvvet-tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi (V- δ) diyagramı üzerinde şematik olarak işaretlenmiştir.



Şekil 3.7 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları (Özer 2007).

3.4.2 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar için Performans Seviyeleri

Taşıyıcı olmayan yapı elemanları için ATC 40, FEMA 273,356 ve ASCE 41-06'da tanımlanan performans seviyeleri Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 Taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri (Özer 2007).

Performans seviyesi	Kod
Kullanıma devam (operational-OP)	N-A
Hemen kullanım (immediate occupancy-IO)	N-B
Can güvenliği (life safety-LS)	N-C
Azaltılmış hasar (hazards reduced)	N-D
Performansın dikkate alınmadığı seviye	D-E

Bu performans seviyeleri şöyle açıklanabilir.

a) Kullanıma devam performans seviyesi (N-A): Kullanıma devam performans seviyesinde taşıyıcı elemanlar ile tesisatta ve diğer ekipmanda hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar meydana gelir. Yapı kullanılmaya devam edilir.

b) Hemen Kullanım Performans Seviyesi (N-B): Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımından ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapının kullanılmasına devam edilir.

c) Can Güvenliği Performans Seviyesi (N-C): Can Güvenliği Performans Seviyesinde taşıyıcı olmayan elemanda ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Ancak, binanın içinde veya dışındaki ağır elemanlarda yaralanmalara neden olabilecek makine devrilmesi, kopmalar, düşmeler söz konusu değildir.

d) Azaltılmış hasar performans seviyesi (N-D): Bazı hallerde yapının davranışını ve kullanımı etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmaz.

e) Performansın dikkate alınmadığı seviye (N-E): Bazı hallerde yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

BÖLÜM 4

SAYISAL UYGULAMALAR

4.1 YAPI MODELLERİNİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Çalışmaya konu olan A1 ve A2 grubu yapısal düzensizliklerin deprem performansına etkilerini göstermek için sayısal uygulamalar yapılmıştır. Uygulama için A1 ve A2 grubu yapısal düzensizlik içermeyen ve çeşitli oranlarda yapısal düzensizlik içeren örnek yapı sistemleri seçilmiştir. Seçilen sistemlere ait çeşitli tasarım parametreleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Çizelge 4.1’de yer alan ve M1 kodu ile gösterilen sistem perdesiz düzenli çerçeve sistemli bir bina modelidir. Bu model sonuçların karşılaştırılması amacıyla referans olarak seçilmiştir. M2 modeli de perdeli sistemler için referans olarak seçilmiştir. M3-M8 modelleri planda perde yerleşimleri değiştirilerek burulma düzensizliği meydana getirilmiş sistemlerdir. M9-M12 kodlu sistemler ise A2-Döşeme süreksizliği düzensizliği içermektedirler.

4.1.1 M1 Modeli

M1 modeli 5 katlı sadece kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.8 (düzenli yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. Ayrıca tasarlanan her model için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak kontrolü yapılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.2 M2 Modeli

M2 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.8 (düzenli yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. Ayrıca tasarlanan her model için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli güvenlik kontrolü yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak perdeli modellerden x ve y yönünde M2'de 1.5%-1.06% oranında perde konulmuştur. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.3 M3 Modeli

M3 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M3 modeli model için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak x ve y yönünde M3'de 1.54%-1.32% perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 120 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.4 M4 Modeli

M4 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M4 model için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak x ve y yönünde M4'de 1.25%-1.06% perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 150 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.5 M5 Modeli

M5 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M5 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak kontrolü yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak perdeli modellerden x ve y yönünde M5'de 1.32%-1.06% oranında perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.6 M6 Modeli

M6 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M6 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak perdeli modellerden x ve y yönünde M6'da 1.31%-1.06% oranında perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 100 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.7 M7 Modeli

M7 modeli 5 katlı sadece kolon ve kirişlerden çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M7 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.8 M8 Modeli

M8 modeli 5 katlı sadece kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük

oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M8 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.9 M9 Modeli

M9 modeli 5 katlı sadece kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.8 (düzenli yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M9 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.10 M10 Modeli

M10 modeli 5 katlı sadece kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M10 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 90 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.11 M11 Modeli

M11 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.8 (düzenli yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M11 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak perdeli modellerden x ve y yönünde M11'de 1.09%-1.09% oranında perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 100 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

4.1.12 M12 Modeli

M12 modeli 5 katlı sadece kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuş perde çerçeve sisteme sahiptir. Yapı malzemesi olarak C25 betonu ile ST420 çeliği kullanılmıştır. Zemin yatak katsayısı 3000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 20 t/m², zemin yük azaltma katsayısı $C_z=1$, Modal min yük oranı (β), 0.9 (düzensiz yapı) alınmıştır. Duvar yükleri yaratacağı muhtemel ek etkiler nedeni ile ihmal edilmiştir. Döşeme yükü olarak $G=523\text{kg/m}^2$, $Q=200\text{kg/m}^2$ alınmıştır. M12 modeli için P-delta etkisi ve çatlamış kesit atalet momentlerinin etkisi kullanılan Sta4-Cad V13.1 paket programı tarafından göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır. Ayrıca 2007 Deprem yönetmeliğinin 3. bölümünde yapıda bulunması gereken perde oranı her iki doğrultu için her katta taban alanının en az %0.2 si ve 5 katlı bir binada ise toplam %1'i olması hususu göz önüne alınarak perdeli modellerden x ve y yönünde M12'de 1.09%-1.09% oranında perde kullanılmıştır. Yine kullanılan paket program tarafından betondaki birim kısalma değeri 0.003 alınmıştır. Yapı temel ile birlikte tam etkileşim sağlaması için birlikte analiz edilmiştir. Temel olarak 100 cm kirişsiz radye temel seçilmiştir.

M1-M12 modellerin tasarımımda bina önem katsayısı $I=1$ alınmış olup, $I=1$ olan yapılar konut ve işyeri gibi binalar olup, D.B.Y.B.H.Y-2007'e göre bu binalarda can kaybını önlemek

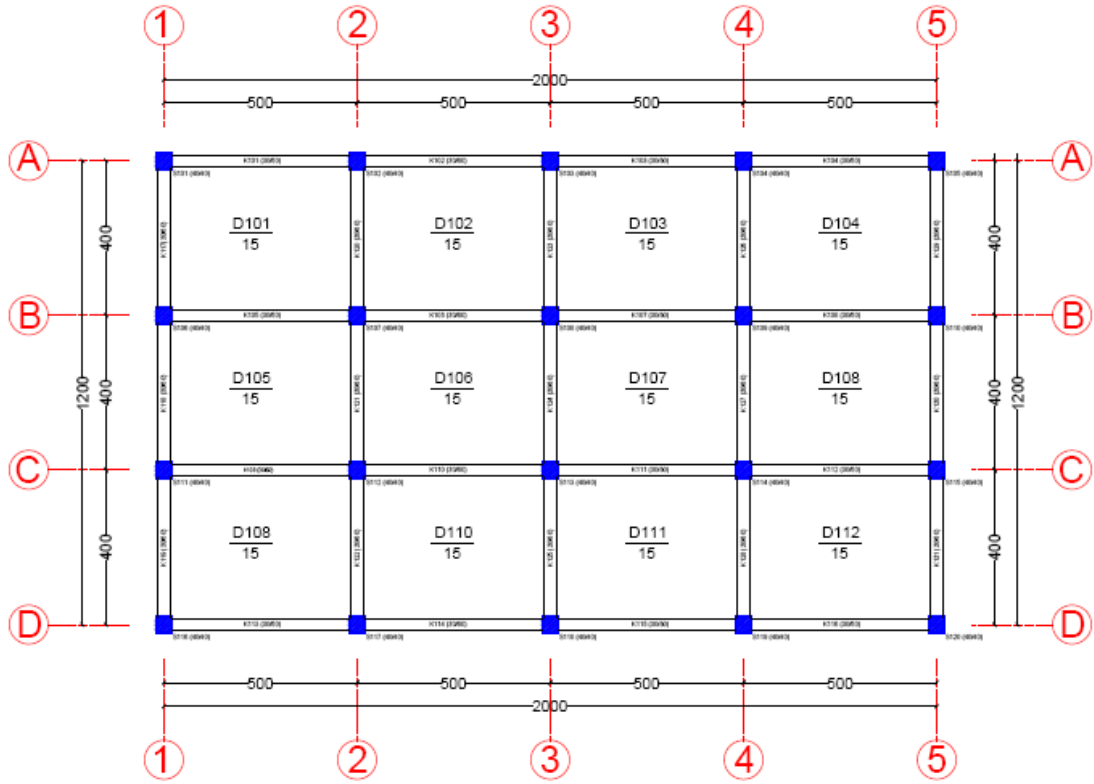
amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi için öngörülen ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan şiddetli deprem, tasarım depremi olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.1 Kontrol sistemi (M1 ve M2) ve A1-burulma düzensizliği içeren modellere ait tasarım parametreleri.

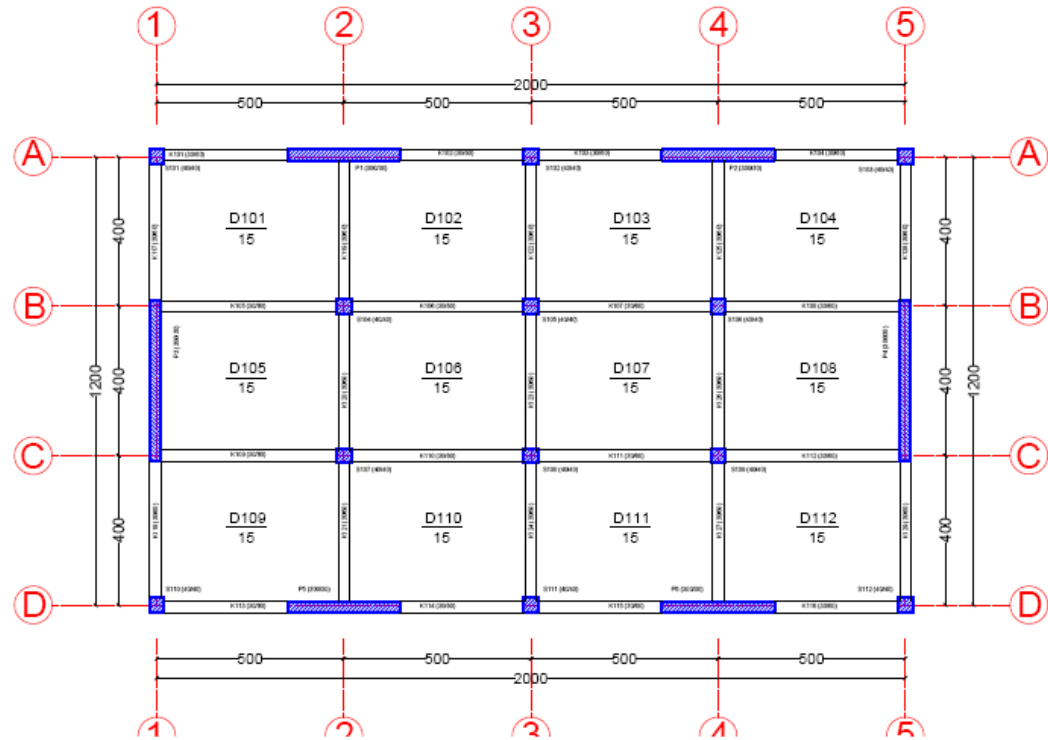
Modeller	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
İçerdiği düzensizlik	Düz. yok	Düz. yok	A1-Burulma	A1-Burulma	A1-Burulma	A1-Burulma	A1-Burulma	A1-Burulma
Perde var/yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kat adedi	5	5	5	5	5	5	5	5
Kat yüksekliği (m)	3	3	3	3	3	3	3	3
Perde kalınlıkları(cm)	-	30	30	30	30	30	-	-
Kolon boyutları (cm)	40*40	40*40	40*40	40*40	40*40	40*40	40*4050*50	30*60-30*70
Kiriş boyutları (cm)	30*60	30*60	30*60	30*60	30*60	30*60	30*60	30*50
Döşeme kalınlığı(cm)	15	15	15	15	15	15	15	15
Deprem bölgesi	1	1	1	1	1	1	1	1
Yerel zemin sınıfı	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2
R katsayısı	8	7	7	7	7	7	8	8
Bina önem katsayısı, I	1	1	1	1	1	1	1	1
Radye temel derinliği	90 cm	90 cm	120 cm	150 cm	90 cm	100 cm	90 cm	90cm

Çizelge 4.2 A2-Döşeme süreksizliği düzensizliği içeren modellere ait tasarım parametreleri.

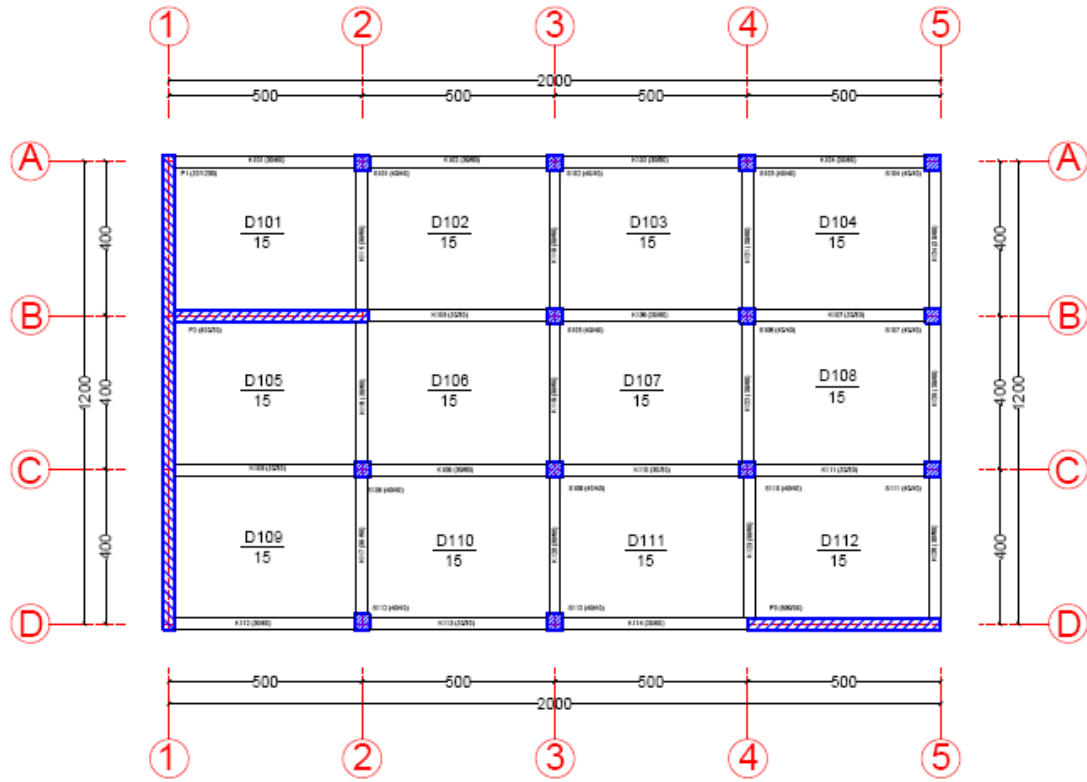
Modeller	M9	M10	M11	M12
İçerdiği düzensizlik	A2- Döş. Süreksiz.	A2- Döş. Süreksiz.	A2- Döş. Süreksiz.	A2-Döş. Süreksiz.
Kat adedi	5	5	5	5
Perde var/yok	Yok	Yok	Var	Var
Kat yüksekliği (m)	3	3	3	3
Perde kalınlıkları (cm)	0	0	30	30
Kolon boyutları (cm)	40*40	40*40	40*40	40*40
Kiriş boyutları (cm)	30*60	30*60	30*60	30*60
Döşeme kalınlığı(cm)	15	15	15	15
Deprem bölgesi	1	1	1	1
Yerel zemin sınıfı	Z2	Z2	Z2	Z2
R katsayısı	8	8	7	7
Bina önem katsayısı, I	1	1	1	1
Radye temel derinliği	90cm	90cm	100cm	100cm



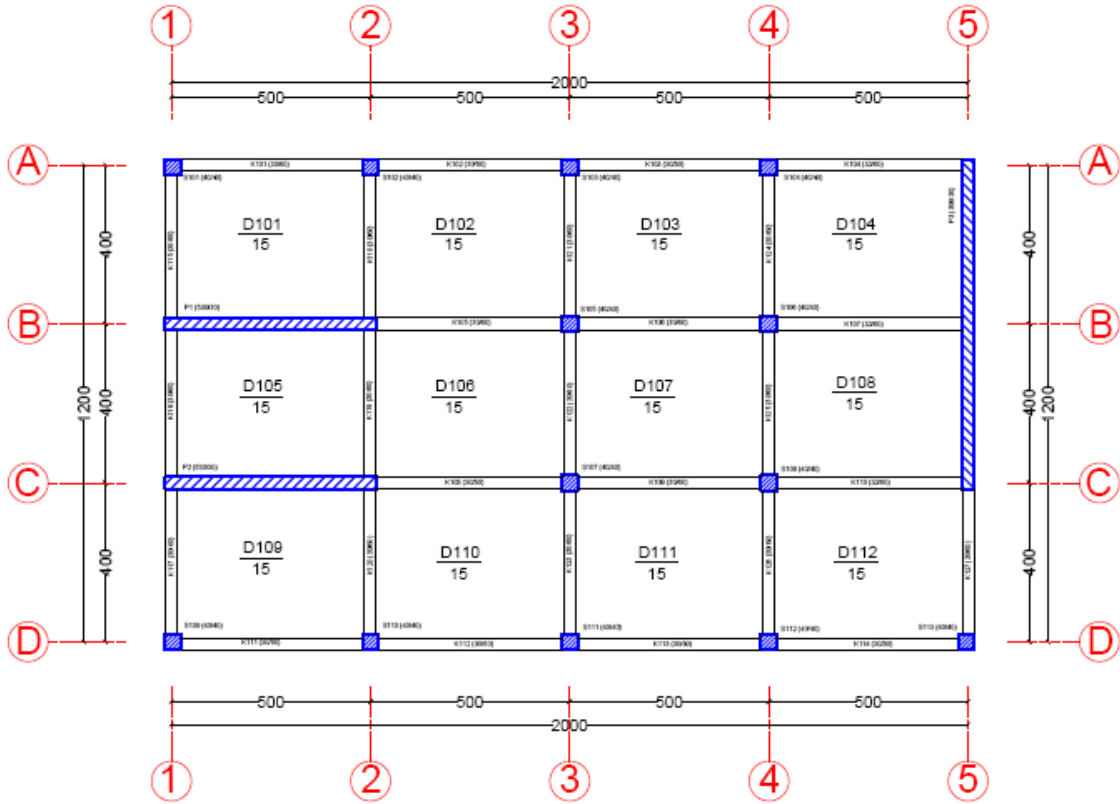
Şekil 4.1 M1 modelinin kat planı.



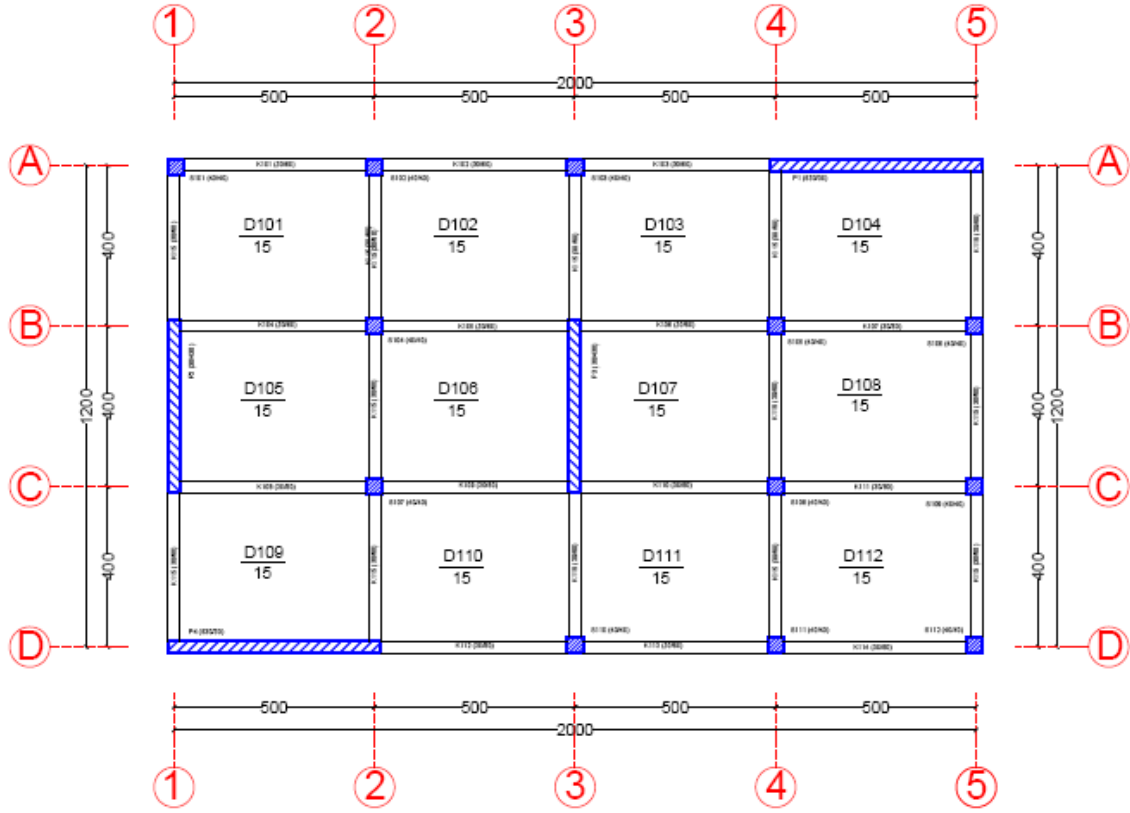
Şekil 4.2 M2 modelinin kat planı.



