

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE
AFET YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR
VE TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BURAK BAYRAKTARGİL

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE
AFET YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR
VE TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK BAYRAKTARGİL
(802121008)

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İ. ENGİN BAL

OCAK 2015

İTÜ, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü'nün 802121008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Burak BAYRAKTARGİL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR VE TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. İ. Engin BAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alper İLKİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf AYVAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12 ARALIK 2014**
Savunma Tarihi : **21 OCAK 2015**

Anneme ve Babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübesiyle bana rehberlik eden değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İHSAN ENGİN BAL'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca üstümde emeği olan tüm hocalarıma da teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi sürekli destekçim olan anneme, babama, kardeşime ayrıca tez çalışmalarım sırasında bana destek olan ve sabır gösteren nişanlım Yasemin IŞIK'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Aralık 2014

Burak BAYRAKTARGİL
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR İLE YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ. 3	3
2.1 Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE 2013) [1].....	3
2.1.1 Betonarme binalarda donatı tespiti ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi	4
2.1.2 Betonarme bina taşıyıcı sisteminin analizine ilişkin genel kurallar.....	5
2.1.3 Doğrusal elastik hesap yöntemi	6
2.1.4 Riskli betonarme binanın belirlenmesi	11
3. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ (2007) İLE YAPILARDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ [3]	12
3.1 Bilgi Düzeyleri	12
3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri	13
3.2.1 Kesit hasar sınırları	13
3.2.2 Kesit hasar bölgeleri.....	13
3.3 Betonarme yapılarda deprem performansı	14
3.3.1 Hemen kullanım performans seviyesi (HK)	15
3.3.2 Can güvenliği performans seviyesi (CG).....	15
3.3.3 Göçme öncesi performans seviyesi (GÖ)	16
3.3.4 Göçme durumu.....	16
3.4 Deprem Hesabına ilişkin Genel Kurallar	17
3.5 Yapıların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem İle Belirlenmesi 19	19
3.5.1 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	23
3.6 Yapıların Deprem Performanslarının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleri Kapsamında Statik İtme (Pushover) Analizi İle Belirlenmesi	25
3.7 Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri.....	31
4. MEVCUT YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	33
4.1 Frame 2.1'in Performans Değerlendirmesi	34
4.1.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirme.....	35
4.1.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirme.....	38
4.1.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme39	39
4.2 Frame 4.1'in Performans Değerlendirmesi	42

4.2.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	43
4.2.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	46
4.2.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	47
4.3 Frame 4.2'nin Performans Değerlendirmesi	50
4.3.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	51
4.3.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	53
4.3.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	54
4.4 Frame 5.1'in Performans Değerlendirmesi	57
4.4.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	58
4.4.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	61
4.4.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	62
4.5 Frame 5.2'nin Performans Değerlendirmesi	65
4.5.1 RYTEİE(2013) ile performans değerlendirmesi	66
4.5.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	69
4.5.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	69
4.6 Frame 6.1'in Performans Değerlendirmesi	72
4.6.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	74
4.6.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	77
4.6.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	77
4.7 Frame 7.1'in Performans Değerlendirmesi	80
4.7.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	82
4.7.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	85
4.7.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	86
4.8 Frame 8.2'nin performans değerlendirmesi	88
4.8.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	90
4.8.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	93
4.8.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	94
4.9 Betonarme Yapı 1.a' nın performans değerlendirmesi	97
4.9.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi	100
4.9.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	103
4.9.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme	104
4.10 Mevcut Yapıların RYTEİE (2013) ve TDY(2007)'ye Göre Analiz	
Sonuçlarının Topluca Değerlendirilmesi	108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	111
ÖZGEÇMİŞ	115
.....	115

KISALTMALAR

TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
RYTEİE	: Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar
M.H.	: Minimum Hasar
B.H.	: Belirgin Hasar
İ.H.	: İleri Hasar
G.B.	: Göçme Bölgesi
G.Ö.	: Göçme Öncesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bilgi düzeyi katsayıları.....	4
Çizelge 2.2 : Güç tükenme durumuna göre kolon sınıfları.....	9
Çizelge 2.3 : Kolon sınıflandırma tablosu	9
Çizelge 2.4 : Perde sınıflandırma tablosu	9
Çizelge 2.5 : A grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri	10
Çizelge 2.6 : B grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri	10
Çizelge 2.7 : C grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri	10
Çizelge 2.8 : A grubu perdeler için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri	10
Çizelge 2.9 : B grubu perdeler için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri.....	11
Çizelge 2.10 : Perde ve kolon eksenel gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri	11
Çizelge 3.1 : Bilgi düzeyi katsayısı	12
Çizelge 3.2 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları.....	22
Çizelge 3.3 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları.....	22
Çizelge 3.4 : Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları	23
Çizelge 3.5 : Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ve görelî kat öteleme oranları	23
Çizelge 3.6 : Görelî kat öteleme sınırları.....	23
Çizelge 3.7 : Deprem türleri	29
Çizelge 3.8 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	32
Çizelge 4.1 : Frame 2.1 kolon bilgileri	34
Çizelge 4.2 : Frame 2.1 kiriş bilgileri	35
Çizelge 4.3 : Frame 2.1 yapı analiz değerleri	35
Çizelge 4.4 : Frame 2.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi.....	36
Çizelge 4.5 : Frame 2.1 görelî kat ötelemeleri.....	36
Çizelge 4.6 : Frame 2.1 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları	36
Çizelge 4.7 : Frame 2.1 sınır değerler kıyaslama sonuçları.....	36
Çizelge 4.8 : Frame 2.1 ort.gerilme / fcm değerinin belirlenmesi.....	37
Çizelge 4.9 : Frame 2.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması	37
Çizelge 4.10 : Frame 2.1 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi.....	38
Çizelge 4.11 : Frame 2.1 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri.....	40
Çizelge 4.12 : Frame 2.1 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	40
Çizelge 4.13 : Frame 2.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları.....	41
Çizelge 4.14 : Frame 4.1 kolon bilgileri	42
Çizelge 4.15 : Frame 4.1 kiriş bilgileri	43

Çizelge 4.16 : Frame 4.1 yapı analiz bilgileri	43
Çizelge 4.17 : Frame 4.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi	44
Çizelge 4.18 : Frame 4.1 görelî kat öteleme değeri	44
Çizelge 4.19 : Frame 4.1'in m sınır ve görelî kat öteleme sınır değeri	44
Çizelge 4.20 : Frame 4.1 sınır değeri kıyaslama sonuçları	44
Çizelge 4.21 : Frame 4.1 ort.gerilme/fcm tespiti	44
Çizelge 4.22 : Frame 4.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması	45
Çizelge 4.23 : Frame 4.1'in elastik yöntem ile performans değeri	46
Çizelge 4.24 : Frame 4.1 elastik spektral ivme ve yerdeğîştirme değeri	47
Çizelge 4.25 : Frame 4.1 deprem yerdeğîştirme isteminin belirlenmesi	48
Çizelge 4.26 : Frame 4.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları	49
Çizelge 4.27 : Frame 4.2 kolon bilgileri	50
Çizelge 4.28 : Frame 4.2 kiriş bilgileri	50
Çizelge 4.29 : Frame 4.2 yapı analiz bilgileri	51
Çizelge 4.30 : Frame 4.2'nin kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi	51
Çizelge 4.31 : Frame 4.2 görelî kat ötelemeleri	51
Çizelge 4.32 : Frame 4.2 Kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları	52
Çizelge 4.33 : Frame 4.2 sınır değeri kıyaslama sonuçları	52
Çizelge 4.34 : Frame 4.2 ort.gerilme / fcm değeri belirlenmesi	52
Çizelge 4.35 : Frame 4.2'nin elastik yöntem ile performans değeri	53
Çizelge 4.36 : Frame 4.2 elastik spektral ivme ve yerdeğîştirme değeri	55
Çizelge 4.37 : Frame 4.2 deprem yerdeğîştirme isteminin belirlenmesi	55
Çizelge 4.38 : Frame 4.2 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları	56
Çizelge 4.39 : Frame 5.1 kolon bilgileri	57
Çizelge 4.40 : Frame 5.1 kiriş bilgileri	58
Çizelge 4.41 : Frame 5.1 yapı analiz bilgileri	58
Çizelge 4.42 : Frame 5.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi	59
Çizelge 4.43 : Frame 5.1 görelî kat öteleme değeri	59
Çizelge 4.44 : Frame 5.1 m sınır ve görelî kat öteleme sınırları	59
Çizelge 4.45 : Frame 5.1 sınır değeri kıyaslama sonuçları	59
Çizelge 4.46 : Frame 5.1 ort.gerilme/fcm tespiti	59
Çizelge 4.47 : Frame 5.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması	60
Çizelge 4.48 : Frame 5.1 elastik çözüm ile performans değeri	61
Çizelge 4.49 : Frame 5.1 elastik spektral ivme ve yerdeğîştirme değeri	63
Çizelge 4.50 : Frame 5.1 deprem yerdeğîştirme isteminin belirlenmesi	63
Çizelge 4.51 : Frame 5.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları	64
Çizelge 4.52 : Frame 5.2 kolon bilgileri	65
Çizelge 4.53 : Frame 5.2 kiriş bilgileri	65
Çizelge 4.54 : Frame 5.2 yapı analiz bilgileri	66
Çizelge 4.55 : Frame 5.2 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi	66
Çizelge 4.56 : Frame 5.2 görelî kat ötelemeleri	67
Çizelge 4.57 : Frame 5.2 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları	67
Çizelge 4.58 : Frame 5.2 sınır değeri kıyaslama sonuçları	67
Çizelge 4.59 : Frame 5.2 ort.gerilme/fcm değeri	67
Çizelge 4.60 : Frame 5.2 kat kesme kuvveti oranı	68
Çizelge 4.61 : Frame 5.2 elastik spektral ivme ve yerdeğîştirme değeri	70
Çizelge 4.62 : Frame 5.2 deprem yerdeğîştirme isteminin belirlenmesi	70
Çizelge 4.63 : Frame 5.2 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları	71
Çizelge 4.64 : Frame 6.1 kolon bilgileri	73
Çizelge 4.65 : Frame 6.1 kiriş bilgileri	73

Çizelge 4.66 : Frame 6.1 yapı analiz bilgileri.....	73
Çizelge 4.67 : Frame 6.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi.....	74
Çizelge 4.68 : Frame 6.1 görelî kat ötelemeleri.....	75
Çizelge 4.69 : Frame 6.1 m sınır ve görelî kat öteleme sınır değerleri.....	75
Çizelge 4.70 : Frame 6.1 sınır değerler kıyaslama sonuçları.....	75
Çizelge 4.71 : Frame 6.1 ort.gerilme / fcm değerinin belirlenmesi.....	75
Çizelge 4.72 : Frame 6.1 kat kesme kuvveti oranı	76
Çizelge 4.73 : Frame 6.1 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi.....	77
Çizelge 4.74 : Frame 6.1 elastik spektral ivme ve yerdeğıştirme değerleri.....	78
Çizelge 4.75 : Frame 6.1 deprem yerdeğıştirme isteminin belirlenmesi	78
Çizelge 4.76 : Frame 6.1'in statik itme analizi ile performans sonuçları	79
Çizelge 4.77 : Frame 7.1 kolon bilgileri	81
Çizelge 4.78 : Frame 7.1 kiriş bilgileri	81
Çizelge 4.79 : Frame 7.1 yapı analiz bilgileri.....	81
Çizelge 4.80 : Frame 7.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi.....	82
Çizelge 4.81 : Frame 7.1 görelî kat ötelemeleri.....	83
Çizelge 4.82 : Frame 7.1 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları	83
Çizelge 4.83 : Frame 7.1 sınır değerlerini aşan kolonlar	83
Çizelge 4.84 : Frame 7.1 ort.gerilme/fcm değerinin belirlenmesi	83
Çizelge 4.85 : Frame 7.1 kat kesme kuvveti oranı	84
Çizelge 4.86 : Frame 7.1 elastik çözüm ile performans değerlendirme sonuçları.....	85
Çizelge 4.87 : Frame 7.1 elastik spektral ivme ve yerdeğıştirme değerleri.....	86
Çizelge 4.88 : Frame 7.1 deprem yerdeğıştirme isteminin belirlenmesi	86
Çizelge 4.89 : Frame 7.1 statik itme analizi ile performans sonuçları	87
Çizelge 4.90 : Frame 8.2 kolon bilgileri	89
Çizelge 4.91 : Frame 8.2 nin kiriş bilgileri.....	89
Çizelge 4.92 : Frame 8.2 yapı analiz bilgileri.....	89
Çizelge 4.93 : Frame 8.2 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi.....	90
Çizelge 4.94 : Frame 8.2 m sınır ve görelî kat öteleme sınır değerleri.....	91
Çizelge 4.95 : Frame 8.2 sınır değerler kıyaslama sonuçları.....	91
Çizelge 4.96 : Frame 8.2 ort.gerilme/fcm değerinin belirlenmesi.....	91
Çizelge 4.97 : Frame 8.2 elastik yöntem ile performans değerlendirmesi	93
Çizelge 4.98 : Frame 8.2 elastik spektral ivme ve yerdeğıştirme değerleri.....	94
Çizelge 4.99 : Frame 8.2 deprem yerdeğıştirme eğrisinin belirlenmesi	94
Çizelge 4.100 : Frame 8.2 statik itme analizi ile performans sonuçları	96
Çizelge 4.101 : Yapı 1.a kolon bilgileri.....	98
Çizelge 4.102 : Yapı 1.a kiriş donatı bilgileri.....	98
Çizelge 4.103 : Yapı 1.a kritik kat kolonları görelî kat öteleme, m ve sınır değerleri	100
Çizelge 4.104 : Yapı 1.a kritik kat kolonları görelî kat öteleme, m ve sınır değerleri	101
Çizelge 4.105 : Yapı 1.a kat kesme kuvveti oranlarının değerleri.....	102
Çizelge 4.106 : Yapı 1.a X yönü elastik çözüm performans değerlendirmesi	103
Çizelge 4.107 : Yapı 1.a Y yönü elastik Çözüm performans değerlendirmesi.....	104
Çizelge 4.108 : Yapı 1a (x) yönü deprem yerdeğıştirme istemi değerinin belirlenmesi	105
Çizelge 4.109 : Yapı 1.a (y) yönü deprem yerdeğıştirme istemi değerinin belirlenmesi	106
Çizelge 4.110 : İncelenen mevcut yapıların analiz sonuçları	108

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Türkiye deprem bölgeleri haritası	1
Şekil 2.1 : Riskli ve Risksiz hasar sınırları	3
Şekil 3.1 : Kesit hasar bölgeleri	13
Şekil 3.2 : Yapı performans düzeyleri	15
Şekil 3.3 : Kolon kesiti moment ve eksenel kuvvet kapasiteleri	20
Şekil 3.4 : Statik itme analizinde yapı elemanlarında mekanizma durumunun oluşması	25
Şekil 3.5 : Statik itme eğrisi	27
Şekil 3.6 : Modal kapasite eğrisi	28
Şekil 3.7 : Spektral ivme - spektral yerdeğiştirme grafiği	29
Şekil 3.8 : Elastik spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek elastik ve elasto-plastik yerdeğiştirmenin bulunması	30
Şekil 4.1 : Frame 2.1	34
Şekil 4.2 : Frame 2.1 Kritik kat kopyalanması	35
Şekil 4.3 : Frame 2.1 m sınır ve m değerleri	37
Şekil 4.4 : Frame 2.1 kat öteleme oranı ve sınır değerleri	37
Şekil 4.5 : Frame 2.1 Statik itme eğrisi	39
Şekil 4.6 : Frame 2.1 modal kapasite eğrisi - deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasman değeri	39
Şekil 4.7 : Frame 2.1'nin deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	40
Şekil 4.8 : Frame 4.1	42
Şekil 4.9 : Frame 4.1 kritik kat	43
Şekil 4.10 : Frame 4.1'in m sınır değerini aşan kolonlar	45
Şekil 4.11 : Frame 4.1'in görelî kat öteleme sınırını aşan kolonlar	45
Şekil 4.12 : Frame 4.1 statik itme eğrisi	47
Şekil 4.13 : Frame 4.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasman belirlenmesi	47
Şekil 4.14 : Frame 4.1'nin deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	48
Şekil 4.15 : Frame 4.2	50
Şekil 4.16 : Frame 4.2 kritik kat	51
Şekil 4.17 : Frame 4.2 m sınır ve m değerleri	52
Şekil 4.18 : Frame 4.2 görelî kat öteleme sınırları ve görelî kat öteleme değerleri	53
Şekil 4.19 : Frame 4.2 statik itme eğrisi	54
Şekil 4.20 : Frame 4.2 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	54
Şekil 4.21 : Frame 4.2 deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	55
Şekil 4.22 : Frame 5.1	57
Şekil 4.23 : Frame 5.1 kritik kat	58
Şekil 4.24 : Frame 5.1 m sınır ve m değerleri	60
Şekil 4.25 : Frame 5.1 görelî kat öteleme ve sınır değerleri	60
Şekil 4.26 : Frame 5.1 statik itme eğrisi	62
Şekil 4.27 : Frame 5.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	62
Şekil 4.28 : Frame 5.1 deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	63

Şekil 4.29 : Frame 5.2	65
Şekil 4.30 : Frame 5.2 kritik kat	66
Şekil 4.31 : Frame 5.2 m sınır ve m değerleri.....	68
Şekil 4.32 : Frame 5.2 görelî kat öteleme ve sınır değerleri	68
Şekil 4.33 : Frame 5.2 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi	69
Şekil 4.34 : Frame 5.2 statik itme eğrisi	69
Şekil 4.35 : Frame 5.2 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	70
Şekil 4.36 : Frame 5.2 deprem yerdeğıştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	70
Şekil 4.37 : Frame 6.1	72
Şekil 4.38 : Frame 6.1 kritik kat	74
Şekil 4.39 : Frame 6.1 m sınır ve m değerleri.....	76
Şekil 4.40 : Frame 6.1 kolon öteleme sınır değerleri ve öteleme değerleri	76
Şekil 4.41 : Frame 6.1 statik itme eğrisi	77
Şekil 4.42 : Frame 6.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	78
Şekil 4.43 : Frame 6.1'in deprem yerdeğıştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu	79
Şekil 4.44 : Frame 7.1	80
Şekil 4.45 : Frame 7.1 kritik kat	82
Şekil 4.46 : Frame 7.1 m sınır ve m değerleri.....	84
Şekil 4.47 : Frame 7.1 görelî kat ötelemeleri ve sınır değerleri.....	84
Şekil 4.48 : Frame 7.1 statik itme eğrisi	86
Şekil 4.49 : Frame 7.1 modal kapasite eğrisi – deprem spektrum talep eğrisinin kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	86
Şekil 4.50 : Frame 7.1'in seismostruct programında yerdeğıştirme istemi karşısında analizi	87
Şekil 4.51 : Frame 8.2	88
Şekil 4.52 : Frame 8.2 kritik kat	90
Şekil 4.53 : Frame 8.2 görelî kat öteleme değerleri.....	91
Şekil 4.54 : Frame 8.2 kolon m ve m_sınır değerleri	92
Şekil 4.55 : Frame 8.2 görelî kat öteleme ve sınır değerleri.....	92
Şekil 4.56 : Frame 8.2 statik itme eğrisi	94
Şekil 4.57 : Frame 8.2 modal kapasite eğrisi ve deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	94
Şekil 4.58 : Frame 8.2'nin seismostruct programı ile yerdeğıştirme istemi karşısında analizi	95
Şekil 4.59 : Betonarme yapı 1.a'nın zemin kat planı	97
Şekil 4.60 : Yapı 1.a kritik kat	102
Şekil 4.61 : Yapı 1.a (x) yönü statik itme eğrisi	104
Şekil 4.62 : Yapı 1.a (x) yönü modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	105
Şekil 4.63 : Yapı 1.a (y) yönü statik itme eğrisi	105
Şekil 4.64 : Yapı 1.a (y) yönü modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi	106
Şekil 4.65 : Yapı 1.a (x) yönü yerdeğıştirme istemi karşısında yapı performansı (seismostruct analizi).....	106
Şekil 4.66 : Yapı 1.a (y) yönü yerdeğıştirme istemi karşısında yapı performansı (seismostruct analizi).....	107

SEMBOL LİSTESİ

A_p	: Kritik katın plan alanı
A_{sh}	: s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A_c	: Brüt kolon enkesiti
a_{y1}	: 1. Moda ait eşdeğer akma ivmesi
b_k	: En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık
C_R	: Spektral yerdeğiştirme oranı
E	: Deprem yükü
E_{cm}	: Mevcut elastiklik modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{ywm}	: Mevcut etriye donatısının akma dayanımı
G	: Ölü yük
h	: Kat yüksekliği
m	: etki / kapasite oranı (RYTEİE-2013)
MD	: Düşey yüklerden oluşan moment
ME	: Deprem yükünden oluşan moment
MK	: Mevcut malzeme dayanımlarıyla hesaplanmış moment kapasitesi
ND	: Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet
NE	: Deprem yüklerinden oluşan eksenel kuvvet
NK	: Kesit moment kapasitesine karşılık gelen eksenel kuvvet
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{y1}	: 1.moda ait dayanım azaltma katsayısı
S_{di}	: doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
S_{ae}	: Elastik spektral ivme
S_{de}	: Elastik spektral yerdeğiştirme
V_e	: Enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
Q	: Hareketli yük
w	: Açısal frekans
$\phi_{X,YN}$	: N. katta x,y deprem doğrultusunda 1.moda ait mod genliği
$\Gamma_{x,yn}$	: x, y doğrultusunda n.moda ait katkı çarpanı
$U_{x,yN}$	: N.katta x, y deprem doğrultusunda birinci moda ait yerdeğiştirme
η_{bi}	: binanın i.katında tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
δ	: Kat etkin görelî kat ötelemesi
ϵ_{cu}	: Betonda en büyük birim kısalma
λ	: Düzeltme katsayısı
ρ	: çekme donatısı oranı
ρ'	: basınç donatısı oranı
ρ_b	: dengeli donatı oranı

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR VE TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Ülkemiz jeolojik özellikleri, topoğrafik yapısı nedeniyle depremleri sıkça yaşamaktadır. Bugün depremlerin önceden kestirilmesi mümkün olmamakla birlikte deprem önlemlerinin planlanması, oluşacak can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi önemlidir. Türkiye’de oluşan şiddetli depremler sonucunda, meydana gelen büyük can ve mal kayıpları, ülkemizde mevcut yapı stoğunun incelemesini ve gerekli görüldüğü takdirde kentsel dönüşümü zorunlu kılmıştır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için yapıların risk analizlerinin yapılması büyük öneme sahiptir. Son yıllarda bu konu hakkında yapılan çalışmalar sonucunda, ekonomik ömrünü tamamlamış veya tamamlamak üzere olan ve şiddetli bir depremde can güvenliğini sağlamayan yapıları hızlı ve doğru bir şekilde tespit edip dönüştürmek amacıyla 2013 yılında Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE) yürürlüğe girmiştir.

RYTEİE, riskli yapıların pratik bir şekilde tespit edilmesini ve böylece söz konusu riskli yapıların, kentsel dönüşüm ile gelecekte oluşacak olan depremlerde, can güvenliğini sağlayabilecek yapılar ile değiştirilmesini amaçlamaktadır. Bu esaslar hazırlanırken getirilecek kuralların, Deprem Yönetmeliği’nde verilen kurallardan daha basit ve daha kolay uygulanabilir olması esas alınmıştır ve Deprem Yönetmeliği uygulamalarından kazanılan deneyim buraya yansıtılmıştır. Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarda çok rastlanılan az katlı binalar için basit esaslar verilirken, az rastlanılan çok katlı binalar için kapsamlı esaslar vermeyip Deprem Yönetmeliği’ne yönlendirmektedir. Böylece belirli bir uyum da sağlanmış olmaktadır.

Deprem Yönetmeliği’nde performans değerlendirmesi ise Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara göre daha uzun ve daha ayrıntılı analizlere dayanmaktadır. Bu analizler doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan performans değerlendirme yöntemleridir. Bu analizler sonucunda yapının hesaplanan deprem kuvveti altında hasar durumu belirlenir.

Bu çalışmada Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar ile Türk Deprem Yönetmeliği arasındaki uyumu test etmek amacıyla yapı özellikleri ve kat adetleri birbirinden farklılık gösteren 8 adet betonarme çerçeve ve 1 adet betonarme yapı incelenmiştir. Mevcut yapı elemanlarının gerekli hesaplarında TS500 esas alınmıştır. Yapıları aynı şatlar altında incelemek amacıyla tüm yapılar birinci derece deprem bölgesinde ve Z3 türü zemin özelliklerinde analiz edilmiştir. Tüm yapılar için bina önem katsayısı 1.0 alınmıştır. Yapıların beklenen deprem performansları- i) Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar kullanılarak, ii) Deprem Yönetmeliği Bölüm 7’de belirtilen doğrusal elastik değerlendirme yöntemi kullanılarak ve iii) Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kapsamında statik itme analizi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmalar sırasında Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara göre çözümde ve Deprem Yönetmeliği Bölüm 7 elastik çözümde SAP2000 V.15.1.0, statik itme analizi çözümünde ise SEISMOSTRUCT V.6.5 ileri analiz programlarından yararlanılmıştır.

Yapılan hesaplamalar ve elde edilen veriler ışığında incelenen mevcut yapıların risk durumlarına bakılmış ve sonuçların TDY ile uyumluluğu hakkında yorum

yapılmıştır. Burada incelenen binalar için RYTEİE ve TDY uyumlu sonuçlar vermektedir. Ancak burada incelenen tüm binalar performansları düşük binalardır. Daha iyi performans seviyesine sahip binalarda bu uyum yeniden irdelenmelidir, bu tezde bulunan sonuçlar geçerli olmayabilir.

COMPARISON OF BASICS FOR DETERMINING SEISMIC RISK OF BUILDING AND TURKISH EARTHQUAKE CODE

SUMMARY

Turkey is prone to strong shakings due to its geological structure, where the country lies on an area within the complex zone of collision between the Eurasian plate and both the African and Arabian plates. Much of the country lies on the Anatolian plate, a small plate bounded by two major strike-slip fault zones, the North Anatolian Fault and East Anatolian Fault. The western part of the country is also affected by the zone of extensional tectonics in the Aegean Sea caused by the southward migration of the Hellenic arc.

It is still not possible to predict the earthquakes, thus according to earthquake engineering principles, determining the seismic risk is very important. Seismic risk refers to the risk of damage from earthquake to a building, system or entity. Seismic risk has been defined, mostly for management purposes, as the potential economic, social consequences of hazardous events that may occur in a specified period of time. The risk is also translated, of course, to life losses if the collapse occurs.

Referring to Turkey's earthquake hazard, and also to its vulnerable RC building inventory, a holistic approach that can detect the most vulnerable structures in a relatively short and cheap way is needed. The urban transformation law and the Code for defining the buildings at collapse risk are the results of this endeavour.

Today Turkish Earthquake Code (2007) is used for design and assessment of buildings against seismic actions. Earthquake Code (TDY2007) is intended to ensure safety in an earthquake.

There are two calculation methods for the determining the seismic performance of the buildings in the Turkish Earthquake Code (2007). These methods are, linear elastic and non-linear inelastic calculation methods. Based on the research and risk assessment studies, specifically concentrated to the vulnerable RC building stock, it is understood that Turkish Earthquake Code (2007) has complex calculation methods for determination of seismic performances of buildings in respect to the ease and simplicity the vast problem requires. As a result of this challenge, an easier and quicker calculation method was proposed in "Essentials for Determining Seismic Risk of Buildings (RYTEİE 2013)" and it came in to force in year 2013. The purpose of the RYTEİE 2013 is to find the most vulnerable RC structures in the entire inventory, possibly ones that have the collapse potential.

Experience gained from the application of the Turkish Earthquake Code (2007) is reflected in the Basics for Determining Seismic Risk of Building (RYTEİE 2013). RYTEİE 2013 gives a very simple method for risk-assessment of ordinary low-rise buildings, but it directs to the TDY 2007 for less common multi-story.

In this study, eight reinforced concrete frames and one 3D reinforced concrete structure were analyzed for determining whether a consistency exists between the two codes. All of the structures have different structural features, and they were subjected to the same level of seismic hazard. For all analyzes, the seismic zone is 1, effective ground acceleration coefficient (A_0) is 0.4, ground class is Z3 and building importance factor (I) is 1.

All of the structures were calculated according to the Basics For Determining Seismic Risk Of Building , Turkish Earthquake Code chapter seven linear elastic method and non-linear inelastic method (pushover). After that, their seismic performances were determined and compared to each other to determine the consistency of three different and legally valid approaches.

SAP2000 V.15.1.0 was used for the determining seismic risk of building according to the RYTEİE (2013) and TDY(2007) linear elastic calculations. And SEISMOSTRUCT V.6.5 was used for the non-linear pushover analysis TDY(2007).

According to the results of the study, RYTEİE (2013) and TDY(2007) give similar result for the all structures. However, it has to be noted that the structures selected and used in this theses are rather vulnerable ones. Structures with better performance may lead to different results between the two codes or among the methods applied in this thesis.

1. GİRİŞ

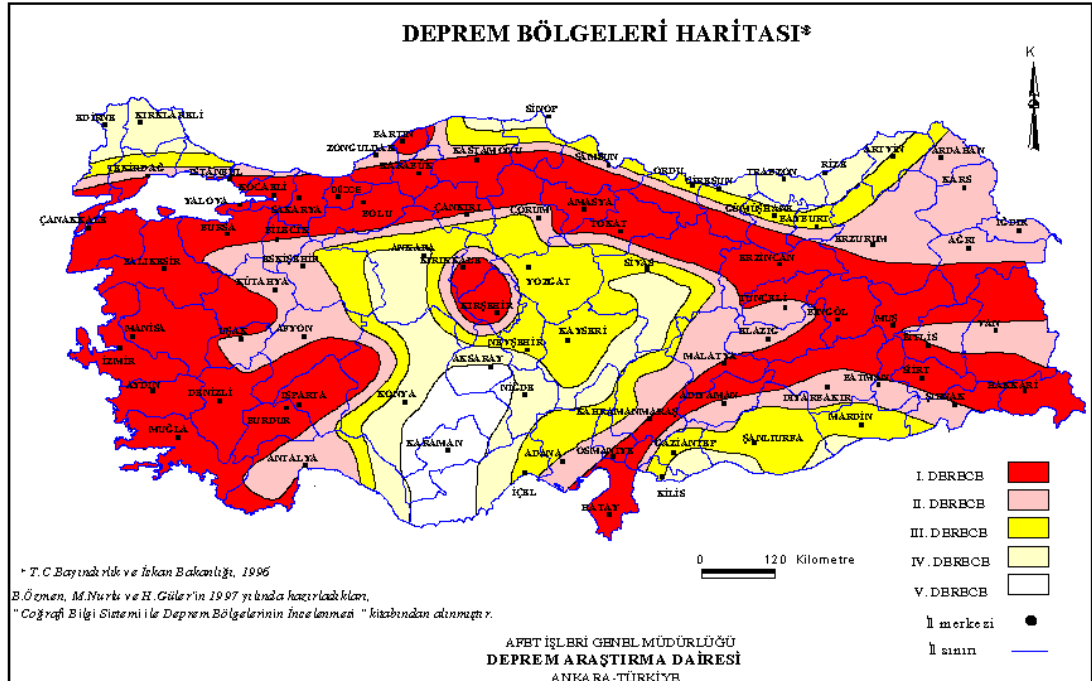
Dünyada tarih boyunca meydana gelen depremler incelendiğinde Türkiye'nin bir deprem ülkesi olduğu görülmektedir. Sismik olarak incelendiğinde Türkiye üç deprem kuşağının etkisindedir. Bunlar;

- Kuzey Anadolu Deprem Kuşağı: Saroz körfezinden başlayıp Marmara denizini ve Kuzey Anadolu Dağlarının güneyini içine alarak Van Gölü'nün kuzeyine doğru uzanır.

- Batı Anadolu Deprem Kuşağı: Güney Marmara'dan başlar ve Ege Bölgesindeki çöküntü ovalarını takip eder.

- Güney Anadolu Deprem Kuşağı: Hatay'dan başlayıp Güney Anadolu Toroslarını takip eder ve Van gölünün güneyine doğru devam eder.

Deprem kuşaklarına ve meydana gelen depremlere bağlı olarak yapılan çalışmalar neticesinde Türkiye deprem haritası ortaya çıkmıştır.



Şekil 1.1 : Türkiye deprem bölgeleri haritası

Türkiye'nin deprem hartasına bakıldığında, yapıların olası bir depremde can güvenliğini sağlaması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Bu amaçla tasarım,

deprem etkileri göz önüne alınarak yapılmalıdır. Kocaeli (1999) depreminin ardından yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde deprem yönetmeliği değiştirilmiştir ve bugün kullanılan yönetmelik 2007 yılında güncellenen Türk Deprem Yönetmeliğidir. Deprem yönetmeliği olası bir depremde can güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu konuda gerekli tasarım esaslarını sunmaktadır. Ayrıca oluşabilecek depremler için mevcut yapıların risk analizleri yapılmalı ve riskli binalar hızlı bir şekilde tespit edilmelidir. Bu konuda Deprem Yönetmeliği bölüm 7, yapıların performanslarının belirlenmesi için belirli esaslar sunmaktadır. Bu esaslar doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerdir.

