

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP MEVCUT BETONARME BİNALARIN
DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cemile DEMİRPOLAT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

EYLÜL 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP MEVCUT BETONARME BİNALARIN
DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cemile DEMİRPOLAT
(501101015)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU

EYLÜL 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101015 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cemile DEMİRPOLAT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ünal ALDEMİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Deniz GÜNEY
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **11 Eylül 2013**
Savunma Tarihi : **01 Kasım 2013**

Eşime, anne ve babama,

ÖNSÖZ

Bu çalışmada analiz yöntemlerinden bir tanesi olan “Statik İtme Analizi” ayrıntılarıyla işlenmeye çalışılmış ve 1975 Deprem şartlarına uygun yapılmış ayrıca düşeyde düzensizliğe sahip binalar bu analiz yöntemi ile incelenerek uygulamalı bir anlatım sergilenmek istenmiştir.

Tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, çok değerli hocam, Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU’ na sonsuz teşekkür etmeyi bir borç biliyor; beni bu günlere getiren ve tüm hayatım boyunca maddi manevi desteklerini her zaman arkamda hissettiğim çok değerli aileme sevgilerimi sunuyorum.

Bu tezin hesap ve yazım aşamasında beni yalnız bırakmayan, her konuda bana yardımcı olan meslektaş eşim, Ayhan Aydın’a sonsuz sevgimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Eylül 2013

Cemile DEMİRPOLAT
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONAY SAYFASI.....	vii
İTHAF	vii
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xix
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xxiii
ÖZET.....	xxv
SUMMARY	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. TAŞIYICI SİSTEM VE YAPI DÜZENSİZLİKLERİ	5
2.1 Depreme Dayanıklı Tasarım	5
2.1.1 Yeterli dayanım	6
2.1.2 Yeterli rijitlik	6
2.1.3 Yeterli süneklik.....	7
2.1.4 Yeterli kararlılık (stabilite)	8
2.1.5 Yeterli sönüm.....	8
2.1.6 Yeterli uyum (adaptasyon)	8
2.2 Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri.....	8
2.2.1 DBYBHY 2007'ye göre düzensiz binalara ilişkin koşullar	9
2.2.2 Planda düzensiz yapılar	10
2.2.2.1 Burulma düzensizliği durumu	10
2.2.2.1.1 DBYBHY 2007	10
2.2.2.1.2 Eurocode 8	11
2.2.2.1.3 IBC 2009	11
2.2.2.2 Döşeme süreksizliği durumu.....	12
2.2.2.2.1 DBYBHY 2007	12
2.2.2.2.2 Eurocode 8	12
2.2.2.2.3 IBC 2009	12
2.2.2.3 Planda girinti çıkıntı düzensizliği	14
2.2.2.3.1 DBYBHY 2007	14
2.2.2.3.2 Eurocode 8	14
2.2.2.3.3 IBC 2009	14
2.2.3 Düşeyde düzensiz yapılar	15
2.2.3.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)	15
2.2.3.1.1 DBYBHY 2007	15
2.2.3.1.2 Eurocode 8	16

2.2.3.1.3 IBC 2009	16
2.2.3.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat).....	16
2.2.3.2.1 DBYBHY 2007	16
2.2.3.2.2 Eurocode 8.....	17
2.2.3.2.3 IBC2009	17
2.2.3.3 Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği	17
2.2.3.3.1 DBYBHY 2007	17
2.2.3.3.2 Eurocode 8.....	19
2.2.3.3.3 IBC 2009	19
3. KISA KONSOLLAR.....	21
3.1 Kısa Konsolların Tanımı ve Davranışları.....	21
3.2 Kısa Konsolların Boyutlandırılması ve Donatılması	24
3.3 Kısa Konsolların Çözümlemesinde Çubuk Model Yaklaşımı	24
3.3.1 Giriş	24
3.3.2 Model çubuklarının ve düğüm noktalarının boyutlandırılması	26
3.4 Kısa Konsollar İle İlgili Yönetmelik Hükümleri.....	27
3.4.1 ABYYHY (1998) ve DBYBHY (2007)'de Kısa konsollar	28
3.4.2 TS 9967'de Kısa konsollar	28
3.4.3 ACI 318-02'de Kısa konsollar	30
3.4.4 Eurocode 2'de Kısa konsollar	31
3.5 Konsollu Yapılar	32
3.5.1 Konsollu bina tipi yapı uygulamaları.....	32
4. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI	35
4.1 Giriş.....	35
4.2 Performans Seviyeleri	36
4.2.1 Yapısal performans seviyeleri ve aralıkları	36
4.2.2 Yapısal olmayan performans seviyeleri.....	39
4.2.3 Bina performans seviyeleri	40
4.3 Deprem Etki Seviyeleri	41
4.4 Performans Kavramı	42
4.4.1 Performans hedefleri ve sınıflandırma.....	42
4.4.2 Performans hedeflerinin karşılaştırılması	43
4.4.2.1 Başlangıç performans amacı	44
4.4.2.2 Son performans amacı.....	44
4.5 DBYBHY 2007'de Performansa Dayalı Tasarım Kavramı	45
4.5.1 Kesit, eleman ve taşıyıcı sistem hasar sınır ve bölgeleri	45
4.5.2 Taşıyıcı eleman deprem hasar sınır ve bölgeleri	46
4.5.3 Taşıyıcı sistemin deprem performans düzeyleri	46
5. SAYISAL İNCELEMELER.....	51
5.1 İncelenen Taşıyıcı Sistem Modelleri.....	51
5.2 Taşıyıcı Sistem Modellerinin Boyutlandırılması	52
5.2.1 Malzeme bilgileri	52
5.2.2 Deprem karakteristikleri	52
5.2.3 Boyutlandırmada esas alınan yükler	52
5.2.4 Modelleme ve tasarımda yapılan varsayımlar	53
5.2.5 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımda esas alınan parametreler.....	53
5.2.6 Boyutlandırmada esas alınan yükleme kombinasyonları.....	57
5.2.7 Taşıyıcı sistem modellerinde boyutlandırma	57
5.3 Boyutlandırılan Taşıyıcı Sistem Modellerinin Performans Değerlendirmesi ..	57

5.4 TSM-3 İçin Ayrıntılı İnceleme.....	57
5.4.1 Sistemin boyutlandırılması	58
5.4.2 Artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi yönteminin yapı için uygulanabilirlik tahkiki	64
5.4.3 Sistemin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem performansının belirlenmesi.....	66
5.4.3.1 TSM-3 için bina performans değerlendirmesi	86
5.5 TSM-3A İçin Performans Değerlendirmesi	88
5.6 TSM-2 İçin Performans Değerlendirmesi	89
5.7 TSM-2A İçin Performans Değerlendirmesi	96
5.8 TSM-1 İçin Performans Değerlendirmesi	104
5.9 TSM-1A İçin Performans Değerlendirmesi	111
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	119
KAYNAKLAR	125
EKLER.....	127
ÖZGEÇMİŞ.....	134

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ACI	: American Concrete Institute
ATC	: Aplied Technolology Council
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EC	: Eurocode
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
IBC	: International Building Code
SAP 2000	: Structural Analysis Program
TS	: Türk Standardı
TSM	: Taşıyıcı Sistem Modeli

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : ACI 318R-02’de gerilme sınırları.	27
Çizelge 4.1 : Yapısal performans seviye ve aralıkları.	37
Çizelge 4.2 : Yapısal olmayan performans seviyeleri.	39
Çizelge 4.3 : Yapısal olan ve yapısal olmayan performans seviyelerinin birleşimlerinden elde edilen ‘Bina Performans Seviyeleri’	40
Çizelge 4.4 : Deprem parametreleri.	42
Çizelge 4.5 : Performans hedeflerinin sınıflandırılması.	43
Çizelge 4.6 : Göreli kat ötelemesi sınırları.	49
Çizelge 4.7 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.	50
Çizelge 5.1 : ABYYHY’ 75 deprem bölge katsayısı.	54
Çizelge 5.2 : ABYYHY’ 75 yapı tipi katsayıları.	54
Çizelge 5.3 : ABYYHY’ 75 yapı önem katsayıları.	55
Çizelge 5.4 : ABYYHY’ 75 zemin hâkim periyodu.	55
Çizelge 5.5 : ABYYHY’ 75 hareketli yük katsayısı.	56
Çizelge 5.6 : Bina kat ağırlıkları.	63
Çizelge 5.7 : Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı.	63
Çizelge 5.8 : Kolon boyutları ve donatıları.	63
Çizelge 5.9 : Kiriş boyutları ve donatıları.	64
Çizelge 5.10 : X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.	65
Çizelge 5.11 : Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.	65
Çizelge 5.12 : TSM-3 periyod, etkin kütle oranları.	72
Çizelge 5.13 : TSM-3 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değeri.	73
Çizelge 5.14 : TSM-3 POY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değeri.	74
Çizelge 5.15 : TSM-3 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	75
Çizelge 5.16 : TSM-3 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	76
Çizelge 5.17 : TSM-3 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değeri.	76
Çizelge 5.18 : TSM-3 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değeri.	77
Çizelge 5.19 : TSM-3 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	80
Çizelge 5.20 : TSM-3 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	80
Çizelge 5.21 : TSM-3 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	87
Çizelge 5.22 : TSM-3 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	87
Çizelge 5.23 : TSM-3 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	88

Çizelge 5.24 : TSM-3 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	88
Çizelge 5.25 : TSM-2 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	89
Çizelge 5.26 : TSM-2 PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	90
Çizelge 5.27 : TSM-2 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	91
Çizelge 5.28 : TSM-2 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	91
Çizelge 5.29 : TSM-2 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	92
Çizelge 5.30 : TSM-2 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	93
Çizelge 5.31 : TSM-2 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	94
Çizelge 5.32 : TSM-2 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	95
Çizelge 5.33 : TSM-2 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	95
Çizelge 5.34 : TSM-2 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	95
Çizelge 5.35 : TSM-2 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	95
Çizelge 5.36 : TSM-2 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	96
Çizelge 5.37 : TSM-2A PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	96
Çizelge 5.38 : TSM-2A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	97
Çizelge 5.39 : TSM-2A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	98
Çizelge 5.40 : TSM-2A Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	99
Çizelge 5.41 : TSM-2A X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	99
Çizelge 5.42 : TSM-2A Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	100
Çizelge 5.43 : TSM-2A X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	102
Çizelge 5.44 : TSM-2A Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	102
Çizelge 5.45 : TSM-2A kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	102
Çizelge 5.46 : TSM-2A kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	103
Çizelge 5.47 : TSM-2A kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	103
Çizelge 5.48 : TSM-2A kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	103
Çizelge 5.49 : TSM-1 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	104
Çizelge 5.50 : TSM-1 PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	105
Çizelge 5.51 : TSM-1 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	106

Çizelge 5.52 : TSM-1 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	106
Çizelge 5.53 : TSM-1 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri..	107
Çizelge 5.54 : TSM-1 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri..	108
Çizelge 5.55 : TSM-1 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	109
Çizelge 5.56 : TSM-1 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	110
Çizelge 5.57 : TSM-1 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	110
Çizelge 5.58 : TSM-1 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	110
Çizelge 5.59 : TSM-1 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	110
Çizelge 5.60 : TSM-1 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	111
Çizelge 5.61 : TSM-1A PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	111
Çizelge 5.62 : TSM-1A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.	112
Çizelge 5.63 : TSM-1A X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	113
Çizelge 5.64 : TSM-1A Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.	113
Çizelge 5.65 : TSM-1A X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	114
Çizelge 5.66 : TSM-1A Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.	115
Çizelge 5.67 : TSM-1A X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	116
Çizelge 5.68 : TSM-1A Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.	117
Çizelge 5.69 : TSM-1A kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	117
Çizelge 5.70 : TSM-1A kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	117
Çizelge 5.71 : TSM-1A kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	117
Çizelge 5.72 : TSM-1A kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.	118
Çizelge A.1 : TSM 1 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	128
Çizelge A.2 : TSM 1A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	129
Çizelge A.3 : TSM 2 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	130
Çizelge A.4 : TSM 2A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	131
Çizelge A.5 : TSM 3 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	132
Çizelge A.6 : TSM 2A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.	133

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Kesit, eleman ve sistem etki-şekil (yer) değiştirme ilişkisi.....	7
Şekil 2.2	: Betonarme elemanda Moment-Eğrilik eğrisi.	7
Şekil 2.3	: Burulma düzensizliği durumu (DBYBHY 2007).	10
Şekil 2.4	: Burulma düzensizliği durumu (Eurocode 8).	11
Şekil 2.5	: Planda döşeme süreksizliği durumu (DBYBHY 2007).	13
Şekil 2.6	: Planda döşeme süreksizliği durumu (Eurocode 8).	13
Şekil 2.7	: Planda çıkıntılar bulunması durumu.....	14
Şekil 2.8	: Planda çıkıntılar bulunması durumu.....	14
Şekil 2.9	: Komşu katlar arası dayanım düzensizliği durumu.	15
Şekil 2.10	: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği durumu.	16
Şekil 2.11	: Kolonların kiriş ve guselere oturması durumu.	18
Şekil 2.12	: Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.	18
Şekil 2.13	: Perdenin kolonlara oturması durumu.	18
Şekil 2.14	: Perdelerin kiriş açıklık ortasına oturtulması durumu.	19
Şekil 2.15	: Geri çekmeli yapılar için düzensizlik kriterleri.....	20
Şekil 3.1	: Kısa konsolda asal gerilme yörüngeleri.	21
Şekil 3.2	: Kısa konsolda kafes kiriş benzeşimi.	22
Şekil 3.3	: Kısa konsolda göçme biçimleri.	23
Şekil 3.4	: Kısa konsol örneği.....	25
Şekil 3.5	: Çubuk sistem örneği.....	25
Şekil 3.6	: ABYYHY 1998 ve DBYYHY 2007’de kısa konsollar.	28
Şekil 3.7	: Betonarme kısa konsol donatıları.	29
Şekil 3.8	: Kısa konsolda kuvvetler ve kesit boyutları.	30
Şekil 3.9	: Kısa konsolun yapısı.	31
Şekil 3.10	: Eurocode 2’de kısa konsol.	31
Şekil 4.1	: Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları 38	
Şekil 4.2	: Bina performans seviyeleri ile maliyetleri arasındaki ilişki..... 44	
Şekil 4.3	: Kesit hasar sınırları ve bölgeleri..... 45	
Şekil 4.4	: Taşıyıcı sistem (bina) performans düzeyleri 47	
Şekil 5.1	: 3 boyutlu bina modeli..... 59	
Şekil 5.2	: Zemin kat kalıp planı..... 60	
Şekil 5.3	: Normal kat kalıp planı..... 61	
Şekil 5.4	: Detaylı hesabı yapılan kolon ve kiriş elemanlar. 67	
Şekil 5.5	: Eğilme altında bir betonarme elemanın moment eğrilik diyagramı..... 68	
Şekil 5.6	: İlgili (h) kesitlerine göre DBHBYH 2007’de önerilen plastik mafsallık uzunlukları..... 69	
Şekil 5.7	: Mander beton modeli. 69	
Şekil 5.8	: Bir kolon kesitinde kullanılan malzeme modelleri..... 70	

Şekil 5.9 : C20 beton sınıfı için sargısız beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.	70
Şekil 5.10 : C20 beton sınıfı için sargılı beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.	70
Şekil 5.11 : S420 donatı çeliği malzeme modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.	71
Şekil 5.12 : S102 kolonu için moment-eğrilik bağıntısı (Section1 with MC1 Loading).	71
Şekil 5.13 : S102 kolonu için karşılıklı etki diyagramı (Section1 with PMM1 Loading).	72
Şekil 5.14 : TSM-3 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.	73
Şekil 5.15 : TSM-3 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.	74
Şekil 5.16 : TSM-3 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	77
Şekil 5.17 : TSM-3 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	78
Şekil 5.18 : %5 sönümlü talep spektrumu.	78
Şekil 5.19 : TSM-3 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. ...	79
Şekil 5.20 : TSM-3 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. ...	80
Şekil 5.21 : X doğrultusunda oluşan plastik mafsallar.	81
Şekil 5.22 : Y doğrultusunda oluşan plastik mafsallar.	82
Şekil 5.23 : S102 kolonu kesit hasar bölgesinin belirlenmesi.	85
Şekil 5.24 : TSM-2 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.	89
Şekil 5.25 : TSM-2 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.	90
Şekil 5.26 : TSM-2 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	92
Şekil 5.27 : TSM-2 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	93
Şekil 5.28 : TSM-2 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. ...	94
Şekil 5.29 : TSM-2 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. ...	94
Şekil 5.30 : TSM-2A X doğrultusundaki kapasite eğrisi.	97
Şekil 5.31 : TSM-2A Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.	98
Şekil 5.32 : TSM-2A X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	100
Şekil 5.33 : TSM-2A Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	101
Şekil 5.34 : TSM-2A modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	101
Şekil 5.35 : TSM-2A modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	102
Şekil 5.36 : TSM-1 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.	104
Şekil 5.37 : TSM-1 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.	105
Şekil 5.38 : TSM-1 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	107
Şekil 5.39 : TSM-1 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	108
Şekil 5.40 : TSM-1 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	109
Şekil 5.41 : TSM-1 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	109
Şekil 5.42 : TSM-1A X doğrultusundaki kapasite eğrisi.	111
Şekil 5.43 : TSM-1A Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.	113
Şekil 5.44 : TSM-1A X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	114
Şekil 5.45 : TSM-1A Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.	115

Şekil 5.46 : TSM-1A modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	116
Şekil 5.47 : TSM-1A modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti. .	116
Şekil 6.1 : Taşıyıcı sistem modelleri X doğrultusu modal kapasite eğrileri	121
Şekil 6.2 : Taşıyıcı sistem modelleri Y doğrultusu modal kapasite eğrileri	121
Şekil 6.3 : Taşıyıcı sistem modelleri X doğrultusu tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi değerlerinin karşılaştırılması	122
Şekil 6.4 : Taşıyıcı sistem modelleri Y doğrultusu tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi değerlerinin karşılaştırılması	122

SEMBOLLER LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_n	: Temas yüzeyine dik teçhizat alanı
A_s	: Çekme teçhizat alanı
A_{sf}	: İnceltilmiş mesnette eğilme teçhizatı
A_v	: İnceltilmiş kiriş ucunda düşey etriyeler toplam alanı
A_{wh}	: Yatay kayma teçhizatı
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$\sum A_e$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
$\sum A_w$	: Herhangi bir katta kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı
$\sum A_g$	: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
$\sum A_k$	: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
a_1	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
b_w	: Kirişin gövde genişliği
d	: Kirişin ve konun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
E_c	: Çerçeve betonunun elastisite modülü
EI_o	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
f_{cm}	: 7.2'ye göre tanımlanan mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: 7.2'ye göre tanımlanan mevcut betonun çekme dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{yd}	: Hasır donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Teçhizat çeliğinin karakteristik akma mukavemeti
f_{ywk}	: Asm teçhizatı karakteristik akma mukavemeti
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
h_i	: Kat Yüksekliği
L_p	: Plastik mafsallık boyu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hâkim) moda ait etkin kütle
N	: Deprem ve düşey yükler altında kolonda oluşan aksel kuvvet
N_D	: Düşey yükler altında kolonda oluşan aksel kuvvet
r	: Etki/Kapasite Oranı
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme

$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
V	: Deprem ve düşey yükler etkisi altında kiriş uçlarında oluşan kesme kuvveti
V_d	: Hesap kesme kuvveti
V_{res}	: Kesme kuvveti altında kesitin taşıma gücü
V_e	: Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
V_j	: Çelik sargı ile sağlanan ek kesme dayanımı
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hâkim) ait taban kesme kuvveti
$(\delta_i)_{max}$	: İlgili kattaki en büyük görelî kat ötelemesi
ϵ_{cg}	: Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirme
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
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
θ_p	: Plastik dönme istemi
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacımsal oranı
ρ_{sm}	: 3.3.4, 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
Δ_i	: Binanın i. katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	: Binanın i. katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	: Binanın i. katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i. katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
δ_u	: Maksimum şekil değıştirme veya yerdeğiştirme
δ_y	: Elastik davranışın sona erdiğinde akma yerdeğiştirme

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Son yıllarda yeryüzünde meydana gelen şiddetli depremler ve bu depremler sonucunda oluşan ağır hasar ve can kayıpları nedeni ile deprem bölgelerinde bulunan mevcut veya bu bölgelerde yapılması planlanan yapıların, deprem etkilerini karşılayacak kapasiteye sahip olması önem kazanmıştır. Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alan ülkemizde meydana gelen depremler, mevcut yapılarda yoğun hasara yol açmış ve deprem konusunda genel bir önlemin alınmasını gerektirmiştir. Mevcut yapıların deprem etkisi altında davranışlarının incelenmesi, yapıların uygun performansı gösterip göstermeyeceğinin değerlendirilmesi ve tasarım aşamasındaki yapılarda ne gibi önlemler alınacağı konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi geliştirilmiştir. Depreme dayanıklı yapı tasarımının felsefesi, yapının, göçme meydana gelmeden deprem şiddetini karşılayabilecek kapasiteye sahip olmasına dayanmaktadır. Yapının sahip olduğu kapasitenin hesaplanmasında doğrusal olmayan elastik yöntemlerin uygulanması ile yapının davranışı gerçeğe yakın olarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmaların devamında yapıların doğrusal olmayan yerdeğiştirme istemlerinin yapı kapasitesinin belirlenmesi açısından önemi anlaşılmıştır.

Binaların deprem performansının belirlenmesinde ana etken olan hasar durumları, en gerçekçi olarak yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmelerle ifade edilebilir. Bu nedenle,

yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı hesap yöntemlerinin kullanımı ve seçilecek analiz araçları oldukça önem kazanmaktadır.

Diğer taraftan, doğrusal olmayan teoriyi esas alan hesap yöntemlerinden yararlanarak, yapı sistemlerinin dış yükler ve deprem etkileri altındaki davranışları yakından izlenebilmekte, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmelere bağlı deprem performansları daha gerçekçi olarak belirlenebilmektedir.

Yapı sistemlerinin deprem etkilerine maruz kalmaları haline ait tasarımlarında genellikle doğrusal yöntemler kullanılmakta ve boyutlandırma ilkeleri bu prensiplere bağlı kalarak yapılmaktadır. Doğrusal teoriye dayalı hesap yöntemlerinde malzemelerin doğrusal elastik olduğu ve sisteme ait yerdeğiştirmelerin mertebelerinin küçük olduğu kabulü yapılmaktadır. Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinde ise malzemelerin doğrusal elastik olmayan davranışlarının sistem üzerine etkileri göz önüne alınarak yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı yaklaşımı hakimdir.

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşadığımız deprem felaketinde yaşamış olduğumuz can ve mal kayıpları neticesinde, gerek yeni yapıların tasarım aşamasında gerekse mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde yeni yaklaşımlara duyulan ihtiyaç artmıştır. Yapıların toptan göçmesi veya can güvenliğini tehlikeye

düşürecek tarzda tasarımları engellemek ve mevcut yapıların davranışlarını tespit etmek amacıyla performansa dayalı tasarım kavramı geçerlik kazanmış ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde kendine yer bulmuştur. Altı bölümden oluşan bu çalışmada ülkemizde konut amaçlı kullanılan yapıları temsil edeceği düşünülen modeller seçilmiştir. Seçilen modellere yönetmelikte atıfta bulunulan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler uygulanarak performans seviyeleri belirlenmiş ve bu işlemin ardından belirlenen performans seviyeleri karşılaştırılmıştır.

Düşeyde düzensiz mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi, bu tez çalışmasına konu olmuştur. İnceleme konusu olan düşeyde düzensiz yapılar performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile ele alınmıştır. Hesaplamalarda elastik ötesi analiz yapma olanağı sağladığı için, Statik İtme Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin esasları, tez kapsamında kısaca özetlenmiştir. Ayrıca performansa dayalı tasarım yaklaşımı hakkında da bazı bilgiler kısaca verilmiştir.

İnceleme konusu olarak mevcut altı farklı bina seçilmiştir. İlgili hesaplamalarda, statik itme analiz yöntemini kullanmaya uygun olan SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır. Programda yöntemin nasıl uygulanacağı tez kapsamında anlatılmış, dikkat edilmesi gerekli noktalar vurgulanmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar grafikler ve tablolarda sunulmuştur.

Taşıyıcı sistem modelleri (TSM), 4, 6 ve 8 katlı binalar için sırasıyla TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 olarak tanımlanmış ve bu modellerin, beton malzemesi bakımından oluşturulan alternatifleri ise 'A' indisi eklenerek sırasıyla TSM-1A, TSM-2A ve TSM-3A olarak isimlendirilmiştir. Model alternatifleri ülkemizde çok karşılaşılan, donatı detayları ve malzeme açısından proje ile uyumlu olarak inşa edilmiş, düşeyde süreksiz, mevcut yapıları temsil etmek amacıyla oluşturulmuştur.

Tüm taşıyıcı sistem modellerinde kullanılan eleman boyutları ve donatıları, kat yükseklikleri ve kat planları 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı yapılan 8 katlı B3 düzensizliğine sahip TSM-3 modeli ile aynıdır.

TSM-1, TSM-2 ve TSM-3'e alternatif olarak seçilen TSM-1A, TSM-2A ve TSM-3A'da geometrik özellikleri ve eleman boyuna donatıları aynı seçilmiş; fakat malzeme açısından daha düşük dayanımlı beton esas alınarak incelenmiştir.

Altı bölümden oluşan yüksek lisans tezinin birinci bölümünde konunun açıklanmasına ve konu ile ilgili açıklamaların gözden geçirilmesine ayrılmış, çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde depreme dayanıklı yapı tasarımı hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Ayrıca taşıyıcı sistem düzensizlikleri DBYBHY 2007, Eurocode ve IBC 2009 yönetmeliklerine göre incelenmiştir.

Üçüncü bölümde kısa konsol tanımı, davranışı ve boyutlandırılması hakkında bilgi verilmektedir. Kısa konsol çözümünde çubuk model yaklaşımı incelenerek çeşitli yönetmeliklerde kısa konsollar hakkındaki hükümlerden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7'de detaylı bir şekilde açıklanmış olan yapıların performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümde 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan kesit hasar düzeyleri, performans seviyeleri ve çoklu performans hedefleri tez konusu doğrultusunda özetlenmiştir.

Beşinci bölümde sayısal pratik incelemeler yer almaktadır. Bu bölümde, ülkemizdeki mevcut betonarme binaların bir bölümünü temsil etmek üzere seçilen taşıyıcı sistem modelleri, 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmıştır. Bu sistemlerin ve bunların çeşitli alternatiflerinin, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile kesit hasar bölgeleri, taban kesme kuvvetleri ve tepe yatay yerdeğiştirmeleri belirlenmiştir.

Altıncı bölüm bu çalışmada varılan sonuçları kapsamaktadır. Altı binanın performans noktaları bulunmuş ve bu taşıyıcı sistem modelleri kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sayısal incelemelerinde elde edilen sonuçların başlıcaları aşağıda özetlenmiştir:

- a) Yapılan analizler sonucunda periyodu en küçük olan 3 katlı C20 beton sınıfına sahip TSM-1 taşıyıcı sistem modelinde tasarım depremi altında tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi en küçük ve spektral ivmesi en büyüktür. Bununla beraber sistemin diğerlerine göre daha rijit olmasından dolayı bu sistemde oluşan plastik mafsallar kabul edilebilir sınırlar içindedir. Bu tür düşey düzensizliğe sahip binalarda bu modelin kullanılması uygundur.
- b) 6 katlı C20 beton sınıfına sahip TSM-2 taşıyıcı sistem modelinde tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi, 6 katlı C14 beton sınıfına sahip TSM-2A taşıyıcı sistem modeline göre daha küçük olup, beklenen performansı sağlamıştır. TSM-2A taşıyıcı sistem modelinde ise Can Güvenliği Performans düzeyi sağlanamamaktadır.
- c) Periyodu ve tepe yerdeğiştirme istemi en büyük olan TSM-3 taşıyıcı sistem modelinde ise yapı hedeflenen performansı sergileyememektedir. Her iki yöndeki tasarım depremi durumları için Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlerin fazlasıyla aşıldığı hatta bazı elemanların göçme sınır durumuna geçtiğı belirlenmiştir. Bu tür binalar için 8 katlı tasarım uygun değildir.

A NUMERICAL STUDY ON SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDIDINGS WITH VERTICAL IRREGULARRITIES

SUMMARY

In recent years, several earthquake ground motions occur all around the world cause severe damages and loss of life. To prevent deaths and decrease collapsing of structural elements, behaviors of buildings that exist in and around earthquake region or structures that are planned to be built in these areas have started to be investigated. Many strong earthquakes occur in Turkey because of being on Alpine-Himalayan seismic zone. Those earthquake motions caused extensive damage to existing buildings. This has brought forth the need for general measures. Various studies have been conducted to ascertain what measures would be taken at the design stage of the assessment and how existing buildings respond to earthquake motions. As a result of examination of the structural behavior under the influence of the earthquake, earthquake resistant design philosophy has been developed. Earthquake resistant building design philosophy is based on having enough capacity to satisfy horizontal earthquake forces without any collapse on structural elements. This building design philosophy leads to the development of a large number of alternative seismic design remarks based more on deformation capacity than strength.

The damage state, which is a fundamental parameter for the evaluation of structural performance, can be reliably expressed in terms of deformations and displacements.

Therefore, the use of methods and analysis tools accounting for displacement and deformation based evaluation has crucial importance. By making use of nonlinear methods, overall structural behaviour under gravity and earthquake loads as well as performance levels in terms of deformations and displacements can be reliably observed.

Conventionally, seismic assessment and design of structural systems relied on linear or equivalent linear analysis. In the linear theory, main assumptions are linear elastic material and small displacements. According to these assumptions the structural analysis can be carried out by the conventional linear methods given in design codes. However in the non-linear analysis approach, material nonlinearity and geometrical nonlinearity are taken into account.

Destructive earthquakes in recent years have brought increasing awareness for all people in our country that building structures designed according to codes may sustain irreparable seismic damage to take the building out of service. In order to render some protection to financial investment in the property, structural design based on performance criteria beyond those of minimal collapse prevention and life safety, as mandated by new 2007 Turkish Earthquake Code must be incorporated in the project development. This study consists of seven chapters.

In this study, determining the earthquake resistance of vertically irregular buildings was investigated. Performance based design approach was used to investigate these vertically irregular buildings. Pushover Analysis Method was used in calculations. This method permits to observe the post elastic behaviour. Principles of this method were summarized in this study. Also, the principles of the performance based design approach were summarized.

Three existing buildings were selected to investigate. SAP 2000 analysis program was used to apply the pushover method on these buildings. Practice steps of this program were explained in this study. Considerable points in this method were emphasized. Results of the analysis were determined on the diagrams and the tables.

Structural system models (TSM) have been denoted as TSM-1, TSM-2 and TSM-3 for 4, 6 and 8 storey buildings, respectively, and alternatives of these models considering concrete material quality have been denoted as TSM-1A, TSM-2A and TSM-3A, respectively, by adding index A to their notations. Model alternatives have been constructed considering commonly applied projects complying with typical reinforcement details and material, representing vertically irregular current structures.

All load carrying member sizes and reinforcements, storey heights and structural layout plans are taken from TSM-3 8 story structural model having B3 type vertical irregularity which has been designed according to 1975 Turkish Earthquake Resistant Design Code.

TSM-1A, TSM-2A and TSM-3A structural models which have been selected as alternatives to TSM-1, TSM-2 and TSM-3, respectively have the same geometrical dimensions and main rebars, however have been analyzed using concrete material having less compressive strength.

The thesis consists of six chapters. The first chapter covers definition of the subject, review of the previous studies, the scope and objectives of the study.

The fourth chapter gives general information about performance based design and assessment of structures which are stated in Section 7 of the Turkish Earthquake Code 2007 in detail. The section damage limits, building performance levels and multiple performance objectives, which are stated and explained in the 2007 Turkish Earthquake Code, are summarized according to the subject of the thesis.

The fifth chapter is devoted to the numerical studies. In this chapter, several frame structures which represent existing reinforced concrete buildings, are designed by the provisions of 1975 Turkish Seismic Code. Then, base shears, top displacements and the earthquake performances of these models and various alternatives are determined according to non-linear pushover method imposed by the 2007 Turkish Seismic Code.

The sixth chapter covers the results achieved in this study. Performance points of the six buildings are computed and compared with each other.

The basic conclusions of the numerical evaluations are summarized below.

- a) As a result of the analyses, the smallest period which is the 3 storeys, and has the C20 concrete class in TSM-1 concrete carrier system model has the smallest prompt of peak horizontal displacement, and the largest spectral acceleration under the design earthquake. Nonetheless, the plastic hinges which are consisted in this system are within acceptable limits because the system is more rigid than the others. The use of this model is suitable for buildings which have these kinds of vertical irregularities.
- b) A prompt of peak horizontal displacement in the TSM-2 concrete carrier system model, which has C20 concrete class and 6 storeys, is smaller than a prompt of

peak horizontal displacement in TSM-2A, which has C14 concrete class and 6 storeys, and the TSM-2 concrete carrier system model has provided the expected performance. On the other hand, the Life Safety Performance's level has not ensured in the TSM-2A concrete carrier system.

- c) A structure in the TSM-3 concrete carrier system model which has the largest period and prompt of peak horizontal displacement cannot exhibit the targeted performance. It is determined that the limit values which are specified in the regulations for every two directional design earthquake situation are extremely exceeded and even some elements fall in the categorization of collapse limit situation. For these kinds of buildings, 8 floors design is not suitable.

1. GİRİŞ

Deprem esnasında yapılar şiddetinin ve süresinin ne kadar olacağı önceden belirlenemeyen etkilere maruz kalırlar. Bu etkiler yapının kapasitesine bağlı olarak ciddi boyutlarda maddi ve manevi zararlara yol açabilir. Deprem etkilerinin en aza indirilebilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan statik itme analizi oldukça ilgi görmektedir. Binalardaki düşey yükleri sabit tutarak yatay yüklerin kademeli artırılmasıyla yapılan doğrusal olmayan hesaba ‘Statik İtme Yöntemi’ denir. Bu yöntem, binanın deprem sırasındaki gerçek davranışını temsil etmek suretiyle, çözümlemenin daha detaylı ve karmaşık algoritmaları da gözönüne alarak, daha doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Yapının elastik sınır ötesi plastik davranışını da temsil eden bu analiz yönteminde, yapının projelendirilme aşamasında seçilecek güvenlik seviyesine uygun bir şekilde tasarlanması sağlanmakta ve artan güvenlikte zarar minimuma indirilmektedir. Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılmazı gereken olumsuz hallerdir. Bu özellikleri taşıyan yapılar, taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılar olarak kabul edilirler. Bu tür yapılar uygulamada, düzenli yapılara nazaran daha fazla hatalı uygulamaya sebep olabilecekleri gibi, boyutlamada da bazı kesit zorlarının büyümesi nedeniyle ekonomik olmaktan uzaklaşırlar. Bu tarz yapılar her ne kadar iyi boyutlanıp, detaylandırılırsalar da depremden etkilenmeleri beklenenden fazla ve olumsuz yönde olur [1].

Düşey düzlemde düzensizlik içeren yapıların inşasına, ya deprem yönetmeliklerinde tümünden yasak getirilmekte ya da caydırıcı koşullar altında sınırlı olarak uygulanabilmesine izin verilmektedir. 1998 ve 2007 tarihli Deprem Yönetmelikleri’nde yapımına izin verilmeyen B3(a) türü düzensizliğe sahip çok sayıda bina, 1975 Deprem Yönetmeliği’nin yürürlükte olduğu dönemde, İstanbul’da inşa edilmiştir. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi’nde bu tür taşıyıcı sisteme sahip binalar önemli hasar görmüştür.

Bu tür düşeyde düzensiz bir bina ele alınarak, taşıyıcı sistemin üç boyutlu modeli ile deprem bileşenleri için Türk Deprem Yönetmeliği 2007’de öngörülen koşullar dikkate alınarak çözüm yapılmış ve tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlara dikkat çekilmiştir. Bu türden düzensizliğe sahip ve genel olarak kapalı çıkmaları bulunan binaların taşıyıcı sistem düzensizliklerinin, deprem davranışına etkisi üzerinde durulmuştur. Gerek mevcut yapıların, gerekse tasarımı yeni yapılan yapıların performansa göre tasarım yaklaşımı ile ele alınması gittikçe güncellik kazanmaktadır. Rijitlikleri yükseklik boyunca farklı ve en fazla 8 katlı olan çeşitli çerçeve taşıyıcı sistemlerin, artımsal itme analizi ile deprem performansları incelenmiştir. Bu türden düzensiz binalarda artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözüm yapılmasının uygun olacağı belirtilmiştir. Kapasite spektrumu kullanılarak, düşeyde düzensiz binaların performansının belirlenmesi konusu ele alınmıştır. Yapıların deprem yükleri etkisinde performanslarının irdelenmesi için uygulamadaki basitlikleri nedeniyle bugüne kadar ATC-40 (1996) ve FEMA-356 (2000) vb. standart ve yönetmeliklerdeki doğrusal olmayan statik yöntemler tercih edilmekle birlikte, ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*”e (DBYBHY 2007) mevcut yapıların değerlendirilmesi ile ilgili olarak yeni bir bölüm (Bölüm 7) eklenmiştir.

Mevcut yapıların performans yaklaşımıyla değerlendirilmesinde, adı geçen yönetmeliğin ilgili bölümünün kullanılması gerektiği açıktır. Dolayısıyla, kesin olarak yasaklanmış olan bu tür düşeyde düzensizlik içeren mevcut binaların ele alınarak deprem performanslarının belirlenmesi ve gerekli güçlendirme ve taşıyıcı sistem iyileştirmelerinin yapılmasının uygun olacağı söylenebilir.

Konu hakkında DBYBHY 2007, Bölüm 7’de yapıların performans seviyelerinin belirlenmesi için doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranışı esas alan iki yaklaşım verilmiştir.

Bu çalışmada taşıyıcı sistemi düşeyde düzensiz olan 4, 6 ve 8 katlı taşıyıcı sistem modelleri ve bu modellerin beton dayanımı açısından oluşturulan alternatifleri ele alınmış ve bu binaların taşıyıcı sisteminin performans seviyesinin belirlenmesine çalışılmıştır. Taşıyıcı sistemin üç boyutlu modeli SAP 2000 (V14) yazılımında teşkil edilmiş, taşıyıcı sistemin performansının belirlenmesinde DBYBHY 2007’de verilen artımsal itme analizi kullanılmıştır [2].

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada düşeyde düzensiz mevcut bir binanın dört, altı ve sekiz katlı olarak deprem performansları araştırılmıştır. Düşeyde düzensizlik, zemin kattan itibaren bina çevre kolonlarının kısa konsol ucuna ötelenmesi sonucunda zemin kat ve normal kat kolonlarının süreklilik göstermemesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu türden düzensiz binalar son dönemde meydana gelen şiddetli depremlerde, örneğin 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, genel olarak ağır hasar görmüşlerdir.

1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilmiş B3 türü (Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği) düzensizliğe sahip 4, 6 ve 8 katlı çerçeve bir bina ve beton dayanımı açısından oluşturulan alternatifleri gözönüne alınarak, SAP 2000 (V14) yazılımı için üç boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Statik itme analizi kullanılarak ele alınan binanın iki doğrultuda kapasite ve talep eğrileri elde edilmiş ve mevcut taşıyıcı sistemin performans seviyesi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar her altı durum için karşılaştırmalı olarak tablo ve şekiller verilerek tartışılmıştır.

Yapının deprem yükleri etkisindeki performansının belirlenebilmesi amacıyla DBYBHY 2007'de tanımlanan doğrusal olmayan statik çözümleme yöntemleri arasından artımsal itme analizi yöntemi uygulanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın dördüncü bölümünde öncelikle performans kavramı ve çeşitli kullanım düzeyleri için yapısal performans hedefleri açıklanmıştır. Taşıyıcı sistemde tepe yer değiştirmesi ile taban kesme kuvvetinin değişimini gösteren eğriden yola çıkılarak kapasite spektrumunun üretilmesi adımları ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Diğer yandan, yer hareketi, zemin koşulları ve yapısal performans düzeyi koşullarından yola çıkılarak, talep spektrumunun düzenlenmesi de çalışmanın bu bölümünde açıklanmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde yapısal çözümlemede kullanılacak olan SAP 2000 (V14) bilgisayar yazılımı tanıtılmış, incelenen binanın özellikleri belirtilerek program için hesap modelinin oluşturulması anlatılmıştır. Analiz yönteminin programda nasıl uygulanacağı açıklanmış, dikkat edilmesi gereken noktalar vurgulanmıştır. Çözümleme sonucunda elde edilen kapasite eğrisinden ve düzenlenen talep spektrumundan yola çıkılarak, binaların performans noktaları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, çalışmanın son bölümünde tartışmaya açılmıştır.

2. TAŞIYICI SİSTEM VE YAPI DÜZENSİZLİKLERİ

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi davranışı olumlu yönde etkiler. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler.

Bir yapıda bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlendirilmelerinden kaçınılmalıdır. Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik de mümkün olduğu kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olması sağlanmalıdır. Böylece, özellikle betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Bunun yanında birleşim bölgelerine gösterilen özenle, meydana gelebilecek yerel hasarlar da önlenmiş olur. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlarken, elastik davranışın ötesindeki kapasitesi de artırılmış olur. Ayrıca bu sırada ortaya çıkabilecek plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur [3].

2.1 Depreme Dayanıklı Tasarım

Bir yapının tasarımı ve boyutlanması, genel olarak güç tükenmesi durumunda yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanma durumunda kararlılık, çatlama ve yer değiştirme gibi öngörülen koşulların yerine getirilmesi olarak tanımlanabilir.

Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üzerine gelen düşey faydalı yükler de benzer özelliğe sahiptir. Hareketli yüklerin taşıyıcı sisteme etkimesi de ani olmayıp, belirli sürede gerçekleşir. Bu sürede taşıyıcı sistemde kusur ortaya çıkması durumunda yük boşaltılarak tedbir alma yoluna gidilir. Deprem kuvvetleri ise çok kısa sürede etkirler ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yük altında kalmayan taşıyıcı sistem, deprem sırasında kısa zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Taşıyıcı sistemdeki kusurlar çok kısa sürede ortaya çıktığı için, herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye engel olmak mümkün olmaz [3].