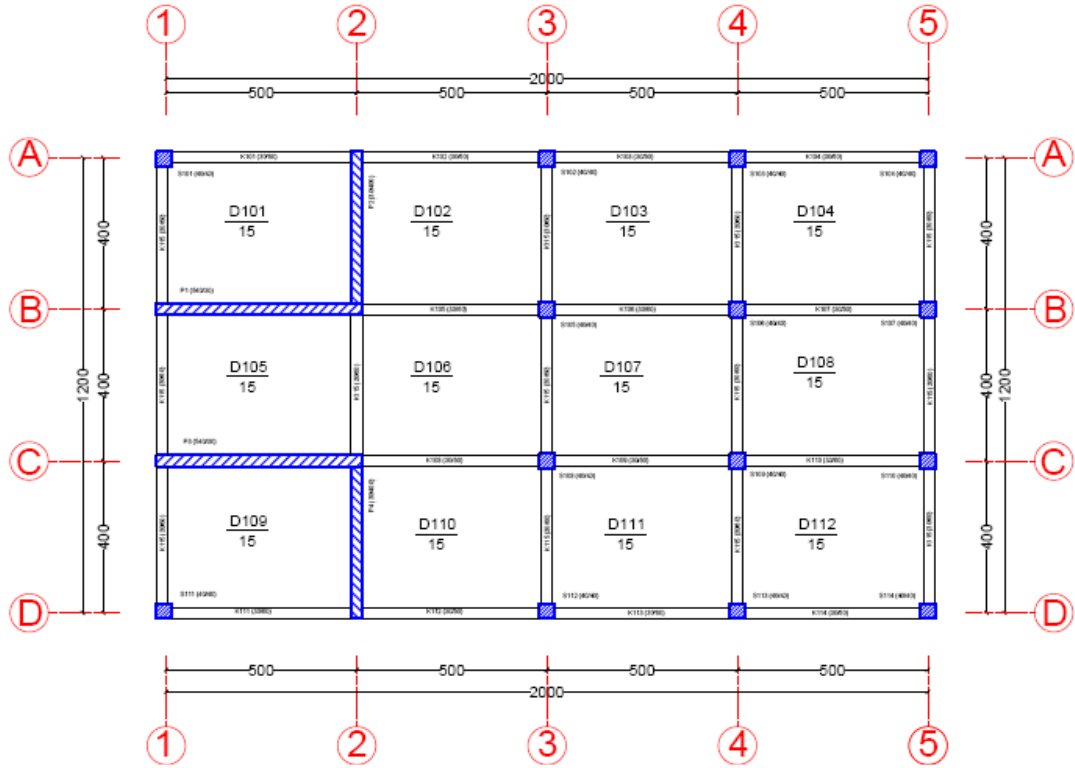
Şekil 4.3 M3 modelinin kat planı.



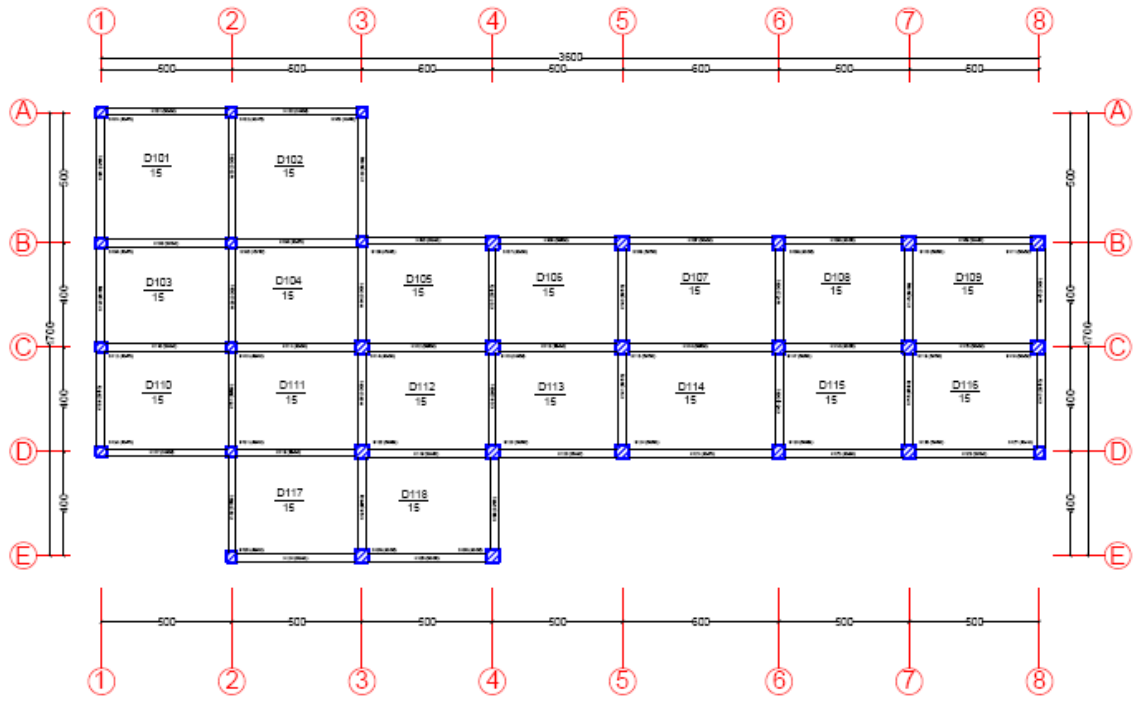
Şekil 4.4 M4 modelinin kat planı.



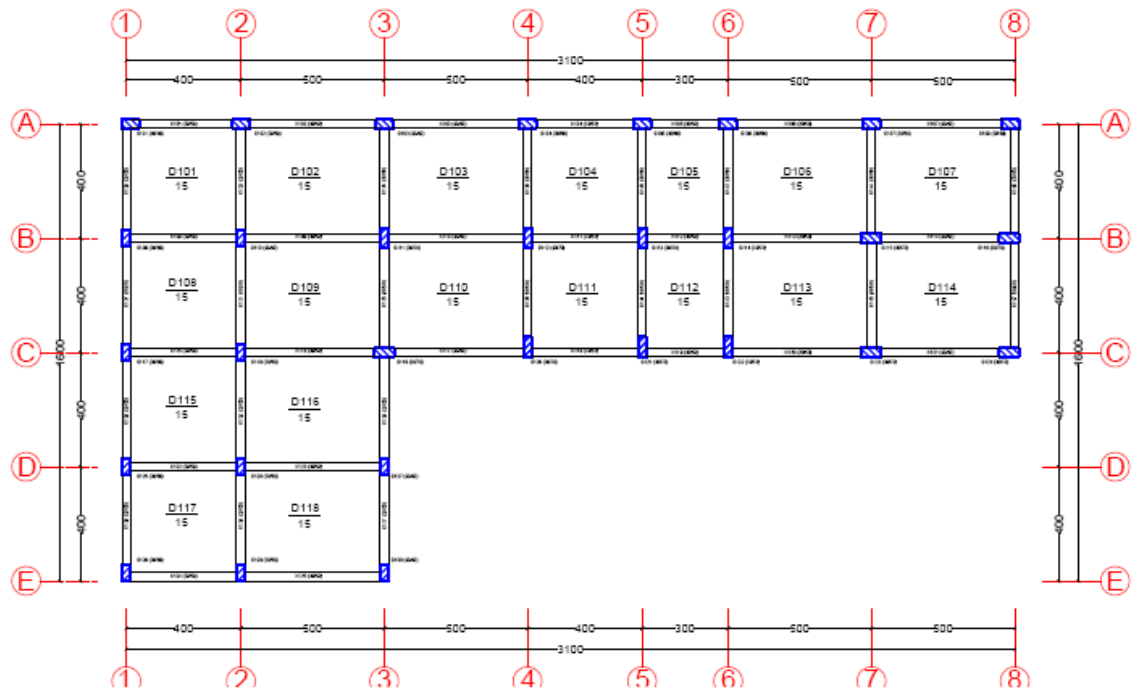
Şekil 4.5 M5 modelinin kat planı.



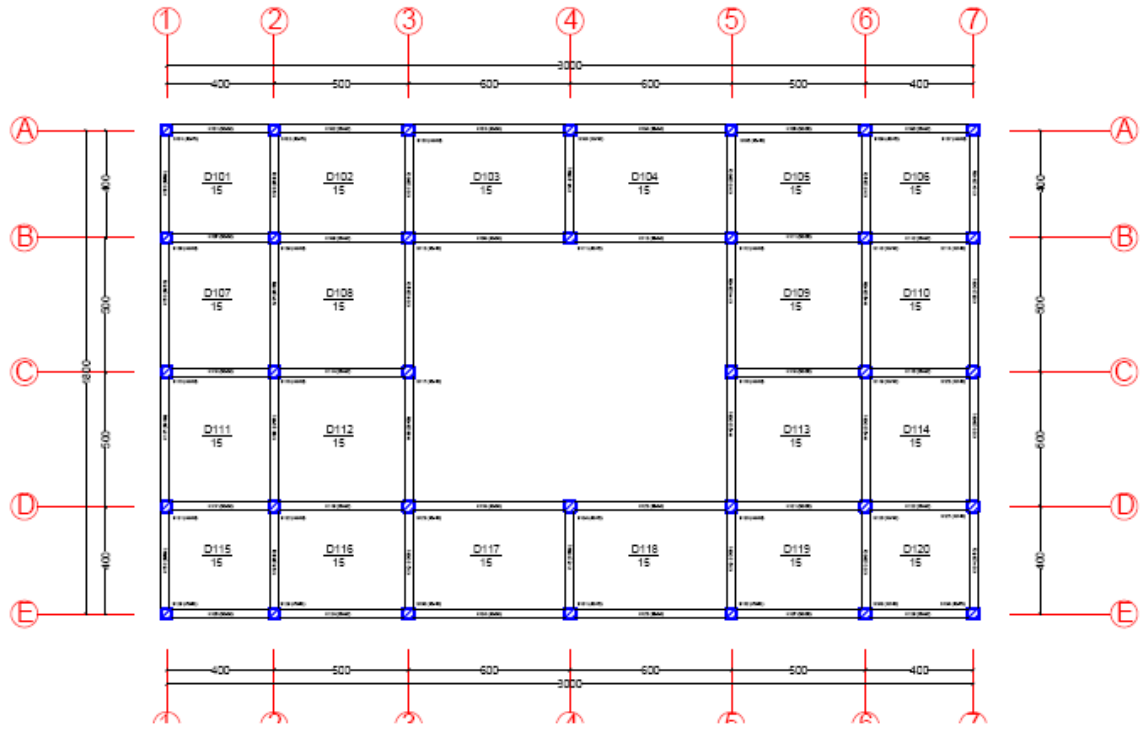
Şekil 4.6 M6 modelinin kat planı.



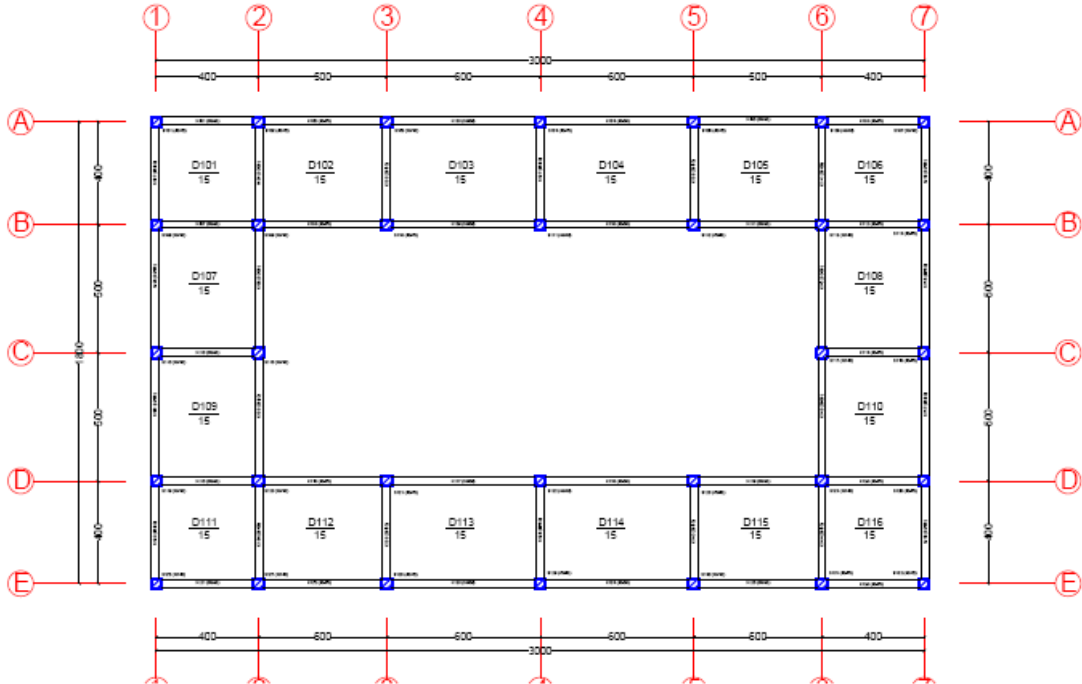
Şekil 4.7 M7 modelinin kat planı.



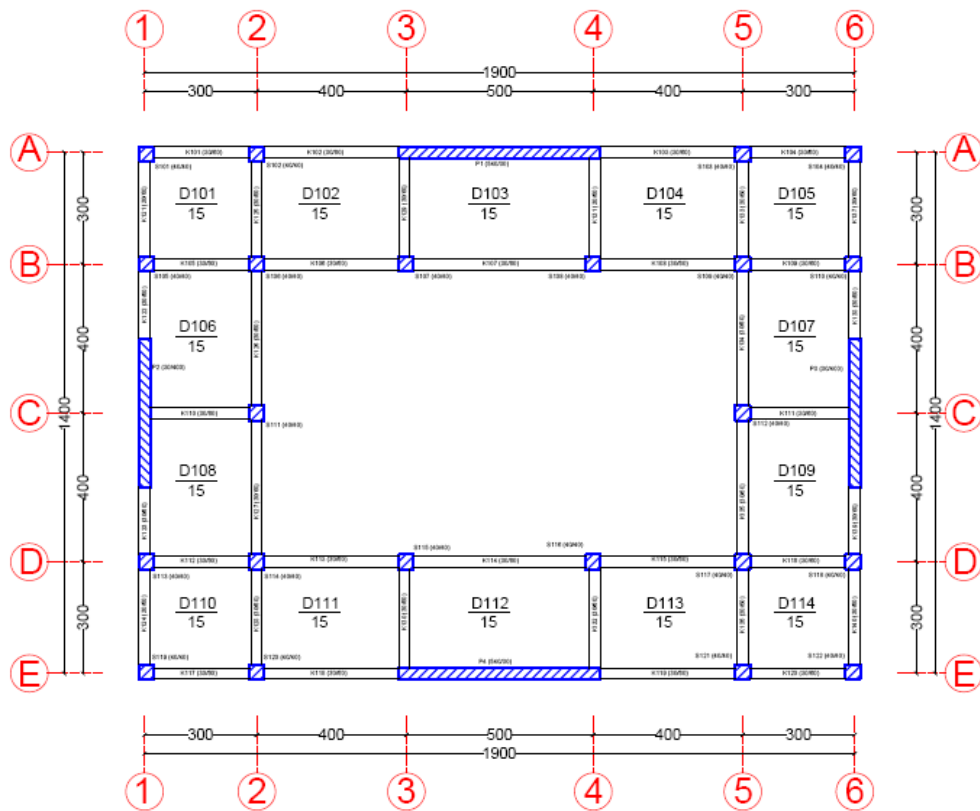
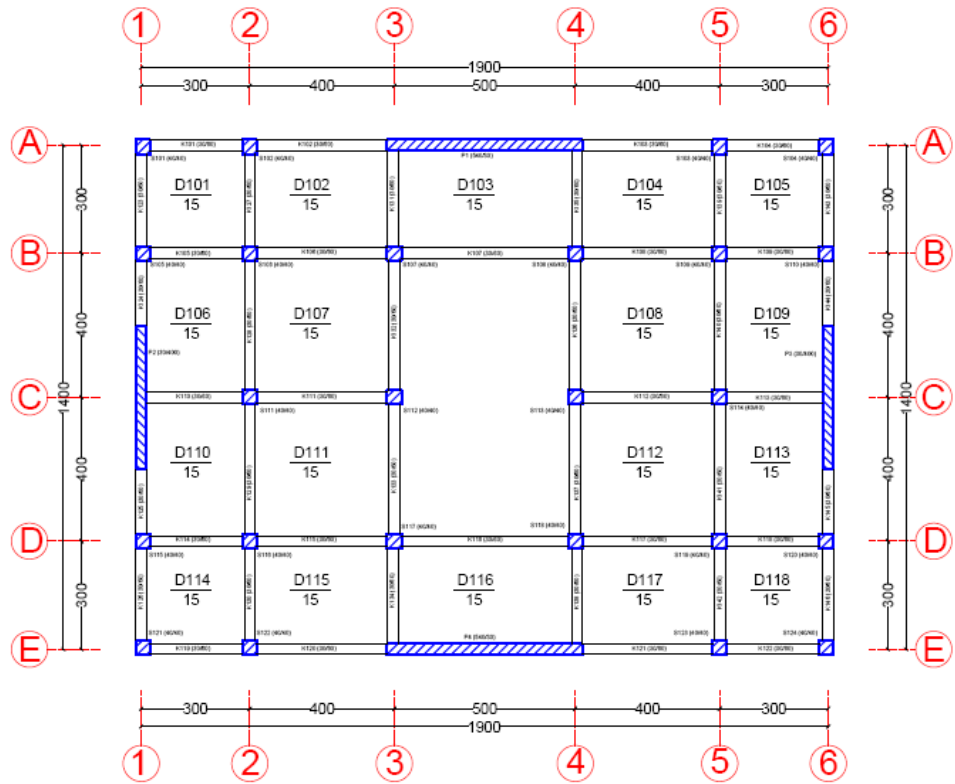
Şekil 4.8 M8 modelinin kat planı.



Şekil 4.9 M9 modelinin kat planı.



Şekil 4.10 M10 modelinin kat planı.

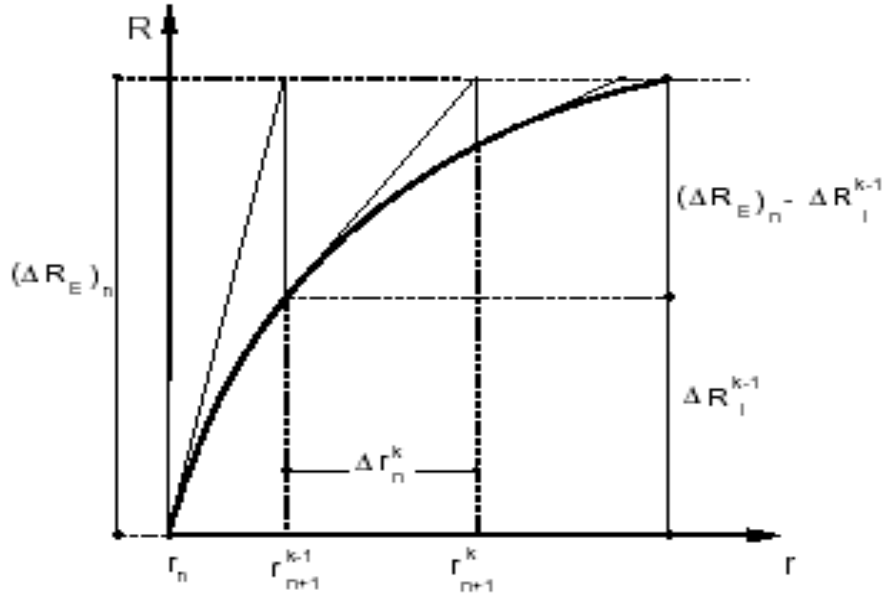


4.2 MODELLERİN ANALİZİ

Tüm modeller STA4-CAD V13.1 paket programında analiz edilmiştir. Bu programın özelliği yapı sistemlerini üç boyutlu olarak statik ve dinamik analizini, boyutlandırılmasını, projelendirilmesi, güçlendirilmesi ve detaylandırılmasında kullanılan program olmasıdır. Yapılan yapı analiz sonuçlarına göre bulunan deprem analiz sonuçlarında bulunan kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri, tüm yapı modelleri için Çizelge 4.3-14'te verilmiştir.

STA4-CAD V13.1 paket programında yapının doğrusal olmayan analizi yapılarak performans seviyesinin bulunmasında aşağıdaki prosedürlere uyulmaktadır.