Risk analizlerinin daha pratik yapılabilmesi için 2013 yılında kullanıma sunulan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, analizler sonucunda mevcut yapıları pratik bir şekilde riskli veya risksiz olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Pratik esaslara dayanması sebebiyle Deprem Yönetmeliğine göre daha az zaman almaktadır ve riskli yapıların hızlı bir şekilde tespit edilebilmesini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

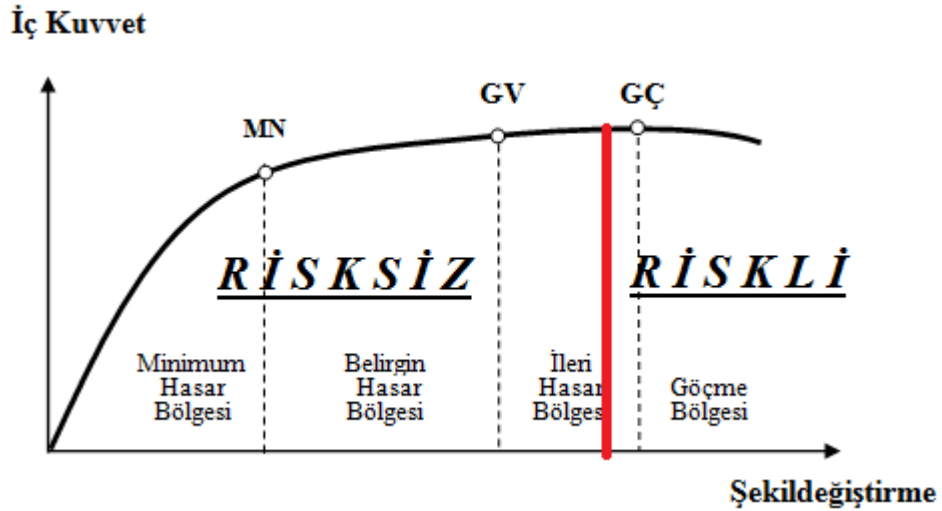
Bu çalışma kapsamında mevcut yapıların olası depremlere karşı performanslarını daha hızlı bir şekilde belirlemeyi amaçlayan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar ile elde edilen sonuçların, Türk Deprem Yönetmeliği ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak, sonuçların benzer olup olmadığı saptanmak istenmiştir. Ayrıca ele alınan binaların Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar kullanılarak pratik ve daha kolay bir şekilde risk durumlarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR İLE YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1 Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE 2013) [1]

Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarda anlatılan yöntemler TDY(2007)'de tanımlanan bina deprem performans değerlendirme ve güçlendirmesi amacıyla kullanılamaz. Bu yönetmelik, sadece TDY(2007) Tablo 7.7.de “diğer binalar” kapsamındaki binalardan, yüksekliği (H_N) 25m veya zemin döşemesi üstü sekiz katı geçmeyen betonarme ve yığma binaların risk belirlenmesi için kullanılır. Bu yönetmelik bina türünde olmayan yapılar ile tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların veya bir afet sonrasında orta veya ağır hasarlı olarak belirlenen binanın risk tespiti için kullanılamaz.

Bulunduğu bölge için TDY(2007)'de tanımlanan Tasarım Depremi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan bina Riskli Bina olarak tanımlanır. RYTEİE (2013) riskli yapıları pratik ve kolay bir biçimde tespit etmeye yarar. Bununla birlikte bu esaslara göre riskli bulunmayan binalarda TDY(2007) bölüm yedi 7.7.3'te belirtilen can güvenliği performans düzeyinin sağlandığı sonucu çıkarılamaz.



Şekil 2.1 : Riskli ve Risksiz hasar sınırları

Deprem yönetmeliğindeki hasar sınırları dikkate alındığında riskli yapı ve risksiz yapı sınırı şekileki gibi tanımlanır (bkz. Şekil 2.1). Riskli bina, “Can güvenliği” ile “Göçme öncesi” performans düzeyi arasında ve “Göçme öncesi” performans düzeyine daha yakın olarak tanımlanmıştır [2].

Riskli binaların tespiti için hesaplar, mevcut bina taşıyıcı sistem özellikleri dikkate alınarak yapılacaktır. Binanın mevcut taşıyıcı sistem özellikleri sadece kritik kat rölevesi ile belirlenebilir. Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan (betonarme çevre perdeleri bulunmayan) veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. Röleve kritik kat için saha çalışması ile belirlenen bina geometrisi; kolon, perde, kiriş boyutları ile bu elemanların katta yerleşimini, eksen açıklıklarını; kapı ve pencere boşluğu olmayan dolgu duvar yerleşimini içerir. Binanın kat adedi ve kat yükseklikleri rölevede belirtilecektir. Kritik kattaki kısa kolonlar ve binadaki konsollar rölevede işlenecektir. TDY(2007) Bölüm 2.3'te tanımlanan B3 türü düzensizliğe sahip olan binaların kritik kat için yapılan röleve çalışması, bu düzensizliği hesap modeline yansıtacak şekilde, diğer katlar için de yapılacaktır.

Taşıyıcı sistem incelemesinde bilgi düzeyi dikkate alınmalıdır. Taşıyıcı sistem bilgi düzeyi, asgari veya kapsamlı olabilir. Asgari Bilgi Düzeyi durumunda binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Kapsamlı Bilgi Düzeyi için binanın taşıyıcı sistem projesi mevcuttur ve yerinde kontrol edilen taşıyıcı sistem özellikleri proje ile uyumludur. Bina taşıyıcı sistem projeleri yerinde belirlenen taşıyıcı sistem özellikleri ile uyumlu değilse asgari bilgi düzeyi olarak kabul edilecektir.

Taşıyıcı elemanların kapasiteleri, Mevcut Malzeme Dayanımı kullanılarak hesap edilir ve Çizelge 2.1'de verilen Bilgi Düzeyi Katsayısı ile çarpılarak kullanılır.

Çizelge 2.1 : Bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

2.1.1 Betonarme binalarda donatı tespiti ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi

Mevcut donatı düzenini belirlemek için kritik katta 6 adetten az olmamak üzere perde ve kolonların en az % 20'sinde boyuna donatı türü, miktarı ve düzeni belirlenecektir. Bu işlem, seçilen perde ve kolonların en az yarısında kabuk betonu sıyrılarak yapılacaktır. Diğer yarısında donatı tahmini tahribatsız yöntemler kullanılarak ve elde edilen sonuçlara benzetilerek yapılabilir. Ayrıca, kabuk betonu

sıyırılan perde ve kolonlarda enine donatı türü, çapı ile kolonların orta ve sarılma bölgelerinde enine donatı aralıkları ve detayları belirlenecektir.

Mevcut donatı akma gerilmesi belirlenen donatı türüne bağlı olarak tespit edilecektir. Donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

Binanın kirişlerinde açıklıkta alt ve mesnetlerde üst donatı olarak, taşıyıcı sistem çözümünde TS500'de tanımlanan $(1.4G + 1.6Q)$ yüklemesinden hesap edilen donatının bulunduğu kabul edilebilir. Kiriş mesnet alt donatısı, üst mesnet donatısının 1/3'ü olarak kabul edilebilir. Kapsamlı bilgi düzeyi durumunda kirişlerde donatı mevcut projeden alınacaktır.

Mevcut Beton Dayanımını belirlemek için kritik kat kolon ve perdelerinden en az 10 elemanda tahribatsız yöntemler kullanılacak ve en düşük sonucun alındığı 5 yerden beton numunesi alınacaktır. Kat alanı 400 m^2 den fazla ise, 400 m^2 'yi aşan her 80 m^2 için beton numunesi bir adet arttırılacaktır. Numunelerden elde edilen ortalama beton dayanımının % 85'i mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.

Riskli bina tespitlerinde binanın bulunduğu arsada yeni zemin araştırması yapılabilir veya bölgede daha önce yapılmış zemin araştırma sonuçları kullanılabilir. Arsada zemin araştırması yapılmaması durumunda, bölgesel olarak elde edilen verilerin kullanılmasına proje mühendisi karar verecektir. Veri yokluğunda yerel zemin sınıfı Z4 olarak kabul edilir.

2.1.2 Betonarme bina taşıyıcı sisteminin analizine ilişkin genel kurallar

Deprem etkisinin tanımında, TDY (2007)' de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).

Binanın risk durumu binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü $(G + nQ \pm E)$ dikkate alınarak belirlenecektir. Binanın taşıyıcı sistem modeli, rölevesi çıkarılan kritik katın kat adedi ve kat yükseklikleri ile uyumlu olarak çoğaltılması ile elde edilebilir. Bu çoğaltmada binada bulunan konsollar modelde göz önüne alınacaktır.

B3 türü düzensizliği olan binalarda, bu düzensizlik bina modelinde her katın ayrı ayrı tanımlanması ile göz önüne alınacaktır.

Betonarme kesitlerin veya elemanların kapasiteleri TS500'de verilen kurallar kullanılarak, mevcut malzeme dayanımları ve bilgi düzeyi katsayısı dikkate alınarak hesaplanacaktır.

Taşıyıcı sistemin deprem analizinde Etkin Eğilme Rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler alınacaktır:

- (a) Kirişler ve perdelerde : $(EI)_e = 0.30(E_{cm}I)_o$
(b) Kolonlarda : $(EI)_e = 0.50(E_{cm}I)_o$

Beton elastisite modülü $E_{cm} = 5000(f_{cm})^{0.5}$ (MPa) olarak hesaplanacaktır.

2.1.3 Doğrusal elastik hesap yöntemi

Binanın risk durumunun belirlenmesi için Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi kullanılacaktır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 m'yi ve toplam kat adedi sekizi aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ olan binalara uygulanabilir. Bu binalarda $\eta_{bi} > 1.4$ olması durumunda ise Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır. Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta $R_a = 1$ alınacaktır. Eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem yükü λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Binanın kritik katında değerlendirmenin yapıldığı doğrultuda $\sum A_{kn} / A_p \geq 0.002 N$ ve (δ/h) en büyük kat öteleme oranı 0.015 den küçük ise hesaplanan deprem kuvveti 0.75 katsayısı ile çarpılarak dolgu duvar etkisi dikkate alınabilir.

Risk değerlendirmesi kritik kat için yapılacaktır. Ayrıca, yapılan analiz sonucunda hesaplanan en büyük kat ötelenme oranı başka bir katta oluşuyorsa, bu kat için de sadece kat ötelenme sınır değerleri kontrol edilerek değerlendirme yapılacaktır.

Herhangi bir katın riskli çıkması durumunda bina Riskli Bina olarak kabul edilecektir.

Kolonların ve Perdelerin sınıflandırılması için kullanılan V_e 'nin hesabında, TDY(2007) ve TS500 esas alınacaktır. V_e 'nin hesabında pekleşmeli moment kapasitesi yerine mevcut malzeme dayanımları kullanılarak hesaplanan moment kapasitesi kullanılabilir. Düşey yükler ile birlikte $R_a = 2$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

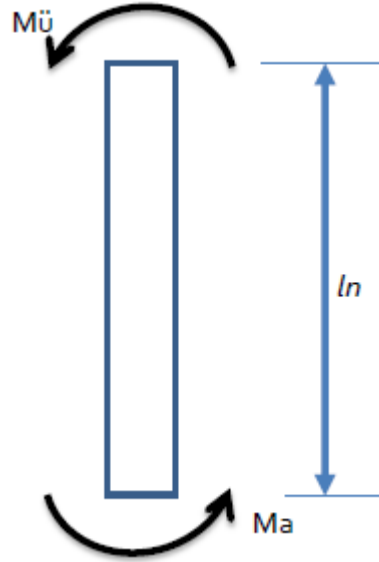
Buna göre Kolonların kesme kuvveti V_e için 2.1 denkleminde yararlanılacaktır [3].

$$V_e = (M_a + M_u) / l_n \quad (2.1)$$

M_a = Kolon alt ucu moment kapasitesi

M_u = Kolon üst ucu moment kapasitesi

l_n = Net kolon boyu



Kolon alt ve üst ucu moment kapasiteleri TS500 ve TDY(2007) bölüm 3.3.7'ye göre yapılmalıdır. Zemin kat kolonları için M_a kolon moment kapasitesidir [3].

Kolonlarda aksenal kuvvet, genellikle basınç olduğu için kolon kesitinin kesmede çatlama dayanımı (V_{cr}) denklem 2.2 kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$V_{cr} = 0,65 * f_{ctd} * b * d * (1 + \gamma * \left(\frac{N_d}{A_c}\right)) \quad (2.2)$$

f_{ctd} : Beton aksenal çekme dayanımı

b_w : Kolon genişliği

d : Faydalı yükseklik

γ : Katsayı (Eksenel basınç durumunda 0.07, aksenal çekme durumunda ise 0.3 alınmalıdır)

N_d : Eksenel yük (Çekmede ve basınçta pozitif alınmalıdır)

A_c : Kesit alanı

Betonarme bir kolonun kesme dayanımı (V_r); beton katkısından (V_c) ve kesme donatısı katkısından (V_w) oluşmaktadır. Kolonun kesme güvenliği için kesme dayanımı, tasarım kesme kuvvetinden büyük olmalıdır.

$$V_r = V_c + V_w \quad (2.3)$$

$$V_c = 0,8 * V_{cr} \quad (2.4)$$

$$V_w = \frac{A_s}{s} * f_{ywm} * d \quad (2.5)$$

A_s : Kesme donatısı toplam kesit alanı

s : Etriye aralığı

f_{ywm} : Enine donatı akma dayanımı

d : Faydalı yükseklik

Kolonlar, (V_e / V_r) ve sarılma bölgesindeki donatı detayına göre üç gruba ayrılır. Nihai durumda A grubu kolonların eğilme göçmesine, B grubu kolonların eğilme-kesme göçmesine ve C grubu kolonların ise kesme göçmesine maruz kalacağı kabul edilir. Perdeler (planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 5 olan düşey taşıyıcı sistem elemanları), (V_e / V_r) ve (H_w / ℓ_w) oranlarına göre gevrek veya sünek olmak üzere iki gruba ayrılır. A grubu perdelerin eğilme göçmesine ve B grubu perdelerin eğilme-kesme veya kesme göçmesine maruz kalacağı kabul edilir.

V_r değeri ($G + nQ \pm E / 6$) yükleme kombinasyonundan elde edilen N_K değeri için kolon orta bölgesindeki etriye temel alınarak hesaplanır. $G+Q+E/6$ kombinasyonunun kullanılma sebebi, deprem yükleri hesaplanırken elde edilen deprem kuvvetini temsil eden E 'nin, $R=1$ alınarak bulunan kuvvetlerden geliyor olmasıdır. Bu kuvvetler gerçekleşmesi mümkün olmayan fiktif kuvvetlerdir ve eşit yerdeğiştirime kuralının çalıştığı durumlar için geçerli kabullere dayanır. Dolayısı ile

bu kombinasyonda E kuvvetleri 6 gibi yaklaşık bir sayıya bölünerek daha gerçekçi deprem kuvvetleri elde edilir. Bu 6 değeri ise, düktil olmayan yapılarda dikkate alınan R=4 ile tam düktil çerçevelerde dikkate alınan R=8'in ortalaması gibidir.

Çizelge 2.2 : Güç tükenme durumuna göre kolon sınıfları

A grubu kolon	Eğilme güç tükenmesi
B grubu kolon	Eğilme – kesme güç tükenmesi
C grubu kolon	Kesme güç tükenmesi

Çizelge 2.3 : Kolon sınıflandırma tablosu

V_e / V_r	Aralığı $s \leq 100mm$ olan, her iki ucunda 135° kancalı etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı $A_{sh} \geq 0.06 s b_k (f_{cm} / f_{ywm})$ denklemini sağlayan kolonlar	Diğer durumlar
$V_e / V_r \leq 0.7$	A	B
$0.7 < V_e / V_r \leq 1.1$	B	B
$1.1 < V_e / V_r$	B	C

Çizelge 2.4 : Perde sınıflandırma tablosu

H_w / ℓ_w	$V_e / V_r < 1.0$	$1.0 \leq V_e / V_r$
$2.0 \leq H_w / \ell_w$	A	B
$H_w / \ell_w < 2.0$	B	B

Betonarme elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kolon ve perde kesitlerinin deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilen Etki/Kapasite Oranı ($m = M_{G+nQ+E} / M_K$) kullanılacaktır. M_K değeri $G + nQ \pm E / 6$ yükleme kombinasyonundan elde edilen N_K değeri için hesaplanacaktır. İncelenen kat veya katlardaki kolon ve perde m değerleri ve kat öteleme oranı (δ / h) değerleri, kolon ve perde sınıflarına bağlı verilen risk sınır değerleri ($m_{sınır}$) ve kat öteleme oranı sınır değerleri $(\delta / h)_{sınır}$ ile kıyaslanacaktır. Herhangi bir sınır değer aşılması durumunda elemanın risk sınırını aştığı kabul edilecektir. Kat öteleme oranı 0.0075 den küçük ve $\alpha_s \geq 0.50$ ise,

perdeler için sadece kat öteleme oranı, kat öteleme sınır değerleri ile kıyaslanacaktır. Sınır değerleri belirlenirken, ara değerler için interpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 2.5 : A grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$m_{\text{sınır}}$	$(\delta / h)_{\text{sınır}}$
≤ 0.1	5.0	0.035
≥ 0.6	2.5	0.0125

Çizelge 2.6 : B grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$A_{sh} / (s b_k)$	$m_{\text{sınır}}$	$(\delta / h)_{\text{sınır}}$
≤ 0.1	≤ 0.0005	2.0	0.01
	≥ 0.006	5.0	0.03
≥ 0.6	≤ 0.0005	1.0	0.005
	≥ 0.006	2.5	0.0075

Çizelge 2.7 : C grubu kolonlar için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri

$m_{\text{sınır}}$	$(\delta / h)_{\text{sınır}}$
1.0	0.005

Çizelge 2.8 : A grubu perdeler için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Başlık bölgesi(*)	$m_{\text{sınır}}$	$(\delta / h)_{\text{sınır}}$
< 0.1	≤ 0.9	Var	6.0	0.030
		Yok	4.0	0.015
	≥ 1.3	Var	3.5	0.015
		Yok	2.0	0.0075
> 0.25	≤ 0.9	Var	3.5	0.020
		Yok	2.0	0.010
	≥ 1.3	Var	2.0	0.010
		Yok	1.5	0.005

Çizelge 2.9 : B grubu perdeler için $m_{\text{sınır}}$ ve $(\delta / h)_{\text{sınır}}$ değerleri

$V_e / (b_w d f_{ctm})$	$m_{\text{sınır}}$	$(\delta / h)_{\text{sınır}}$
≤ 0.9	4.0	0.020
≥ 1.3	2.0	0.010

2.1.4 Riskli betonarme binanın belirlenmesi

İncelenen kat veya katlarda $(G + nQ)$ yükleme birleşimi altında perde ve kolonlarda eksenel basınç gerilmeleri hesaplanır. İlgili katta hesaplanan eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması $0.65 f_{cm}$ değerinden büyükse, o katta herhangi bir perde veya kolon elemanının Risk Sınırı aşıldığında bina Riskli Bina olarak kabul edilecektir (Çizelge 2.10). Kattaki eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması, kolon ve perdelerde hesaplanan eksenel basınç gerilmelerinin toplamının toplam kolon ve perde sayısına bölünmesi ile bulunur.

RYTEİE (2013)'de 3.6.1.'de hesaplanan perde ve kolon eksenel gerilmesine bağlı olarak Çizelge 2.10'da verilen kat kesme kuvveti oranı sınırlarını aşan bina Riskli Bina olarak kabul edilir. Risk sınırını aşan perde ve kolonların kesme kuvvetlerinin kat kesme kuvvetine bölünmesiyle kat kesme kuvveti oranı hesaplanacaktır. Çizelge 2.10'da ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 2.10 : Perde ve kolon eksenel gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri

<i>Perde ve kolon eksenel gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)</i>	<i>Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri</i>
$\geq 0.65 f_{cm}$	0
$0.1 f_{cm} \geq$	0.35

3. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ (2007) İLE YAPILARDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ [3]

Yapılarda depremsel performans, deprem etkisi altındaki yapılarda önceden belirlenen hasar sınırları doğrultusunda oluşan en büyük şekil değiştirmelerin belirlenmesi ve sınıflandırılması olarak tanımlanabilmektedir. Yapısal elemanlarda performans değerlendirmesi yapı elemanlarının kesitlerinin hasar sınırlarını belirleyerek yapılır [5].

3.1 Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak TDY(2007) 7.2.16’da belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Sınırlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

Orta bilgi düzeyi’nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Çizelge 3.1 : Bilgi düzeyi katsayısı

Bilgi Düzeyi Katsayısı	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

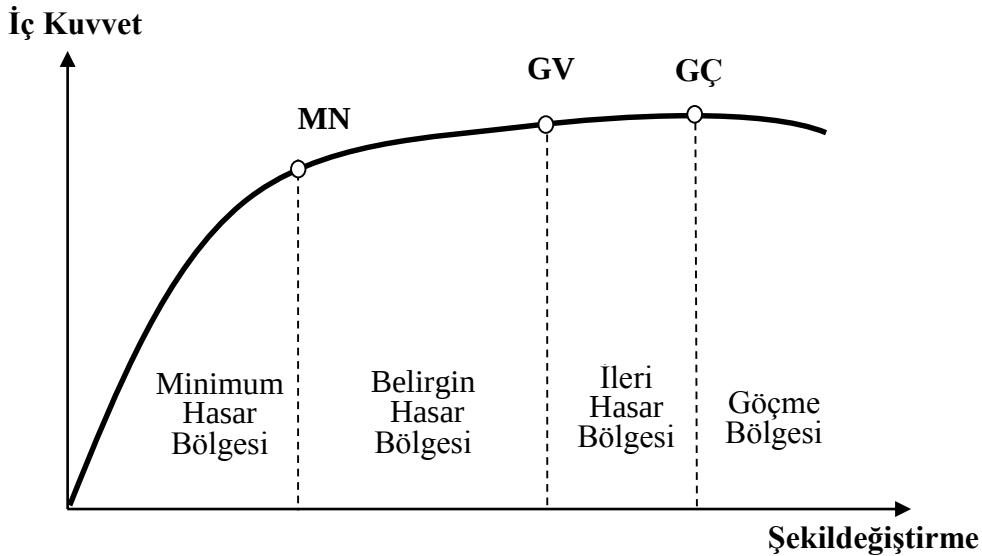
3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri

3.2.1 Kesit hasar sınırları

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

3.2.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Kesit hasar bölgeleri

Şekil 3.1'de verilen grafiğin ilk bölümünde, grafik elastik davranışa yakın bir davranış sergilerken, iç kuvvet artmaya devam ettikçe elasto-plastik davranış ortaya çıkmaktadır. Yapısal elemanlardaki elastik ötesi davranışın başlangıcı, Minimum Hasar Sınırı (MN) olarak adlandırılmıştır. Şekil değiştirmeler artmaya devam ettikçe, Göçme Hasar Sınırı (GC) iç kuvvetlerin azaldığı, yani yüklerin boşalmaya başladığı nokta olarak tanımlanmıştır. Hasarların belirgin seviyeden ileri hasar seviyesine

geçmeye başladığı yani yapı güvenliğinin azalmaya başladığı an, Güvenlik Hasar Sınırı (GV) olarak verilmektedir.

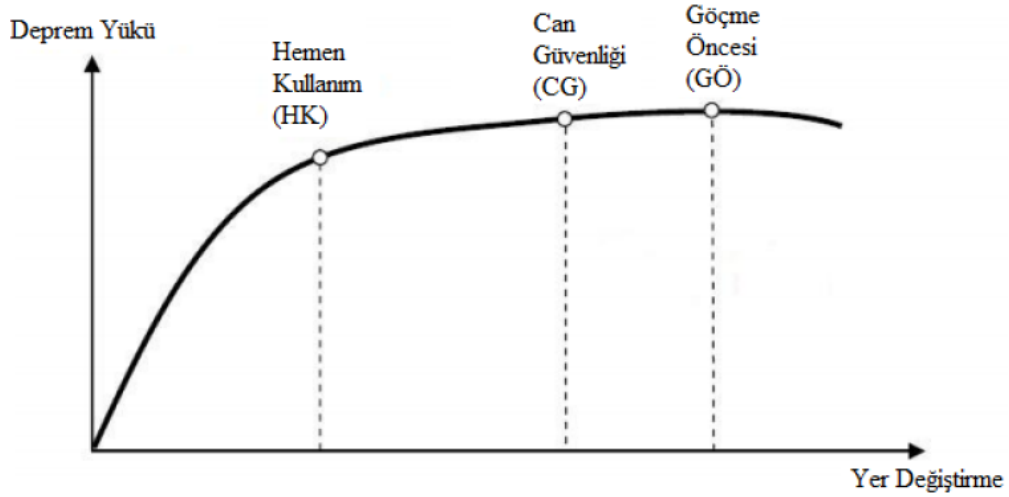
Hasar sınırları verilen grafik yardımı ile, doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen, sünek davranış gösteren yapısal elemanların beton malzemesi ve donatı çeliği malzemesi şekil değiştirmeleri, eğilme momenti ve eksenel kuvvet değerleri hesaba katılarak hasar sınırları için belirtilen şekil değiştirmeler kıyaslanır. Betondaki birim kısalma ve donatıdaki birim kısalma ve uzama değerleri, bu sınır değerler ile karşılaştırılarak performans noktaları bulunur.

Gevrek davranış gösteren yapısal elemanlar, Şekil 3.1’de gösterilen iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntısına uygun değildir. TS-500’e göre kesme kapasitesi, eğilme kapasitesine bağlı hesaplanan ve kesme kapasitesi, yapıya etkileyen kesme kuvvetinden büyük olan yapısal elemanların kesitleri sünek davranış sergiler, aksine gevrek davranış gösteren elemanlar Şekil 3.1’de gösterilen Göçme Bölgesinde kabul edilir.

TDY(2007) bölüm 7.5 veya 7.6’da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

3.3 Betonarme yapılarda deprem performansı

Yapıların deprem performansı, herhangi bir deprem doğrultusunda yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile belirlenir ve dört farklı performans seviyesi esas alınarak tanımlanmıştır. Analiz yöntemleri sonucu eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Benzer şekilde kesit hasar sınırları eğrisine benzetebilecek performans düzeyleri eğrisi deprem yükü ve yerdeğiştirme bağıntısında oluşan sınır performans noktalarını gösterir. Elastik davranışa yakın bölümün sınırlandığı performans noktası Hemen Kullanım Performans Seviyesi (HK), dış deprem yükünün yapıda boşalmaya başladığı Göçme Öncesi Performans Seviyesi (GÖ) ve yatay yük kapasitesinin şekil değiştirmelerle güvenli olarak seyrettiği nokta Can Güvenliği Performans Seviyesi (CG) olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.2’de bu eğri gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Yapı performans düzeyleri

Yapıların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

3.3.1 Hemen kullanım performans seviyesi (HK)

Yapının tüm yapısal elemanlarının bu performans seviyesinde kapasiteleri bir deprem etkisi sonrası hemen hemen korunmaktadır ve çok sınırlı yapısal hasar meydana gelmektedir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

3.3.2 Can güvenliği performans seviyesi (CG)

Yapıda yerel veya toptan göçme bu performans seviyesinde gözlemlenmez çünkü yapıda ek bir kapasite önemli hasarlar olmasına rağmen bu göçme durumlarını engeller.

TDY(2007) Bölüm 7.7.3'e göre; eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak

üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (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 olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

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

3.3.3 Göçme öncesi performans seviyesi (GÖ)

Yapılarda yapısal elemanlarda yerel göçmeler görülebilir, fakat bina bütünlüğü korunmaktadır, can güvenliği bakımından yapı kullanılmamalıdır. TDY(2007) Bölüm 7.7.4'e göre, 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) (a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, 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, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.3.4 Göçme durumu

TDY(2007) Bölüm 7.7.4'e göre, Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.4 Deprem Hesabına ilişkin Genel Kurallar

TDY(2007)'nin bu bölümüne göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde TDY(2007) bölüm 7.8'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).

Binaların deprem performansı, yapıya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir. Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri TDY(2007) Bölüm 6'ya göre belirlenecektir. Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır. Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları TDY(2007)'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.

Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre TDY(2007) 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

(a) Analizde beton ve donatı çeliğinin TDY(2007) bölüm 7.2' de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

(c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenebilir.

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

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiğı şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliğı $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

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

Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliğı oranında azaltılabilir. Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceğı durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır. TDY(2007) bölüm 2'de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

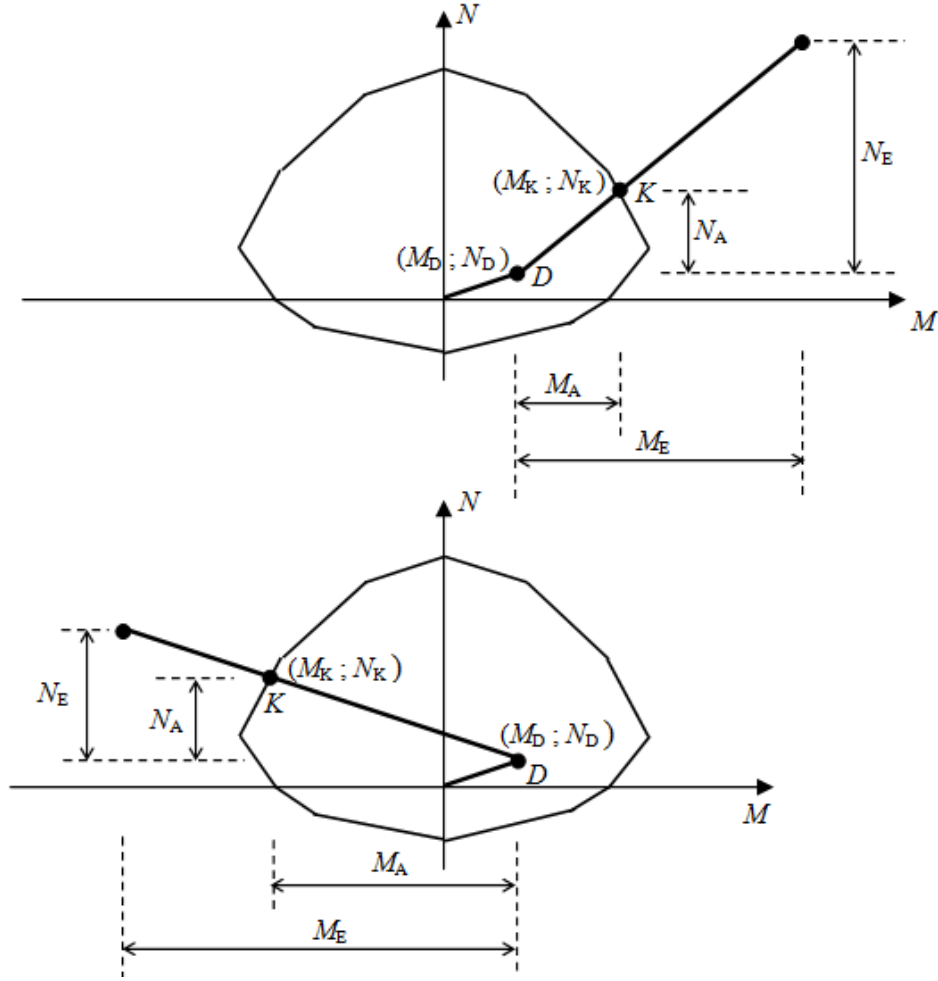
3.5 Yapıların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem İle Belirlenmesi

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, TDY(2007)'de tanımlanan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün taban kesme kuvveti hesabında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

$$r = ME/(MK - MD) \quad r = NE/(NK - ND) \quad (3.1)$$



Şekil 3.3 : Kolon kesiti moment ve eksenel kuvvet kapasiteleri

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r 'yi aşmaması gereklidir. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, TDY(2007) Bilgilendirme Eki 7A’da açıklandığı üzere hesaplanabilir.

Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından TDY(2007) 3.3.4’ü sağlayan betonarme kolonlar, TDY(2007) 3.4.4’ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde TDY(2007) 3.6.5.2’yi sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının TDY(2007) 3.2.8’e göre “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), Çizelge 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Ayrıca Çizelge 3.6’ da verilen görelî kat ötelemesi oranı sınırları da gözönüne alınacaktır. Görelî kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilecektir.

Çizelge 3.2 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 3.3 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(2)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	–	–	1	1	1

Çizelge 3.4 : Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Çizelge 3.5 : Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ve görelî kat öteleme oranları

$\ell_{\text{duvar}} / h_{\text{duvar}}$ oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı (r_s)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

3.5.1 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, etki/kapasite oranlarında yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, Çizelge 3.6’da verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu karşılaştırmaların daha elverişsiz sonuçlar vermesi durumunda, o katta ilgili kolon veya perdenin alt ve üst kesitlerinde yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Çizelge 3.6’da 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.