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için temel ilkeler, genellikle yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklik olarak belirtilmektedir. Bunlara ilave olarak, betonarme yapıların davranışlarıyla ilgili olarak kullanılan yeterli kararlılık (duraylılık, stabilite), yeterli sönüm ve yeterli uyum (adaptasyon) ilkeleri de dikkate alınmalıdır.

2.1.1 Yeterli dayanım

Yeterli dayanımdan amaç, özellikle taşıyıcı sistem elemanları, kendilerine etkileyen yük ya da yük etkileri nedeniyle oluşan kesit etkilerini (M, N, V ve P) kırılmadan (taşıma gücü aşılmadan) taşıyabilmelidir. Taşıyıcı sistem elemanlarının, yükler etkisinde kesme kırılması ve eksenel yük altında ezilme gibi gevrek bir şekilde kırılmasını önlemek ve taşıma kapasitelerine sünek bir davranışla ulaşmalarını sağlamak amacıyla kapasite tasarımı ilkesi benimsenmiştir. Bu ilke doğrultusunda Deprem Yönetmeliğinde getirilen koşullardan biri, kısaca kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur. Kirişlerdeki normal kuvvetin, kolonlardaki normal kuvvete göre çok daha küçük olması nedeniyle, kirişler daha sünek davranış göstermektedir. Durum böyle olunca kolonları kirişlerden daha güçlü yaparak plastik mafsalların kolonlar yerine kirişlerde oluşmasını sağlamak gerekmektedir. Plastik mafsalların kirişlerde meydana gelmesi durumunda, yapı bütün olarak daha sünek bir davranış sergileyecektir. Bunu sağlamak için Deprem Yönetmeliğinde kapasite tasarımı ilkesi doğrultusunda kolon ve kirişlerin tasarımı yapılırken, her ikisinin taşıma gücü momentlerinin, kiriş taşıma gücü momentlerinden büyük olması durumunda güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesi sağlanmış olmaktadır [4].

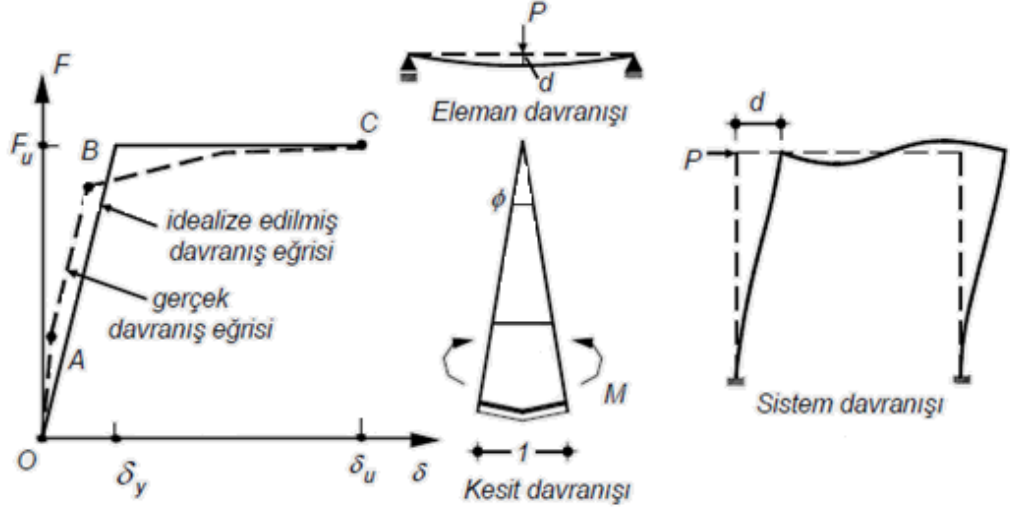
2.1.2 Yeterli rijitlik

Yapı için yeterli rijitlik; ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek, sıkça oluşan depremlerde, yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde, yapısal olmayan hasarları azaltmak ve aletlerin çalışmalarına engel olacak ve insanları rahatsız edecek deformasyonları önlemek için gerekli olmaktadır. Yatay yükler etkisinde yapı rijitliğinin en önemli ölçütü toplam yer değiştirme yerine, bir katın alt kata göre yapmış olduğu göreceli ötelenme miktarıdır. Rijitlik; yapı taşıyıcı sistemine, büyük oranda da düşey taşıyıcı elemanların malzeme kalitesine, kesit boyutlarına ve mesnetlenme koşullarına bağlı olarak değişmektedir [4].

2.1.3 Yeterli süneklik

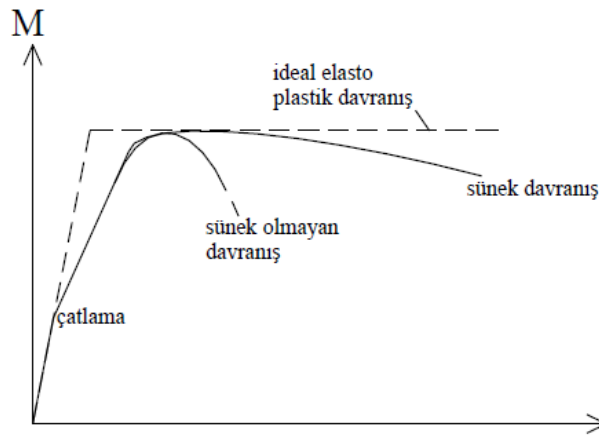
Süneklik, bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yerdeğiştirme yapma yeteneği olarak tanımlanabilir. Sayısal tanımı, güç tükenme durumu ile elastik sınır şekil değiştirmenin (veya yer değiştirme) oranı olarak yapılır.

$$\mu = \delta_u / \delta_y \quad (2.1)$$



Şekil 2.1 : Kesit, eleman ve sistem etki-şekil (yer) değiştirme ilişkisi.

F bir etkiyi, δ karşı gelen şekil (veya yer) değiştirmeyi göstermektedir. F_u yükün en büyük değerine ve δ_y elastik davranışın sona erdiğine akma şekil (veya yer) değiştirmesine ve δ_u maksimum şekil (veya yer) değiştirmesine karşı gelmektedir [5].



Şekil 2.2 : Betonarme elemanda Moment-Eğrilik eğrisi.

2.1.4 Yeterli kararlılık (stabilite)

Yapı emniyeti için sadece dayanımın dikkate alınması yeterli değildir. Yapının denge konumunun da yeterince kararlı olması gerekmektedir. Eğer sistem kararlı durumdan çok az bir miktarda dahi olsa saparsa, yapı aniden göçer. Bu duruma kısaca stabilite kırılması da denilmektedir.

2.1.5 Yeterli sönüm

Deprem yönetmeliğinde betonarme yapılar için sönüm oranı 0.05 (%5) olarak dikkate alınmaktadır. Yapıda meydana gelebilecek plastik şekil değiştirmelerin büyük olması, taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda çatlakların artması sönümü artırmaktadır.

2.1.6 Yeterli uyum (adaptasyon)

Uyum, fazla zorlanan bir lifin, kesitin ya da elemanın, zorlamaları komşu lif, kesit ya da elemana aktarabilme özelliğidir. Mesela kesitlerden birinin taşıma gücüne ulaşması halinde plastik mafsallarda oluşmakta ve taşıma gücüne henüz ulaşmayan diğer kesitlere moment aktarılmaktadır. Bu duruma moment uyumu ya da momentlerin yeniden dağılımı denilmektedir.

2.2 Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri

Yapılan gözlemler ve incelemeler sonucu yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının da o derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Basit ve düzenli yapıların yapımın kolay olması ve yapım aşamasında hata yapma olasılığının azlığı da bu sonucu sağlamaktadır. Karmaşık ve düzensiz yapılarda mevcut etkilere ilaveten burulma etkisi de ortaya çıkmaktadır. Yapının birbirine dik iki doğrultuda simetriye sahip olması istenir. Böylece çözümleme sonucu bulunan davranışla, deprem etkisinde meydana gelecek olan birbirine yakın olur. Simetri yalnız plandaki şekilde değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarda da sağlanmalıdır. Rijitlik merkezi kütle merkezinden kenara çekildikçe ek burulma etkileri meydana gelmektedir. Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli ölçüde etkilidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı Bölüm 2.1’de kısaca anlatılmıştır. Bunun dışında mimari kaynaklı oluşabilecek çeşitli düzensizlik durumları incelenmiş, DBYBHY 2007, Avrupa genelinde kullanılan Eurocode 8 ve ABD’de kullanılan IBC 2009 yönetmelikleri ile karşılaştırılarak açıklanmıştır.

Her üç yönetmelik incelendiğinde genel olarak biçimsel farklılıkların düzeyde düzensizlik durumunda olduğu görülmüştür. DBYBHY 2007 düzey elemanlarda süreklilik ararken Eurocode 8 ve IBC 2009 da bu durum ele alınmamıştır. Bu iki yönetmelikte de geri çekilmeyle alakalı durumların incelendiği görülmüştür. DBYBHY 2007’de ise bu durumdan hiç söz edilmemiştir.

Planda düzensizlik durumları biçimsel olarak aynı konuları ele alırken, düzensizliği oluşturan değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bunun en açık görüldüğü yer döşeme süreksizliği durumudur. DBYBHY 2007 maksimum olması ön görülen boşluk oranını %33.33 olarak kabul ederken, Eurocode 8 %20 ve IBC 2009 ise %50’lik bir döşeme boşluk oranını kabul etmiştir.

2.2.1 DBYBHY 2007’ye göre düzensiz binalara ilişkin koşullar

A1 ve B2 türü düzensizlikler deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

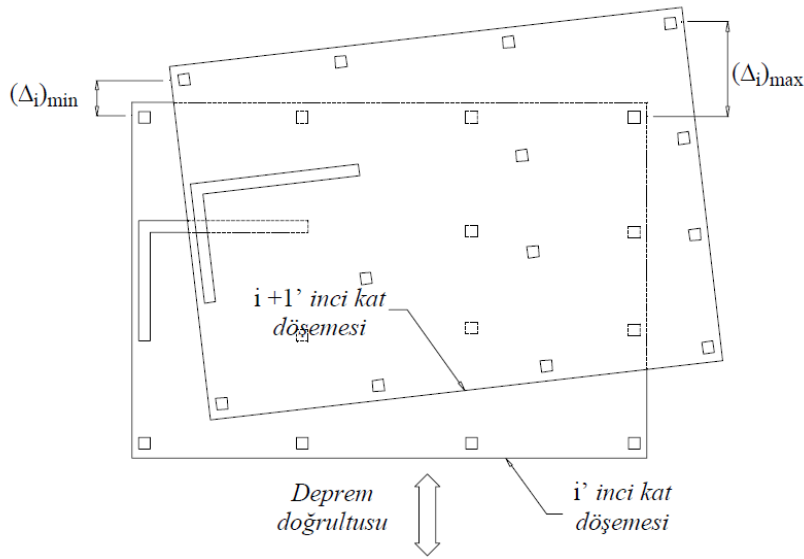
B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i’inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} ’nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmaz. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında Tablo 2.5’te verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmamalıdır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanır [6].

2.2.2 Planda düzensiz yapılar

2.2.2.1 Burulma düzensizliği durumu

2.2.2.1.1 DBYBHY 2007

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 durumu (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Burulma düzensizliği durumu (DBYBHY 2007).

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (2.2)$$

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.3)$$

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max} \quad (2.4)$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min} \quad (2.5)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = (d_i)_{ort} - (d_{i-1})_{ort} \quad (2.6)$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad (2.7)$$

Burulma düzensizliği durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

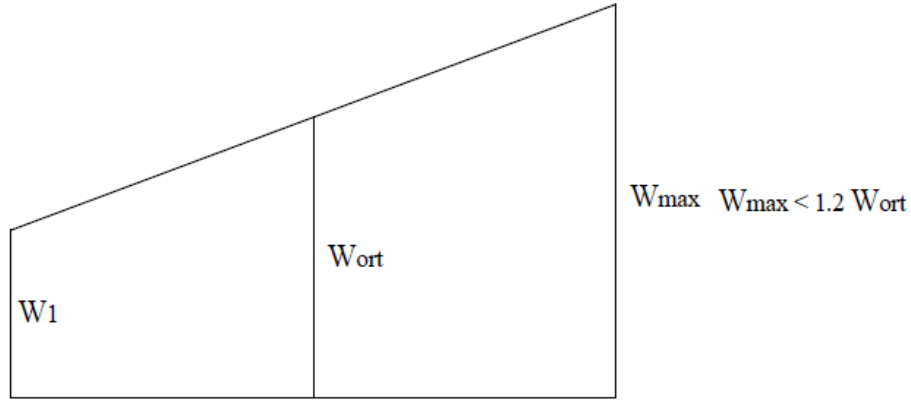
Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm\%5$ ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılır.

Binanın herhangi bir i ' inci katında A1 Burulma Düzensizliğinin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu kata uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülür[6].

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.8)$$

2.2.2.1.2 Eurocode 8

$\%5$ 'lik dış merkezlikle etkiyen deprem kuvveti etkisinde her katta en büyük rölâtif kat yer değiştirmesinin ortalama kat yer değiştirmesine oranı 1.20 den büyüktür [7].



Şekil 2.4 : Burulma düzensizliği durumu (Eurocode 8).

2.2.2.1.3 IBC 2009

Her hangi bir kattaki maksimum görelî kat ötelemesi değerinin o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.2' den büyük olduğu durumdur. Bu tür düzensizliğe sahip yapılarda mutlaka aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

- Yapılar mutlaka üç boyutlu modellenip, her kata en az üç serbestlik derecesi verilerek analizleri yapılmalıdır
- Yatay yük taşıyıcı elemanlarının kat diyaframlarına bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri $\% 25$ oranında arttırılarak betonarme hesabı yapılmalıdır
- $\%5$ ' lik dış merkezlikten oluşan burulma momenti değeri A_x katsayısı ile büyütülerek betonarme hesabı yapılmalıdır:

$$A_x = (d_{\max} / 1.20d_{ort})^2 \quad (2.9)$$

Burada;

d_{max} : göz önüne alınan kattaki maksimum yer değiştirme değeri

d_{ort} : göz önüne alınan kattaki ortalama yer değiştirme değeri

- Binanın her hangi bir katındaki maksimum görelî kat ötelemesi değeri o kat yüksekliğinin % 2'sini geçmemelidir [8].

2.2.2.2 Döşeme süreksizliği durumu

2.2.2.2.1 DBYBHY 2007

Her hangi bir kattaki döşemede;

- Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması döşeme süreksizliği olarak tanımlanmıştır [6].

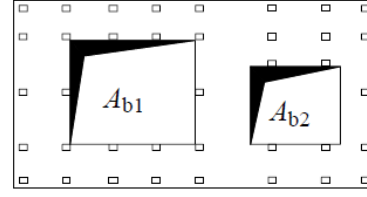
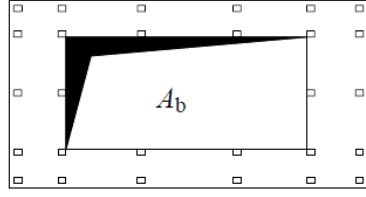
2.2.2.2.2 Eurocode 8

Döşemenin düzlem içi rijitliği yeterli derecede büyük olmayıp, kat kesme kuvvetinin kolon ve perdelerde dağılımında, döşemenin düzlem içi şekil değiştirmelerinin etkisi ihmal edilemeyecek düzeydedir. Bu oran bir kat alanının %20'sini geçmeyecek şekildedir[7].

$$\frac{(C.D)}{(A.B)} > 0.2 \quad (2.10)$$

2.2.2.2.3 IBC 2009

Döşeme boşluklarının toplam döşeme alanının % 50 sinden fazla olduğu ya da bir kattaki diyafram rijitliğinin diğer komşu kata göre % 50 den fazla değiştiği düzensizlik durumudur. Bu durumda da yine taşıyıcı elemanların diyaframa bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri % 25 oranında arttırılmalıdır [8].



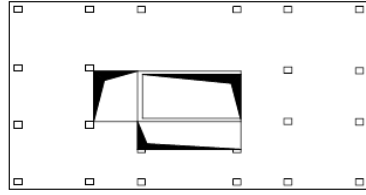
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

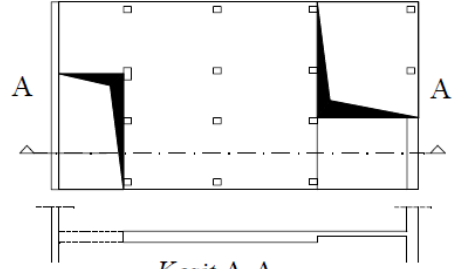
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



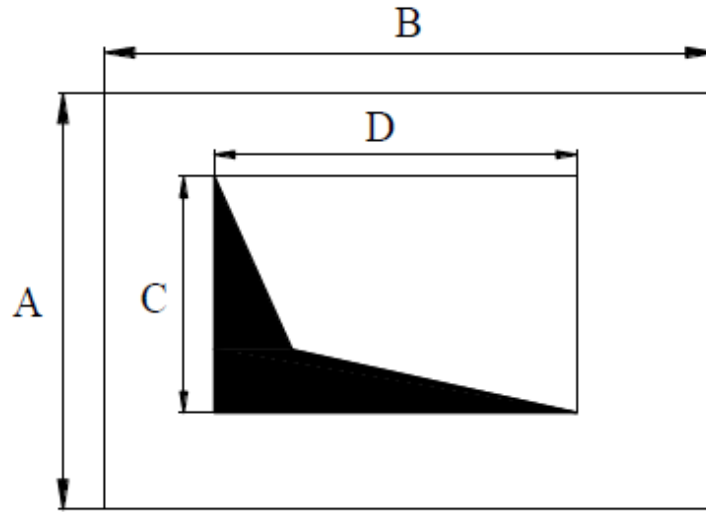
A2 türü düzensizlik durumu – II



Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 2.5 : Planda döşeme süreksizliği durumu (DBYBHY 2007).

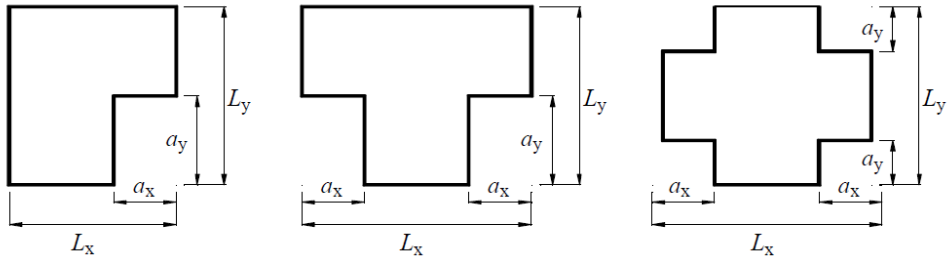


Şekil 2.6 : Planda döşeme süreksizliği durumu (Eurocode 8).

2.2.2.3 Planda girinti çıkıntı düzensizliği

2.2.2.3.1 DBYBHY 2007

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımlarının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması bu düzensizlik türüne girmektedir.



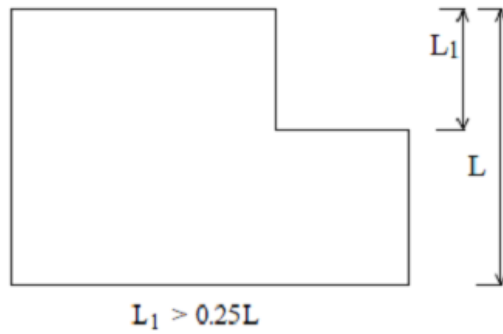
Şekil 2.7 : Planda çıkıntılar bulunması durumu.

A3 türü düzensizlik durumu:

$a_x > 0.20 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.20 L_y$ [6].

2.2.2.3.2 Eurocode 8

Bina planda toplu bir durumda olmayıp, H, I gibi şekillere sahiptir. Plandaki her iki doğrultudaki çıkıntılar veya girintiler ilgili dış boyutun %25'ini geçmektedir[7].



Şekil 2.8 : Planda çıkıntılar bulunması durumu.

2.2.2.3.3 IBC 2009

Plandaki her iki doğrultudaki girinti veya çıkıntılar ilgili dış boyutun % 25' ini geçmemelidir. Bu düzensizlik durumunda; Yatay yük taşıyıcı elemanlarının kat diyaframlarına bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri % 25 oranında arttırılarak betonarme hesabı yapılmalıdır[8].

2.2.3 Düşeyde düzensiz yapılar

2.2.3.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)

2.2.3.1.1 DBYBHY 2007

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı* 'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı* 'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur.

Dayanım düzensizliği katsayısı;

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80 \quad (2.11)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanı;

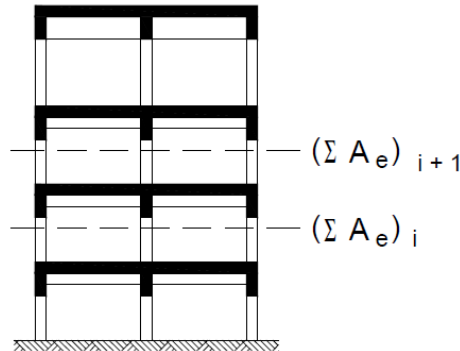
$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (2.12)$$

olarak hesaplanacaktır. Bu bağıntılarda;

$\sum A_w$: Depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanları hariç, herhangi bir kattaki kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamını,

$\sum A_g$: Binada herhangi bir katta, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamını,

$\sum A_k$: Binada herhangi bir katta, kapı ve pencere boşlukları çıkartıldıktan sonra, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının toplamını göstermektedir[6].



Şekil 2.9 : Komşu katlar arası dayanım düzensizliği durumu.

2.2.3.1.2 Eurocode 8

Komşu katlar arasında bulunan dayanım düzensizliği çerçeveli yapılarda, analizle belirlenmesi gerekli olan, bir katın gerçek dayanım oranının komşu katlar arasında fazla orantısız olduğu sistemlerdir[7].

2.2.3.1.3 IBC 2009

Komşu katlar arasında dayanım düzensizliği bulunmaması için, her hangi bir i. katın yatay rijitliğini temsil eden K_i aşağıdaki şartları yerine getirmek zorundadır[8].

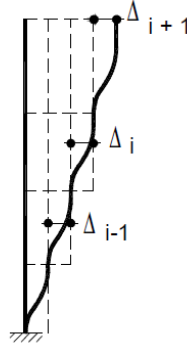
$$K_i > 0.70K_{i+1} \quad (2.13)$$

$$K_i > 0.80(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3 \quad (2.14)$$

2.2.3.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat)

2.2.3.2.1 DBYBHY 2007

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı*; η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumudur. Görel kat ötelemelerinin hesabı, $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınarak hesap yapılır [6].



Şekil 2.10 : Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği durumu.

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}} \right)_{ort}} > 2.0 \quad (2.15)$$

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}} \right)_{ort}} > 2.0 \quad (2.16)$$

2.2.3.2.2 Eurocode 8

DBYBHY 2007'den farklı olarak görelî kat ötelemesi değil de yapının kütle ve rijitlik azaltılmasıyla ilgilenmiştir.

Her bir katın yatay rijitliğinin ve kütlelerinin, yapın en alt katından en üst katına doğru düzenli azalan sistemlerdir [7].

2.2.3.2.3 IBC2009

Eurocode 8' e benzer şekilde kütlelerin azalmasıyla ilgilenmiştir. Kat kütlelerini temsil eden m_i aşağıdaki şartı sağlamalıdır. Her hangi bir katın bir altındaki kat kütlelerinin 1,5 katından büyük olan sistemlerdir [8].

$$m_i < 1.50m_{i+1} \quad (2.17)$$

$$m_{i+1} < 1.50m_{i-1} \quad (2.18)$$

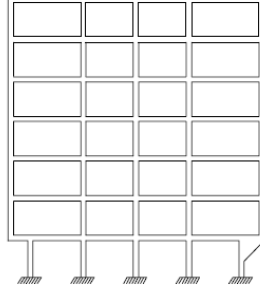
2.2.3.3 Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği

2.2.3.3.1 DBYBHY 2007

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alt kattaki kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur.

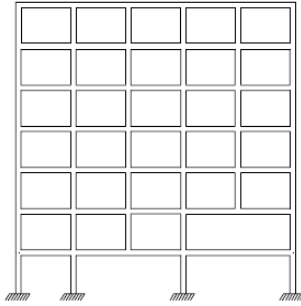
B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere aşağıda belirtilmiştir:

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

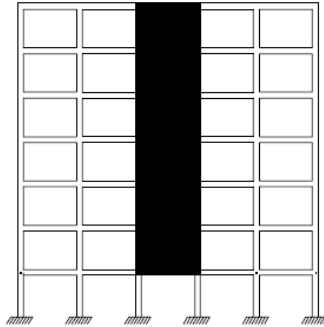


Şekil 2.11 : Kolonların kiriş ve guselere oturması durumu.

- b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılmalıdır.
- c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez [6].



Şekil 2.12 : Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.

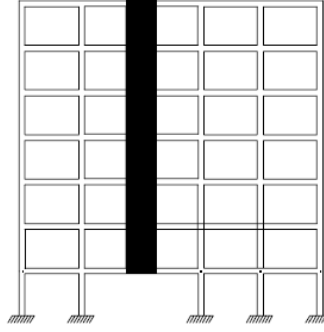


Şekil 2.13 : Perdenin kolonlara oturması durumu.

2.2.3.3.2 Eurocode 8

DBYBHY 2007’ de düşey elemanlarda süreksizlik olarak verilen düzensizlik durumu Eurocode 8’ de geri çekilme durumu olarak farklı bir şekilde ele alınmıştır. Bu durumda geri çekilme düzensizlik durumları aşağıda belirtilmiştir:

- a) Toplam yapı yüksekliğinin %15’inin altındaki tek bir geri çekme için geri çekilme, bir önceki plan boyutunun %50’sinden fazla olmayacaktır. (Şekil 2.15)
- b) Eğer geri çekilme simetriyi bozuyorsa bütün katlardaki geri çekilme temel ya da rijit bodrum kat üzerindeki zemin kat boyutunun %30’undan fazla olmayacaktır ve tekil geri çekmeler bir önceki plan boyutunun %10’undan fazla olmayacaktır.(Şekil 2.15) [7].



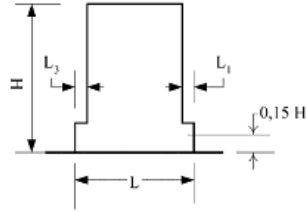
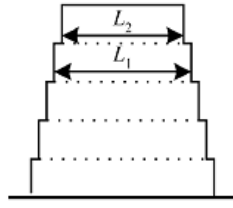
Şekil 2.14 : Perdelerin kiriş açıklık ortasına oturtulması durumu.

2.2.3.3.3 IBC 2009

Eurocode 8’de olduğu gibi IBC 2009’da da geri çekilme durumları olarak ele alınmıştır. Düşeydeki yatay kuvvet dayanım elemanının düzlemdeki süreksizliği aşağıdaki şartı sağlamak zorundadır.

Binada geri çekme boyu < Taşıyıcı sistemde bir eleman boyu [8].

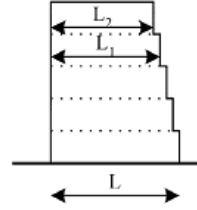
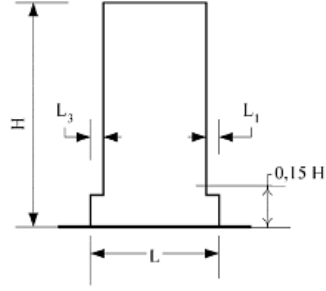
Geri çekme mesafesi tüm bina yüksekliğinin %15'inden fazla ise



a) $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,20$

b) $\frac{L_2 + L_1}{L} \leq 0,20$

Geri çekme mesafesi tüm bina yüksekliğinin %15'inden az ise



c) $\frac{L_2 + L_1}{L} \leq 0,50$

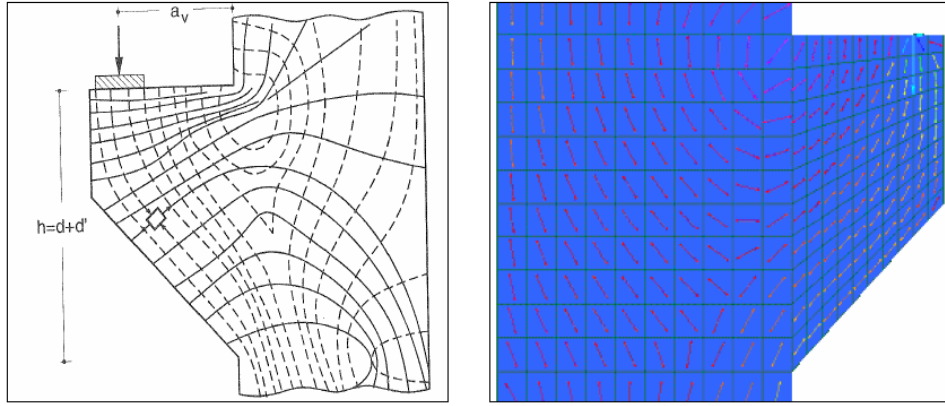
d) $\frac{L - L_2}{L} \leq 0,30$ ve $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,10$

Şekil 2.15 : Geri çekmeli yapılar için düzensizlik kriterleri.

3. KISA KONSOLLAR

3.1 Kısa Konsolların Tanımı ve Davranışları

Kısa konsollar, çoğunlukla bir kolona bağlı, ağır tekil yükleri taşıyan yüksekliği sabit ya da değişken olabilen kısa kirişlerdir. Bu konsollarda, yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın (a_v) kesit faydalı yüksekliğine (d) oranı, $a_v / d < 1$ 'dir. Bu oran gerilme durumunun iki eksenli olarak göz önüne alınmasını gerektirir. Kayma gerilmeleri konsolun davranışında etkili olurken konsolun kesme kuvveti dayanımı belirleyici olarak ortaya çıkar. Düşey konsol yükünün yanında önemli bir yatay yük de bulunur. Bu tür konsolların davranışını klasik kiriş kabulleri ile açıklamak yerinde olmaz. Kısa konsolu, iki boyutlu eleman olarak tanımlamak suretiyle asal gerilme yörüngelerinden yük taşıma davranışı daha açık olarak anlaşılabilir, (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Kısa konsolda asal gerilme yörüngeleri.

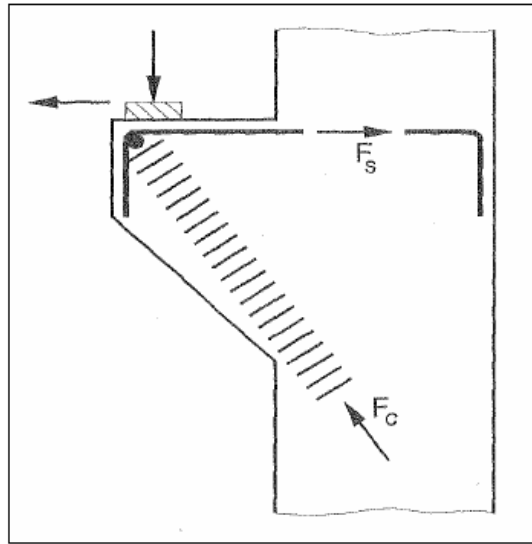
Yükün artmasıyla asal çekme yörüngelerine dik çatlaklar ortaya çıkar. Donatıların asal çekme yörüngeleri boyunca yerleştirilmesiyle etkili bir donatı düzeni elde edilir.

Kısa konsolda meydana gelen asal gerilme yörüngelerinin incelenmesiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilir,

- Yükleme noktası ile kolonun kenarı arasındaki çekme kuvveti hemen hemen sabit bir yayılım gösterir.

- Konsolun alt ucunda eğimli olarak kafes sistem benzeşimine uygun oluşan basınç kuvveti de sabit kabul edilir.
- Basınç kuvvetinin doğrultu değiştirmesinden oluşan çekme gerilmeleri oldukça küçüktür.
- Kısa konsolun dikdörtgen şeklinde olması, gerilme durumunda hemen hemen hiç değişiklik yapmaz. Dikdörtgen kesit durumunda kısa konsolun dış-alt kısmında çok küçük gerilmeler meydana gelir.

Konsol kirişin boyutlamasında, çatlama durumundan hareketle basit bir düzen oluşturulur. Buna göre üstte çekme donatısı yerleştirilerek kafes sistem oluşumu sağlanır (Şekil 3.2). Böylece, konsol yükü eğimli beton basınç çubuğu ve çekme kuvveti yatay donatı ile karşılanır. Bu tür donatı düzenine sahip kısa konsollar üzerinde yapılmış deneylerde, konsolun geometrik boyutlarına ve donatısına bağlı olarak, Şekil 3.3'te gösterilen değişik göçme durumları gözlenmiştir.

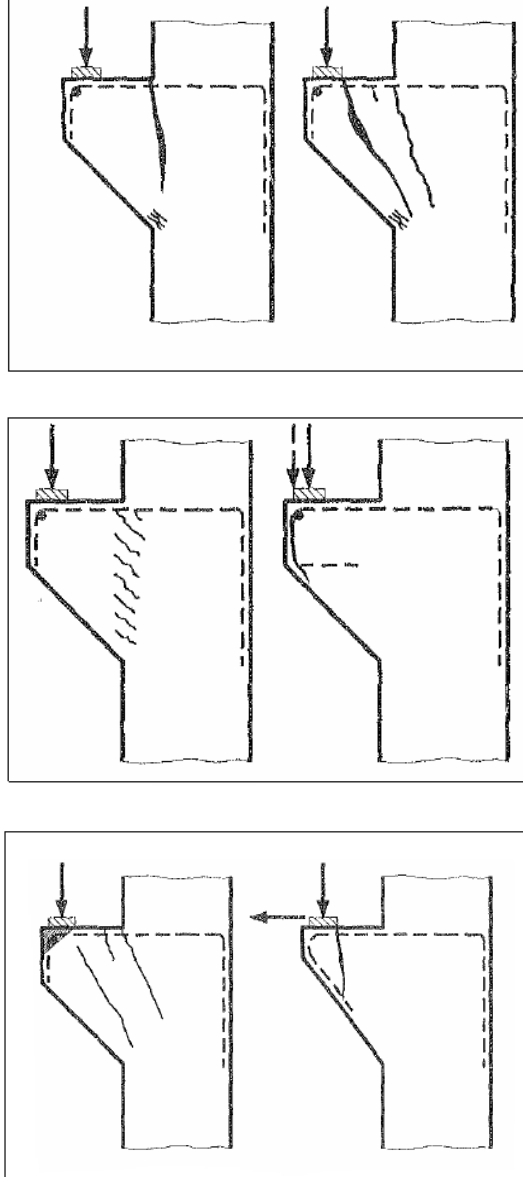


Şekil 3.2 : Kısa konsolda kafes kiriş benzeşimi.

Göçme durumları irdelendiğinde aşağıdaki bulgular ortaya çıkmaktadır:

- Yatay çekme donatısının akması ve donatıda büyük uzamanın meydana gelmesi kolon yüzünde eğilme türünden çatlağın oluşup açılmasına neden olur. Bu sırada beton basınç çubuğunda da ezilmesiyle güç tükenmesi ortaya çıkar.
- Gövdede meydana gelen çekme gerilmeleri, eğik çatlakların oluşmasına neden olur. Beton basınç çubuğunda ezilme sonucu güç tükenmesi oluşur.

- Kolon yüzündeki kayma gerilmeleri eğik çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlakların birleşmesiyle kısa konsol, kolon yüzünden ayrılır ve güç tükenmesi ortaya çıkar.



Şekil 3.3 : Kısa konsolda göçme biçimleri.

- Dış yükün konsolun dış kenarına yakın uygulanması durumunda, konsolun dış ucunda meydana gelen kopma ile güç tükenmesi oluşur.
- Dış yükün altındaki plağın çok küçük olması alt kısımda betonun ezilmesine sebep olur. Yerel güç tükenmesi ile yük taşıma durumu sona erer.
- Üst donatı ucunda yeterli kenetlenme boyunun bulunmaması, çekme kuvvetinin oluşmamasına ve konsolun üst kısmının ayrılmasına neden olur. Bu nedenle güç tükenmesi gerçekleşir [9].

3.2 Kısa Konsolların Boyutlandırılması ve Donatılması

Kısa konsollarda asal gerilmelerin yönü konsol eksenine doğrultusuna yakın olduğundan, bu tür elemanlarda en etkili donatı, kiriş eksenine paralel çeşitli seviyelerde düzenlenecek çubuklardan oluşur. Bu donatıyı, yükün uygulandığı bölgede gerekli kenetlenme boyu problemini ortadan kaldırabilmek için, firkete biçiminde düzenlemek uygundur. Yükün konsola saplanan bir kirişe aktarıldığı durumlarda, konsol alt yüzüne etkiyen bu yükün yukarı taşınması gerekmektedir. Bunu sağlamak için askı donatısının kullanılması yerinde olur [1].

Kısa konsollarla birleşen kirişlerde meydana gelen sünme, büzülme ve sıcaklık değişimi nedeniyle yatay kuvvetler meydana gelebilir. Bu kuvvetlerin de boyutlandırmada göz önüne alınması önemlidir. Bu amaçla yatay konsol donatısını oluşan bu kuvvetleri taşıyacak şekilde arttırmak ve donatının, mesnet teşkil eden, kolon içine kenetlenmesini sağlamak yeterli olabilir.

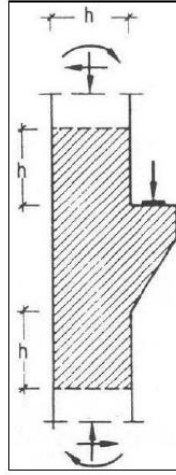
Donatıların konsol ucunda ve kolon içinde kenetlenmesinin sağlanması önemlidir. Donatı çapı küçükse, yatayda firkete yapılabilir. Donatı çapı büyükse, mekanik kenetlenme kullanılabilir [9].

3.3 Kısa Konsolların Çözümlemesinde Çubuk Model Yaklaşımı

3.3.1 Giriş

Betonarme yapı sistemlerini oluşturan elemanlar için “Çubuk Model Yöntemi” (Strut-and-Tie Model) 1900’lerin başında Ritter ve Mörch’ün kaymaya karşı boyutlandırmada kullandıkları kafes kiriş analogisi temel alınmak suretiyle geliştirilmiştir. Günümüzde kullanıldığı haliyle çubuk model yöntemi ise bundan oldukça uzun bir süre sonra 1985 yılında Marti’nin ve hemen sonrasında da 1987’de Schlaich, Schäfer ve Jennewein’in çalışmaları ile geliştirilmiş ve önerilmiştir.

Hem statik hem de geometrik süreksizliklerin bulunduğu bölgelerin hesabı ancak yaklaşık yöntemlerle yapılabilmektedir. Şekil 3.4’ de görülen kısa konsol bu tip süreksizliklere iyi bir örnektir.



Şekil 3.4 : Kısa konsol örneği.

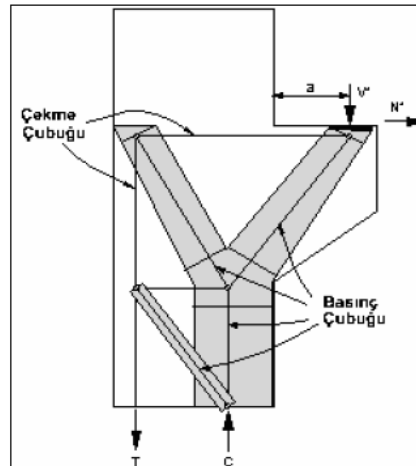
Betonarme bir taşıyıcıda betonda çatlama olduktan sonra kuvvet akışı:

- Beton basınç çubukları veya beton basınç gerilme alanları
- Betonarme veya ön gerilmeli beton çekme çubukları

ile oluşturulan bir çubuk sistem veya model yardımıyla idealize edilebilir. (Şekil 3.5)

Çubuk modelde beton basınç çubukları ile donatı çekme çubuklarının birleştiği noktalar düğüm noktaları olarak isimlendirilir.

Çubuk model ile hesapta betonarme bir taşıyıcı sistemi hesaplamak, donatmak ve konstrüktif olarak teşkil etmek demek taşıyıcı sistemi, eleman boyutları, donatı düzeni, malzeme, yükleme ve mesnetlenme şekli gözönüne alınarak uygun bir çubuk sistemle idealize etmek; çubuk sistemin çubuk kuvvetleri ve düğüm noktalarındaki zorları bulmak ve bu sistemin tüm zorlara karşı güvenlik koşullarını sağladığını göstermek demektir.



Şekil 3.5 : Çubuk sistem örneği.

Kiriş ve çerçeve gibi elemanlarda bile geometrik, statik veya hem geometrik hem de statik süreksizliğin bulunduğu bölgelerde tüm kesitler Bernoulli-Navier Hipotezine uymamaktadır. Bu elemanlarda Bernoulli-Navier Hipotezine uyan bölgeler B bölgeleri (Beam/Bernoulli-Regions), diğer bölgeler ise D bölgeleri (Disturbed/Discontinuity-Regions) olarak isimlendirilir [10].

Deneyler ve doğrusal olmayan Sonlu Eleman Metodu uygulamaları, donatılı betonun (betonarme veya öngerilmeli beton) yük taşıma özelliğinin basınç gerilme alanlarından oluştuğunu, bu gerilmeleri taşıyan basınç elemanlarının meydana geldiğini, basınç gerilme doğrultularının değiştiği yerlerde ve basınç elemanlarının uçlarında mesnet teşkil etmek üzere çekme elemanlarının gerektiğini göstermektedir.

Çekme elemanları ise beton çekme mukavemetinin aşılmadığı yerlerde beton çekme gerilme alanlarından ve asılan yerlerde çekme donatılarından (betonarme veya öngerilmeli beton donatısı) oluşmaktadır. Buna göre B ve D bölgeleri olan veya yalnız D bölgesinden oluşan, betonarme veya öngerilmeli bir taşıyıcı sistemin emniyetli ve ekonomik hesabı, bu taşıyıcı sistemi iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler bakımından kullanma durumundan kırılma durumuna kadar olan safhalarda temsil edebilen bir çubuk sistem oluşturmakla mümkün olacaktır denebilir[11].

3.3.2 Model çubuklarının ve düğüm noktalarının boyutlandırılması

Model çubuklarının ve düğüm noktalarının boyutlandırmasının; modelin çubuk kuvvetlerini hesap etmek, basınç ve çekme çubuklarını kabul edilebilir çatlak genişliklerini de göz önüne alarak boyutlandırmak ve düğüm bölgelerinde çubuklar arasında kuvvet aktarımını sağlamak şeklinde olması gerekir.