1. Önce yapının modeli oluşturularak ve tüm elemanlarda donatılarak verilerek elemanların kapasiteleri belirlenir. Yapı eğer yeni bir yapıysa lineer çözüm sonuçlarına göre donatı tanımı yapılabildiği gibi program tarafından süneklik koşullarına uygun olacak şekilde lineer çözüme göre donatı yerleştirilmesi yapılabilir. Herhangi bir yapının güçlendirilmesinde mevcut donatılar biliniyorsa donatılar girilebilir, bilinmiyorsa yapının koşulları dikkate alınarak, belirli bir deprem yükü alınarak (veya alınmayarak sadece düşey yükler alınarak) lineer çözüm neticesindeki donatılar esas alınabilir.
2. İlk iterasyon lineer çözüme esas olacak deprem yükleriyle başlanır. Bu yükün parametresi olarak alınan $R=1$ alınarak ilk çözüm sonuçların kapasite kontrollerinde en küçük plastikleşme oranı R_n 'i belirler.
3. R_n değerindeki deplasman oranı iterasyonda eşit deplasman sağlayacak şekilde yük artımı yapılarak iterasyona devam edilir.
4. İterasyon sonucunda elemanlarda kapasite kontrolleri yapılarak plastikleşen eleman uçları bulunur ve eleman rijitlik matrisinde düzeltmeler yapılır.
5. Yeniden oluşturulan global yapı matrisinin determinantı 0 olması durumunda göçme oluşacağı için iterasyona son verilir. Eğer matrisin determinantı 0 değilse 3. maddeden itibaren işlem tekrarlanır.



Şekil 4.13 STA4-CAD Statik itme analizi kapasite eğrisi.

Yapı rijitlik matrisi düzenlenirken yapının tüm davranışının dikkate alınması gerekir. Özellikle perdeli yapılarda, temel etkileşimi dikkate alınması çok önemlidir.

Genel yapı matrisi

$$[K] = \sum [K]_b + [K]_c + [K]_g + [K]_f$$

[K] :Global rijitlik matrisi

[K]_b:Kiriş rijitlik matrisi

[K]_c:Kolon rijitlik matrisi

[K]_f:Temel rijitlik matrisi

[K]_g:Kat rijitlik matrisi

Son dönemlerde yapılan çalışmalar ve depremlerde meydana gelen göçme mekanizmaları yapılarda lineer olmayan hesaplamaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Depremde yapının bazı elemanları lineer ötesi davranış göstererek akma sınırlarına ulaşmaktadır. Lineer olmayan, (nonlinear) çözümlerde elemanların donatı sünekliliğine bağlı olarak bulunan, kapasite ve dönmeleri dikkate alınarak iteratif olarak yapılan analiz tekniği oldukça geliştirilmiştir. Böylece gerek deprem yükü, gerekse düşey yüklerden oluşan yükler artırılarak, her elemanın uç noktalarındaki plastik kapasitelerinin üzerine çıkması durumunda, bu bölgede sünekliliğe bağlı olarak plastikleşme kabul edilerek güç tükenmesi meydana gelecektir. Plastikleşme

oluşmasıyla bu bölgede momentler, kapasite momentlerine eşit olacaktır. Yapıdaki enerjinin yeniden dağılımıyla plastikleşmeyen noktalardaki tesirler artacaktır. Yükünde artırılarak yeniden yapılan çözümlerde plastikleşen eleman sayısı artacaktır. Bu şekilde yapılan iteratif çözümler sonucunda yapının tüm elemanları plastikleşerek, güç tükenmesiyle kapasite değerlerine ulaşarak göçme noktasına kadar devam edecektir. Bu da yapının göçme yükünün bulunmasını sağlayacak ve yapının performans seviyesi hakkında bilgi verecektir.

Çizelge 4.3 M1 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 1	Burulma katsayısı, η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.05	1.05	3.33	3.45	49.15	50.49
2.kat	1.08	1.09	7.67	7.88	98.31	100.97
3.kat	1.08	1.09	11.63	11.95	147.47	151.46
4.kat	1.08	1.09	14.79	15.25	196.63	201.96
5.kat	1.09	1.10	16.78	17.40	274.51	281.94

Çizelge 4.4 M2 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 2	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.00	1.28	1.30	97.95	97.040
2.kat	1.00	1.00	3.66	3.64	195.90	194.08
3.kat	1.00	1.00	6.47	6.45	293.85	291.12
4.kat	1.00	1.00	9.25	9.34	391.81	388.16
5.kat	1.00	1.00	11.78	12.06	547.01	541.92

Çizelge 4.5 M3 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 3	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.16	1.92	1.09	0.31	109.43	111.16
2.kat	1.12	1.92	3.03	0.73	218.85	222.33
3.kat	1.08	1.91	5.42	1.18	328.28	333.51
4.kat	1.05	1.89	7.93	1.64	437.70	444.67
5.kat	1.02	1.93	10.34	2.06	611.08	620.81

Çizelge 4.6 M4 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 4	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.01	1.91	0.94	0.82	93.63	93.81
2.kat	1.01	1.86	2.59	1.30	186.39	187.62
3.kat	1.01	1.80	4.64	2.22	280.90	281.43
4.kat	1.01	1.71	6.82	3.17	374.54	375.26
5.kat	1.00	1.71	8.92	4.07	522.90	523.90

Çizelge 4.7 M5 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model5	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem Yüğü (kN) F	
	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.31	1.06	1.16	106.73	90.58
2.kat	1.00	1.25	2.96	3.23	213.47	181.16
3.kat	1.00	1.22	5.30	5.70	320.20	271.74
4.kat	1.00	1.20	7.78	8.22	426.94	362.33
5.kat	1.00	1.17	10.18	10.58	596.05	505.85

Çizelge 4.8 M6 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 6	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.78	1.03	1.20	107.88	93.63
2.kat	1.00	1.48	2.86	3.64	215.76	187.26
3.kat	1.00	1.31	5.12	6.71	323.64	280.89
4.kat	1.00	1.17	7.51	9.98	431.52	374.53
5.kat	1.00	1.00	9.82	13.17	602.45	522.82

Çizelge 4.9 M7 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model7	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.05	1.27	3.23	3.04	67.18	72.84
2.kat	1.04	1.21	7.55	7.23	134.36	145.67
3.kat	1.03	1.19	11.48	11.12	201.55	218.51
4.kat	1.03	1.19	14.54	14.21	268.74	291.35
5.kat	1.03	1.18	16.46	16.24	375.19	406.76

Çizelge 4.10 M8 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 8	Burulma		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.01	1.05	2.84	2.65	90.04	81.11
2.kat	1.01	1.13	6.61	6.27	180.09	162.22
3.kat	1.01	1.15	10.02	9.59	270.13	243.84
4.kat	1.01	1.17	12.64	12.17	360.18	324.45
5.kat	1.01	1.22	14.19	13.76	502.85	452.97

Çizelge 4.11 M9 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 9	Burulma		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.00	3.54	3.58	86.50	85.70
2.kat	1.00	1.00	7.89	7.97	173.00	171.40
3.kat	1.00	1.00	11.88	12.01	259.50	257.11
4.kat	1.00	1.00	15.07	15.28	346.00	342.81
5.kat	1.00	1.00	17.05	17.35	483.06	478.60

Çizelge 4.12 M10 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 10	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.00	3.22	3.24	88.78	87.37
2.kat	1.00	1.00	7.18	7.30	157.07	154.59
3.kat	1.00	1.00	10.43	10.95	225.37	221.80
4.kat	1.00	1.00	13.44	13.77	293.66	289.02
5.kat	1.00	1.00	15.06	15.49	405.85	399.44

Çizelge 4.13 M11 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 11	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.00	0.98	1.36	113.82	105.38
2.kat	1.00	1.00	2.63	3.64	227.66	210.77
3.kat	1.00	1.00	4.60	6.25	341.86	316.16
4.kat	1.00	1.00	6.62	8.80	455.32	421.54
5.kat	1.00	1.00	8.53	11.09	635.66	588.52

Çizelge 4.14 M12 tipi model yapı için kat deprem deplasmanları (Δ), deprem yükü (F), burulma katsayısı (η) değerleri.

Model 12	Burulma Katsayısı η		Kat ötelenmesi, Δ (mm)		Deprem yükü, F, (kN)	
Yönler	X	Y	X	Y	X	Y
1.kat	1.00	1.00	0.78	1.13	92.98	92.98
2.kat	1.00	1.00	2.13	3.07	185.97	185.97
3.kat	1.00	1.00	3.74	5.30	278.96	278.96
4.kat	1.00	1.00	5.40	7.47	371.96	371.96
5.kat	1.00	1.00	6.96	9.40	519.29	519.29

Çizelge 4.15 a.M1–M12 modellerine bina ait yatay yük kapasite oranı (V_k), x ve y yönünde göçme yükü (P_x, P_y), modellerin performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti (V_b) ile tepe yerdeğiştirmesi (Δ), b.1.doğal titreşim periyodu (T_{1x}, T_{1y}),

a. M1-M12 modeli için V_k, P_x, P_y ve V_b değerleri

MODEL	$V_k = V_r/V_e$	P_x (kN)	P_y (kN)	Taban kesme kuvveti, V_b (kN)		Tepe yerdeğiştirmesi, Δ (mm)	
				X yönü	Y yönü	X yönü	Y yönü
1	2.463	2142.40	2094.63	766.08	786.83	16.7	17.4
2	2.219	3660.40	4004.25	1424.17	1375.36	10.99	10.97
3	2.217	4188.28	6084.45	1222.13	1659.36	7.45	1.97
4	2.411	4107.64	3999.34	1459.26	1590.56	8.92	5.61
5	1.063	2350.08	1912.65	1663.03	1411.67	10.18	10.60
6	1.630	4151.49	2983.71	1681.27	1613.30	9.82	14.57
7	2.343	2754.25	2874.82	1047.05	1135.16	16.46	16.24
8	2.436	3809.02	3328.14	1403.30	1264.13	14.19	13.76
9	2.446	3705.04	3530.71	1348.09	1335.62	17.05	17.35
10	2.437	3210.81	2853.14	1170.75	1152.24	15.66	15.49
11	2.483	5117.38	4443.63	1773.96	1642.40	8.53	11.09
12	2.530	4865.95	3995.51	1575.07	1449.20	7.56	9.40

b. M1-M12 modeli için T_{1x}, T_{1y} değerleri

1.Doğal Titreşim Peryodu	T_{1x} (s),	T_{1y} (s)
MODEL 1	0.79	0.76
MODEL 2	0.45	0.46
MODEL 3	0.40	0.23
MODEL 4	0.40	0.34
MODEL 5	0.40	0.49
MODEL 6	0.39	0.47
MODEL 7	0.74	0.67
MODEL 8	0.66	0.75
MODEL 9	0.76	0.72
MODEL 10	0.70	0.72
MODEL 11	0.36	0.44
MODEL 12	0.33	0.39

4.3 MODELLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

4.3.1 M1, M7 ve M8 Modelleri

M1, M7 ve M8 modellerinde taşıyıcı sistemler sadece kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçevelerdir (Şekil 4.1, 4.7, 4.8). Referans olarak seçilen M1’de taşıyıcı elemanların yerleşimi simetrik olduğundan burulma düzensizliği yoktur (Çizelge 4.3). Buna karşın M7’de de kolonların dağılımı asimetrik olduğundan A1 burulma düzensizliği oluşmuştur. M8’de de aynı şekilde taşıyıcı elemanların yerleşimi asimetrik olduğundan A1 burulma düzensizliği oluşmuştur (Çizelge 4.9 ve 4.10).

M1’de yapının performansı x yönünde hemen kullanım performans düzeyi ile can güvenliği performans düzeyi arasındadır. Yapının göçme yükü x yönünde 2142.00 kN, y yönünde ise 2094.63 kN’dur. Oysa, yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yaptığı yerdeğiştirme, x yönünde 766.08 kN-16.7 mm iken, y yönünde 786.83 kN-17.4mm olup, tasarım depremi için can güvenliği performans düzeyi sağlanmış görünmektedir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu ise her iki doğrultuda birbirine yakın olup $T_{1x}=0,79$ s, $T_{1y}=0,77$ s olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15). Gözlenen davranışta anormal bir durum olmayıp öngörülen performans hedefinin sağlandığı görülmektedir.

Model 7’de yapının x yönünde göçme yükü, 2754.25 kN iken y yönünde 2874.82 kN’dur. 1.doğal titreşim periyotları $T_{1x}=0,74$ s $T_{1y}=0,67$ dir. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme x yönünde 1047.05 kN-16.46mm iken, y yönünde 1135.16 kN-16.24 mm (Çizelge 4.15). Yapının performans noktası, Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır. Yapıda sadece y yönünde 1. ve 2. katta burulma düzensizliği oluşmuşken x yönünde burulma düzensizliği oluşmamıştır.

Model 8’de ise yapının göçme yükü, x yönünde 3809.02 kN iken y yönünde 3328.14 kN dur. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme miktarı x yönünde 1403.30 kN-14.19 mm iken y yönünde 1264.13 kN-13.76 mm dir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu $T_{1x}=0,66$ s $T_{1y}=0,75$ s dir (Çizelge 4.15). Yapının performans noktası Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır (Çizelge 4.17). Belirgin kiriş hasar oranı ise M1 modeli için %93.3, M7 modeli için %100, M8 modeli için

ise %96.2'dir. Yine her üç modelin belirgin kiriş hasar oranına göre kıyaslarsak sıralamanın **M1□M8□M7 olduğu** görülür (Çizelge 4.17). Ayrıca M1,M7 ve M8 modelleri Can Güvenliğini sağlamayan eleman dağılımına göre sıralandığında sıralamanın sırasıyla x ve y yönünde kolon ve kirişler için %0 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16).

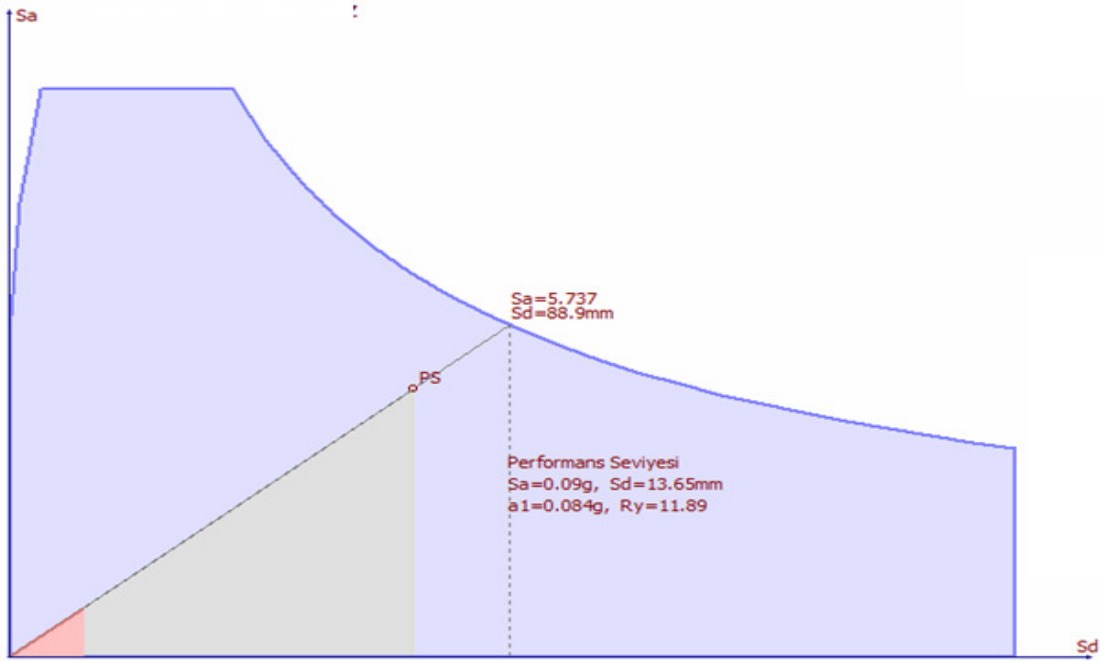
M1,M7 ve M8 modelleri A1 burulma düzensizliği açısından karşılaştırıldığında, burulma düzensizliği katsayısı η_b 'nin maksimum değeri, M1 için 1.10, M7 için 1.27, M8 modeli için ise 1.22'dir. Bu üç modeli burulma düzensizliği açısından karşılaştırılırsa sıralama küçükten büyüğe doğru sıralaması, $\eta_b(M1) \square \eta_b(M8) \square \eta_b(M7)$ olmaktadır (Çizelge 4.3, 4.9 ve 4.10).

Çizelge 4.15'e göre M1, M7 ve M8 modellerine ait yatay yük kapasiteleri ($V_k=V_r/V_e$), M1 modeli için 2.463, M7 modeli için 2.343, M8 modeli için ise 2.436 olmaktadır. Buna göre her üç modele ait yatay yük kapasiteleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında, $M7 \square M8 \square M1$ olmaktadır.

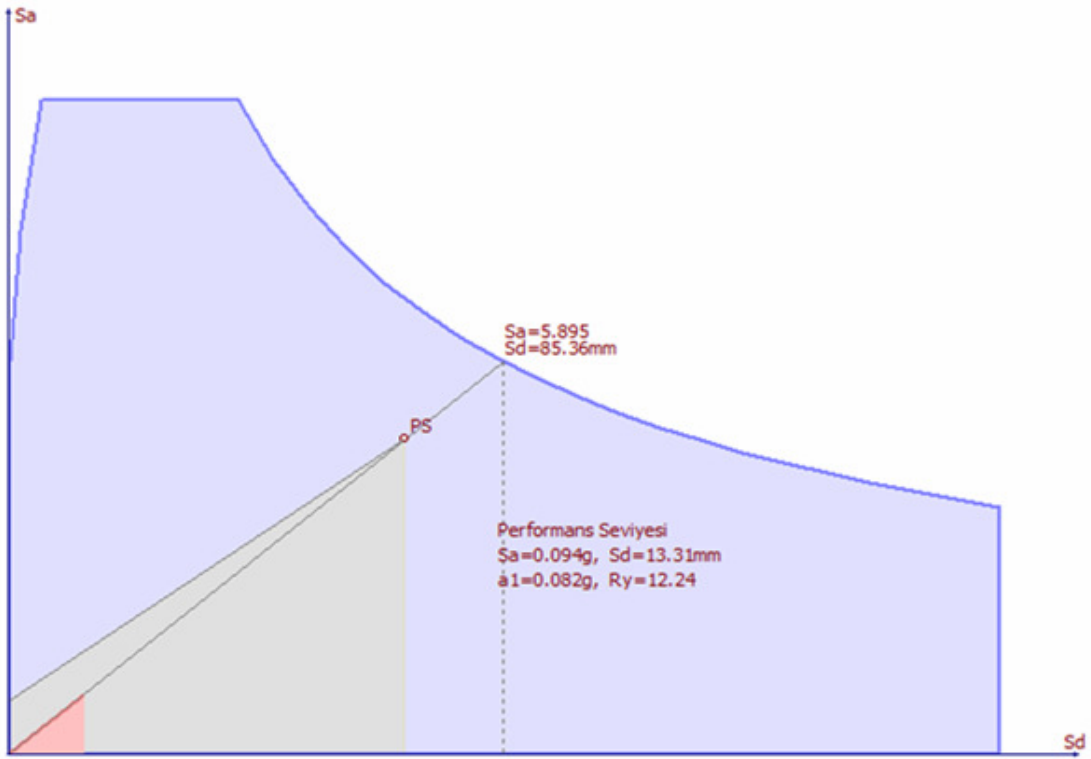
Şekil 4.14,4.15 ile Çizelge 4.17 incelendiğinde M1,M7 ve M8 modellerinin tasarım depremi için Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri x yönünde sırasıyla 88.9 mm,85.36 mm ve 74.28 mm iken y yönünde ise sırasıyla 89.24 mm,79.96 mm ve 76.82 mm dir. Performans noktasındaki Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri sırasıyla x yönünde 13.65 mm, 13.31 mm ve 11.35 mm iken y yönünde 14.06 mm, 12.88 mm ve 11.04 mm olmaktadır. Buna göre M1,M7 ve M8 modellerinin spektral yerdeğiştirme performans seviyelerine göre sıralaması yapıldığında sıralama x ve y noktasında aynı olup, $M1 \square M7 \square M8$ olmaktadır.

Çizelge 4.18'e göre M1,M7 ve M8 modellerinin D.B.Y.B.H.Y-2007 'ye göre Kiriş hasar oranı, Kolon hasar oranı, Üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranını kapsayan Can güvenliği yeterlilik şartlarını taşıdığı ve performans seviyesinin Hemen kullanım ile Can güvenliği arasında olduğu görülmüştür.