Çizelge 3.6 : Görelî kat öteleme sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

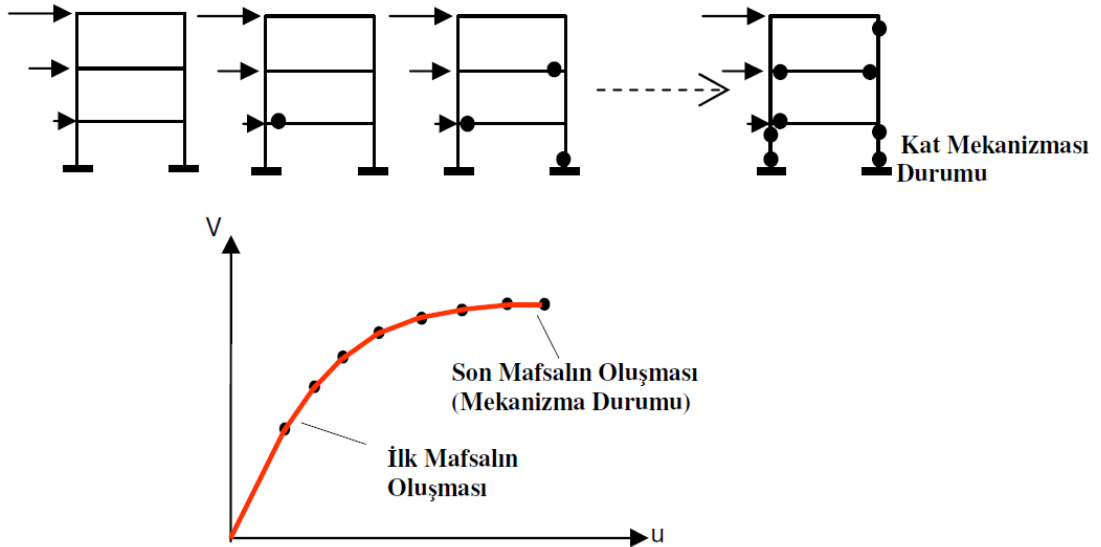
Doğrusal elastik hesap ile performans değerlendirme adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [6];

- a.** Taşıyıcı sistem $G+nQ$ yükleri altında çözülerek M_D ve N_D kesit etkileri hesaplanır.
- b.** Taşıyıcı sistem öngörülen azaltılmamış deprem etkisi altında E deprem yükleri altında çözülerek M_E ve N_E kesit etkileri hesaplanır.
- c.** Taşıyıcı sistem kiriş ve kolonlarının M_K ve N_K uç kesitlerinin pozitif ve negatif eğilme kapasiteleri hesaplanır.
- d.** Bütün kolon ve kirişlerin kesme kuvveti ve normal kuvvet kapasiteleri TS500 ifadeleri esas alınarak hesaplanır. Bu değerler mevcut değerlerle karşılaştırılarak kesitlerin dolayısıyla elamanların güç tükenmelerinin sünek veya gevrek olduğu kararına varılır.
- e.** Sünek elemanlarda $r = \text{Etki} / \text{Kapasite}$ oranları ilgili tanımlardan hesaplanır. Bu değerler tablolardan verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar bölgesi belirlenir.
- f.** Kiriş ve kolonların uç kesitleri için belirlenen hasar bölgelerinden eleman hasar bölgeleri kat ve taşıyıcı sistem performans durumu belirlenir. Ayrıca göreceli kat ötelemesi sınırları kontrol edilir.
- g.** Belirlenen performans durumunun verilen bina için kabul edilip edilemeyeceğine karar verilir.

3.6 Yapıların Deprem Performanslarının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleri Kapsamında Statik İtme (Pushover) Analizi İle Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yönteminde taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı daha gerçekçi biçimde ele alınır. Buna karşılık yöntemin uygulanmasında taşıyıcı sisteme ait daha çok parametreye ihtiyaç duyulur. Bu durumda özellikle mevcut binalar için bazen aşılması zor olan belirsizlikler ortaya çıkabilir. Ayrıca, doğrusal elastik çözüm yapan mevcut programlar kullanılamaz ve çok daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulur. Doğrusal yönteme göre çözüm taşıyıcı sistemin düzensizliğinden daha çok etkilenir. Tahmin edilebileceği gibi elde edilecek sonuç ne kadar çok kabul ile ortaya çıkarsa, güvenilirliği de o oranda daha az olur [6]. Statik itme (pushover) analizi doğrusal elastik olmayan performans değerlendirme yönteminin temelini oluşturmaktadır. Bu bölümde yapıların performansının belirlenmesi için uygulanacak olan statik itme (pushover) analiz yönteminin esasları ve gerekli analitik işlemler açıklanmıştır.

Şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme esaslı değerlendirmenin göz önüne alındığı bu yöntemde, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için binadaki yerdeğiştirme talebine ulaşıldığında binada beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.



Şekil 3.4 : Statik itme analizinde yapı elemanlarında mekanizma durumunun oluşması

Statik itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, TDY(2007) bölüm 2.4’de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

TDY(2007) statik itme analizi için bazı şartlar verir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik 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 (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Statik itme analizi, taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesi ile deprem etki talebinin buluşturularak depremlili duruma karşı gelen performans durumunun belirlenmesi olup, üç adımdan ibaret kabul edilebilir [6];

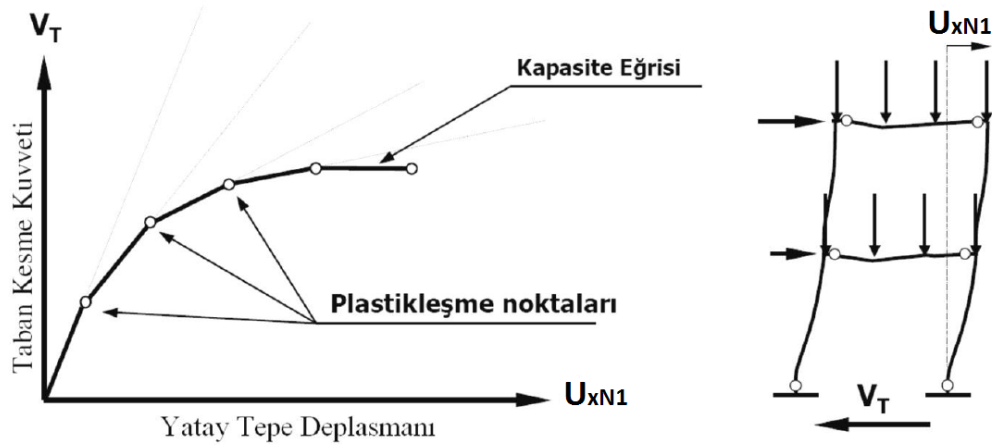
- a. Kapasite eğrisinin belirlenmesi,
- b. Deprem etkisinin talep eğrisinin belirlenmesi,
- c. Performans durumunda iç kuvvetler ve şekil değiştirme durumunun incelenerek sağlanan performans durumunun hedeflenene uygun olup olmadığının tespiti.

Statik itme (pushover) analizinde bazı kabuller yapılmaktadır. Bu kabuller şu şekilde sıralanabilir [6];

- a. Plastik şekildeğiştirmelerin belirli kesitlerde toplandığı kabul edilir ve plastik mafsallık kabulü kullanılır.
- b. Plastik mafsallık boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak kabul edilir.
- c. Plastik mafsalların, deprem etkisinde en çok zorlanan kolon ve kirişlerin uçlarında, perdelerde ise her katta kat seviyesinde oluşabileceği kabul edilir.

- d. Eğilme momenti yanında normal kuvvet de bulunan kolon kesitlerinde plastik mafsal kesitlerinin güç tükenmesi çizgileri mevcut malzeme dayanımları kullanılarak belirlenir ve bunların eğrisel değişiminin yeterli yaklaşıklıkla doğrularla ifade edilebileceği kabul edilir.
- e. Daha gerçekçi olması sebebiyle çatlamış kesit eğilme rijitlikleri kabul edilir.

Kapasite eğrisi, Taşıyıcı sistem, kesit ve malzeme özellikleri ve taşıyıcı sistem elastik ötesi davranışı gözönüne alınarak sistem adım adım yüklenir ve toplam yatay yükle en üst noktanın yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki elde edilir. Bu ilişkinin elde edilmesinde bu çalışmada SeismoStruct v.6.5'ten yararlanılmıştır.



Şekil 3.5 : Statik itme eğrisi

Statik itme eğrisi, V_T taban kesme kuvveti altında oluşan U_{xN1} yatay yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi gösterir. İşte bu eğrinin elasto-plastik davranışta oluşan kuvvet-yerdeğiştirme eğrisinin ana eğrisi olduğu kabul edilir. Yatay kuvvet arttıkça plastik şekil değiştirmeler ve yatay yerdeğiştirmeler büyümekte ve yapıda hasar olarak ortaya çıkmaktadır. Statik itme eğrisini daha sonra talep eğrisi ile bir araya getirebilmek amacıyla V_T taban kesme kuvveti a1 modal ivmeye, U_{xN1} en üst katın yerdeğiştirmesi d1 modal yerdeğiştirmeye çevrilerek eksen dönüşümleri yapılır [6]. Böylece çok serbestlik dereceli sistemden eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme geçilmiş olur. Bu dönüşümü Deprem Yönetmeliği şu şekilde tanımlar.

TDY(2007) bölüm 7.6.5.3'de tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle

merkezinde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

(a) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

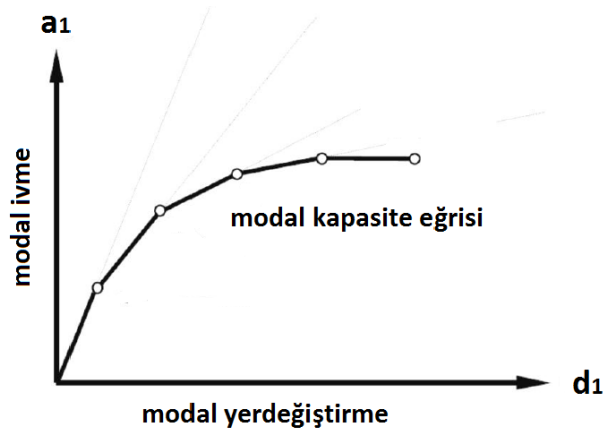
$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.2)$$

(b) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.3)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , TDY(2007) Bölüm 2’de Denk.(2.15) ile verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 ’den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.4)$$



Şekil 3.6 : Modal kapasite eğrisi

Deprem talep eğrisi, deprem etkisi TDY(2007)'de spektrum eğrisi ile tanımlanmaktadır. Kullanım depremi için eğri değerleri yarıya iner ve en büyük deprem için %50 artırılır.

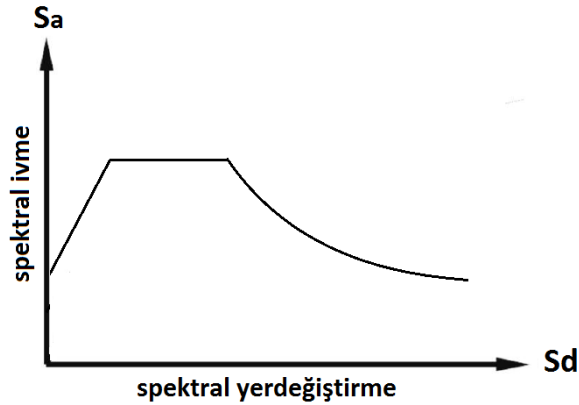
Çizelge 3.7 : Deprem türleri

Deprem türü	Deprem etki katsayısı	50yılıda aşılma olasılığı	Dönüş periyodu
Kullanım Dep.	0,5	%50	72 yıl
Tasarım Dep.	1	%10	475 yıl
En büyük Dep.	1,5	%2	2475 yıl

Sa-T eksenlerinde tanımlı olan eğri Sa-Sd eksenlerinde ifade edip, kapasite eğrisi ile aynı eksene getirmek amacıyla;

$$Sa = \frac{Sd}{w^2} = Sd * \frac{(2\pi)^2}{T^2} \quad (3.5)$$

İfadesiyle eksen dönüşümü yapılır.

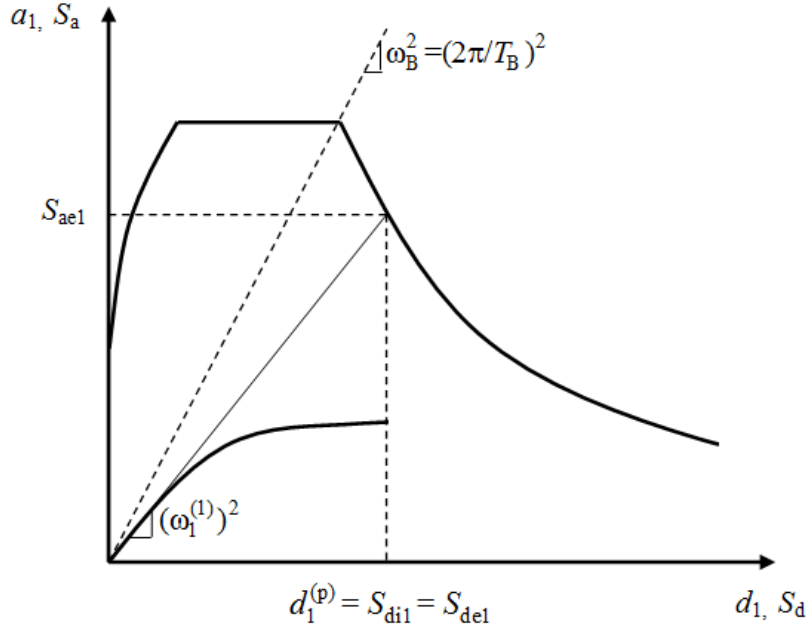


Şekil 3.7 : Spektral ivme - spektral yerdeğiştirme grafiği

Kapasite ve Talep eğrilerinin kesiştirilmesi, iki eğrinin kesiştirilmesi ile depremin talebine sistemin verdiği cevap yani karşı gelen denge konumu bulunur.

TDY(2007)'de kapasite eğrisinin talep eğrisi gibi elastik duruma çevrilmesi ile dönüşümün yapılması önerilir. Bu işlem kapasite eğrisinin başlangıç teğetinin çizilmesiyle kolayca yapılır. Bu teğetle elastik spektrum eğrisinin kesimi ile depremin talebi ve yatay yerdeğiştirme elde edilir.

Ancak bulunan nokta sistemin elastik davranışındır. Eşit yerdeğiştirme kuralı kullanılarak elastik sistem için elde edilen yerdeğiştirmeden elasto-plastik olan yerdeğiştirmeye geçilir.



Şekil 3.8 : Elastik spektrum eğrisi ile kapasite eğrisinin kesiştirilerek elastik ve elasto-plastik yerdeğiştirmenin bulunması

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak TDY(2007)Bilgilendirme eki 7C Denk.(7C.1) ile elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.6)$$

Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den hesaplanır:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.7)$$

Burada C_{R1} dönüştürme katsayısı;

$$\begin{aligned} T1 \leq TB, \quad CR1 &= \frac{1}{Ry1} \left\{ 1 + (Ry1 - 1) * \frac{TB}{T1} \right\} \\ T1 \geq TB, \quad CR1 &= 1 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı'nı göstermektedir:

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.9)$$

3.7 Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

TDY(2007)'e göre plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

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

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} = 0.010$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060$$

Çizelge 3.8 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

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

Statik itme (pushover) analizi şu şekilde özetlenebilir [6];

- Taşıyıcı sisteme birinci titreşim modu ve kat kütleleri ile orantılı uygulanan taban kesme kuvveti etkisi altında statik itme eğrisi elde edilir.
- Statik itme eğrisi modal kapasite eğrisine dönüştürülür.
- Gözönüne alınan deprem, zemin karakteristik periyotları dikkate alınarak, periyot – spektral ivme eğrisi oluşturulur.
- T-Sa eğrisinden, spektral yerdeğiştirme – spektral ivme eğrisi elde edilir.
- Deprem talep ve kapasite eğrileri kullanılarak binanın performans noktası elde edilir.
- Performans noktasında bulunan modal yerdeğiştirme talebinden yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme talebi elde edilir.
- Bulunan şekil yerdeğiştirmeler , kesit hasar sınırlarına karşı gelen beton ve donatı şekil değiştirmeleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenir.(Bu çalışmada bu kısım Seismostruct ile elde edilmiştir)
- Son olarak yapının performansı belirlenir.

4. MEVCUT YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada 8 adet betonarme çerçeve ile 1 adet 3 boyutlu betonarme bir bina örnek olarak kullanılmıştır. Bu çerçeveler çoğu Türkiye’de bulunan, az bir kısmı da deprem kuşağında bulunan Güney Avrupa ülkelerindeki gerçek yapılardan alınan ana taşıyıcı çerçevelerdir.

Bu çerçevelerle ilgili detaylı bilgi Bal (2008) yayınında bulunabilir. Çerçevelerin beton ve donatı karakteristik değerleri elde veri varsa proje değerlerinden veya elde bu veriler yoksa ilgili bölge veya döneme ait literatürde rapor edilmiş ortalama malzeme değerlerinden faydalanılarak saptanmıştır.

Çerçeve isimleri Frame m.n olarak adlandırılmaktadır. Burada m kat sayısı, n ise yapı numarasıdır (ör: Frame 4.1, 1 numaralı 4 katlı çerçeve).

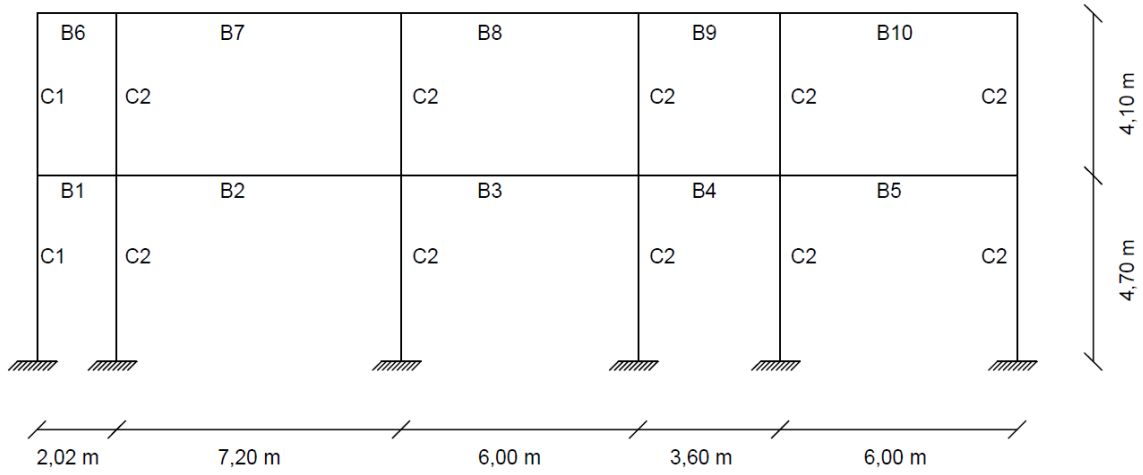
Çerçevelerin analizlerde kullanılmasındaki amaç, hesapların sonucunda elde edilen yargıların yorumunu kolaylaştırabilmek ve gerçek binaların genelde karmaşık olan taşıyıcı sistemlerinden kaynaklanacak farklı etkileri devre dışı bırakabilmektir.

Hesaplarda ayrıca 3 boyutlu farazi bir bina kullanılmıştır. Bu bina Türkiye’de 1975 yönetmeliği esaslarına riayet edilmeden inşa edilen ve mevcut yapı stoğunun büyük kısmını temsil eden bir yapı olarak bu çalışmada kullanılmış, çerçeveler üzerinden varılan sonuçları 3 boyutlu bu örnek yapı üzerinde de etkili olup olmadığı irdelenmiştir.

İncelenen yapıların analizlerinde Sap 2000 V.15.1.0 ve Seismostruct V.6.5 analiz programları kullanılmıştır. RYTEİE (2013)’e göre analiz yapılırken tüm yapıların belirlenen kritik katları üst katlara kopyalanarak model oluşturulmuştur. TDY(2007)’ye göre analiz yapılırken ise mevcut yapı sistemi korunarak performans analizi yapılmıştır. Ayrıca incelenen yapılardaki taşıyıcı sistem elemanlarında sargılamanın olduğu ancak etriye kancalarının 135° olmadığı varsayılmıştır. Bununla birlikte taşıyıcı sistem elemanlarında çatlamış kesit rijitlikleri kullanılmıştır ve kiriş moment kapasiteleri hesaplanırken tablalı moment kapasiteleri dikkate alınmıştır.

Mevcut tüm yapılar incelendikten sonra incelenen yöntemlerden elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirilmiş ve Riskli Yapıların Tespitine ilişkin Esaslar ile Türk Deprem Yönetmeliği’nin karşılaştırılması hakkında yorumlar yapılmıştır.

4.1 Frame 2.1'in Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.1 : Frame 2.1

Frame 2.1, şekil 4.1 de belirtildiği gibi 2 katlı, zemin katı üst kattan 60 cm daha fazla yüksekliğe sahip, asimetrik kiriş açıklıkları olan, 1960 yıllarına ait, İtalya'daki bir yapının ana taşıyıcı çerçeve sistemidir. Yapının kat yükseklikleri nispeten büyük sayılabilir. Çerçeve sistemin toplam kütlesi 2250 KN olup yapının kolon, kiriş ve analiz bilgileri aşağıda mevcuttur (bkz. Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Yapının performans değerlendirmesi bu bilgiler ışığında yapılmıştır. Ancak RYTEİE (2013)' e göre analizde belirlenen kritik kat ilgili esaslara uygun biçimde üst kata kopyalanarak performans analizi yapılmıştır.

Çizelge 4.1 : Frame 2.1 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	4 Φ 20	40	40
C2	6 Φ 20	60	40

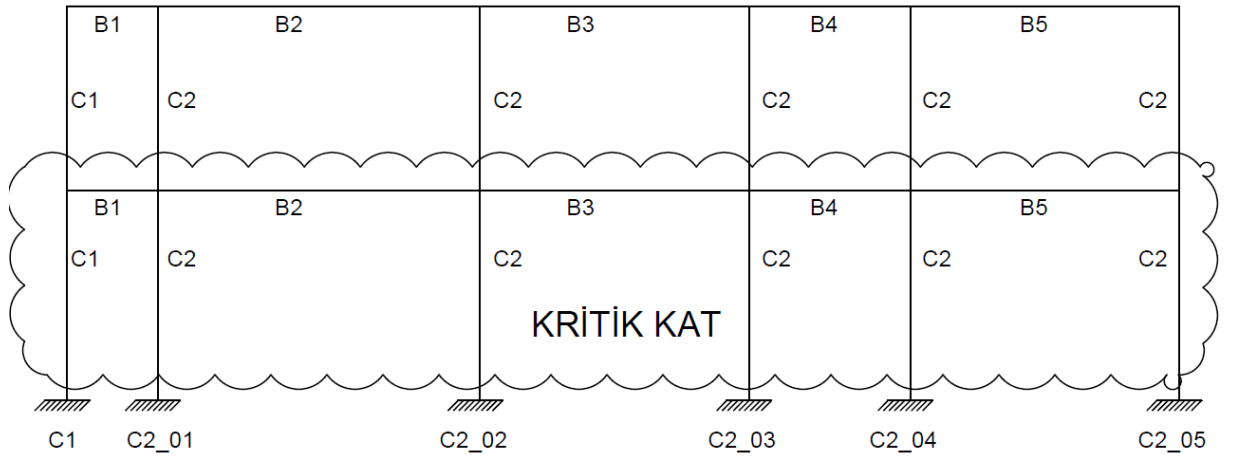
Çizelge 4.2 : Frame 2.1 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst donatı	Alt donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1	6 Φ 20	11 Φ 20	80	40
B2	7 Φ 20	13 Φ 20	80	40
B3	5 Φ 20	10 Φ 20	80	40
B4	4 Φ 20	8 Φ 20	80	40
B5	4 Φ 20	7 Φ 20	80	40
B6	2 Φ 16	4 Φ 16	60	40
B7	4 Φ 20	8 Φ 20	60	40
B8	5 Φ 20	10 Φ 20	60	40
B9	4 Φ 20	7 Φ 20	60	40
B10	3 Φ 20	6 Φ 20	60	40

Çizelge 4.3 : Frame 2.1 yapı analiz değerleri

Deprem bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	22000	230000

4.1.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.2 : Frame 2.1 Kritik kat kopyalanması

Yapının kritik katı zemin kat olarak belirlenmiştir ve üst kata yöntemde belirtilen esaslara göre kopyalanmıştır (bkz. Şekil 4.2). Mevcut yapıda üst katın kirişlerinin zemin kat kirişlerden farklı olduğu görülmektedir. Ancak bu analiz yönteminde zemin katın üst kata kopyalanması neticesinde her iki kattaki kolon ve kiriş bilgileri eşdeğer olmaktadır. Elde edilen yeni modelde ilerleyen aşamalarda yönetmelik esaslarınca sadece kritik kat kolonları analiz edilerek yapının risk durumu hakkında yorum yapılmaktadır.

Çizelge 4.4 : Frame 2.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1	4,70	5,67	46,21	70,42	0,65	B
C2_01	4,70	6,10	124,36	105,62	1,17	C
C2_02	4,70	5,94	123,58	105,62	1,17	C
C2_03	4,70	7,63	90,94	105,62	0,86	B
C2_04	4,70	6,67	87,63	105,62	0,82	B
C2_05	4,70	7,54	57,25	105,62	0,54	B

Çizelge 4.5 : Frame 2.1 görelî kat ötelemeleri

	m	m		m
Kat	di	(di)-(di-1)	δ/h	h
1	0,061	0,061	0,013	4,7
2	0,11	0,053	0,013	4,1

Çizelge 4.6 : Frame 2.1 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları

Kolon	m sınır	(δ/h)sınır
C1	3,25	0,02
C2_01	1	0,005
C2_02	1	0,005
C2_03	3,25	0,02
C2_04	3,25	0,02
C2_05	3,25	0,02

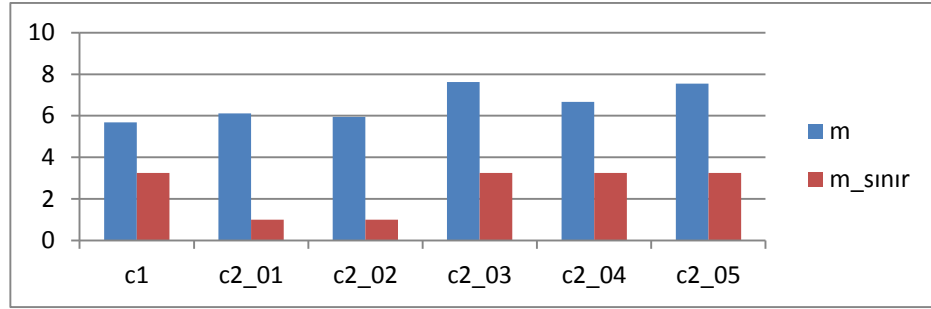
Çizelge 4.7 : Frame 2.1 sınır değerler kıyaslama sonuçları

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_01	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_02	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_03	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_04	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_05	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI

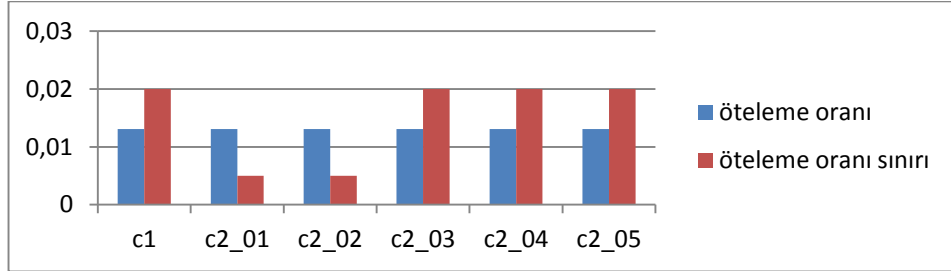
Çizelge 4.8 : Frame 2.1 ort.gerilme / fcm değerinin belirlenmesi

Eleman	Gerilme (N/mm ²)
C1	0,71
C2_01	2,91
C2_02	2,83
C2_03	1,82
C2_04	2,35
C2_05	1,48
Ort.gerilme	2,02
Ort.gerilme / fcm	0,087

Çizelge 4.8 deki hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.35 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3 : Frame 2.1 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.4 : Frame 2.1 kat öteleme oranı ve sınır değerleri

Çizelge 4.9 : Frame 2.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,35	1

Frame 2.1, RYTEİE (2013) esaslarına göre incelendiğinde kritik kat kolonlarının “B” ve “C” sınıfı kolonlar olduğu ve kritik kat öteleme oranının 0,013 olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında kritik kat kolonlarının Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarına göre sınır değerleri elde edilmiştir (bkz.Çizelge 4.6). Yapının etki kapasite oranları ve sınır değerleri (Şekil 4.3) ve kat öteleme oranları ve sınır değerleri (Şekil 4.4) aynı anda incelendiğinde kritik katta tüm kolonlarda sınır değerlerinin aşıldığı görülmektedir. Kritik kat tüm kolonlarda sınır değerinin aşılması sebebiyle, kat kesme kuvveti oranı sınır değeri de aşılmıştır (bkz. Çizelge 4.9). Sonuç olarak tüm bu veriler ışığında Frame 2.1, RYTEİE(2013)’ e göre gerekli şartları sağlayamadığı için “**RİSKLİ YAPI**” olarak değerlendirilmiştir.

4.1.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.10 : Frame 2.1 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi

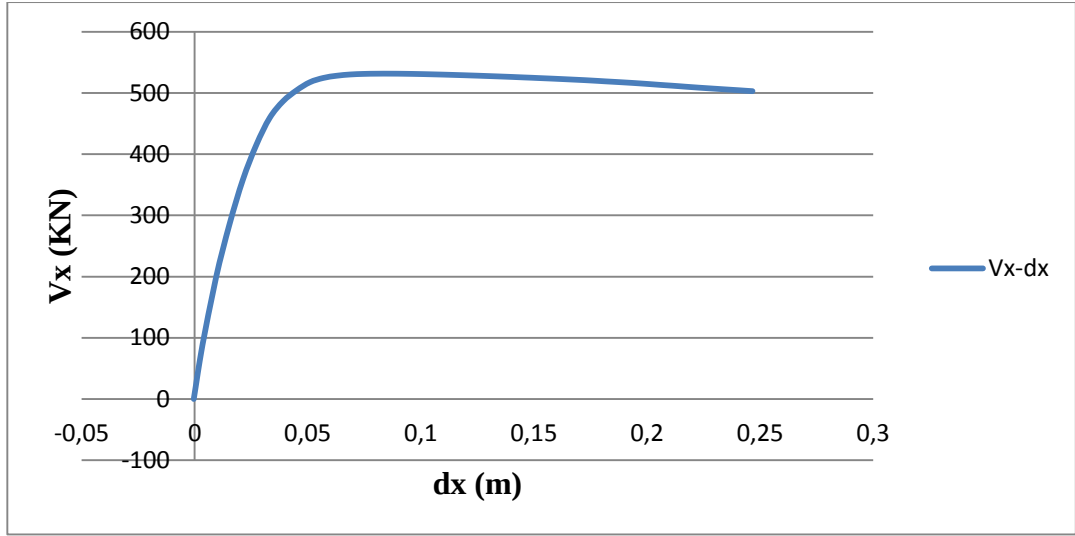
Yapı Bilgisi				
Frame		2.1		
Tx		0,59sn		
Vx		2248,25 KN		
Kolon hasar yüzdeleri				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%0	%0	%100
2	%16	%34	%16	%34
Kiriş hasar yüzdeleri				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B
1	%60	%20	%0	%20
2	%80	%0	%0	%20

Görelî Kat Ötelemeleri	
KAT	δ/h
1	0,011
2	0,0105

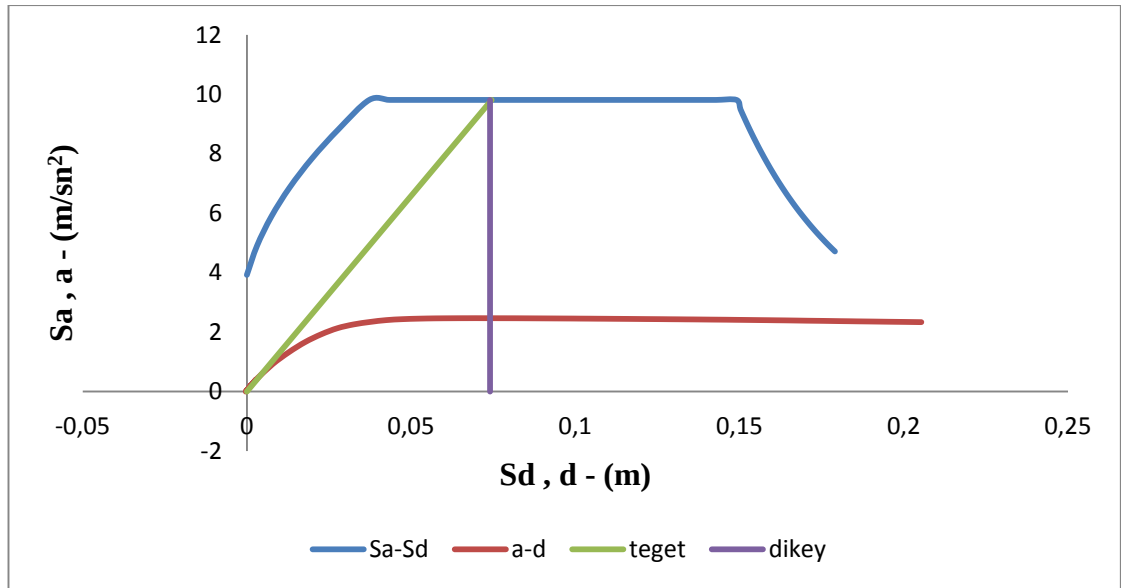
Performans sonucu	
-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

Frame 2.1, TDY (2007) esaslarına göre analiz edilmiş ve Çizelge 4.10 daki sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında yapı değerlendirildiğinde kirişlerin bir kısmının, 1.kat kolonlarında tamamının göçme sınırını aştığı görülmektedir. Bu veriler ışığında yapı performans sonucu “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir. Doğrusal elastik yöntemle göre yapı can güvenliğini sağlamamaktadır.