Türkiye’de yürürlükte bulunan şartnamelerde çubuk modellerle hesapta göz önüne alınacak donatı ve beton basınç gerilmeleri hakkında bir bilgi mevcut olmadığından; boyutlandırma yapılırken, şartnamelere bu konu hakkında bilgiler ilave edilene kadar, ACI-318/02’de önerilen gerilme sınırlarının kullanılması uygun olacaktır. (Çizelge 3.1)

Çekme çubukları düğüm noktaları arasında uzanan tek boyutlu doğrusal elemanlardır. Beton basınç çubukları ise düğüm noktaları arasında iki veya üç boyutlu gerilme alanlarından oluşurlar. Basınç gerilme alanları prizmatik, şişe veya yelpaze şekilleri olmak kaydıyla, başlıca üç farklı form gösterirler. Düğüm noktaları, çubukların birleştiği noktalardır. Düğüm noktalarında birleştiği kabul edilen basınç

alanları ve varsa çekme donatılarının etkili alanlarının toplamı yardımıyla, düğüm bölgeleri belirlenir. Bu bölgenin doğru parçaları ile sınırlandırıldığı kabul edilir. Düğüm bölgesi çevresinde ortalama beton basınç gerilmeleri, ilgili basınç kuvveti ile dik kesit üzerinde hesaplanmalıdır [10].

3.4 Kısa Konsollar İle İlgili Yönetmelik Hükümleri

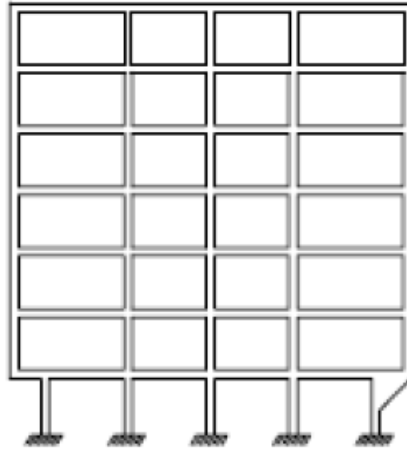
Ülkemizde ve dünyada, inşaatlarda kullanımına sıklıkla rastlanan, kısa konsolların düzenlenmesi, detaylandırılması ve kullanım sınırları ile ilgili bilgilere birçok yönetmelikten ulaşmak mümkündür. Aşağıda, bu yönetmeliklerden bazılarının kısa konsollar ile ilgili hükümleri işlenmiştir.

Çizelge 3.1 : ACI 318R-02’de gerilme sınırları.

BETON GERİLME LİMİTLERİ, f_{cu}			
	$\beta_s = 1.00$ Beton basınç bölgesindeki prizmatik basınç alanlarında		Not:
	$\beta_s = 0.40$ Beton çekme çubuklarında		$\rho_{vi} \cdot \sin \gamma_i \geq 0.003$ ise donatı ile çatlak kontrolü yapılıyor kabul edilecektir. Burada ρ_{vi} , i. Katta beton basınç çubuğunu kesen donatı oranı, γ_i beton basınç çubuğu ile donatı arasındaki açıdır.
Beton Basınç Çubukları $f_{cu} = 0.85\beta_s f'_c$	$\beta_s = 0.75$ Donatı ile çatlak kontrolü yapılan şişe formundaki basınç çubuklarında		
	$\beta_s = 0.60$ Donatı ile çatlak kontrolü yapılan şişe formundaki basınç çubuklarında	f'_c	
	$\beta_s = 0.60$ Diğer durumlarda	Karakteristik beton basınç dayanımı	
	$\beta_s = 1.00$ Eğer düğüm noktasında basınç çubukları birleşiyorsa-yük/mesnet bölgeleri		GERİLME AZALTMA FAKTÖRÜ, Φ
Düğüm Noktaları $f_{cu} = 0.85\beta_n f'_c$	$\beta_s = 0.80$ Eğer düğüm noktasında bir adet çekme çubuğu varsa		$\Phi=0.75$ Beton basınç çubukları, çekme çubukları ve düğüm noktalarında
	$\beta_s = 0.60$ Eğer düğüm noktasında birden fazla çekme çubuğu varsa		

3.4.1 ABYYHY (1998) ve DBYBHY (2007)'de Kısa konsollar

Gerek ABYYHY 1998'de gerekse bu yönetmeliğin yenilenmemiş hali olan DBYBHY 2007 de kısa konsollar ile ilgili hükümler aynı kalmıştır. Her iki yönetmelikte de, düzensiz binalar ile ilgili hükümlerin anlatıldığı konularda, B3 türü (Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği) düzensizlik; Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlere veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu olarak açıklanmıştır. Bu tip düzensizliğin bir parçasını oluşturan kısa konsollar ile ilgili hüküm ise şu şekilde yer almıştır; Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilemez. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 : ABYYHY 1998 ve DBYYHY 2007'de kısa konsollar.

Her iki yönetmelik de bu türde yapıları yasaklamış olmakla birlikte, daha önceki tarihlerde inşa edilmiş olan bu tip yapıların ne şekilde ve hangi sınırlar dâhilin de kontrol edilerek düzenleneceği gibi hususlar herhangi bir deprem yönetmeliğinde belirtilmemiştir [12].

3.4.2 TS 9967'de Kısa konsollar

TS 9967 (Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binaların-Prefabrike, Betonarme ve Öngerilmeli Betondan-Hesap Esasları İle İmalat ve Montaj Kuralları) kısa konsolların boyutlandırılarak donatılması için esaslar getirmiş olan tek yönetmeliğimizdir ve burada kısa konsollar betonarme, çelik profil ve gövde kısa konsolları olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir.

Kısa konsollarda kesitin taşıma gücü aşağıdaki şartları sağlamalıdır;

$$V_{res} = 0.15 f_{ck} b h \quad (3.1)$$

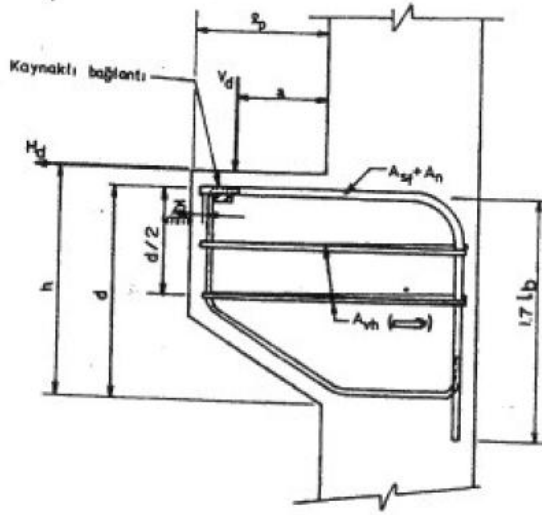
$$V_d \leq V_{res} \quad (3.2)$$

$$A_s = \frac{V_d}{f_{yk} \mu_e} + \frac{H_d}{0.7 f_{yk}} \quad (3.3)$$

Buna göre;

$$A_s = A_{sf} + A_n = \frac{V_{da}}{0.7 f_{yk} d} + \frac{H_d}{f_{yk} d} \quad (3.4)$$

$$A_s = \frac{V_d}{f_{yk} \mu_e} + \frac{H_d}{0.7 f_{yk}} \quad (3.5)$$



Şekil 3.7 : Betonarme kısa konsol donatıları.

Denklem 3.4, 3.5' ten büyük değeri vereni seçilmelidir. μ_e hesaplanırken $A_{cr} = b.h$ alınmalıdır. b: guse genişliği, h: guse yüksekliğidir.

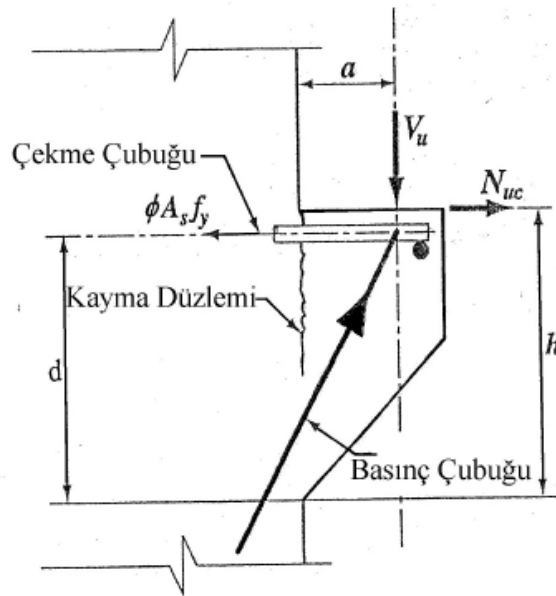
$$A_{vh} = \frac{A_s}{2} \cdot \frac{f_{yk}}{f_{ywk}} \quad (3.6)$$

Bunun dışında; $F_s > 0.5 V_d$ ve $A_s = \frac{F_s}{f_{yk}}$ şartı sağlanmalıdır. Burada V_d : konsola gelen hesap yükü, F_s : eğilme donatısının aldığı çekme kuvveti'dir [13].

3.4.3 ACI 318-02’de Kısa konsollar

Amerikan Beton Enstitüsü (American Concrete Institute, ACI)’nın betonarme yapısal elemanların yapımı ile ilgili yönetmeliği olan ACI-318’de, kısa konsolların modellenmesi ve yapımı ile ilgili hükümler aşağıdaki açıklanmıştır.

Konsol genişliğinin derinliğine oranı (a/d)’nin 2’den az olduğu kısa konsollu birleşimler için modelleme ve boyutlandırma aşamasında, daha önceki bölümde açıklanan, çubuk model kavramı göz önüne alınmalıdır. Aşağıdaki modelleme yöntemlerinin uygulanabilmesi için; a/d oranı 1’den ve yatay kuvvet N_{uc} ’nun da V_u ’dan büyük olmaması gerekmektedir. Konsolun dış yüzündeki derinlik de $0.5d$ ’den az olmamalıdır. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8 : Kısa konsolda kuvvetler ve kesit boyutları.

Mesnet levhası için tasarım yapılırken; kesme kuvveti: V_u , moment:

$$[V_u a + N_{uc}(h - d)] \quad (3.7)$$

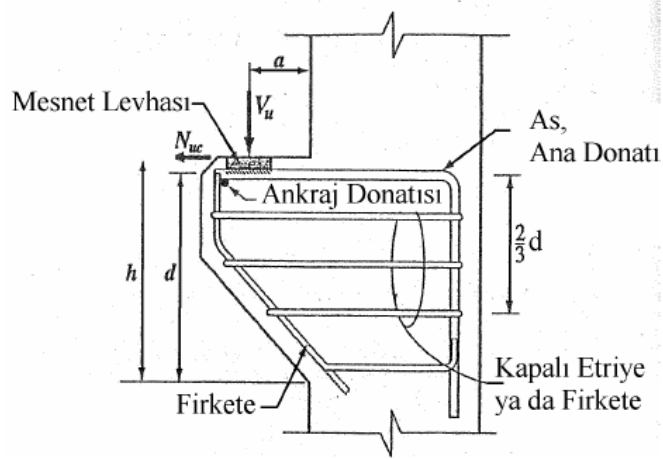
ve gerilme kuvveti N_{uc} aynı anda hesaba katılmalıdır. Tasarımda kuvvet azaltma faktörü $\phi = 0.75$ alınmalıdır. Kesme kuvvetini karşılayacak olan A_{vf} donatı alanı ve momenti karşılayacak olan donatı alanı A_f hesaplanırken, yönetmeliğin ilgili maddeleri göz önüne alınmalıdır. En yüksek kesme dayanımı V_n , kullanılan betonun cinsine göre, yönetmelik hükümlerince hesaplanmalıdır. Yatay kuvveti karşılayacak donatı alanı A_n ,

$$N_{uc} \leq \phi A_{ny} f_y \quad (3.8)$$

denkleminde göre hesap edilmelidir. N_{uc} ; $0.2V_u$ 'dan küçük seçilmemeli ve gerilme kuvveti, ısı değişimi, rötre veya sünme nedenlerinden dolayı da oluşsa, hareketli yük olarak alınmalıdır. Kısa konsolda esas (ana) donatı alanı;

$$A_s \geq (A_f + A_n) \left(2 \frac{A_f}{3} + A_n \right) \quad (3.9)$$

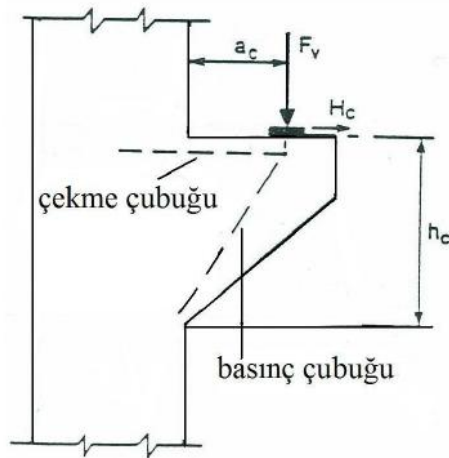
olmalıdır. Kapalı etriyelerin donatı alanı; A_h : $0.5(A_s - A_n)$ 'den küçük olmamalıdır ve etkili derinliğin $2/3$ 'ü boyunca eşit şekilde dağıtılmalıdır (Şekil 3.9). Ana donatıların (A_s) ankraj ve kenetlenme boyları ile ilgili düzenlemeler yönetmelik hükümlerine uygun olarak yapılmalıdır [14].



Şekil 3.9 : Kısa konsolun yapısı.

3.4.4 Eurocode 2'de Kısa konsollar

Eurocode 2 hükümlerine göre kısa konsol (Şekil 3.1);



Şekil 3.10 : Eurocode 2'de kısa konsol.

- $0.4 h_c \leq a_c \leq h_c$ olan kısa konsollar, basit çubuk model yaklaşımıyla tasarlanabilirler.
- $a_c < 0.4 h_c$ olan kısa konsollar ise, daha kapsamlı çubuk model yaklaşımları ile çözümlenebilirler.
- $a_c > h_c$ durumunda sistem konsol kiriş olarak kabul edilmeli ve çözüm ona göre yapılmalıdır.
- Kısa konsol üzerindeki düşey yük F_v ve yatay kuvvet H_c olmak üzere, limit yatay kuvvet için özel bir tanım olmadıkça veya bir sınırlama getirilmiyorsa, $H_c^3/0.2F_v$ formülü ile hesap yapılmalıdır.
- Kısa konsol yüksekliği (h_c), yönetmeliğin kesme kuvveti ile ilgili hükümlerince hesaplanmalıdır.
- Çözümde kullanılan çubuk model analizi sonucunda elde edilen, çekme ve basınç çubuklarına ait, kuvvetler ve gerilmeler göz önüne alınarak tasarıma esas iç kuvvetler olarak kullanılacaktır.
- Kullanılacak donatıların yerleştirilmesi, yönetmeliğin ilgili hükümlerine uygun gerçekleştirilmelidir.

3.5 Konsollu Yapılar

İmar planlamalarında plandaki yapı alanları, yapı toplam alanları, kat yükseklikleri ve kat adetleri çeşitli parametrelere bağlı olarak belirlenmektedir. Bu parametrelerin en önemlileri, parsel alanı, bölgenin depremselliği ve zemin koşullarıdır. İmar kanunun izin verdiği yapı kullanım alanının tamamını değerlendirebilmek amacı ile yapılarda konsollu çıkmalar yapılmakta ve kat kullanım alanları bina oturum alanlarından daha büyük tutulmaktadır.

3.5.1 Konsollu bina tipi yapı uygulamaları

Genellikle uygulanan iki tür konsollu yapı tarzı vardır. Bunlardan birincisinde, çevre kirişler konsol kirişlerin ucuna bağlanmaktadır. Bu nedenle çevre kirişler ile kolonlar bağlanmamaktadır. Bu durum, deprem etkilerini karşılayacak ve yük aktarımını sağlayacak çerçevelerin oluşturulmaması demektir. İkinci tip konsollu yapı tarzında ise, yapı çevre kolonları bir üst katta dışa ötelenmekte ve ötelenen bu kolonlar bir alt kat kolonlarında oluşturulan guselere oturmaktadır. Bu durum, ABYYHY 1998’de ve DBYBHY 2007’de düşey doğrultuda B-3 türü (Taşıyıcı Sistemin Düşey

Elemanlarının Süreksizliği) düzensizlik olarak tanımlanmış ve uygulanması yasaklanmıştır [15].

4. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI

4.1 Giriş

Deprem mühendisliğindeki gelişmeler son yüzyılda ortaya çıkmış ve gelişmesini sürdürmeye devam etmektedir. Yaşanan her depremin ardından bazı dersler çıkarılmış ve tasarım felsefeleri geliştirilmiştir. Northridge 1994 ve Kobe 1995 depremleri ise yeni bir dönüm noktası olmuştur. Performansa dayalı tasarım yaklaşımının benimsendiği günümüzde, yapısal analiz yöntemlerinde de tam bir devrim yaşanmaktadır. Performansa dayalı deprem mühendisliği olasılıksal bir yaklaşım olduğundan dolayı yeterli hassasiyette karar verebilmek için veri tabanlarının sağlıklı olması gerekmektedir.

Neredeyse diğer ülkelerin tamamının yönetmeliklerinde olduğu gibi, Türk Deprem Yönetmeliği'nde de, yeni yapılacak binaların tasarımında “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması” öngörülmektedir. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde esas alınan kriterler, genel olarak bu kurallar çerçevesinde kalarak daha farklı bir yaklaşımla öngörülmüştür.

Klasik tasarımda, taşıyıcı sistem boyutlandırılmasında iki performans seviyesi hedef alınmaktadır. Birinci seviyede, kullanma durumundaki yükler altında taşıyıcı sistemdeki hasarın kullanıcıları rahatsız etmeyecek seviyede kalması ve aşırı yer değiştirmelerin meydana gelmemesi istenirken; ikinci seviyede, taşıyıcı sistemin beklenen yüklerin arttırılmış değerleri altında güç tükenmesine gelmeden kabul edilebilir bir güvenliği sağlaması beklenmektedir.

Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım, yapıların deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin ortaya çıkmasını amaçlamaktadır.

Performans seviyesi, depremde sonra yapıda meydana gelecek hasar seviyesi ile ölçölür.

Deprem yönetmeliklerinde deprem etkisi ve sınır durumlar ile bir performans seviyesi tanımlanmıştır. Performansa dayalı tasarımda ise belirli bir deprem etkisinde yapıda birden fazla performans (hasar) seviyesinin ortaya çıkması öngörölür.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında ‘can güvenliği performans seviyesi’ durumu için tasarım yapılır. Performansa dayalı tasarımda ise, ek performans seviyeleri öngörölür ve bunların sağlanması için tasarım yöntemleri veya sınır durumları tanımlanır.

Performans seviyesine göre yapılan hesaplama yönteminde geçerli bir sonuç elde etmek için yapısal özelliklerin ve zemin davranışının iyi tanımlanmış olması gerekmektedir.

4.2 Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri verilen bir yapı için, verilen bir deprem etkisi altında öngörölün hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarların can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağılı olarak belirlenir. Hedeflenen performans seviyesi yapısal olan ve yapısal olmayan elemanlar için ayrı ayrı tanımlanır [3].

4.2.1 Yapısal performans seviyeleri ve aralıkları

Taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve bu hasarla ilgili olarak binanın kullanımına bağılı olarak yapısal performans seviyeleri ve aralıkları aşğıdaki gibi tanımlanabilir(Çizelge 4.1).[3].

SP-1 Hemen kullanım performans seviyesi: Depremde sonra çok sınırlı hasar meydana gelmiştir. Taşıyıcı sistemin depremde önceki bütün taşıyıcılık özelliğı, dayanım özellikleri, karakteristikleri ve kapasitesi hemen hemen devam etmektedir. Yapısal hasarlardan dolayı oluşan can güvenliği riski yoktur. Küçük çaplı yapısal onarımlar gerekse de bunlar yapının hemen kullanımına engel oluşturmamaktadır.

Çizelge 4.1 : Yapısal performans seviye ve aralıkları.

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Tanım
SP-1		Hemen kullanım performans seviyesi
	SP-2	Hasar kontrolü performans aralığı
SP-3		Can güvenliği performans seviyesi
	SP-4	Sınırlı güvenli performans aralığı
SP-5		Yapısal stabilite performans seviyesi
SP-6		Yapısal performansın göz önüne alınmadığı durum

SP-2 Hasar kontrollü performans aralığı: Bu seviye net ve açık bir seviye olmayıp deprem sonrası hasar durumu için bir aralıktır. Bu durum SP-1 ve SP-3 seviyeleri arasında kalmaktadır. Bu aralık can güvenliğinin korunmasının ötesine giderek hasarın da belirli ölçüde sınırlandırılmasına karşılık gelir. Deprem yönetmeliklerinde yeni binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan deprem etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa denk gelmektedir. Tarihi ve mimari açıdan değerli yapıların korunması için bu performans aralığı kullanılır.

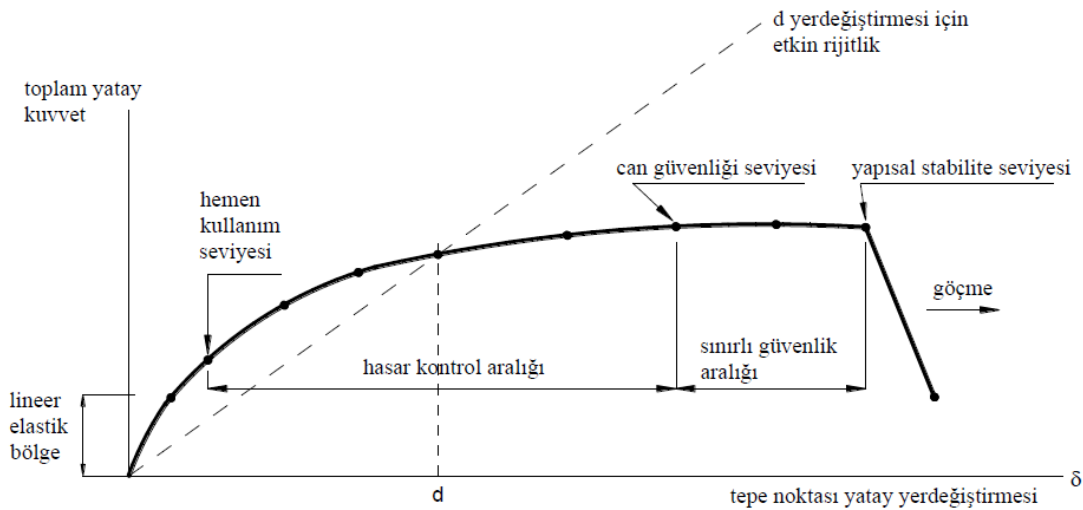
SP-3 Can güvenliği performans seviyesi: Deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın kısmi veya toptan göçme durumu oluşmamaktadır. Binada bu duruma ulaşmayı önleyecek ek bir kapasite kalmıştır. Yaralanmaların muhtemel olmasına rağmen, can güvenliği tehlikesi bulunmamaktadır. Bu performans seviyesindeki yapıların onarılması veya güçlendirilmesi mümkün fakat yüksek bir maliyet gerektirmektedir.

SP-4 Sınırlı güvenlik performans aralığı: Bu durum SP-3 ve SP-5 seviyeleri arasındaki bir aralıktır. Bir binanın güçlendirilmesinde tam bir can güvenliğinin sağlanmaması durumunda göz önünde alınabilir. Bu seviyede güçlendirme tüm yapısal elemanlar için gerekmeyecek fakat can güvenliği seviyesinin üstünde, toptan göçmenin altında bir güçlendirme yapılabilir.

SP-5 Göçmenin önlenmesi performans seviyesi: Yapının taşıyıcı sisteminin güç tükenmesi sınırında bulunması durumuna karşı gelir. Yatay kuvveti karşılayan sistemde önemli hasarlar oluşmuş olup, yanal rijitlik ve dayanımda azalmalar başlamıştır. Buna rağmen düşey yük karşılamaya devam edilmektedir. Yapı stabilitesinin bir kısmını korumasına rağmen deprem sonrası artçı şoklar sebebiyle her an yıkılma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Önemli bir güçlendirme müdahalesinin gerektiği bu tür binalarda genellikle güçlendirme teknik ve ekonomik olarak kabul edilebilir değildir. Bu tür seviyenin yeni binaların tasarımında maksimum deprem etkisi altında sağlanması tavsiye edilir. Daha düşük bir deprem etkisinde bu seviyenin göz önüne alınması güç tükenmesinin yüksek olasılıkla bulunmasına karşı gelir ki, kabul edilmesi uygun değildir.

SP-6 Yapısal performansın göz önüne alınmadığı performans seviyesi: Bu durum tam olarak bir seviye belirtmemektedir. Yapısal olmayan elemanların (duvar, asma tavan, yüzey kaplamaları, eşyalar vb.) sismik değerlendirmesi ve güçlendirilmesi için ifade edilen bir seviye olarak düşünülebilir. Bazı durumlarda depremin oluşturabileceği tehlikelerin önemli ölçüde ve ucuza önlenebilmesini sağlaması nedeni ile tercih edilir.

Yukarıda tanımlanan performans seviyeleri ve aralıkları, kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam yatay kuvvet-tepe noktası yer değiştirmesi ($V-\delta$) diyagramı üzerinde şematik olarak işaretlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları.

4.2.2 Yapısal olmayan performans seviyeleri

Binada taşıyıcı olmayan elemanlarda deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve kullanımına bağlı olarak performans seviyeleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir. (Çizelge 4.2).[3].

Çizelge 4.2 : Yapısal olmayan performans seviyeleri.

Performans Seviyesi	Tanım
NP-A	Kullanıma devam performans seviyesi
NP-B	Hemen kullanım performans seviyesi
NP-C	Can güvenliği performans seviyesi
NP-D	Azaltılmış hasar performans seviyesi
NP-E	Yapısal olmayan performansın göz önüne alınmadığı durum

NP-A Kullanıma devam performans seviyesi: Deprem sonrasında yapısal olmayan elemanlarda kullanımı önleyen bir durum söz konusu değildir. Bütün makine ve teçhizat küçük çaplı onarıma ihtiyaç duymalarına rağmen fonksiyonel durumdadır.

NP-B Hemen kullanım performans seviyesi: Yapısal olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta küçük çaplı hasarlar meydana gelebilir. Kullanım bakımında ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanılmaya devam eder. Can güvenliği tehlikesi oluşturabilecek yaralanmaların oranı çok düşüktür.

NP-C Can güvenliği performans seviyesi: Yapısal performans seviyelerinin ortası sayılan bu seviyede, deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın yerel veya toptan göçmesi söz konusu değildir. Bu hasarlar yerinden çıkmaya, dökülmeye veya yıkılmaya yol açmadığından can güvenliği tehlikesi oluşturmazlar. Yapısal olmayan sistemler, makine ve teçhizat onarım ve yenileme olmadan çalışmayabilir. Bu seviye günümüz yönetmeliklerinin yeni binalar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır.

NP-D Azaltılmış hasar performans seviyesi: Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Dış cephe kaplamalarının dökülmesi, asma tavanların düşmesi gibi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz. Ancak dökülmeler sebebi ile ciddi yaralanmaların oluşması muhtemeldir.

NP-E Yapısal olmayan performansın göz önüne alınmadığı durum: Net bir seviye değildir. Bazı hallerde yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

4.2.3 Bina performans seviyeleri

Binanın performans seviyesi, taşıyıcı sistemin durumunu gösteren yapısal performans seviyesi ile taşıyıcı olmayan elemanların durumunu gösteren yapısal olmayan performans seviyesi tanımlarının birleştirilmesiyle tanımlanır. Aşağıda bu performans seviyelerinin olası kombinezonları yer almaktadır. Boş bırakılan kombinezonlar, kullanılması önerilmeyen performans seviyelerini göstermektedir. Yaygın olarak kullanılan; 1-A, 1-B, 3-C ve 5-E performans seviyeleri aşağıda açıklanmıştır.(Çizelge 4.3)

Çizelge 4.3 : Yapısal olan ve yapısal olmayan performans seviyelerinin birleşimlerinden elde edilen ‘Bina Performans Seviyeleri’.

Yapısal olmayan performans seviyeleri	Yapısal performans seviyeleri				
	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5
NP-A	1-A	2-A			
NP-B	1-B	2-B	3-B		
NP-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C
NP-D		2-D	3-D	4-D	5-D
NP-E			3-E	4-E	5-E

1-A Kullanıma devam performans seviyesi (SP-1 +NP-A): Binanın yapısal olan ve olmayan elemanlarının hasarı kullanıma devamı etkilemeyecek seviyededir. **(B)**

1-B Hemen kullanım performans seviyesi (SP-1 + NP-B): Bu önemli yapılar için öngörülen bir seviyedir. Oldukça az yapısal hasar vardır. Yapısal olmayan elemanlar güvenlidir ve genellikle çalışabilir durumdadır. Binada bulunan eşyalarda hasar olabilir. **(LS)**

3-C Can güvenliği performans seviyesi (SP-3 + NP-C): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal olan ve olmayan

elemanların can güvenliğini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapıda onarım yapılabilir. Bu seviye çok şiddetli depremler sonrasında ulaşılması istenen seviyedir. (LS)

5-E Yapısal stabilite performans seviyesi (SP-5 + NP-E): Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında stabilitesini korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarlar ve bu elemanların düşmesi sonucu ortaya çıkabilecek can güvenliği tehlikesi fazladır. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekir. Bu seviyede toptan göçme gerçekleşmez. (CP)

4.3 Deprem Etki Seviyeleri

Performansa dayalı tasarımda göz önüne alınmak üzere farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Çeşitli deprem etkileri seçilebileceği gibi, yaygın olarak kullanılan deprem etkileri aşağıda açıklanmıştır.

Kullanım depremi (SE): 50 yıllık zaman diliminde aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 75 yıl olan bu depremin binanın ömrü boyunca en az bir kere ortaya çıkması olasıdır.

Tasarım depremi (DE): 50 yıllık zaman diliminde aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. 1998 Türk deprem yönetmeliğinde de esas alınan bu depremdir.

Maksimum Deprem (ME): 50 yıllık zaman diliminde meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketidir. Belirli bir bölgede, jeolojik veriler çerçevesinde, meydana gelebilecek en büyük deprem hareketidir. Dönüş periyodu yaklaşık 2500 yıl olan bu deprem tasarım depreminin yaklaşık 1.25~1.5 katı kadardır. Deprem yönetmeliklerinde bina önem katsayısı arttırılarak tasarım depremi etkilerinin arttırılması ile tanımlanır.

Deprem etkisinin seviyesinin belirlenmesi spektrum eğrisinin tanımlanması ile yapılır. Tanımda depremin 50 yıl içindeki aşılma olasılığı tanımından veya benzer büyüklükteki depremler arasındaki ortalama zaman aralığı tanımından hareket edilir. (Çizelge 4.4)

Çizelge 4.4 : Deprem parametreleri.

Aşılma olasılığı	Esas alınan zaman aralığı	Ortalama dönüş periyodu
%50	50 yıl	72 yıl
%20	50 yıl	225 yıl
%10	50 yıl	474 yıl
%2	50 yıl	2475 yıl

4.4 Performans Kavramı

4.4.1 Performans hedefleri ve sınıflandırma

Depremlerle bina performans seviyeleri eşleştirilmesi sonucu çeşitli performans amaç seviyeleri oluşturulmuştur(Çizelge 4.5). FEMA’da iki farklı seviyede deprem hareketi tanımlanmıştır.

- Temel güvenlik depremi 1 (TGD-1): 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremlerdir ve TGD-2’nin üçte ikisinden küçük olan depremdir.
- Temel güvenlik depremi 2 (TGD-2): 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremlerdir ve bölgede ya da fayda, kaydedilmiş depremlerin ortalamasının 1,5 katından küçük olan depremlerdir.

FEMA’da tanımlanan TGD-1, ATC-40’daki Tasarım Depremi (DE)’ye ve yine FEMA’da tanımlanan TGD-2’nin ise ATC-40’daki Maksimum Deprem (ME)’ye denk düştüğü söylenebilir.

Burada a, f, k, p amaçları ana binalar için e, j, o amaçları önemli binalar için i ve n amaçları ise güvenliği çok önemli binalar için kullanılmaktadır. Bir bina için tek bir performans seviyesi seçilebileceği gibi, birden fazla da seçilebilir.

Yüksek seviyelerdeki amaçlar için, örneğin p amacı gibi, yüksek maliyetler çıkabilir. Bu noktada performans seviyeleri yerleşim alanlarında yerel yönetimler tarafından, özel mülkiyetlerde ise yapı sahibi ve mühendis tarafından belirlenmektedir. Bina performans seviyeleri ve deprem yer hareketinin kombinasyonlarının maliyetle olan ilişkisi şekilde gösterilmiştir.

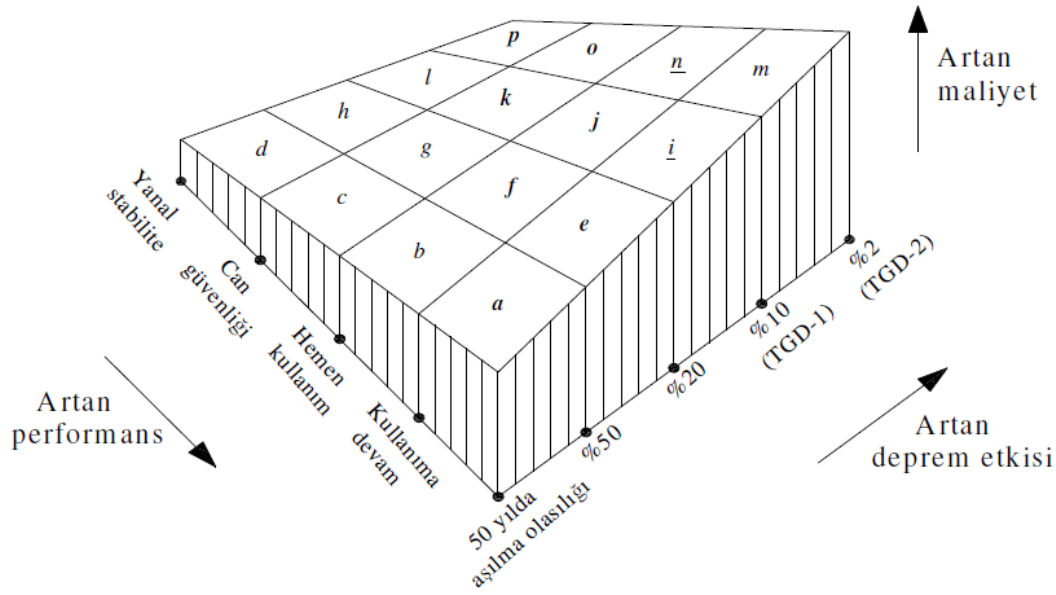
Çizelge 4.5 : Performans hedeflerinin sınıflandırılması.

Bina performans seviyesi				
Deprem Etki Seviyesi	Kullanıma devam performans seviyesi 1-A	Hemen kullanım performans seviyesi 1-B	Can güvenliği performans seviyesi 3-C	Yapısal stabilite performans seviyesi 5-E
%50 / 50 yıl Kullanım depremi (SE)	a	b	c	d
%20 / 50 yıl	e	f	g	h
TGD-1 ~%10 / 50 yıl Tasarım depremi (DE)	i	j	k	l
TGD-2 ~%2 / 50 yıl Maksimum deprem (ME)	m	n	o	p

Tasarım sırasında temel alınan performans hedefi, güçlendirme veya onarım için yapılacak harcamayı ve gereken süreyi, yapısal ve yapısal olmayan güvenliğin artış miktarını, olası hasarlardaki azalmayı ve binanın kullanımına engel olacak hasarların miktarını belirlemekte kullanılır.

4.4.2 Performans hedeflerinin karşılaştırılması

Performans amacı, başlangıç ve son performans amacı olarak ayrılırsa, başlangıç amacı bina sahibi ve yükümlü mühendis tarafından değiştirilebilir. Son performans amacı ise boyutlandırma ve güçlendirmede kullanılır ve raporlarla belirtilir.



Şekil 4.2 : Bina performans seviyeleri ile maliyetleri arasındaki ilişki.

4.4.2.1 Başlangıç performans amacı

Yapının tüm performans hedefi; özel yapılar için yapı sahibi tarafından, kamuya ait binalar için ise ilgili kamu kuruluşu tarafından her bina için değerlendirme ve güçlendirmenin yapılmasından önce belirlenir. Başlangıç performans amacının belirlenmesinde, her türlü durum değerlendirilmek suretiyle mevcut koşullardaki en uygun kararın verilmesinde, sorumlu mühendis bina sahibine yardımcı olmalıdır.

Güçlendirme projesi veya sismik değerlendirmeye ilgili beklentilerin belirlendiği bir durum raporunun hazırlanması, bina sahibi ve tasarım ekibine mevcut kaynaklarla yapılabilecek en uygun performans amacının belirlenmesinde yardımcı olur.

4.4.2.2 Son performans amacı

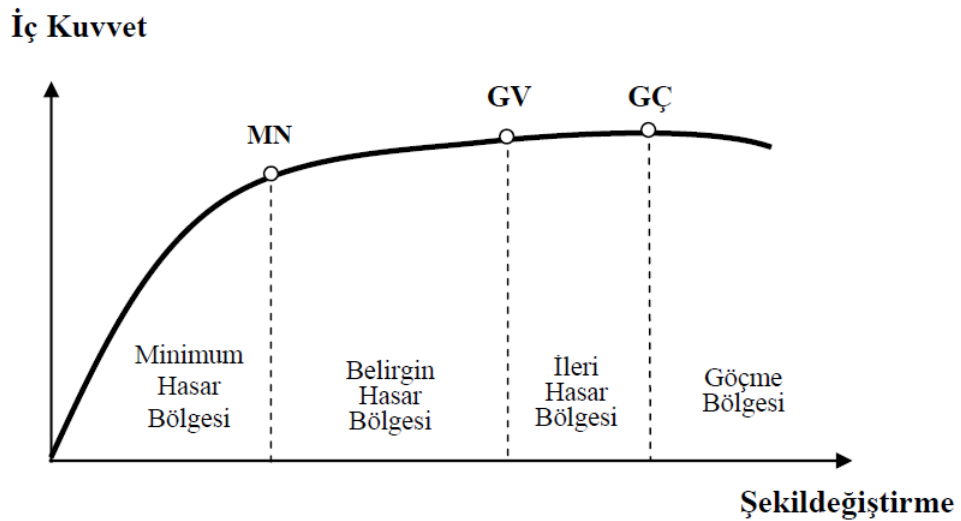
Başlangıç hedefi, bina sahibi tarafından, sorumlu mühendis ile koordinasyon halinde; fiyat, tarihi değerinin gözetilmesi, binanın kalan ömrü ya da diğer durum ve sınırlamalar düşünülerek gözden geçirilebilir ya da üzerinde bazı değişiklikler yapılabilir. Değerlendirme ve güçlendirme aşamasında kullanılan sonuç performans amacı, değerlendirme raporunda ve güçlendirme çizimlerinde açıklanarak ifade edilmelidir.

4.5 DBYBHY 2007’de Performansa Dayalı Tasarım Kavramı

4.5.1 Kesit, eleman ve taşıyıcı sistem hasar sınır ve bölgeleri

Türk Deprem Yönetmeliği’nde kesitler davranışlarına göre sünük ve gevrek olarak ikiye ayrılırlar. Sünük bir kesitteki iç kuvvet ve şekil değıştirme (örneğin eğilme momenti ve eğrilik) ilişkisi Şekil 4.3’ te verilmiştir. Beklendiğı gibi ilk bölümde elastik davranışa benzetilebilecek bir davranış ve daha sonra elasto-plastik davranış ortaya çıkar. DBYBHY 2007’de sünük elemanlar için üç sınır durum tanımlanmıştır.

1. **Minimum Hasar Sınırı (MN):** Kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını,
2. **Güvenlik Sınırı (GV):** Kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceğı elastik ötesi davranışın sınırını.
3. **Göçme Sınırı (GÇ):** Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu tür bir tanımlama geçerli değildir.



Şekil 4.3 : Kesit hasar sınırları ve bölgeleri.

Kesit için hasar bölgelerini ayıran sınırlar aşağıdaki formül yardımı ile tanımlanmıştır.

$$r = \frac{E}{K - (G + Q)} \leq r_{sını} \quad (4.1)$$

Burada K kesitin ilgili kapasitesini, E karşılanması beklenen azaltılmamış elastik deprem etkisinden oluşan kesit etkisini, G+Q düşey yüklerden oluşan kesit etkisini, K-(G+Q) kesit etkilerinden artan kapasiteyi göstermektedir. Kesitin sadece elastik

davranışla öngörülen deprem etkisinin karşılanması söz konusu olsaydı, $r_{\text{sınır}} = 1$ olması beklenirdi. Bu çözüm ekonomik olmadığı için, elasto-plastik davranış hesaba katılır ve $r_{\text{sınır}} \geq 1$ seçilir. Bu sınır değeri, kabul edilecek hasar seviyesine ve kesitte sünekliği etkileyecek diğer kabullere bağlı olarak ortaya çıkar[5].

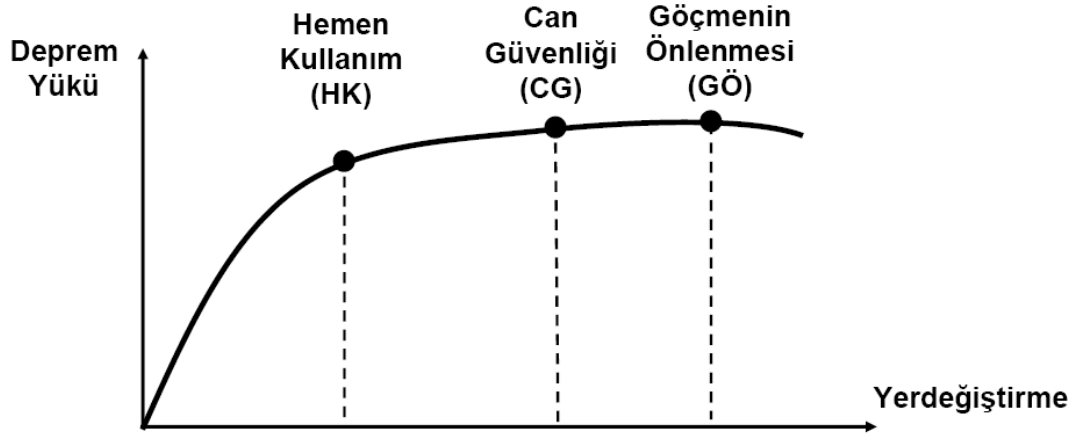
4.5.2 Taşıyıcı eleman deprem hasar sınır ve bölgeleri

Deprem etkisindeki taşıyıcı sistemin kolon ve kirişlerinin iki ucu en çok zorlanan bölgeleridir. İkincil olan yani deprem etkisinin karşılanmasında görev almayan kirişler bu değerlendirmede göz önüne alınmazlar. Bir elemanın kesitlerinden daha ileri hasar bölgesinde bulunanı, elemanın hasar bölgesini tanımladığı kabul edilir. Bunun gibi perdelerden de en çok zorlanan genellikle mesnet kesitlerinin hasar bölgesi, perdenin hasar bölgesi olarak kabul edilir. Eleman hasar durumlarından kat hasar durumu elde edilir. Kesitlerinden birisi gevrek olan eleman gevrek olarak tanımlanır.