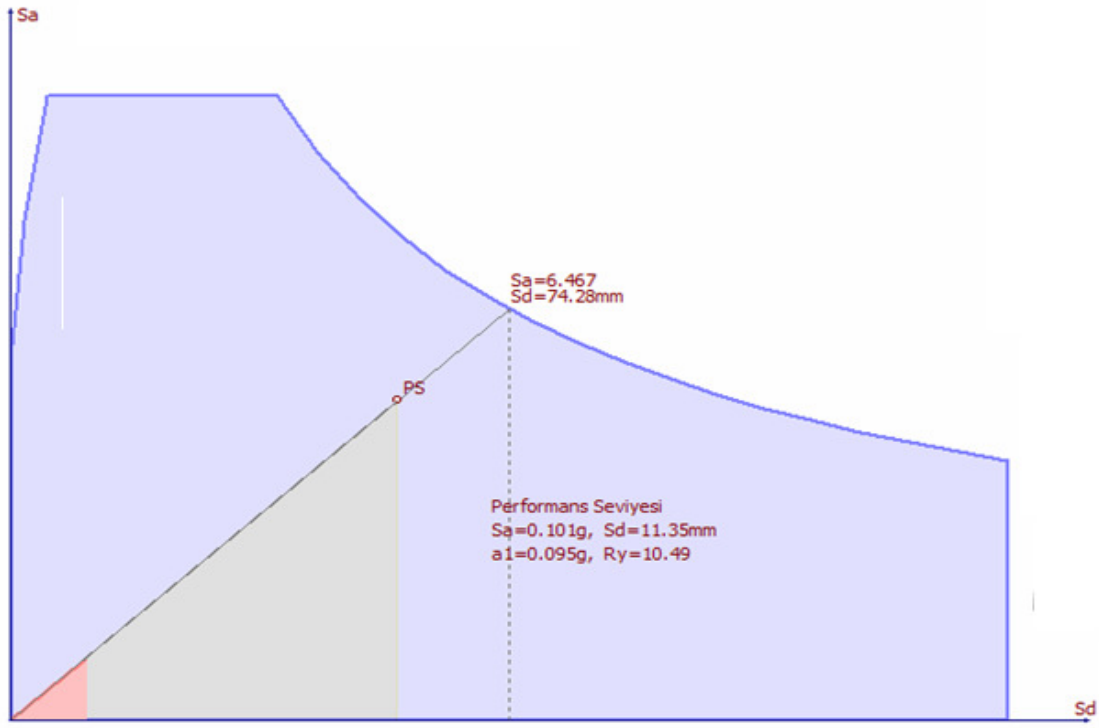
M1,M7 ve M8 modeline ait sonuçlar incelendiğinde burulma düzensizliği katsayısının artması ile belirgin kiriş hasar oranı artarken, yatay yük kapasite oranı azalmaktadır. Bu sonuçlara göre M1,M7 ve M8 modeline ait deprem dayanım performansları incelendiğinde sıralamanın $M1 \square M8 \square M7$ olduğu görülmektedir.



a.

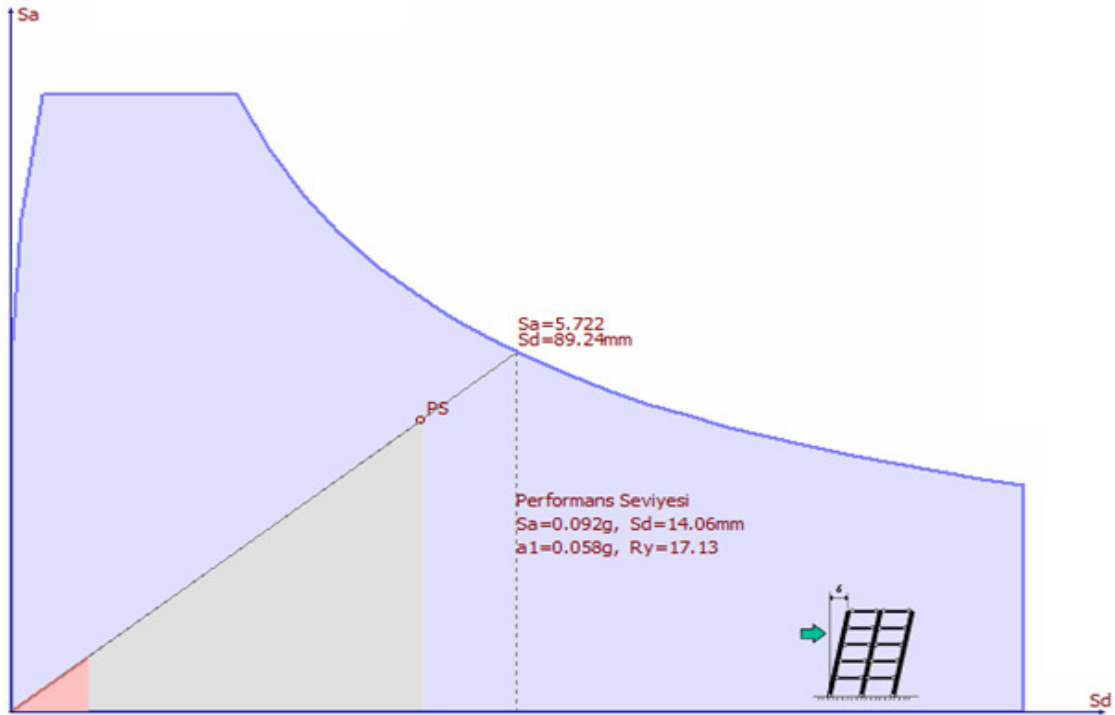


b.

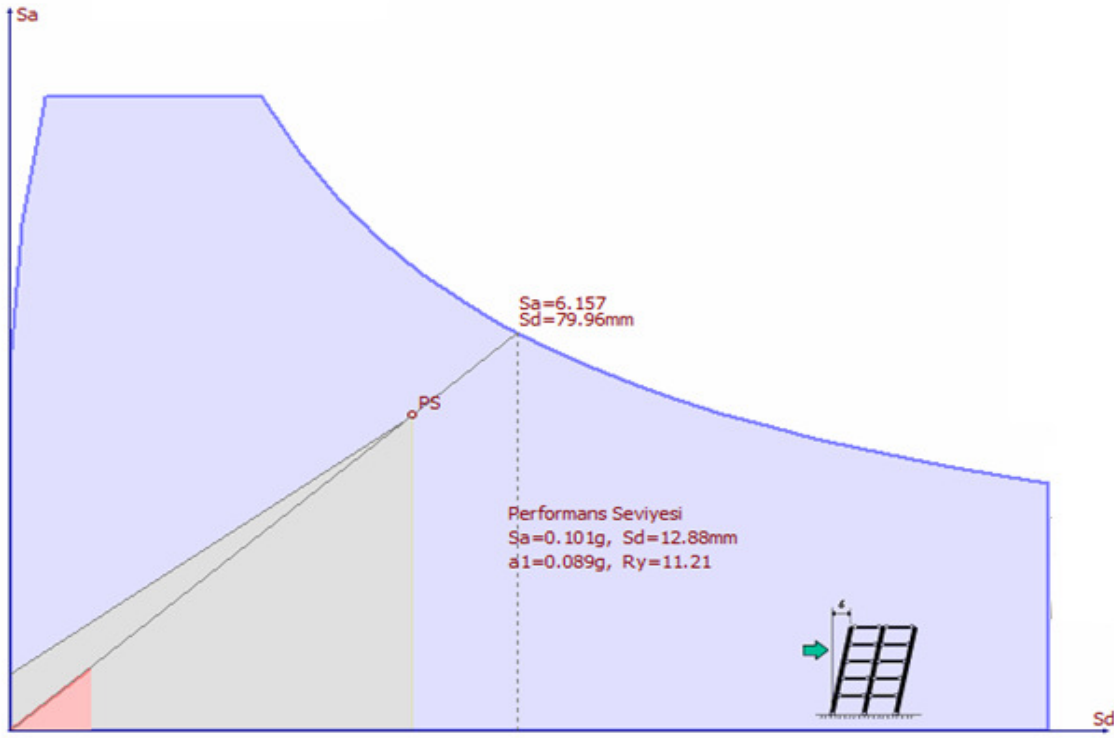


c.

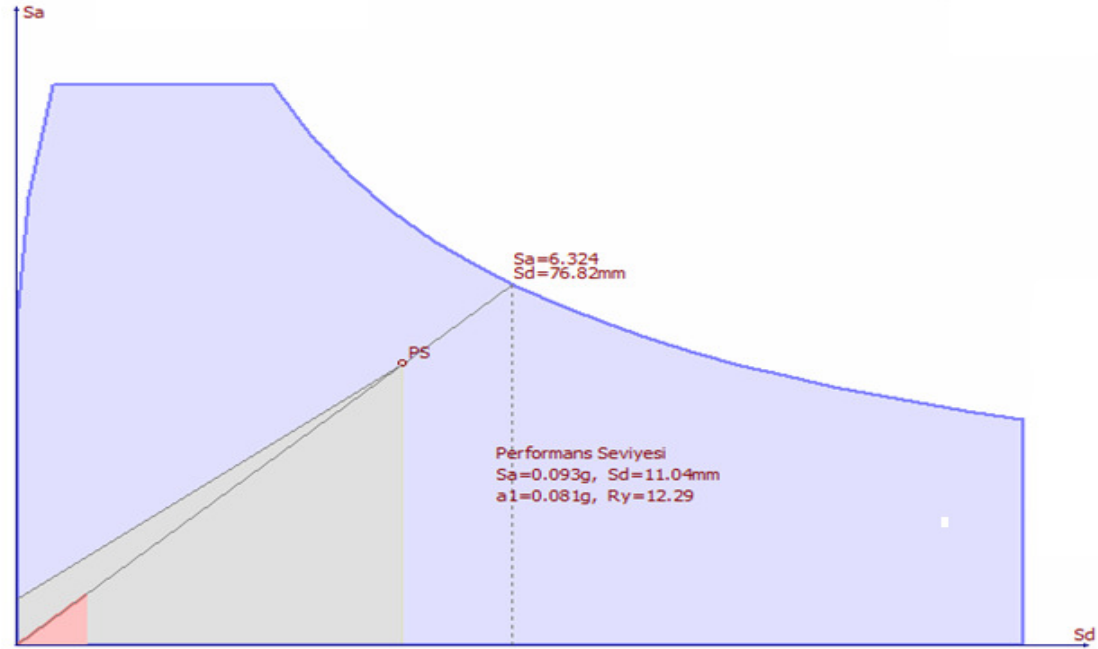
Şekil 4.14 a, b ve c sırasıyla M1 modeli ile A1 burulma düzensizliği ihtiva eden M7 ve M8 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği eğrisi.



a.



b.



c

Şekil 4.15 a, b ve c sırasıyla M1 modeli ile A1 burulma düzensizliği ihtiva eden M7 ve M8 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği eğrisi.

Çizelge 4.16. a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M1,M7 ve M8 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı

a.M1 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
1	0/16 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/25 (%0.0)
2	0/16 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/25 (%0.0)
3	0/16 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/25 (%0.0)
4	0/16 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/25 (%0.0)
5	0/16 (%0.0)	0/25 (%0.0)	0/15 (%0.0)	0/25 (%0.0)

b.M7 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
1	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
2	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
3	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
4	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
5	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)

c. M8 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
1	0/26 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
2	0/26 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
3	0/26 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
4	0/26 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)
5	0/25 (%0.0)	0/30 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/30 (%0.0)

Çizelge 4.17 Statik itme analizi sonucu M1,M7 ve M8 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (Sa), Spektral yerdeğiştirme (Sd) ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.

	M1		M7		M8	
Yön	X	Y	X	Y	X	Y
PS noktasında Sa (m/sn ²)	0.09g	0.092g	0.094g	0.101g	0.101g	0.093g
PS noktasında Sd (mm)	13.65	14.06	13.31	12.88	11.35	11.04
Belirgin kiriş hasar oranı	93.3(%)		100(%)		96.2(%)	
Performans Seviyesi	CG		CG		CG	

Çizelge 4.18 M1,M7 ve M8 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat Vc oranı, plastikleşen kolon Vc oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.

	M1	M7	M8
Can güvenliği yeterlilik kontrolü			
Kiriş hasar oranı	IH=%0.0 □ %30 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %30 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %30 GB=%0.0
Kolon hasar oranı	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0
Üst kat Vc oranı	IH=%0.0 □ %40 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %40 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %40 GB=%0.0
Plastikleşen kolon Vc oranı	BH+IH+GB =%0.0 □ %30	BH+IH+GB =%0.0 □ %30	BH+IH+GB =%0.0 □ %30
Performans seviyesi	CG	CG	CG

4.3.2 M2, M3ve M 4 Modelleri

M2, M3 ve M4 modellerinde taşıyıcı sistemler kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuştur (Şekil 4.2, 4.3, 4.4). Referans olarak seçilen M2’de taşıyıcı elemanların yerleşimi simetrik olduğundan burulma düzensizliği yoktur (Çizelge 4.4). Buna karşın M3 ve M4’te kolon ve perdelerin dağılımı asimetrik olduğundan A1 burulma düzensizliği oluşmuştur (Çizelge 4.4,4.5 ve 4.6).

M2’de yapının performansı Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır. Yapının göçme yükü x yönünde 3660.40 kN, y yönünde ise 4004.25 kN’dur. Oysa, yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti - yaptığı yerdeğiştirme, x yönünde 1424.17 kN-10.99 mm iken, y yönünde 1375.36 kN-10.97 mm dir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu ise her iki doğrultuda birbirine yakın olup $T_{1x}=0,45$ s, $T_{1y}=0,46$ s olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15).

M3 modelinde yapıda sadece y yönünde 5 katın tamamında burulma düzensizliği görülmüştür. Model 3’te yapının x yönünde göçme yükü, 4188.28 kN iken y yönünde 6084.45 kN’dur. 1.doğal titreşim periyotları $T_{1x}=0,40$ s $T_{1y}=0,23$ tür. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme x yönünde 1222.1 kN-7.45 mm iken, y yönünde 1659.63 kN-1.97 mm (Çizelge 4.15). Yapının performans noktası, Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır.

Model 4’te ise yapının göçme yükü, x yönünde 4107.64 kN iken y yönünde 3999.34 kN dur. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme miktarı x yönünde 1459.26 kN-8.92 mm iken y yönünde 1590.56 kN-5.61 mm dir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu $T_{1x}=0,40$ s $T_{1y}=0,34$ s dir (Çizelge 4.15). Yapının performans noktası Can güvenliği performans düzeyi ile Göçme noktası arasındadır.

Belirgin kiriş hasar oranı ise M2 modeli için %50, M3 modeli için %58.3, M4 modeli için ise %69.2’dir. Yine her üç modelin belirgin kiriş hasar oranına göre kıyaslırsak sıralamanın $M2 \square M3 \square M4$ olduğu görülür (Çizelge 4.20).

M2, M3 ve M4 modelleri A1 burulma düzensizliği açısından karşılaştırıldığında, burulma düzensizliği katsayısı η_b ’nin maksimum değeri, M2 için 1.00, M3 için 1.93, M4 modeli için ise 1.91’dir. Bu üç modeli burulma düzensizliği açısından karşılaştırılırsa sıralamanın küçükten büyüğe doğru, $\eta_b(M2) \square \eta_b(M4) \square \eta_b(M3)$ olmaktadır (Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6).

Çizelge 4.15’e göre M2, M3 ve M4 modellerine ait yatay yük kapasiteleri ($V_k=V_r/V_e$), M2 modeli için 2.219, M3 modeli için 2.217, M4 modeli için ise 2.411 olmaktadır. Buna göre her

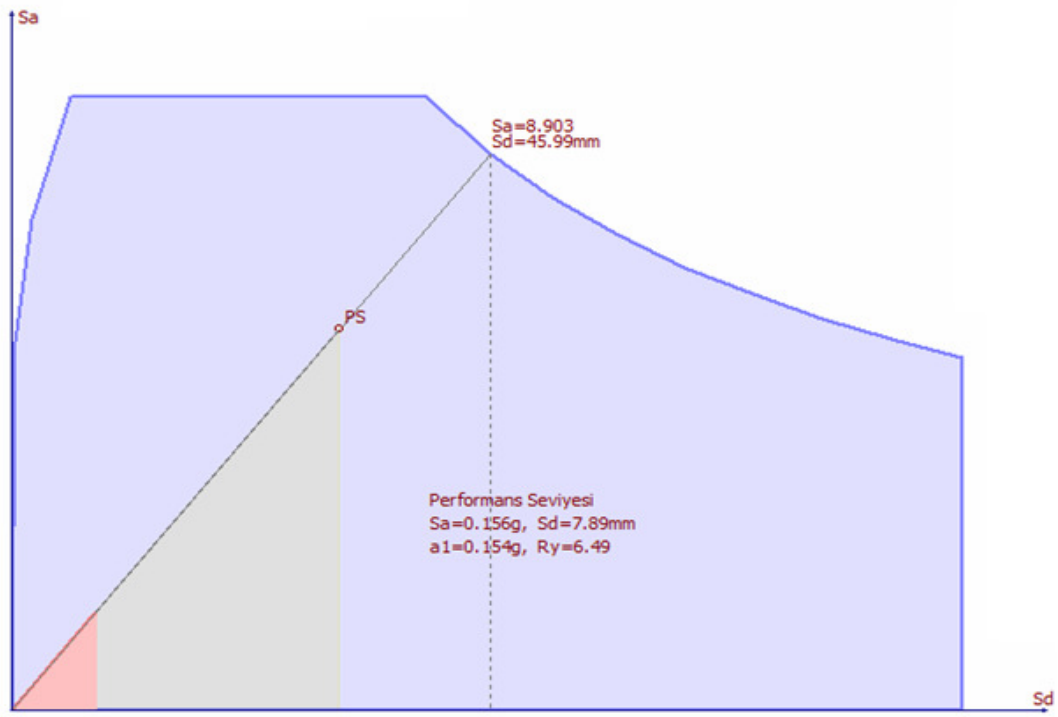
üç modele ait yatay yük kapasiteleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında, $M3 \square M2 \square M4$ olmaktadır.

Çizelge 4.19 incelendiğinde Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılım oranının $M2$ ve $M3$ modelinde kolon ve kirişler için x ve y yönünde %0 olduğu, buna karşılık $M4$ modelinde ise sadece x yönünde kirişler için %14.3 olduğu görülmüştür.

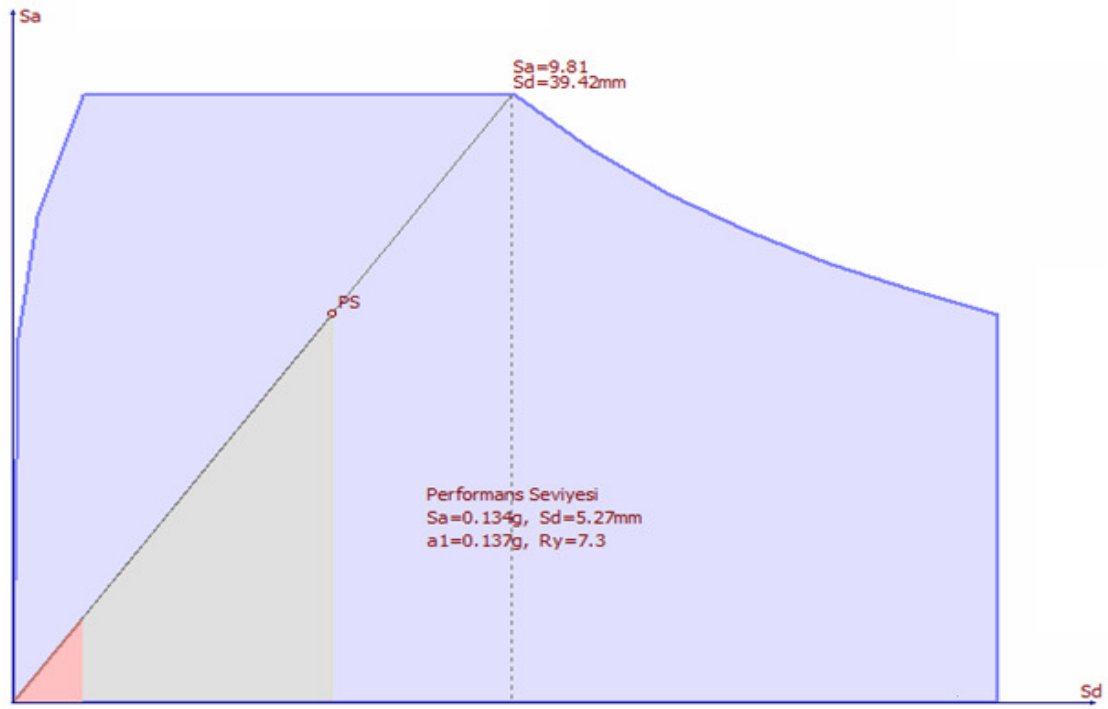
Şekil 4.16, 4.17 ve Çizelge 4.20 incelendiğinde $M2, M3$ ve $M4$ modellerinin tasarım depremi için Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri x yönünde sırasıyla 45.99 mm, 39.42 mm ve 38.20 mm iken y yönünde ise sırasıyla 46.52 mm, 8.01 mm ve 17.66 mm dir. Performans noktasındaki Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri sırasıyla x yönünde 7.89 mm, 5.27 mm ve 6.3 mm iken y yönünde 7.83 mm, 1.38 mm ve 3.1 mm olmaktadır. Buna göre $M2, M3$ ve $M4$ modellerinin spektral yerdeğiştirme performans seviyelerine göre sıralaması yapıldığında sıralama x ve y noktasında aynı olup, $M2 \square M3 \square M4$ olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21'e göre $M2, M3$ ve $M4$ modellerinden $M2$ ve $M3$ modelinin D.B.Y.B.H.Y-2007 'ye göre Kiriş hasar oranı, Kolon hasar oranı, Üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranını kapsayan Can güvenliği yeterlilik şartını taşıdığı ve performans seviyesinin Hemen kullanım ile Can güvenliği arasında olduğu, buna karşılık ise $M4$ modelinin ise kiriş hasar oranının Göçme bölgesinde %14.3 olduğu bu nedenle D.B.Y.B.H.Y-2007' ye göre Can güvenliği yeterlilik şartını taşımadığı ve performans seviyesinin Can güvenliği ile Göçme noktası performans seviyesi arasında olduğu görülmüştür.