4.1.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.5 : Frame 2.1 Statik itme eğrisi



Şekil 4.6 : Frame 2.1 modal kapasite eğrisi - deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasman değeri

Frame 2.1'in doğal titreşim periyodu 0,59 sn olarak elde edilmiştir. Statik itme analizi sonucunda, taban kesme kuvvetine karşılık yapının tepe yerdeğiştirme değerleriyle statik itme eğrisi elde edilmiştir. Daha sonra bölüm 3.6'da belirtilen esaslarla gerekli eksen dönüşümleri yapılmış ve çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülerek, modal kapasite eğrisi elde edilmiştir. Depremin yapıdan talep ettiği yerdeğiştirme istemini belirlemek amacıyla elde edilen modal kapasite eğrisi, deprem talep spektrumuyla kesiştirilmiştir. Bu kesiştirme

neticesinde yapı doğal periyodunun 0,59 sn olmasına rağmen, elastik spektral yerdeğişirmeyi belirlemek için çizilen teğet beklenenden daha küçük bir değeri işaret etmektedir. Bunun sebebi olarak, bu yapı için çok serbestlik dereceli sistemden, tek serbestlik dereceli sisteme geçişte yapılan hesapların çok geçerli olmadığı, bir başka deyişle 1.modun beklendiğ i gibi baskın olmadığı sonucuna varılabilir. Bu bilgiler ışığında elde edilen elastik spektral ivme ve yerdeğişirme değ erleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Elde edilen bu bilgilerle depremin talep ettiğ i yerdeğişirme istemi Çizelge 4.12’de hesaplanmıştır.

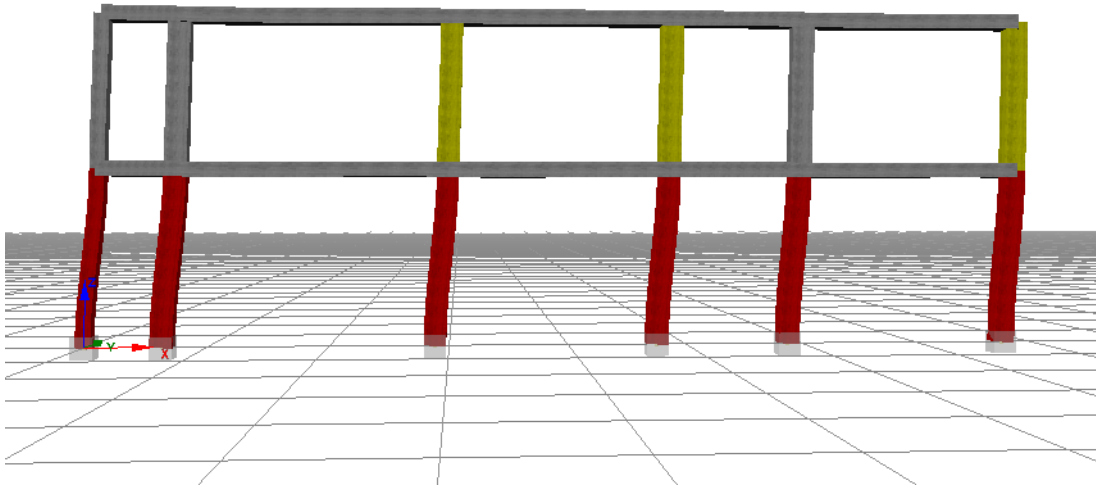
Çizelge 4.11 : Frame 2.1 elastik spektral ivme ve yerdeğişirme değ erleri

Sae	9,81 (m/sn ²)
Sde	0,077 (m)

Çizelge 4.12 : Frame 2.1 deprem yerdeğişirme isteminin belirlenmesi

CR	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1X}	U_{XN} (m)
1,0123	9,81	0,077	0,0779	0,0818	14,68	0,093

Çizelge 4.12’de yapılan hesaplamaların ışığında deprem yerdeğişirme isteminin 0,093 m olduğ u belirlenmiştir. Belirlenen bu yerdeğişirme için yapının performansı Ş ekil 4.7’de gösterilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.13’te verilmiştir.



Ş ekil 4.7 : Frame 2.1’nin deprem yerdeğişirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

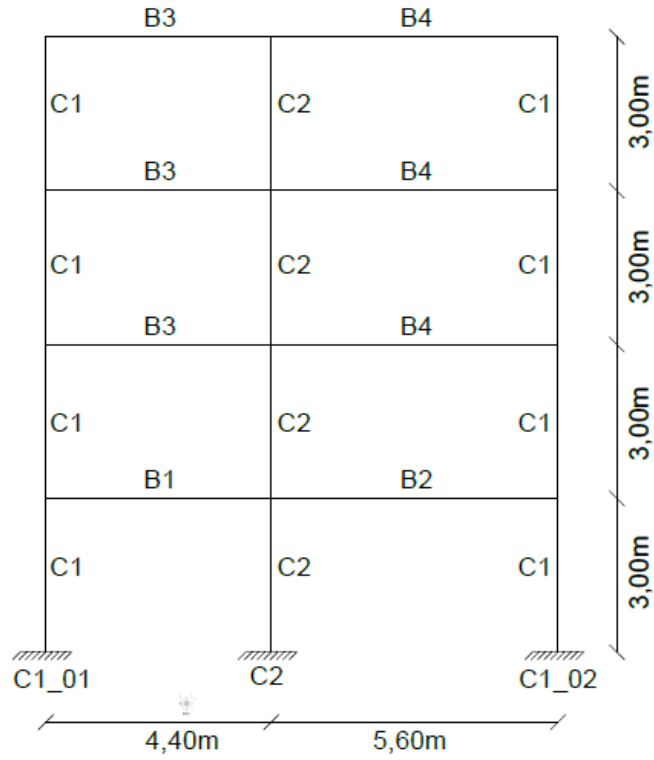
Şekil 4.7’de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı’nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı’nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.13’te belirtilmiştir.

Çizelge 4.13 : Frame 2.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	100%	0	0	0
2	100%	0	0	0
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0	0	0	100%
2	50%	50%	0	0

Statik itme analizi sonucunda depremin talep ettiği yerdeğiştirme istemi karşısında yapı performansı belirlenmiş ve 1.kat kolonlarının tamamının göçme sınırını aştığı görülmüştür. Bu bilgiler ışığında yapı performansı “**GÖÇME BÖLGESİ**” olarak belirlenmiştir.

4.2 Frame 4.1'in Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.8 : Frame 4.1

Frame 4.1, 4 katlı ve kat yükseklikleri her kat için 3 metre olan, 1980’li yıllara ait Yunanistan’daki bir yapının ana taşıyıcı sistemidir. Yapı Atina’daki bir tasarım ofisinde tasarlanmış mevcut bir yapıdır. Yapı kolon, kiriş ve analiz bilgileri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16). Yapı RYTEİE (2013) esaslarına göre analiz edilirken, yine bu esaslara bağlı olarak belirlenen kritik kat, üst katlara kopyalanmıştır. Elde edilen bu yeni model hakkında bilgi bölüm 4.2.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Frame 4.1 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	10 Φ 16	30	55
C2	8 Φ 16 + 8 Φ 20	100	20

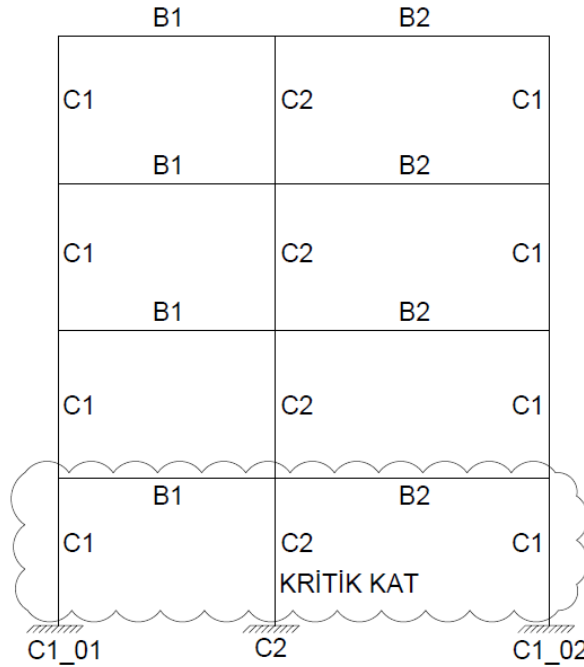
Çizelge 4.15 : Frame 4.1 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst donatı	Alt donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1	2 Φ 12	3 Φ 12	45	30
B2	2 Φ 12	2 Φ 16	20	65
B3	2 Φ 12	2 Φ 16	25	50
B4	2 Φ 12	2 Φ 12	25	50

Çizelge 4.16 : Frame 4.1 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	220000

4.2.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.9 : Frame 4.1 kritik kat

Yapının kritik katı zemin kat olarak belirlenmiştir ve üst katlara yönetmelikte belirtilen esaslara göre kopyalanmıştır (bkz. Şekil 4.9). Mevcut yapıda üst katlardaki kirişlerin kritik kat kirişlerinden farklı olduğu görülmektedir. Kritik katın üst katlara kopyalanması neticesinde tüm katlardaki kolon ve kirişler eşdeğer hale getirilmiştir. Elde edilen yeni modelde ilerleyen aşamalarda yönetmelik esaslarınca sadece kritik kat kolonları analiz edilerek yapının risk durumu hakkında yorum yapılmaktadır.

Çizelge 4.17 : Frame 4.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1_01	3	2,92	51,05	73,80	0,69	B
C2	3	26,50	77,26	88,49	0,87	B
C1_02	3	2,86	83,48	73,82	1,13	C

Çizelge 4.18 : Frame 4.1 görelî kat öteleme değeri

	m	m		m
Kat	di	(di)-(di-1)	δ/h	h
1	0,16	0,16	0,054	3
2	0,34	0,18	0,060	3
3	0,50	0,16	0,053	3
4	0,62	0,11	0,039	3

Çizelge 4.19 : Frame 4.1'in m sınır ve görelî kat öteleme sınır değeri

Kolon	m sınır	(δ/h) sınır
C1_01	2,81	0,015
C2	2,25	0,026
C1_02	1	0,005

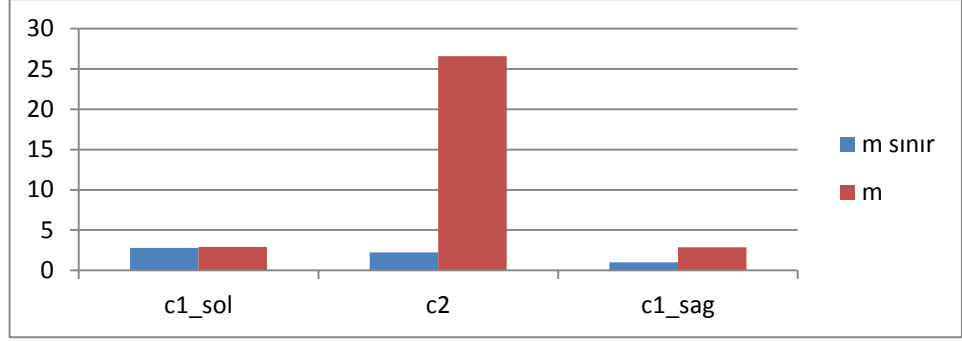
Çizelge 4.20 : Frame 4.1 sınır değeri kıyaslama sonuçları

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1_01	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_02	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI

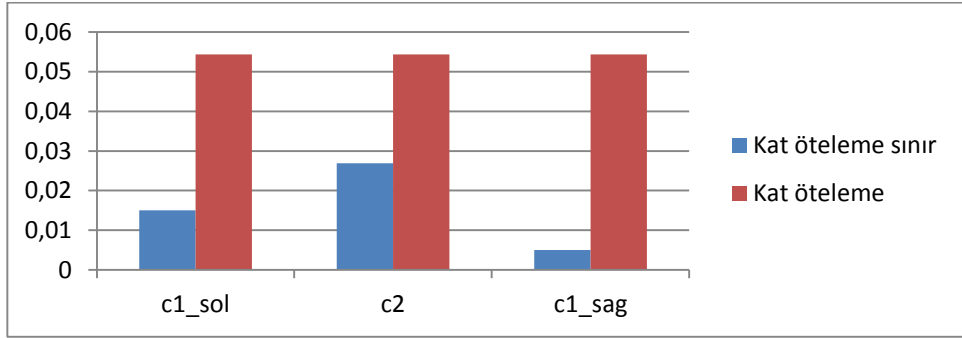
Çizelge 4.21 : Frame 4.1 ort.gerilme/fcm tespiti

Kolon	Gerilme (N/mm ²)
C1_01	1,30
C2	5,89
C2_02	4,54
ort.gerilme	3,91
ort.gerilme/fcm	0,19

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.292 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10 : Frame 4.1’in m sınır değerini aşan kolonlar



Şekil 4.11 : Frame 4.1’in göreceli kat öteleme sınırını aşan kolonlar

Çizelge 4.22 : Frame 4.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,292	1

Frame 4.1, RYTEİE (2013) esaslarına göre incelendiğinde kritik kat kolonlarının “B” ve “C” sınıfı kolonlar olduğu ve kritik kat öteleme oranının 0,054 olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında kritik kat kolonlarının Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarına göre sınır değerleri elde edilmiştir (bkz.Çizelge 4.19). Yapının etki kapasite oranları ve sınır değerleri (Şekil 4.10) ve kat öteleme oranları ve sınır değerleri (Şekil 4.11) aynı anda incelendiğinde kritik katta tüm kolonlarda sınır değerlerinin aşıldığı görülmektedir. Kritik kat tüm kolonlarda sınır değerinin aşılması sebebiyle kat kesme kuvveti oranı sınır değeri de aşılmıştır (bkz. Çizelge 4.22). Sonuç olarak tüm bu veriler ışığında Frame 4.1, RYTEİE(2013)’ e göre gerekli şartları sağlayamadığı için “**RİSKLİ YAPI**” olarak değerlendirilmiştir.

4.2.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.23 : Frame 4.1'in elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

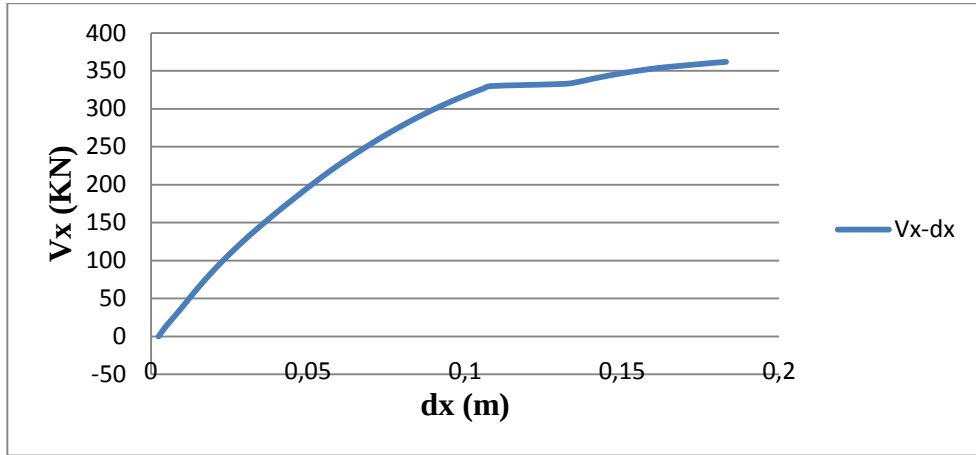
Yapı Bilgisi				
Frame		4.1		
Tx		0,85sn		
Vx		1712,59 KN		
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%50	%50	%0
2	%0	%50	%0	%50
3	%0	%50	%0	%50
4	%0	%50	%50	%0
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%66	%0	%0	%34
2	%0	%33	%33	%33
3	%33	%66	%0	%34
4	%0	%66	%33	%34

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,016
2	0,016
3	0,013
4	0,009

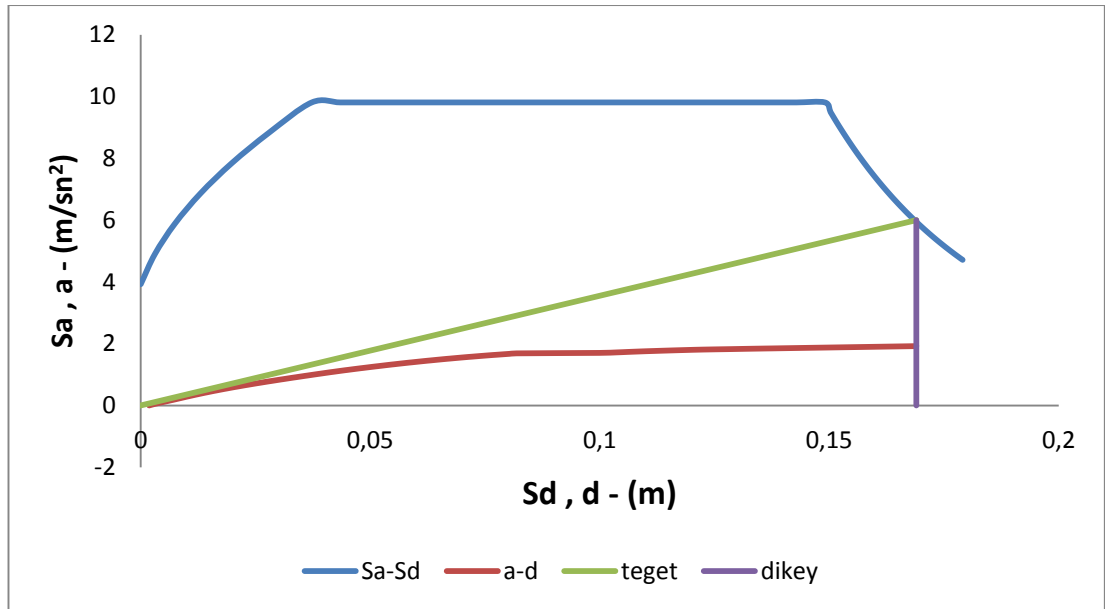
Performans sonucu	
-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

Frame 4.1, TDY (2007) esaslarına göre analiz edilmiş ve Çizelge 4.23' deki sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında yapı değerlendirildiğinde 2. ve 3. katlarda göçme bölgesine geçen kiriş oranı %50 dir. Aynı zamanda tüm katlarda göçme bölgesine geçen kolonlar bulunmaktadır. Yönetmeliğe göre göçme öncesi durum için, herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesinde olmalı ve diğer elemanlarında tamamının minimum hasar, belirgin hasar veya ileri hasar bölgelerinde olmaları gerekmektedir. Göçme öncesi şartlarını sağlamayan yapılarda göçme durumunun olduğu kabul edilir. Bu veriler ışığında yapı performans sonucu **“Göçme Bölgesi”** olarak değerlendirilmiştir. Doğrusal elastik yönteme göre yapı can güvenliğini sağlamamaktadır.

4.2.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.12 : Frame 4.1 statik itme eğrisi



Şekil 4.13 : Frame 4.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasman belirlenmesi

Yapı doğal periyodu 0,85 sn' dir. Statik itme analizi ile elde edilen statik itme eğrisinde yapılan eksen dönüşümlerinin ardından, modal kapasite eğrisi ve deprem talep spektrumunun çakıştırılmıştır (Şekil 4.13) ve Çizelge 4.24'teki elastik spektral ivme ve elastik spektral yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir. Bu değerler deprem yerdeğiştirme istemini hesaplamak için kullanılmıştır (Çizelge 4.25).

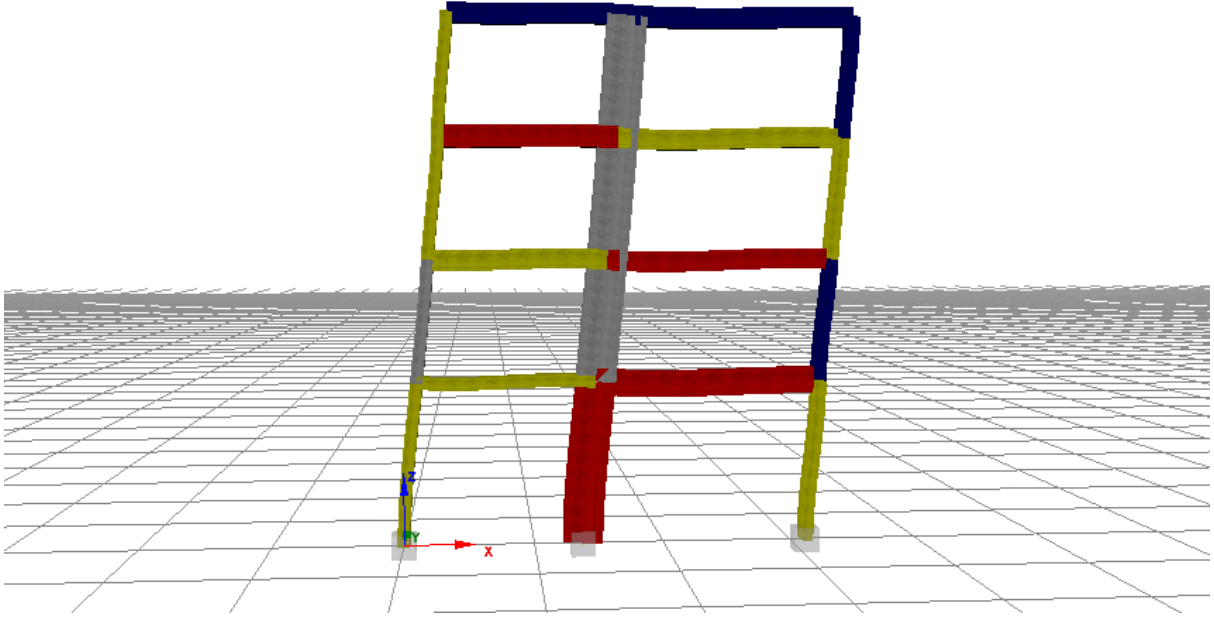
Çizelge 4.24 : Frame 4.1 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	6 (m/sn ²)
Sde	0,16 (m)

Çizelge 4.25 : Frame 4.1 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

CR	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	6	0,16	0,16	0,11	12,24	0,22

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde depremin talep ettiği tepe yerdeğiştirme istemi 0,22 (m) olarak belirlenmiştir.



şekil 4.14 : Frame 4.1'nin deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

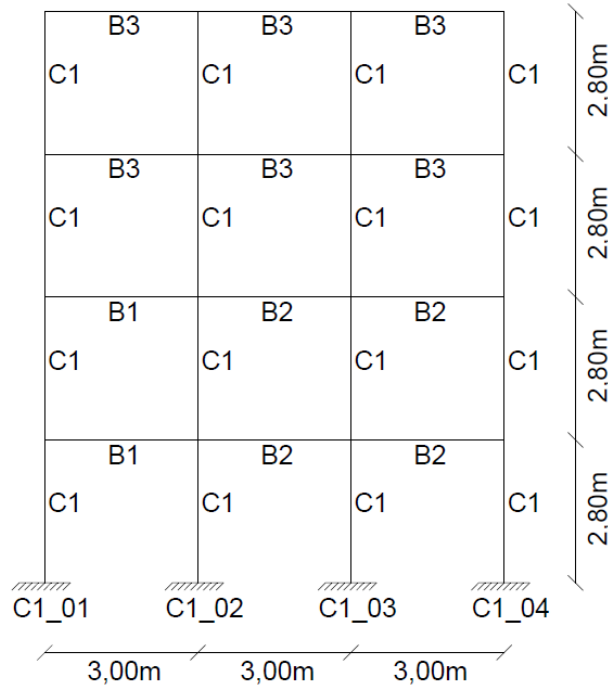
şekil 4.14'de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı'nı aşan, mavi renk (G.V.) Güvenlik Sınırı'nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı'nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.26'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.26 : Frame 4.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	50%	0%	50%
2	0%	50%	0%	50%
3	0%	50%	0%	50%
4	0%	0%	100%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	66%	0%	34%
2	66%	0%	34%	0%
3	34%	66%	0%	0%
4	33%	33%	33%	0%

Statik itme analizi sonucunda depremin talep ettiği tepe yerdeğiştirme isteminde yapının performans sonuçları elde edilmiştir (Çizelge 4.26). Elde edilen veriler ışığında yapıda ilk üç katta göçme bölgesine geçen kiriş oranları %50’dir. Aynı zamanda 1. katta kolonların %34’ü göçme bölgesine geçmiştir. Tüm bu veriler incelendiğinde, incelenen yapı TDY (2007) şartlarına göre can güvenliğini sağlayamamış ve yapıda depremin talep ettiği tepe yerdeğiştirmesi gerçekleşmeden göçme durumu oluşmuştur. Bu sebeple yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.3 Frame 4.2'nin Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.15 : Frame 4.2

Frame 4.2, kat yükseklikleri ve kiriş açıklıkları eşit aralıklı olan bir yapıdır (Şekil 4.15). Bu yapı Türkiye yapı stoğundaki sadece düşey yükler altında tasarlanmış, mühendislik hizmeti almamış yapıların ana taşıyıcı çerçeve sistemini temsil etmektedir. Bu çalışma kapsamında mevcut beton dayanımı 20 Mpa ve mevcut çelik akma dayanımı 371 Mpa olarak varsayılmıştır. Kolon, kiriş ve diğer analiz bilgileri aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29). Çerçeve sistemin toplam kütlesi 780 KN olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27 : Frame 4.2 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	8Φ 14	25	25

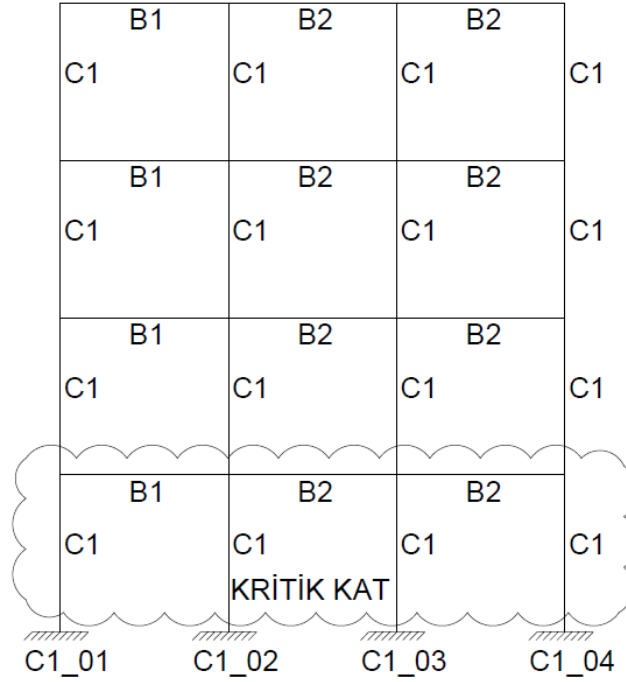
Çizelge 4.28 : Frame 4.2 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1	5 Φ 12	4 Φ 12	25	40
B2	6 Φ 10	4 Φ 12	25	40
B3	4 Φ 12	4 Φ 12	25	40

Çizelge 4.29 : Frame 4.2 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm-kPa	fym-kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.3.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.16 : Frame 4.2 kritik kat

Frame 4.2'nin kritik katı zemin kattır. Kritik kat RYTEİE (2013)'teki esaslar ışığında kritik kat, üst katlara çoğaltılarak yeni model elde edilmiştir (Şekil 4.16) ve kritik kat kolonlarının incelenmesiyle yapının risk durumu belirlenmiştir.

Çizelge 4.30 : Frame 4.2'nin kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1_01	2,8	2,69	33,22	49,76	0,66	B
C1_02	2,8	2,66	48,05	49,77	0,96	B
C1_03	2,8	2,75	47,70	49,76	0,95	B
C1_04	2,8	2,55	35,17	49,76	0,70	B

Çizelge 4.31 : Frame 4.2 görelî kat ötelemeleri

kat	di (m)	(di)-(di-1) (m)	δ/h	h
1	0,064	0,064	0,022	2,8
2	0,132	0,068	0,020	2,8
3	0,186	0,054	0,019	2,8
4	0,217	0,031	0,011	2,8

Çizelge 4.32 : Frame 4.2 Kolon m sınır ve görel kat öteleme sınırları

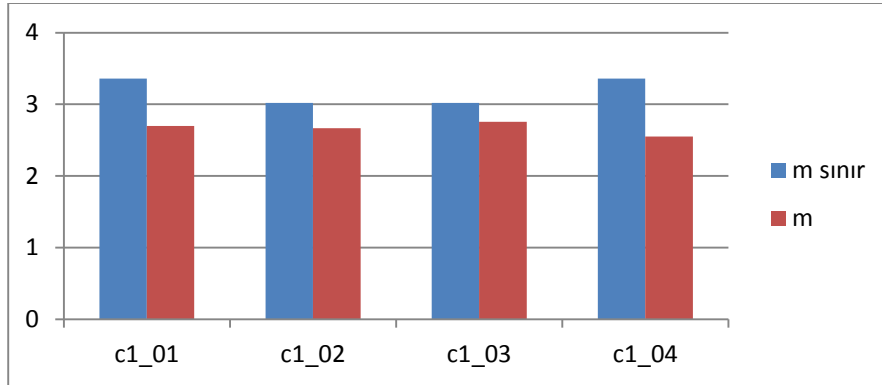
Kolon	m sınır	(δ/h)sınır
C1_01	3,36	0,035
C1_02	3,02	0,03
C1_03	3,02	0,03
C1_04	3,36	0,035

Çizelge 4.33 : Frame 4.2 sınır değerleri kıyaslama sonuçları

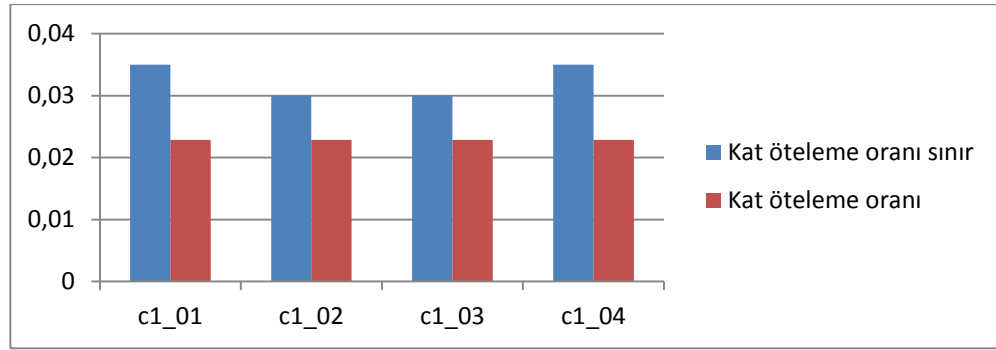
Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1_01	Aşılmadı	Aşılmadı	Aşılmadı
C1_02	Aşılmadı	Aşılmadı	Aşılmadı
C1_03	Aşılmadı	Aşılmadı	Aşılmadı
C1_04	Aşılmadı	Aşılmadı	Aşılmadı

Çizelge 4.34 : Frame 4.2 ort.gerilme / fcm değerinin belirlenmesi

Eleman	Gerilme (N/mm ²)
C1_01	2,16
C1_02	5,46
C1_03	4,46
C1_04	3,42
Ort.gerilme	3,875
Ort.gerilme/fcm	0,18



Şekil 4.17 : Frame 4.2 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.18 : Frame 4.2 görel kat öteleme sınırları ve görel kat öteleme değerleri

Frame 4.2, RYTEİE (2013) esaslarına göre incelenmiş ve kritik kattaki tüm kolonların “B” sınıfı kolonlar olduğu belirlenmiştir. İncelenen kritik kat kolonlarında hem etki/kapasite oranlarının ve hemde kat öteleme oranının sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür. Bu sebeple yapı “**RİSKSİZ**” olarak değerlendirilmiştir.

4.3.2 TDY (2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.35 : Frame 4.2’nin elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Yapı Bilgisi				
Frame		4.2		
Tx		0,87sn		
Vtx		566,39 KN		
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	100%	0%	0%
2	0%	100%	0%	0%
3	34%	66%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	0%	100%	0%
2	0%	50%	50%	0%
3	0%	100%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%

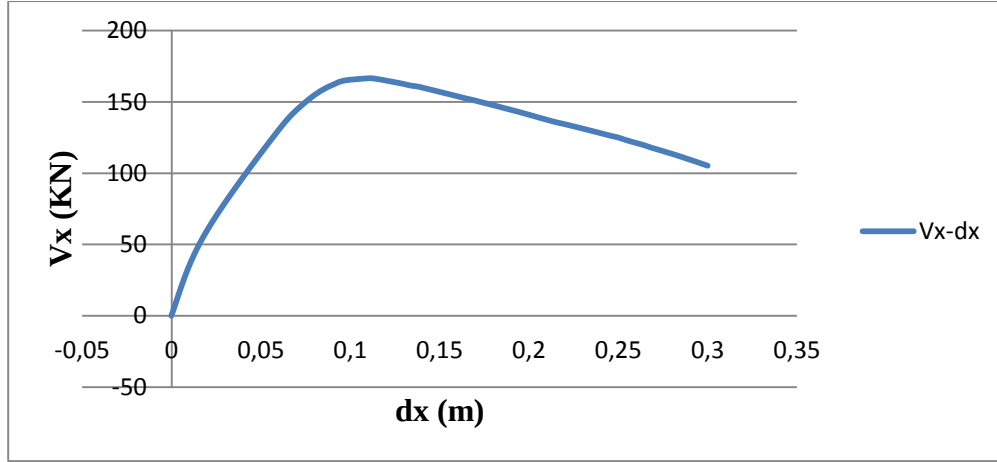
Görel Kat Ötelemeleri	
Kat	δ/h
1	0,018
2	0,019
3	0,015
4	0,0088

Performans sonucu	
-Yapı göçme öncesi durumdadır.	