4.5.3 Taşıyıcı sistemin deprem performans düzeyleri

Deprem etkisindeki taşıyıcı sistemin davranışı, Şekil 4.4' deki gibi örneğin binanın en üst kat yer değiştirmesi ve toplam deprem taban kesme kuvveti arasında çizilecek eğri ile yorumlanabilir. Bu değişim Şekil 4.3' te kesit davranışı verilen eğriye benzer olup, sadece tüm taşıyıcı sistem için elde edilmiştir. Benzer şekilde elastik davranışa benzetilebilecek ilk bölümden sonra elasto-plastik davranışı simgeleyen bir bölüm ortaya çıkar. Bu eğri üzerinde elastik ötesi davranışın (elasto-plastik şekil değiştirmeye) belirgin başlangıcına ve sınırlı hasara karşı geldiği için, Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) olarak isimlendirilir. Büyük yer değiştirmelerden sonra dış statik deprem yükünün azalmaya yüz tutması taşıyıcı sistemde güç tükenmesinin ortaya çıkmasına işaret eder ve Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ) olarak bilinir. Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) taşıyıcı sistemin sınırlı elastik ötesi şekil değiştirmelerle yatay yük kapasitesini güvenli olarak karşılayabileceği sınır olarak tanımlanır.

Taşıyıcı sistem için bu sınırların matematiksel olarak tanımlanması kolay değildir. Kesit hasar sınırlarından eleman hasar sınırları elde edildiği gibi, eleman hasar sınırlarından taşıyıcı sistem performans düzeyleri tanımlanır. Değerlendirmenin binanın her iki doğrultusu için ve her katta ayrı ayrı yapılması gerekir. Yönetmelikte verilen tanımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.



Şekil 4.4 : Taşıyıcı sistem (bina) performans düzeyleri.

1. **Hemen kullanım performans düzeyi:** Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan değerlendirmede kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir. Ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde kalmalıdır. Eğer varsa, gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile, bu durumdaki bina Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde binada küçük elasto-plastik şekil değiştirmelere izin verilmektedir. Taşıyıcı sistemin ana elemanı olarak kabul edilebilecek olan kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörüldürken, kirişlerde belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada sağlanması oldukça zor bir şart olarak görülebilir.

2. **Can güvenliği performans düzeyi:** Varsa gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile aşağıdaki koşulları sağlayan bina Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir:

- a) Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan değerlendirmede ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıda (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

- b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında kalmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, ilgili kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetleri toplamının, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst birleşim bölgesinde her ikisinde birden yönetmelikte verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmez).

Hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmesi, önemli ve daha önemli kolonların ayrılabilmesi bakımından dikkat çekicidir. En üst katın, taşıyıcı sistemin kararlılığındaki daha az etkili durumunun da, oran %20'den %40'a arttırılarak dile getirildiği görülmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi anlamlı bir şekilde olumsuz bir durum olarak kabul edilmektedir. Benzer şekilde güçlü kolon kavramının olumlu yanının ortaya çıkarıldığı görülmektedir.

3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi: Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

a) Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan değerlendirmede, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst birleşim bölgesinde her ikisinde birden yönetmelikte verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmez).

c) Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Sünek elemanlar için çeşitli hasar durumları tanımlanırken, gevrek elemanların taşıma güçlerine eriştikten sonra doğrudan göçme durumuna geldiği kabul edilmektedir. Burada da hasar durumu kirişler için oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da

hasar bölgesine erişmesi olumsuz ve güçlü kolon kavramının sağlanması olumlu bir durum olarak kabul edilmektedir.

4. **Göçme Durumu:** Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması: Herbir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katındaki kolon ve perdelerin görelî kat ötelemeleri, Çizelge 4.6'da verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir.

Çizelge 4.6 : Görelî kat ötelemesi sınırları.

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

Burada δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir. Hasar sınır ilerledikçe izin verilen sınırların büyüdüğü görülmektedir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve performans düzeyleri Çizelge 4.7' de verilmektedir.

Bu tabloda; HK hemen kullanım performans düzeyini, CG can güvenliğini, GÖ ise göçmenin önlenmesi performans düzeylerini temsil etmektedir.

Bu çalışmada ele alınan bina bir konut yapısı olduğu için; 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem karşısında Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlaması beklenmektedir.

Çizelge 4.7 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.

Binanın kullanım amacı ve türü	Deprem 50 yılda aşılma olasılığı		
	%50	%10	%2
Deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar			
Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, belediye binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar ve müzeler	-	HK	CG
Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.			
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar			
Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri, vb.	HK	CG	-
Tehlikeli madde içeren binalar			
Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar, vb.	-	HK	GÖ
Diğer binalar			
Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, bina türü endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

5. SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde, düşey düzensizliğe sahip betonarme bina taşıyıcı sistemlerinin deprem güvenliği Eşdeğer Deprem Yüğü, Modal Analiz ve Statik İtme (Pushover) Analizi Yöntemleri kullanılarak ayrıntılı bir biçimde değerlendirilecek ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Mevcut betonarme binaları temsil etmek üzere, düşey yükler ve 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen yatay deprem etkileri altında, 4, 6 ve 8 katlı çerçeve taşıyıcı sistemler boyutlandırılmış ve tasarımları yapılmıştır. Tasarımı yapılan bu taşıyıcı sistemlerden, beton dayanımı bakımından alternatifler oluşturulmuş ve sayısal incelemeler yukarıda belirtilen üç ayrı taşıyıcı sistem ve alternatifleri olmak üzere toplam altı taşıyıcı sistem modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Bölüm içinde, incelenen taşıyıcı sistem modelleri tanıtılmış, bu modeller üzerinde 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarım ve DBYBHY 2007 kapsamında yer alan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden 'Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' ile ilgili hesap adımları anlatılmış, bu yöntem için kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar; kesit hasar bölgeleri, tepe yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca kullanılan bilgisayar programları ve yapılan varsayımlar hakkında bilgiler verilmiştir.

5.1 İncelenen Taşıyıcı Sistem Modelleri

Taşıyıcı sistem modelleri (TSM), 4, 6 ve 8 katlı binalar için sırasıyla TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 olarak tanımlanmış ve bu modellerin, beton malzemesi bakımından oluşturulan alternatifleri ise 'A' indisi eklenerek sırasıyla TSM-1A, TSM-2A ve TSM-3A olarak isimlendirilmiştir. Model alternatifleri ülkemizde çok karşılaşılan, donatı detayları ve malzeme açısından proje ile uyumlu olarak inşa edilmiş, düşeyde süreksiz, mevcut yapıları temsil etmek amacıyla oluşturulmuştur.

Tüm taşıyıcı sistem modellerinde kullanılan eleman boyutları ve donatıları, kat yükseklikleri ve kat planları 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı yapılan 8 katlı B3 düzensizliğine sahip TSM-3 modeli ile aynıdır.

TSM-1, TSM-2 ve TSM-3'e alternatif olarak seçilen TSM-1A, TSM-2A ve TSM-3A'da geometrik özellikleri ve eleman boyuna donatıları aynı seçilmiş; fakat malzeme açısından daha düşük dayanımlı beton esas alınarak incelenmiştir.

5.2 Taşıyıcı Sistem Modellerinin Boyutlandırılması

5.2.1 Malzeme bilgileri

Taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında esas alınan beton ve donatı çeliği karakteristiklerinin TS-500 standardındaki malzeme tanımları cinsinden karşılıkları aşağıda verilmiştir [17].

TSM-1, TSM-2, TSM-3 : Beton sınıfı C20, donatı çeliği sınıfı S420

TSM-1A, TSM-2A, TSM-3A : Beton sınıfı C14, donatı çeliği sınıfı S420

5.2.2 Deprem karakteristikleri

1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılan, TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 için tasarımda göz önüne alınan parametreler aşağıda belirtilmiştir [22].

Deprem Bölgesi : 1

Deprem Bölge Katsayısı : $C_0 = 0.10$

Yapı Tipi Katsayısı : $K = 1.00$

Zemin Hâkim Periyodu : $T_0 = 0.42$ s

Hareketli Yük Katsayısı : $n = 0.30$

5.2.3 Boyutlandırmada esas alınan yükler

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında aşağıda verilen düşey yükler göz önüne alınmıştır [16].

Beton Yoğunluğu : 25.00 kN/m^3

Dış Duvar Yüğü (20 cm + sıva) : 3.80 kN/m^2

İç Duvar Yüğü (10 cm + sıva) : 2.50 kN/m^2

Sıva + Kaplama : 1.50 kN/m²

Normal Kat Döşemeleri;

Hareketli Yük (odalarda) : 2.00 kN/m²

Hareketli Yük (koridorlarda ve merdivenlerde) : 3.50 kN/m²

Çatı Katı Döşemesi;

Hareketli Yük (odalarda) : 1.50 kN/m²

5.2.4 Modelleme ve tasarımda yapılan varsayımlar

Taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılmasında göz önünde tutulan başlıca varsayımlar şunlardır.

- Boyutlandırmaya esas olan sistem analizleri doğrusal teoriye göre gerçekleştirilmiştir. Buna karşılık, tüm taşıyıcı sistem modellerinin betonarme kesit hesaplarında taşıma gücü yöntemi kullanılmıştır.
- Düğüm noktaları rijit kabul edilmiş, mesnetlerin temelde ankastre oldukları varsayılmıştır.
- Düşey yükler döşemelerden kirişlere eşdeğer düzgün yayılı yük olarak aktarılmıştır. Duvar yükleri de kirişlere düzgün yayılı yük olarak yüklenmiştir.
- Plastik mafsallar kolon ve kiriş uçlarında, çalışan kesit doğrultusunun yarısına eşit olan plastik mafsallık boyunun ortasına yerleştirilmiştir.

5.2.5 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımda esas alınan parametreler

1975 Türk Deprem Yönetmeliği'nde taban kesme kuvveti F , deprem katsayısı C ile bina ağırlığı W 'nin çarpımı olarak hesaplanır.

$$F = C W \quad (5.1)$$

Deprem Katsayısı C ise;

$$C = C_0 K S I \quad (5.2)$$

denklemleri ile saptanır. Denklemlerde C_0 deprem bölge katsayısı, K yapı tipi katsayısı, S yapı dinamik katsayısı (spektrum katsayısı), I yapı önem katsayısıdır. Deprem katsayısı C , $C_0/2$ değerinden daha küçük alınamaz.

Çizelge 5.1 : ABYYHY' 75 deprem bölge katsayısı.

Deprem bölgesi	C_0
1	0.10
2	0.08
3	0.06
4	0.03

Çizelge 5.2 : ABYYHY' 75 yapı tipi katsayıları.

Yapı Tipi	K
Aşağıda tanımı ayrıca yapılmamış tüm taşıyıcı sistemler	1.00
Tüm perde duvarlı kutu sistemler	1.33
Çerçeveleri yatay yüklerin tamamını taşıyabilen çerçeve taşıyıcı sistemler (Dolgu duvarı tipleri a, b ve c için dipnota bakınız.) ¹	0.60
Düktil çerçeveler (Çelik ya da betonarme)	0.80
	1.00
	1.20
Düktil olmayan çerçeveler	1.50
	1.50
	1.33
Diyagonal çelik kafes çerçeveler	1.50
	1.60
	0.80
Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az %25'ini taşıyabilen perde duvarlı sistemler	1.00
	1.20
Yığma binalar	1.50
Bağımsız zemin üstü hazneleri (Maksimum yatay kuvvet katsayısı $C = 0.30$)	3.00
Binalardan başka yapılar, bacalar, kuleler (Maksimum yatay kuvvet katsayısı $C = 0.30$)	2.00

1). Dolgu duvarı tipleri:

- a) Betonarme ya da yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı
- b) Donatısız yığma bölme duvarlı
- c) Hafif ve az bölme duvarlı ya da prefabrike beton bölme duvarlı

Yapılan boyutlandırmada, birinci derece deprem bölgesi için Çizelge 5.1' den deprem bölge katsayısı $C_0 = 0.10$, yatay yüklerin tamamını taşıyabilen hafif ve az bölme duvarlı betonarme sünek çerçeve sistemler için Çizelge 5.2' den yapı tipi katsayısı $K = 1$ ve halkın az yığıldığı özel konutlar için Çizelge 5.3' den yapı önem katsayısı $I = 1.0$ değerleri kullanılmıştır.

Deprem katsayısını hesaplamak için yapı dinamik katsayısı (spektrum katsayısı), S ;

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} \quad (5.3)$$

denklemleri ile elde edilir. Denklemlerde T: saniye cinsinden yapının birinci normal titreşim moduna ait doğal periyodu, T₀: zeminin hâkim periyodudur.(Çizelge 5.4)

Çizelge 5.3 : ABYYHY’ 75 yapı önem katsayıları.

Yapı Cinsi	I
Bir deprem süresince ya da hemen kullanılması zorunlu yapılar vb. (PTT, itfaiye ve radyo evi yapıları, kuvvet santralleri, pompa istasyonları, hastaneler, istasyon ve terminaller, rafineriler, vb.)	1.5
Önemli ve değerli malları saklayan yapılar (müzeler, vb.)	1.5
Halkın çok yığıldığı yapılar (okullar, spor tesisleri, tiyatrolar, sinema ve konser salonları, ibadet mahalleri, vb.)	1.5
Halkın az yığıldığı yapılar (özel konutlar, oteller, işyerleri, lokantalar, endüstri yapıları, vb.)	1.0

Çizelge 5.4 : ABYYHY’ 75 zemin hâkim periyodu.

Zemin Cinsi	T ₀ Zemin Hâkim Periyodu (s)	T ₀ Ortalama (s)
I	a	0.20
	b	0.25
	c	0.30
II	a	0.35
	b	0.40
	c	0.50
III	a	0.55
	b	0.60
	c	0.65
IV	a	0.70
	b	0.80
	c	0.90

T₀ periyodu, II. sınıf zemin cinsi için Çizelge 5.4’ ten T₀ = 0.42 s olarak alınmıştır. Doğal titreşim periyodu T’nin hesabı için 1975 Türk Deprem Yönetmeliği aşağıda verilen yaklaşık formülleri önermektedir.

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} \quad (5.4)$$

veya

$$T = (0.07 \sim 0.10)N \quad (5.5)$$

değerlerinden bulunan T değerinin elverişsiz olanı alınır. Burada; H: Binanın temel üst kotundan ölçülen yüksekliği (m), D: Yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki bina genişliği (m), N: Bina temel düzeyi üstündeki kat adedidir.

Sonuç olarak, yukarıda tanımlanan parametreler kullanılarak hesaplanan yapı dinamik katsayısı S'nin maksimum değeri 1.0 olarak alınır.

Taban kesme kuvveti F'nin hesabında kullanılacak olan toplam yapı ağırlığı W,

$$T = \sum_{i=1}^N W_i \quad (5.6)$$

olup, W_i kat ağırlığı

$$W_i = \sum_{i=1}^N (G_i + nP_i) \quad (5.7)$$

G_i : i'inci kattaki sabit yüklerin toplamı, P_i : i'inci kattaki hareketli yüklerin toplamı, n: hareketli yük katsayısıdır.

Çizelge 5.5 : ABYYHY' 75 hareketli yük katsayısı.

Yapı Cinsi	n
Depolar, antrepolar, vb.	0.8
Okullar, öğrenci yurtları, spor tesisleri, sinema ve konser salonları, tiyatrolar, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Özel konutlar, oteller, hastaneler, işyeri, vb.	0.3

Çizelge 5.5' ten hareketli yük katsayısı $n = 0.3$ seçilmiştir. Binanın kat düzeylerine etkiyen F_i yatay kuvvetleri

$$F_i = (F - F_t) \frac{W_i h_i}{\sum_{i=1}^N (W_i h_i)} \quad (5.8)$$

denklemleri ile hesaplanır. Bu bağlamda F: toplam yatay yük (taban kesme kuvveti), W_i : i'inci katın ağırlığı, h_i : i'inci katın temel üst kotundan ölçülen yüksekliği, F_t : yapının en üst kat düzeyine uygulanacak ek tekil kuvvettir. F_t kuvvetinin değeri;

$$F_t = 0.004F \left(\frac{H}{D} \right)^2 \quad (5.9)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır.

Not:

- 1) F_t kuvveti hiçbir zaman $0.15F$ ' den büyük olamaz.
- 2) $H / D \leq 3$ olması halinde $F_t = 0$ alınabilir.

5.2.6 Boyutlandırmada esas alınan yükleme kombinasyonları

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında, düşey yükler ve düşey yükler + deprem yükleri altında yapılan sistem analizleri sonucunda hesaplanan kesit tesirleri göz önüne alınmıştır.

5.2.7 Taşıyıcı sistem modellerinde boyutlandırma

Taşıyıcı sistem modellerinin 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmasında yukarıda ayrıntıları verilen deprem yükleri göz önüne alınmıştır.

Sabit yükler (yapı yükleri), hareketli yükler ve her iki doğrultuda hesaplanan bu deprem etkileri altında, SAP 2000 (V14) Analiz Programı sonuçlarından alınan kesit tesiri değerleri kullanılarak, Bölüm 5.2.3' te belirtilen yüklemeler için betonarme kesit hesapları yapılmış ve kolon, kiriş enkesit boyutları ile boyuna donatıları belirlenmiştir [18].

5.3 Boyutlandırılan Taşıyıcı Sistem Modellerinin Performans Değerlendirmesi

Yukarıda açıklandığı şekilde boyutlandırılan taşıyıcı sistem modellerinin her biri için, statik itme analizi yapılmıştır. Deprem performansları 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre plastik mafsallı kesit hasar bölgeleri bulunarak belirlenmiştir.

5.4 TSM-3 İçin Ayrıntılı İnceleme

Bu bölümde, tez kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden artımsal itme analizi yöntemi ile bulunan sayısal inceleme sonuçlarına yer verilmiştir. Yapılan çalışmalara örnek oluşturmak üzere seçilen TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde, uygulanan hesap adımları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ayrıntılı hesap adımları, taşıyıcı sistemin boyutlandırılması ve tasarım sonuçları, doğrusal elastik olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile kesit hasar bölgelerinin belirlenmesi konularını içerir. Bu incelemenin ardından göz önüne alınan diğer taşıyıcı sistem modelleri (TSM-1, TSM-2, TSM-1A, TSM-2A ve TSM-3A) için bulunan sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

5.4.1 Sistemin boyutlandırılması

İnceleme konusu olan TSM-3 yapısı, bir zemin kat ve yedi normal kattan oluşmakta olan bir konut yapısıdır. Binada zemin kat alanı $140,00 \text{ m}^2$, normal katlar alanı ise 221 m^2 'dir. Bina köşelerinde bulunan dört kolon zemin katta devam etmekte, normal katlarda ise devam etmemektedir. Normal katlarda köşelerde bulunan sekiz adet kolon ise zemin katta devam etmemektedir. Bu şekli ile yapı DBYBHY 2007'de tarifi yapılan, B3 türü taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği düzensizliğine sahip bir binadır. Binada tüm kat yükseklikleri 3.0 m'dir. Bina toplam yüksekliği 24 m'dir. Bina taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Yapıya ait 3 boyutlu görünüm Şekil 5.1' de kalıp planları Şekil 5.2 ve 5.3'te gösterilmektedir. Binaya ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Bina Geometrik Özellikleri;

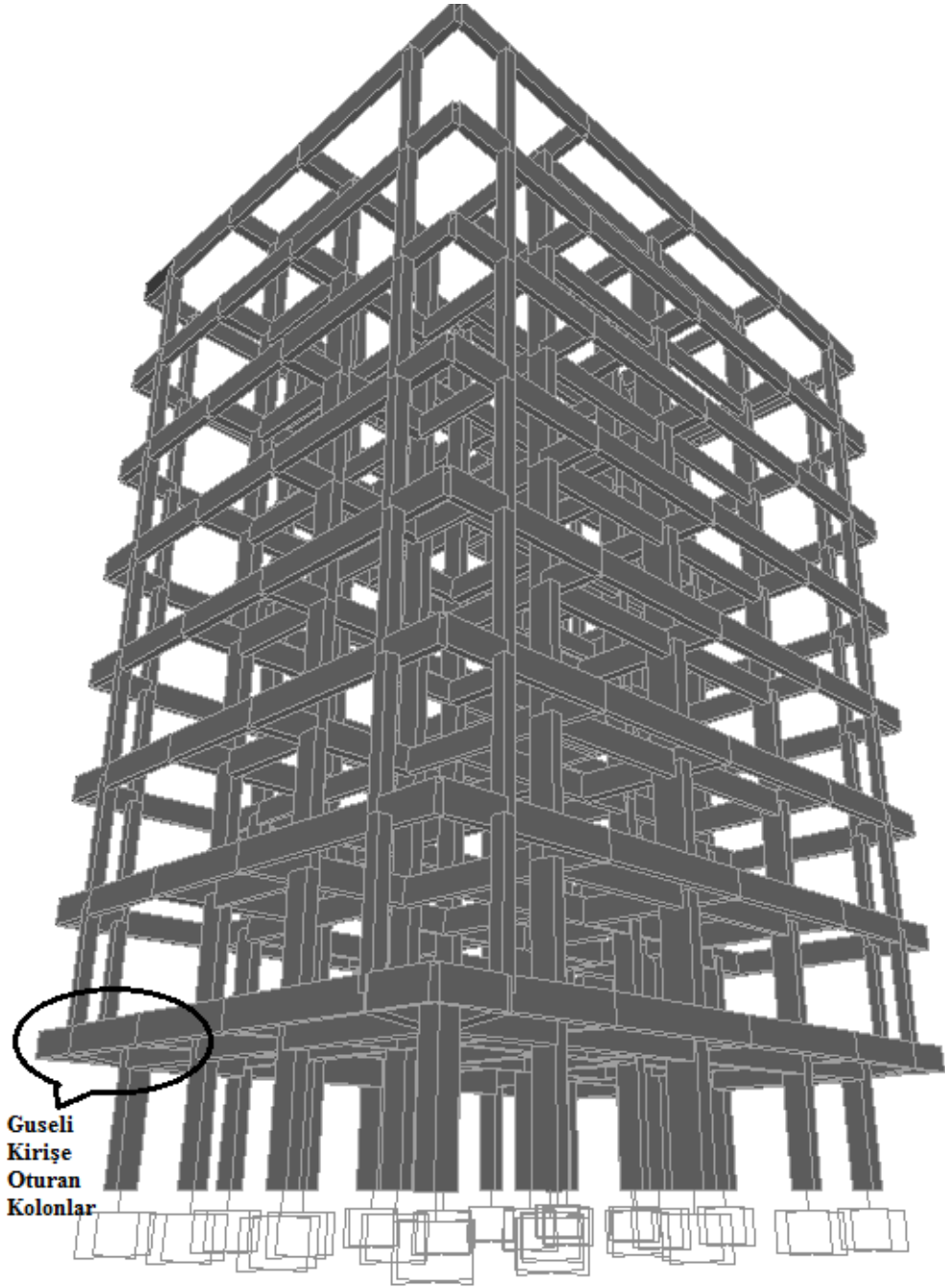
- Kat sayısı : Zemin kat + 7 normal kat
- Kat yükseklikleri : 3 m
- Toplam bina yüksekliği : 24 m

Deprem Karakteristikleri (1975 Yönetmeliği);

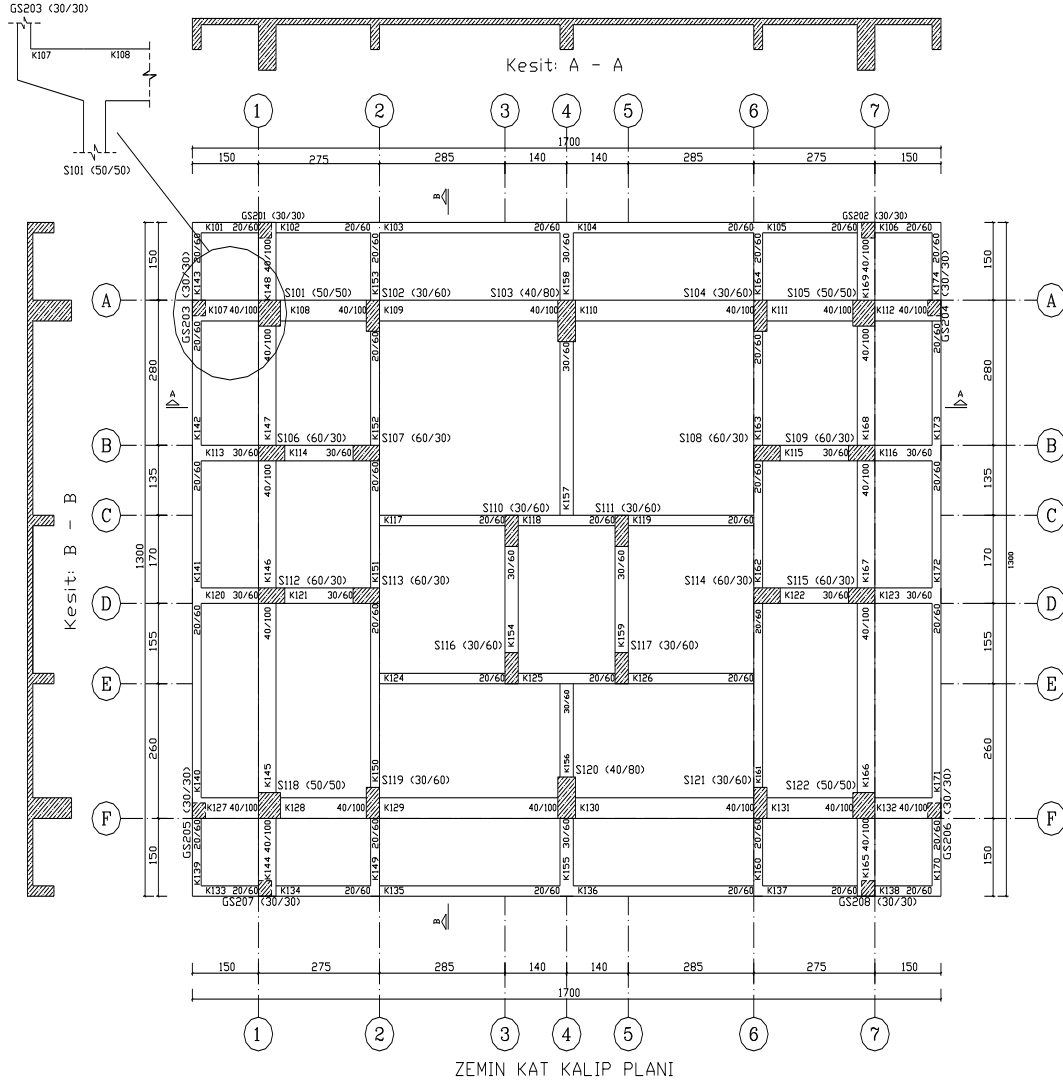
- Deprem bölgesi : 1. derece
- Zemin sınıfı : Z2
- Deprem bölge katsayısı (C_0) : 0.10
- Yapı tipi katsayısı (K) : 1
- Yapı önem katsayısı (I) : 1
- Zemin hâkim periyodu (T_0) : 0.42 s

Bina Malzeme Özellikleri;

- Beton sınıfı : C 20
- f_{ck} : 20 Mpa
- E_c : 28000 Mpa
- Çelik sınıfı : S420
- f_{yd} : 365 Mpa
- f_{yk} : 420 Mpa
- E_s : 200000 Mpa



Şekil 5.1 : 3 boyutlu bina modeli.

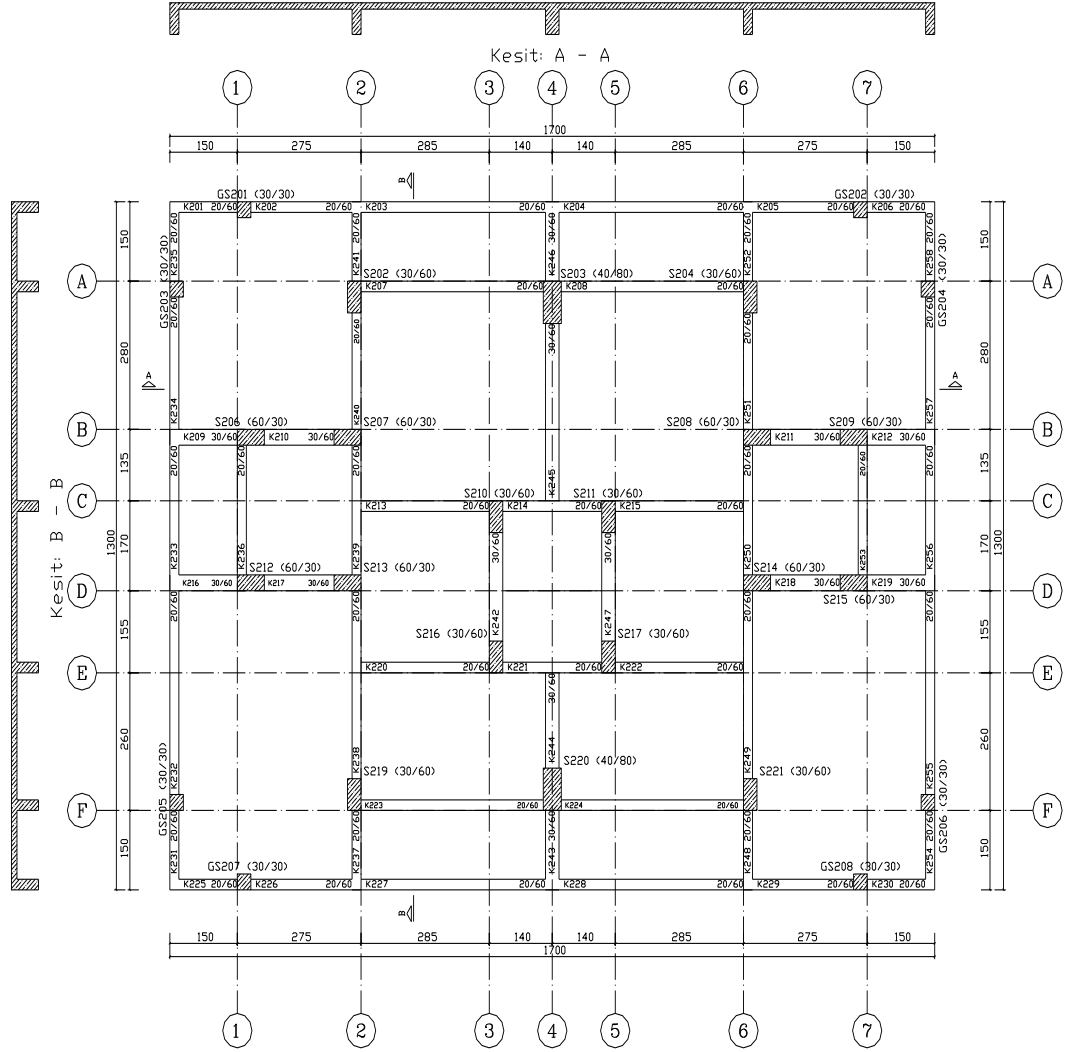


Şekil 5.2 : Zemin kat kalıp planı.

Düşey Yük Hesabı;

Tasarımda döşemelerden kirişlere aktarılan düşey yükleri belirlemek için göz önüne alınan zemin kat, normal kat ve çatı katı döşemelerinin yük analizi aşağıda özetlenmiştir.

- Beton Yoğunluğu : 25.00 kN/m³
- Dış Duvar Yükü (20cm+sıva) : 3.80 kN/m²
- İç Duvar Yükü (10cm+sıva) : 2.50 kN/m²
- Sıva+Kaplama : 1.50 kN/m²
- Hareketli Yük (odalarda) : 2 kN/m²
- Hareketli Yük (koridor ve merdivenlerde) : 2 kN/m²
- Hareketli Yük (çatıda) : 1.50 kN/m²



NORMAL KAT KALIP PLANLARI
Şekil 5.3 : Normal kat kalıp planı.

Deprem Yükü Hesabı;

Tasarımda göz önüne alınan deprem yükleri 1975 Türk Deprem Yönetmeliği esas alınarak hesaplanmıştır. Taban kesme kuvveti ve eşdeğer deprem yükü hesabında izlenen hesap adımları aşağıda özetlenmiştir.

Bina deprem karakteristikleri göz önüne alınarak;

1. derece deprem bölgesi için deprem bölge katsayısı, $C_0=0.1$ (Çizelge 5.1).

Hafif ve az bölme duvarlı düktil çerçeveler için yapı tipi katsayısı, $K=1$ (Çizelge 5.2)

Halkın az yığıldığı konut tipi yapılar için yapı önem katsayısı, $I=1$ (Çizelge 5.3).

Zemin cinsi Z2 için zemin hâkim periyodu, $T_0=0.42$ s (Çizelge 5.4).

x yönünde hesap:

Bina doğal titreşim periyodu, T_x

$$T_x = \frac{0.09 \times 24}{\sqrt{17}} = 0.52s \quad \text{veya} \quad T_x = 0.07 \times 8 = 0.56s \text{ olarak hesaplanır ve elde edilen}$$

değerlerden elverişsiz olanı, $T_x=0.52s$ kullanılır. Bulunan elverişsiz doğal periyod kullanılarak yapı dinamik katsayısı, S_x

$$S_x = \frac{1}{|0.8 + 0.52 - 0.42|} = 1.111 \text{ olarak hesaplanır. 1975 Yönetmeliği bu formülden}$$

bulunan yapı dinamik katsayısı S için maksimum 1 değeri alacağını belirtir. Bu nedenle, $S_x=1$ olarak seçilir.

Deprem katsayısı C yukarıda bulunan parametreler yardımı ile, $C_x = 0.1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.1$ elde edilir. Bulunan deprem katsayısı C_x , $C_0/2$ değerinden küçük alınamaz.

y yönünde hesap;

Bina doğal titreşim periyodu, T_y ;

$$T_y = \frac{0.09 \times 24}{\sqrt{13}} = 0.60s \quad \text{veya} \quad T_y = 0.07 \times 8 = 0.56s \text{ olarak hesaplanır ve elde edilen}$$

değerlerden elverişsiz olanı, $T_y=0.56s$ kullanılır. Bulunan elverişsiz doğal periyod kullanılarak yapı dinamik katsayısı, S_y ;

$$S_y = \frac{1}{|0.8 + 0.56 - 0.42|} = 1.064 \text{ olarak hesaplanır. 1975 Yönetmeliği bu formülden}$$

bulunan yapı dinamik katsayısı S için maksimum 1 değeri alacağını belirtir. Bu nedenle, $S_y=1$ olarak seçilir.

Deprem katsayısı C yukarıda bulunan parametreler yardımı ile, $C_y = 0.1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.1$ elde edilir. Bulunan deprem katsayısı C_y , $C_0/2$ değerinden küçük alınamaz. Bina ağırlığı Çizelge 5.5' ten özel konutlar için alınan hareketli yük katsayısı $n=0.3$ için Çizelge 5.6' da verilmiştir.

Hesaplanan bina ağırlığından taban kesme kuvveti F , $F_x=F_y=0.1 \times 23563.90=2356.39$ kN bulunur. $H/D=1.41 < 3$ (x yönü) ve $H/D=1.85 < 3$ (y yönü) durumu için $F_t=0$ alınarak, bina kat yüzeylerine etkiyen F_i yatay kuvvetleri Çizelge 5.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : Bina kat ağırlıkları.

Kat	G _i (kN)	Q _i (kN)	W _i (kN)
8	1741.68	333.78	1841.81
7	2896.93	458.22	3034.39
6	2896.93	458.22	3034.39
5	2896.93	458.22	3034.39
4	2896.93	458.22	3034.39
3	2896.93	458.22	3034.39
2	2896.93	458.22	3034.39
1	3382.94	442.69	3515.75
Σ	21289.48	3150.87	23563.90

Çizelge 5.7 : Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı.

Kat	W _i (kN)	h _i (m)	W _i h _i (kNm)	W _i h _i /Σ W _i h _i	F _{ix} = F _{iy} (kN)
8	1841.81	24	44203.44	0.147	346.39
7	3034.39	21	63722.19	0.212	499.55
6	3034.39	18	54619.02	0.182	428.86
5	3034.39	15	45515.85	0.151	355.81
4	3034.39	12	36412.68	0.121	285.12
3	3034.39	9	27309.51	0.091	214.43
2	3034.39	6	18206.34	0.061	143.74
1	3515.75	3	10547.25	0.035	82.47
Σ W _i h _i =			300536.28	Σ F _i =	2356.39

X ve y yönünde hesaplanan eşdeğer deprem yükleri her iki yönde, ek dış merkezlik de göz önünde bulundurularak katlara etki ettirilir.

Yukarıdaki bölümlerde tanımlanmış olan çeşitli düşey ve yatay yüklemelerden, kesit hesaplarında kullanılacak olan, en elverişsiz iç kuvvetler elde edilmiş ve kolon ve kiriş enkesit boyutları ile boyuna donatıları Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9’ da verilmiştir.

Çizelge 5.8 : Kolon boyutları ve donatıları.

Kolon No	Boyut (cm)	Donatılar	Bulunduğu Kat
S1, S5, S18, S22	50/50	12Φ20	Zemin Kat
S2, S4, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S19, S21	30/60	10Φ20	Tüm Katlar
S3, S20	40/80	12Φ20	Tüm Katlar
GS1, GS2, GS3, GS4, GS5, GS6, GS7, GS8	30/30	4Φ20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Kat

Çizelge 5.9 : Kiriş boyutları ve donatıları.

Kiriş No	Kiriş Boyutları (cm)		Donatılar	
	b	h	Mesnet	Açıklık
20X60	20	60	3Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 3Φ16 Alt	3Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 3Φ16 Alt
30X60	30	60	4Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 4Φ16 Alt	4Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 4Φ16 Alt
40X60	40	60	4Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 4Φ16 Alt	4Φ16 Üst 2X1Φ16 Gövde 4Φ16 Alt
40X100	40	100	4Φ16 Üst 2X3Φ16 Gövde 4Φ16 Alt	4Φ16 Üst 2X3Φ16 Gövde 4Φ16 Alt

5.4.2 Artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi yönteminin yapı için uygulanabilirlik tahkiki

TSM-3 taşıyıcı sistem modelinin, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizi yöntemi kullanılarak analizinin yapılabilmesi için DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.2’ de verilen şartları sağlaması gerekmektedir.

Yönetmeliğe göre Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

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

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

$$(\Delta_i)_{ort} = (d_i)_{ort} - (d_{i-1})_{ort}$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

- Yapının kat adedi : 8
- Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de X ve Y doğrultularına göre belirlenen burulma düzensizliği katsayıları gösterilmektedir.

Çizelge 5.10 : X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.

Kat	$d_{i \min}$ (m)	$d_{i \max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
8	0.209471	0.241301	0.017911	0.020278	0.019095	1.062
7	0.191560	0.221022	0.023132	0.026408	0.024770	1.066
6	0.168428	0.194614	0.027688	0.031714	0.029701	1.068
5	0.140740	0.162900	0.031112	0.035727	0.033419	1.069
4	0.109628	0.127173	0.033149	0.038172	0.035661	1.070
3	0.076479	0.089001	0.033489	0.038689	0.036089	1.072
2	0.042990	0.050312	0.028938	0.033715	0.031327	1.076
1	0.014345	0.016303	0.014345	0.016303	0.015324	1.064

$$(\eta_{bi})_{\max} = 1.072 < 1.4$$

Çizelge 5.11 : Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.

Kat	$d_{i \min}$ (m)	$d_{i \max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
8	0.175291	0.261286	0.012714	0.017261	0.014987	1.152
7	0.162577	0.244025	0.017446	0.025164	0.021305	1.181
6	0.145130	0.218861	0.021896	0.032516	0.027206	1.195
5	0.123234	0.186345	0.025442	0.038467	0.031954	1.204
4	0.097792	0.147879	0.027893	0.042794	0.035344	1.211
3	0.069899	0.105085	0.028816	0.044949	0.036883	1.219
2	0.041082	0.060136	0.026391	0.040349	0.033370	1.209
1	0.015141	0.019337	0.015141	0.019337	0.017239	1.122

$$(\eta_{bi})_{\max} = 1.219 < 1.4$$

- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam yapı kütlelerine oranı SAP2000 (14) programı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\beta_x = 0.72 > 0.70 \text{ (3. mod)}$$

$$\beta_y = 0.75 > 0.70 \text{ (2. mod)}$$

Yapı, yöntemin uygulanabilirlik şartlarının tümünü sağlamaktadır.

5.4.3 Sistemin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem performansının belirlenmesi

TSM-3 taşıyıcı sistem modelinin deprem performansı, DBYBHY 2007’ de öngörülen, doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” kullanılarak irdelenecektir. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan “Tasarım Depremi” kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında “Can Güvenliği” performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Binanın projeleri mevcut olduğu varsayılarak, malzeme özellikleri ve betonarme detaylarının projeye tamamen uyduğu kabul edilmiştir. Bu durumda bina bilgi düzeyi ‘kapsamlı’ olarak belirlenmiş ve Bilgi Düzeyi Katsayısı 1.00 alınmıştır.

Hesap adımları 1. kat S102 kolonu ve K152 kirişi için detaylı olarak açıklanmış, diğer elemanlar için ise tablolar halinde özetlenmiştir (Şekil 5.4).

a) Sistem, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu olan düşey işletme yükleri altında hesaplanarak kolon normal kuvvetleri bulunur. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak kolonların çatlamış kesit eğilme rijitlikleri belirlenir. N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılır. Kirişlerde çatlamış kesit eğilme rijitliği $0.40 EI_0$ olarak alınır.