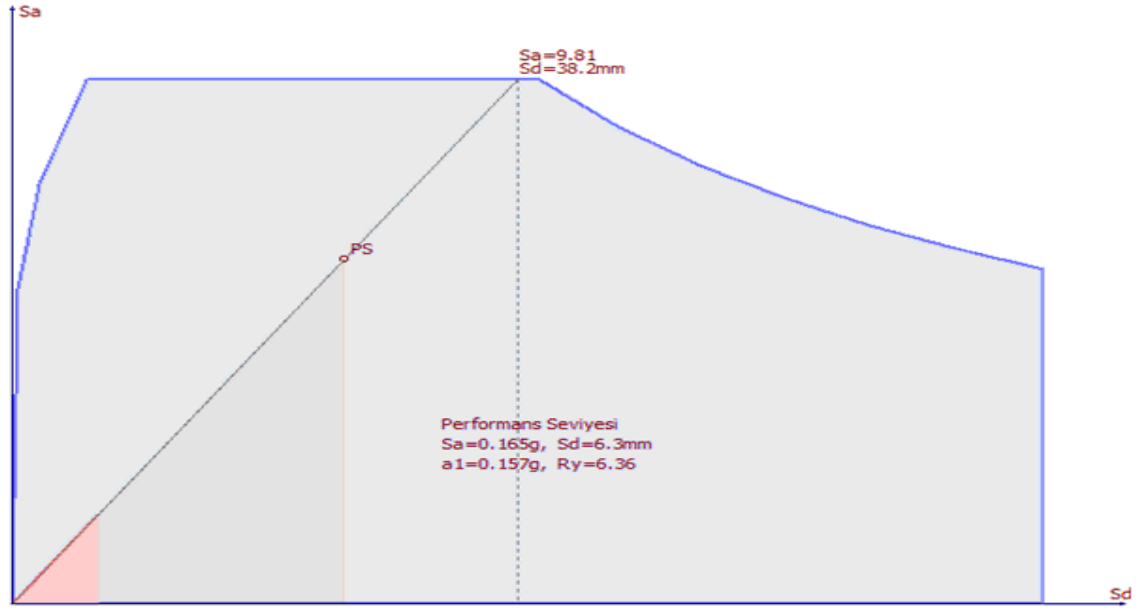
$M2, M3$ ve $M4$ modeline ait sonuçlar incelendiğinde burulma düzensizliği katsayısının artması ile belirgin kiriş hasar oranı artmakta buna karşılık, ise yatay yük kapasite oranı, maksimum burulma düzensizliği katsayısının 1.93 olduğu $M3$ modelinde azalırken, maksimum burulma düzensizliği katsayısının 1.91 olduğu $M4$ modelinde ise artmaktadır. Bu sonuçlara göre $M2, M3$ ve $M4$ modeline ait deprem dayanım performansları incelendiğinde sıralamanın $M2 \square M3 \square M4$ olduğu görülmektedir.



a.

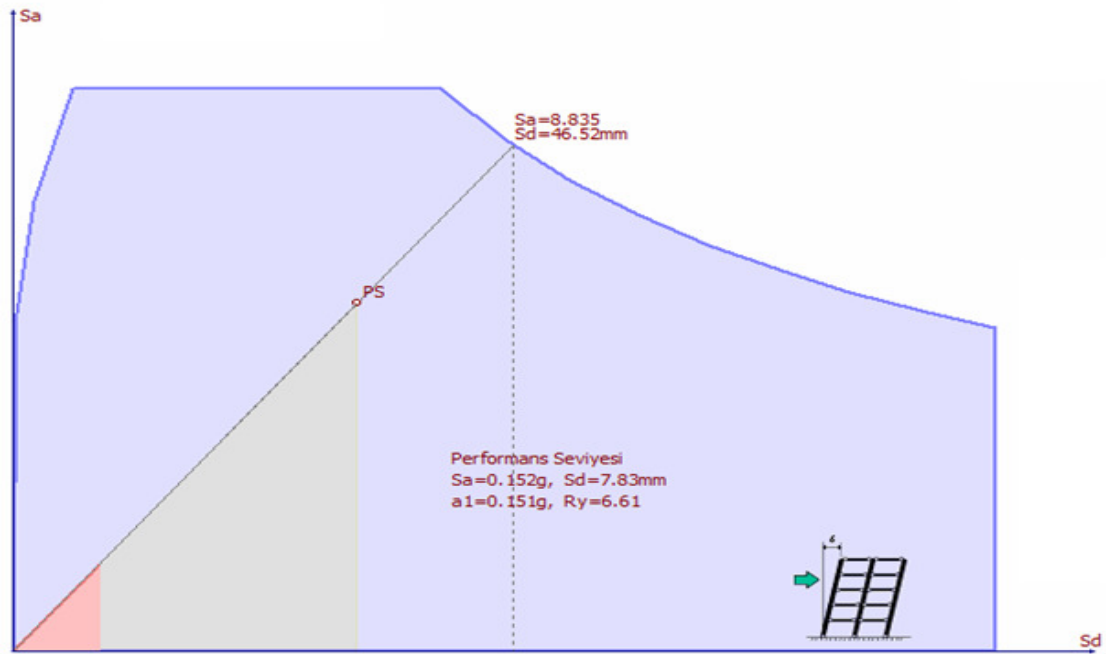


b.

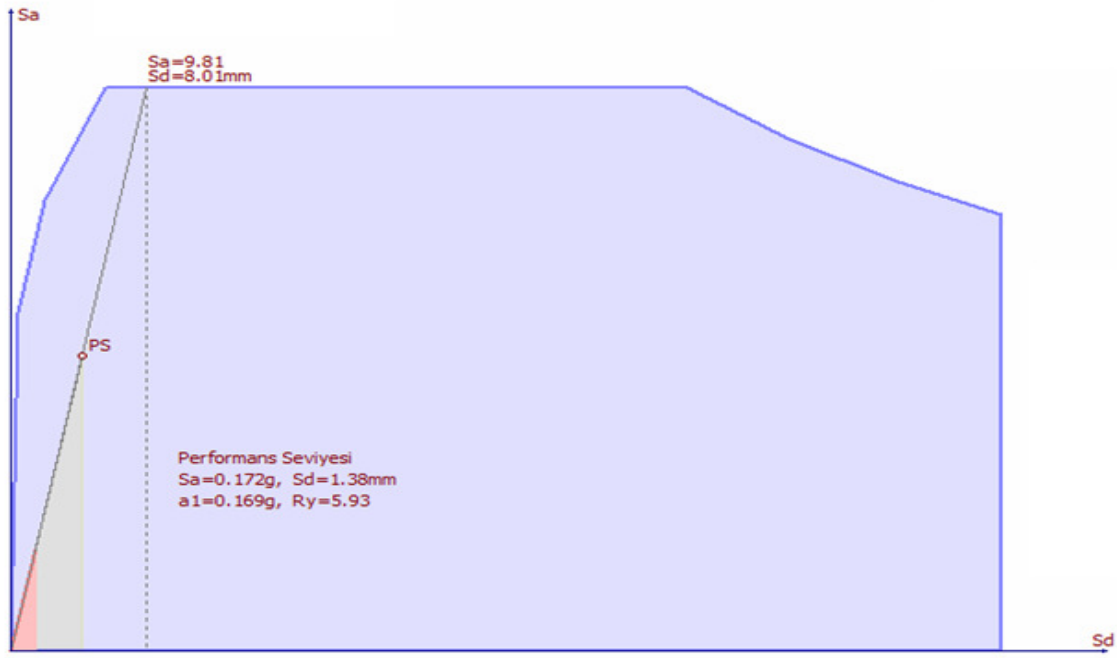


c.

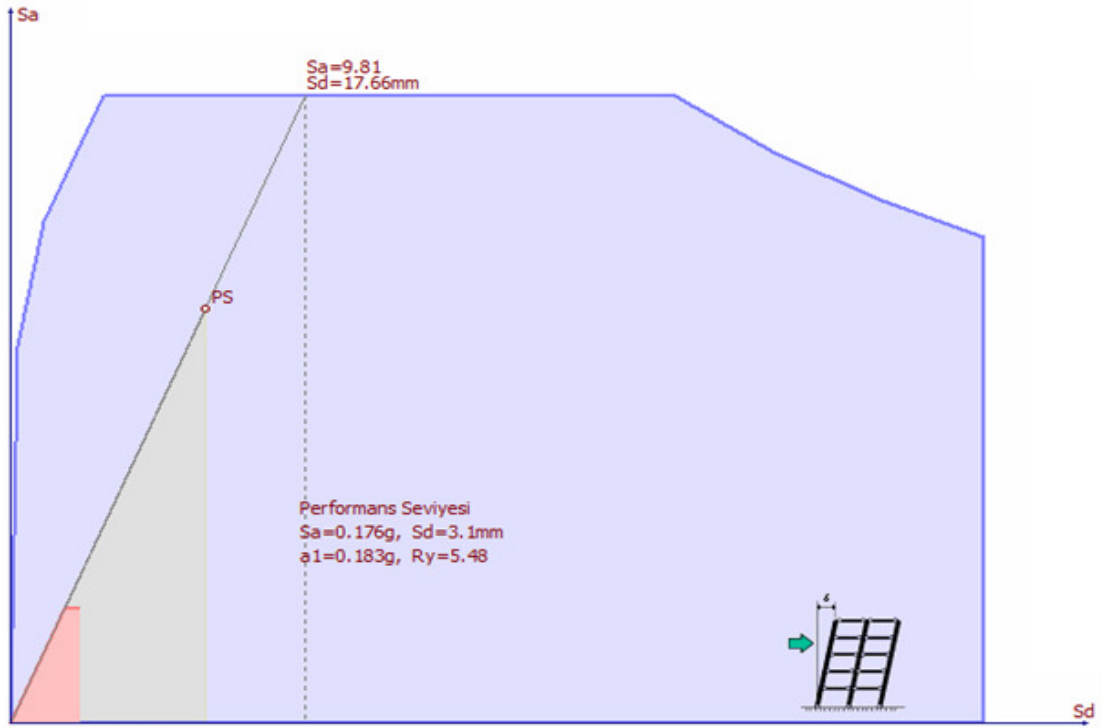
Şekil 4.16 a, b ve c sırasıyla M2 modeli ile burulma düzensizliği ihtiva eden, M3 ve M4 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.



a.



b.



c.

Şekil 4.17 a, b ve c sırasıyla M2 modeli ile burulma düzensizliği ihtiva eden, M3 ve M4 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.

Çizelge 4.19 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M2, M3 ve M4 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

a. M2 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
2	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
3	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
4	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
5	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)

b.M3 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/16 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/12 (%0.0)	0/16 (%0.0)
2	0/16 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/12 (%0.0)	0/16 (%0.0)
3	0/16 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/12 (%0.0)	0/16 (%0.0)
4	0/16 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/12 (%0.0)	0/16 (%0.0)
5	0/16 (%0.0)	0/16 (%0.0)	0/12 (%0.0)	0/16 (%0.0)

c.M4 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	2/14 (%14.3)	0/16 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)
2	2/14 (%14.3)	0/16 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)
3	2/14 (%14.3)	0/16 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)
4	2/14 (%14.3)	0/16 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)
5	2/14 (%14.3)	0/16 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/16 (%0.0)

Çizelge 4.20 Statik itme analizi sonucu M2,M3 ve M4 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.

	M2		M3		M4	
Yön	X	Y	X	Y	X	Y
PS noktasında Sa m/sn ²)	0.156g	0.152g	0.134g	0.172g	0.165g	0.176g
PS noktasında Sd (mm)	7.89	7.83	5.27	1.38	6.3	3.1
Kiriş hasar oranı	50(%)(Belirgin)		58.3(%)(Belirgin)		69.2(%)(Belirgin) 14.3%(Göçme bölgesi)	
Performans Seviyesi	CG		CG		GÖ	

Çizelge 4.21 M2, M3 ve M4 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat Vc oranı, plastikleşen kolon Vc oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.

	M2	M3	M4
Can güvenliği yeterlilik kontrolü			
Kiriş hasar oranı	IH=%0.0 □ %30 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %30 GB=%0	IH=%0.0 □ %30 GB=%14.3 □ 0.0
Kolon hasar oranı	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %20 GB=%0.0
Üst kat Vc oranı	IH=%0.0 □ %40 GB=%0.0	IH=0.0 □ %40 GB=%0.0	IH=%0.0 □ %40 GB=%0.0
Plastikleşen kolon Vc oranı	BH+IH+GB =%0 □ %30	BH+IH+GB =%6.7 □ %30	BH+IH+GB =%0.0 □ %30
Performans seviyesi	CG	CG	GÖ

4.3.3 Model 2,Model 5 ve Model 6

M2, M5 ve M6 modellerinde taşıyıcı sistemler kolon, kiriş ve perdelerden oluşmuştur (Şekil 4.2, 4.5, 4.6). Referans olarak seçilen M2’de taşıyıcı elemanların yerleşimi simetrik olduğundan burulma düzensizliği yoktur (Çizelge 4.4). Buna karşın M5 ve M6’da kolon ve perdelerin dağılımı asimetrik olduğundan A1 burulma düzensizliği oluşmuştur (Çizelge 4.7,4.8).

M2’de yapının performansı Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır. Yapının göçme yükü x yönünde 3660.40 kN, y yönünde ise 4004.25 kN’dur. Oysa, yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yaptığı yerdeğiştirme, x yönünde 1424.17 kN-10.99 mm iken, y yönünde 1375.36 kN-10.97 mm olup, tasarım depremi için can güvenliği performans düzeyi sağlanmış görünmektedir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu ise her iki doğrultuda birbirine yakın olup $T_{1x}=0,45$ s, $T_{1y}=0,46$ s olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15). Gözlenen davranışta anormal bir durum olmayıp öngörülen performans hedefinin sağlandığı görülmektedir.

M5 modelinde yapıda sadece y yönünde 1., 2. ve 3. katların tamamında burulma düzensizliği görülmüştür. Model 5’te yapının x yönünde göçme yükü, 2350.08 kN iken y yönünde 1912.65 kN’dur. 1.doğal titreşim periyotları $T_{1x}=0,40$ s $T_{1y}=0,49$ tür. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti-yerdeğiştirmesi x yönünde 1663.03 kN-10.18 mm iken, y yönünde 1411.67 kN-10.60 mm (Çizelge 4.15). Yapının performans düzeyi Göçme bölgesindedir.

Model 6’da ise yapının göçme yükü, x yönünde 4151.49 kN iken y yönünde 2983.71 kN dur. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme miktarı x yönünde 1681.27 kN-9.82 mm iken y yönünde 1613.30 kN-14.57 mm dir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu $T_{1x}=0,39$ s $T_{1y}=0,47$ s dir (Çizelge 4.15). Yapının performans noktası Can güvenliği performans düzeyi ile Göçme noktası arasındadır.

M2 modeli için belirgin kiriş hasar oranı %50, M5 modeli için Göçme bölgesi hasar oranı %100, M6 modeli için ise Belirgin kiriş hasar oranı %69.2, Göçme bölgesi hasar oranı %14.3’tür. Yine her üç modelin kiriş hasar oranına göre kıyaslırsak sıralamanın $M2 \square M6 \square M5$ olduğu görülür (Çizelge 4.23).

M2, M5 ve M6 modelleri A1 burulma düzensizliği açısından karşılaştırıldığında, burulma düzensizliği katsayısı η_b ’nin maksimum değeri, M2 için 1.00, M5 için 1.31, M6 modeli için ise 1.78’dir. Bu üç model burulma düzensizliği açısından karşılaştırılırsa sıralama küçükten büyüğe doğru $\eta_b(M2) \square \eta_b(M5) \square \eta_b(M6)$ olmaktadır (Çizelge 4.4, 4.7 ve 4.8).

Çizelge 4.15'e göre M2, M5 ve M6 modellerine ait yatay yük kapasiteleri ($V_k=V_r/V_e$), M2 modeli için 2.219, M5 modeli için 1.063, M6 modeli için ise 1.63 olmaktadır. Buna göre her üç modele ait yatay yük kapasiteleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında, $M5 \square M6 \square M2$ olmaktadır.

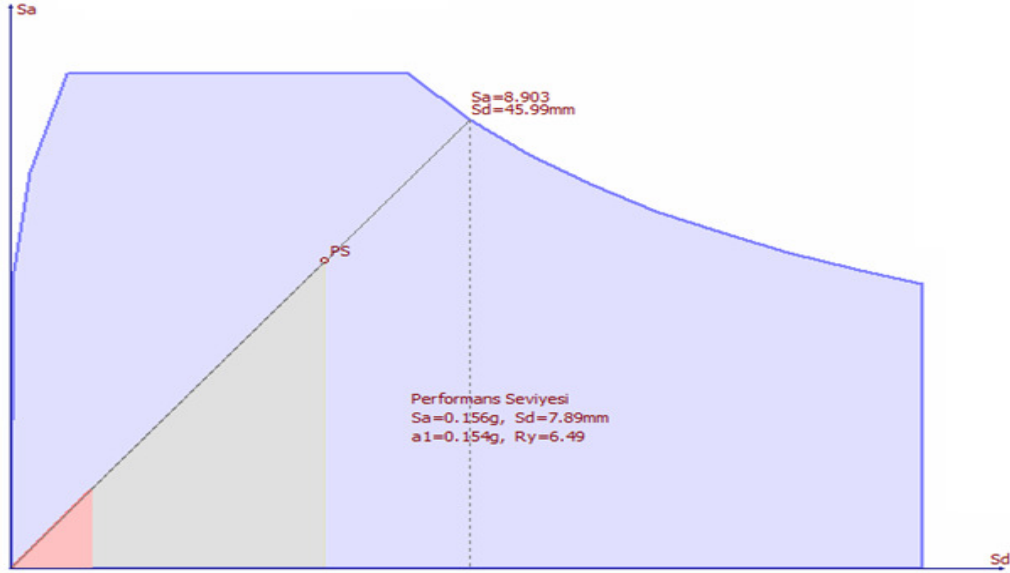
Çizelge 4.22 incelendiğinde Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılım oranının x ve y yönünde, M2 modelinde kolon ve kirişler için %0, M5 modelinde x ve y yönünde sadece kirişler için %100, M6 modelinde ise sadece x yönünde kirişler için %14.3 olduğu görülmektedir.

Şekil 4.18,4.19 ile Çizelge 4.23 incelendiğinde M2,M5 ve M6 modellerinin tasarım depremi için Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri x yönünde sırasıyla 45.99 mm,31.46 mm ve 36.77 mm iken y yönünde ise sırasıyla 46.52 mm,39.01 mm ve 48.66 mm dir. Performans noktasındaki Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri sırasıyla x yönünde 7.89 mm, 6.1 mm ve 6.91 mm iken y yönünde 7.83 mm, 6.9 mm ve 10.29 mm olmaktadır. Buna göre M2,M5 ve M6 modellerinin spektral yerdeğiştirme performans seviyelerine göre sıralaması yapıldığında sıralamanın x ve y noktasında $M2 \square M6 \square M5$ olduğun görülür.

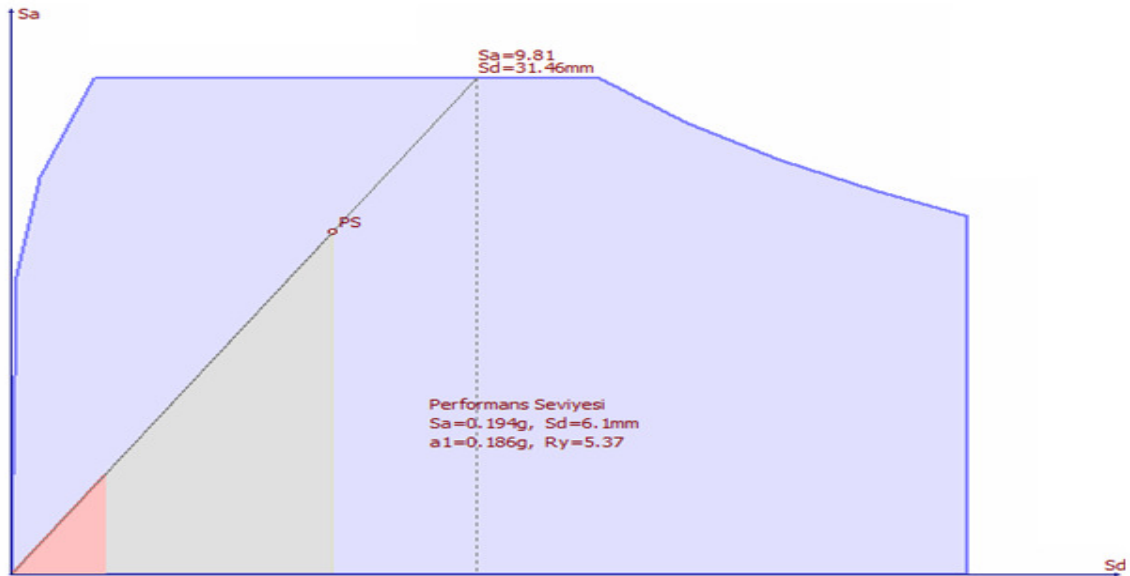
Çizelge 4.24'e göre M2,M5 ve M6 modellerinden M2'nin D.B.Y.B.H.Y-2007 'ye göre kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı ve plastikleşen kolon V_c oranını kapsayan Can güvenliği yeterlilik şartını taşıdığı ve performans seviyesinin Hemen kullanım ile Can güvenliği arasında olduğu, buna karşılık M5 modelinin ise Göçme bölgesi kiriş hasar oranının $\%100 \square \%20$ olduğu bu nedenle D.B.Y.B.H.Y-2007'ye göre fazla olduğu, bunun yanında ise , kolon hasar oranı, Üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranının ise D.B.Y.B.H.Y-2007'deki sınır şartını taşıdığı ve performans seviyesinin ise Göçme bölgesinde olduğu görülmüştür. M6 modelinin ise Göçme bölgesindeki kiriş hasar oranının $\%14.3 \square \%0.0$ olduğu D.B.Y.B.H.Y-2007'deki sınır şartını taşımadığı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranının ise D.B.Y.B.H.Y-2007'deki sınır şartını taşıdığı performans seviyesinin ise Can Güvenliği düzeyi ile Göçme noktası arasında olduğu görülmektedir.