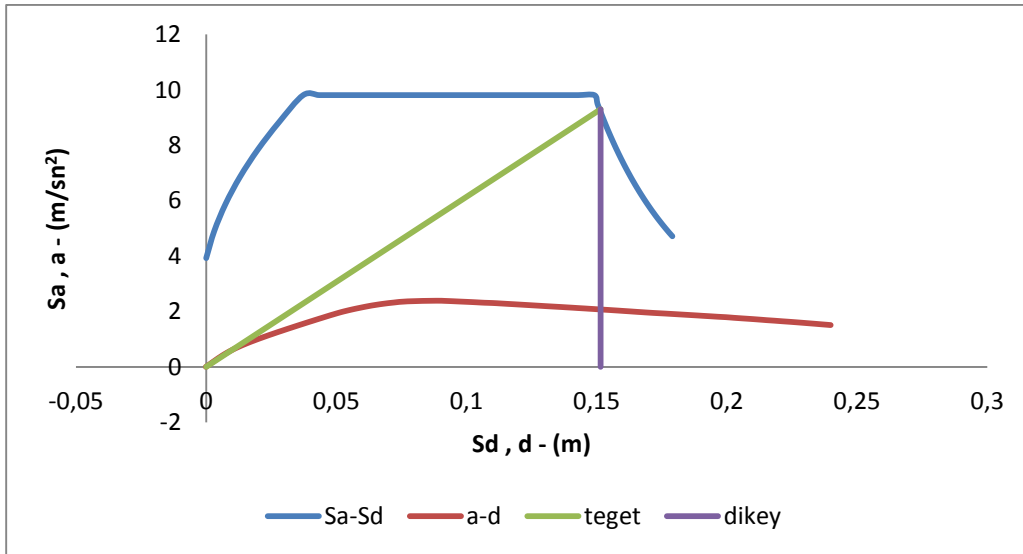
Frame 4.2, TDY (2007) elastik yönteme göre çözülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.35’te verilmiştir. Bu bilgiler ışığında yapıda herhangi bir katta kolon veya kirişlerin göçme bölgesine geçtiği gözlenmemiştir. 1.kat kolonlarının tamamı ileri hasar bölgesinde ve

2.kat kolonların %50'si ileri hasar bölgesindedir. Diğer tüm elemanlar minimum hasar ve belirgin hasar seviyelerindedir. Bu veriler ışığında, yönetmelik şartlarınca yapı “**Göçme Öncesi**” performans seviyesinde değerlendirilmiştir.

4.3.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.19 : Frame 4.2 statik itme eğrisi



Şekil 4.20 : Frame 4.2 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

Yapının doğal periyodu 0,87 sn'dir ve statik itme analizinde taban kesme kuvvetine karşılık yapının tepe yerdeğiştirmeleri ile statik itme eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.19). Daha sonra statik itme eğrisinde eksen dönüşümleri yapılarak modal kapasite eğrisi oluşturulmuş ve deprem talep spektrumu ile kesiştirilerek deprem talep

yerdeğiştirme isteminin hesaplanması için elastik spektral yerdeğiştirme ve elastik spektral ivme değerleri bulunmuştur.

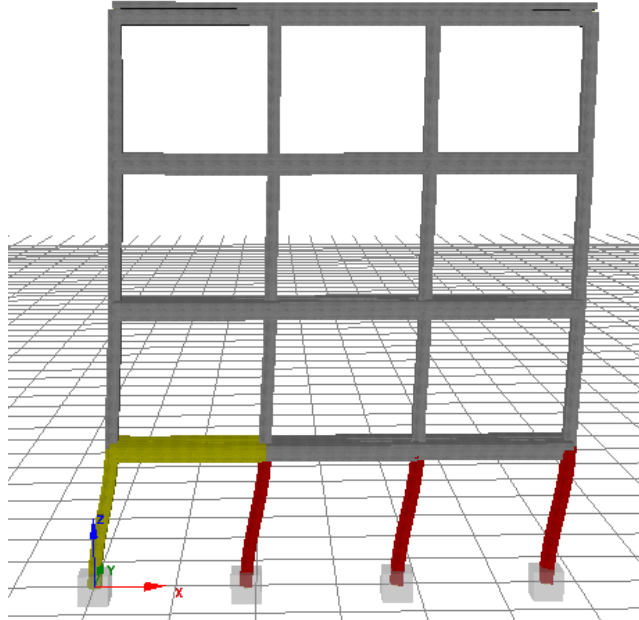
Çizelge 4.36 : Frame 4.2 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	9,3 (m/sn2)
Sde	0,15 (m)

Çizelge 4.37 : Frame 4.2 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

CR	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	9,3	0,15	0,15	0,15	8,34	0,18

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde deprem talep yerdeğiştirme istemi 0,18 (m) olarak belirlenmiştir.



şekil 4.21 : Frame 4.2 deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

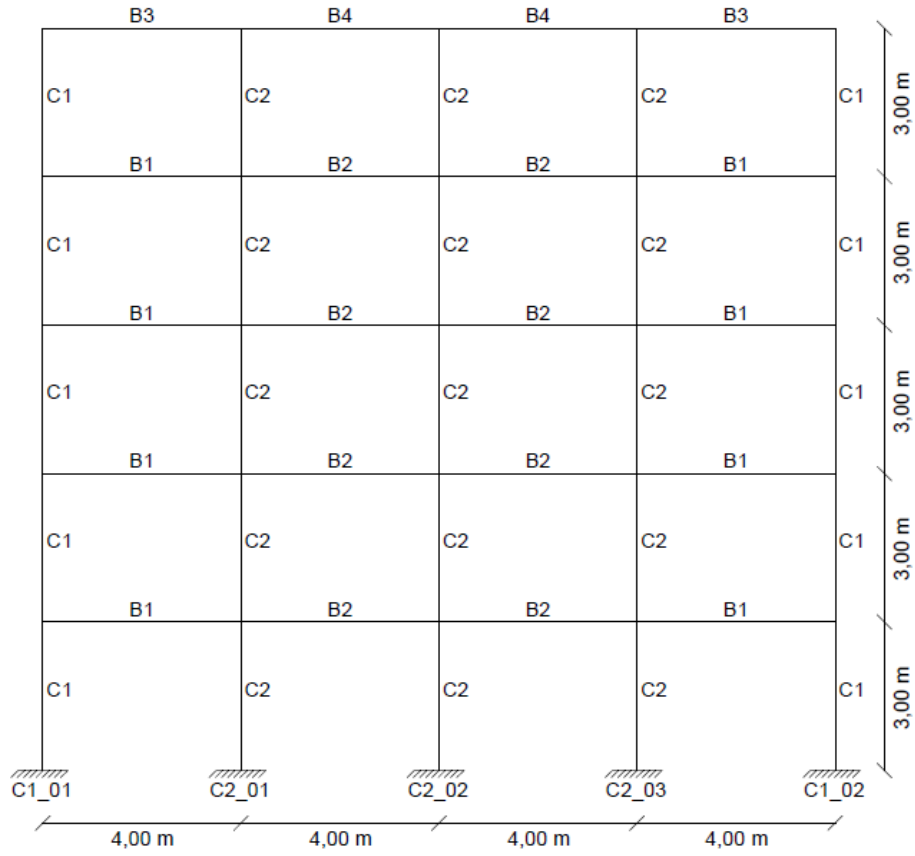
şekil 4. 21’de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı’nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı’nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.38’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.38 : Frame 4.2 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları

	KİRİŞ HASAR SINIRLARI			
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	66%	34%	0%	0%
2	100%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%
	KOLON HASAR SINIRLARI			
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	25%	0%	75%
2	100%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%

Statik itme analizi sonucunda elemanlardaki hasar yüzdeleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Elde edilen bu bilgiler ışığında 1.kat kolonların %75’i göçme bölgesine geçtiği görülmüştür. 1.kat kolonların %75’inin göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapı, yumuşak kat davranışı göstermiştir. Bu sebeple yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.4 Frame 5.1'in Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.22 : Frame 5.1

Frame 5.1, kat yükseklikleri eşit, kiriş açıklıkları eşit olan 5 katlı düzenli bir yapıdır (Şekil 4.22). Yapı Türkiye’de sadece düşey yükler altında tasarlanmış mühendislik hizmeti almamış yapıları temsil etmektedir. Bu çalışma kapsamında mevcut beton dayanımı ve mevcut çelik akma dayanımı Türkiye’deki yapı stoğunun ortalamaları dikkate alınarak belirlenmiştir [Bal et al.,2007 and 2008]. Bu çalışmada yapı kütlesi 2000 KN olarak belirlenmiştir. Kolon, kiriş ve analiz bilgileri aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 4.39, Çizelge 4.40, Çizelge 4.41).

Çizelge 4.39 : Frame 5.1 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	8 Φ 14	30	30
C2	8 Φ 16	40	40

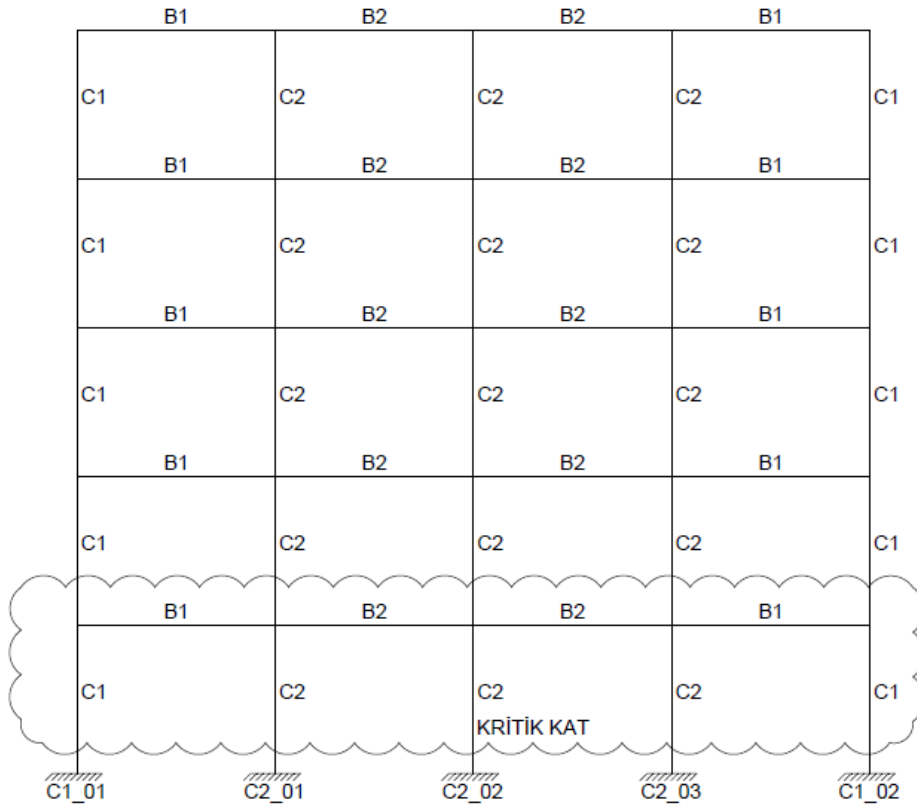
Çizelge 4.40 : Frame 5.1 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1	8 Φ 10	2 Φ 12	25	50
B2	7 Φ 12	3 Φ 12	25	50
B3	5 Φ 12	2 Φ 12	25	50
B4	6 Φ 12	3 Φ 12	25	50

Çizelge 4.41 : Frame 5.1 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.4.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.23 : Frame 5.1 kritik kat

Frame 5.1, RYTEİE (2013) esaslarınca , belirlenen kritik kat üst katlara kopyalanmıştır (Şekil 4.23). Elde edilen yeni model analiz edilerek yapının risk durumu belirlenmiştir.

Çizelge 4.42 : Frame 5.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1_01	3	2,65	27,26	81,12	0,33	B
C2_01	3	3,72	59,33	113,57	0,52	B
C2_02	3	3,76	62,15	113,57	0,54	B
C2_03	3	3,66	59,99	113,57	0,52	B
C1_02	3	2,51	81,13	81,13	0,39	B

Çizelge 4.43 : Frame 5.1 görelî kat öteleme değêrleri

	m	m		
kat	di	(di)-(di-1)	δ/h	h
1	0,043	0,043	0,014	3
2	0,098	0,055	0,018	3
3	0,14	0,048	0,016	3
4	0,18	0,036	0,012	3
5	0,21	0,021	0,007	3

Çizelge 4.44 : Frame 5.1 m sınır ve görelî kat öteleme sınırları

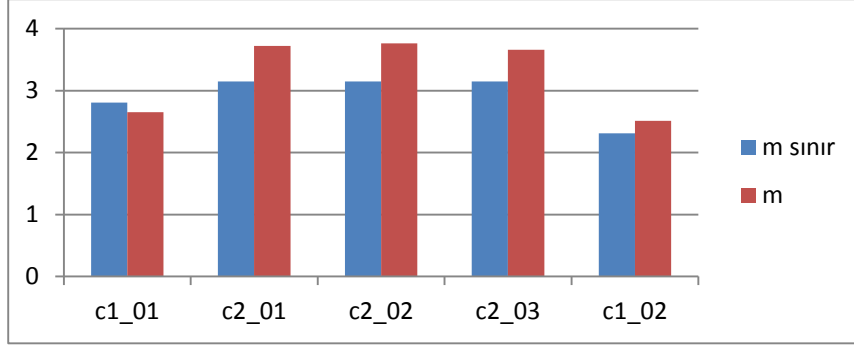
Kolon	m sınır	(δ/h)sınır
C1_01	2,81	0,015
C2_01	3,15	0,0215
C2_02	3,15	0,0215
C2_03	3,15	0,0215
C1_02	2,31	0,0011

Çizelge 4.45 : Frame 5.1 sınır değêrleri kıyaslama sonuçları

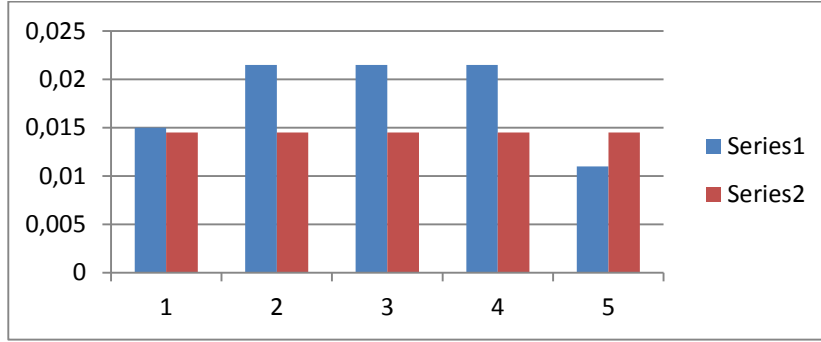
Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1_01	Aşılmadı	Aşılmadı	AŞILMADI
C2_01	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_02	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_03	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C1_02	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI

Çizelge 4.46 : Frame 5.1 ort.gerilme/fcm tespiti

Kolon	Gerilme (N/mm ²)
c1_01	3,00
c2_01	3,10
c2_02	3,10
c2_03	3,38
c1_02	5,69
ort.gerilme	3,65
ort.gerilme/fcm	0,17



Şekil 4.24 : Frame 5.1 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.25 : Frame 5.1 görel kat öteleme ve sınır değerleri

Çizelge 4.47 : Frame 5.1 kat kesme kuvveti oranının sınır ile kıyaslaması

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,305	0,9

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.35 olarak belirlenmiştir. Kritik kat kolonları incelendiğinde, tüm kolonların “B” sınıfı kolonlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca etki/kapasite oranları ve kritik kat öteleme oranı sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, kritik katta bulunan toplam 5 kolondan 4’ünün sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Sınır değerleri aşan kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı (0,9), kat kesme kuvveti oranı sınır değerini aşması sebebiyle yapı “**RİSKLİ**” yapı olarak değerlendirilmiştir.

4.4.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.48 : Frame 5.1 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi

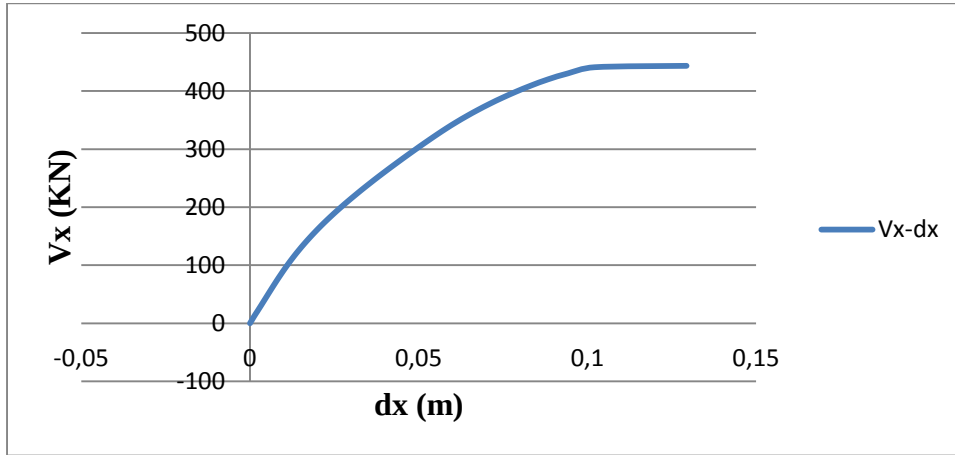
Yapı Bilgisi				
Frame		4.1		
Tx		0,79sn		
Vx		1580,90 KN		
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	0%	0%	100%
2	0%	0%	0%	100%
3	0%	0%	50%	50%
4	0%	50%	50%	0%
5	75%	25%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	0%	80%	20%
2	0%	0%	100%	0%
3	0%	40%	60%	0%
4	0%	60%	40%	0%
5	40%	60%	0%	0%

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,014
2	0,0173
3	0,0151
4	0,0114
5	0,0082

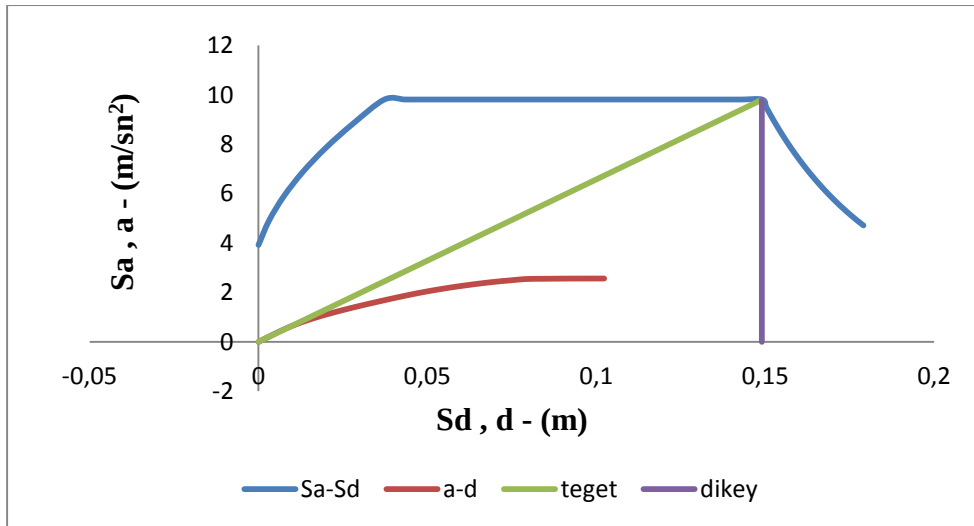
Performans sonucu	
-Yapı göçme performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

TDY (2007) elastik yöntem ile yapı incelenmiş ve Çizelge 4.48'deki sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, 1. ve 2. kattaki tüm kirişlerin göçme bölgesine geçtiği ve 1. kat kolonlarında %20'sinin göçme bölgesine geçtiği gözlenmiştir. 1.katta kirişlerin %100'ünün ve kolonlarında %20'sinin göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapı depremde can güvenliği performansını sağlayamamış ve yapı performansı yönetmeliğe göre "**Göçme Bölgesi**" olarak belirlenmiştir.

4.4.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.26 : Frame 5.1 statik itme eğrisi



Şekil 4.27 : Frame 5.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

Yapının statik itme analizi sonucunda statik itme eğrisi elde edilmiş ve gerekli eksen dönüşümleri yapılarak modal kapasite eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen modal kapasite eğrisi deprem talep spektrumu ile kesiştirilerek, depremin talebi olan hedef yerdeğiştirmenin bulunabilmesi için elastik spektral yerdeğiştirme ve elastik spektral ivme değerleri, modal kapasite eğrisine çizilen teget ile elde edilmiştir (Şekil 4.27, Çizelge 4.49).

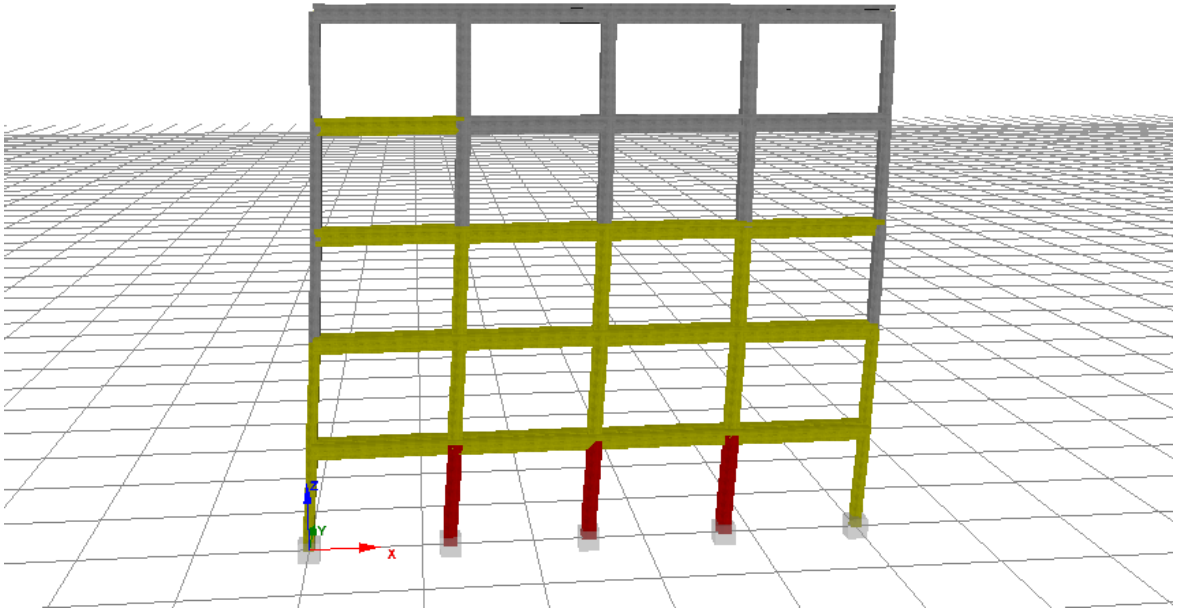
Çizelge 4.49 : Frame 5.1 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	9,8 (m/sn ²)
Sde	0,14 (m)

Çizelge 4.50 : Frame 5.1 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

C _R	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	φ _{XN} (m)	Γ _{1x}	U _{XN} (m)
1	9,8	0,15	0,15	0,09	13,16	0,18

Kapasite eğrisi ve deprem talep spektrumunun çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde depremin talep ettiği hedef yerdeğiştirme istemi 0,18 (m) olarak belirlenmiştir.



şekil 4.28 : Frame 5.1 deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

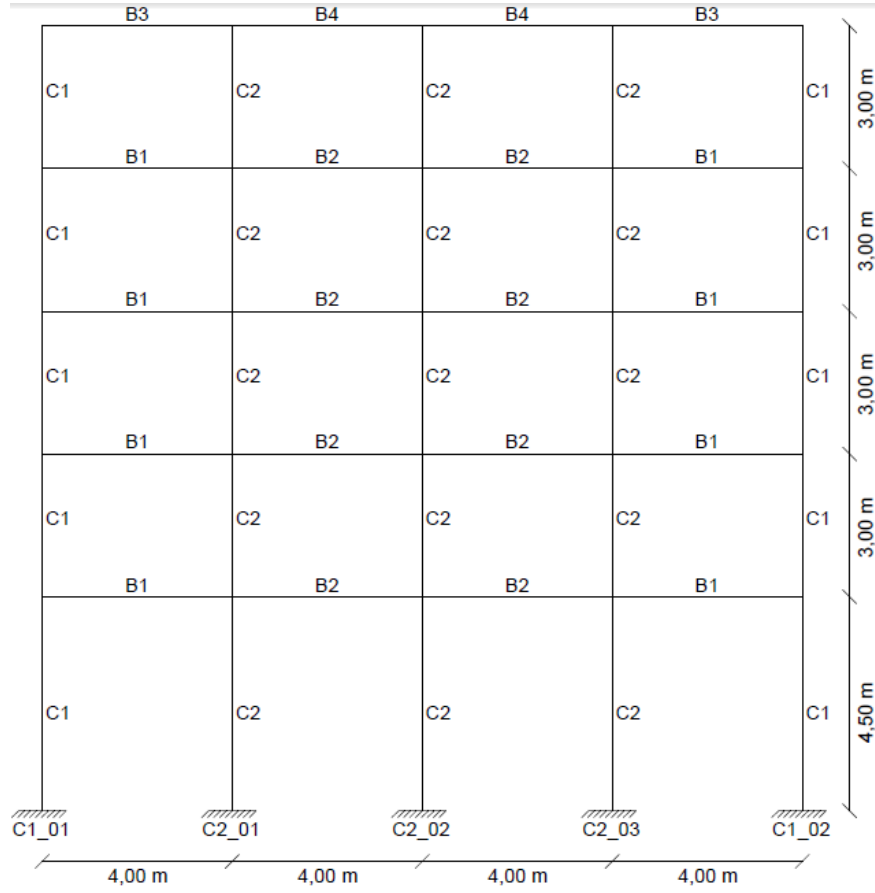
şekil 4.28’de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G..) Göçme Sınırı’nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı’nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.51’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.51 : Frame 5.1 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0 %	100 %	0 %	0 %
2	0 %	100 %	0 %	0 %
3	0 %	100 %	0 %	0 %
4	75 %	25 %	0 %	0 %
5	100 %	0 %	0 %	0 %
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0 %	40 %	0 %	60 %
2	0 %	100 %	0 %	0 %
3	40 %	60 %	0 %	0 %
4	100 %	0 %	0 %	0 %
5	100 %	0 %	0 %	0 %

Statik itme analizi sonucunda 1. kat kolonlarının %60'ı göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapıda depremin talep ettiği yerdeğiştirmeye ulaşamadan göçme durumu oluşmuştur. Bu bilgiler ışığında yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak belirlenmiştir.

4.5 Frame 5.2'nin Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.29 : Frame 5.2

Frame 5.2, Frame 5.1'in tüm özellikleri korunarak zemin kat yüksekliğinin arttırılmasıyla elde edilmiştir (Çizelge 4.29). Kolon ve kiriş bilgileri aynı zamanda analiz bilgileride Frame 5.1 ile aynıdır. Bu çerçevede zemin kat yüksekliği arttırılmış olan bu yapının performansı irdelenmiştir.

Çizelge 4.52 : Frame 5.2 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	8 Φ 14	30	30
C2	8 Φ 16	40	40

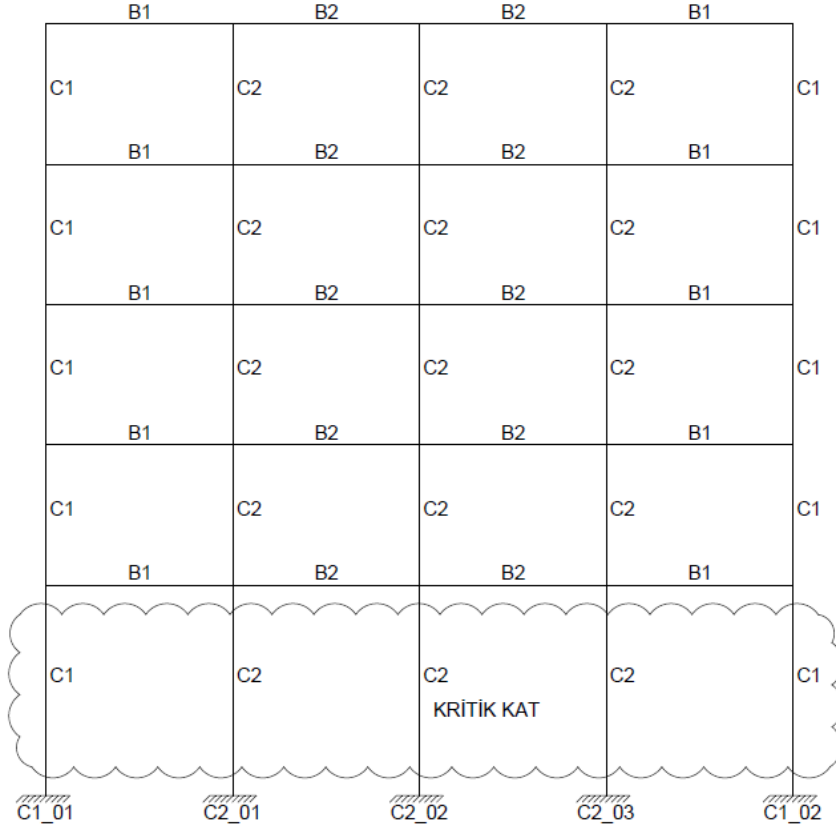
Çizelge 4.53 : Frame 5.2 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1	8 Φ 10	2 Φ 12	25	50
B2	7 Φ 12	3 Φ 12	25	50
B3	5 Φ 12	2 Φ 12	25	50
B4	6 Φ 12	3 Φ 12	25	50

Çizelge 4.54 : Frame 5.2 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm-kPa	fym-kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.5.1 RYTEİE(2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.30 : Frame 5.2 kritik kat

Çizelge 4.55 : Frame 5.2 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1_01	4,5	3,45	19,62	54,09	0,36	B
C2_01	4,5	4,86	44,77	75,74	0,59	B
C2_02	4,5	4,89	47,64	75,74	0,62	B
C2_03	4,5	4,75	45,94	75,74	0,60	B
C1_02	4,5	3,20	22,40	54,10	0,43	B

Çizelge 4.56 : Frame 5.2 görelî kat ötelemeleri

	m	m		
kat	di	(di)-(di-1)	δ/h	h
1	0,11	0,11	0,026	4,5
2	0,17	0,050	0,018	3
3	0,21	0,04	0,014	3
4	0,24	0,03	0,010	3
5	0,26	0,015	0,005	3

Çizelge 4.57 : Frame 5.2 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları

Kolon	m sınır	(δ/h) sınır
C1_01	2,81	0,015
C2_01	3,15	0,0215
C2_02	3,15	0,0215
C2_03	3,15	0,0215
C1_02	2,35	0,0133

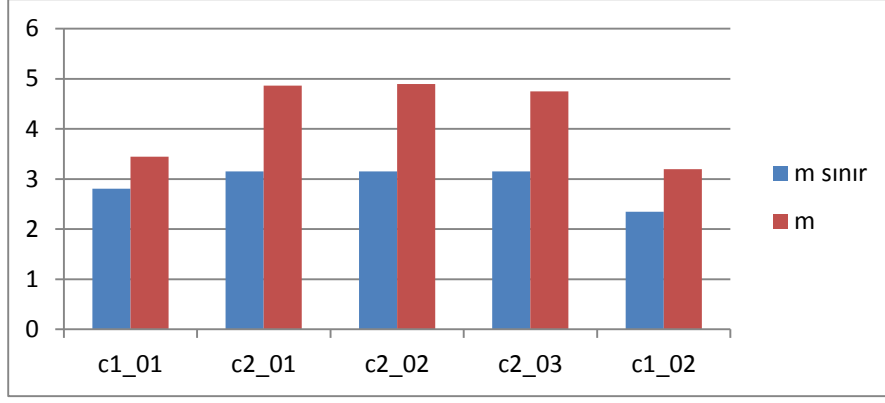
Çizelge 4.58 : Frame 5.2 sınır değêrler kıyaslama sonuçları

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1_01	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_01	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_02	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C2_03	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI
C1_02	Aşıldı	Aşıldı	AŞILDI

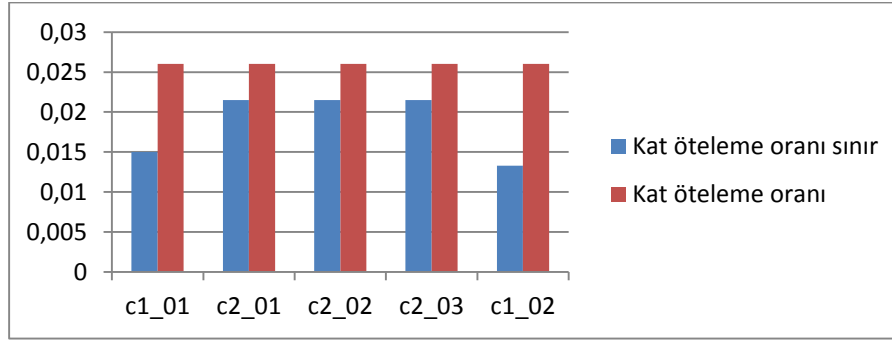
Çizelge 4.59 : Frame 5.2 ort.gerilme/fcm değeri

Kolon	Gerilme(N/mm ²)
c1_01	3,15
c2_01	3,28
c2_02	3,47
c2_03	3,97
c1_02	6,54
ort.gerilme	4,09
ort.gerilme/fcm	0,19

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.29 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.31 : Frame 5.2 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.32 : Frame 5.2 görelî kat öteleme ve sınır değerleri

Çizelge 4.60 : Frame 5.2 kat kesme kuvveti oranı

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,29	1

Yapının kritik kat kolonları incelendiğinde, kritik katta tüm kolonların "B" sınıfı kolonlar olduğu belirlenmiştir. Etki/kapasite oranı ve kritik kat öteleme oranları sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, kritik katta tüm kolonlarda sınır değerlerinin aşıldığı görülmüştür. Bu sebeple sınır değeri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranının, kat kesme kuvveti oranı sınır değerini aşması sebebiyle yapı, RYTEİE (2013) esaslarına göre "**RİSKLİ**" yapı olarak değerlendirilmiştir.