Kirişlerde ; $(EI)_e = 0.40(EI)_0$

Kolonlarda ; $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$ ise $(EI)_e = 0.40(EI)_0$

$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$ ise $(EI)_e = 0.80(EI)_0$

S102 kolonu için örnek hesap;

$b = 30$ cm

$h = 60$ cm

$f_{cm} = 20$ MPa

$N_D = 903.565$ kN

$A_c = bh = 180000 \text{ mm}^2$

$A_c f_{cm} = 180000 \times 20 = 3600$ kN

$N_D/(A_c f_{cm}) = 903.565 / 3600 = 0.251$

$0.1 \leq 0.247 \leq 0.40$ ise $(EI)_e = 0.60(EI)_0$

K152 kirişi için örnek hesap

K152 kirişi için etkin eğilme rijitliği $0.40(EI)_0$ alınır.

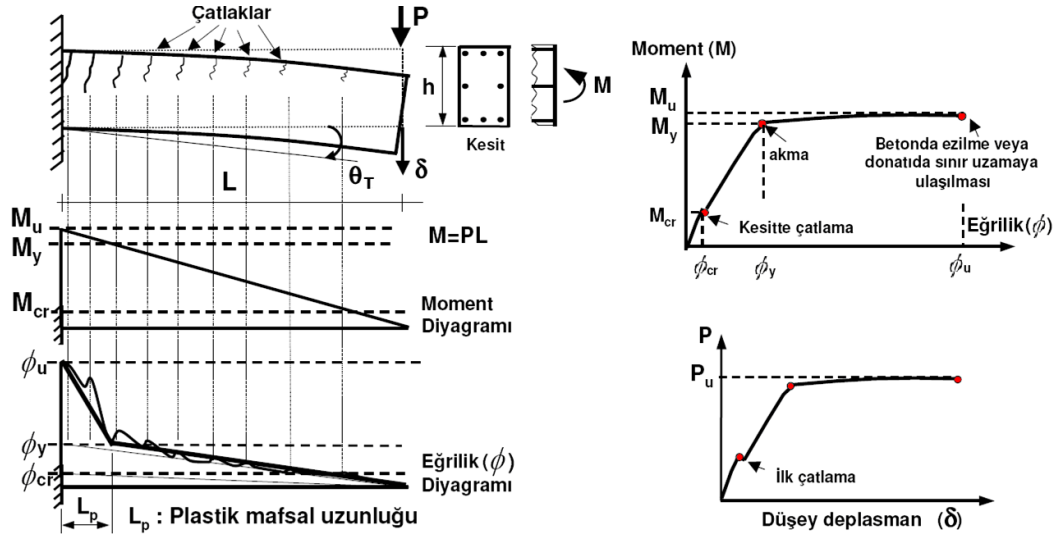
$(EI)_e = 0.40(EI)_0$

K837	K838	K839	K840	K841
S819	S813	S807	S802	
K737	K738	K739	K740	K741
S719	S713	S707	S702	
K637	K638	K639	K640	K641
S619	S613	S607	S602	
K537	K538	K539	K540	K541
S519	S513	S507	S502	
K437	K438	K439	K440	K441
S419	S413	S407	S402	
K337	K338	K339	K340	K341
S319	S313	S307	S302	
K237	K238	K239	K240	K241
S219	S213	S207	S202	
K149	K150	K151	K152	K153
S119	S113	S107	S102	

Örnek Hesap
Yapılan Kolon
ve Kirişler

Şekil 5.4 : Detaylı hesabı yapılan kolon ve kiriş elemanlar.

b) Yapının doğrusal olmayan analizinin yapılabilmesi için taşıyıcı sistem elemanlarına plastik mafsallar tanımlanır. Göçmeden hemen önce akmanın gerçekleştiği kesitte plastikleşme uzunluğu veya “plastik mafsall boyu” (L_p) denilen bir mesafe içerisinde bir eğrilik yoğunlaşması olur. Bu yoğunlaşma yüzünden kesit mesnet bölgesinde bir mafsaldaki dönmeye benzer bir şekilde bir (θ_T) açısı ile dönmüş gibi gözükür. Bu olay “plastik mafsall” adını alır. Bu mafsallın normal mafsaldan tek farkı dönmenin sıfır moment ile değil sabit sayılabilecek bir moment altında olmasıdır. Plastik mafsallar, betonarme elemanların max. moment bölgelerinde oluşurlar (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Eğilme altında bir betonarme elemanın moment eğrilik diyagramı.

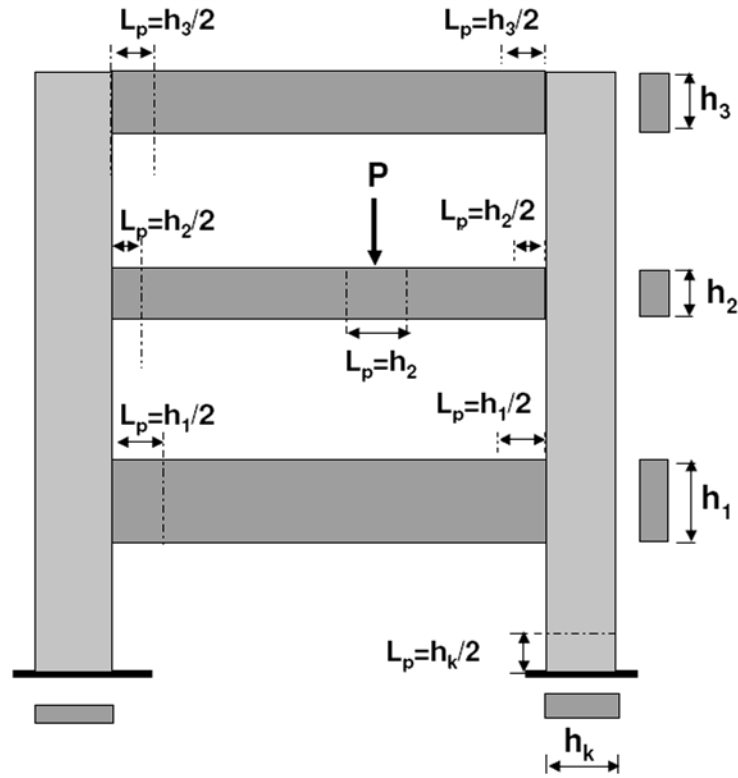
İlgili kesitlere göre DBYBHY 2007’de önerilen plastik mafsallık uzunluğu aşağıdaki şekilde görülmektedir (Şekil 5.6). DBYBHY 2007’ye göre, $L_p = h/2$ olarak kabul edilecektir. Burada L_p plastik mafsallık uzunluğunu, h ise kesit yüksekliğini göstermektedir.

Plastik mafsalların özellikleri moment-eğrilik ilişkileri ile belirlenir. Kesitlere ait bu ilişkilerin elde edilebilmesi için çok sayıda iterasyon gerektiren hesaplar yapılmalıdır. Moment-eğrilik bağıntıları ve akma diyagramları XTRACT yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Bu yazılımda, tasarlanan kesitlerin analizlerinde kullanılmak üzere beton için sargılı ve sargısız beton malzeme modelleri ve donatı çeliği malzeme modeli tanımlanmıştır.

Beton malzeme modellerinin tanımlanmasında Mander Modeli kullanılmaktadır (Şekil 5.7).

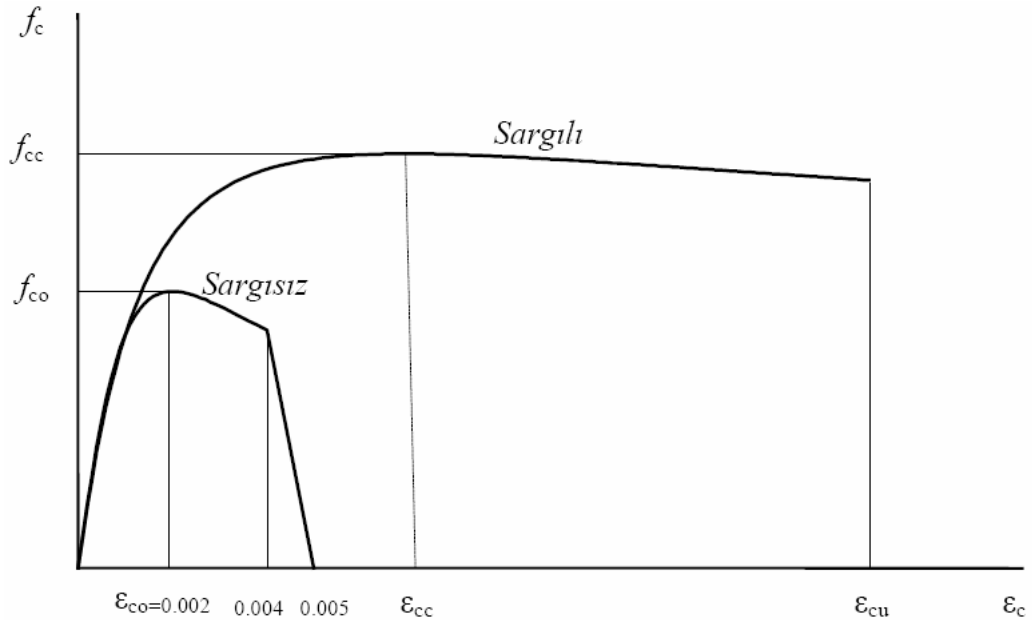
Malzeme Modelleri;

Kesit analizlerinde kullanılan malzeme modellerinin örnek bir kolon kesitindeki yerleri Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’dan da görüldüğü gibi enine sargı donatısı içinde kalan beton, sargılanmış beton olarak tanımlanmakta ve enine donatının dışında kalan sargılanmamış betona göre oldukça sünek ve basınç dayanımı yüksektir.

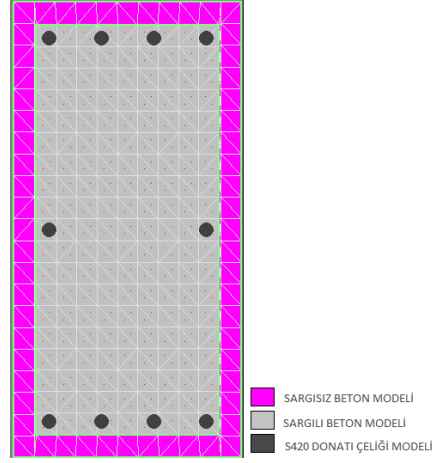


Şekil 5.6 : İlgili (h) kesitlerine göre DBHBYH 2007’de önerilen plastik mafsall uzunlukları.

- Sargısız Beton Malzeme Modeli : Şekil 5.7’de gerilme-birim şekil değiştirme grafiği verilen sargısız beton malzeme modeli bütün betonarme kesitlerin (kolon, kiriş) kabuk betonları için kullanılmıştır. Bu model kesit özelliklerine bağlı değildir.

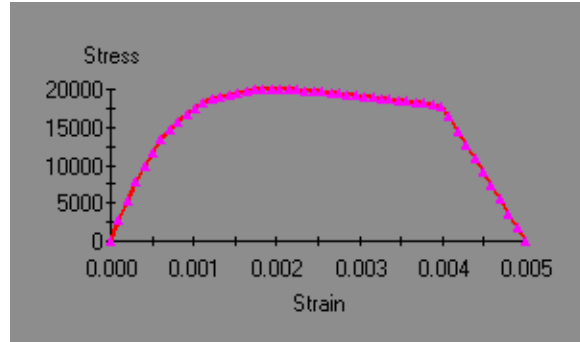


Şekil 5.7 : Mander beton modeli.

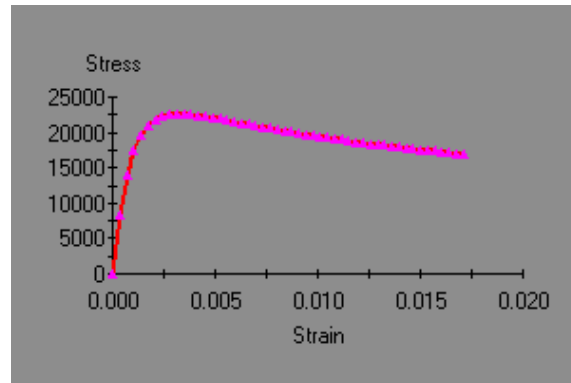


Şekil 5.8 : Bir kolon kesitinde kullanılan malzeme modelleri.

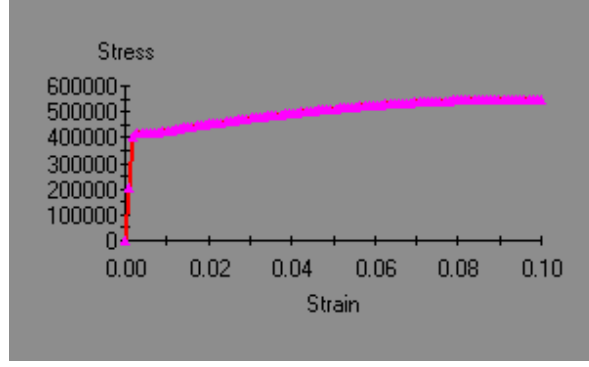
- Sargılı Beton Malzeme Modeli Şekil 5.10’da gerilme-birim şekil değiştirme grafiği verilen sargılı beton malzeme modeli S2 kolonu için verilmiş olup, betonarme elemanın kesit özelliklerine (sargılama, düşey donatı aralıkları, etriye açıklıkları vb.) göre değişkenlik gösterir.
- S420 Donatı Çeliği Malzeme Modeli; Bütün betonarme elemanlarda Şekil 5.11’de verilen çelik malzeme modeli kullanılmıştır.



Şekil 5.9 : C20 beton sınıfı için sargısız beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.



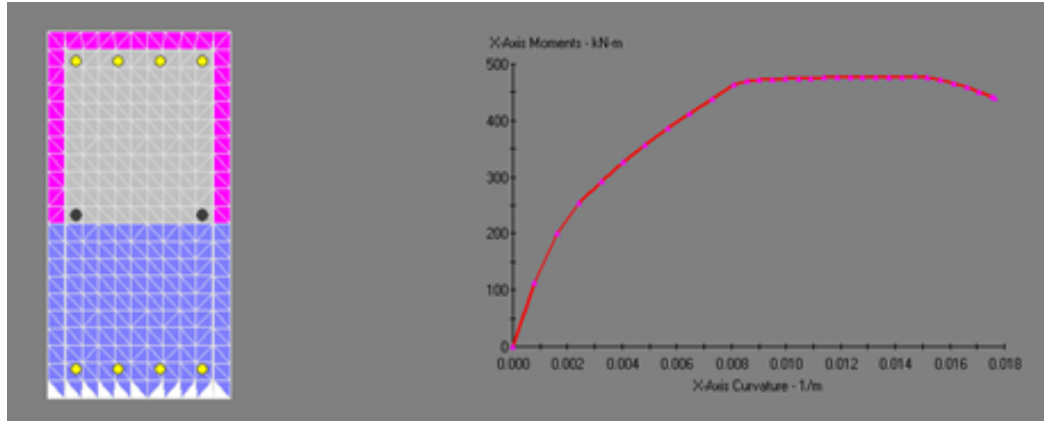
Şekil 5.10 : C20 beton sınıfı için sargılı beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.



Şekil 5.11 : S420 donatı çeliği malzeme modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

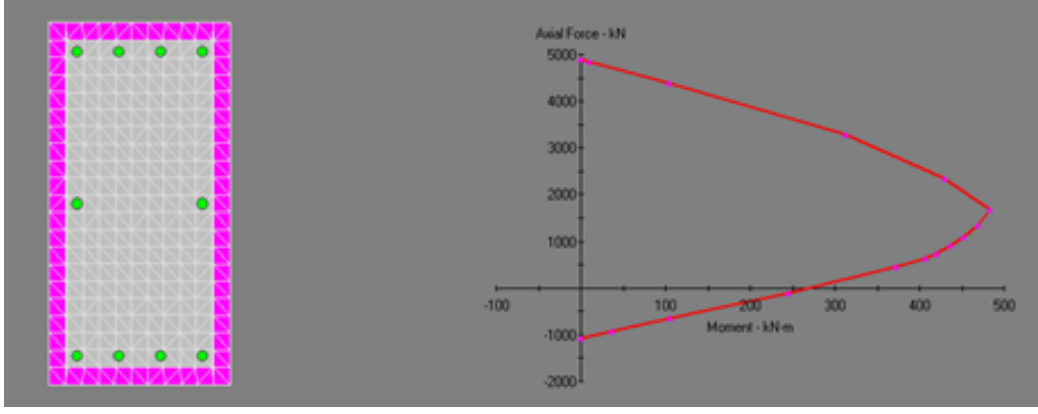
Moment-Eğrilik İlişkilerinin Belirlenmesi;

Eğilme ve eksenel yük ya da sadece eğilme etkisi altındaki betonarme kesitlerin davranışı, malzemenin doğrusal olmayan davranışı gözönünde bulundurularak belirlenmiş moment – eğrilik ilişkileri yardımıyla izlenebilir. Bu eğriler uygun malzeme modelleri belirlendikten sonra, taşıyıcı elemanların XTRACT programında modellenmesiyle elde edilebilir. XTRACT programı belirlediği moment – eğrilik bağıntısını oluşturan her noktada, beton ve donatı malzemelerinin şekildeğiştirme ve gerilme değerlerini de belirler. Bu değerler, itme analizi sonucunda elemanların hasar tespiti yapılırken kullanılacaktır. Şekil 5.12’ de yapıdaki kolonlardan birine ait moment – eğrilik ilişkisi ve Şekil 5.13’te karşılıklı etki diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.12 : S102 kolonu için moment-eğrilik bağıntısı (Section1 with MC1 Loading).

c) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu olan düşey yüklerin (G+nQ) gözönüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.



Şekil 5.13 : S102 kolonu için karşılıklı etki diyagramı (Section1 with PMM1 Loading).

d) Kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözönüne alındığı doğrusal olmayan statik analizin ardından sistem, orantılı olarak arttırılan eşdeğer deprem yükleri altında doğrusal olmayan teoriye göre hesaplanır. Eşdeğer deprem yükü dağılımı, taşıyıcı sistemdeki plastik kesitlerin oluşumlarından bağımsız biçimde yani sabit kaldığı varsayımı yapılarak, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Bu aşamada yapı sisteminin deprem doğrultusundaki birinci titreşim moduna ait özellikler elde edilir.(Çizelge 5.12). Statik itme analizine başlangıçta seçilen bir yatay yer değiştirme değerine kadar devam edilir.

Çizelge 5.12 : TSM-3 periyod, etkin kütle oranları.

Mod	Periyod (s)	Etkin Kütle Oranları (%)		Kontrol
		X Doğrultusu	Y Doğrultusu	
3	1.256	0.72	0	> 0.7
2	1.275	0	0.75	> 0.7

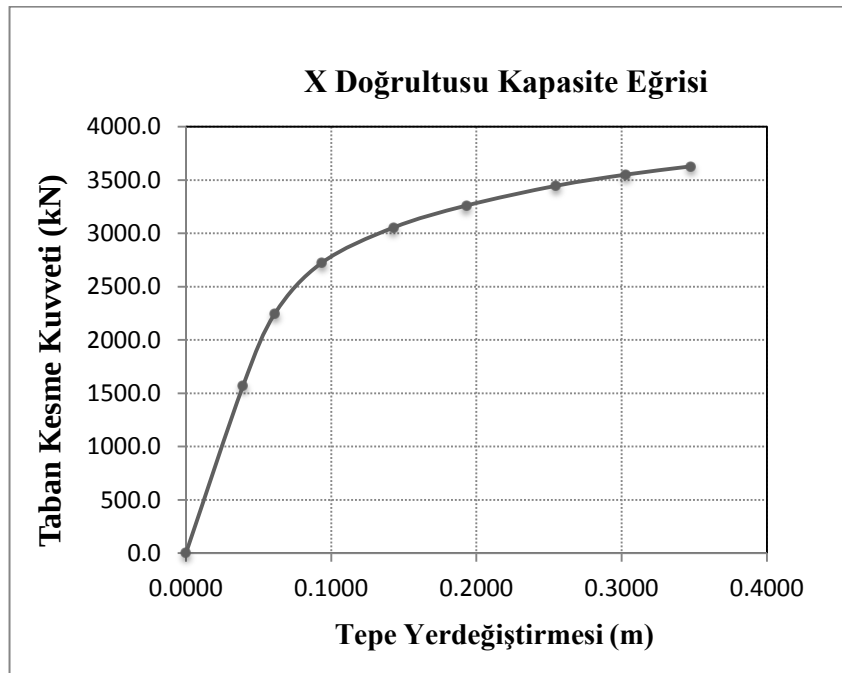
e) İtme analizinin her adımı için taban kesme kuvveti ve tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi bulunur.

X Doğrultusu İtme Analizi Sonuçları

Çizelge 5.13 : TSM-3 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{xN1}^{(1)}$ (m)	$V_{x1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0393	1569.2
2	0.0612	2245.2
3	0.0936	2723.1
4	0.1427	3052.3
5	0.1931	3259.4
6	0.2549	3444.7
7	0.3030	3549.5
8	0.3477	3626.9

X doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.35 m itildiği ve bu esnada 3626.9 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler izelge 5.13’te verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi şekil 5.14’te gösterilmiştir.

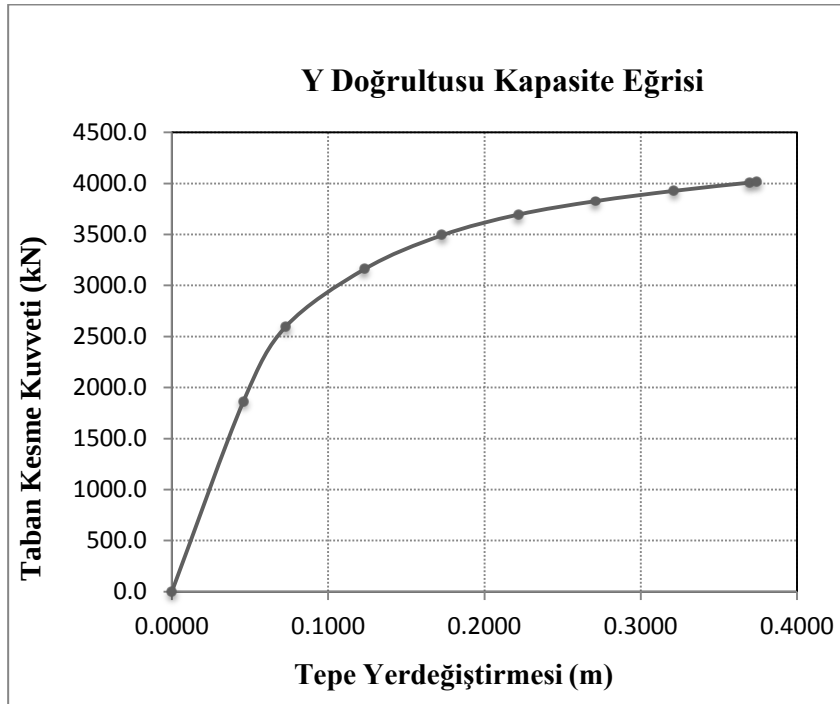


şekil 5.14 : TSM-3 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Y Doğrultusu İtme Analizi Sonuçları;

Çizelge 5.14 : TSM-3 POY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{vN1}^{(1)}$ (m)	$V_{v1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0458	1865.2
2	0.0728	2597.0
3	0.1231	3160.2
4	0.1728	3493.2
5	0.2217	3696.2
6	0.2710	3827.8
7	0.3213	3928.8
8	0.3695	4009.3
9	0.3742	4016.0



Şekil 5.15 : TSM-3 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Y doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.37 m itildiği ve bu esnada 4016 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.14’te verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.15’de gösterilmiştir.

f) Her iki doğrultuda elde edilen itme eğrileri aşağıdaki bağıntılar kullanılarak modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmüştür. (Yönetmelik 7.6.5.4)

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal ivme aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (5.10)$$

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal yer değiştirmenin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılır:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (5.11)$$

burada modal katkı çarpanı:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (5.12)$$

denklemden yararlanılarak elde edilir. Denklemlerde geçen birinci (hâkim) moda ait etkin kütle M_{x1} ve modal katkı çarpanı Γ_{x1} 'in bulunmasına ilişkin hesap özeti x doğrultusu için Çizelge 5.15 ve y doğrultusu için Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.15 : TSM-3 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$	$m_i\Phi_{ix1}^2$
8	1841.81	3	187.75	0.090953	17.07626	1.55314
7	3034.39	3	309.32	0.083838	25.93244	2.17412
6	3034.39	3	309.32	0.07391	22.86155	1.68970
5	3034.39	3	309.32	0.061413	18.99602	1.16660
4	3034.39	3	309.32	0.047323	14.63776	0.69270
3	3034.39	3	309.32	0.032538	10.06452	0.32748
2	3034.39	3	309.32	0.017962	5.55593	0.09980
1	3515.75	3	358.38	0.005726	2.05211	0.01175

L_{x1}	M_I	M_{x1}	E.K.O.	Γ_{x1}
117.177	7.715	1779.629	74%	15.188

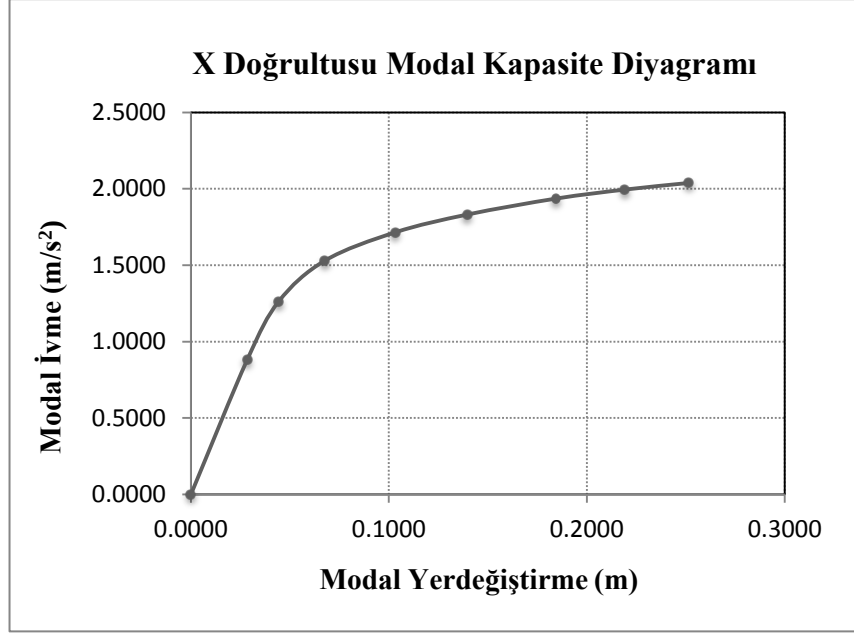
Çizelge 5.16 : TSM-3 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{iy1}	$m_i\Phi_{iy1}$	$m_i\Phi_{iy1}^2$
8	1841.81	2	187.75	0.088632	16.64050	1.47488
7	3034.39	2	309.32	0.083372	25.78829	2.15002
6	3034.39	2	309.32	0.074979	23.19220	1.73893
5	3034.39	2	309.32	0.063529	19.65054	1.24838
4	3034.39	2	309.32	0.049898	15.43425	0.77014
3	3034.39	2	309.32	0.034983	10.82080	0.37854
2	3034.39	2	309.32	0.019788	6.12075	0.12112
1	3515.75	2	358.38	0.006551	2.34778	0.01538
L_{y1}	M_1	M_{y1}	E.K.O.	Γ_{y1}		
119.995	7.897	1823.239	76%	15.194		

Koordinat dönüşümü ile bulunan modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri x doğrultusu için Çizelge 5.17 ve y doğrultusu için Çizelge 5.18’de, modal kapasite diyagramları ise Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de görülmektedir.

Çizelge 5.17 : TSM-3 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

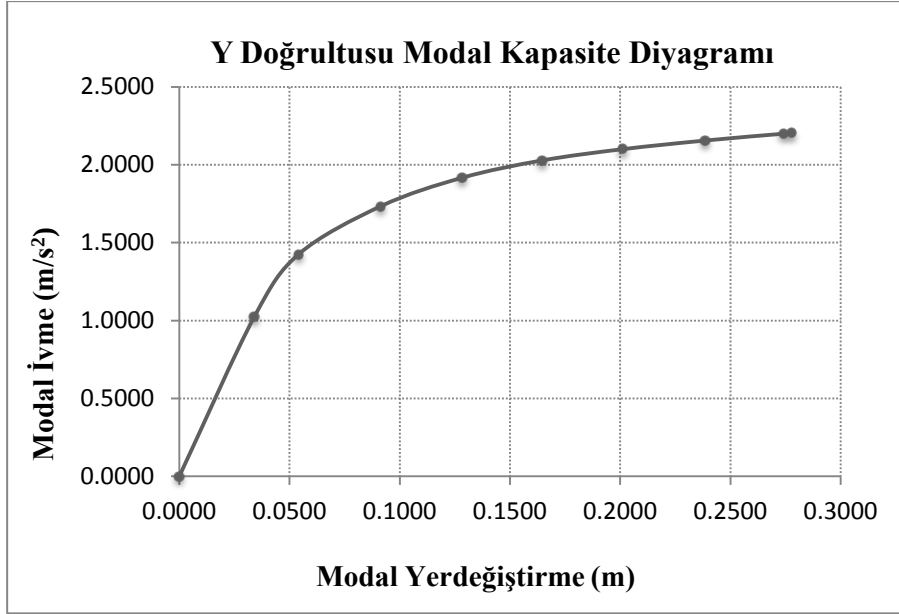
Adım	$u_{xN1}^{(i)}$ (m)	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	M_{x1}	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1779.629	15.188	0.0910	0	0
1	0.03933	1569.2	1779.629	15.188	0.0910	0.8818	0.0285
2	0.06119	2245.17	1779.629	15.188	0.0910	1.2616	0.0443
3	0.09361	2723.14	1779.629	15.188	0.0910	1.5302	0.0678
4	0.14274	3052.28	1779.629	15.188	0.0910	1.7151	0.1033
5	0.19311	3259.41	1779.629	15.188	0.0910	1.8315	0.1398
6	0.25491	3444.73	1779.629	15.188	0.0910	1.9356	0.1845
7	0.30297	3549.46	1779.629	15.188	0.0910	1.9945	0.2193
8	0.3477	3626.86	1779.629	15.188	0.0910	2.0380	0.2517



Şekil 5.16 : TSM-3 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

Çizelge 5.18 : TSM-3 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(i)}$ (m)	$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	M_{y1}	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1823.239	15.194	0.0886	0	0
1	0.04579	1865.23	1823.239	15.194	0.0886	1.0230	0.0340
2	0.07282	2597.03	1823.239	15.194	0.0886	1.4244	0.0541
3	0.12309	3160.23	1823.239	15.194	0.0886	1.7333	0.0914
4	0.17279	3493.24	1823.239	15.194	0.0886	1.9160	0.1283
5	0.2217	3696.19	1823.239	15.194	0.0886	2.0273	0.1646
6	0.27099	3827.8	1823.239	15.194	0.0886	2.0995	0.2012
7	0.32133	3928.83	1823.239	15.194	0.0886	2.1549	0.2386
8	0.3695	4009.31	1823.239	15.194	0.0886	2.1990	0.2744
9	0.37416	4016.04	1823.239	15.194	0.0886	2.2027	0.2778

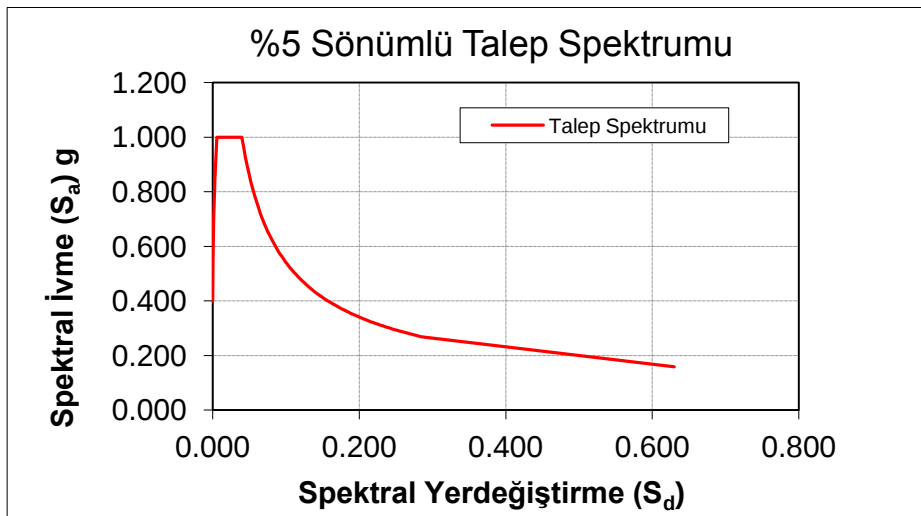


Şekil 5.17 : TSM-3 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

g) Performans noktasının bulunmasında ilk adım %5 sönümlü talep spektrumunu oluşturmaktır (Şekil 5.18). Bu spektrum yapının her iki deprem doğrultusu için de geçerlidir. Spektrum oluşturulurken periyod yerine spektral yerdeğiştirme değerleri;

$$S_d = \frac{S_a T^2}{4\pi^2} \quad (5.13)$$

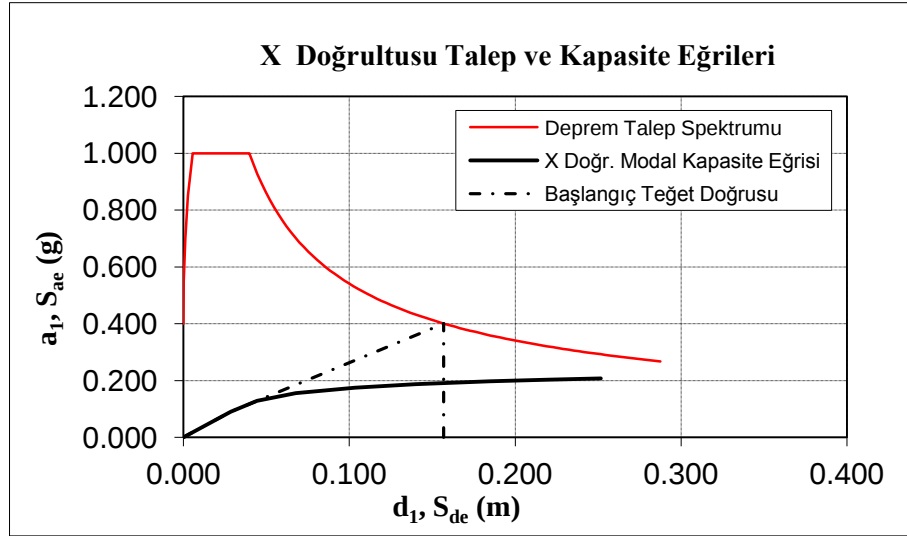
formülü yardımıyla hesaplanarak yazılır. Bulunan modal kapasite diyagramı ile zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrisi gözönüne alınarak modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşittir.



Şekil 5.18 : %5 sönümlü talep spektrumu.

X doğrultusu için modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanması:

Aşağıda modal kapasite eęrиси ile Tasarım Depremi ($A_0=0.4$) ve Z2 zemin parametreleri ($T_A=0.15$ s ve $T_B=0.40$ s) esas alınarak depremin talep spektrum eęrиси aynı anda çizilmiştir. Depremin elastik talep spektrumu ile modal kapasite eğrisinin başlangıç teğetinin eşit yerdeğiştirmede performans noktasını oluşturacağı düşünölürse, bu noktaya karşılık gelen spektral yerdeğiştirme (teğetin kestiği nokta) 0.157 m olarak okunur.



Şekil 5.19 : TSM-3 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürölümş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , elastik spektral ivme S_{ae1} 'e bağlı olarak;

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (5.14)$$

$$(\omega_1^{(1)})^2 = 25.035, S_{ae1}=3.928 \text{ m/s}^2, S_{de1}=0.157 \text{ m}$$

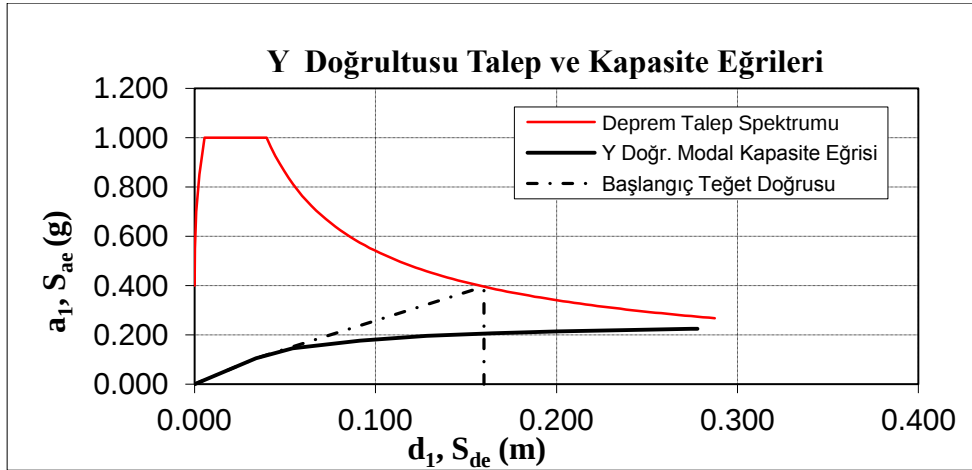
şeklinde bulunur. Doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} > T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$), doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sisteme ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşit olarak alınır. Buna göre spektral yerdeğiştirme oranı $C_{R1}=1$ alınır ($S_{di1}=C_{R1} S_{de1}$) (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 : TSM-3 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_x (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{di1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	1.256	0.40	3.928	0.157	1	0.157

Y doğrultusu için modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanması:

Y doğrultusundaki modal yerdeğiştirmenin grafik üzerinde bulunuşu Şekil (5.20)' de gösterilmiştir.



Şekil 5.20 : TSM-3 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (5.15)$$

$$(\omega_1^{(1)})^2 = 24.276$$

$$S_{ae1} = 3.880 \text{ m/s}^2$$

$$S_{de1} = 0.160 \text{ m}$$

$T_1^{(1)}=1.275 \text{ s} > T_B=0.4 \text{ s}$ olduğu için $C_{R1}=1$ alınır.

Çizelge 5.20 : TSM-3 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_y (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{di1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	1.275	0.40	3.880	0.160	1	0.160

x deprem doğrultusundaki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi için;

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (5.16)$$

denklemini ile hesaplanır.

$$u_{xN1}^{(p)} = 0.0910 \times 15.188 \times 0.157 = 0.217 \text{ m}$$

Binanın x yönündeki tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.217 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanarak bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanır. şekil (5.21)' de X doğrultusunda yapılan itme analizinde binanın tepe deplasmanı istemine ulaşıldığı adımda oluşan plastik kesitler görölmektedir.

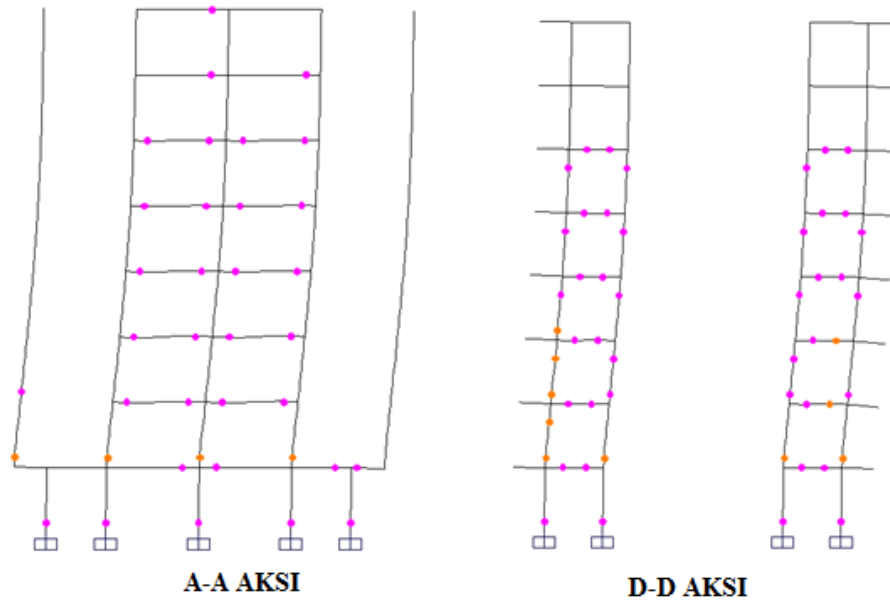
y deprem doğrultusundaki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi için;

$$u_{yN1}^{(p)} = \phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)} \quad (5.17)$$

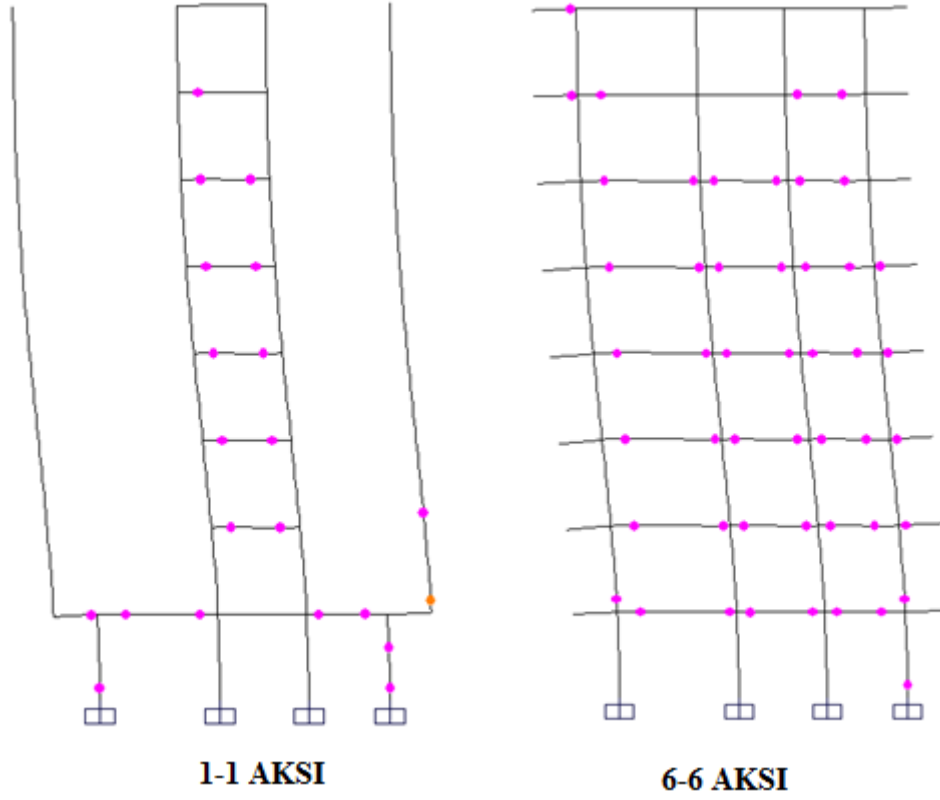
denklemini ile hesaplanır.

$$u_{yN1}^{(p)} = 0.0886 \times 15.194 \times 0.160 = 0.215 \text{ m}$$

Binanın y yönündeki tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.215 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanarak bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanır. şekil (5.22)' de Y doğrultusunda yapılan itme analizinde binanın tepe deplasmanı istemine ulaşıldığı adımda oluşan plastik kesitler görölmektedir.