M2,M5 ve M6 modeline ait sonuçlar incelendiğinde maksimum burulma düzensizliği katsayısının 1.00 olduğu M2 modelinde yatay yük kapasite oranı 2.219, maksimum burulma düzensizliği katsayısının 1.31 olduğu M5 modelinde yatay yük kapasite oranı 1.063, maksimum burulma düzensizliği katsayısının 1.78 olduğu M6 modelinde ise yatay yük

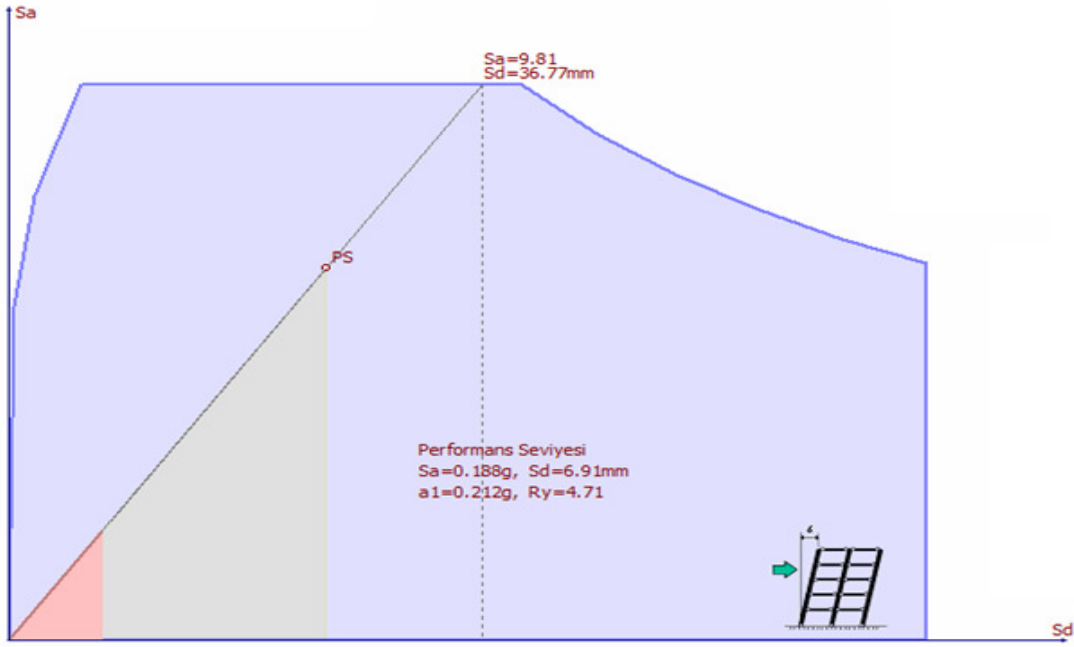
kapasite oranı 1.63 görülmüştür. A1 burulma düzensizliği katsayısının artması ile kiriş hasar oranı artmakta buna karşılık, ise yatay yük kapasite oranı A1 burulma düzensizliğinin olmadığı M2 modeline göre azalmaktadır. Yukarıdaki sonuçlara göre M2,M5 ve M6 modelleri deprem dayanım kapasiteleri açısından karşılaştırıldığında **sıralama M2□M6□M5** olmaktadır. Bu sıralamada da görüldüğü gibi M2,M5 ve M6 modellerinin A1 burulma düzensizliği katsayısının artmasına bağlı olarak kiriş hasar oranları artarken yatay yük taşıma kapasiteleri ile Deprem dayanım performansları düşmektedir.



a.

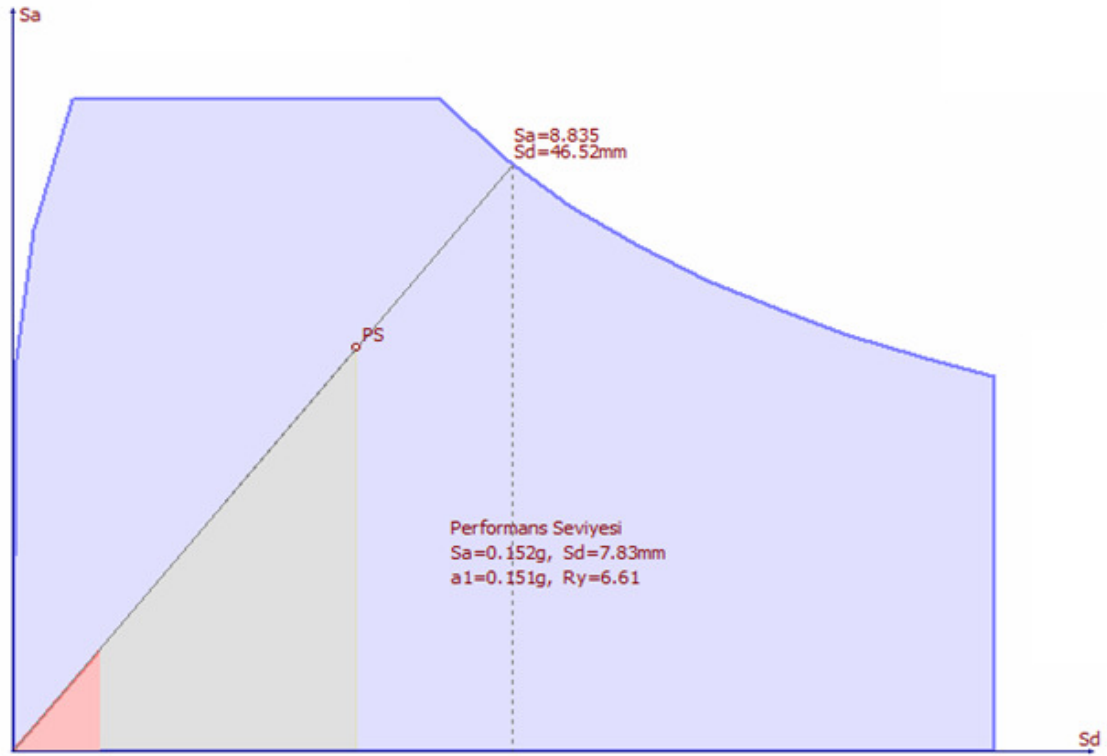


b.

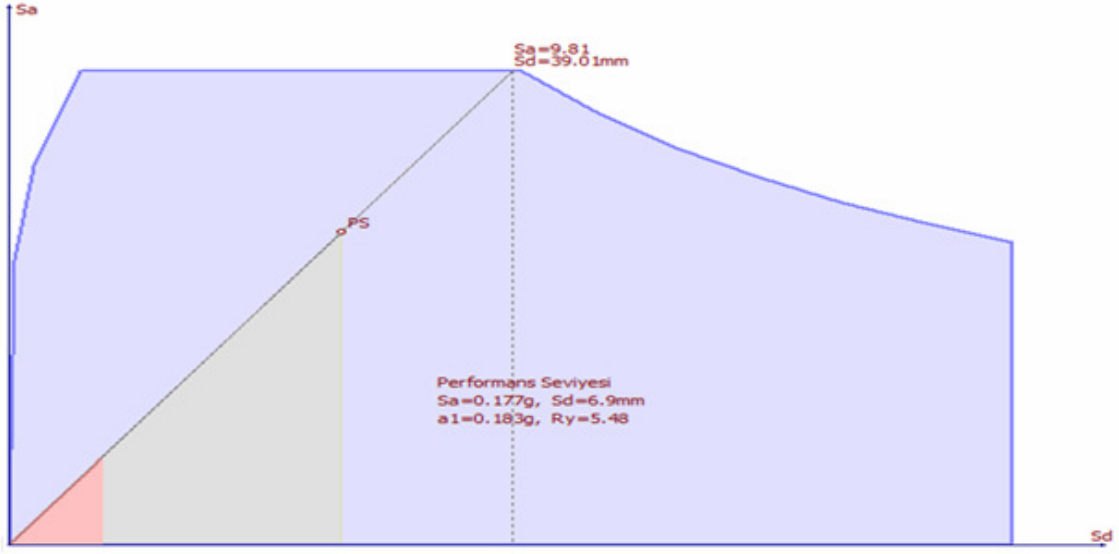


c.

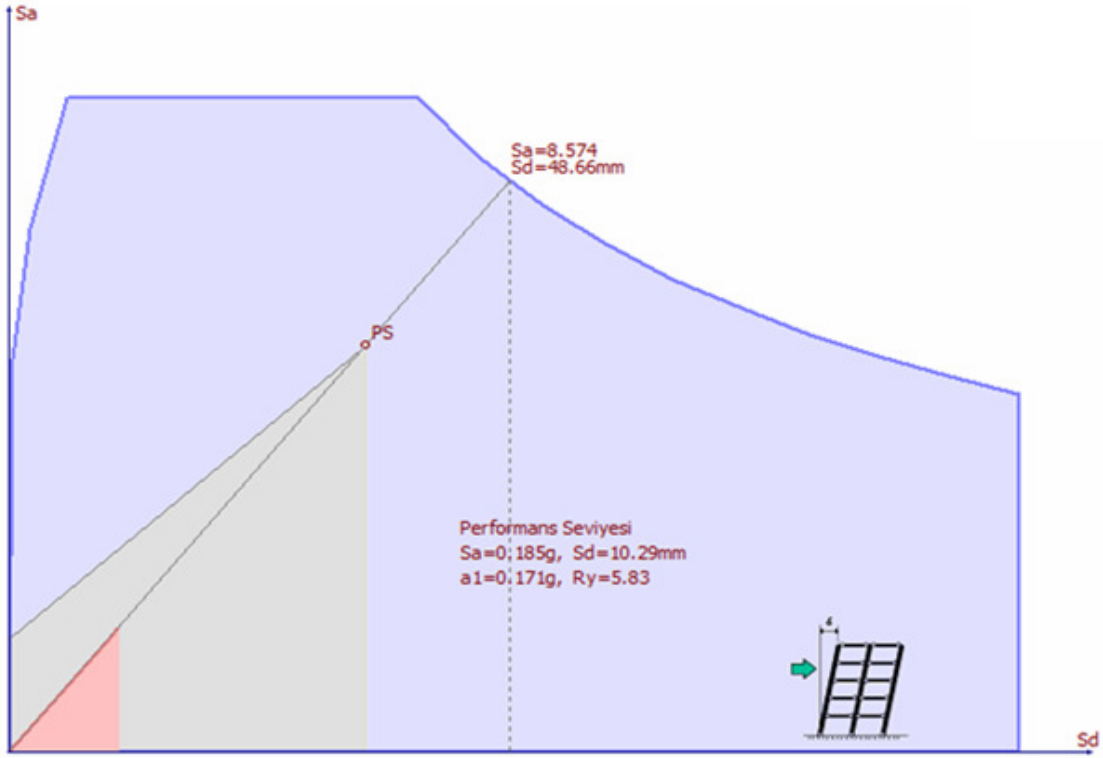
Şekil 4.18 a, b ve c sırasıyla Burulma düzensizliği ihtiva eden M2,M5 ve M6 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.



a.



b.



c.

Şekil 4.19 a, b ve c sırasıyla Burulma düzensizliği ihtiva eden M2,M5 ve M6 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.

Çizelge 4.22 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M2, M5 ve M6 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

a.M2 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
2	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
3	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
4	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)
5	0/16 (%0.0)	0/18 (%0.0)	0/17 (%0.0)	0/18 (%0.0)

b.M5 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	14/14 (%100.0)	0/16 (%0.0)	13/13 (%100.0)	0/16 (%0.0)
2	14/14 (%100.0)	0/16 (%0.0)	13/13 (%100.0)	0/16 (%0.0)
3	14/14 (%100.0)	0/16 (%0.0)	13/13 (%100.0)	0/16 (%0.0)
4	14/14 (%100.0)	0/16 (%0.0)	13/13 (%100.0)	0/16 (%0.0)
5	14/14 (%100.0)	0/16 (%0.0)	13/13 (%100.0)	0/16 (%0.0)

c.M6 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	2/14 (%14.3)	0/18 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/18 (%0.0)
2	2/14 (%14.3)	0/18 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/18 (%0.0)
3	2/14 (%14.3)	0/18 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/18 (%0.0)
4	2/14 (%14.3)	0/18 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/18 (%0.0)
5	2/14 (%14.3)	0/18 (%0.0)	0/13 (%0.0)	0/18 (%0.0)

Çizelge 4.23 Statik itme analizi sonucu M2,M5 ve M6 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (Sa) ile Spektral yerdeğiştirme (Sd) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kiriş hasar oranları.

	M2		M5		M6	
Yön	X	Y	X	Y	X	Y
PS noktasında Sa (m/sn ²)	0.156g	0.152g	0.194g	0.188g	0.165g	0.176g
PS noktasında Sd (mm)	7.89	7.83	6.1	6.91	6.3	3.1
Kiriş hasar oranı (%)	50(Belirgin)		100(Göçme bölgesi)		69.2(Belirgin) 14.3(Göçme bölgesi)	
Performans Seviyesi	CG		GB		GÖ	

Çizelge 4.24 M2,M5 ve M6 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat Vc oranı, plastikleşen kolon Vc oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.

M2		M5	M6
Can güvenliği yeterlilik kontrolü		Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü	Can güvenliği yeterlilik kontrolü
Kiriş hasar oranı	IH=%0.0□%30 GB=%0.0	Göçme bölgesi kiriş hasar oranı = %100.0□%20	Kiriş hasar oranı IH=%0.0□%30 GB=%14.3□0
Kolon hasar oranı	IH=%0.0□%20 GB=%0.0	Kolon Vc oranı %0.0□%30	Kolon hasar oranı IH=%0.0□%20 GB=%0.0
Üst kat Vc oranı	IH=%0.0□%40 GB=%0.0	Üst kat Vc oranı IH=0.0□%40	Üst kat Vc oranı IH=%0.0□%40 GB=%0.0
Plastikleşen kolon Vc oranı	BH+IH+GB =%0□%30	Plastikleşen kolon Vc oranı =%0.0□%30	Plastikleşen kolon Vc oranı =%0.0□%30
Performans seviyesi	CG	GB	GÖ

4.3.4 Model 9 ve Model 10

M9 ve M10 modellerinde taşıyıcı sistemler kolon ve kirişlerden oluşmuştur (Şekil 4.9, 4.10). Referans olarak seçilen M9'da taşıyıcı elemanların yerleşimi simetrik ve yapıdaki boşluk oranı %22.22, M10 modelinde ise taşıyıcı elemanların yerleşimi simetrik ve boşluk oranı ise %40.74 olduğundan D.B.Y.B.H.Y-2007 uyarınca yapılarda bulunması gereken boşluk oranı %0.33'ten büyük olduğundan M10 modelinde A2 Döşeme süreksizliği düzensizliği oluşmuştur.

M9 ve M10 modellerinin statik-itme analizi sonucu bulunan spektral ivme ve spektral deplasman grafikleri (Şekil 4.20 ve 4.21) ile bulunan diğer sonuçlara göre aşağıdaki değerlendirmelere yapılmıştır. Buna göre; M9'da yapının performansı Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır. Yapının göçme yükü x yönünde 3705.04 kN, y yönünde ise 3530.71 kN'dur. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme, x yönünde 1348.05 kN-17.05 mm iken, y yönünde 1335.62 kN-17.35 mm olup, tasarım depremi için can güvenliği performans düzeyi sağlanmış görülmektedir. Yapının 1.doğal titreşim periyodu ise her iki doğrultuda birbirine yakın olup $T_{1x}=0,76$ s, $T_{1y}=0,72$ s olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15). Gözlenen davranışta anormal bir durum olmayıp öngörülen performans hedefinin sağlandığı görülmektedir.

M10'da yapının x yönünde göçme yükü, 3210.81 kN iken y yönünde 2853.14 kN'dur. 1.doğal titreşim periyotları $T_{1x}=0,70$ s $T_{1y}=0,72$ 'dir. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti -yerdeğiştirme x yönünde 1170.75 kN-15.66 mm iken, y yönünde 1152.24 kN-15.49 mm (Çizelge 4.15). Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır.

M9 modeli için belirgin kiriş hasar oranı %100, M10 modeli için belirgin kiriş hasar oranı %90.9. Yine her iki modelin kiriş hasar oranına göre kıyaslarsak sıralamanın M9□M10 olduğu görülür (Çizelge 4.26).

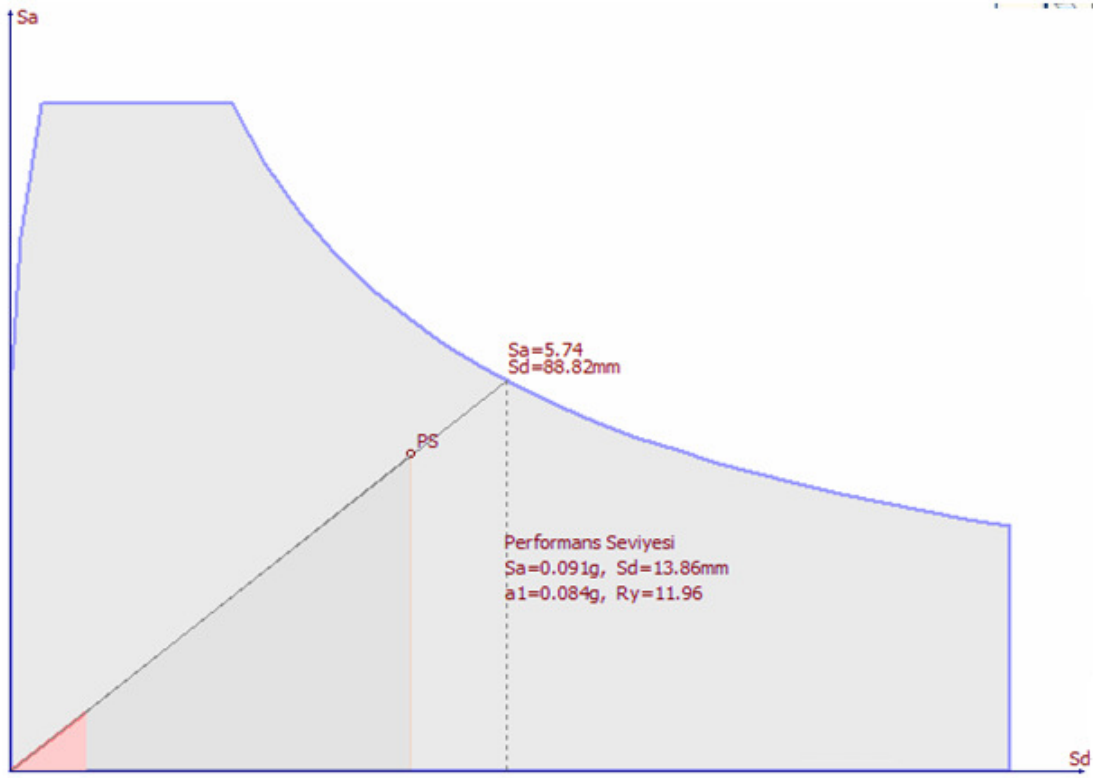
M9 ve M10 modelleri A2 burulma düzensizliği açısından karşılaştırıldığında, M9 modelinde boşluk oranı %22.22 M10 modelinde ise %43.63'tür. Bu üç model A2 döşeme süreksizliği düzensizliği açısından karşılaştırılırsa **sıralama M9□M10 olmaktadır.**

Çizelge 4.15'e göre M9 ve M10 modellerine ait yatay yük kapasiteleri ($V_k=V_r/V_e$), M9 modeli için 2.446, M10 modeli için 2.437 olmaktadır. Buna göre her iki modele ait yatay yük kapasiteleri küçükten büyüğe doğru **sıralandığında, M10 > M9 olmaktadır.**

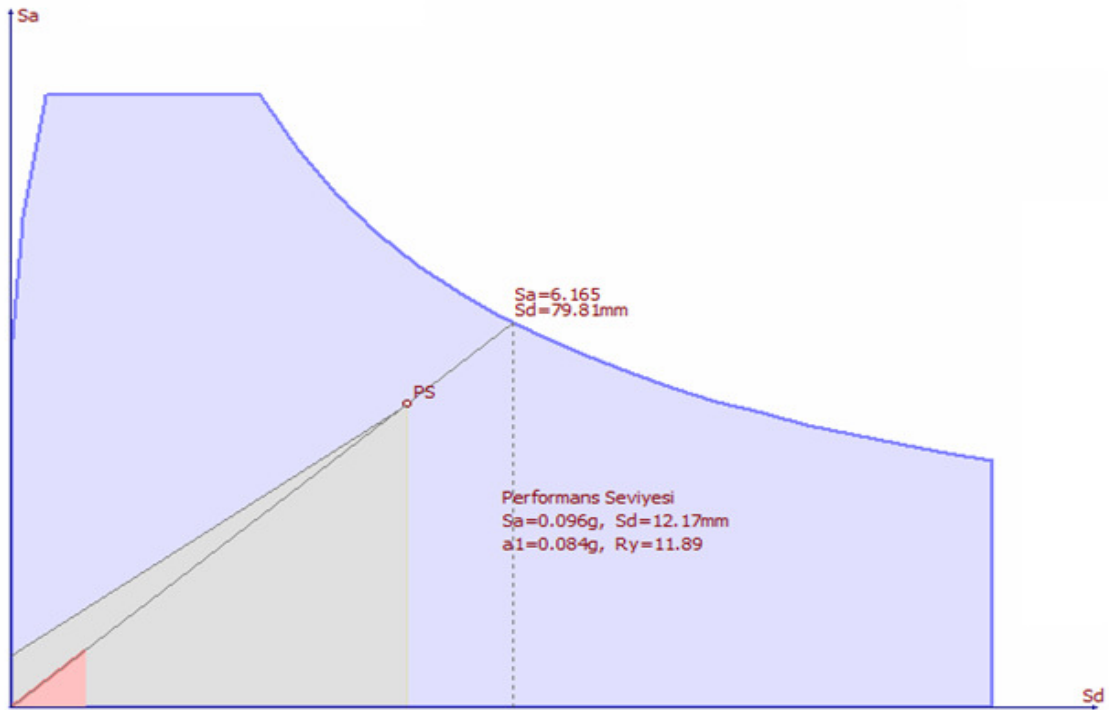
Çizelge 4.25 incelendiğinde Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılım oranının x ve y yönünde, M9 ve M10 modelinde kolon ve kirişler için %0 olduğu görülmektedir.