4.5.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Şekil 4.33 : Frame 5.2 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi

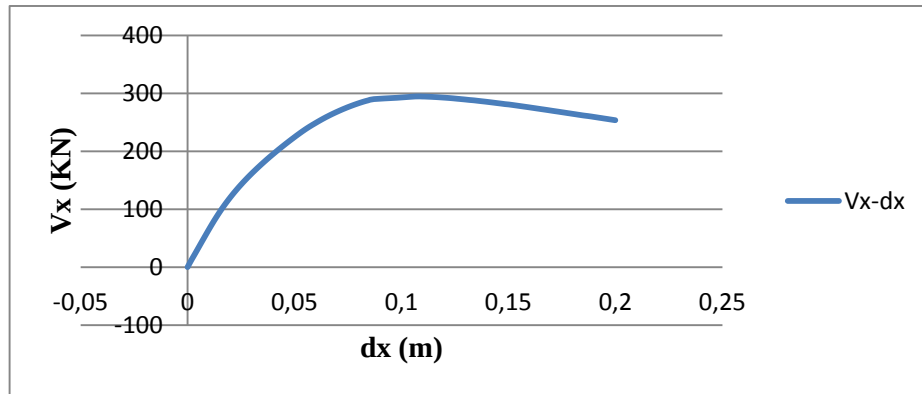
Yapı Bilgisi				
Frame		5.2		
Tx		0,97 sn		
Vx		1482,98 KN		
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	0%	0%	100%
2	0%	0%	50%	50%
3	0%	50%	50%	0%
4	0%	100%	0%	0%
5	100%	0%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	0%	40%	60%
2	0%	40%	60%	0%
3	0%	100%	0%	0%
4	40%	60%	0%	0%
5	100%	0%	0%	0%

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,0181
2	0,0378
3	0,0298
4	0,0250
5	0,0066

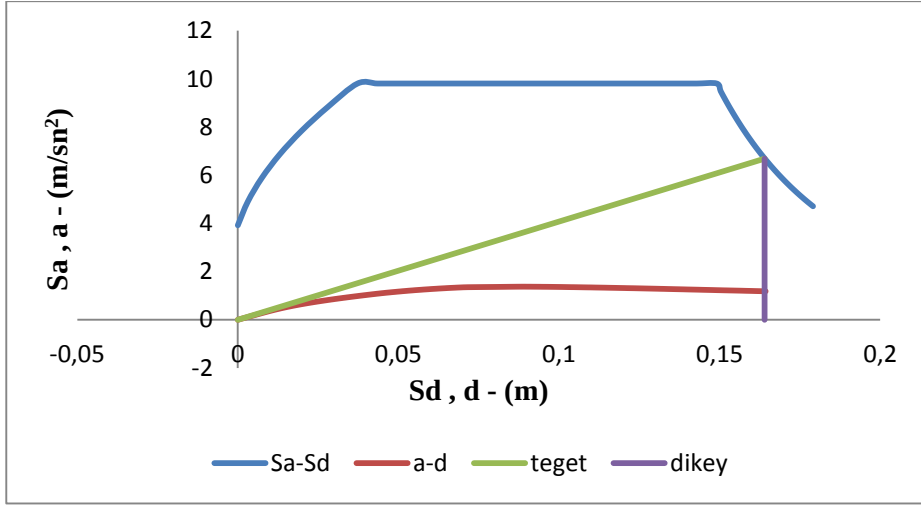
Performans sonucu	
-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

TDY (2007) elastik çözümünden elde edilen sonuçlar ışığında, yapının 1.katında kirişlerin tamamı ve kolonların %60'ının göçme bölgesine geçtiği görülmüştür. Bu sebeple yapı performansı yönetmeliğe göre “Göçme Bölgesi” olarak belirlenmiştir.

4.5.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.34 : Frame 5.2 statik itme eğrisi



Şekil 4.35 : Frame 5.2 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

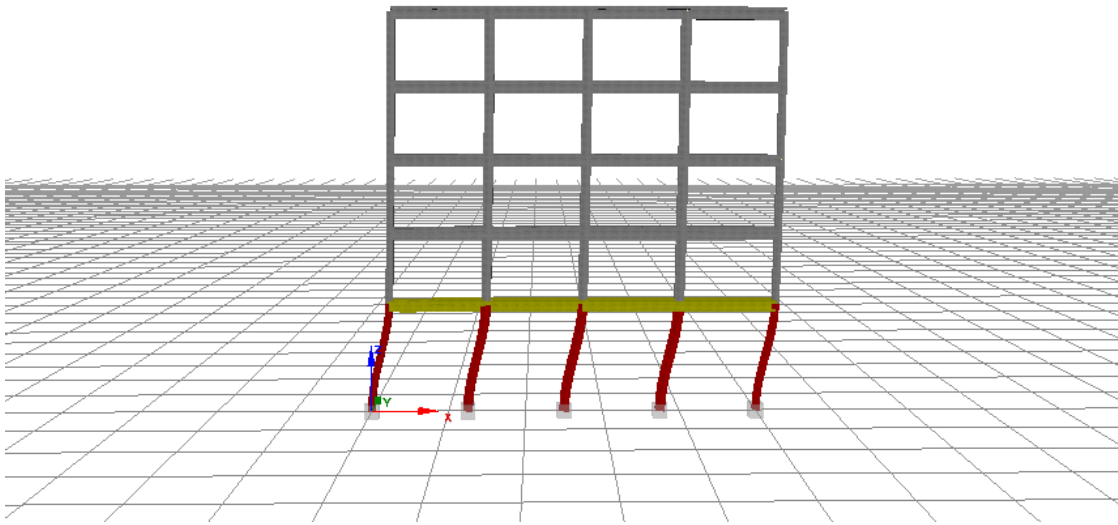
Çizelge 4.61 : Frame 5.2 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	6,69 (m/sn²)
Sde	0,16 (m)

Çizelge 4.62 : Frame 5.2 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

C_R	Sae	Sde(m)	Sdi(m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	6,69	0,16	0,16	0,083	14,62	0,19

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin karşılaştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi 0,19 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.36 : Frame 5.2 deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

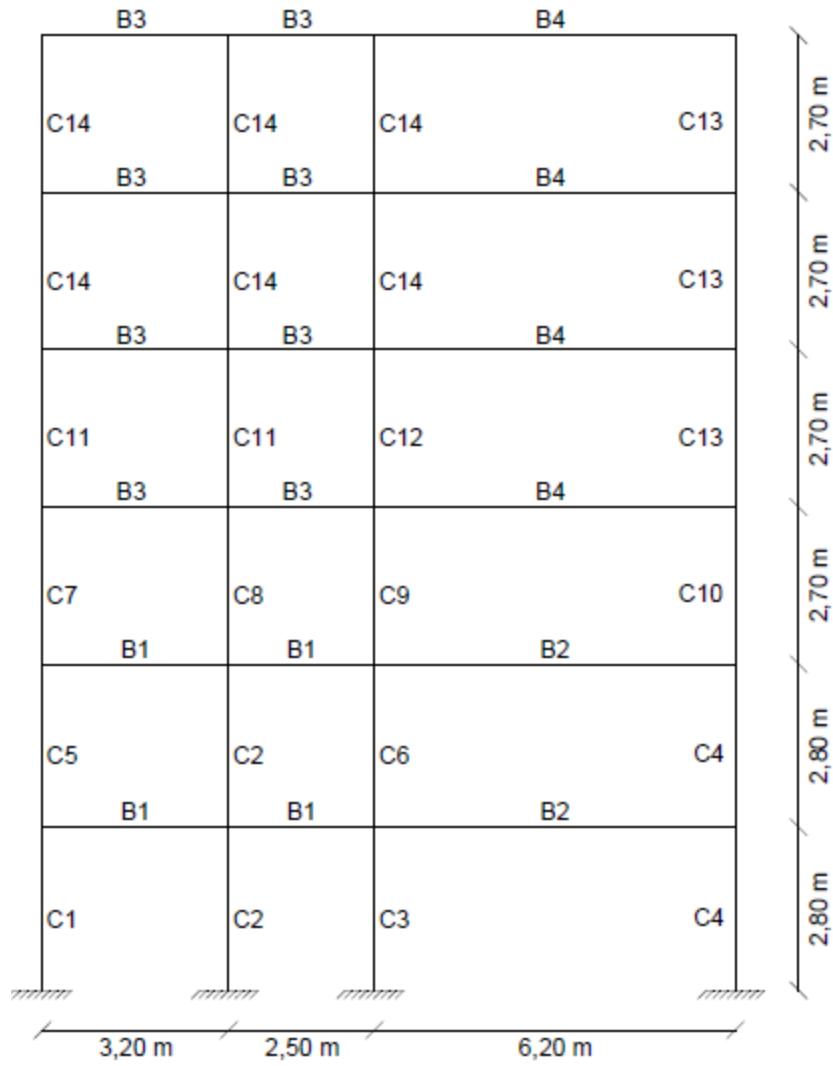
Şekil 4.36’da belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı’nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı’nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.63’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.63 : Frame 5.2 statik itme analizi ile yapı performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0 %	100 %	0 %	0 %
2	100 %	0 %	0 %	0 %
3	100 %	0 %	0 %	0 %
4	100 %	0 %	0 %	0 %
5	100 %	0 %	0 %	0 %
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0 %	0 %	0 %	100 %
2	100 %	0 %	0 %	0 %
3	100 %	0 %	0 %	0 %
4	100 %	0 %	0 %	0 %
5	100 %	0 %	0 %	0 %

Statik itme analizi sonucunda 1. kat kolonlarının tamamının göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.6 Frame 6.1'in Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.37 : Frame 6.1

Frame 6.1, İstanbul, Kadıköy’de 1970’li yıllarda yapılmış mevcut bir yapının ana taşıyıcı çerçeve sistemidir. Yapı 6 katlı olup, kat yükseklikleri ilk 2 katta, diğer katla göre 10 cm daha fazladır. Kolonların üst katlarda, alt katlara oranla boyutları azalmakta ve donatı değerleri değişmektedir. Ayrıca kiriş boyutları ve donatılarında katlara göre değişiklik göstermektedir. Kolon, kiriş ve analiz bilgileri Çizelge 4.64, Çizelge 4.65, Çizelge 4.66’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.64 : Frame 6.1 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	18 Φ 16	70	50
C2	16 Φ 16	90	40
C3	12 Φ 16	70	30
C4	14 Φ 16	50	50
C5	16 Φ 16	60	50
C6	10 Φ 16	60	30
C7	12 Φ 16	60	40
C8	12 Φ 16	80	30
C9	8 Φ 16	50	30
C10	10 Φ 16	50	40
C11	8 Φ 16	50	25
C12	6 Φ 16	40	30
C13	8 Φ 16	50	25
C14	6 Φ 16	40	25

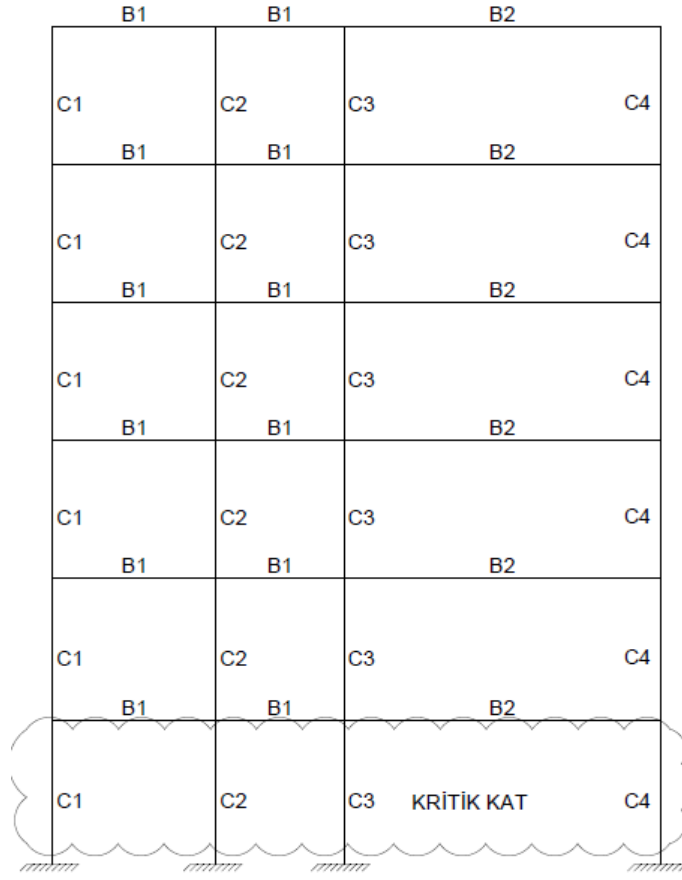
Çizelge 4.65 : Frame 6.1 kiriş bilgileri

Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1 (Mesnet)	5 Φ 12	3Φ 12	25	70
B1 (Orta)	2 Φ 12	7 Φ 12	25	70
B2 (Mesnet)	6 Φ 12	4 Φ 12	25	70
B2 (Orta)	2 Φ 12	8 Φ 12	25	70
B3 (Mesnet)	5Φ 12	3 Φ 12	25	70
B3 (Orta)	2 Φ 12	6 Φ 12	25	70
B4 (Mesnet)	5 Φ 12	3 Φ 12	25	70
B4 (Orta)	2 Φ 12	6 Φ 12	25	70

Çizelge 4.66 : Frame 6.1 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.6.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.38 : Frame 6.1 kritik kat

Yapı zemin katı kritik kat olarak belirlenmiştir ve kritik kat üst katlara kopyalanmıştır. Tüm katlarda aynı elemanlardan oluşan yeni modelde RYTEİE (2013) esaslarına göre analiz edilmiş ve risk durumu belirlenmiştir.

Çizelge 4.67 : Frame 6.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1	2,8	2,71	127,51	291,96	0,43	B
C2	2,8	5,43	140,92	227,08	0,62	B
C3	2,8	3,87	87,80	162,21	0,54	B
C4	2,8	1,36	103,00	291,97	0,35	B

Çizelge 4.68 : Frame 6.1 göreli kat ötelemeleri

	m	m		
Kat	d_i	$(d_i)-(d_{i-1})$	δ/h	h
1	0,013	0,012	0,0046	2,8
2	0,033	0,020	0,0071	2,8
3	0,050	0,017	0,0064	2,7
4	0,064	0,014	0,0050	2,7
5	0,072	0,008	0,0031	2,7
5	0,076	0,003	0,0012	2,7

Çizelge 4.69 : Frame 6.1 m sınır ve göreli kat öteleme sınır değerleri

Kolon	m sınır	(δ/h) sınır
C1	2,72	0,015
C2	2,47	0,013
C3	2,47	0,012
C4	3,9	0,022

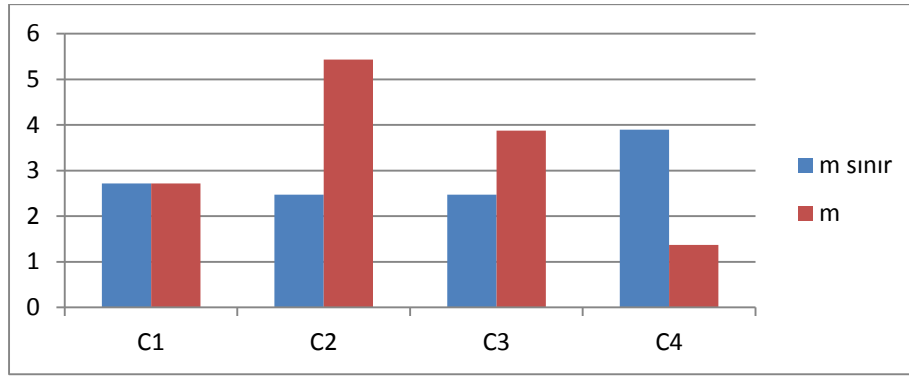
Çizelge 4.70 : Frame 6.1 sınır değerler kıyaslama sonuçları

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1	Aşılmadı	Aşılmadı	AŞILMADI
C2	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C3	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C4	Aşılmadı	Aşılmadı	AŞILMADI

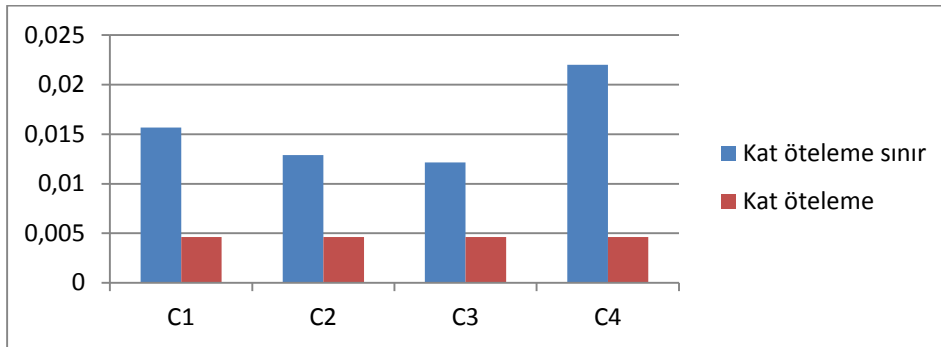
Çizelge 4.71 : Frame 6.1 ort.gerilme / fcm değerinin belirlenmesi

Kolon	Gerilme (N/mm ²)
C1	1,43
C2	2,54
C3	6,29
C4	3,23
Ort.gerilme	3,37
Ort.gerilme/fcm	0,16

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.312 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.39 : Frame 6.1 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.40 : Frame 6.1 kolon öteleme sınır değerleri ve öteleme değerleri

Çizelge 4.72 : Frame 6.1 kat kesme kuvveti oranı

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,312	0,64

RYTEİE (2013) esaslarına göre yapılan incelemede kritik kat kolonlarının “B” sınıfı kolonlar olduğu belirlenmiştir. Yine bu kolonlar incelendiğinde “C2” ve “C3” kolonlarının etki/kapasite oranlarının, sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Sınır değeri aşan bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı ile elde edilen değer, kat kesme kuvveti oranı sınırını aşması sebebiyle, yapı “**RİSKLİ**” yapı olarak değerlendirilmiştir.

4.6.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.73 : Frame 6.1 elastik çözüm ile performans değerlendirmesi

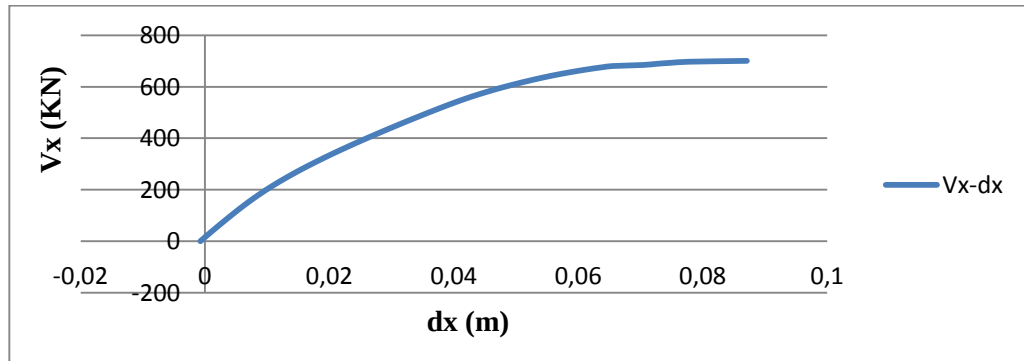
Yapı Bilgisi				
Frame	6.1			
Tx	0,64 sn			
Vx	2857,34 KN			
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	GÇ.
1	34 %	0 %	0 %	66 %
2	0 %	33 %	33 %	33 %
3	0 %	66 %	0 %	34 %
4	100 %	0 %	0 %	0 %
5	100 %	0 %	0 %	0 %
6	100 %	0 %	0 %	0 %
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	GÇ.
1	25 %	25 %	50 %	0 %
2	25 %	25 %	25 %	25 %
3	25 %	25 %	0 %	50 %
4	0 %	0 %	25 %	75 %
5	0 %	25 %	25 %	50 %
6	100 %	0 %	0 %	0 %

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,003035
2	0,004928
3	0,0053703
4	0,007037
5	0,005185
6	0,000555

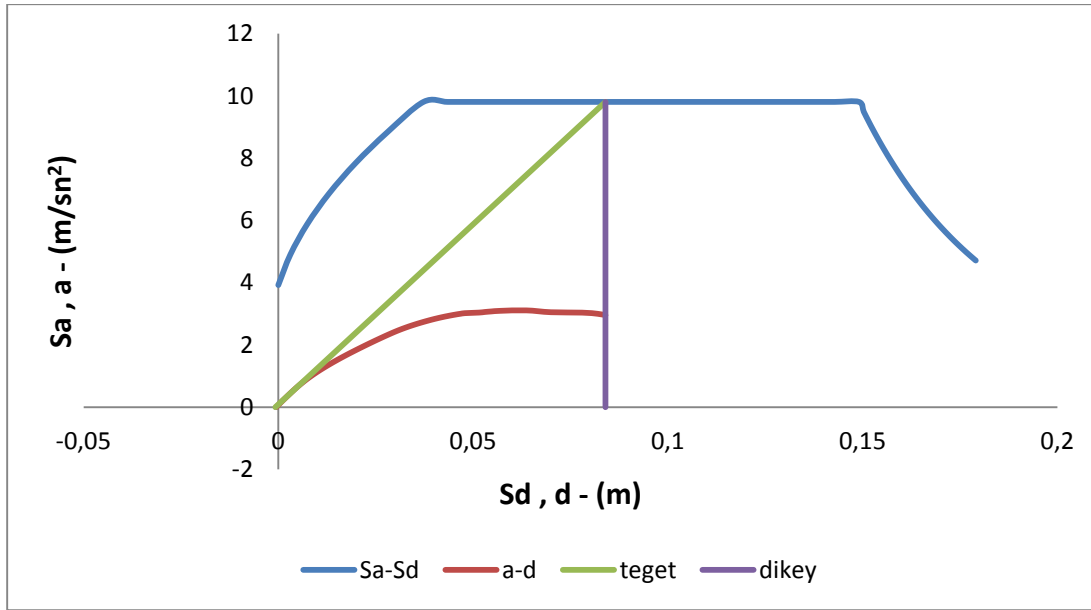
Performans sonucu	
-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

TDY (2007) elastik yöntem ile yapılan analiz ile Çizelge 4.73'teki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yapının 4. katındaki kolonların %75'inin göçme bölgesine, %25'inin de ileri hasar bölgesine geçtiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple yönetmelik şartlarına göre yapı performansı "Göçme Bölgesi" olarak değerlendirilmiştir.

4.6.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.41 : Frame 6.1 statik itme eğrisi



Şekil 4.42 : Frame 6.1 modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

Yapının doğal periyodu 0,64 sn'dir. Ancak modal kapasite eğrisi ve deprem talep spektrumunun çakıştırılmasıyla elde edilen grafikte (Şekil 4.42) çizilen teğet T_B 'den küçük periyotta olması gereken bir teğeti işaret etmektedir. Bu durumda 1.modun beklendiği gibi baskın olmadığı sonucuna ve çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceli sisteme geçişte yapılan hesapların çok geçerli olmadığı sonucuna varılabilir. Bununla birlikte mevcut bilgiler ışığında Şekil 4.42'deki grafikten elde edilen elastik spektral ivme ve elastik spektral yerdeğiştirme değerleriyle, depremin yapıdan talep ettiği yerdeğiştirme istemi hesaplanmıştır (Çizelge 4.75).

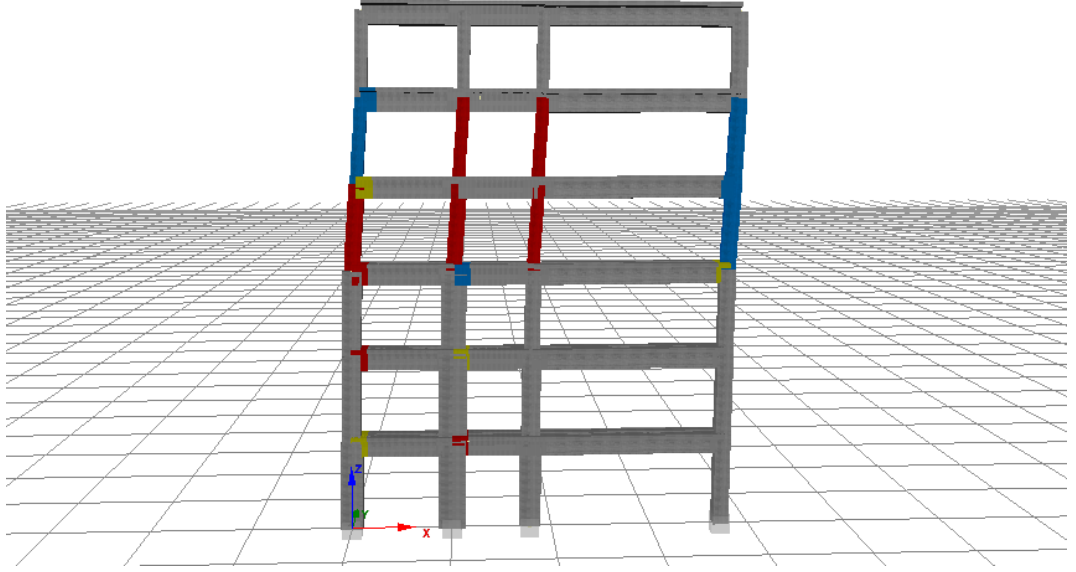
Çizelge 4.74 : Frame 6.1 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	9,80 (m/sn ²)
Sde	0,084 (m)

Çizelge 4.75 : Frame 6.1 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

C_R	Sae	Sde	Sdi	ϕ_{XN}	Γ_{1x}	U_{XN}
1	9,81	0,084	0,084	0,091	14,88	0,11

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi 0,11 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.43 : Frame 6.1'in deprem yerdeğiştirme isteminin seismostruct programı ile analiz sonucu

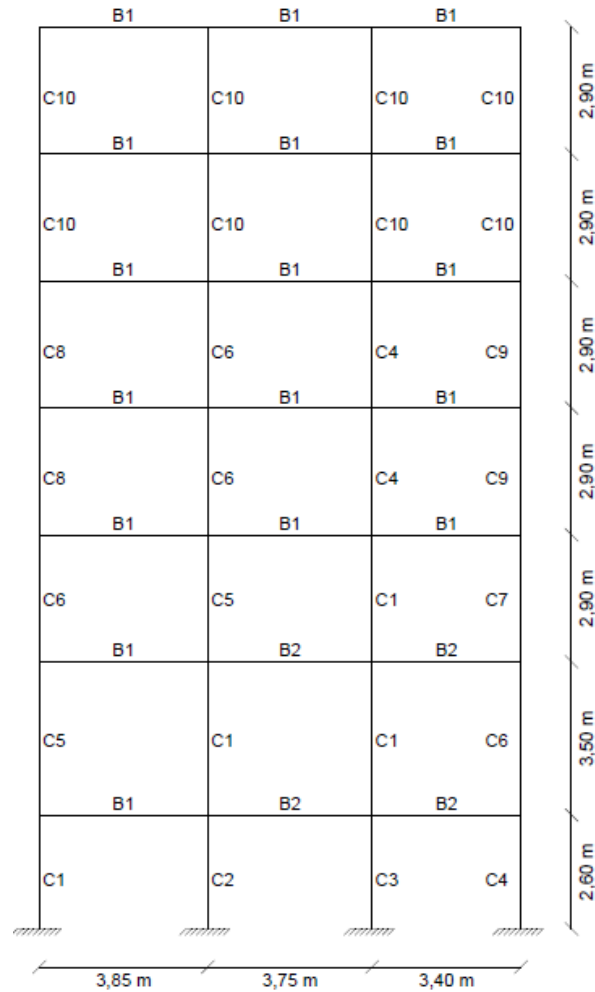
Şekil 4.43'de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı'nı aşan, mavi renk (G.V.) Güvenlik Sınırı'nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı'nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.76'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.76 : Frame 6.1'in statik itme analizi ile performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	33 %	33 %	0 %	33 %
2	33 %	33 %	0 %	33 %
3	0 %	33 %	33 %	33 %
4	66 %	34 %	0 %	0 %
5	66 %	0 %	34 %	0 %
6	100 %	0 %	0 %	0 %
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	100 %	0 %	0 %	0 %
2	100 %	0 %	0 %	0 %
3	100 %	0 %	0 %	0 %
4	0 %	0 %	25 %	75 %
5	0 %	0 %	50 %	50 %
6	100 %	0 %	0 %	0 %

Statik itme analizi sonucunda 4. Katta kolonların %75'inin göçme sınırını aşması sebebiyle yapı performansı '**Göçme Bölgesi**' olarak belirlenmiştir.

4.7 Frame 7.1'in Performans Değerlendirmesi



Şekil 4.44 : Frame 7.1

Frame 7.1, İstanbul, Kadıköy’de 1972 yılında inşaa edilmiş mevcut 7 katlı bir yapıdır. Zemin kat ve 2. Kat hariç, diğer katlarda kat yükseklikleri aynıdır. Ayrıca 2. kat yüksekliği nispeten yüksek sayılabilir. Kolonlar, üst katlarda, alt katlara oranla boyutları küçülmekte ve donatı değerleri düşmektedir. Kolon, kiriş ve analiz bilgileri Çizelge 4.77, Çizelge 4.78, Çizelge 4.79’da verilmiştir.

Çizelge 4.77 : Frame 7.1 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (d) -cm
C1	6 Φ 16	50	30
C2	8 Φ 16	50	30
C3	10 Φ 16	70	30
C4	6 Φ 14	45	25
C5	6 Φ 16	50	25
C6	6 Φ 14	40	25
C7	6 Φ 16	35	25
C8	6 Φ 14	35	25
C9	4 Φ 14	30	25
C10	4 Φ 14	25	25

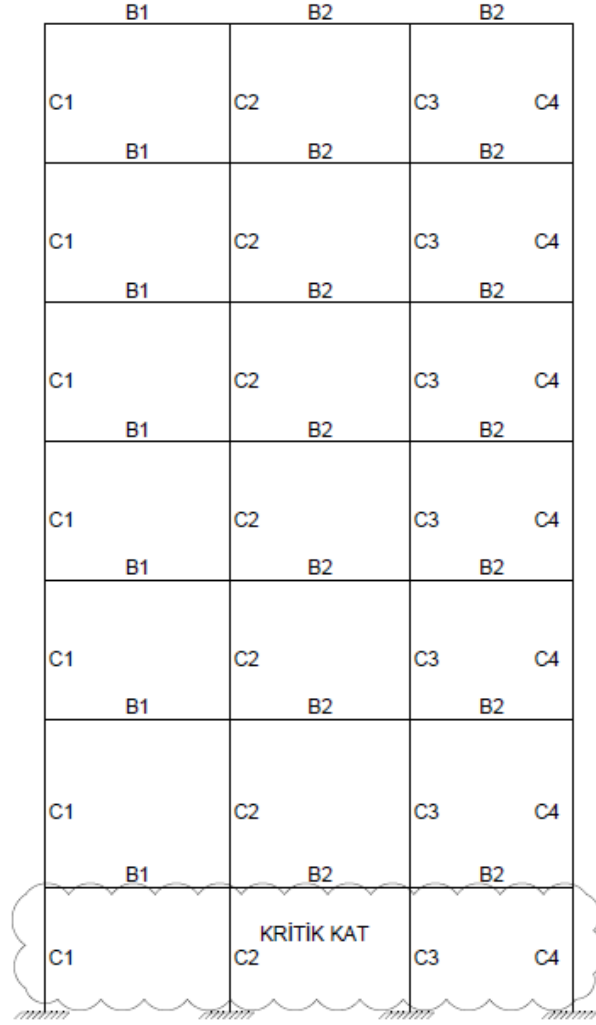
Çizelge 4.78 : Frame 7.1 kiriş bilgileri

Kiriş	Üşt Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (d) -cm
B1 (Mesnet)	2 Φ 10+2 Φ 14	2 Φ 14	15	70
B1 (Orta)	2 Φ 10	4 Φ 14	15	70
B2 (Mesnet)	3 Φ 10+1 Φ 14	2 Φ 14	25	40
B2 (Orta)	3 Φ 10	3 Φ 14	25	40

Çizelge 4.79 : Frame 7.1 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.7.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.45 : Frame 7.1 kritik kat

RYTEİE (2013) esaslarına göre zemin kat, kritik kat olarak belirlenmiş ve üst katlara kopyalanmıştır. Daha sonra yapı analiz edilerek kritik kat kolonları incelenmiş ve yapının risk durumu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.80 : Frame 7.1 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1	2,60	9,47	33,54	81,12	0,41	B
C2	2,60	5,47	63,25	121,67	0,52	B
C3	2,60	9,94	52,21	121,66	0,43	B
C4	2,60	4,68	33,34	64,90	0,51	B

Çizelge 4.81 : Frame 7.1 görelî kat ötelemeleri

	m	m		
Kat	d_i	$(d_i)-(d_{i-1})$	δ/h	h
1	0,032	0,031	0,012	2,6
2	0,12	0,081	0,025	3,5
3	0,18	0,065	0,023	2,9
4	0,24	0,057	0,019	2,9
5	0,28	0,047	0,016	2,9
6	0,32	0,035	0,012	2,9
7	0,34	0,023	0,008	2,9

Çizelge 4.82 : Frame 7.1 kolon m sınır ve görelî kat öteleme sınırları

Kolon	m sınır	(δ/h) sınır
C1	2,97	0,016
C2	2,68	0,036
C3	2,80	0,015
C4	2,80	0,014

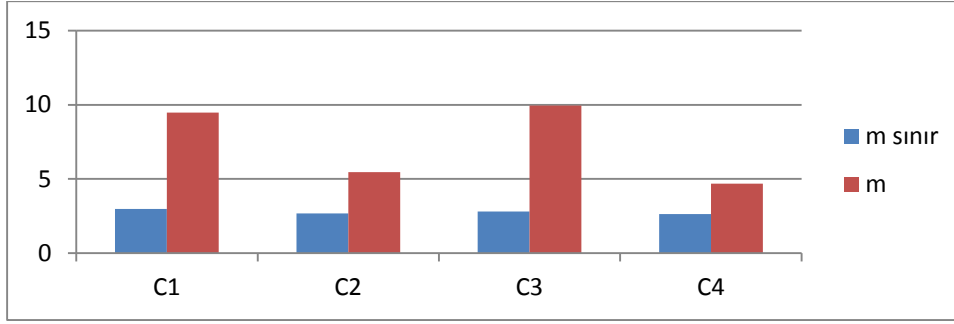
Çizelge 4.83 : Frame 7.1 sınır değerlerini aşan kolonlar

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C3	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C4	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI

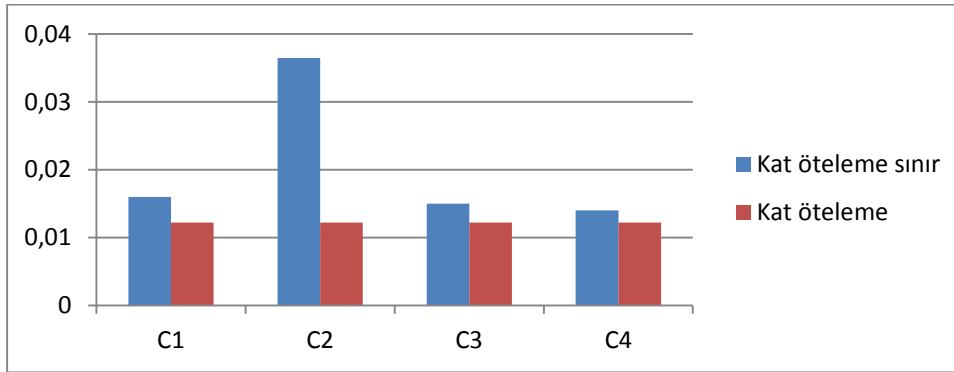
Çizelge 4.84 : Frame 7.1 ort.gerilme/fcm değerinin belirlenmesi

Kolon	Gerilme(N/mm ²)
C1	0,93
C2	7,26
C3	2,91
C4	6,15
ort.gerilme	4,32
ort.gerilme/fcm	0,21

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.28 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.46 : Frame 7.1 m sınır ve m değerleri



Şekil 4.47 : Frame 7.1 görelî kat ötelemeleri ve sınır değerleri

Çizelge 4.85 : Frame 7.1 kat kesme kuvveti oranı

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,28	1

RYTEİE (2013) esaslarına göre yapı incelenmiş ve kritik kat kolonlarının tamamı “B” sınıfı kolon olarak tespit edilmiştir. Kritik kat kolonları incelendiğinde, kolonların tamamının etki/kapasite oranları, sınır değerlerini aşmıştır ve sınır değerleri aşan bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı, kat kesme kuvveti oranı sınırını aşması sebebiyle yapı, “**RİSKLİ**” yapı olarak değerlendirilmiştir.