şekil 5.21: X doğrultusunda oluşan plastik mafsallar.



Şekil 5.22: Y doğrultusunda oluşan plastik mafsallar.

h) İtme analizi sonucunda tüm plastik kesitlerden elde edilen plastik mafsal dönmeleri plastik mafsal boyuna bölünerek, bu kesitlere ait plastik eğrilik istemleri elde edilir.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (5.18)$$

i) Eşdeğer akma eğriliği ϕ_y Priestley formülü yardımıyla hesaplanır, [25].

$$\phi_y = \frac{2.1\varepsilon_{sy}}{h} \quad (5.19)$$

j) Çelikte akma birim uzaması $\varepsilon_{sy}=0.0021$, pekleşme başlangıcındaki çelik birim uzaması $\varepsilon_{sh}=0.008$, kopma birim uzaması $\varepsilon_{su}=0.1$ olarak alınmış, çelik akma dayanımı $f_{sy}=420$ MPa, çelik kopma dayanımı $f_{su}=550$ MPa olarak kullanılmıştır.

k) Eşdeğer akma eğriliği plastik eğrilik istemine eklenerek toplam eğrilik istemi elde edilir.

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (5.20)$$

l) Kirişlerde, toplam eğrilik istemi için, ilgili kesitte verilen beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak eğilme momenti-eğrilik diyagramları çizilir ve betonun birim kısalma, çeliğin ise birim boy değişmesi istemleri bulunur. Bu istem değerleri

kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak sünek davranışa ilişkin kesit hasar bölgeleri belirlenir.

m) K114 kirişi için örnek hesap yapılmıştır. Kesitte eşdeğer akma eğriliği değerinin bulunması için bir eksenli eğilme analizi yapılmıştır. Bu analizde dikkate alınan malzeme modelleri aşağıda özetlenmiştir.

n) Eğilme analizi için kullanılan malzeme modelleri bilgilendirme eki TDY2007 7.B.1'e göre dikkate alınmıştır. Kirişlerde enine donatı ile çevrelenen beton ve kabuk betonu sargısız beton ile modellenmiştir. Beton ezilme birim kısalması $\epsilon_c=0.004$, dağılma birim kısalması $\epsilon_c=0.005$, maksimum gerilmeye karşılık gelen beton birim kısalması 0.002 alınmış, sargısız beton dayanımı ise 20 MPa alınmıştır. Sargılı beton için maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi $\epsilon_{cu}=0.02$, sargılı beton dayanımı $f_{cc}=30$ MPa bulunmuştur.

X doğrultusunda itme analizi sonucu elde edilen

Plastik dönme istemi: $\theta_p=0.003511$ rad

Plastik eğrilik istemi: $\phi_p=\theta_p/L_p=0.003511/0.3=0.0117$ rad/m

Akma eğriliği:

$$\phi_y = \frac{2.1\epsilon_{sy}}{h} = \frac{2.1 \times 0.0021}{0.6} = 0.00735 \text{ rad/m}$$

Toplam eğrilik istemi: $\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.00735 + 0.0117 = 0.01905$ rad/m

Moment-eğrilik ilişkisinden bu değere karşılık gelen beton basınç birim şekil değiştirme istemi ile donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme istemi

$$\epsilon_c=0.00181$$

$$\epsilon_s=0.00924 \text{ bulunmuştur.}$$

TDY 2007 7.6.9'a göre yapıpan değerlendirmede:

$$\epsilon_c=0.00181 < (\epsilon_c)_{MN}=0.004$$

$$\epsilon_s=0.00924 < (\epsilon_s)_{MN}=0.01$$

Kesitteki hasar durumu, kesit Minimum Hasar Bölgesinde kalmaktadır (DBYBHY 2007 7.3.3).

o) Kolonlarda her farklı kolon kesiti için beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak eğilme momenti-eğrilik ilişkisi elde edilir. Moment-eğrilik ilişkisi elde edilirken kolonda sargı donatısının dayanıma ve şekil değiştirme kapasitesine olan etkisi seçilen Mander sargılı beton modeli ile gözönüne alınır. Kesit analizi yapılan programa (XTRACT) performans düzeylerine göre izin verilen şekil değiştirme sınırları tanımlanarak ilgili kesitin, bu sınırlara karşılık gelen normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramları elde edilir. Analiz sonucunda bulunan normal kuvvet-toplam eğrilik istemi değerleri bu diyagram üzerine yerleştirilerek kesitin hasar bölgesi belirlenir.

Örnek olarak seçilen S204 kolonu için hesap yapılmıştır. Kolonlarda enine donatı ile çevrelenen beton için sargılı ve kabuk betonu için ise sargısız beton modelleri kullanılmıştır.

X doğrultusundaki itme analizi için

Çalışan boy 0.3 m'dir, dolayısıyla $L_p = 0.3/2 = 0.15$ m

Maksimum plastik dönme istemi: $\theta_p = 0.000036$ rad

Plastik eğrilik istemi: $\phi_p = \theta_p / L_p = 0.000036/0.15 = 0.00024$ rad/m

p) Akma eğriliği: $\phi_y = \frac{2.1\varepsilon_{sy}}{h} = \frac{2.1 \times 0.0021}{0.3} = 0.0294$ rad/m

Toplam eğrilik istemi: $\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0294 + 0.00024 = 0.02964$ rad/m

Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik MN hasar durumu için çizilen diyagram ile GV diyagramı arasında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kolonun alt ucundaki plastik kesit için hasar durumu Belirgin Hasar Bölgesi olarak bulunur.

q) Gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin, iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla doğrusal olmayan itme analizinde hesaplanan tepe yerdeğiştirmesi istemine karşı gelen itme adımındaki eleman kesme kuvveti değerleri TS500'e göre belirlenen kesme kuvveti dayanımları ile karşılaştırılmıştır. Kirişte, kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır. K124 kirişi için örnek hesap yapılırsa:

Betonun katkısı:

$$f_{ctm} = 0.35 \times \sqrt{f_{cm}} \quad (5.21)$$

$$V_c = 0.8 \times 0.65 \times f_{ctm} b_w d = 0.8 \times 0.65 \times 0.35 \times \sqrt{20} \times 200 \times 600 = 97.671 kN$$

Enine donatının katkısı:

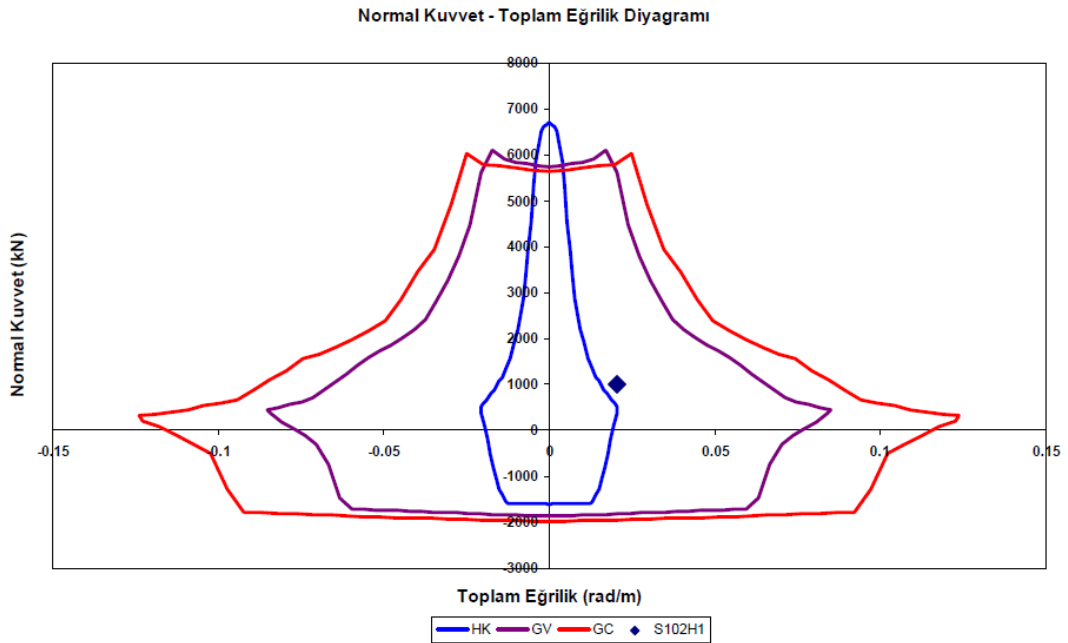
Enine donatı 1Ø8/10 cm

$$V_s = A_s f_{ys} \left(\frac{d}{s} \right) = 50 \times 420 \times \left(\frac{600 - 35}{100} \right) = 118.65 kN$$

Kesme kuvveti istemi $V = 77.075 kN$

$$V_r = V_c + V_s = 97.671 + 118.65 = 216.321 kN > 77.075 kN$$

Kesit, kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.



Şekil 5.23 : S102 kolonu kesit hasar bölgesinin belirlenmesi.

r) Kolonda da kesme kuvveti kapasitesi kontrolü yapılır. Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır. S101 kolonu için örnek hesap yapılırsa:

Betonun katkısı:

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 1368.236 kN$$

$$V_c = 0.8 \times 0.65 \times f_{ctm} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N}{A_c} \right)$$

$$V_c = 0.8 \times 0.65 \times 0.35 \times \sqrt{20} \times 500 \times 500 \left(1 + 0.07 \times \frac{1368236}{500 \times 500} \right) = 281.437 kN$$

Enine donatının katkısı:

Enine donatı 4Ø10/10 cm

$$V_s = A_s f_{ys} \left(\frac{d}{s} \right) = 314 \times 420 \times \left(\frac{500 - 35}{100} \right) = 613.242 kN$$

Kesme kuvveti istemi $V = 323.032$ kN

$$V_r = V_c + V_s = 281.437 + 613.242 = 894.679 kN > 323.032 kN$$

Kesit, kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

5.4.3.1 TSM-3 için bina performans değerlendirmesi

Tasarım depremi için yapılan itme analizi sonucunda, yapısal elemanların uçlarında tanımlanmış olan mafsallarda plastikleşmeler meydana gelmiştir. X ve Y doğrultularındaki itme durumları için her elemanın hasar durumu, DBYBHY Bölüm 7.6.9'da bahsedilen sınır şekil değiştirmeler gözönüne alınarak belirlenir. Her katta, hedef performans düzeyini sağlamayan kirişlerin kattaki toplam kiriş sayısına oranı ve hedef performans düzeyini sağlamayan kolonların aldıkları kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranı belirlenir. Herhangi bir katta elde edilen bu oranların, hedeflenen performans düzeyi için belirlenmiş oranlardan yüksek olması durumunda binanın hedef performans düzeyini sağlamadığı sonucuna varılır.

5.4.3.1.1 X Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Kirişler için X doğrultusunda, tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21 : TSM-3 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8	53	5	0	0	91	9	0	0
7	51	7	0	0	88	12	0	0
6	42	16	0	0	72	28	0	0
5	34	24	0	0	59	41	0	0
4	30	28	0	0	52	48	0	0
3	26	31	0	1	45	54	0	1
2	27	30	0	1	47	52	0	1
1	54	20	0	0	73	27	0	0

Kolonlar için X doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22 : TSM-3 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8	26	0	0	0	100	0	0	0
7	26	0	0	0	100	0	0	0
6	20	6	0	0	77	23	0	0
5	17	9	0	0	65	35	0	0
4	16	7	0	3	61	27	0	12
3	14	10	0	2	54	38	0	8
2	2	2	0	22	8	8	0	84
1	8	14	0	0	36	64	0	0

5.4.3.1.2 Y Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Kirişler için Y doğrultusunda, tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 5.23'te verilmiştir.

Çizelge 5.23 : TSM-3 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8	54	4	0	0	93	7	0	0
7	44	14	0	0	76	24	0	0
6	44	14	0	0	76	24	0	0
5	38	20	0	0	66	34	0	0
4	33	25	0	0	57	43	0	0
3	30	28	0	0	52	48	0	0
2	32	26	0	0	55	45	0	0
1	54	20	0	0	73	27	0	0

Kolonlar için Y doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.24 : TSM-3 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8	28	0	0	0	100	0	0	0
7	28	0	0	0	100	0	0	0
6	26	2	0	0	92	8	0	0
5	26	2	0	0	92	8	0	0
4	26	0	0	2	92	0	0	8
3	22	2	0	2	84	8	0	8
2	10	12	0	4	39	46	0	15
1	12	10	0	0	55	45	0	0

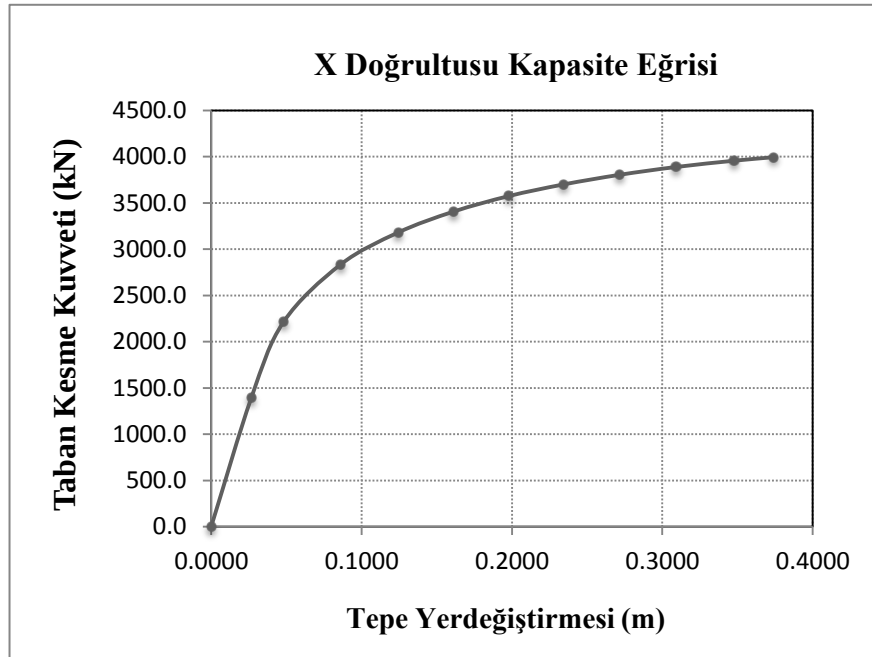
5.5 TSM-3A İçin Performans Değerlendirmesi

Bu sistem beklenen performansı sağlayamamıştır.

5.6 TSM-2 İçin Performans Değerlendirmesi

Çizelge 5.25 : TSM-2 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{xN1}^{(1)}$ (m)	$V_{x1}^{(1)}$ (kN)
0	0	0
1	0.0266	1390.9
2	0.0480	2212.2
3	0.0859	2832.6
4	0.1242	3179.9
5	0.1610	3406.4
6	0.1979	3574.8
7	0.2340	3699.9
8	0.2716	3804.9
9	0.3091	3889.4
10	0.3475	3957.0
11	0.3737	3994.8

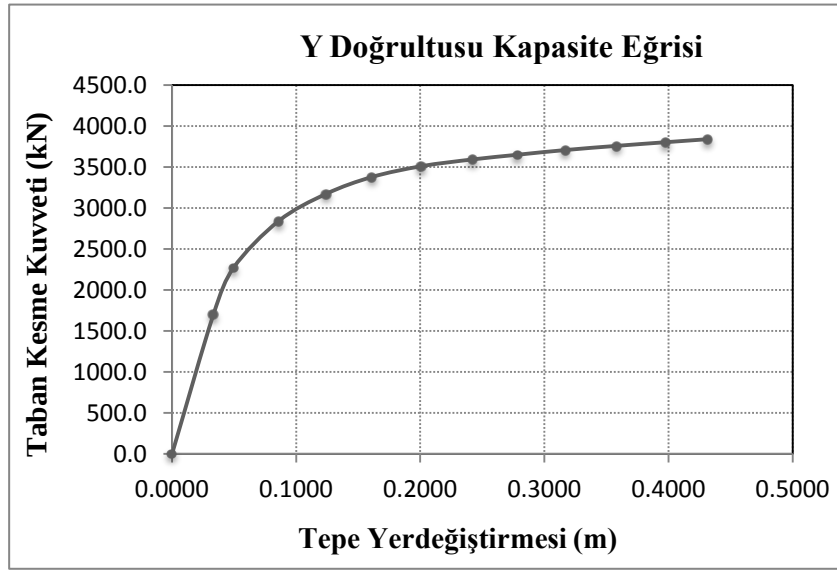


Şekil 5.24 : TSM-2 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.

X doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.37 m itildiği ve bu esnada 3994.8 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.25’te verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.24’ te gösterilmiştir.

Çizelge 5.26 : TSM-2 PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(1)}$ (m)	$V_{y1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0333	1699.1
2	0.0495	2270.0
3	0.0860	2842.4
4	0.1244	3173.9
5	0.1613	3379.3
6	0.2009	3510.1
7	0.2421	3592.7
8	0.2782	3649.7
9	0.3170	3707.4
10	0.3584	3758.5
11	0.3979	3803.0
12	0.4318	3839.7



Şekil 5.25 : TSM-2 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Y doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.43 m itildiği ve bu esnada 3839.7 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler izelge 5.26’da verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.25’te gösterilmiştir.

Birinci (hâkim) moda ait etkin ktle M_{x1} ve modal katkı çarpanı Γ_{x1} ’in bulunmasına ilişkin hesap zeti x doğrultusu için izelge 5.27 ve y doğrultusu için izelge 5.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27 : TSM-2 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$	$m_i\Phi_{ix1}^2$
6	1841.81	3	187.75	0.102496	19.24344	1.97238
5	3034.39	3	309.32	0.091737	28.37572	2.60310
4	3034.39	3	309.32	0.075023	23.20581	1.74097
3	3034.39	3	309.32	0.053434	16.52799	0.88316
2	3034.39	3	309.32	0.029943	9.26185	0.27733
1	3515.75	3	358.38	0.009502	3.40537	0.03236
L_{x1}	M_I	M_{x1}	E.K.O	Γ_{x1}		
100.020	7.509	1332.221	75%	13.320		

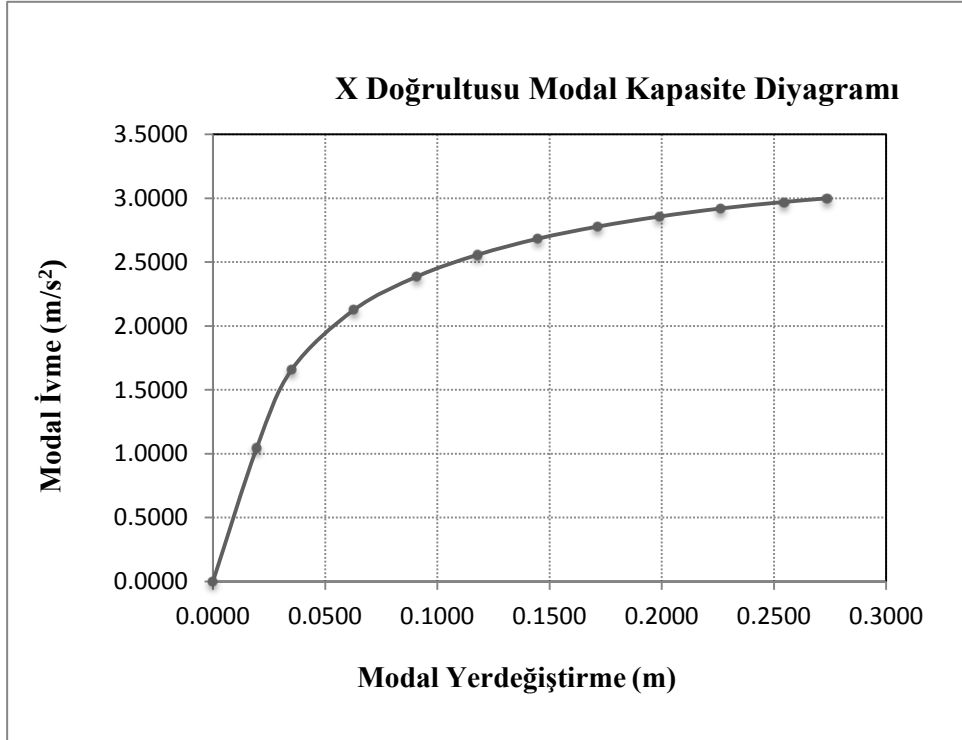
Çizelge 5.28 : TSM-2 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{iy1}	$m_i\Phi_{iy1}$	$m_i\Phi_{iy1}^2$
6	1841.81	2	187.75	0.10087	18.93816	1.91029
5	3034.39	2	309.32	0.091826	28.40325	2.60816
4	3034.39	2	309.32	0.076455	23.64876	1.80807
3	3034.39	2	309.32	0.055467	17.15683	0.95164
2	3034.39	2	309.32	0.031837	9.84769	0.31352
1	3515.75	2	358.38	0.010553	3.78203	0.03991
L_{y1}	M_I	M_{y1}	E.K.O	Γ_{y1}		
101.777	7.632	1357.320	76%	13.336		

Koordinat dönüşümü ile bulunan modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri x doğrultusu için Çizelge 5.29 ve y doğrultusu için Çizelge 5.30’da, modal kapasite diyagramları ise Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de görülmektedir.

Çizelge 5.29 : TSM-2 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

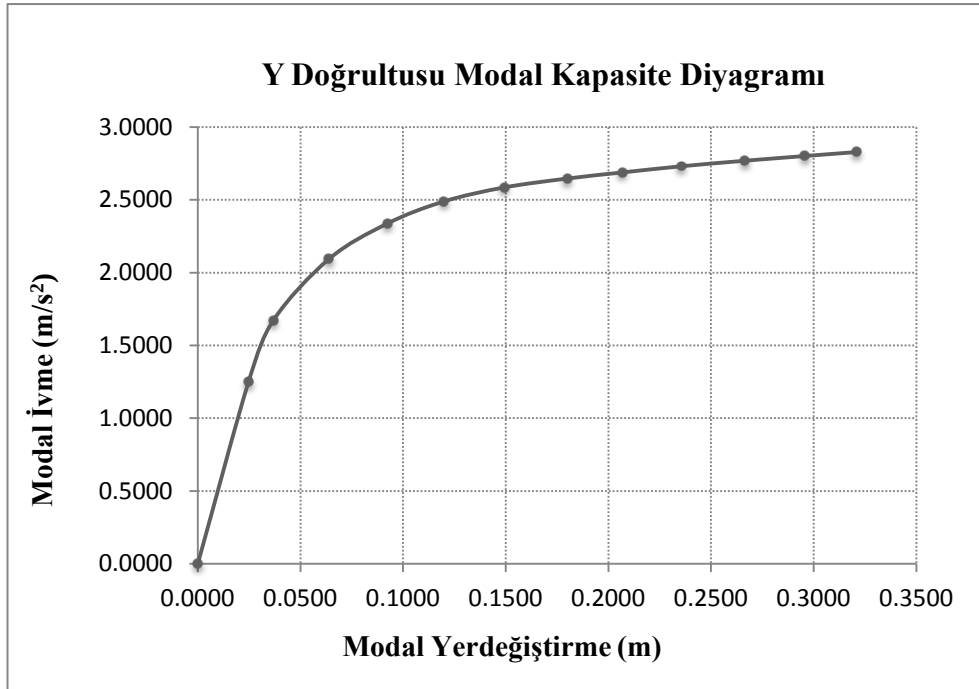
Adım	$u_{xN1}^{(i)}$ (m)	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	M_{x1}	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1332.221	13.320	0.1025	0	0
1	0.02663	1390.87	1332.221	13.320	0.1025	1.0440	0.0195
2	0.04803	2212.15	1332.221	13.320	0.1025	1.6605	0.0352
3	0.08586	2832.55	1332.221	13.320	0.1025	2.1262	0.0629
4	0.12416	3179.88	1332.221	13.320	0.1025	2.3869	0.0909
5	0.16102	3406.45	1332.221	13.320	0.1025	2.5570	0.1179
6	0.19788	3574.82	1332.221	13.320	0.1025	2.6834	0.1449
7	0.23401	3699.92	1332.221	13.320	0.1025	2.7773	0.1714
8	0.27156	3804.92	1332.221	13.320	0.1025	2.8561	0.1989
9	0.30908	3889.41	1332.221	13.320	0.1025	2.9195	0.2264
10	0.34752	3957	1332.221	13.320	0.1025	2.9702	0.2546
11	0.37368	3994.83	1332.221	13.320	0.1025	2.9986	0.2737



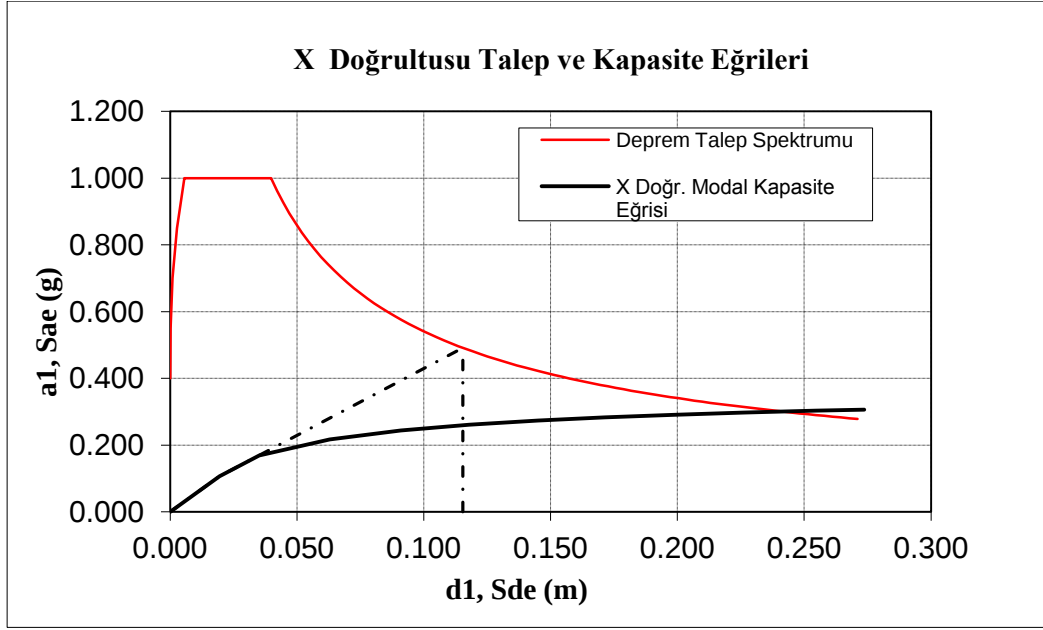
Şekil 5.26 : TSM-2 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

Çizelge 5.30 : TSM-2 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(i)}$ (m)	$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	M_{y1}	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1357.320	13.34	0.1009	0	0
1	0.0333	1699.07	1357.320	13.34	0.1009	1.2518	0.0248
2	0.0495	2269.98	1357.320	13.34	0.1009	1.6724	0.0368
3	0.08597	2842.36	1357.320	13.34	0.1009	2.0941	0.0639
4	0.12435	3173.89	1357.320	13.34	0.1009	2.3383	0.0924
5	0.16132	3379.31	1357.320	13.34	0.1009	2.4897	0.1199
6	0.20094	3510.14	1357.320	13.34	0.1009	2.5861	0.1494
7	0.24211	3592.66	1357.320	13.34	0.1009	2.6469	0.1800
8	0.27821	3649.7	1357.320	13.34	0.1009	2.6889	0.2068
9	0.31695	3707.37	1357.320	13.34	0.1009	2.7314	0.2356
10	0.35838	3758.5	1357.320	13.34	0.1009	2.7691	0.2664
11	0.39792	3803.02	1357.320	13.34	0.1009	2.8019	0.2958
12	0.43176	3839.72	1357.320	13.34	0.1009	2.8289	0.3210



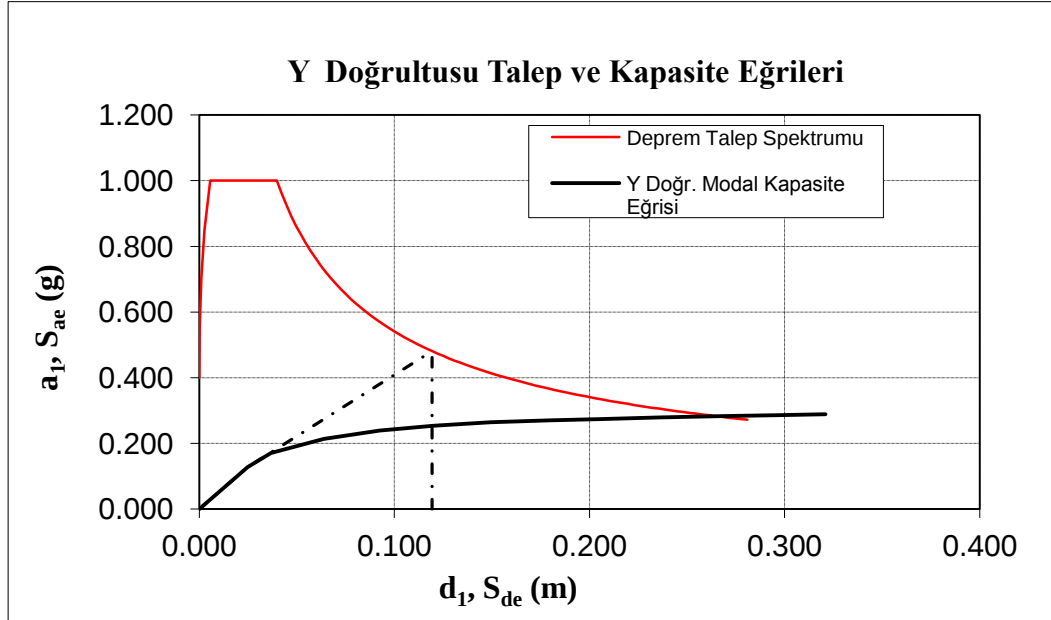
Şekil 5.27 : TSM-2 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.



Şekil 5.28 : TSM-2 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.31 : TSM-2 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_x (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{d1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.972	0.40	4.821	0.115	1	0.115



Şekil 5.29 : TSM-2 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.32 : TSM-2 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_y (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{di1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.999	0.40	4.716	0.119	1	0.115

5.6.1 X Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.33 : TSM-2 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	58	0	0	0	100	0	0	0
5	45	13	0	0	78	22	0	0
4	40	18	0	0	69	31	0	0
3	35	23	0	0	60	40	0	0
2	34	24	0	0	59	41	0	0
1	53	21	0	0	72	28	0	0

Çizelge 5.34 : TSM-2 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	26	0	0	0	100	0	0	0
5	26	0	0	0	100	0	0	0
4	24	2	0	0	92	8	0	0
3	24	2	0	0	92	8	0	0
2	14	12	0	0	54	46	0	0
1	15	7	0	0	68	32	0	0

5.6.2 Y Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.35 : TSM-2 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	56	2	0	0	97	3	0	0
5	46	12	0	0	79	21	0	0
4	42	16	0	0	72	28	0	0
3	36	22	0	0	62	38	0	0
2	36	22	0	0	62	38	0	0
1	58	16	0	0	78	22	0	0

Çizelge 5.36 : TSM-2 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

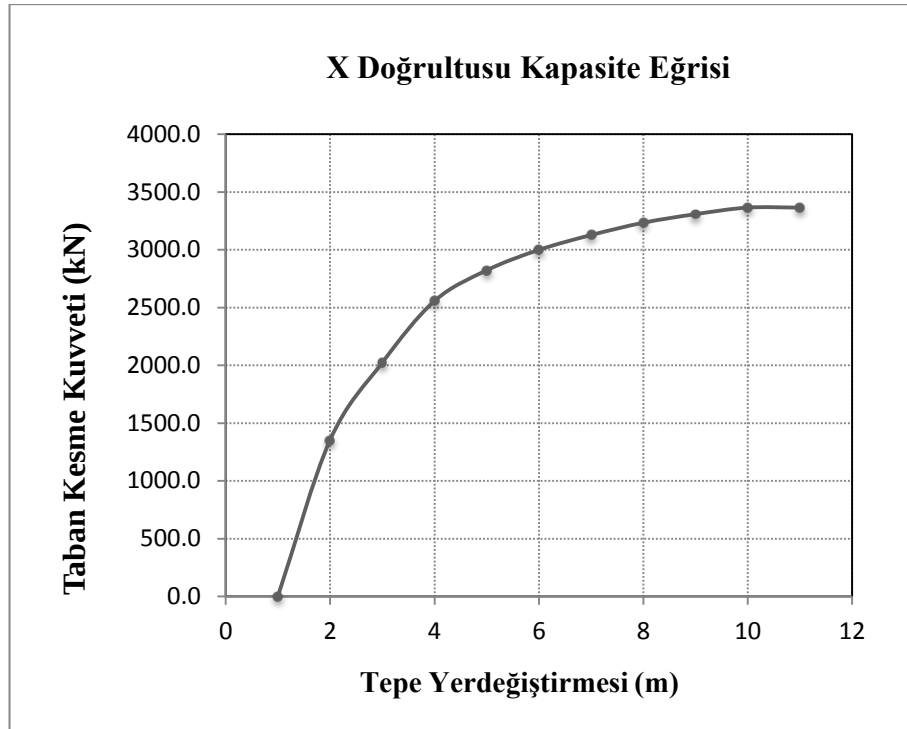
Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	26	0	0	0	100	0	0	0
5	25	1	0	0	96	4	0	0
4	23	3	0	0	88	12	0	0
3	23	3	0	0	88	12	0	0
2	13	13	0	0	50	50	0	0
1	12	10	0	0	55	45	0	0

5.7 TSM-2A İçin Performans Değerlendirmesi

Çizelge 5.37 : TSM-2A PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{xN1}^{(1)}$ (m)	$V_{x1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0277	1352.3
2	0.0465	2022.9
3	0.0826	2556.3
4	0.1197	2821.9
5	0.1576	2998.8
6	0.1944	3127.1
7	0.2325	3233.6
8	0.2689	3308.0
9	0.3085	3364.7
10	0.3085	3364.7

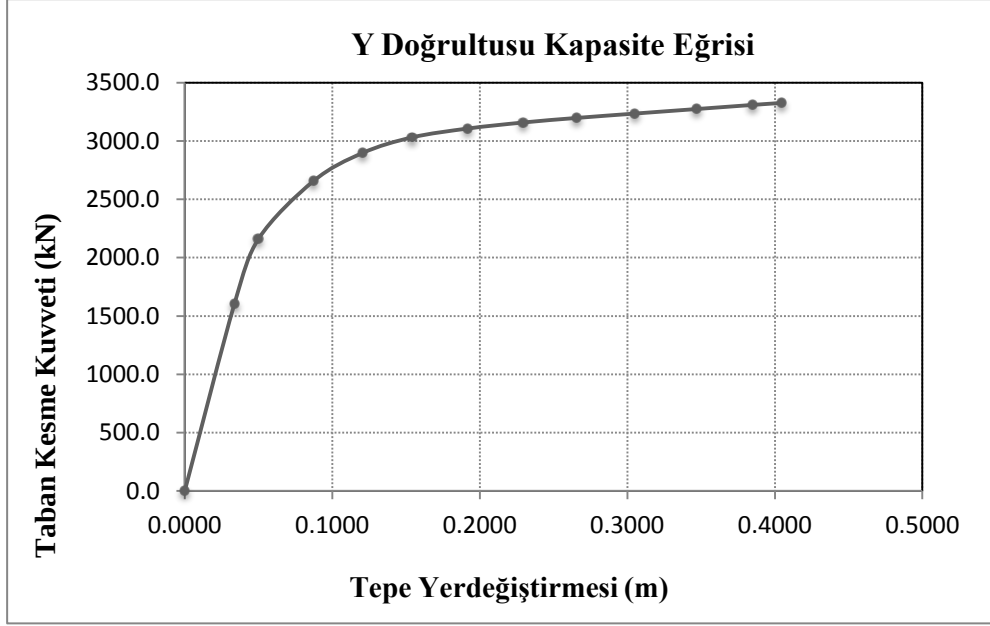
X doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.31 m itildiği ve bu esnada 3364.7 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.37’de verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.30’ da gösterilmiştir.



Şekil 5.30 : TSM-2A X doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Çizelge 5.38 : TSM-2A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(1)}$ (m)	$V_{y1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0337	1606.8
2	0.0500	2161.6
3	0.0872	2657.0
4	0.1205	2898.7
5	0.1543	3033.0
6	0.1920	3108.5
7	0.2295	3160.2
8	0.2658	3199.5
9	0.3053	3236.9
10	0.3472	3275.8
11	0.3851	3311.1
12	0.4050	3328.2



Şekil 5.31 : TSM-2A Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Y doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.41 m itildiği ve bu esnada 3328.2 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.38’de verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.31’ de gösterilmiştir.