Şekil 4.20, 4.21 ile Çizelge 4.26 incelendiğinde M9 ve M10 modellerinin tasarım depremi için Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri x yönünde sırasıyla 88.82 mm ve 79.81 mm iken y yönünde ise sırasıyla 90.01 mm ve 81.64 mm dir. Performans noktasındaki Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri sırasıyla x yönünde 13.86 mm ve 12.17 mm iken y yönünde 14.09 mm ve 12.51 mm olmaktadır. Buna göre M9 ve M10 modellerinin spektral yerdeğiştirme performans seviyelerine göre sıralaması yapıldığında sıralamanın x ve y **noktasında M9 > M10** olduğu görülmektedir.

Buna göre her iki modelin Spektral yerdeğiştirme (S_d) performans seviyelerine ve Çizelge 4.29'daki D.B.Y.B.H.Y-2007 'ye göre kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranını kapsayan Can güvenliği yeterlilik şartını taşıdığı x ve y yönünde deprem dayanım performansları açısından karşılaştırıldığında **sıralamanın M9 > M10 olduğu** görülmektedir.

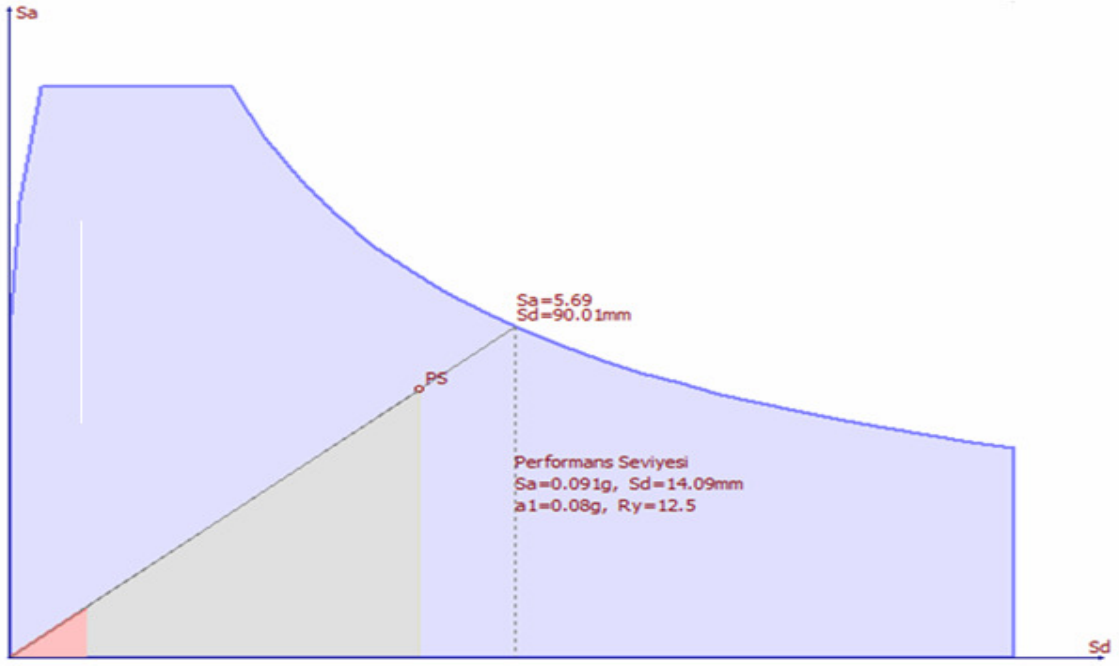


a.

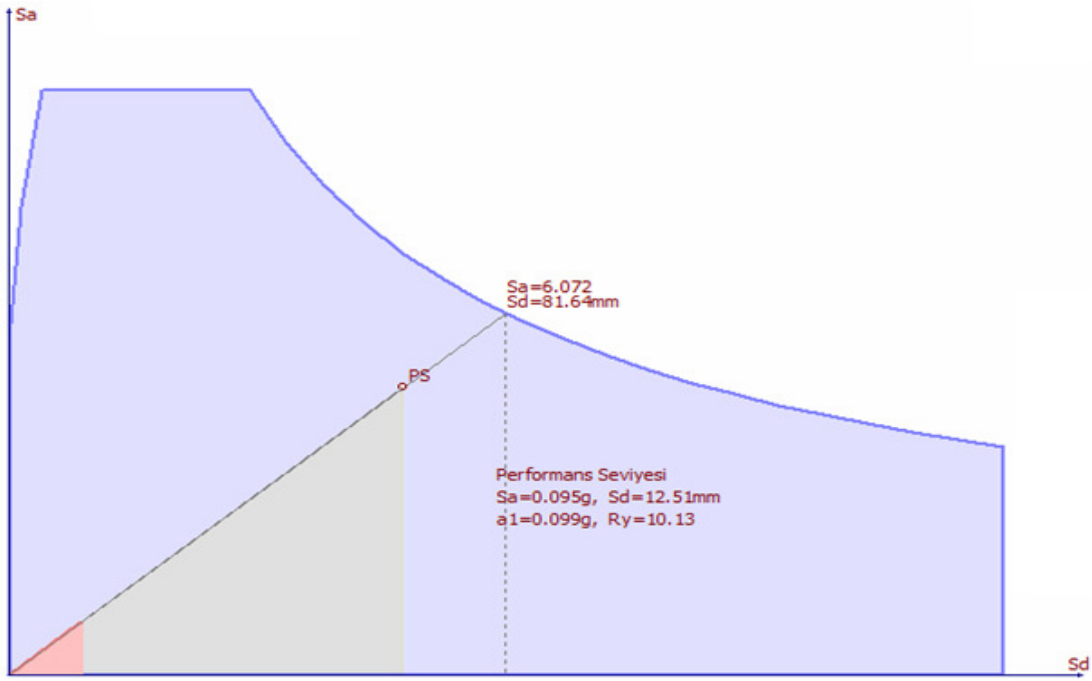


b.

Şekil 4.20 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği ihtiva eden M9 ve M10 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.



a.



b.

Şekil 4.21 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M9 ve M10 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.

Çizelge 4.25 a,b ve c sırasıyla x ve y yönünde, M9 ve M10 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

a.M9 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/28 (%0.0)	0/34 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/34 (%0.0)
2	0/28 (%0.0)	0/34 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/34 (%0.0)
3	0/28 (%0.0)	0/34 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/34 (%0.0)
4	0/28 (%0.0)	0/34 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/34 (%0.0)
5	0/28 (%0.0)	0/34 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/34 (%0.0)

b.M10 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/26 (%0.0)	0/32 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/32 (%0.0)
2	0/26 (%0.0)	0/32 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/32 (%0.0)
3	0/26 (%0.0)	0/32 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/32 (%0.0)
4	0/26 (%0.0)	0/32 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/32 (%0.0)
5	0/26 (%0.0)	0/32 (%0.0)	0/22 (%0.0)	0/32 (%0.0)

Çizelge 4.26 Statik itme analizi sonucu M9 ve M10 modellerine ait x ve y yönündeki Can güvenliği noktası ile Performans noktasındaki Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kırış hasar oranları.

	M9		M10	
Yön	X	Y	X	Y
PS noktasında S_a (m/sn ²)	0.091g	0.091g	0.096g	0.095g
PS noktasında S_d (mm)	13.86	14.09	12.17	12.51
Belirgin kırış hasar oranı (%)	100		90.9	
Performans Seviyesi	CG		CG	

Çizelge 4.27 M9 ve M10 modellerine ait kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat Vc oranı, plastikleşen kolon Vc oranı ve performans seviyesini kapsayan can güvenliği yeterlilik kontrolü.

M9		M10
Can güvenliği yeterlilik kontrolü		Can güvenliği yeterlilik kontrolü
Kiriş hasar oranı	$IH=\%0.0 \square \%30$ $GB=\%0.0$	$IH=\%0.0 \square \%30$ $GB=\%0.0$
Kolon hasar oranı	$IH=\%0.0 \square \%20$ $GB=\%0.0$	$IH=\%0.0 \square \%20$ $GB=\%0.0$
Üst kat Vc oranı	$IH=\%0.0 \square \%40$ $GB=\%0.0$	$IH=\%0.0 \square \%40$ $GB=\%0.0$
Plastikleşen kolon Vc oranı	$BH+IH+GB$ $=\%0 \square \%30$	$BH+IH+GB$ $=\%0 \square \%30$
Performans seviyesi	CG	CG

4.3.5 Model 11 ve Model 12

Model 11 ve M12 'de yapının çerçeve sistemi perde, kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. M11 ve M12 yapı modellerinde A1 burulma düzensizliği yoktur. Ancak M11 modelinde boşluk oranı %16.3, M12 modelinde de %43.63 olduğu için ve bu oran D.B.Y.B.H.Y-2007' de belirtilen oran olan %33.3' ten büyük olduğu için M12 modelinde A2 döşeme süreksizliği düzensizliği oluşmuştur.

M11 ve M12 modellerinin statik-itme analizi sonucu bulunan spektral ivme ve spektral deplasman grafikleri (Şekil 4.22 ve 4.23) ile bulunan diğer sonuçlara göre aşağıdaki değerlendirmelere yapılmıştır. Yapının göçme yükü x yönünde 5117.38 kN, y yönünde ise 4443.63 kN'dur. Yapının performans noktasında talep ettiği taban kesme kuvveti -yaptığı yerdeğiştirme, x yönünde 1773.96 kN-8.53 mm iken, y yönünde 1642.40 kN-11.09 mm olup, yapının 1.doğal titreşim periyodu ise her iki doğrultuda birbirine yakın olup $T_{1x}=0,36$ s, $T_{1y}=0,44$ s olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15). Buna göre; M11'de yapının performansı Hemen kullanım düzeyindedir.

M12'de yapının x yönünde göçme yükü, 4865.95 kN iken y yönünde 3995.51 kN'dur. 1.doğal titreşim periyotları $T_{1x}=0,33$ s $T_{1y}=0,39$ 'dur. Yapının performans noktasında talep ettiği

taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme x yönünde 1575.07 kN-7.56 mm iken, y yönünde 1449.20 kN-9.40 mm (Çizelge 4.15). Hemen kullanım düzeyi ile Can güvenliği performans düzeyi arasındadır.

M11 modeli için belirgin kiriş hasar oranı %9.1, M12 modeli için belirgin kiriş hasar oranı %10. Yine her iki modelin kiriş hasar oranına göre kıyaslarsak **sıralamanın M11□M12 olduğu görölür** (Çizelge 4.29).

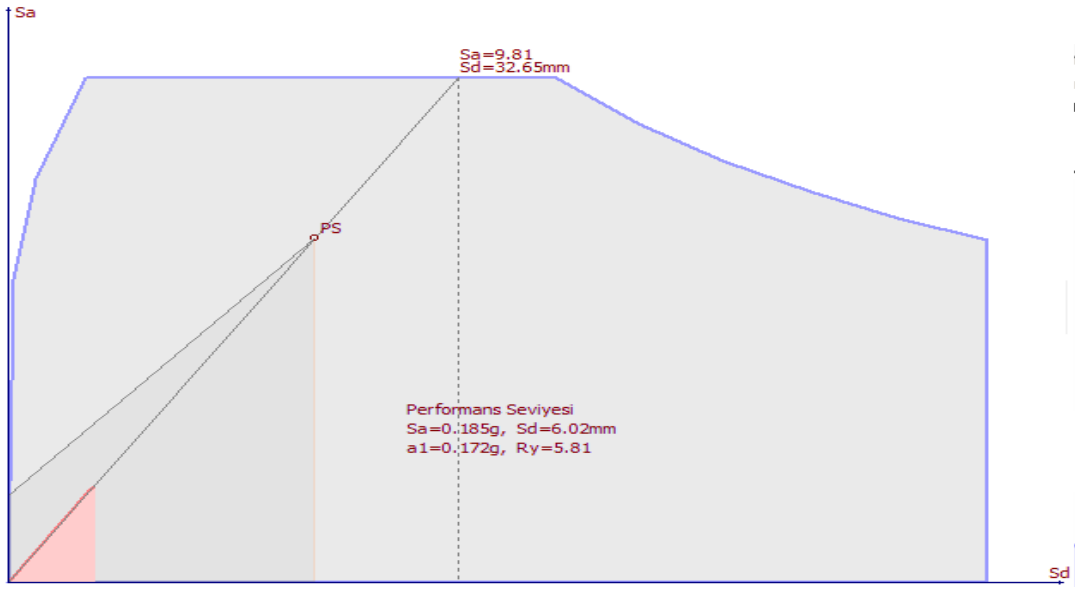
M11 ve M12 modelleri A2 burulma düzensizliği açısından karşılaştırıldığında, M11 modelinde boşluk oranı %16.3 M12 modelinde ise %43.63'tür (Şekil 4.11,4.12). Bu üç model A2 döşeme süreksizliği düzensizliği açısından karşılaştırılırsa **sıralama M11□M12 olmaktadır.**

Çizelge 4.15'e göre M11 ve M12 modellerine ait yatay yük kapasiteleri ($V_k=V_r/V_e$), M11 modeli için 2.483, M12 modeli için 2.530 olmaktadır. Buna göre her iki modele ait yatay yük kapasiteleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında, **sıralama M11□M12 olmaktadır.**

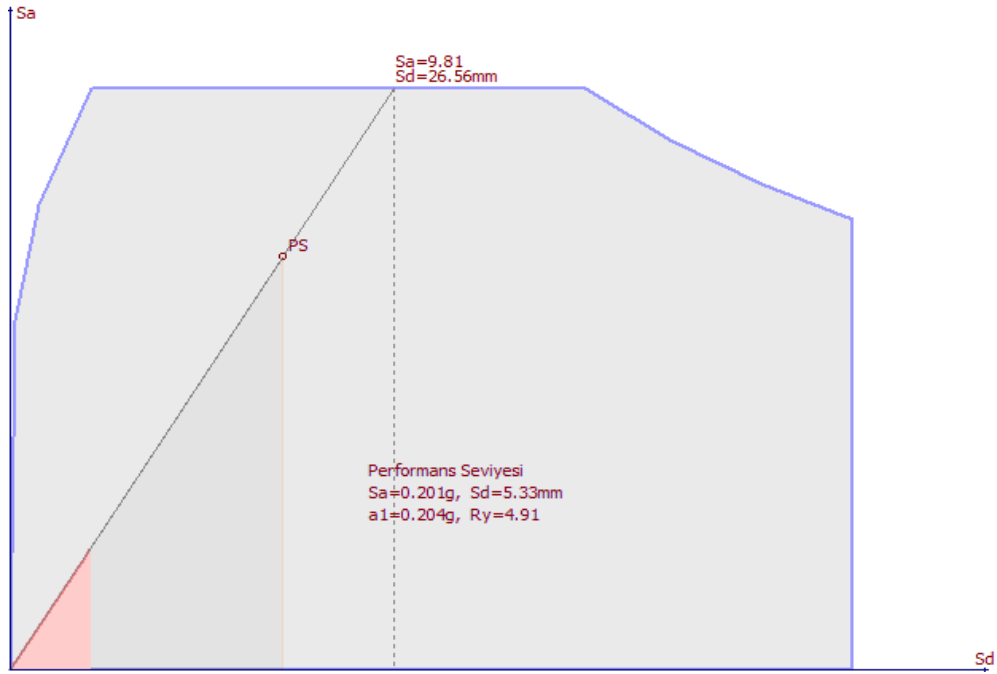
Çizelge 4.28 incelendiğinde Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılım oranının x ve y yönünde, M11 ve M12 modelinde kolon ve kirişler için %0 olduğu görölmektedir (Çizelge 4.29).

Şekil 4.22, 4.23 ile Çizelge 4.29 incelendiğinde M11 ve M12 modellerinin tasarım depremi için Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri x yönünde sırasıyla 32.65 mm ve 26.56 mm iken y yönünde ise sırasıyla 44.00 mm ve 36.91 mm dir. Performans noktasındaki Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri sırasıyla x yönünde 6.02 mm ve 5.33 mm iken y yönünde 7.95 mm ve 6.72 mm olmaktadır. Buna göre M11 ve M12 modellerinin spektral yerdeğiştirme performans seviyelerine göre sıralaması yapıldığında sıralamanın x ve y noktasında **M11□M12 olduğun** görölür.

Buna göre her iki modelin Spektral yerdeğiştirme (S_d) performans seviyelerine ve Çizelge 4.30'daki D.B.Y.B.H.Y-2007 'ye göre kiriş hasar oranı, kolon hasar oranı, üst kat V_c oranı ve Plastikleşen kolon V_c oranını kapsayan Can güvenliği yeterlilik şartını taşıdığı M11 ile M12 modellerinin deprem dayanım performansları karşılaştırıldığında sıralamanın x ve y yönünde **M11□M12** olduğu görölmektedir..

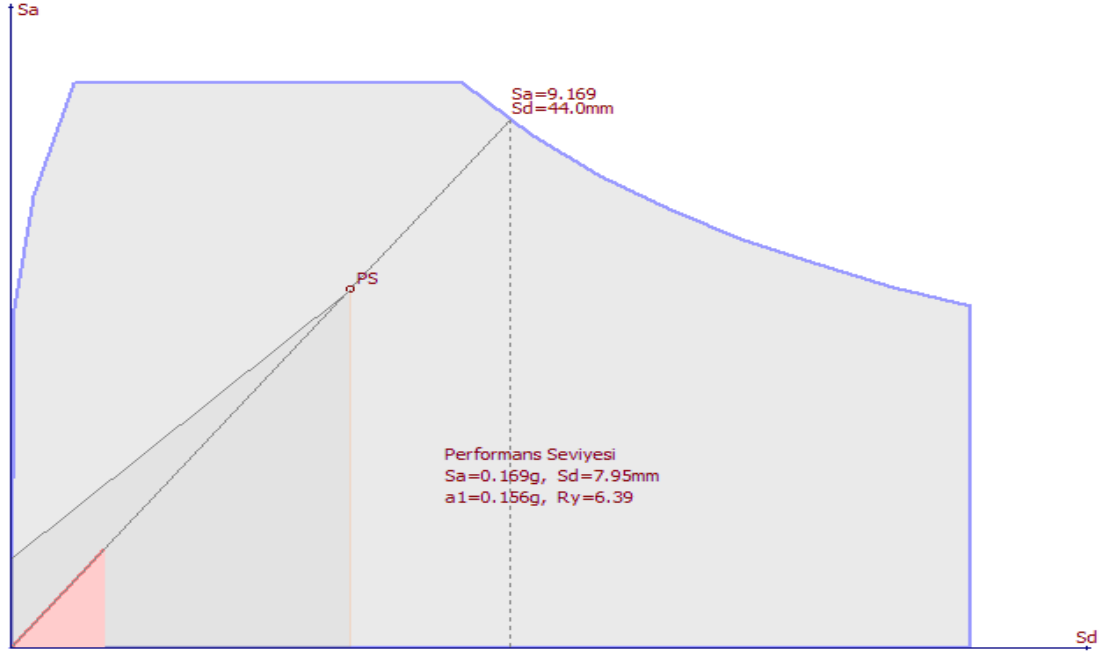


a.