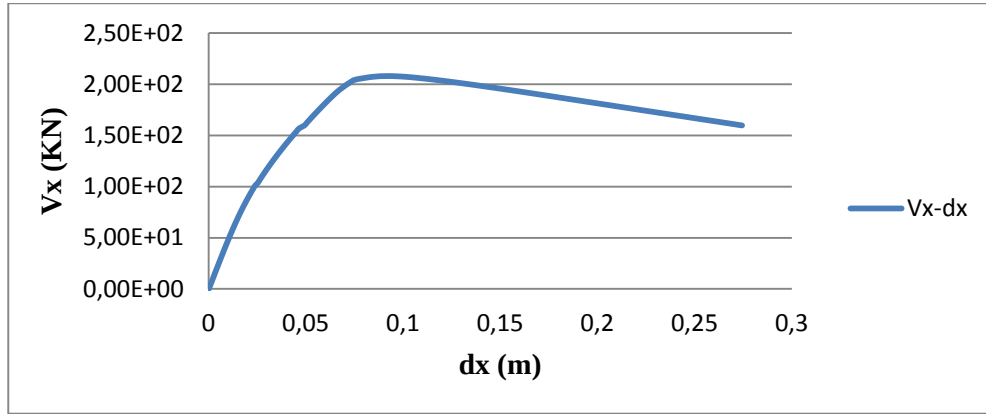
4.7.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.86 : Frame 7.1 elastik çözüm ile performans değerlendirme sonuçları

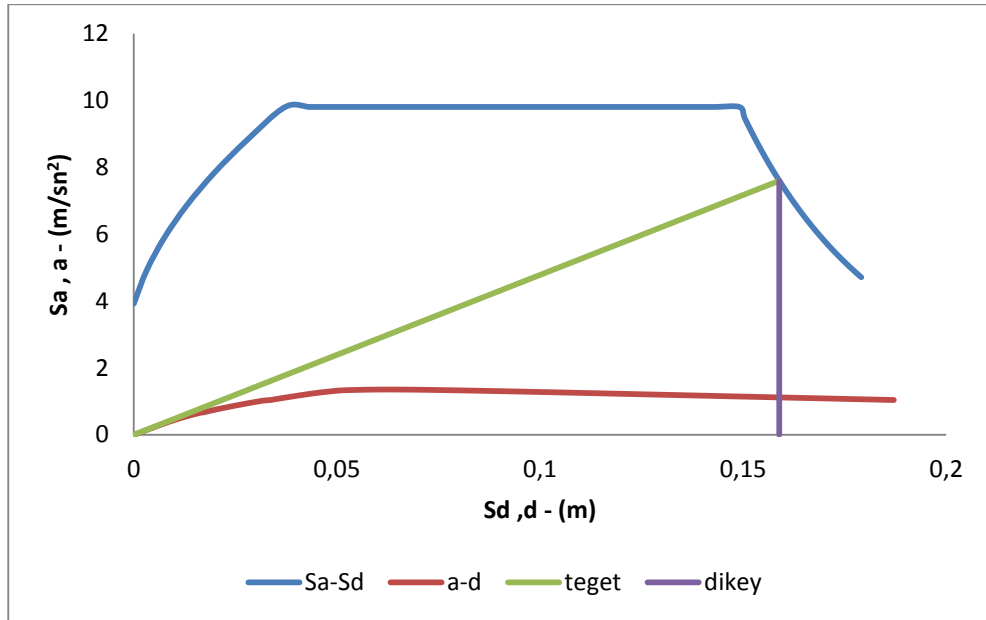
Yapı Bilgisi					Görelı Kat Ötelemeleri	
Frame		7.1			kat	δ/h
Tx		1,015 sn			1	0,03
Vx		1392,92 KN			2	0,0004
					3	0,015
					4	0,0143
					5	0,0118
					6	0,037
					7	0,020
KİRİŞ HASAR SINIRLARI					Performans sonucu	
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.	-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
1	0 %	0 %	100 %	0 %	-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	
2	0 %	0 %	34 %	66 %		
3	0 %	0 %	100 %	0 %		
4	0 %	66 %	34 %	0 %		
5	0 %	100 %	0 %	0 %		
6	34 %	66 %	0 %	0 %		
7	100 %	0 %	0 %	0 %		
KOLON HASAR SINIRLARI						
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.		
1	0 %	0 %	0 %	100 %		
2	0 %	0 %	0 %	100 %		
3	0 %	0 %	0 %	100 %		
4	0 %	0 %	0 %	100 %		
5	0 %	0 %	25 %	75 %		
6	0 %	0 %	0 %	100 %		
7	0 %	0 %	100 %	0 %		

TDY (2007) elastik yöntem ile çözümden elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm katlarda kolonların ciddi hasar aldığı ve ilk 4 katta tamamen göçme bölgesine geçtiği görülmektedir. Bu sebeple yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.7.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.48 : Frame 7.1 statik itme eğrisi



Şekil 4.49 : Frame 7.1 modal kapasite eğrisi – deprem spektrum talep eğrisinin kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

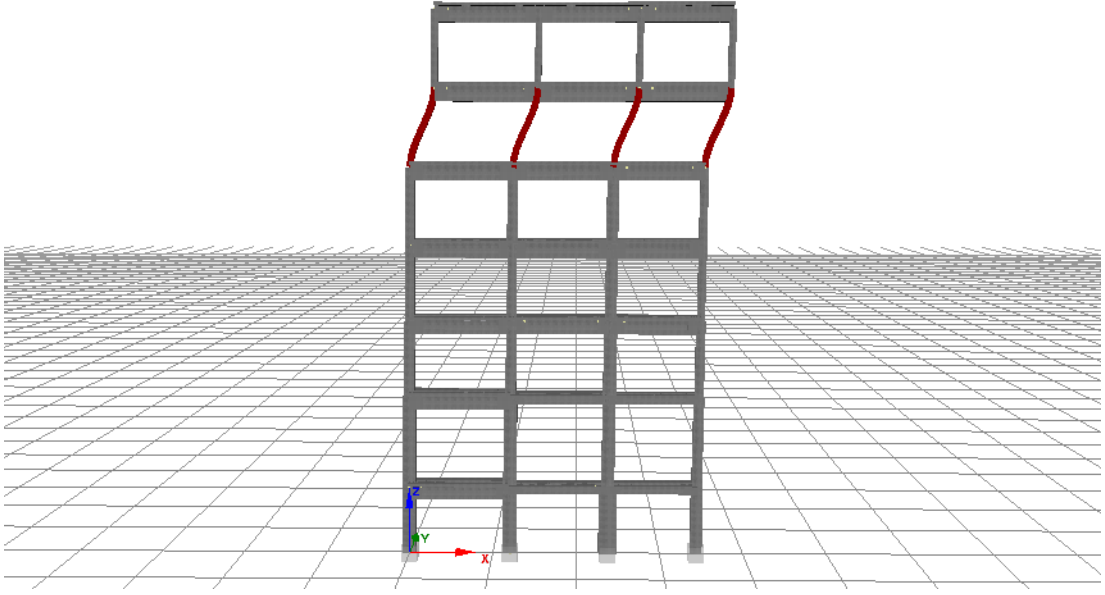
Çizelge 4.87 : Frame 7.1 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	7,6 (m/sn ²)
Sde	0,16 (m)

Çizelge 4.88 : Frame 7.1 deprem yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

C _R	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	φ _{XN} (m)	Γ _{1x}	U _{XN} (m)
1	7,6	0,16	0,16	0,12	12,31	0,23

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin karşılaştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi 0,23 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.50 : Frame 7.1'in seismostruct programında yerdeğiştirme istemi karşısında analizi

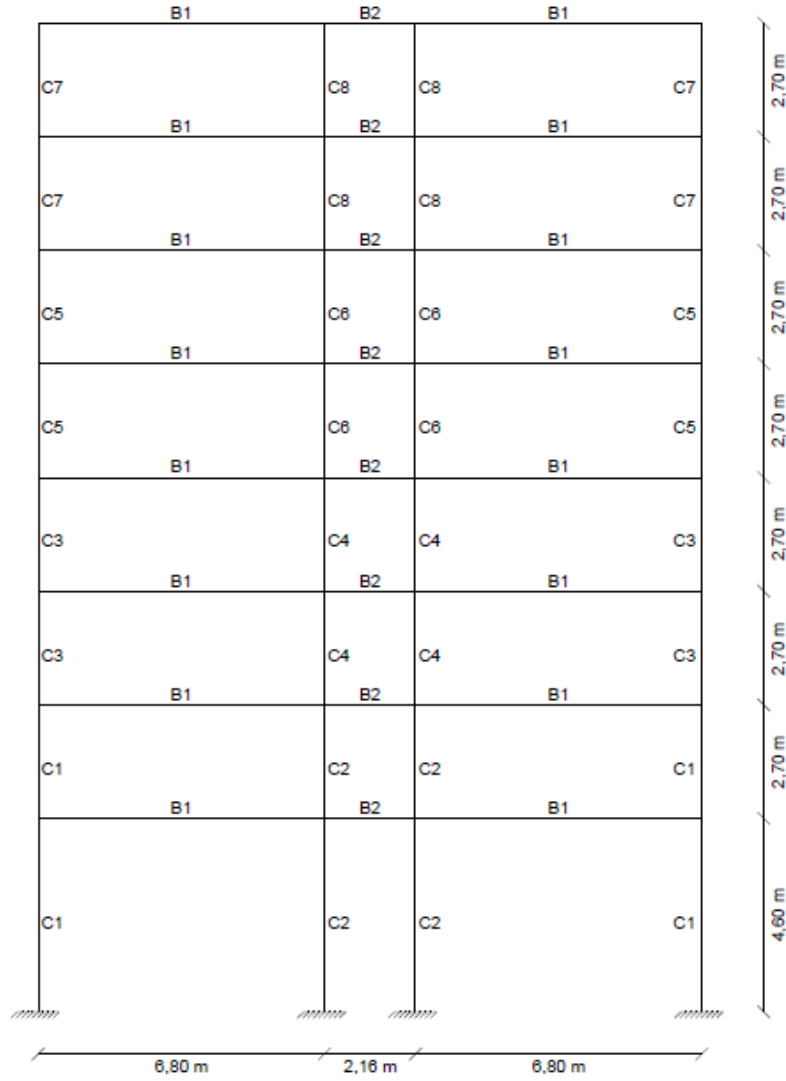
Şekil 4.50'de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı'nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.89'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.89 : Frame 7.1 statik itme analizi ile performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	100%	0%	0%	0%
2	100%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%
5	100%	0%	0%	0%
6	100%	0%	0%	0%
7	100%	0%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	100%	0%	0%	0%
2	100%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%
5	100%	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%	100%
7	100%	0%	0%	0%

Statik itme analizi sonucunda 6. kat kolonlarının tamamının göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapı performansı '**Göçme Bölgesi**' olarak belirlenmiştir.

4.8 Frame 8.2'nin performans değerlendirmesi



Şekil 4.51 : Frame 8.2

Frame 8.2, Kocaeli, Saraybahçe’de inşaa edilmiş ancak 1999 Kocaeli depreminde göçmüş bir yapının ana taşıyıcı çerçeve sistemidir. Yapının göçmesi sebebiyle 36 kişi hayatını kaybetmiştir. Çerçeve sistem, 8 katlı ve zemin kat yüksekliği 4,60 (m) olan simetrik bir çerçeve sistemdir. Yapının kolon, kiriş ve analiz bilgileri aşağıda mevcuttur (Çizelge 4.90, Çizelge 4.91, Çizelge 4.92).

Çizelge 4.90 : Frame 8.2 kolon bilgileri

Kolon	Donatı	Kolon Genişliği (b)- cm	Kolon Derinliği (D) -cm
C1	8 Φ 16	60	30
C2	12 Φ 16	30	75
C3	8 Φ 14	50	30
C4	12 Φ 16	30	65
C5	6 Φ 16	50	25
C6	12 Φ 16	30	50
C7	6 Φ 14	40	25
C8	10 Φ 16 + 2 Φ 14	25	50

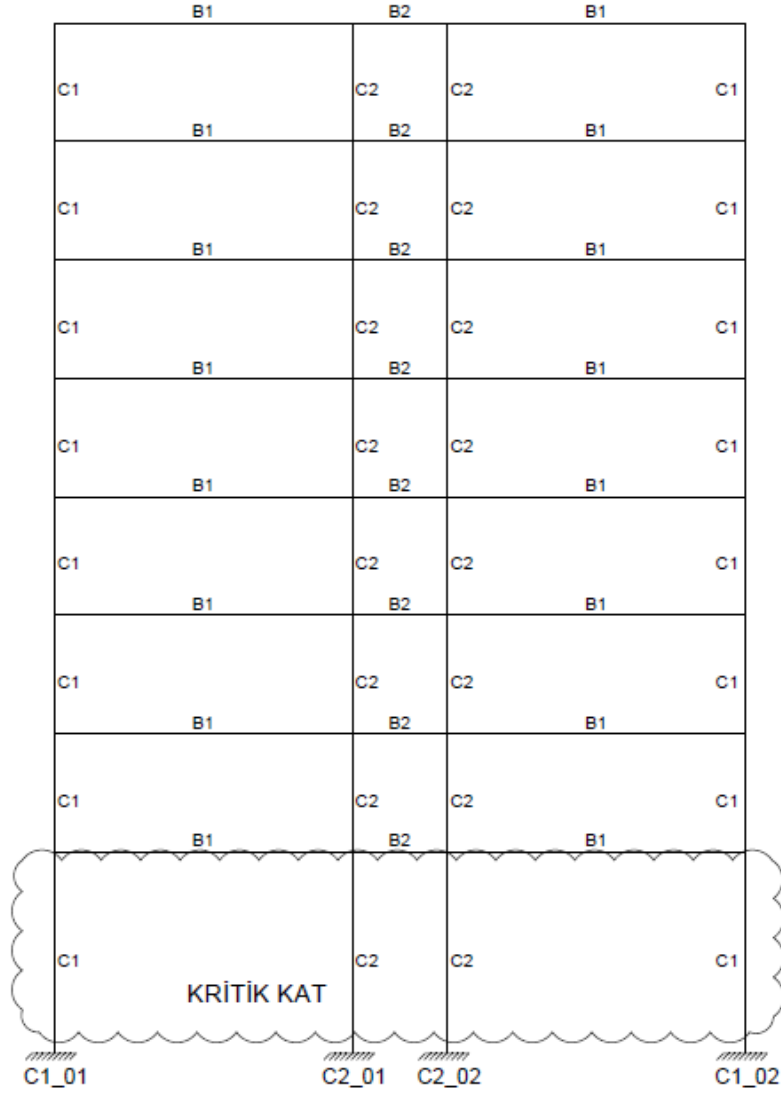
Çizelge 4.91 : Frame 8.2 nin kiriş bilgileri

Kiriş	Üst Donatı	Alt Donatı	Kiriş Genişliği (b)- cm	Kiriş Derinliği (D) -cm
B1 (Mesnet)	2 Φ 12+4 Φ 14	3 Φ 14	25	60
B1 (Orta)	2 Φ 12	7 Φ 14	25	60
B2	2 Φ 12	2 Φ 12	25	60

Çizelge 4.92 : Frame 8.2 yapı analiz bilgileri

Deprem Bölgesi	I	Ao (g)	Zemin	TA (sn)	TB (sn)	fcm- kPa	fym- kPa
1	1	0,4	Z3	0,15	0,60	20000	371000

4.8.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi



Şekil 4.52 : Frame 8.2 kritik kat

RYTEİE (2013)'e göre zemin kat kritik kat olarak belirlenmiştir ve üst katlara kopyalanmıştır. Elde edilen yeni modelde, kritik kat kolonları analiz edilmiş ve yapının risk durumu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.93 : Frame 8.2 kritik kat kolon sınıflarının belirlenmesi

	m		KN	KN	KN	
Eleman	Kolon(Ln)	m katsayı	Ve	Vr	Ve/Vr	Kolon sınıfı
C1_01	4,60	9,89	40,13	121,67	0,32	B
C2_01	4,60	1,57	92,53	227,15	0,41	B
C2_02	4,60	1,44	96,17	227,17	0,42	B
C1_02	4,60	9,86	30,98	121,67	0,25	B

Şekil 4.53 : Frame 8.2 görelî kat öteleme değeri

	m	m		
Kat	di	(di)-(di-1)	δ/h	h
1	0,05	0,045	0,009	4,6
2	0,12	0,071	0,026	2,7
3	0,18	0,069	0,025	2,7
4	0,25	0,062	0,023	2,7
5	0,29	0,051	0,019	2,7
6	0,33	0,037	0,014	2,7
7	0,36	0,021	0,008	2,7
8	0,36	0,006	0,003	2,7

Çizelge 4.94 : Frame 8.2 m sınır ve görelî kat öteleme sınır değeri

Kolon	m sınır	(δ/h) sınır
C1_01	2,31	0,015
C2_01	3,9	0,022
C2_02	2,93	0,039
C1_02	4,00	0,026

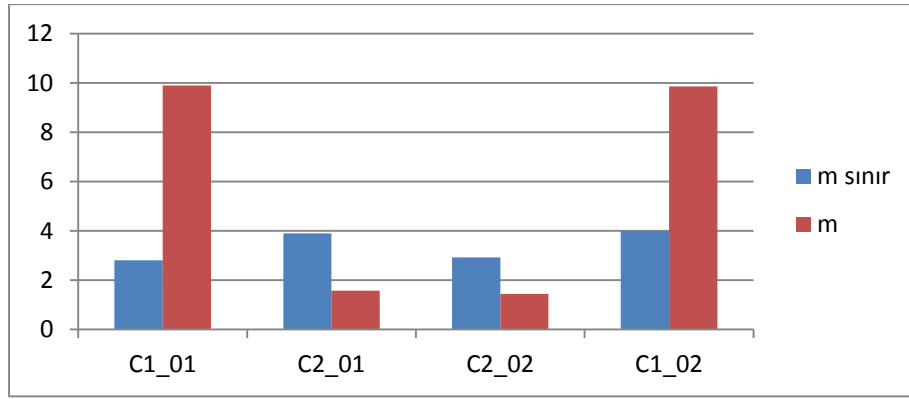
Çizelge 4.95 : Frame 8.2 sınır değeri kıyaslama sonuçları

Kolon	m	(δ/h)	SINIR DEĞERLERİ
C1_01	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI
C2_01	Aşılmadı	Aşılmadı	AŞILMADI
C2_02	Aşılmadı	Aşılmadı	AŞILMADI
C1_02	Aşıldı	Aşılmadı	AŞILDI

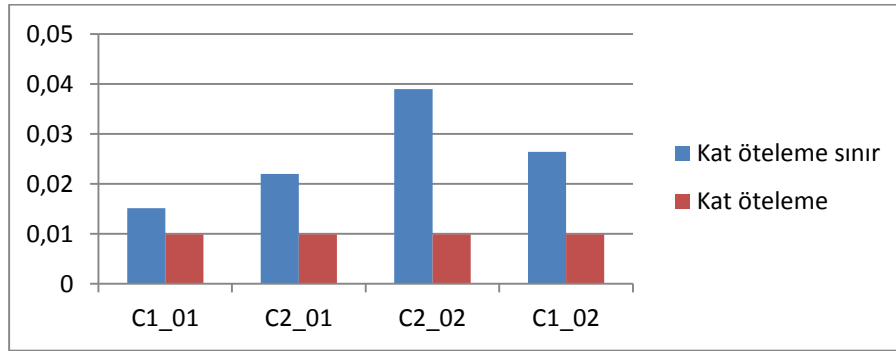
Çizelge 4.96 : Frame 8.2 ort.gerilme/fcm değeri belirlenmesi

Kolon	Gerilme(N/mm ²)
C1_01	4,64
C2_01	3,49
C2_02	6,10
C1_02	7,24
ort.gerilme	5,37
ort.gerilme/fcm	0,25

Bu hesaplamalar neticesinde çizelge 2.10 ile kat kesme kuvveti oranı sınır değeri 0.255 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.54 : Frame 8.2 kolon m ve msınır değerleri



Şekil 4.55 : Frame 8.2 görelî kat öteleme ve sınır değerleri

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
x	0,255	0,58

RYTEİE (2013) esaslarına göre yapı incelenmiş ve kritik kat kolonlarının tamamı “B” sınıfı kolon olarak tespit edilmiştir. Kritik kat kolonları incelendiğinde, “C1_01” ve “C1_02” isimli kritik kat kolonlarının, etki/kapasite oranları, sınır değerlerini aşmıştır ve sınır değerleri aşan bu kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı değerinin, kat kesme kuvveti oranı sınır değerini aşması sebebiyle yapı, “**RİSKLİ**” yapı olarak değerlendirilmiştir.

4.8.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.97 : Frame 8.2 elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Yapı Bilgisi				
Frame		8.2		
Tx		1,01 sn		
Vx		2134,31 KN		

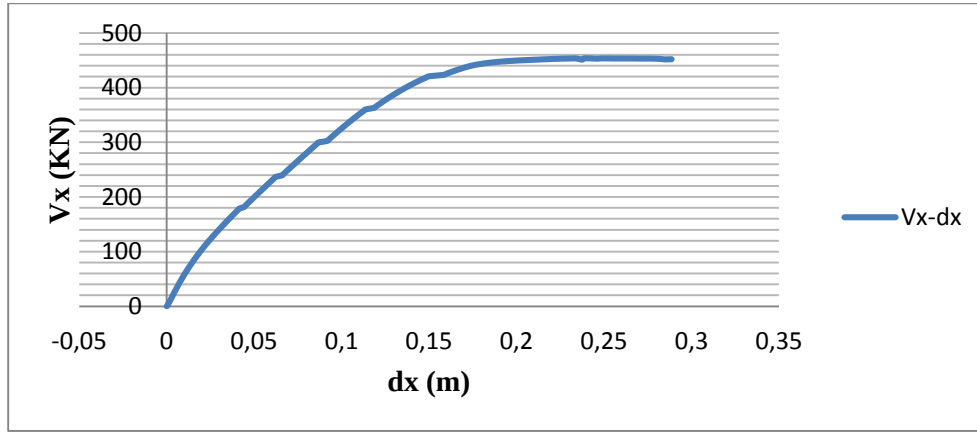
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	66%	0%	34%
2	0%	33%	33%	33%
3	0%	33%	33%	33%
4	0%	34%	66%	0%
5	0%	100%	0%	0%
6	34%	66%	0%	0%
7	100%	0%	0%	0%
8	100%	0%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	50%	0%	50%
2	0%	25%	25%	50%
3	0%	0%	50%	50%
4	0%	0%	50%	50%
5	25%	50%	0%	25%
6	0%	50%	0%	50%
7	50%	0%	0%	50%
8	50%	0%	25%	25%

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,0068
2	0,0183
3	0,0199
4	0,0183
5	0,0197
6	0,0150
7	0,0138
8	0,0017

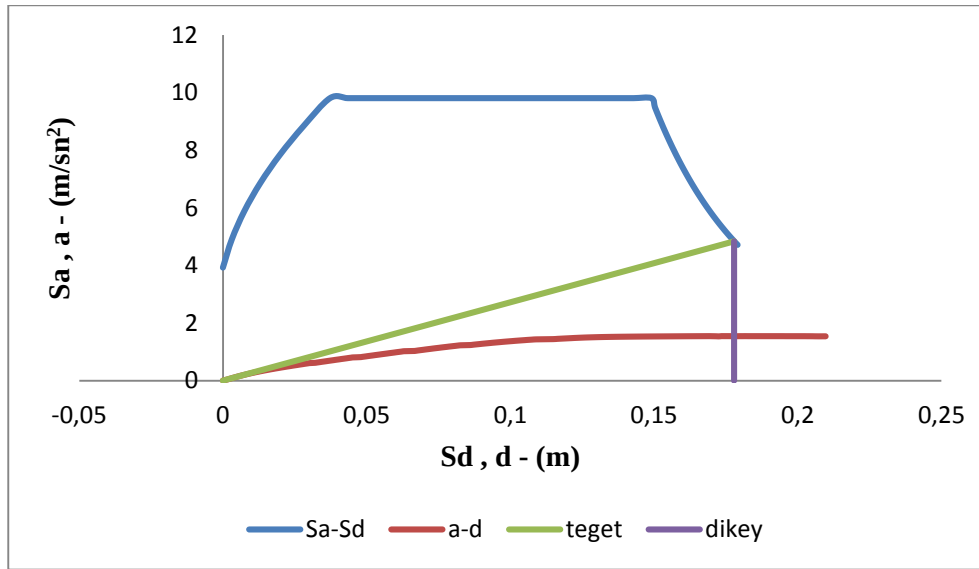
Performans sonucu	
-Yapı performansı göçme bölgesindedir.	
-Can güvenliği sağlanmamaktadır.	

TDY (2007) elastik yöntem ile analiz sonucunda, yapının kolonlarının birden fazla katta %50 oranında göçme bölgesine geçtiği görülmüştür. Göçme bölgesine geçen kolon ve kirişlerin oranına bakıldığında yönetmelik şartlarına göre yapı deprem yükünü güvenle taşıyamamış ve yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.8.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.56 : Frame 8.2 statik itme eğrisi



Şekil 4.57 : Frame 8.2 modal kapasite eğrisi ve deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

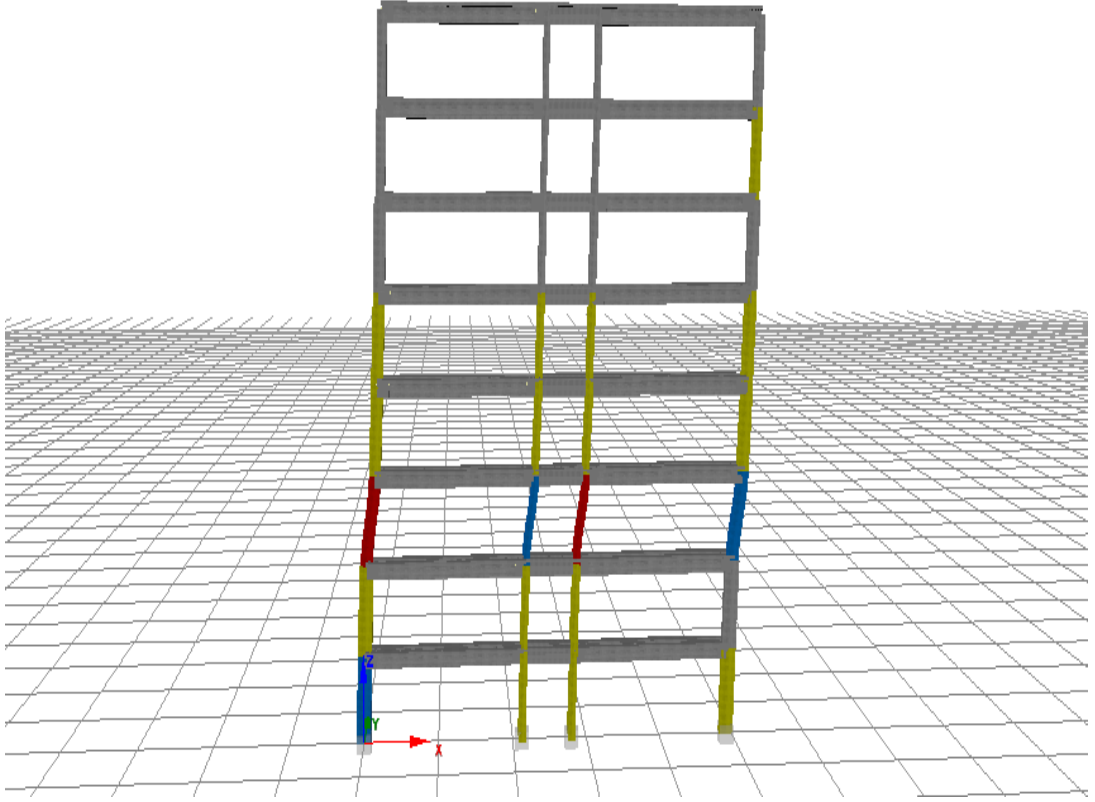
Çizelge 4.98 : Frame 8.2 elastik spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Sae	4,84 (m/sn ²)
Sde	0,18 (m)

Çizelge 4.99 : Frame 8.2 deprem yerdeğiştirme eğrisinin belirlenmesi

C_R	Sae	Sde (m)	Sdi (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	4,84	0,18	0,18	0,081	16,87	0,24

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi 0,24456172 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.58 : Frame 8.2'nin seismostruct programı ile yerdeğiştirme istemi krşısında analizi

Şekil 4.58'de belirtilen analiz sonucunda kırmızı renk (G.Ç.) Göçme Sınırı'nı aşan, mavi renk (G.V.) Güvenlik Sınırı'nı aşan, sarı renk ise (M.H.) Minimum Hasar Sınırı'nı aşan elemanları göstermektedir. Hasar oranları Çizelge 4.100'de belirtilmiştir.