Çizelge 5.39 : TSM-2A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

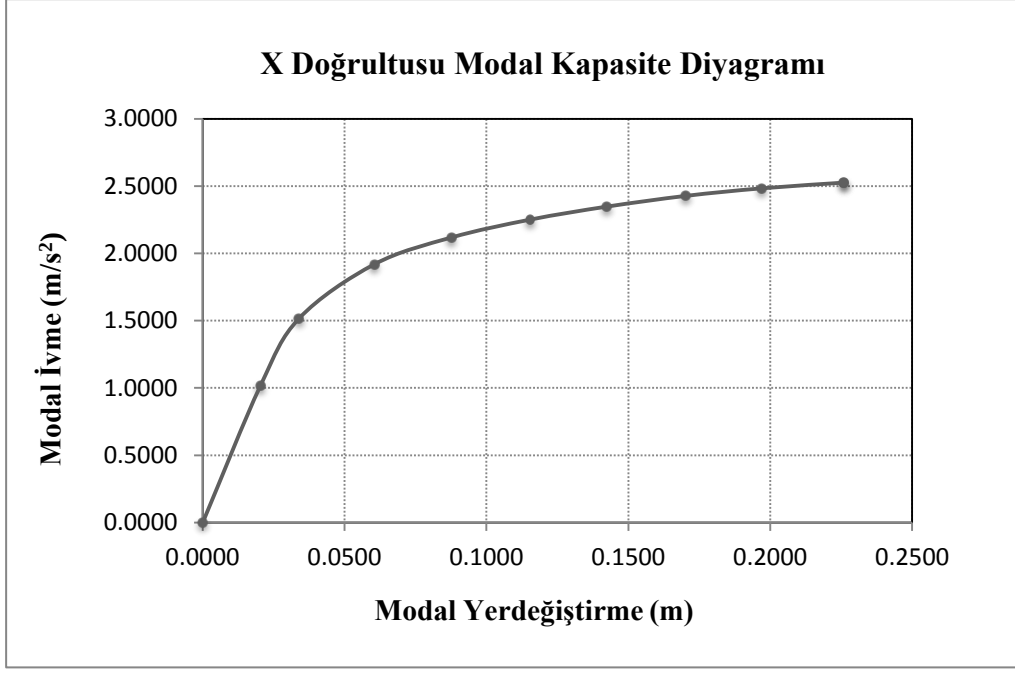
Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$	$m_i\Phi_{ix1}^2$
6	1841.81	3	187.75	0.102496	19.24344	1.97238
5	3034.39	3	309.32	0.091737	28.37572	2.60310
4	3034.39	3	309.32	0.075023	23.20581	1.74097
3	3034.39	3	309.32	0.053434	16.52799	0.88316
2	3034.39	3	309.32	0.029943	9.26185	0.27733
1	3515.75	3	358.38	0.009502	3.40537	0.03236
L_{x1}	M_1	M_{x1}	E.K.O	Γ_{x1}		
100.020	7.509	1332.221	75%	13.320		

Çizelge 5.40 : TSM-2A Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{iy1}	$m_i \Phi_{iy1}$	$m_i \Phi_{iy1}^2$
6	1841.81	2	187.75	0.10087	18.93816	1.91029
5	3034.39	2	309.32	0.091826	28.40325	2.60816
4	3034.39	2	309.32	0.076455	23.64876	1.80807
3	3034.39	2	309.32	0.055467	17.15683	0.95164
2	3034.39	2	309.32	0.031837	9.84769	0.31352
1	3515.75	2	358.38	0.010553	3.78203	0.03991
L_{y1}	M_1	M_{y1}	E.K.O	Γ_{y1}		
101.777	7.632	1357.320	76%	13.336		

Çizelge 5.41 : TSM-2A X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

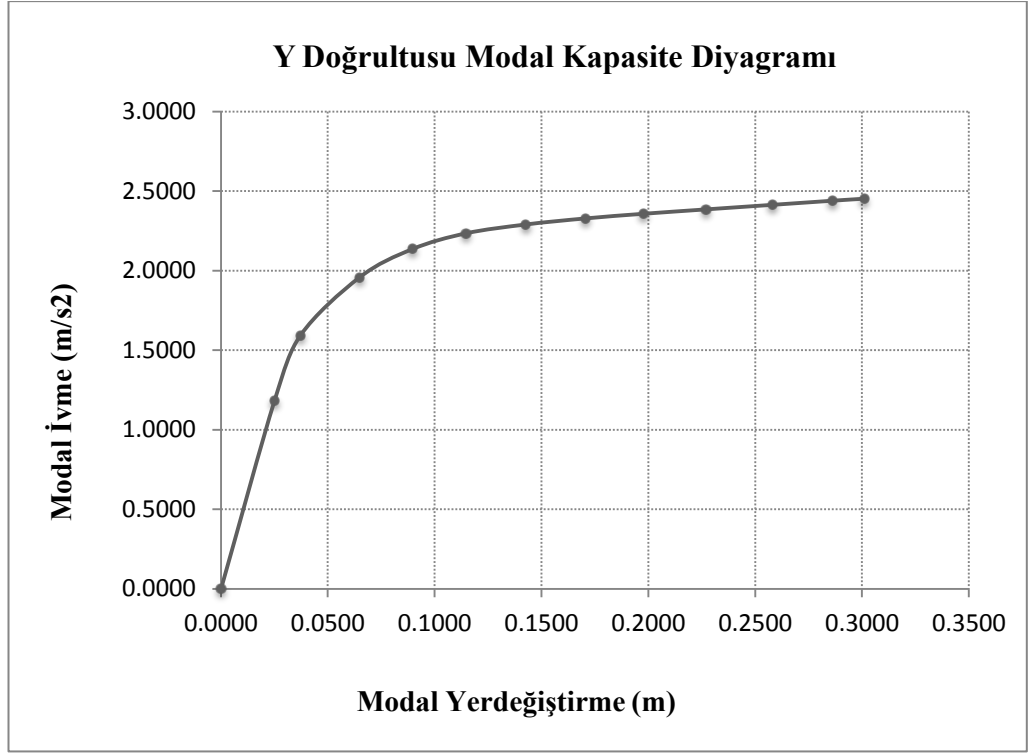
Adım	$u_{xN1}^{(i)}$ (m)	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	M_{x1}	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1332.221	13.320	0.1025	0.0000	0.0000
1	0.02772	1352.3	1332.221	13.320	0.1025	1.0151	0.0203
2	0.04648	2022.95	1332.221	13.320	0.1025	1.5185	0.0340
3	0.08256	2556.25	1332.221	13.320	0.1025	1.9188	0.0605
4	0.11972	2821.93	1332.221	13.320	0.1025	2.1182	0.0877
5	0.15761	2998.77	1332.221	13.320	0.1025	2.2510	0.1154
6	0.19444	3127.06	1332.221	13.320	0.1025	2.3473	0.1424
7	0.23248	3233.62	1332.221	13.320	0.1025	2.4272	0.1703
8	0.2689	3308.04	1332.221	13.320	0.1025	2.4831	0.1970
9	0.30849	3364.7	1332.221	13.320	0.1025	2.5256	0.2260
10	0.30849	3364.7	1332.221	13.320	0.1025	2.5256	0.2260



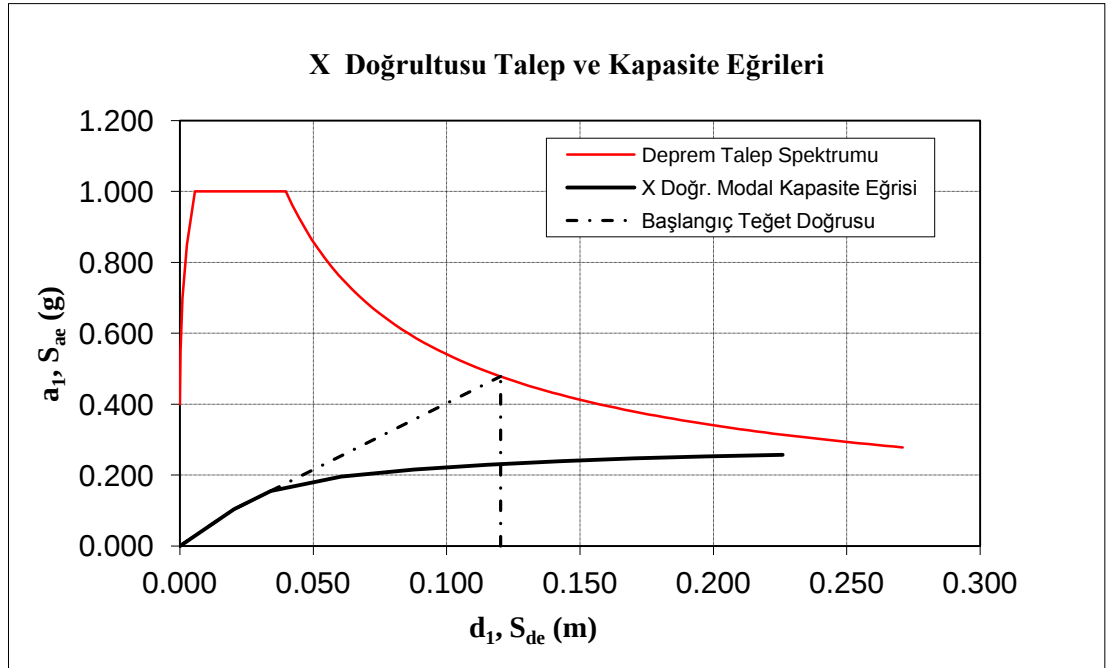
Şekil 5.32 : TSM-2A X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

Çizelge 5.42 : TSM-2A Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(i)}$ (m)	$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	M_{y1}	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	1357.320	13.34	0.1009	0.0000	0.0000
1	0.03372	1606.84	1357.320	13.34	0.1009	1.1838	0.0251
2	0.04997	2161.61	1357.320	13.34	0.1009	1.5926	0.0371
3	0.0872	2656.95	1357.320	13.34	0.1009	1.9575	0.0648
4	0.12055	2898.72	1357.320	13.34	0.1009	2.1356	0.0896
5	0.15433	3033.04	1357.320	13.34	0.1009	2.2346	0.1147
6	0.19198	3108.52	1357.320	13.34	0.1009	2.2902	0.1427
7	0.22952	3160.18	1357.320	13.34	0.1009	2.3283	0.1706
8	0.2658	3199.48	1357.320	13.34	0.1009	2.3572	0.1976
9	0.30528	3236.88	1357.320	13.34	0.1009	2.3848	0.2269
10	0.3472	3275.85	1357.320	13.34	0.1009	2.4135	0.2581
11	0.38509	3311.05	1357.320	13.34	0.1009	2.4394	0.2863
12	0.40496	3328.21	1357.320	13.34	0.1009	2.4520	0.3010



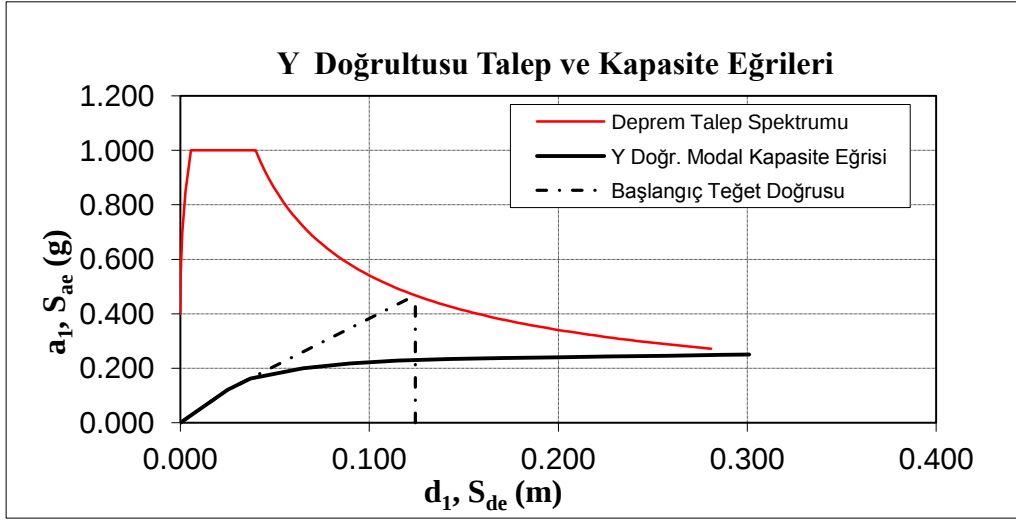
Şekil 5.33 : TSM-2A Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.



Şekil 5.34 : TSM-2A modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.43 : TSM-2A X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_x (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{d1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	1.006	0.40	4.690	0.120	1	0.120



Şekil 5.35 : TSM-2A modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.44 : TSM-2A Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_y (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{d1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	1.034	0.40	4.589	0.124	1	0.124

5.7.1 X Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.45 : TSM-2A kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	51	7	0	0	88	12	0	0
5	39	19	0	0	67	33	0	0
4	33	25	0	0	57	43	0	0
3	27	31	0	0	47	53	0	0
2	29	29	0	0	50	50	0	0
1	52	22	0	0	70	30	0	0

Çizelge 5.46 : TSM-2A kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	26	0	0	0	100	0	0	0
5	26	0	0	0	100	0	0	0
4	26	0	0	0	100	0	0	0
3	25	1	0	0	96	4	0	0
2	10	16	0	0	38	62	0	0
1	13	9	0	0	59	41	0	0

5.7.2 Y Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.47 : TSM-2A kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	44	14	0	0	76	24	0	0
5	42	16	0	0	72	28	0	0
4	37	21	0	0	64	36	0	0
3	31	27	0	0	53	47	0	0
2	32	26	0	0	55	45	0	0
1	56	18	0	0	76	24	0	0

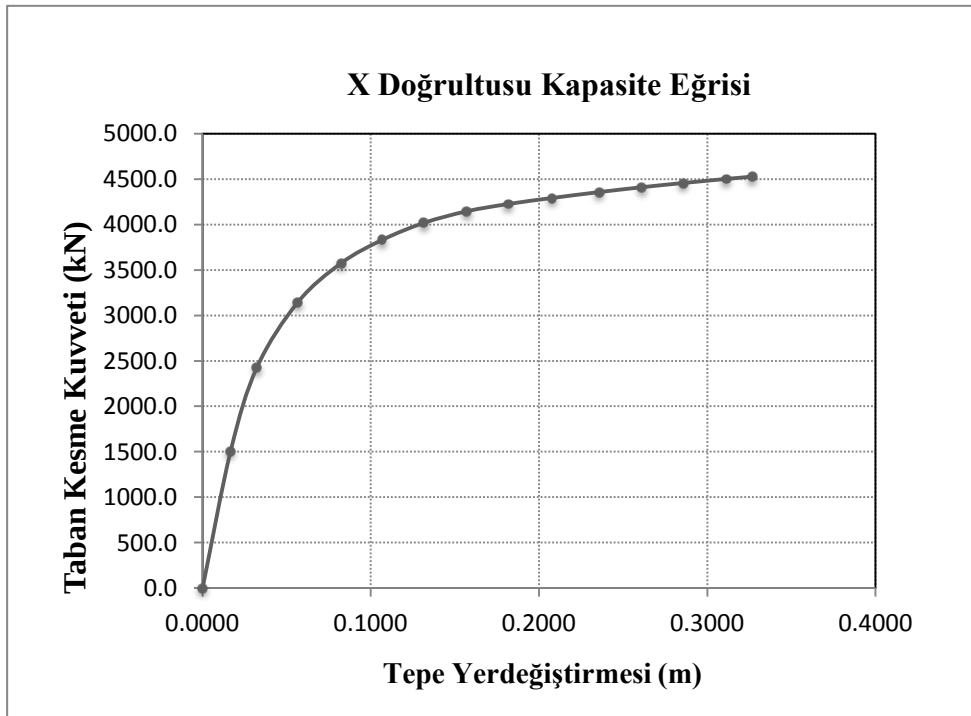
Çizelge 5.48 : TSM-2A kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	26	0	0	0	100	0	0	0
5	25	1	0	0	96	4	0	0
4	23	3	0	0	88	12	0	0
3	25	1	0	0	96	4	0	0
2	10	16	0	0	38	62	0	0
1	4	18	0	0	18	82	0	0

5.8 TSM-1 İçin Performans Değerlendirmesi

Çizelge 5.49 : TSM-1 PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{xN1}^{(1)}$ (m)	$V_{x1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0167	1508.1
2	0.0324	2431.1
3	0.0566	3146.0
4	0.0825	3576.2
5	0.1068	3831.5
6	0.1316	4018.9
7	0.1572	4146.6
8	0.1817	4226.3
9	0.2077	4292.4
10	0.2360	4357.9
11	0.2613	4411.3
12	0.2858	4457.6
13	0.3113	4502.0
14	0.3267	4527.7



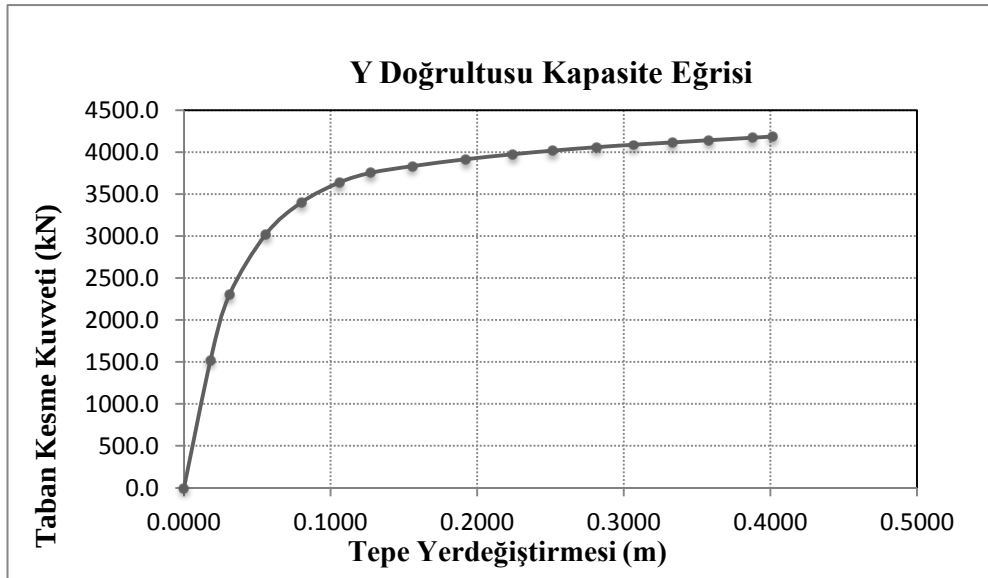
Şekil 5.36 : TSM-1 X doğrultusundaki kapasite eğrisi.

X doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.33 m itildiği ve bu esnada 4527.7 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda

elde edilen değerler izelge 5.49’da verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi şekil 5.36’ da gösterilmiştir.

Çizelge 5.50 : TSM-1 PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(1)}$ (m)	$V_{y1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0182	1522.3
2	0.0310	2300.3
3	0.0559	3022.9
4	0.0804	3404.0
5	0.1061	3638.7
6	0.1274	3753.3
7	0.1561	3834.0
8	0.1924	3915.8
9	0.2246	3975.0
10	0.2516	4018.3
11	0.2814	4059.1
12	0.3068	4088.3
13	0.3333	4115.7
14	0.3582	4141.8
15	0.3878	4171.7
16	0.4016	4186.4



şekil 5.37 : TSM-1 Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Y doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.40 m itildiği ve bu esnada 4186.4 kN’luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda

elde edilen değerler izelge 5.50’de verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi şekil 5.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.51 : TSM-1 X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

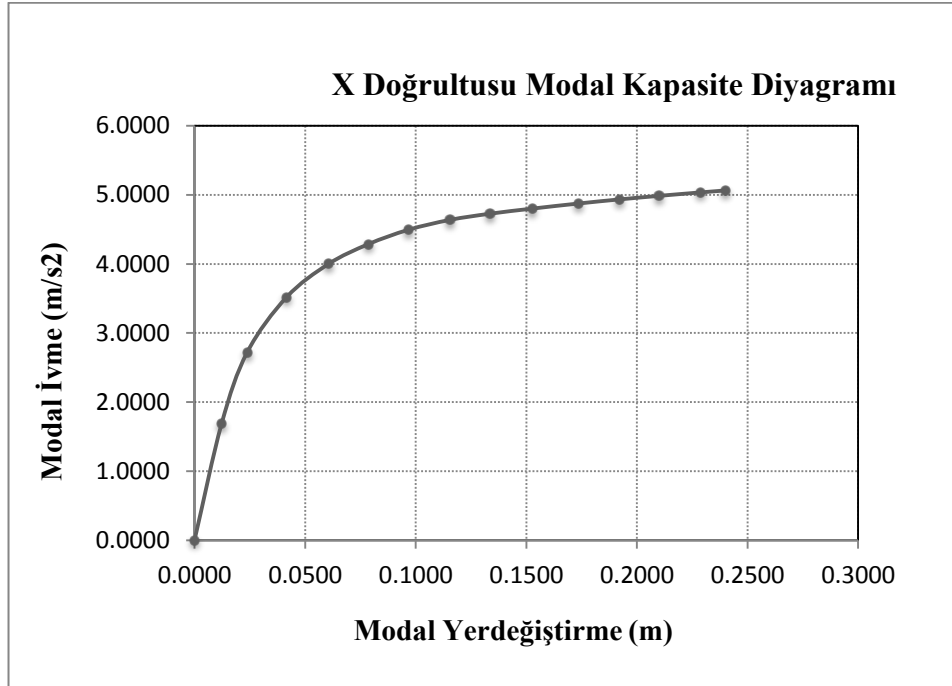
Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$	$m_i\Phi_{ix1}^2$
4	1841.81	3	187.75	0.12398	23.27702	2.88589
3	3034.39	3	309.32	0.10113	31.28113	3.16346
2	3034.39	3	309.32	0.062693	19.39195	1.21574
1	3515.75	3	358.38	0.020984	7.52034	0.15781
L_{x1}	M_I	M_{x1}	E.K.O	Γ_{x1}		
81.470	7.423	894.184	77%	10.976		

Çizelge 5.52 : TSM-1 Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{iy1}	$m_i\Phi_{iy1}$	$m_i\Phi_{iy1}^2$
4	1841.81	2	187.75	0.123689	23.22239	2.87235
3	3034.39	2	309.32	0.101793	31.48620	3.20508
2	3034.39	2	309.32	0.064408	19.92243	1.28316
1	3515.75	2	358.38	0.022438	8.04143	0.18043
L_{y1}	M_I	M_{y1}	E.K.O	Γ_{y1}		
82.672	7.541	906.340	78%	10.963		

Çizelge 5.53 : TSM-1 X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

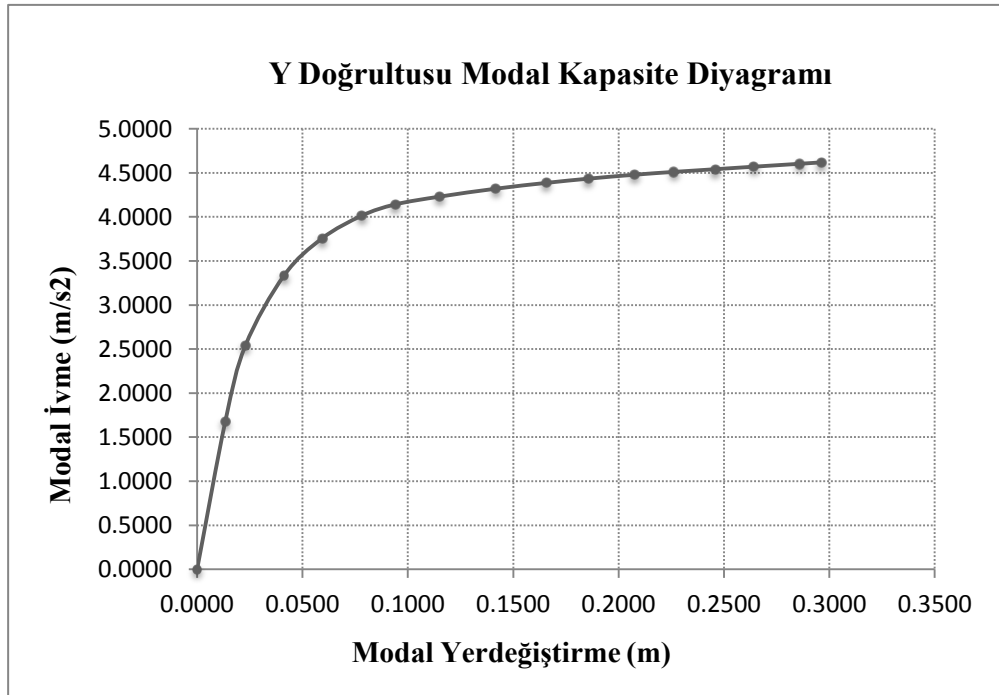
Adım	$u_{xN1}^{(i)}$ (m)	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	M_{x1}	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	894.184	10.976	0.1240	0.0000	0.0000
1	0.01667	1508.1	894.184	10.976	0.1240	1.6866	0.0123
2	0.03237	2431.14	894.184	10.976	0.1240	2.7188	0.0238
3	0.05664	3146.02	894.184	10.976	0.1240	3.5183	0.0416
4	0.08246	3576.2	894.184	10.976	0.1240	3.9994	0.0606
5	0.10682	3831.46	894.184	10.976	0.1240	4.2849	0.0785
6	0.13165	4018.94	894.184	10.976	0.1240	4.4945	0.0967
7	0.15715	4146.63	894.184	10.976	0.1240	4.6373	0.1155
8	0.18171	4226.29	894.184	10.976	0.1240	4.7264	0.1335
9	0.20773	4292.35	894.184	10.976	0.1240	4.8003	0.1527
10	0.23596	4357.94	894.184	10.976	0.1240	4.8737	0.1734
11	0.26131	4411.26	894.184	10.976	0.1240	4.9333	0.1920
12	0.28577	4457.57	894.184	10.976	0.1240	4.9851	0.2100
13	0.31127	4502.02	894.184	10.976	0.1240	5.0348	0.2287
14	0.32667	4527.68	894.184	10.976	0.1240	5.0635	0.2401



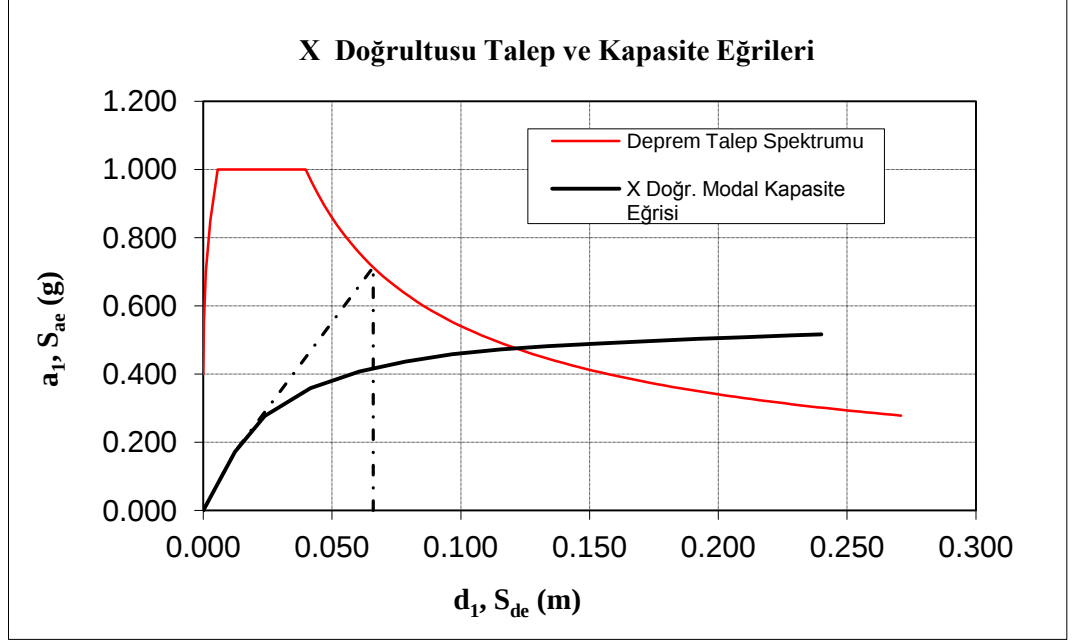
Şekil 5.38 : TSM-1 X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

Çizelge 5.54 : TSM-1 Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(i)}$ (m)	$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	M_{y1}	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	3.2E-05	0	906.340	10.96	0.1237	0.0000	0.0000
1	0.01816	1522.27	906.340	10.96	0.1237	1.6796	0.0134
2	0.03103	2300.25	906.340	10.96	0.1237	2.5380	0.0229
3	0.05594	3022.85	906.340	10.96	0.1237	3.3352	0.0413
4	0.08042	3403.98	906.340	10.96	0.1237	3.7557	0.0593
5	0.1061	3638.69	906.340	10.96	0.1237	4.0147	0.0782
6	0.12741	3753.26	906.340	10.96	0.1237	4.1411	0.0940
7	0.15607	3833.99	906.340	10.96	0.1237	4.2302	0.1151
8	0.19238	3915.75	906.340	10.96	0.1237	4.3204	0.1419
9	0.2246	3974.98	906.340	10.96	0.1237	4.3857	0.1656
10	0.25163	4018.33	906.340	10.96	0.1237	4.4336	0.1856
11	0.28143	4059.09	906.340	10.96	0.1237	4.4785	0.2075
12	0.30679	4088.29	906.340	10.96	0.1237	4.5108	0.2262
13	0.33334	4115.74	906.340	10.96	0.1237	4.5411	0.2458
14	0.35816	4141.83	906.340	10.96	0.1237	4.5698	0.2641
15	0.38777	4171.69	906.340	10.96	0.1237	4.6028	0.2860
16	0.40162	4186.37	906.340	10.96	0.1237	4.6190	0.2962



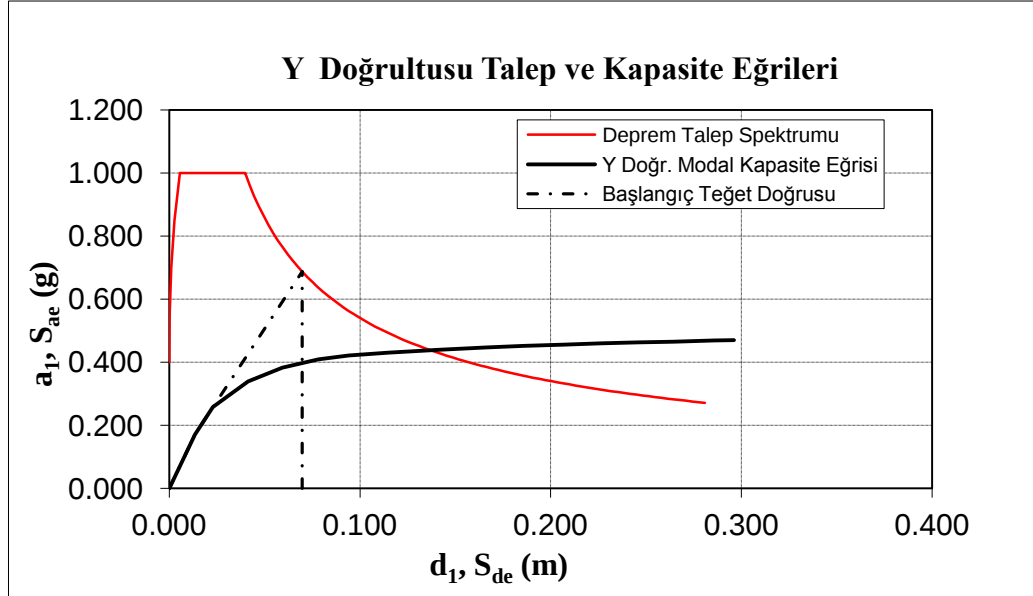
Şekil 5.39 : TSM-1 Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.



Şekil 5.40 : TSM-1 modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.55 : TSM-1 X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_x (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{d1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.609	0.40	7.000	0.066	1	0.066



Şekil 5.41 : TSM-1 modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.56 : TSM-1 Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_y (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{di1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.638	0.40	6.750	0.070	1	0.070

5.8.1 X Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.57 : TSM-1 kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	55	3	0	0	95	5	0	0
3	42	16	0	0	72	28	0	0
2	37	21	0	0	64	36	0	0
1	56	18	0	0	76	24	0	0

Çizelge 5.58 : TSM-1 kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	26	0	0	0	100	0	0	0
3	25	1	0	0	96	4	0	0
2	18	8	0	0	69	31	0	0
1	17	5	0	0	77	23	0	0

5.8.2 Y Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.59 : TSM-1 kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	52	6	0	0	90	10	0	0
3	42	16	0	0	72	28	0	0
2	38	20	0	0	66	34	0	0
1	60	14	0	0	81	19	0	0

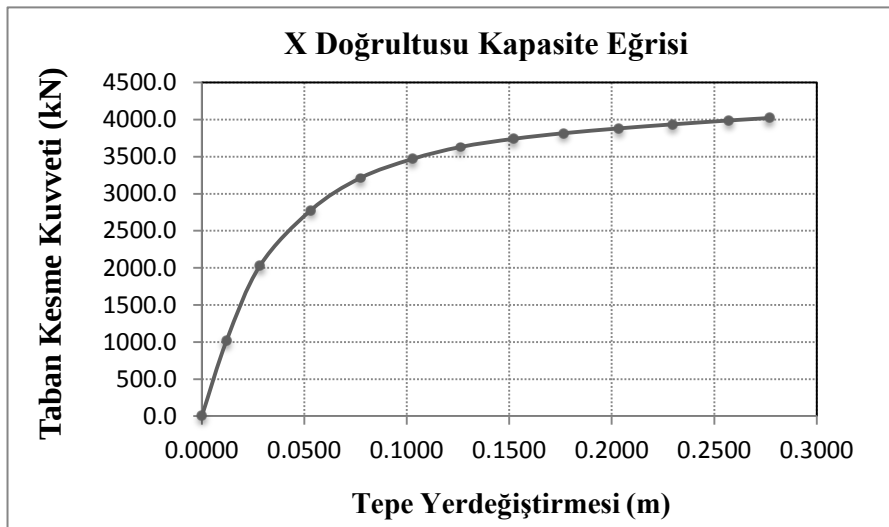
Çizelge 5.60 : TSM-1 kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	25	1	0	0	96	4	0	0
3	25	1	0	0	96	4	0	0
2	18	8	0	0	69	31	0	0
1	14	8	0	0	64	36	0	0

5.9 TSM-1A İçin Performans Değerlendirmesi

Çizelge 5.61 : TSM-1A PUSH-XX analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u^{(1)}_{xN1}$ (m)	$V^{(1)}_{x1}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0120	1016.4
2	0.0283	2028.0
3	0.0532	2778.1
4	0.0773	3211.5
5	0.1027	3467.8
6	0.1263	3630.6
7	0.1519	3739.3
8	0.1765	3815.4
9	0.2035	3880.5
10	0.2297	3935.4
11	0.2573	3987.9
12	0.2769	4021.0



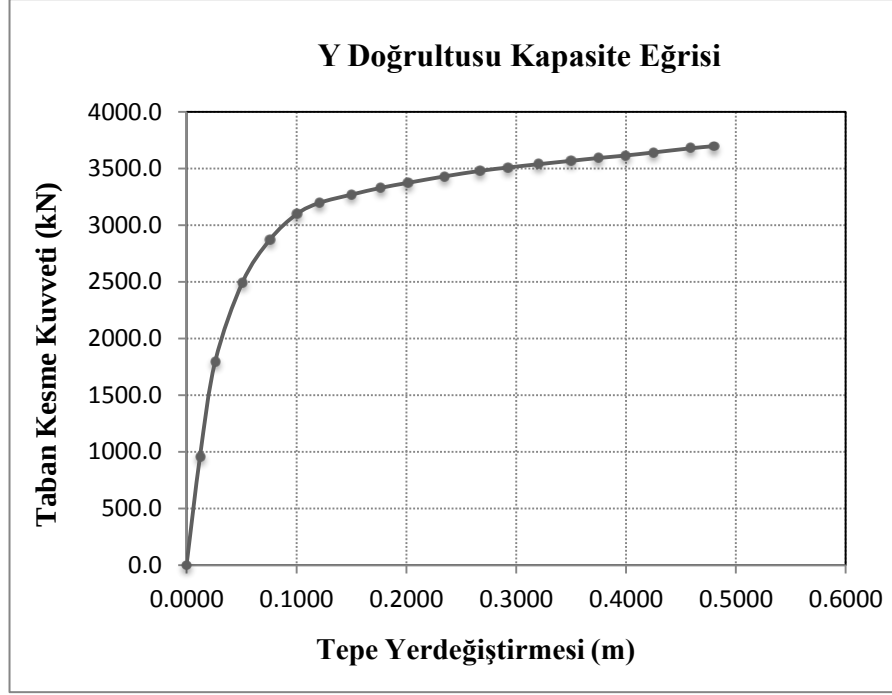
Şekil 5.42 : TSM-1A X doğrultusundaki kapasite eğrisi.

X doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.28 m itildiği ve bu esnada 4021 kN'luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.61'de verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.42' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.62 : TSM-1A PUSH-YY analiz durumundan elde edilen taban kesme kuvveti - tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(1)}$ (m)	$V_{y1}^{(1)}$ (kN)
0	0.0000	0.0
1	0.0123	959.1
2	0.0261	1797.1
3	0.0509	2495.6
4	0.0760	2875.8
5	0.1003	3099.8
6	0.1210	3199.3
7	0.1503	3272.4
8	0.1768	3331.8
9	0.2016	3376.2
10	0.2347	3432.6
11	0.2670	3481.4
12	0.2924	3511.1
13	0.3205	3540.7
14	0.3499	3570.4
15	0.3747	3595.0
16	0.3997	3617.3
17	0.4247	3644.1
18	0.4589	3681.2
19	0.4800	3700.1

Y doğrultusu için yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.48 m itildiği ve bu esnada 3700.1 kN'luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.62'de verilmiş, verilen değerlerden yararlanılarak çizilen statik itme eğrisi Şekil 5.43'te gösterilmiştir.



Şekil 5.43 : TSM-1A Y doğrultusundaki kapasite eğrisi.

Çizelge 5.63 : TSM-1A X doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

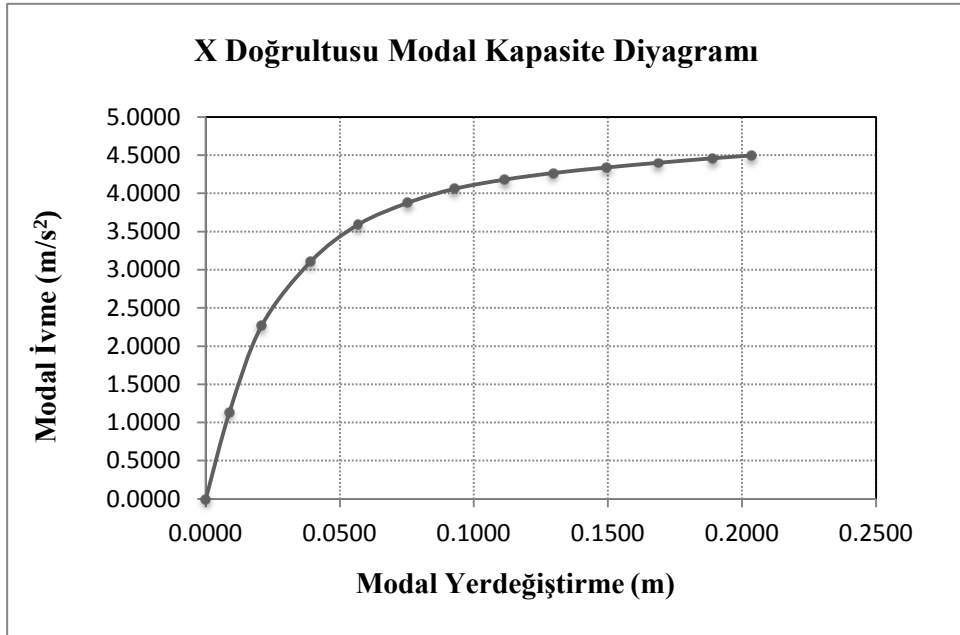
Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$	$m_i\Phi_{ix1}^2$
4	1841.81	3	187.75	0.12398	23.27702	2.88589
3	3034.39	3	309.32	0.10113	31.28113	3.16346
2	3034.39	3	309.32	0.062693	19.39195	1.21574
1	3515.75	3	358.38	0.020984	7.52034	0.15781
L_{x1}	$M1$	M_{x1}	E.K.O	Γ_{x1}		
81.470	7.423	894.184	77%	10.976		

Çizelge 5.64 : TSM-1A Y doğrultusunda etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{iy1}	$m_i\Phi_{iy1}$	$m_i\Phi_{iy1}^2$
4	1841.81	2	187.75	0.123689	23.22239	2.87235
3	3034.39	2	309.32	0.101793	31.48620	3.20508
2	3034.39	2	309.32	0.064408	19.92243	1.28316
1	3515.75	2	358.38	0.022438	8.04143	0.18043
L_{y1}	M_1	M_{y1}	E.K.O	Γ_{y1}		
82.672	7.541	906.340	78%	10.963		

Çizelge 5.65 : TSM-1A X doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

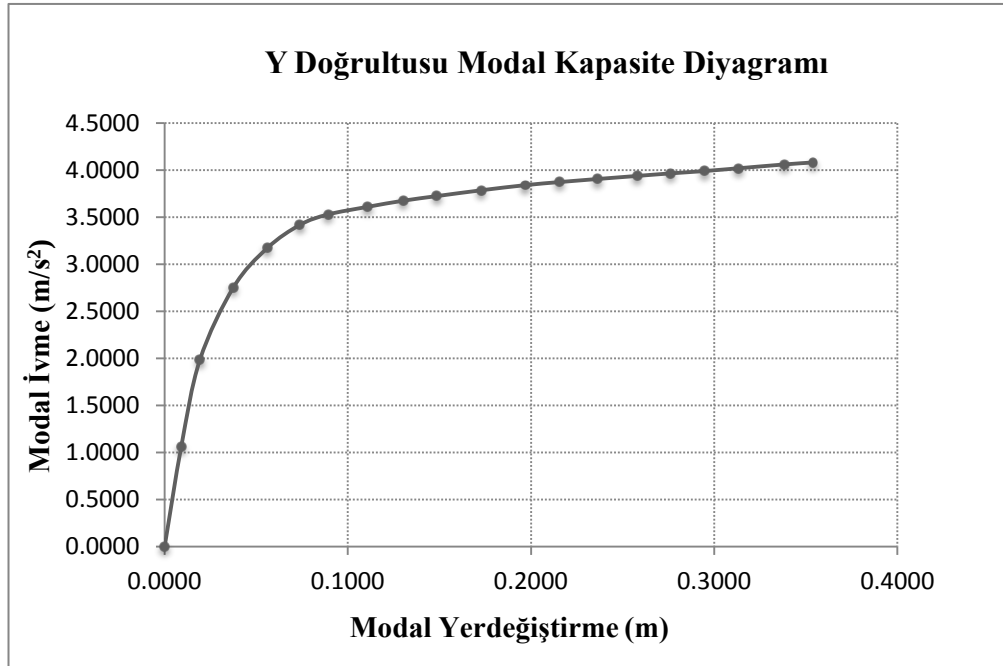
Adım	$u_{xN1}^{(i)}$ (m)	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	M_{x1}	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	894.184	10.976	0.1240	0.0000	0.0000
1	0.01203	1016.43	894.184	10.976	0.1240	1.1367	0.0088
2	0.02834	2028.03	894.184	10.976	0.1240	2.2680	0.0208
3	0.05321	2778.08	894.184	10.976	0.1240	3.1068	0.0391
4	0.07732	3211.53	894.184	10.976	0.1240	3.5916	0.0568
5	0.10267	3467.81	894.184	10.976	0.1240	3.8782	0.0755
6	0.12627	3630.6	894.184	10.976	0.1240	4.0602	0.0928
7	0.15194	3739.29	894.184	10.976	0.1240	4.1818	0.1117
8	0.17648	3815.42	894.184	10.976	0.1240	4.2669	0.1297
9	0.20348	3880.48	894.184	10.976	0.1240	4.3397	0.1495
10	0.22972	3935.44	894.184	10.976	0.1240	4.4012	0.1688
11	0.25727	3987.85	894.184	10.976	0.1240	4.4598	0.1891
12	0.27693	4021.02	894.184	10.976	0.1240	4.4969	0.2035



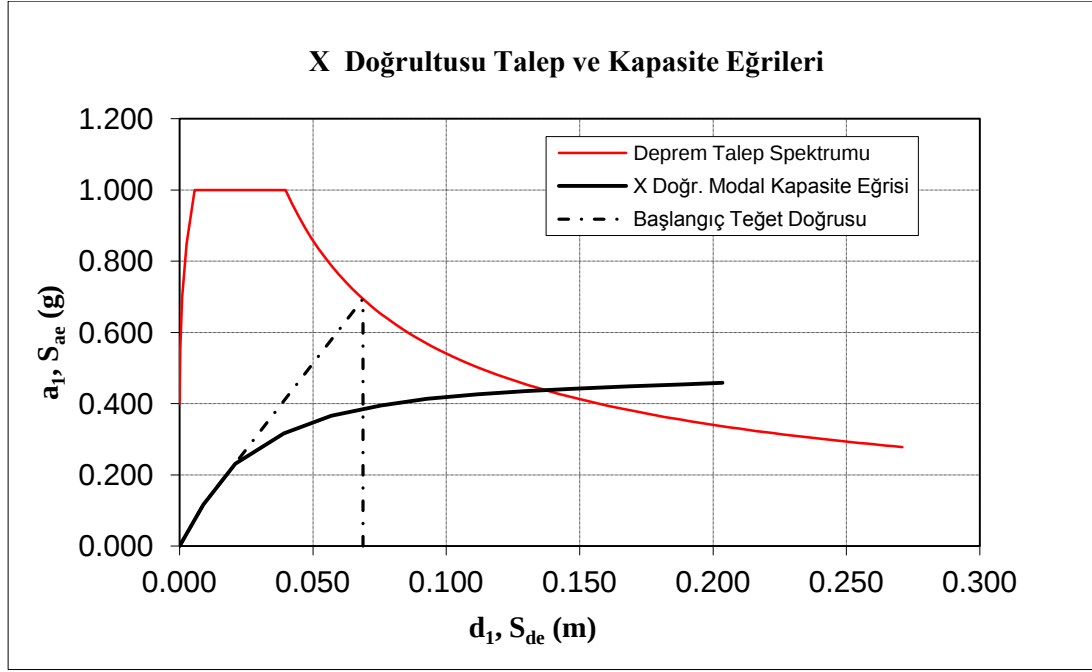
Şekil 5.44 : TSM-1A X doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.

Çizelge 5.66 : TSM-1A Y doğrultusunda modal kapasite ve modal ivme değerleri.