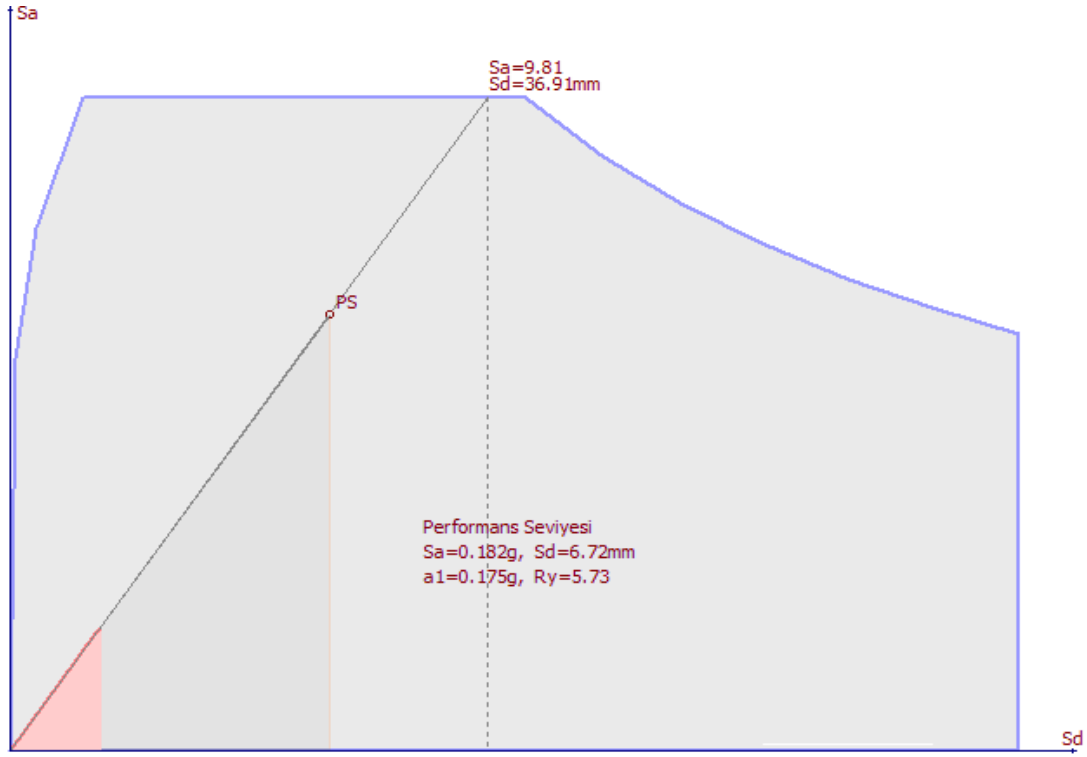


b.

Şekil 4.22 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M11 ve M12 modellerinin x yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.



a.



b.

Şekil 4.23 a ve b sırasıyla Döşeme süreksizliği düzensizliği ihtiva eden M11 ve M12 modellerinin y yönündeki statik itme analizi sonucu performans seviyelerinin gösterildiği Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) grafiği.

Çizelge 4.28 a ve b sırasıyla x ve y yönünde, M11 ve M12 modellerine ait can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

a.M11 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/22 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/24 (%0.0)	0/28 (%0.0)
2	0/22 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/24 (%0.0)	0/28 (%0.0)
3	0/22 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/24 (%0.0)	0/28 (%0.0)
4	0/22 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/24 (%0.0)	0/28 (%0.0)
5	0/22 (%0.0)	0/28 (%0.0)	0/24 (%0.0)	0/28 (%0.0)

b.M12 modeli için can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı.

	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon(%)	Kiriş (%)	Kolon(%)
1	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)
2	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)
3	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)
4	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)
5	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)	0/20 (%0.0)	0/26 (%0.0)

Çizelge 4.29 Statik itme analizi sonucu M11, M12 modellerine ait x ve y yönündeki Performans noktasındaki Spektral ivme (S_a) ile Spektral yerdeğiştirme (S_d) değerleri ile performans düzeyi ve belirgin kırış hasar oranları.

Yön	M11		M12	
	X	Y	X	Y
PS noktasında S_a (m/sn^2)	0.185g	0.169g	0.201g	0.182g
PS noktasında S_d (mm)	6.02	7.95	5.33	6.72
Belirgin kırış hasar oranı (%)	9.1		10	
Performans Seviyesi	HK		HK	

Çizelge 4.30 Statik itme analizi sonucu M11 ve M12 modellerine ait Can güvenliği yeterlilik kontrolü.

M11		M12
Can güvenliği yeterlilik kontrolü		Can güvenliği yeterlilik kontrolü
Kiriş hasar oranı	$IH = \%0.0 \square \%30$ $GB = \%0.0$	$IH = \%0.0 \square \%30$ $GB = \%0.0$
Kolon hasar oranı	$IH = \%0.0 \square \%20$ $GB = \%0.0$	$IH = \%0.0 \square \%20$ $GB = \%0.0$
Üst kat Vc oranı	$IH = \%0.0 \square \%40$ $GB = \%0.0$	$IH = \%0.0 \square \%40$ $GB = \%0.0$
Plastikleşen kolon Vc oranı	$BH + IH + GB$ $= \%0 \square \%30$	$BH + IH + GB$ $= \%0 \square \%30$
Performans seviyesi	HK	HK

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, 2007 Deprem Yönetmeliğinde yer alan düzensizliklerden A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin betonarme yapıların deprem performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çalışmada beş katlı betonarme çerçeve sistemli 5 yapı, çerçeve ve perde sistemli 7 yapı olmak üzere toplamda 12 yapı incelenmiştir. Sta4-Cad V13.1 statik betonarme paket programı kullanılarak D.B.Y.B.H.Y-2007 ve T.S.E kurallarına uygun olarak boyutlandırılması ile donatılandırılması yapılar hazırlanan modeller statik itme analizi (pushover analiz) yapılar incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

Tasarımı yapılan taşıyıcı sistemlerden M3-M8 modellerinde A1 burulma düzensizliği oluşturulmuş, M10 ve M12 modellerinde ise A2 Döşeme süreksizliği düzensizliği oluşturulmuştur. Bu düzensizliklerin oluşturulması ile modellerin bazılarının davranışının önemli oranda değişerek deprem dayanım performansının azaldığı ve tasarım depremi altında can güvenliği performans düzeyini sağlamadığı gözlenmiştir.

İncelenen yapısal modellerin bazılarında, A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin artmasına bağlı olarak yapının aynı yerdeğiştirme değeri için daha az taban kesme kuvveti talep ettiği görülmektedir. Çünkü, A1 ve A2 yapısal düzensizlikler yapıda asimetric rijitlik dağılımına sebep olmakta ve yapının deprem dayanım performansını düşürerek aynı tepe noktası yerdeğiştirmesi için talep ettiği taban kesme kuvvetini azaltmaktadır. Böylece yapının hafif şiddetli depremlerde bile düşük dayanım göstermek suretiyle aynı taban kesme kuvveti için daha fazla tepe yerdeğiştirmesi yaparak deprem dayanım performansının azaldığı görülmüştür.

Perde duvarların yerleştirildiği doğrultularda rijitlik arttığı için yapının deprem dayanım performansı artmaktadır. Ancak, M4,M5 ve M6 modellerinde görüldüğü gibi rijitliğin aşırı artması sonucu yapılarda kat ötelenmesi azalmakta ve yapı yeterince sünek davranış gösterememektedir. Yeterli sünek davranış gösteremeyen yapının plastik şekil değiştirme istemi artmakta ve buna bağlı olarak oluşan hasar nedeni ile deprem dayanım performansı düşmektedir.

M2,M11 ve M12 modelinde görüldüğü gibi perde duvarlar yapının dış kısımlarına yerleştirilmiştir. M3,M4,M5 ve M6 modellerinde ise yapının iç ve dış kısımlarına yerleştirilmiştir. Betonarme yapı elemanlarında yapının dış kısmına konulan perde duvarlar, iç kısma konulan perde duvarlara göre daha fazla kesme kuvvetini karşılamakta böylece iç kısımdaki kolonlara gelen kesme kuvvetlerini azaltmaktadır. Yapının iç kısmındaki kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin azalması ile yapıda görelî kat ötelenmeleri azalmakta ve oluşması muhtemel A1 burulma düzensizliği engellenmektedir.

M4,M5 ve M6 modellerinde görüldüğü gibi yapılarda perde duvarların asimetrik olarak yerleştirilmesi sonucu A1 burulma düzensizliği ile beraber yapının aynı taban kesme kuvveti için yaptığı tepe yerdeğiştirmesinin arttığı gözlenmiştir. Tepe yerdeğiştirmesinin artması ile yapıda oluşan mafsallaşma ve buna bağılı olarak oluşan hasar oranı artmakta, yapının deprem dayanım performansı düşmektedir.

Statik itme analizi yapılan M1-M12 modellerinden M7 ve M8 modeli hariç, hepsinin geometrik yapıları düzgündür. Bu durumda A1 ve A2 grubu yapısal düzensizliklerin oluşmasında, yapı planlarının geometrik şekillerinden çok yapıdaki rijitlik dağılımının etkili olduğu görülmektedir. Bu durumda A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliğinin oluşumunda rijitlik dağılımının yapının geometrisine oranla, daha önemli bir faktör olduğu anlaşılmaktadır.

Perde ve çerçeveden oluşan taşıyıcı sisteme sahip M2,M3,M4,M5,M11 ve M12 modelleri ile sadece çerçeve sisteme sahip M1,M7,M8,M9 ve M10 modelleri karşılaştırıldığında, perde çerçeve sistemlerin, çerçeve sistemlere göre kat ötelenme miktarı ile periyodu azalırken, maksimum taban kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür.

Yapılan statik itme analizleri sonucunda; sadece çerçeve sisteme sahip yapı modellerinde genellikle, yatay ötelenmeler kat rijitliğine bağılı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt

katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır. M2,M3,M4,M5,M6,M11 ve M12 gibi farklı davranış sergileyen perde ve çerçeve sistemlerinin beraber yük taşımaları durumunda ise taşıyıcı sistemin ötelenmesi, perde ve çerçevelerin beraber davranmaları gereği hem eğilme, hem kayma davranışı etkisinde olmuştur. Bu tür perde çerçeve karma sisteminde yapının üst kısmındaki perde eğilmesi çerçeveler tarafından, yapının alt katlarındaki kaymalar ise perdeler tarafından engellenir. Böylece yapının taşıyıcı sisteminde bulunan perdeler yapının aynı zamanda rijitliği ile beraber deprem dayanım performansını artırmaktadır. Ancak perdelerin yapının planında asimetrik yerleştirilmesi sonucu yapıda A1 burulma düzensizliği oluşmakta bunun sonucunda da yapının deprem de alacağı hasar oranının artması ile beraber deprem dayanım performansı azalmaktadır.

İncelenen modellerden M3,M4,M5,M6,M7 ve M8 modellerinde, burulma düzensizliğindeki artışa paralel olarak aynı tepe yerdeğiştirmesi ile bu tepe yerdeğiştirmesi için gerekli taban kesme kuvvetinin miktarının ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Aynı tepe yerdeğiştirmesi için yapının talep ettiği taban kesme kuvvetinin miktarı, yapının deprem dayanım performansının göstergelerinden biri olduğu için M3,M4,M5,M6,M7 ve M8 modellerinde burulma düzensizliğindeki artış ile beraber, yapının deprem dayanım performansının azaldığı görülmüştür.

A2 döşeme süreksizliği düzensizliği de yapının performans seviyesini olumsuz etkilemektedir. Bu düzensizlikte yapının döşemesinde boşluk oranının artması dolayısıyla rijitlik azalması sonucu yapının deprem dayanım performans seviyesinin çerçeve sisteme sahip M9 modeline göre M10 modelinde ve yine çerçeve perde sisteme sahip M11 modeline göre M12 modelinde azaldığı görülmüştür. Çünkü yapıda merdiven asansör vs. sonucu bırakılan boşlukların dağılımının asimetrik olması, asimetrik rijitlik azalmasına sebep olmaktadır. Herhangi bir deprem etkisi altında, yapıda, asimetrik rijitlik azalması sonucu, oluşması muhtemel kesme kuvvetlerinin dengeli bir şekilde döşeme tarafından kolon ve kirişlere aktarılması mümkün olamamaktadır. Ayrıca, A2 yapısal düzensizliğinin olduğu durumda yapıda bulunan boşluk etrafında aşırı gerilme yığılması olmaktadır. Aşırı gerilme yığılması sonucu kolon ve kiriş gibi düşey taşıyıcı elemanlarında oluşacak kesit zorlarının dağılımı da elemanların rijitlikleri ile orantılı olmamaktadır. Yapıdaki rijitlik dağılımını olumsuz etkileyerek A1 burulma düzensizliğini de artırma eğiliminde olan A2 döşeme süreksizliği düzensizliği sonucu, yapının yapacağı yanal ötelenme artmaktadır. Yapıda oluşacak yanal ötelenmeyle beraber mafsallık miktarı ve buna bağlı olarak da hasar miktarı

artmakta ve yapının deprem dayanım performansı düşmektedir. Bunun için yapıda oluşan boşlukların oranının D.B.Y.B.H.Y-2007’de öngörülen 1/3 oranını geçmemesine, boşluk dağılımının yapıda mümkün olabildiğince simetrik olarak tasarlanmasına özen gösterilmelidir.

A1 grubu yapısal düzensizliğinin kaçınılmaz olduğu binaların tasarlanması sırasında sözkonusu düzensizliklerin depremin dayanım performansı üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için taşıyıcı sistemi perdeli veya perde ve çerçeve yapılar tercih edilmelidir. Yapılarda perde ve kolonların yerlerinin olabildiğince simetrik olmasına dikkat edilmelidir. Böylece yapının burulma rijitliği azaltılabilir. A2 grubu yapısal düzensizliğin kaçınılmaz olduğu yapılarda ise döşeme boşluklarının yapının deprem performansı üzerindeki olumsuz etkisi, döşeme boşluklarının dilatasyon derzleri ile birbirinden ayrılması ile giderilebilir. Bundan başka döşeme kalınlıklarının artırılması ve boşlukların köşelerine ilave donatı konulması ayrıca eksantrisitenin büyük alınması da düşünülebilir. Bu önlemlerin alınması ile A1 ve A2 yapısal düzensizliğinin yapıların deprem dayanım performansı üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir. Bunun yanında, D.B.Y.B.H.Y-2007’de performans ve hasar düzeyleri ile deprem seviyeleri tanımlamalarına ve lineer olmayan analiz yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada incelenen A1 burulma düzensizliği ile A2 döşeme süreksizliği düzensizliğinin ayrı ayrı ve birleşik olarak B grubu yapısal düzensizlikler üzerindeki etkisi araştırılabilir. Bu çalışmalarla bulunan sonuçların betonarme yapıların deprem performansı üzerindeki etkisini belirlemek için tasarlanacak yapı modellerinin değişik bilgisayar programları ile analizinin yapılması suretiyle çalışmanın kapsamı genişletilebilir.

KAYNAKLAR

Aka İ, Keskinel F and Arad T S (1996) *Betonarme Yapı Elemanları*. Birsen Yayınevi,79-135, İstanbul.

Alyamaç E K ve Erdoğan A S (2005) *Geçmişten günümüze Afet Yönetmelikleri ve uygulama karşılaşılan tasarım hataları*. Deprem Sempozyumu,707-715, Kocaeli Üniversitesi,Kocaeli.

Applied Technology Council (1996) *ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Applied Technology Council, California.

Arslan M, Köroğlu A ve Köken A (2008) Binaların Yapısal Performansının Statik İtme Analizi ile Belirlenmesi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2): 71-84.

Aydınoglu M N (1997) Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile ilgili Eğitim Programı. İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007) *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. Ankara, 159 s.

Bayülke N (1998) *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı*. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27, 245 s.

Celep Z ve Kumbasar N (2000) Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. *TMH Türkiye Mühendislik Haberleri* : 444-445.

Celep Z (2007) *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranışı ve Çözümleme/ Deprem Yönetmeliği (2007)*. Beta Yayınları, 144 s., İstanbul.

Çamlıbel N (1994) *Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri,YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği*. İstanbul, s.145.

Calderoni B, Mazzaloni F M, and Gherzi A (1995) *A new Approach to the problem of In Plan Irregularity in Seismic Design of Buildings*. 10 th European Conference on Earthquake Engineering, 843-848 pp. Duma (ed) Rotterdam.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Çavdar E** (2005) *Betonarme Yapıların Sismik Değerlendirmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 118 s, İzmir.
- Çiftçi H İ** (1999) *Fotoğraflarla Deprem Kuvvetleri Karşısında Yapıların Gösterdiği Davranışlar*. Şan Ofset, 216 s, İstanbul.
- EN1998-3** (2005) *Eurocode 8: Design of concrete for earthquake resistance Part 3:Assesment and retrofitting of buildings*. Brussels: European Commitee for Standardisation.
- Erman E** (2002) *Deprem Bilgisi ve Deprem Güvenli Mimari Tasarım.*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Ara Yayın Serisi, Ankara, 121 s.
- Ersoy U** (1995) *Betonarme Yapılarda Deprem Davranışı ile ilgili bir irdeleme*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bildiri, Ankara.
- Federal Emergency Management Agency** (1997) *FEMA 273 NEHRP, Guidlines for the seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency** (2000) *FEMA-356 Prestandart and Commentary. for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Washington.
- Federal Emergency Management Agency** (2005) *FEMA-440 Improvement Of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures FEMA*. Washington, DC.
- Gülây F ve Çalım G** (2003) *A Comparative Study of Torsionally Unbalanced Multi-Storey Structures Under Seismic Loading*. *Turkish J.Eng. Env. Sci.*, 27: 11–19.
- Güllü E** (2004) *Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre Hesabında Perde Yerleşiminin Etkisi ve A2 Düzensizlik Durumunun incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 125 s.
- Kara E** (2001) *Yapılara Etki Eden Deprem Kuvvetleri İle Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarlanması Arasındaki İlişkilerin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 122 s.
- Körlü S** (2003) *Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kranwinkler H and Seneviratna G D P K** (1998) Pros and cons of a pushover analysis of performance evaluation. *Engineering Structures*, 20 (4-6): 452-464.
- Lagorio H J** (1990) *Eartquakes. An Architect's Guide to Nonstructural Seismic Hazards* Wiley-Interscience Publication, New York, Chich, 312 p.
- Lawson R S, Vance V and Kranwinkler H** (1994) Nonlinear static push-over analysis- why and how?, Proceedings of 5th US Conference on Earthquake Engineering. Vol.1, Chicago, IL, pp. 283-292.
- Oral K** (2005) *Statik İtme Analizi Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94 s, İstanbul.
- Mertol A ve Mertol H C** (2002) *Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Kozan Ofset, Ankara, 643 s.
- Özer E** (2007) *Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme*. Ders notları, 14 s.
- Özmen G ve Gülay F G** (2002) An investigation of Torsionally Irregular Multi-Storey Buildings under Earthquake Loading. *Structural Engineering and Mechanics*, 14(2):237-243.
- Özmen G** (2001) Plan Geometrisinin Burulma düzensizliğine etkisi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 411:46, Ankara.
- Özmen G** (2004) Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği. *İMO Teknik Dergi*, 15(1): 3131-3144.
- Özmen H, İnel M ve Bilgin H** (2007) Betonarme Elemanlarının Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği konferansı*, Cilt II:207-216, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Öztürk Ş** (2000) *Depreme Dayanıklı Bina tasarım sorunlarının tanıtılması*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 171s.
- Perus I and Fajfar P** (2005) On the İnelastic Torsional Response of single-storey structures under bi-axial excitation. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 34 (8):931-941

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- SEAOC** (1995) *Vision 2000, A Framework for Performance-Based Design* Structural Engineers. Association of California, Vision 2000 Committee, California, USA.
- Sucuoğlu H** (2008) 2007 Deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirmesi. *TMH Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı: 444-445*.
- Sta4-Cad V13.1** (2009) *Sta4-Cad V13.1 Statik Programı kullanım klavuzu*. Modul İnşaat Ltd.Şti., Gebze, 104 s.
- Tezcan S S** (2003) *Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri*. Türkiye Deprem Vakfı, Ankara.
- Tuna M E** (2000) *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Ankara, 255 s.
- Türk Standardı** (2000) TS-500: *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulucan Ç Z ve YÖN B** (2008) Rijit ve Esnek Diyafram kabulüne göre A2 Döşeme Döşeme süreksizlik Düzensizliğine sahip yapıların linear olmayan Deprem Davranışı. *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh Bil.Dergisi*, 20 (2): 325-323.
- Uçar T and Seçer M** (2007) *Beton Sınıfının Yapı Performans Seviyesine Etkisi*. Serbest bildiri. Ulusal Beton Kongresi, Merkez –İstanbul.
- Yoldaş M** (2005) *Yapıların Deprem Hesabında A2 Düzensizlik Durumunun incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 112 s, Adana.
- Yıldırım A** (2006) *Betonarme Bir Binanın Doğrusal Olmayan Yöntemle Deprem Performansının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 140 s.
- Zacek M** (2002) *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ön Proje Aşaması*. (M.Tolga Akbulut Çeviren), YTÜ Uluslararası Kentsel Çalışmalar Araştırma Merkezi İstanbul.
- Xue Q** (2001) Assessing the accuracy of the damping model used in displacement based seismic demand evaluation and design of inelastic structures, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 3(2):37-45.

ÖZGEÇMİŞ

Murat DEMİRKÖSE 1974 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve Orta Okulu Zonguldak Gazi İlköğretim Okulunda, liseyi Zonguldak Mehmet Çelikel Lisesinde tamamladı.1993 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı ve 1998 yılında bu bölümden mezun oldu. Daha sonra Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bolu Yeniçağa Belediyesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile Vakıflar Genel Müdürlüğünde çalıştı. Halen Zonguldak Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğün (Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü ile Çevre ve Orman İl Müdürlüğünün birleşme ile kuruldu)'de İnşaat Mühendisi olarak çalışmakta olup, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimini sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Mithat Paşa Mahallesi Güven Sokak No:5/1
67040 ZONGULDAK

Tel: (372) 252 36 48

E-posta: mdemirkose2011@gmail.com