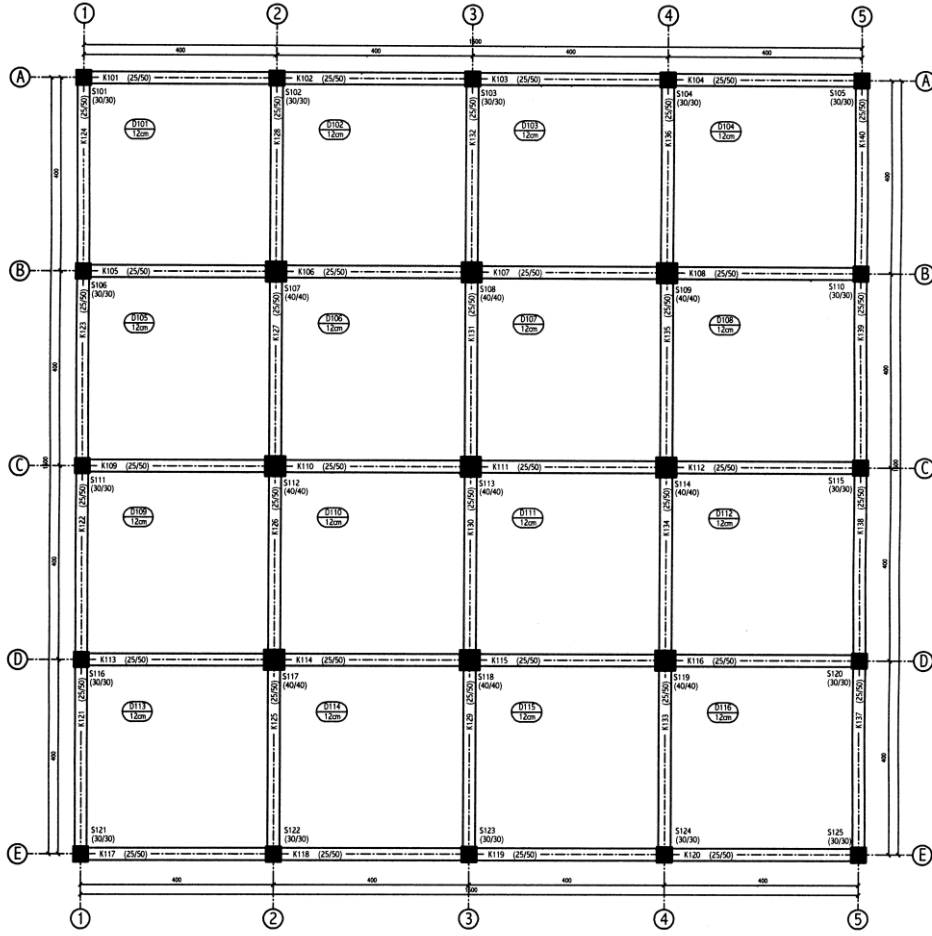
Çizelge 4.100 : Frame 8.2 statik itme analizi ile performans sonuçları

KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	100%	0%	0%	0%
2	100%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%
4	100%	0%	0%	0%
5	100%	0%	0%	0%
6	100%	0%	0%	0%
7	100%	0%	0%	0%
8	100%	0%	0%	0%
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	0%	75%	25%	0%
2	25%	75%	0%	0%
3	0%	0%	50%	50%
4	0%	100%	0%	0%
5	0%	100%	0%	0%
6	100%	0%	0%	0%
7	75%	25%	0%	0%
8	100%	0%	0%	0%

Statik itme analizi sonucunda, 3.kat kolonlarının %50'si göçme bölgesine geçmesi sebebiyle yapı performansı '**Göçme Bölgesi**' olarak belirlenmiştir.

4.9 Betonarme Yapı 1.a' nın performans değerlendirmesi

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir.



Şekil 4.59 : Betonarme yapı 1.a'nın zemin kat planı

Kat Sayısı : 5

Tasıyıcı Sistem Türü : Betonarme çerçeve sistem

Deprem Bölgesi : 1

Yapı Önem Katsayısı (I) : 1,0

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

Beton Dayanımı (f_{cm}) : 16000 kpa

Çelik Akma Gerilmesi (f_{ym}) : 220000 kpa

Kat Yüksekliği : 3,00 m

Aks Açıklıkları : 4,00 m

Çizelge 4.101 : Yapı 1.a kolon bilgileri

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1 KAT 2 KAT 3	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 110, S 116, S 120, S 121, S 122, S 123, S 124, S 125	30 X 30 cm
KAT 4 KAT 5	S 107, S 108, S 109, S 112, S 113, S 114, S 117, S 118, S 119	40 X 40 cm

30 cm x 30 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda 2x 3 ϕ 14 + 2x 1 ϕ 14

40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda 2x 4 ϕ 14 + 2x 2 ϕ 14

Tüm katlarda kirişler 25 x 50 boyutlarındadır.

Çizelge 4.102 : Yapı 1.a kiriş donatı bilgileri

KİRİŞ NO	(cm^2) SOL ÜST	(cm^2) SOL ALT	(cm^2) SAĞ ÜST	(cm^2) SAĞ ALT
K~01	4,52	2,26	6,78	2,26
K~02	6,78	2,26	6,78	4,52
K~03	6,78	2,26	6,78	4,52
K~04	4,52	2,26	6,78	2,26
K~05	4,52	2,26	7,91	2,26
K~06	7,91	2,26	7,91	4,52
K~07	7,91	2,26	7,91	4,52
K~08	4,52	2,26	7,91	2,26
K~09	4,52	2,26	7,91	2,26

KİRİŞ NO	(cm²) SOL ÜST	(cm²) SOL ALT	(cm²) SAĞ ÜST	(cm²) SAĞ ALT
K~10	7,91	2,26	7,91	4,52
K~11	7,91	2,26	7,91	4,52
K~12	4,52	2,26	7,91	2,26
K~13	4,52	2,26	7,91	2,26
K~14	7,91	2,26	7,91	4,52
K~15	7,91	2,26	7,91	4,52
K~16	4,52	2,26	7,91	2,26
K~17	4,52	2,26	6,78	2,26
K~18	6,78	2,26	6,78	4,52
K~19	6,78	2,26	6,78	4,52
K~20	6,78	2,26	6,78	4,52
K~21	6,78	2,26	6,78	4,52
K~22	6,78	2,26	6,78	4,52
K~23	6,78	2,26	6,78	4,52
K~24	6,78	2,26	6,78	4,52
K~25	4,52	2,26	7,91	2,26
K~26	7,91	2,26	7,91	4,52
K~27	7,91	2,26	7,91	4,52
K~28	4,52	2,26	7,91	2,26
K~29	4,52	2,26	7,91	2,26
K~30	7,91	2,26	7,91	4,52
K~31	7,91	2,26	7,91	4,52
K~32	4,52	2,26	7,91	2,26
K~33	4,52	2,26	7,91	2,26
K~34	7,91	2,26	7,91	4,52
K~35	7,91	2,26	7,91	4,52
K~36	4,52	2,26	7,91	2,26
K~37	4,52	2,26	6,78	2,26
K~38	6,78	2,26	6,78	4,52
K~39	6,78	2,26	6,78	4,52
K~40	4,52	2,26	6,78	2,26

4.9.1 RYTEİE (2013) ile performans değerlendirmesi

X yönü yapılan hesaplarda elde edilen veriler;

Çizelge 4.103 : Yapı 1.a kritik kat kolonları göreli kat öteleme, m ve sınır değerleri

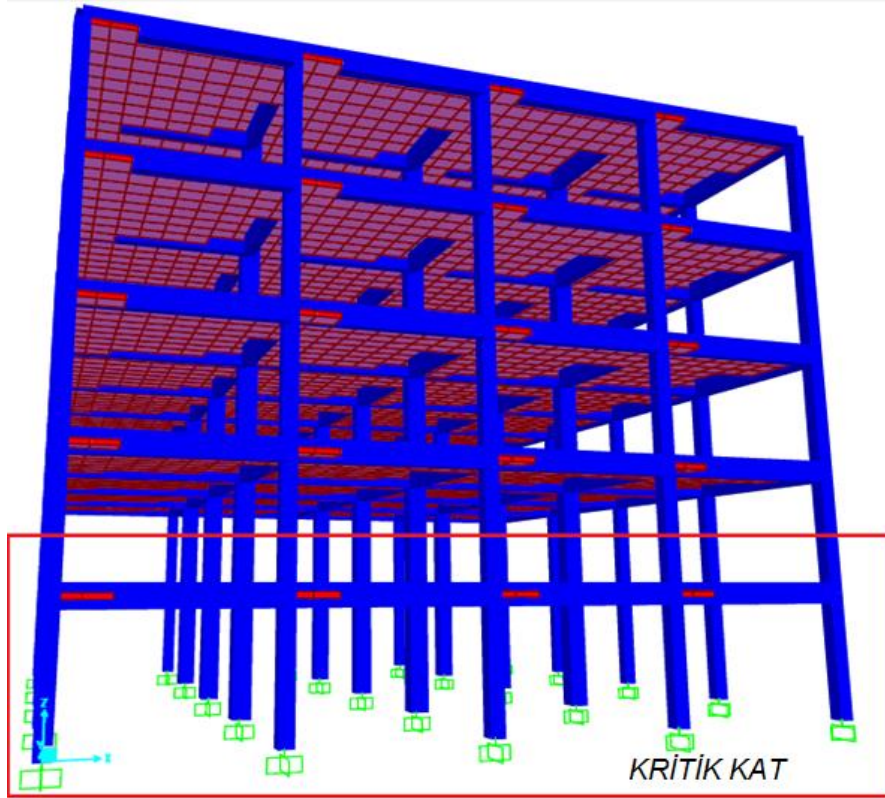
Kolon	m sınır	(δ/h)sınır	m	(δ/h)
S~01	5	0,035	9,53	0,0051
S~02	2,8	0,015	13,15	0,0051
S~03	2,9	0,018	11,69	0,0051
S~04	2,95	0,018	11,61	0,0051
S~05	2,95	0,019	9,63	0,0051
S~06	3,95	0,025	9,35	0,0051
S~07	3,67	0,022	4,68	0,0051
S~08	3,67	0,022	4,58	0,0051
S~09	2,81	0,014	4,41	0,0051
S~10	2,5	0,012	25,66	0,0051
S~11	2,5	0,012	29,24	0,0051
S~12	2,35	0,009	15,89	0,0051
S~13	2,35	0,009	14,68	0,0051
S~14	2,35	0,009	15,80	0,0051
S~15	2,5	0,012	181,47	0,0051
S~16	2,5	0,012	181,30	0,0051
S~17	2,35	0,009	15,59	0,0051
S~18	2,35	0,009	17,28	0,0051
S~19	2,35	0,009	16,24	0,0051
S~20	2,5	0,035	179,98	0,0051
S~21	2,5	0,035	9,53	0,0051
S~22	2,5	0,035	13,15	0,0051
S~23	2,5	0,035	11,69	0,0051
S~24	2,5	0,035	11,69	0,0051
S~25	2,5	0,035	9,63	0,0051

Y yönü yapılan hesaplarda elde edilen veriler;

Çizelge 4.104 : Yapı 1.a kritik kat kolonları görelî kat öteleme, m ve sınır değerleri

Kolon	m sınır	(δ/h)sınır	m	(δ/h)
S~01	3,3	0,019	9,715	0,0051
S~02	2,5	0,012	29,24	0,0051
S~03	2,5	0,012	24,66	0,0051
S~04	2,5	0,012	29,24	0,0051
S~05	3,3	0,019	9,71	0,0051
S~06	2,8	0,015	13,15	0,0051
S~07	3,25	0,017	4,43	0,0051
S~08	3,25	0,017	4,48	0,0051
S~09	3,25	0,017	4,47	0,0051
S~10	2,8	0,015	11,69	0,0051
S~11	2,8	0,015	11,69	0,0051
S~12	2,35	0,009	16,04	0,0051
S~13	2,35	0,009	15,59	0,0051
S~14	2,35	0,009	17,56	0,0051
S~15	2,5	0,012	179,73	0,0051
S~16	2,5	0,012	181,30	0,0051
S~17	2,35	0,009	16,30	0,0051
S~18	2,35	0,009	15,89	0,0051
S~19	2,35	0,009	15,59	0,0051
S~20	2,5	0,012	179,98	0,0051
S~21	4,65	0,021	9,53	0,0051
S~22	3,97	0,025	12,31	0,0051
S~23	3,97	0,025	11,15	0,0051
S~24	3,97	0,025	10,96	0,0051
S~25	4,65	0,031	9,46	0,0051

Yapılan analizler neticesinde kritik katta (x) ve (y) her iki yöndede etki/kapasite oranı (m) değerlerinin sınır değerlerine göre tüm kolonlarda yüksek olduğu ve sınır değerlerinin aşıldığı görülmüştür.



Şekil 4.60 : Yapı 1.a kritik kat

Yapı 1.a'nın elastik analizinde Şekil 4.60'taki Sap2000 modeli kullanılmıştır. Bu modelde döşeme ve kiriş elemanlar bölünmüş ancak kolon elemanlar bölünmemiş halde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların doğruluk oranını arttırmak amacıyla, bu yapının analizinde kolon elemanların 4 eşit parçaya bölünerek analizin tekrarlandığı bir model, hassaslık irdelemesinde yapılmış, riskli yapı tespitine yönelik sonuçların değişmediği tespit edilmiştir. Ancak kolonların 4 eşit parçaya bölündüğü modelde tepe yerdeğiştirme, bölünmediği modele göre %7,8 daha fazla bulunmuştur.

Çizelge 4.105 : Yapı 1.a kat kesme kuvveti oranlarının değerleri

İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
X	0,2455	1
İnceleme yönü	Kat kesme kuvveti oranı sınırı	Sınır değerleri aşan elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı
Y	0,2455	1

Yapı RYTEİE (2013)'e göre analiz edilmiş ve her iki yönde kritik kat kolonlarının tamamının etki/kapasite oranlarının, sınır değerleri aştığı görülmüştür. Bu sebeple yapı her iki yönde “**RİSKLİ**” yapı olarak değerlendirilmiştir.

4.9.2 TDY(2007) doğrusal elastik yöntem ile performans değerlendirmesi

Çizelge 4.106 : Yapı 1.a X yönü elastik çözüm performans değerlendirmesi

Yapı Bilgisi				
Yapı	1.a			
Tx	0,89sn			
Vtx	14364,27 KN			
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%20	%0	%80
2	%0	%20	%0	%80
3	%0	%20	%35	%45
4	%20	%50	%30	%0
5	%55	%45	%0	%0
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%0	%0	%100
2	%0	%0	%0	%100
3	%0	%0	%0	%100
4	%0	%0	%0	%100
5	%0	%8	%80	%12

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,0212
2	0,0272
3	0,0253
4	0,0212
5	0,0124

Performans sonucu (x)	
-Performans Sonucu Göçme Bölgesidir.	

Yapı 1.a'nın x yönü TDY (2007) elastik yöntem analizinde kolonların neredeyse tamamı göçme bölgesine geçmesi sebebiyle, yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.107 : Yapı 1.a Y yönü elastik Çözüm performans değerlendirmesi

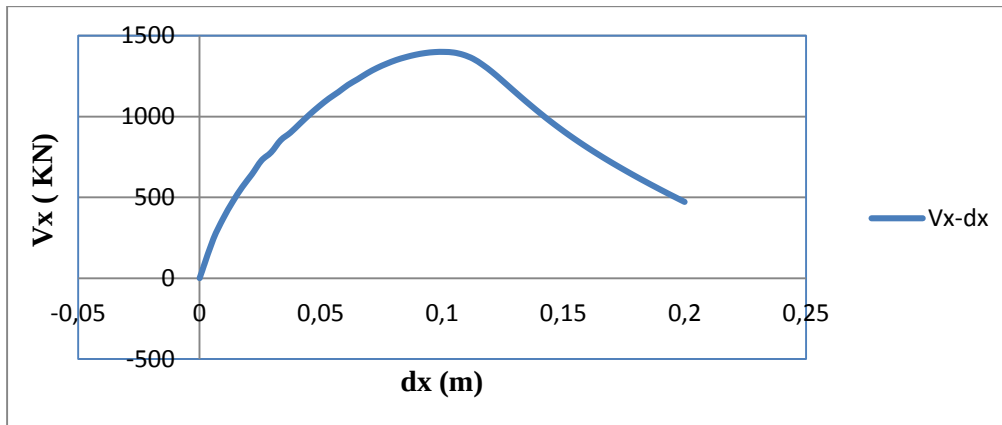
Yapı Bilgisi				
Yapı		1.a		
Ty		0,89sn		
Vty		14364,27 KN		
KİRİŞ HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%20	%0	%80
2	%0	%20	%10	%70
3	%0	%20	%40	%40
4	%0	%70	%30	%0
5	%60	%40	%0	%0
KOLON HASAR SINIRLARI				
KAT	M.H.	B.H.	İ.H.	G.B.
1	%0	%0	%0	%100
2	%0	%0	%0	%100
3	%0	%0	%0	%100
4	%0	%0	%0	%100
5	%0	%8	%80	%12

Görelî Kat Ötelemeleri	
kat	δ/h
1	0,0212
2	0,0272
3	0,0253
4	0,0212
5	0,0124

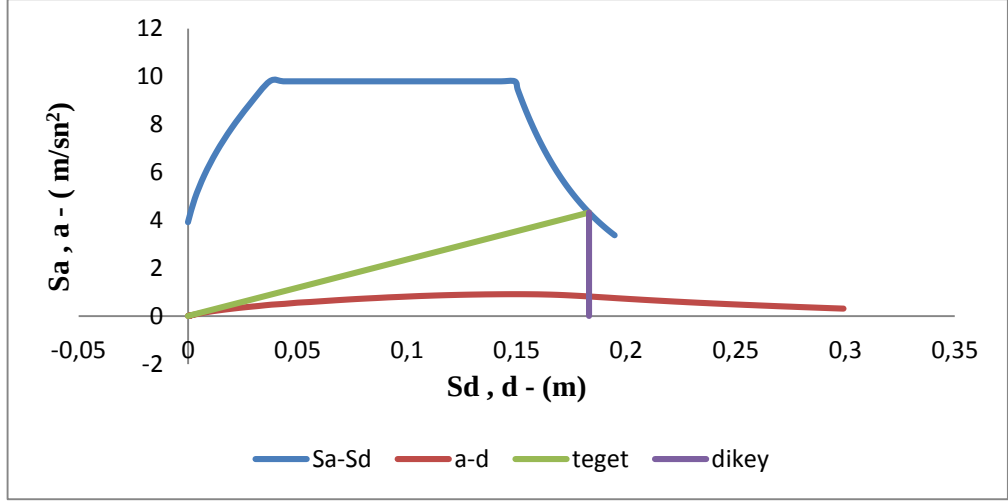
Performans sonucu (y)	
- Performans sonucu göçme bölgesidir.	

Yapı 1.a'nın y yönü TDY (2007) elastik yöntem analizinde kolonların neredeyse tamamı göçme bölgesine geçmesi sebebiyle, yapı performansı “**Göçme Bölgesi**” olarak değerlendirilmiştir.

4.9.3 TDY(2007) Statik itme (Pushover) analizi ile performans değerlendirme



Şekil 4.61 : Yapı 1.a (x) yönü statik itme eğrisi

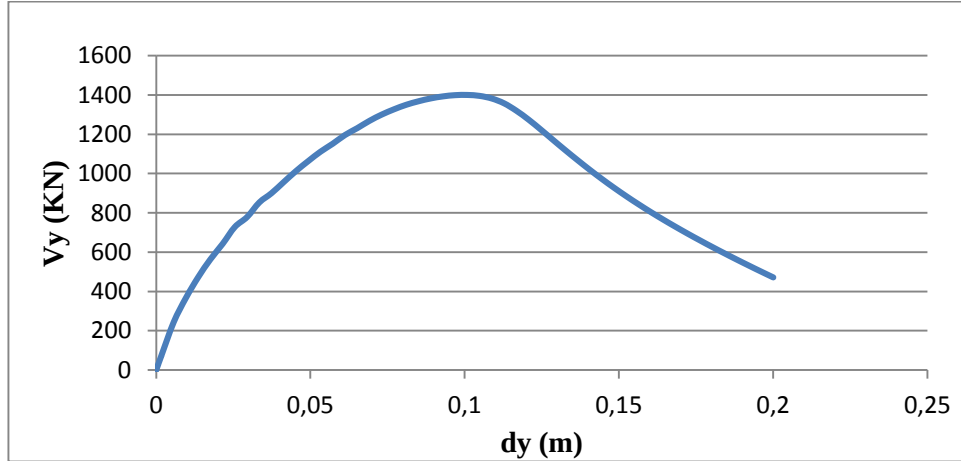


Şekil 4.62 : Yapı 1.a (x) yönü modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

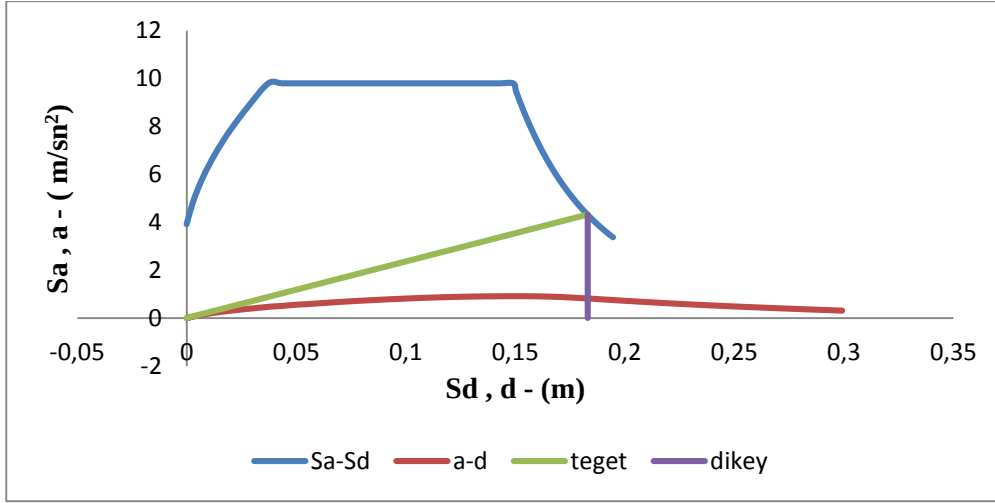
Çizelge 4.108 : Yapı 1a (x) yönü deprem yerdeğiştirme istemi değerinin belirlenmesi

C_R	S_{ae}	S_{de} (m)	S_{di} (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	4,32	0,18	0,18	0,028	23,70	0,12

Kapasite eğrisi ve talep eğrisinin çakıştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi 0,12 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.63 : Yapı 1.a (y) yönü statik itme eğrisi

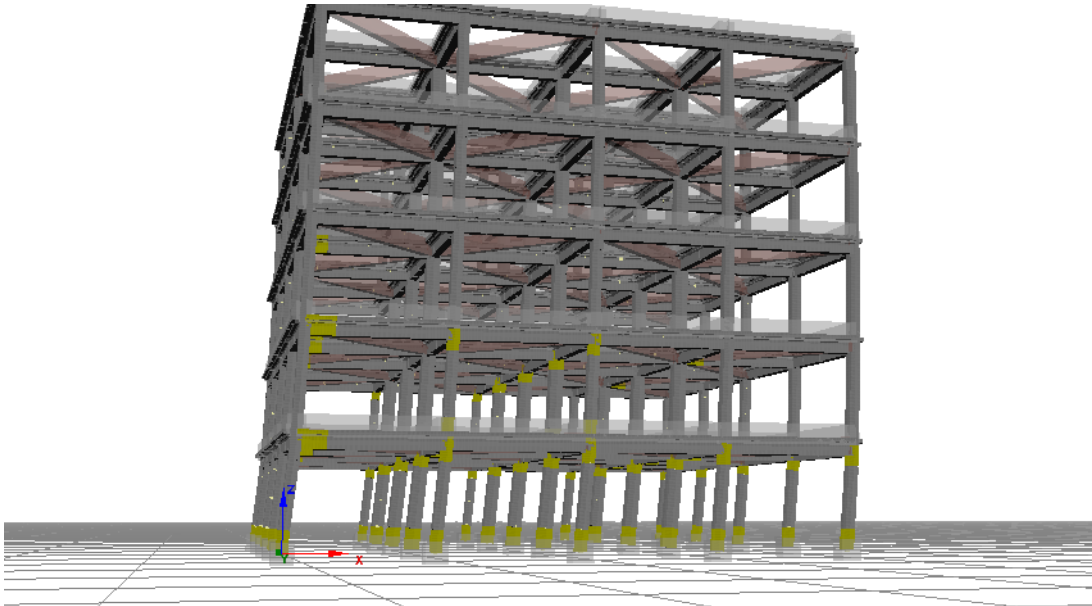


Şekil 4.64 : Yapı 1.a (y) yönü modal kapasite eğrisi – deprem talep spektrumunun kesiştirilmesi ve hedef deplasmanın belirlenmesi

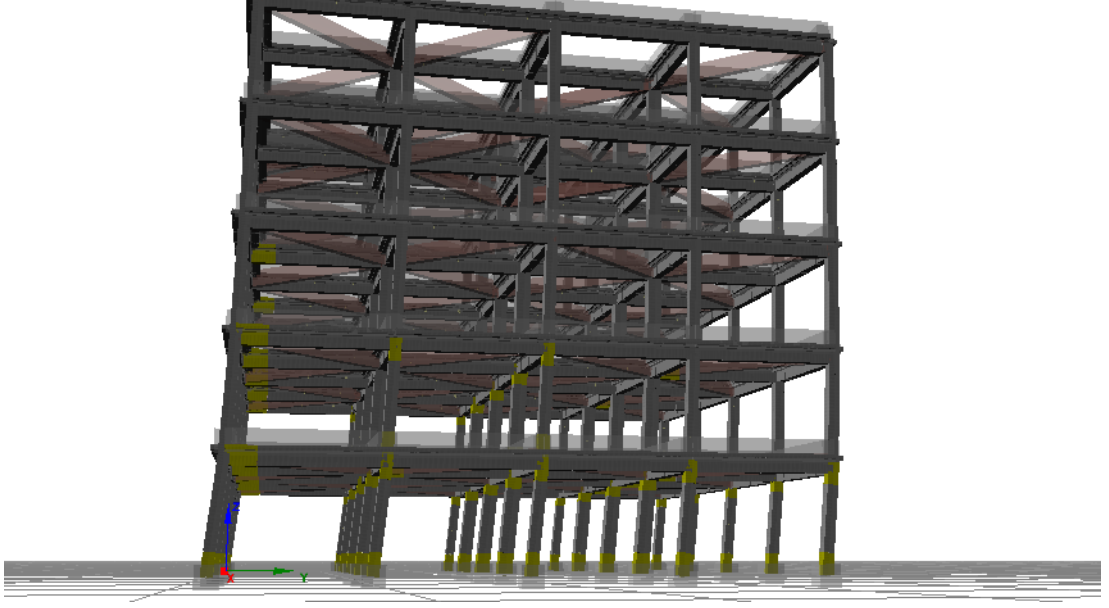
Çizelge 4.109 : Yapı 1.a (y) yönü deprem yerdeğiştirme istemi değerinin belirlenmesi

C_R	S_{ae}	S_{de} (m)	S_{di} (m)	ϕ_{XN} (m)	Γ_{1x}	U_{XN} (m)
1	4,32	0,18	0,18	0,028	23,70	0,12

Yapı simetrik olduğu için iki yönde aynı sonuçlar elde edilmiştir. Yapı (x) ve (y) yönü elastik spektral ivme değeri $S_{ae}=4,32$ m/sn², elastik spektral yerdeğiştirme değeri $S_{de}=0,183$ m olarak belirlenmiştir. Kapasite eğrisi ve Talep eğrisinin karşılaştırılmasıyla yapılan hesaplar neticesinde yerdeğiştirme istemi her iki yönde de 0,12 (m) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.65 : Yapı 1.a (x) yönü yerdeğiştirme istemi karşısında yapı performansı (seismostruct analizi)



Şekil 4.66 : Yapı 1.a (y) yönü yerdeğiştirme istemi karşısında yapı performansı (seismostruct analizi)

Şekil 4.65’de belirtilen sarı renk elemanların (M.H.) Minimum Hasar Sınırını aştığını belirtmektedir. Yapı (x) ve (y) yönünde non-lineer statik itme analizi sonucunda zemin kat kolonların tümünde alt ve üst uçlarında mekanizma oluşumu gözlenmiştir. Bu nedenle yapıda depremin talep ettiği yerdeğiştirme istemine cevap veremeden göçme durumu olduğu belirlenmiştir.

4.10 Mevcut Yapıların RYTEİE (2013) ve TDY(2007)'ye Göre Analiz

Sonuçlarının Topluca Değerlendirilmesi

Yapılan analizlerde 9 farklı yapı için pratikte kullanılmakta olan üç farklı yöntem değerlendirilmiştir. İncelenen tüm yapılarda, ekseriyetle, 3 farklı yöntemin de birbirleri ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür (bkz. Çizelge 4.110). Elde edilen veriler ışığında, incelenen mevcut yapıların performansı ve kullanılan hesap yöntemleri hakkında fikir elde edilmiştir ve bu konuda Bölüm 5' te yorumlar yapılmıştır.

Çizelge 4.110 : İncelenen mevcut yapıların analiz sonuçları

Yapı	RYTEİE(2013)	TDY(2007)-elastik çözüm	TDY(2007)-elastik olmayan çözüm (itme analizi)
Frame 2.1	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 4.1	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 4.2	RİSKSİZ	Göçme Öncesi Durum	Göçme Bölgesi
Frame 5.1	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 5.2	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 6.1	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 7.1	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Frame 8.2	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi
Yapı 1.a	RİSKLİ	Göçme Bölgesi	Göçme Bölgesi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında 8 adet betonarme çerçeve ve 1 adet 3 boyutlu betonarme yapı incelenmiştir. Yapıların özellikleri irdelendiğinde, günümüz standartlarına göre beton dayanımları ve çelik akma dayanımlarının düşük değerlerde oldukları görülmektedir. Ancak bu yapıların, mevcut yapı stoğumuza bakıldığında, ülkemizde sıkça rastlanan özelliklerde yapılar olduklarını da söyleyebiliriz. Yapıların bu tez kapsamında RYTEİE (2013) ve TDY(2007)'ye göre deprem etkisine karşı performansları analiz edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tüm yapılar RYTEİE (2013) esaslarına göre Riskli/Risksiz ve TDY(2007) bölüm 7 lineer analiz ve non-lineer statik itme analizi sonuçlarına göre Göçme Bölgesi performans düzeyi veya Göçme Öncesi performans düzeylerinde oldukları belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında yapı adedini arttırmak için incelenen yapıların büyük kısmında yapı ortasında bulunan ana çerçevelerden biri çıkartılarak analizler 2B çerçeveler üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçların bu açıdan değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Yine bu tez kapsamında, malzeme karakteristikleri bilinmeyen bazı yapılarda, belirli kabuller yapılarak malzeme değerleri tespit edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır. Sonuçların bu kabullere duyarlı olduğu bilinmeli ve tezdeki sonuçlar bu kabuller de dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

İncelenen 9 adet yapının performans sonuçları incelendiğinde yapıların büyük çoğunluğunda, farklı hesap yöntemlerine göre benzer sonuçlar sağlanmış ve hesap yöntemleri arasındaki uyum belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında riskli yapı tespiti için, RYTEİE (2013)' ün yeterli olduğu, en azından bu çalışmada incelenen yapılar ışığında söylenebilir.

Bu tezde incelenen yapılar, deprem performansı açısından “kötü” yapılardır. Genel hatları ile aynı yapıda farklı incelemeler yapılsa, RYTEİE (2013) ile elde edilecek sonuçların TDY (2007) esaslarına göre elde edilecek sonuçlardan daha kötü çıkması, yine TDY (2007) içinde de lineer yöntem ile elde edilecek sonuçların da doğrusal olmayan yöntemlere göre daha kötü sonuç vermesi (yani yapıda daha fazla risk olduğunu göstermesi) beklenir. Ancak bu tip farkların gösterilebilmesi veya bu farkların beklentilerin tersi geliştiği bina tiplerinin saptanabilmesi için, bu tezdeki

Çalışmaların, performansını bu tezdekilere nazaran daha iyi yapılara da genişletilmesi zarureti vardır.

KAYNAKLAR

- Ateş, İ.Semih**, 2010. Mevcut Binaların Depreme Karşı Performans Analizi için Kullanılan Alternatif Yöntem ve Paket Programların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana
- Beyen Kemal, Kutanis Mustafa, Bal İ. Engin**, 2011. Yeni Yönetmeliğin Sunduğu Doğrusal Elastik Olmayan Statik Analiz Yönteminden Elde Edilen Yapı Tepkilerindeki Belirsizlikler, Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul
- Bilgin, Hüseyin**, 2007. Kamu Yapılarının Deprem Performanslarının Doğrusal Ötesi Analiz Yöntemleriyle Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli
- Celep, Zekai**, 2011. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Zekai**, 2011. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Chopra, A. K.**, 2011. Dynamics of Structures, Prentice Hall, Berkeley.
- Çavdar, Ender**, 2005. Betonarme Binaların Sismik Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Damcı, Erdem**, 2008. Yapıların Doğrusal Olmayan Çözümlemesi ve Deprem Performansları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Doğangün, A.**, 2008. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Karayığit, Hatice**, 2014. Taşıyıcı Sistemi Betonarme Çerçevelerden Oluşan Mevcut Binaların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul
- M.C. Genes, M. Bikçe, S. Kaçın, E. Doğanay, K. Teköz, L. Abrahamczyk**, 2011. Konut Tipi Çok Katlı Betonarme Yapıların Hasar Görebilirliğinin Aletsel ve Sayısal Dataların Birleştirilmesine ve Statik İtme Analizine Göre Belirlenmesi, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Koferansı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
- SAP 2000**, 2005. Structural Ananlysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California
- TS 500**, 2000. Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yıldız, D. Hüseyin, 2008. Bina Deprem Performanslarını Değerlendiren Yöntemlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul

[1] **Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar**, 2013. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

[2] **Riskli Yapıların Tespit Esasları eğitim notları**, Riskli Yapıların Tespit Edilmesi Hakkında Esaslar eğitim notu.

Url-1

<http://www.csb.gov.tr/db/altyapi/editordosya/file/Gun%201_Ders%202_RiskliBinaTespitEsaslari.pdf>, alındığı tarih: 08.10.2014.

[3] **Riskli Yapıların Tespit Esasları eğitim notları**, Çerçeve Detaylı Çözüm eğitim notu.

Url-1

<http://www.csb.gov.tr/db/altyapi/editordosya/file/Gun%202_Ders%201_Cerceve_Detayl%C3%84%C2%B1%20Cozum.pdf>, alındığı tarih: 08.10.2014.

[4] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (TDY)**, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Maya Basın, Ankara.

[5] **Temur, Ferhat**, 2007. Statik itme (Pushover) Yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya

[6] **Celep, Zekai**, 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Burak BAYRAKTARGİL

Doğum Tarihi ve Yeri: 18.04.1989 KIRKLARELİ

E-posta : bbayraktargil@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

Alper Acer Proje Mühendislik ve Danışmanlık Hizmetleri (Haziran 2013 – Temmuz 2014) – Proje Mühendisi