Adım	$u_{yN1}^{(i)}$ (m)	$V_{y1}^{(i)}$ (kN)	M_{y1}	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	$a_1^{(i)}$ (m/s ²)	$d_1^{(i)}$ (m)
0	0	0	906.340	10.96	0.1237	0.0000	0.0000
1	0.01226	959.11	906.340	10.96	0.1237	1.0582	0.0090
2	0.02606	1797.07	906.340	10.96	0.1237	1.9828	0.0192
3	0.05086	2495.59	906.340	10.96	0.1237	2.7535	0.0375
4	0.07601	2875.85	906.340	10.96	0.1237	3.1730	0.0561
5	0.10031	3099.84	906.340	10.96	0.1237	3.4202	0.0740
6	0.12103	3199.29	906.340	10.96	0.1237	3.5299	0.0893
7	0.15027	3272.4	906.340	10.96	0.1237	3.6106	0.1108
8	0.17681	3331.83	906.340	10.96	0.1237	3.6761	0.1304
9	0.20162	3376.21	906.340	10.96	0.1237	3.7251	0.1487
10	0.23465	3432.64	906.340	10.96	0.1237	3.7874	0.1730
11	0.26699	3481.44	906.340	10.96	0.1237	3.8412	0.1969
12	0.29237	3511.09	906.340	10.96	0.1237	3.8739	0.2156
13	0.32052	3540.69	906.340	10.96	0.1237	3.9066	0.2364
14	0.34988	3570.36	906.340	10.96	0.1237	3.9393	0.2580
15	0.3747	3595.02	906.340	10.96	0.1237	3.9665	0.2763
16	0.39972	3617.3	906.340	10.96	0.1237	3.9911	0.2948
17	0.42475	3644.05	906.340	10.96	0.1237	4.0206	0.3132
18	0.45888	3681.16	906.340	10.96	0.1237	4.0616	0.3384
19	0.48003	3700.06	906.340	10.96	0.1237	4.0824	0.3540



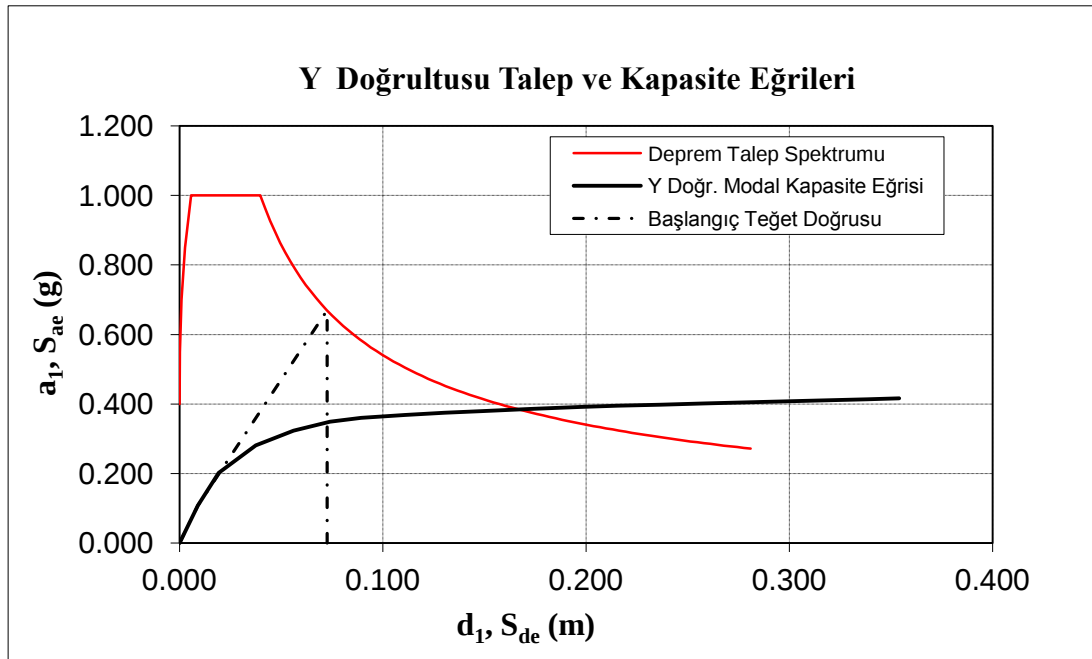
Şekil 5.45 : TSM-1A Y doğrultusundaki modal kapasite diyagramı.



Şekil 5.46 : TSM-1A modelinin X doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.67 : TSM-1A X doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_x (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{d1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.631	0.40	6.811	0.068	1	0.068



Şekil 5.47 : TSM-1A modelinin Y doğrultusuna ait dönüştürülmüş modal kapasite diyagramı-deprem talep spektrumu ve performans noktasının tespiti.

Çizelge 5.68 : TSM-1A Y doğrultusu modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.

A_0	T_y (s)	T_B (s)	S_{ae1} (m/s ²)	S_{de1} (m)	C_{R1}	$S_{di1}=d_1^{(p)}$ (m)
0.40	0.660	0.40	6.568	0.073	1	0.073

5.9.1 X Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.69 : TSM-1A kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	53	5	0	0	91	9	0	0
3	38	20	0	0	66	34	0	0
2	31	27	0	0	53	47	0	0
1	53	21	0	0	72	28	0	0

Çizelge 5.70 : TSM-1A kolonlar için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	26	0	0	0	100	0	0	0
3	25	1	0	0	96	4	0	0
2	15	11	0	0	58	42	0	0
1	14	8	0	0	64	36	0	0

5.9.2 Y Doğrultusu itme analizi sonucu performans değerlendirmesi

Çizelge 5.71 : TSM-1A kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	48	10	0	0	83	17	0	0
3	40	18	0	0	69	31	0	0
2	39	19	0	0	67	33	0	0
1	54	20	0	0	73	27	0	0

Çizelge 5.72 : TSM-1A kolonlar için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
4	25	1	0	0	96	4	0	0
3	23	3	0	0	88	12	0	0
2	16	10	0	0	62	38	0	0
1	10	12	0	0	45	55	0	0

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, 1975 deprem yönetmeliği esaslarına göre inşa edilmiş, hem ABYYHY 1998 hem de DBYBHY 2007 hükümlerince yasaklanmış, B3 türü düşey düzensizliğe sahip, 4, 6 ve 8 katlı betonarme taşıyıcı sistem modelleri ve bu modellerin beton dayanımı açısından oluşturulan alternatifleri üzerinde ‘Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ kullanılarak deprem yükleri altındaki davranışı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Kat bazında taşıyıcı elemanların hasar oranları belirlendikten sonra, elde edilen bu değerler Bölüm 4.5.3’te anlatılan performans seviyelerine bağlı hasar sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve taşıyıcı sistem modellerinin performans seviyeleri tespit edilmiştir. İncelenen betonarme konut binalarının tasarım depremi durumunda can güvenliği performans seviyesini sağlaması gerekmektedir.

1) 4 katlı TSM-1 taşıyıcı sistem modeli üzerinde gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları şöyledir;

X doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. Kolonlarda da plastikleşen tüm kesitler Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. 1. katta iki kolonda, 3. katta ise sadece bir kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 1. katta 0.23, 3. katta 0.028’dir. Her iki oran Yönetmelik 7.7.3 gereğince verilen üst sınır 0.3’ten küçüktür. Sonuç olarak TSM-1 taşıyıcı sistem modeli X doğrultusu depremi altında Can Güvenliği Performans Düzeyi’ni sağlamaktadır.

Y doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. Kolonlarda da plastikleşen tüm kesitler Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. 1. katta sadece bir kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonun taşıdığı kesme kuvvetinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 0.072’dir. Bu oran Yönetmelik 7.7.3 gereğince verilen üst sınır 0.3’ten küçüktür. Sonuç olarak TSM-1 taşıyıcı sistem modeli Y doğrultusu depremi altında Can Güvenliği Performans Düzeyi’ni sağlamaktadır.

2) 4 katlı TSM-1’in alternatifi olan TSM-1A taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan hasar değerlendirmesinde, X ve Y doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde ve kolonlarda plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. X deprem doğrultusunda, 3. katta sadece bir

kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonun taşıdığı kesme kuvvetinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 0.027'dir. Y deprem doğrultusunda, 1. katta sadece bir kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonun taşıdığı kesme kuvvetinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 0.032'dir. Bu oran Yönetmelik 7.7.3 gereğince verilen üst sınır 0.3'ten kcktr. Sonuç olarak TSM-1A taşıyıcı sistem modeli her iki doğrultu için Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamaktadır.

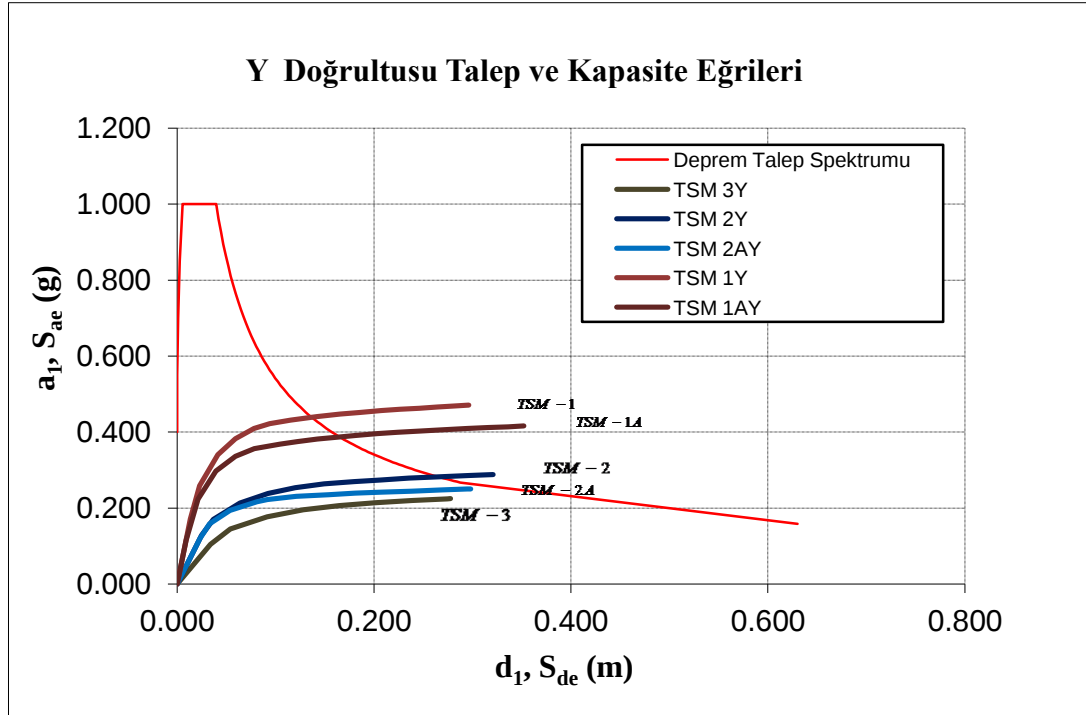
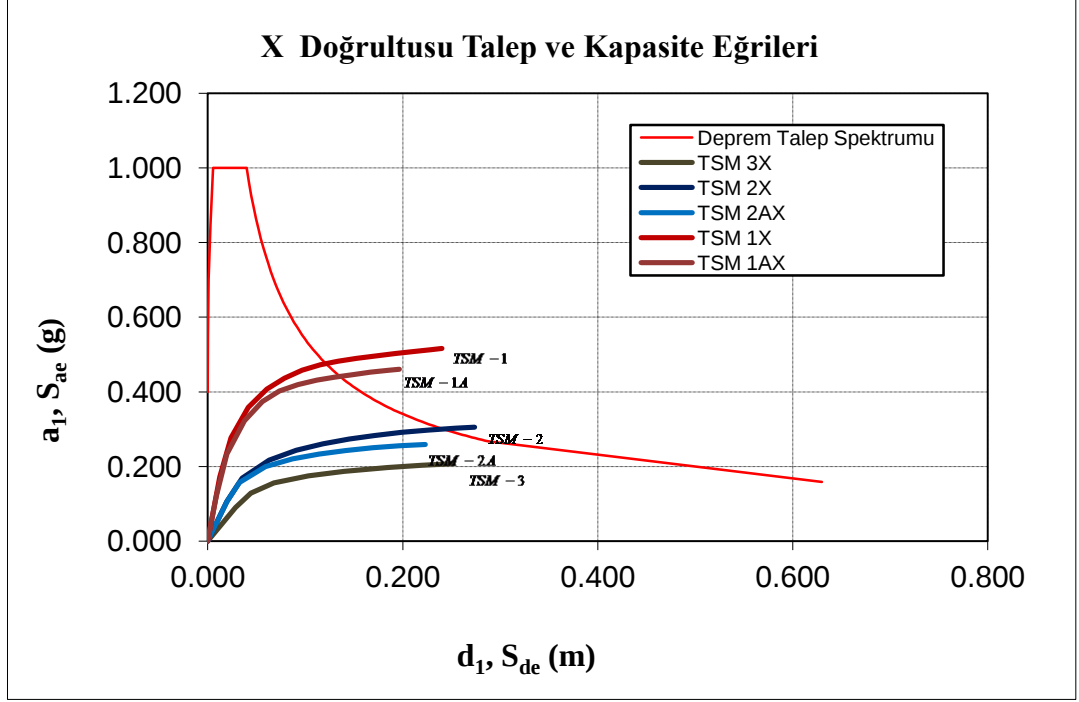
3) 6 katlı TSM-2 taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan hasar değerlendirmesinde, X ve Y doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde ve kolonlarda plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. X deprem doğrultusunda, 1. katta bir kolonda, 3. katta ve 4. katta da birer kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 1. katta 0.12, 3. katta 0.028, 4. katta 0.03'tür. Y deprem doğrultusunda, 1. katta  kolonda, 3. katta ve 4. katta da birer kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 1. katta 0.19, 3. katta 0.028, 4. katta 0.06'dir. Bu oran Yönetmelik 7.7.3 gereğince verilen üst sınır 0.3'ten kcktr. Sonuç olarak TSM-2 taşıyıcı sistem modeli her iki doğrultu için Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamaktadır.

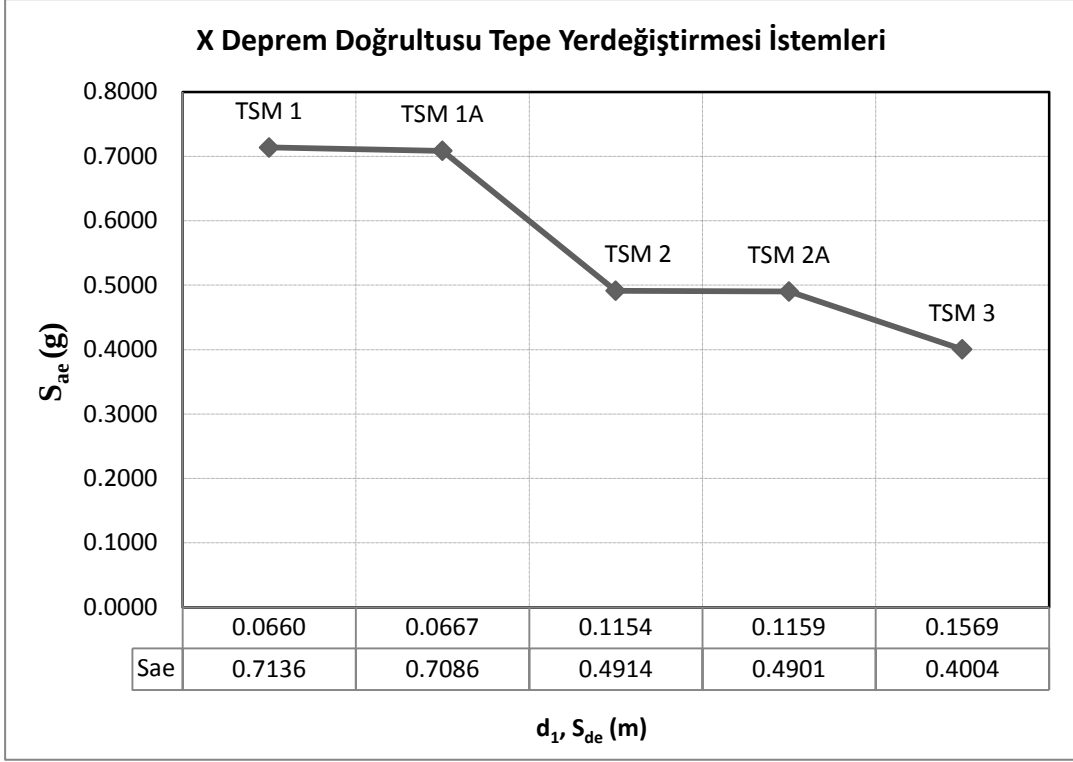
4) 6 katlı TSM-2'nin alternatifini olan TSM-2A taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan hasar değerlendirmesinde, X ve Y doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde ve kolonlarda plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. X deprem doğrultusunda, 1. katta  kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 0.34'tür. Y deprem doğrultusunda, 1. katta yedi kolonun iki ucunda mafsall oluşmuştur. Bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin tüm kat kesme kuvveti talebine oranı 0.47'dir. Bu oranlar Yönetmelik 7.7.3 gereğince verilen üst sınır 0.3'ten büyüktür. Sonuç olarak TSM-2A taşıyıcı sistem modeli her iki doğrultu için Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamamaktadır.

5) 8 katlı TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan hasar değerlendirmesinde, X doğrultusu itme analizi sonucu 2 ve 3. katlarda birer adet kiriş Göçme Bölgesi (GB)'nde, diğer kirişlerde plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. Kolonlarda ise 2. katta 22, 3. katta 2 ve 4. katta 3 adet kolon Göçme Bölgesi (GB)'ndedir. Y doğrultusu itme analizi sonucu kirişlerde plastikleşen kesitlerin tamamı Minimum Hasar Bölgesi (MHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) içindedir. Kolonlarda ise 2. Katta 4, 3 ve 4. katlarda ikişer adet kolon Göçme Bölgesi (GB)'ndedir. Bu durum Yönetmelik 7.7.3 gereğince Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamamaktadır.

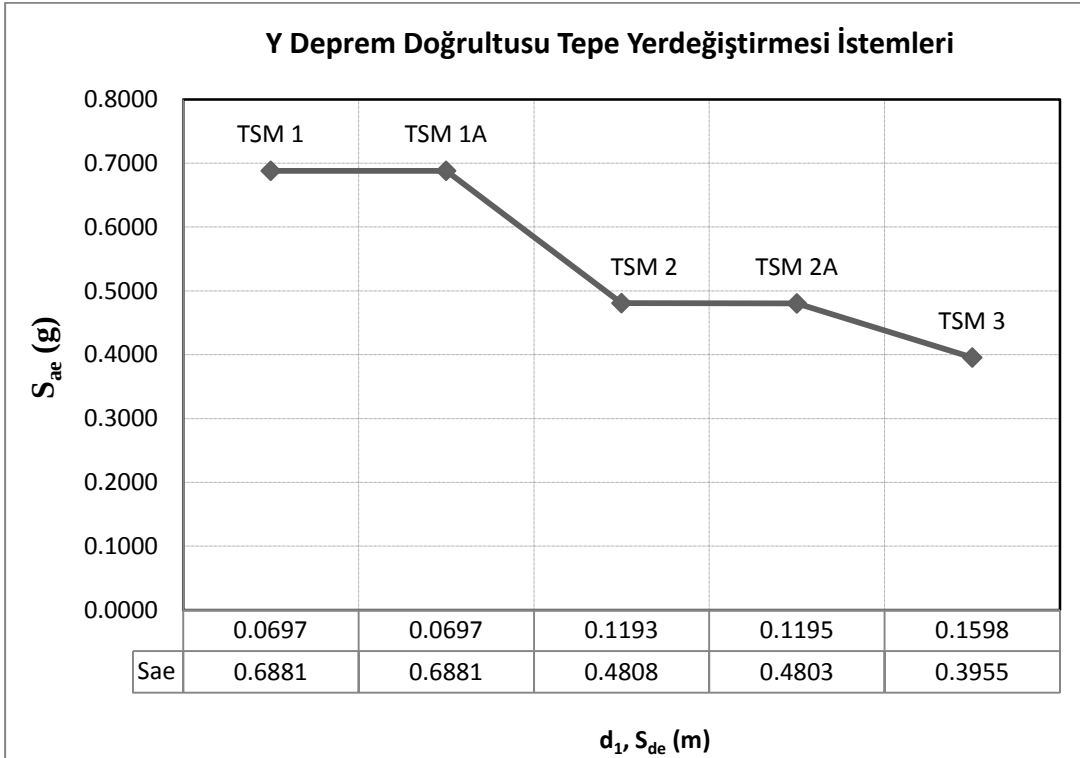
6) 8 katlı TSM-3'n alternatifini olan TSM-3A taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan hasar değerlendirmesinde, sistem mekanizma durumuna gelmektedir.

Taşıyıcı sistem modelleri için bulunan modal kapasite eğrileri X ve Y yönü için şekil 6.1 ve şekil 6.2'de toplu olarak verilmiştir.





şekil 6.3 : Taşıyıcı sistem modelleri X doğrultusu tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi değerlerinin karşılaştırılması



şekil 6.4 : Taşıyıcı sistem modelleri Y doğrultusu tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi değerlerinin karşılaştırılması

şekil 6.3 ve şekil 6.4'te verilen tepe yatay yerdeğiştirmesi değerleri X ve Y deprem doğrultuları için verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda periyodu en küçük olan 3

katlı C20 beton sınıfına sahip TSM-1 taşıyıcı sistem modelinde tasarım depremi altında tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi en küçük ve spektral ivmesi en büyüktür. Bununla beraber sistemin diğerklerine göre daha rijit olmasından dolayı bu sistemde oluşan plastik mafsallar kabul edilebilir sınırlar içindedir. Bu tür düşey düzensizliğe sahip binalarda bu modelin kullanılması uygundur.

6 katlı C20 beton sınıfına sahip TSM-2 taşıyıcı sistem modelinde tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi, 6 katlı C14 beton sınıfına sahip TSM-2A taşıyıcı sistem modeline göre daha küçük olup, beklenen performansı sağlamıştır. TSM-2A taşıyıcı sistem modelinde ise Can Güvenliği Performans düzeyi sağlanamamaktadır.

Periyodu ve tepe yerdeğiştirme istemi en büyük olan TSM-3 taşıyıcı sistem modelinde ise yapı hedeflenen performansı sergileyememektedir. Her iki yöndeki tasarım depremi durumları için Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlerin fazlasıyla aşıldığı hatta bazı elemanların göçme sınır durumuna geçtiğı belirlenmiştir. Bu tür binalar için 8 katlı tasarım uygun değildir.

KAYNAKLAR

- [1]. **Kartal, İ. Ö.**, (2005). Düşeyde Düzensiz Binaların Performans Yaklaşımıyla İncelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2]. **6.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, (2007). Taşıyıcı Sistemi Düşeyde Düzensiz Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi, İ.T.Ü., İstanbul.
- [3]. **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [4]. **Dogangün, A.**, (Ekim 2002). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [5]. **Celep, Z.**, (2008). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6]. **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, (Mayıs 2007). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- [7]. **EC8, Eurocode 8**, (2010). Design Of Structures For Earthquake Resistance, Great Britain.
- [8]. **IBC, International Building Code**, (2009). International Code Council, United States of America.
- [9]. **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, (2005). Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [10]. **Altan, M. ve Taşkın, B.**, (2006). Betonarme Elemanlarda Davranış Modelleri Çubuk Modellerle Betonarme Taşıyıcıların Hesabına Giriş, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 2005 Sonbahar Kış Dönemi Meslek İçi Eğitim Programı, İstanbul
- [11]. **Özden, K.**, (1992). Betonarme ve Öngerilmeli Betonda Davranış ve Hesap Modelleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [12]. **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, (1999). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- [13]. **TS 9967**, (1992). Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binalar–Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan–Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [14]. **Yılmaz, T.**, (2006). Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Donatı Düzenleme İlkeleri, Yüksek Lisan Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15]. **Güler, K ve Altan, M.**, (2004). An Examination of Damages of Reinforced Concrete Consolated Buildings In Turkey Due To 17 August 1999 Kocaeli Earthquake, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.
- [16]. **TS-498**, (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara..
- [17]. **Türk Standartları TS500** (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

- [18]. **SAP 2000 (V14)**, (1995). Modeling and Optimized Design of Concrete Structures Using SAP 2000 (V14), Computers and Structures, Inc, , Berkeley, California.
- [19]. **Özmen, G., Orakdöğen, E. Ve Darılmaz, K.**, (2005). Örneklerle SAP 2000 (V14)., Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [20]. **Özmen, G., Orakdöğen, E. Ve Darılmaz, K.**, (2005). Örneklerle Etabs, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [21]. **Turhan, E.**, (2007). Düşey Düzensizliğe Sahip Betonarme Bir Konut Binasının Sismik Performansının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22]. **Deprem Yönetmeliği**, (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- [23]. **SAP 2000 (V14)**, 2005. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [24]. **Ersoy, U., Özcebe, G.**, (2001). Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

EKLER

EK A : Çatlamış Kesit Rijitlikleri

EK A

Çizelge A.1 : TSM 1 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

<i>TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 1 (TSM 1) C20</i>							
<i>1. KAT</i>		<i>2. KAT</i>		<i>3. KAT</i>		<i>4. KAT</i>	
<i>Kolon No</i>	<i>Çatlamış Kesit Rijitliği</i>	<i>Kolon No</i>	<i>Çatlamış Kesit Rijitliği</i>	<i>Kolon No</i>	<i>Çatlamış Kesit Rijitliği</i>	<i>Kolon No</i>	<i>Çatlamış Kesit Rijitliği</i>
S101	0.49	S202	0.43	S302	0.40	S402	0.40
S102	0.46	S203	0.43	S303	0.40	S403	0.40
S103	0.51	S204	0.43	S304	0.40	S404	0.40
S104	0.46	S206	0.42	S306	0.40	S406	0.40
S105	0.49	S207	0.40	S307	0.40	S407	0.40
S106	0.45	S208	0.40	S308	0.40	S408	0.40
S107	0.42	S209	0.42	S309	0.40	S409	0.40
S108	0.42	S210	0.41	S310	0.40	S410	0.40
S109	0.45	S211	0.41	S311	0.40	S411	0.40
S110	0.46	S212	0.43	S312	0.40	S412	0.40
S111	0.46	S213	0.40	S313	0.40	S413	0.40
S112	0.48	S214	0.40	S314	0.40	S414	0.40
S113	0.44	S215	0.43	S315	0.40	S415	0.40
S114	0.44	S216	0.40	S316	0.40	S416	0.40
S115	0.48	S217	0.40	S317	0.40	S417	0.40
S116	0.45	S219	0.45	S319	0.40	S419	0.40
S117	0.45	S220	0.41	S320	0.40	S420	0.40
S118	0.51	S221	0.45	S321	0.40	S421	0.40
S119	0.48	GS201	0.40	GS301	0.40	GS401	0.40
S120	0.48	GS202	0.40	GS302	0.40	GS402	0.40
S121	0.48	GS203	0.40	GS303	0.40	GS403	0.40
S122	0.51	GS204	0.40	GS304	0.40	GS404	0.40
		GS205	0.43	GS305	0.40	GS405	0.40
		GS206	0.43	GS306	0.40	GS406	0.40
		GS207	0.40	GS307	0.40	GS407	0.40
		GS208	0.40	GS308	0.40	GS408	0.40

Çizelge A.2 : TSM 1A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

<i>TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 1A (TSM 1A) C14</i>							
1. KAT		2. KAT		3. KAT		4. KAT	
Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği
S101	0.58	S202	0.50	S302	0.41	S402	0.40
S102	0.55	S203	0.50	S303	0.42	S403	0.40
S103	0.61	S204	0.50	S304	0.41	S404	0.40
S104	0.55	S206	0.48	S306	0.40	S406	0.40
S105	0.58	S207	0.43	S307	0.40	S407	0.40
S106	0.53	S208	0.43	S308	0.40	S408	0.40
S107	0.48	S209	0.48	S309	0.40	S409	0.40
S108	0.48	S210	0.47	S310	0.40	S410	0.40
S109	0.53	S211	0.47	S311	0.40	S411	0.40
S110	0.54	S212	0.50	S312	0.41	S412	0.40
S111	0.54	S213	0.45	S313	0.40	S413	0.40
S112	0.58	S214	0.45	S314	0.40	S414	0.40
S113	0.51	S215	0.50	S315	0.41	S415	0.40
S114	0.51	S216	0.46	S316	0.40	S416	0.40
S115	0.58	S217	0.46	S317	0.40	S417	0.40
S116	0.52	S219	0.53	S319	0.43	S419	0.40
S117	0.52	S220	0.48	S320	0.40	S420	0.40
S118	0.62	S221	0.53	S321	0.43	S421	0.40
S119	0.57	GS201	0.5	GS301	0.40	GS401	0.40
S120	0.58	GS202	0.5	GS302	0.40	GS402	0.40
S121	0.6	GS203	0.4	GS303	0.40	GS403	0.40
S122	0.6	GS204	0.4	GS304	0.40	GS404	0.40
		GS205	0.50	GS305	0.41	GS405	0.40
		GS206	0.50	GS306	0.41	GS406	0.40
		GS207	0.45	GS307	0.40	GS407	0.40
		GS208	0.45	GS308	0.40	GS408	0.40

Çizelge A.3 : TSM 2 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

<i>TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 2 (TSM 2) C20</i>											
1. KAT		2. KAT		3. KAT		4. KAT		5. KAT		6. KAT	
Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği
S101	0.58	S202	0.55	S302	0.49	S402	0.43	S502	0.40	S602	0.40
S102	0.56	S203	0.55	S303	0.49	S403	0.43	S503	0.40	S603	0.40
S103	0.63	S204	0.55	S304	0.49	S404	0.43	S504	0.40	S604	0.40
S104	0.56	S206	0.53	S306	0.47	S406	0.41	S506	0.40	S606	0.40
S105	0.58	S207	0.48	S307	0.44	S407	0.40	S507	0.40	S607	0.40
S106	0.55	S208	0.48	S308	0.44	S408	0.40	S508	0.40	S608	0.40
S107	0.52	S209	0.53	S309	0.47	S409	0.41	S509	0.40	S609	0.40
S108	0.52	S210	0.51	S310	0.46	S410	0.41	S510	0.40	S610	0.40
S109	0.55	S211	0.51	S311	0.46	S411	0.41	S511	0.40	S611	0.40
S110	0.56	S212	0.55	S312	0.49	S412	0.42	S512	0.40	S612	0.40
S111	0.56	S213	0.50	S313	0.46	S413	0.41	S513	0.40	S613	0.40
S112	0.59	S214	0.50	S314	0.46	S414	0.41	S514	0.40	S614	0.40
S113	0.55	S215	0.55	S315	0.49	S415	0.42	S515	0.40	S615	0.40
S114	0.55	S216	0.50	S316	0.45	S416	0.40	S516	0.40	S616	0.40
S115	0.59	S217	0.50	S317	0.45	S417	0.40	S517	0.40	S617	0.40
S116	0.55	S219	0.59	S319	0.52	S419	0.45	S519	0.40	S619	0.40
S117	0.55	S220	0.52	S320	0.47	S420	0.41	S520	0.40	S620	0.40
S118	0.62	S221	0.59	S321	0.52	S421	0.45	S521	0.40	S621	0.40
S119	0.59	GS201	0.49	GS301	0.44	GS401	0.40	GS501	0.40	GS601	0.40
S120	0.60	GS202	0.49	GS302	0.44	GS402	0.40	GS502	0.40	GS602	0.40
S121	0.59	GS203	0.48	GS303	0.43	GS403	0.40	GS503	0.40	GS603	0.40
S122	0.62	GS204	0.48	GS304	0.43	GS404	0.40	GS504	0.40	GS604	0.40
		GS205	0.54	GS305	0.48	GS405	0.42	GS505	0.40	GS605	0.40
		GS206	0.54	GS306	0.48	GS406	0.42	GS506	0.40	GS606	0.40
		GS207	0.50	GS307	0.45	GS407	0.40	GS507	0.40	GS607	0.40
		GS208	0.50	GS308	0.45	GS408	0.40	GS508	0.40	GS608	0.40

Çizelge A.4 : TSM 2A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

<i>TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 2A (TSM 2A) C14</i>											
1. KAT		2. KAT		3. KAT		4. KAT		5. KAT		6. KAT	
Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği
S101	0.71	S202	0.67	S302	0.58	S402	0.49	S502	0.41	S602	0.40
S102	0.69	S203	0.67	S303	0.59	S403	0.50	S503	0.41	S603	0.40
S103	0.78	S204	0.67	S304	0.58	S404	0.49	S504	0.41	S604	0.40
S104	0.69	S206	0.64	S306	0.56	S406	0.48	S506	0.40	S606	0.40
S105	0.71	S207	0.58	S307	0.52	S407	0.46	S507	0.40	S607	0.40
S106	0.67	S208	0.58	S308	0.52	S408	0.46	S508	0.40	S608	0.40
S107	0.63	S209	0.64	S309	0.56	S409	0.48	S509	0.40	S609	0.40
S108	0.63	S210	0.62	S310	0.54	S410	0.47	S510	0.40	S610	0.40
S109	0.67	S211	0.62	S311	0.54	S411	0.47	S511	0.40	S611	0.40
S110	0.69	S212	0.67	S312	0.58	S412	0.49	S512	0.41	S612	0.40
S111	0.69	S213	0.60	S313	0.54	S413	0.47	S513	0.40	S613	0.40
S112	0.72	S214	0.60	S314	0.54	S414	0.47	S514	0.40	S614	0.40
S113	0.67	S215	0.67	S315	0.58	S415	0.49	S515	0.41	S615	0.40
S114	0.67	S216	0.60	S316	0.53	S416	0.46	S516	0.40	S616	0.40
S115	0.72	S217	0.60	S317	0.53	S417	0.46	S517	0.40	S617	0.40
S116	0.67	S219	0.73	S319	0.62	S419	0.52	S519	0.43	S619	0.40
S117	0.67	S220	0.63	S320	0.56	S420	0.48	S520	0.40	S620	0.40
S118	0.77	S221	0.73	S321	0.62	S421	0.52	S521	0.43	S621	0.40
S119	0.72	GS201	0.58	GS301	0.51	GS401	0.44	GS501	0.40	GS601	0.40
S120	0.74	GS202	0.58	GS302	0.51	GS402	0.44	GS502	0.40	GS602	0.40
S121	0.72	GS203	0.57	GS303	0.50	GS403	0.44	GS503	0.40	GS603	0.40
S122	0.77	GS204	0.57	GS304	0.50	GS404	0.44	GS504	0.40	GS604	0.40
		GS205	0.66	GS305	0.57	GS405	0.48	GS505	0.40	GS605	0.40
		GS206	0.66	GS306	0.57	GS406	0.48	GS506	0.40	GS606	0.40
		GS207	0.59	GS307	0.53	GS407	0.46	GS507	0.40	GS607	0.40
		GS208	0.59	GS308	0.53	GS408	0.46	GS508	0.40	GS608	0.40

Çizelge A.5 : TSM 3 çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 3 (TSM 3) C20															
1. KAT		2. KAT		3. KAT		4. KAT		5. KAT		6. KAT		7. KAT		8. KAT	
Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği
S101	0.60	S202	0.61	S302	0.56	S402	0.50	S502	0.45	S602	0.40	S702	0.40	S802	0.40
S102	0.60	S203	0.59	S303	0.54	S403	0.49	S503	0.44	S603	0.40	S703	0.40	S803	0.40
S103	0.65	S204	0.61	S304	0.56	S404	0.50	S504	0.45	S604	0.40	S704	0.40	S804	0.40
S104	0.60	S206	0.62	S306	0.57	S406	0.51	S506	0.46	S606	0.41	S706	0.40	S806	0.40
S105	0.60	S207	0.54	S307	0.50	S407	0.47	S507	0.43	S607	0.40	S707	0.40	S807	0.40
S106	0.62	S208	0.54	S308	0.50	S408	0.47	S508	0.43	S608	0.40	S708	0.40	S808	0.40
S107	0.56	S209	0.62	S309	0.57	S409	0.51	S509	0.46	S609	0.41	S709	0.40	S809	0.40
S108	0.56	S210	0.57	S310	0.53	S410	0.48	S510	0.43	S610	0.40	S710	0.40	S810	0.40
S109	0.62	S211	0.57	S311	0.53	S411	0.48	S511	0.43	S611	0.40	S711	0.40	S811	0.40
S110	0.62	S212	0.65	S312	0.59	S412	0.53	S512	0.47	S612	0.41	S712	0.40	S812	0.40
S111	0.62	S213	0.55	S313	0.52	S413	0.47	S513	0.43	S613	0.40	S713	0.40	S813	0.40
S112	0.67	S214	0.55	S314	0.52	S414	0.47	S514	0.43	S614	0.40	S714	0.40	S814	0.40
S113	0.59	S215	0.65	S315	0.59	S415	0.53	S515	0.47	S615	0.41	S715	0.40	S815	0.40
S114	0.59	S216	0.56	S316	0.52	S416	0.47	S516	0.43	S616	0.40	S716	0.40	S816	0.40
S115	0.67	S217	0.56	S317	0.52	S417	0.47	S517	0.43	S617	0.40	S717	0.40	S817	0.40
S116	0.61	S219	0.66	S319	0.60	S419	0.53	S519	0.47	S619	0.42	S719	0.40	S819	0.40
S117	0.61	S220	0.56	S320	0.52	S420	0.48	S520	0.43	S620	0.40	S720	0.40	S820	0.40
S118	0.64	S221	0.66	S321	0.60	S421	0.53	S521	0.47	S621	0.42	S721	0.40	S821	0.40
S119	0.63	GS201	0.52	GS301	0.49	GS401	0.45	GS501	0.41	GS601	0.40	GS701	0.40	GS801	0.40
S120	0.63	GS202	0.52	GS302	0.49	GS402	0.45	GS502	0.41	GS602	0.40	GS702	0.40	GS802	0.40
S121	0.63	GS203	0.52	GS303	0.49	GS403	0.45	GS503	0.41	GS603	0.40	GS703	0.40	GS803	0.40
S122	0.64	GS204	0.52	GS304	0.49	GS404	0.45	GS504	0.41	GS604	0.40	GS704	0.40	GS804	0.40
		GS205	0.59	GS305	0.54	GS405	0.49	GS505	0.44	GS605	0.40	GS705	0.40	GS805	0.40
		GS206	0.59	GS306	0.54	GS406	0.49	GS506	0.44	GS606	0.40	GS706	0.40	GS806	0.40
		GS207	0.54	GS307	0.51	GS407	0.47	GS507	0.43	GS607	0.40	GS707	0.40	GS807	0.40
		GS208	0.54	GS308	0.51	GS408	0.47	GS508	0.43	GS608	0.40	GS708	0.40	GS808	0.40

Çizelge A.6 : TSM 2A çatlamış kesitlere ait eğilme rijitliklik katsayıları.

TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 3A (TSM 3A) C14															
1. KAT		2. KAT		3. KAT		4. KAT		5. KAT		6. KAT		7. KAT		8. KAT	
Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği	Kolon No	Çatlamış Kesit Rijitliği
S101	0.80	S202	0.80	S302	0.75	S402	0.66	S502	0.57	S602	0.49	S702	0.41	S802	0.40
S102	0.80	S203	0.80	S303	0.76	S403	0.67	S503	0.58	S603	0.50	S703	0.41	S803	0.40
S103	0.80	S204	0.80	S304	0.75	S404	0.66	S504	0.57	S604	0.49	S704	0.41	S804	0.40
S104	0.80	S206	0.80	S306	0.74	S406	0.65	S506	0.57	S606	0.48	S706	0.40	S806	0.40
S105	0.80	S207	0.68	S307	0.64	S407	0.59	S507	0.52	S607	0.46	S707	0.40	S807	0.40
S106	0.80	S208	0.68	S308	0.64	S408	0.59	S508	0.52	S608	0.46	S708	0.40	S808	0.40
S107	0.72	S209	0.80	S309	0.74	S409	0.65	S509	0.57	S609	0.48	S709	0.40	S809	0.40
S108	0.72	S210	0.75	S310	0.68	S410	0.60	S510	0.53	S610	0.46	S710	0.40	S810	0.40
S109	0.80	S211	0.75	S311	0.68	S411	0.60	S511	0.53	S611	0.46	S711	0.40	S811	0.40
S110	0.80	S212	0.80	S312	0.76	S412	0.67	S512	0.58	S612	0.49	S712	0.41	S812	0.40
S111	0.80	S213	0.71	S313	0.66	S413	0.60	S513	0.53	S613	0.46	S713	0.40	S813	0.40
S112	0.80	S214	0.71	S314	0.66	S414	0.60	S514	0.53	S614	0.46	S714	0.40	S814	0.40
S113	0.76	S215	0.80	S315	0.76	S415	0.67	S515	0.58	S615	0.49	S715	0.41	S815	0.40
S114	0.76	S216	0.74	S316	0.67	S416	0.60	S516	0.53	S616	0.46	S716	0.40	S816	0.40
S115	0.80	S217	0.74	S317	0.67	S417	0.60	S517	0.53	S617	0.46	S717	0.40	S817	0.40
S116	0.80	S219	0.80	S319	0.82	S419	0.71	S519	0.61	S619	0.52	S719	0.42	S819	0.40
S117	0.80	S220	0.80	S320	0.73	S420	0.65	S520	0.57	S620	0.49	S720	0.40	S820	0.40
S118	0.80	S221	0.80	S321	0.82	S421	0.71	S521	0.61	S621	0.52	S721	0.42	S821	0.40
S119	0.80	GS201	0.73	GS301	0.66	GS401	0.59	GS501	0.52	GS601	0.45	GS701	0.40	GS801	0.40
S120	0.80	GS202	0.73	GS302	0.66	GS402	0.59	GS502	0.52	GS602	0.45	GS702	0.40	GS802	0.40
S121	0.80	GS203	0.72	GS303	0.65	GS403	0.59	GS503	0.52	GS603	0.45	GS703	0.40	GS803	0.40
S122	0.80	GS204	0.72	GS304	0.65	GS404	0.59	GS504	0.52	GS604	0.45	GS704	0.40	GS804	0.40
		GS205	0.83	GS305	0.74	GS405	0.65	GS505	0.57	GS605	0.48	GS705	0.40	GS805	0.40
		GS206	0.83	GS306	0.74	GS406	0.65	GS506	0.57	GS606	0.48	GS706	0.40	GS806	0.40
		GS207	0.75	GS307	0.69	GS407	0.62	GS507	0.54	GS607	0.47	GS707	0.40	GS807	0.40
		GS208	0.75	GS308	0.69	GS408	0.62	GS508	0.54	GS608	0.47	GS708	0.40	GS808	0.40

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Cemile Demirpolat

Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ 09.11.1986

Adres :

E-Posta : cemotion23@hotmail.com

Lisans : İstanbul Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği.