

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MEVCUT BİNALARDA HIZLI DEĞERLENDİRME VE
AYRINTILI İNCELEME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEN
DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİĞDEM ÇIRAK

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2016

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**MEVCUT BİNALARDA HIZLI DEĞERLENDİRME VE
AYRINTILI İNCELEME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEN
DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİĞDEM ÇIRAK

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2016

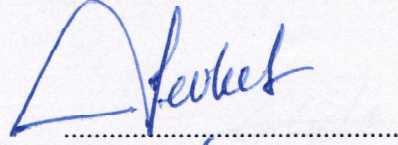
KABUL VE ONAY SAYFASI

ÇİĞDEM ÇIRAK tarafından hazırlanan “**MEVCUT BİNALARDA HIZLI DEĞERLENDİRME VE AYRINTILI İNCELEME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 04.08.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

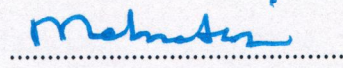
Jüri Üyeleri

İmza

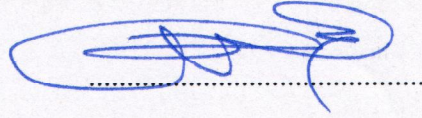
Danışman
Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL
Pamukkale Üniversitesi



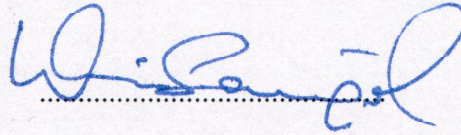
Üye
Prof. Dr. Mehmet İNEL
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Fuat DEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi



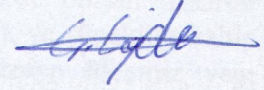
Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
10.08.2016 tarih ve 29/13.... sayılı kararıyla onaylanmıştır..



Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



Çiğdem Çırak

ÖZET

**MEVCUT BİNALARDA HIZLI DEĞERLENDİRME VE AYRINTILI
İNCELEME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEN DEPREM
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇİĞDEM ÇIRAK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2016

Özellikle son 30 yılda meydana gelen şiddetli depremlerde oluşan hasarlar incelendiğinde, büyük çoğunluğunun yetersiz dayanım, rijitlik ve süneklığe sahip mevcut binalarda meydana geldiği görülmektedir. Bu yüzden ülkemiz yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan bu binaların performanslarının belirlenmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Tez çalışmasında mevcut yapı stokunu temsil eden, Denizli’de bulunan ve farklı kat sayılarına sahip, 1975 ve 1998 Afet Yönetmeliklerine göre tasarlanmış 95 adet binanın deprem performansları ayrıntılı ve hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmiştir. DBYYHY-2007 Bölüm 7’de tanımlanan koşullara göre binaların performansları belirlenmiştir. Statik itme analizlerinden elde edilen kapasite eğrilerinden yola çıkılarak binaların yatay dayanım, süneklilik ve periyod ilişkileri karşılaştırılmıştır. Kolonlarda ve kirişlerde oluşan kesit hasarlarının ve bina performans sınırlarının dağılımları elde edilmiştir. Kapasite eğrileri üzerinde bu noktalar belirlenmiş ve birbirleri ile ilişkileri gösterilmiştir. Analizler sonucunda elemanlara tanımlanan plastik mafsallarda oluşan dönme değerleri belirlenerek binalara ait Park & Ang hasar indisleri hesaplanmıştır. Hesaplanan hasar indisleri kapasite eğrileri üzerinden hesaplanan ve plastik yerdeğiştirme talebinin, plastik yerdeğiştirme kapasitesine oranı ile kıyaslanmıştır. Ayrıca yapısal parametrelere ve zemin özelliklerine bağlı olarak mevcut binalarda hızlı performans değerlendirmesi yapmaya imkân veren P25 ve Riskli Binaların Tespiti Yönetmeliği’nde yer alan Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi ile de binalar değerlendirilmiştir. Bulunan sonuçlar Hemen Kullanım için eski ve yeni binalarda kırış hasarlarının belirleyici rol oynadığını göstermiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda eski binalarda Can Güvenliği performans sınırı üzerinde hem kolon hem de kırış hasarlarının belirleyici olabildiği anlaşılmıştır. Yeni binalarda ise Can Güvenliği performans sınırına, daha kritik sonuçlar veren kırış hasarları sebebiyle ulaşıldığı belirlenmiştir. Göçme Öncesi ve Can Güvenliği performans hedefleri için hesaplanan göreceli ötelenme oranlarının oldukça benzer oluşu, Deprem Yönetmeliği-2007’de önerilen yöntemin bu iki performans hedefini net bir şekilde ayırmak konusunda yeterince başarılı olamadığını göstermiştir. Ayrıntılı analiz ve hızlı değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması neticesinde, detaylı analiz yöntemleri ile hızlı değerlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında tam bir uyumun bulunmadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Mevcut Betonarme Binalar, Deprem Performansı, Doğrusal Olmayan Analiz, Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

ABSTRACT

EVALUATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF EXISTING BUILDINGS OBTAINED FROM RAPID AND DETAILED PERFORMANCE ASSESSMENT METHODS

MSC THESIS

ÇİĞDEM ÇIRAK

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:DOÇ. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, AUGUST 2016

Especially in last 30 years, damages caused by severe earthquakes are examined most of them revealed that existing buildings have insufficient strength, stiffness and ductility capacity. Therefore studies about performance evaluation of existing buildings come into prominence. In this study, performances of 95 existing buildings, constructed and designed by the seismic codes of 1975 and 1998, were determined. Building performance levels were determined according to specifications given in section 7 of DBYYHY-2007 code. Lateral strength and ductility capacity and variation of vibration periods, obtained by using bi-linear capacity curves of buildings, are compared and discussed. Variation of damage limits occurred in beam and column sections and the relations between sectional damage limits and building performance limits were investigated. By using the hinge deformations Park & Ang damage indices of buildings were determined. Park & Ang indices were compared with the plasticity indices which are defined by the ratio of plastic drift demand to plastic drift capacity of buildings. In addition to these detailed methods, rapid performance assessment procedures based on structural and soil properties of buildings were also used. P25 and rapid assessment method approved by the government were applied the building inventory. Results have shown that sectional beam damages are critical and govern the immediate occupancy performance level in new and old buildings.

It was also determined that both of beam and column damages, determined according to Turkish Earthquake Code of 2007, can give critical results about the Life Safety performance level of old buildings especially. However, it was observed that beams give more critical drift demands with respect to columns in new buildings constructed after 1998. Closer drift ratios corresponding to Life Safety and Collapse Prevention performance limits show that the definitions of building performance limits given in Turkish Seismic Design Code of 2007 are not successful to make reliable classification of higher damage situations. Variable damage estimations obtained from detailed and rapid assessment methods and high scatter and variation in damage indices and estimations of different methods imply that performance assessment methods considered in this study are not compatible each other.

KEYWORDS: Existing Reinforced Concrete Buildings, Seismic Performance, Nonlinear Analysis, Rapid Assessment Methods

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	11
1.1 Problemin Tanımı	11
1.2 Tezin Amacı	11
1.3 Çalışmanın Kapsamı.....	12
1.4 Çalışmanın Düzeni	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
2.1 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz ve Mevcut Binaların Değerlendirilmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	14
2.2 Hızlı Değerlendirme Yöntemi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	16
3. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	19
4. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DBYYHY-2007'YE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ	22
4.1 Üç Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modellerinin Oluşturulması	22
4.2 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin Oluşturulması	23
4.2.1 Çatlama Kesit Rijitliği	24
4.2.2 DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri	25
4.2.3 Moment-Eğrilik Kavramı	27
4.2.4 Moment-Dönme Kavramı	29
4.2.5 Plastik Mafsal Kavramı	30
4.3 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	33
4.3.1 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri	33
4.3.2 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi ve 2 Doğrulu Hale Getirilmesi	34
4.4 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin Belirlenmesi.....	35
4.4.1 DBYYHY-2007'ye Göre Deprem Talebinin Hesabı.....	35
4.4.2 DBYYHY-2007'de Tarif Edilen Bina Performans Bölgeleri.....	38
5. AYRINTILI ANALİZ YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN HASAR İNDİSLERİ İLE İFADESİ.....	40
5.1 Park & Ang Hasar İndisi	40
5.2 Bina Kapasite Eğrisi Üzerinden Hesaplanan Hasar İndisi (PI)	42
6. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN P25 YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	43
6.1 P25 Yöntemi.....	43
6.2 P25 Yöntemi Esasları	44
6.2.1 Kritik Kat Seçimi	44

6.2.2	C_A Enkesit Alanı Endeksi Bileşkesi	44
6.2.3	CI Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi	45
6.2.4	P_0 Taşıyıcı Sistem Puanı	47
6.2.5	P_1 Temel Yapısal Puanı	48
6.2.6	P_2 Kısa Kolon Puanı	49
6.2.7	P_3 Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı	49
6.2.8	P_4 Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı	50
6.2.9	P_5 Çarpışma Puanı	51
6.2.10	P_6 Sıvılaşma Potansiyeli Puanı	51
6.2.11	P_7 Toprak Hareketleri Puanı	52
6.2.12	α Düzeltme Çarpanı	52
6.2.13	β Düzeltme Çarpanı	53
6.2.14	P Sonuç Puanı	54
7.	MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN RBT YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	55
7.1	RBTE Yöntemi	55
7.2	Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi Esasları	56
8.	MEVCUT BİNALARDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	59
9.	DETAYLI ANALİZ YÖNTEMİ İLE HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	73
9.1	Park & Ang Hasar İndisi İle Statik İtme Analizinin Karşılaştırılması	73
9.2	P25 Yöntemi İle Statik İtme Analizinin Karşılaştırılması	74
9.3	RBTE'ye Göre Değerlendirme	76
10.	SONUÇLAR	81
11.	KAYNAKLAR	85
12.	EKLER	91
EK A. 1	Periyod, Süneklik ve Yatay Dayanım Kapasitesi İlişkisi	91
EK B. 1	Bina Mafsal Ötelenme Oranları	95
EK B. 2	X Yönlü Analiz Kesit Hasar Ötelenme Oranları	109
EK B. 3	Y Yönlü Analiz Kesit Hasar Ötelenme Oranları	113
EK B. 4	X Yönlü Analiz Performans Ötelenme Oranları	118
EK B. 5	Y Yönlü Analiz Performans Ötelenme Oranları	128
13.	ÖZGEÇMİŞ	142

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Göz Önüne Alınan Eski ve Yeni Binaların Kat Sayılarına Göre Dağılımı.....	20
Şekil 3.2: Binaların Yüksekliklerine Göre Dağılımı.....	21
Şekil 4.1: Moment-Eğrilik ve Eğilme Rijitliği-Moment İlişkisi.....	24
Şekil 4.2: Çatlamış Kesit Rijitliğinin Eksenel Yük Oranı İle Değişimi.....	25
Şekil 4.3: DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	25
Şekil 4.4: Konsol kolonda Yığılı Plastik Mafsallık Kabulü.....	27
Şekil 4.5: Sargılı Ve Sargısız Betona Ait Gerilme Şekil Değiştirme İlişkisi....	28
Şekil 4.6: Kolon ve Kirişlerde Sargı Bölgeleri	30
Şekil 4.7: İdealize Edilmiş Dayanım-Deformasyon Eğrisi.....	31
Şekil 4.8: Eğilme Mafsallarının Yeri ve Boyu.....	32
Şekil 4.9: Bina#16'ya Ait İki Doğrulu Hale Getirilmiş Kapasite Eğrisi.....	35
Şekil 4.10: DBYYHY-2007 Talep Hesabı.....	37
Şekil 4.11: Bina#16'ya Ait Deplasman Talebi Hesabı	38
Şekil 5.1: Kapasite Eğrisi Üzerinde Yerdeğiştirme Talebi ve Kapasitesinin Gösterimi.....	42
Şekil 6.1: Efektif Kat Alanının Belirlenmesi	44
Şekil 6.2: Deprem Etkin Yönü.....	46
Şekil 6.3: h_0 ve H Arasındaki İlişki.....	47
Şekil 6.4: β Katsayısının P_w İle Değişimi	53
Şekil 6.5: P25 Bant Genişlikleri ve Bölgeleri	54
Şekil 8.1: Yatay Dayanım Oranı İle Periyod Arasındaki İlişki (X Yönü)	60
Şekil 8.2: Süneklik Kapasitesi İle Bina Periyodu Arasındaki İlişki (X Yönü) .	60
Şekil 8.3: Düşük ve Orta Yükseklikteki Eski Binalarda V_t/W Oranlarının Dağılımı (X Yönü)	61
Şekil 8.4: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Periyod (X Yönü)....	61
Şekil 8.5: Bina#16'ya Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)	63
Şekil 8.6: Bina#16'ya Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)	63
Şekil 8.7: Bina#16'ya Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)	64
Şekil 8.8: Bina#16'ya Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)	64
Şekil 8.9: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Kesit Hasar Dağılımları ...	65
Şekil 8.10: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda HK Performans Seviyeleri.....	66
Şekil 8.11: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	67
Şekil 8.12: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	68
Şekil 8.13: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	68
Şekil 8.14: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	69
Şekil 8.15: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	69
Şekil 8.16: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	70

Şekil 8.17: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	70
Şekil 8.18: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı	71
Şekil 8.19: Bina#16'ya Ait Performans Sonuçları (X Yönü)	72
Şekil 8.20: Bina#16'ya Ait Performans Sonuçları (Y Yönü)	72
Şekil 9.1: Park & Ang Hasar İndisi-PI Katsayısı İlişkisi	73
Şekil 9.2: P25 Puanlarının Yıllara Göre Dağılımı	74
Şekil 9.3: P25 Puanlarının Yıllara Göre Dağılımı	74
Şekil 9.4: Yönetmelik Sınırlarına Göre P25 Puanları	75
Şekil 9.5: P25 ve Park & Ang Yöntemlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	75
Şekil 9.6: P25 ve PI Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması	76
Şekil 9.7: Riskli Bina Yönetmeliği Ek-A'ya Göre Hesaplanmış Puanlar.....	76
Şekil 9.8: Riskli Bina Yönetmeliği Ek-A'ya Göre Hesaplanmış Puanların Dağılımı.....	76
Şekil 9.9: RBTE ve Park & Ang Yöntemlerinden Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması	77
Şekil 9.10: RBTE ve PI Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması	77
Şekil 9.11: RBTE ve P25 Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması	77
Şekil 9.12:DBYYHY-2007 İle Elde Edilen Diğer Puanların ve İndislerin Karşılaştırılması	78
Şekil 9.13: Göçmenin Yöntemlere Göre Dağılımları	80

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Göz Önüne Alınan Eski ve Yeni Binaların Kat Sayıları	20
Tablo 4.1: DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınır Değerleri	26
Tablo 5.1: Park & Ang Hasar İndisi Sınırları	42
Tablo 6.1: Yapısal Düzensizlik Katsayıları	48
Tablo 6.2: Kısa Kolon Puanı.....	49
Tablo 6.3: Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı	50
Tablo 6.4: Çarpışma Puanı.....	51
Tablo 6.5: Sıvılaşma Potansiyeli Puanı.....	51
Tablo 6.6: Toprak Hareketeri Puanı.....	52
Tablo 6.7: P Puanları İçin Ağırlık Ortalamaları.....	53
Tablo 7.1: Taban Puanlar ve Yapısal Sistem Puanları.....	56
Tablo 7.2: DBYYHY-2007'ye Göre Belirlenen Deprem Bölgeleri	57
Tablo 7.3: Olumsuzluk Parametre Değerleri (O_i).....	57
Tablo 7.4: Olumsuzluk Parametre Puanı (OP_i)	58
Tablo 8.1: Statik İtme Analizi Bina Performans Dağılımı.....	59
Tablo 8.2: Bina Performans Hedefleri ve Kolon / Kiriş Hasarları.....	62
Tablo 8.3: Eski Binalarda Performans Sınır Ötelenme Değeri	71
Tablo 8.4: Yeni Binalarda Performans Sınır Ötelenme Değeri	71

SEMBOL LİSTESİ

W	: Bina sismik ağırlığı
w_i	: Kat ağırlığı
G	: Ölü yük
Q	: Hareketli yük
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
H	: Bina yüksekliği
V_t	: Taban kesme kuvveti
V_t / W	: Dayanım kapasitesi
Δ / H	: Şekil değiştirme kapasitesi
T	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyodları
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
Δ_u	: Nihai yer değiştirmesi
Δ_y	: Akma yer değiştirmesi
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
N_d	: Düşey yükler altındaki eksenel kuvvet
A_c	: Kolonun brüt kesit alanı
	: Kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamı
f_{cm}	: Mevcut kolon dayanımı
ρ_s	: Kesitteki toplam hacimsel donatı oranı
ρ_{sm}	: Kesitte olması gereken minimum hacimsel donatı oranı
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{cr}	: Çatlama eğriliği
Φ_u	: Nihai göçme eğriliği
ε_c	: En dış lifteki beton basınç şekil değiştirmesi
ε_c'	: Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s	: Donatı çeliği birim yer değiştirmesi
L_p	: Plastik mafsallık boyu
PF_i	: Model katkı çarpanı
α	: Model kütle katsayısı

S_d : Spektral yer değiştirme
 S_a : Spektral ivmeye
 C_R : Spektral yer değiştirme oranı
 δ_m : Maksimum yer değiştirme
 δ_u : Nihai yer değiştirme
 θ_m : Maksimum dönme
 θ_u : Nihai dönme
 θ_y : Akma dönmesi
 M_y : Kesitin akma momenti
 $A_{w x,y}$: Kritik kattaki dolgu duvarların enkesit alanları toplamı
 $A_{s x,y}$: Kritik kattaki perdelerin enkesit alanları toplamı
 $I_{x,y}$: Bina taban alanı atalet momenti
 $I_{C x,y}$: Kritik kat perdelerinin atalet momentleri toplamı
 $I_{s x,y}$: Kritik kat perdelerinin atalet momentleri toplamı
 $I_{w x,y}$: Kritik kat dolgu duvarlarının atalet momentleri toplamı
 h_0 : Bina yüksekliği
 f_i : Yapısal Düzensizlik Katsayıları
 P_i : Göçme puanları
 t : Topografik konum katsayısı
 PP : Bina performans puanı
 TP : Taban puanı
 YSP : Yapısal sistem puanı
 O_i : Olumsuzluk Parametre Değerleri
 OP_i : Olumsuzluk Parametre Puanı
 C_{Ix}, C_{Iy} : Atalet momenti endeksleri
 $\int dEh, E_h$: Sönümlenen enerji
 C_{Ax}, C_{Ay} : Enkesit alanı endeksi
 $A_{ef,x}, A_{ef,y}$: Kritik kat efektif alanı

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca katkılarını ve emeğini esirgemeyen, tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım tez danışmanım Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez kapsamında kullanılan bina modellerinin oluşturulması ve analizleri için Yrd. Doç. Dr. Mehmet PALANCI'ya, Araş. Gör. Ali KALKAN'a ve İnş. Yük. Müh. Yasin YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Çiğdem ÇIRAK

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Dünyada her yıl çok sayıda deprem meydana gelmektedir. Bu depremler ağır can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısı ile yapılması gereken, söz konusu felaketler gelmeden önce gereken hazırlıkları yapmak ve en az zarar ile depremleri atlatabilmenin yolunu aramaktır. Ülkemizde yaşanan depremler sonucunda görülen çoğu hasar yetersiz rijitlik, süneklik ve dayanıma sahip mevcut betonarme binalarda oluşmaktadır. Bu tarz eski yönetmelik şartlarına uygun olarak modellenmiş yapıların olası bir deprem felaketinden önce belirlenip, bu binalarda önlemler alınması gerekmektedir. Ülke mevcut bina stoku düşünüldüğünde performans belirlemede detaylı analiz yöntemleri kullanılması hem ekonomik anlamda hem de çalışma süresi bakımından pek mümkün değildir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin ayrıntılı inceleme yöntemleri ile ne kadar eşleştiği ve ne kadar doğru sonuçlar verdiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Yöntemlerin test edilmesi ve çok sayıda bina üzerinde denenerek performanslarının irdelenmesi bu eksikliği giderecektir.

1.2 Tezin Amacı

Çalışma ülkemizde yaygın olarak kullanılan hızlı değerlendirme yöntemleri ile ayrıntılı inceleme yöntemlerini farklı kat sayılarına ve deprem yönetmelikleri şartlarına bağlı olarak tasarlanmış Denizli ilindeki çok katlı mevcut binalar üzerinde uygulayarak karşılaştırmayı ve mevcut yöntemlerden hangisinin kolaylıkla kullanılabilirliğinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bunun yanında hasar ve performans sınırları, yatay dayanım oranı, periyod ve süneklik hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Ülkemizde yaşanan depremlerde oluşan can ve mal kayıpları sonrasında deprem yönetmeliklerinde değişiklikler görülmüştür. Mevcut yapı stokunun büyük kısmını oluşturan riskli betonarme binaların iyileştirilmesi ile can kayıplarının azaltılması gerekliliği üzerine DBYYHY-2007’de mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmiştir.

Çalışmada ülkemiz yapı stokunu temsil edecek 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden önce ve sonra inşa edilmiş, farklı kat sayılarına sahip Denizli ilinde hali hazırda kullanılan 95 adet binaya ait doğrusal olmayan davranışın elde edilmesi için literatürde yaygın kullanılan ve 2007 Deprem Yönetmeliğimizde de yer alan statik itme analizi yapılmış ve her bir binanın kapasite eğrisi elde edilmiştir. Analizler sırasında Denizli ilinin 1. Derece deprem bölgesinde olduğu ve Z3 zemin sınıfı üzerinde bulunduğu varsayımı yapılarak hesaplamalar yapılmıştır. Yönetmelikte yer alan talep hesabı kullanılarak binalara ait talep elde edilmiş ve bina performans seviyeleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elemanlara ait dönme ve deplasman değerleri kullanılarak binanın Park & Arg Hasar İndeksi belirlenmiş ve yöntemde verilen sınır değerlerine göre binaların hasar durumları bulunmuştur. Yapılan envanter çalışmaları sonucunda elde edilen projelerdeki yapısal özellikler belirlenip, P25 hızlı değerlendirme yönteminde belirtilen puanlama esaslarına uygun olarak binalara ait P sonuç puanları hesaplanmıştır. Yine aynı şekilde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından önerilen hızlı değerlendirme yöntemi RBTE birinci derece değerlendirme kriterlerine uygun olarak binalara ait puanlar hesaplanmıştır. 4 farklı yöntemle elde edilen sonuçların birbiriyle karşılaştırması yapılmıştır.

1.4 Çalışmanın Düzeni

Tez çalışmasının;

1. bölümünde problemin tanımı yapılmış, tezin amacı ve çalışmanın kapsamından bahsedilmiştir.

2. bölümünde önceki çalışmalar özetlenmiştir.

3. bölümde yapılan envanter çalışmaları ve binalara ait genel özellikler hakkında bilgi verilmiştir.

4. bölümde çalışmada kullanılan 3 boyutlu modellerin oluşturulması, modelleme esasları, talep ve kapasite hesabı ve Park & Ang hasar indisinin bulunuşu özetlenmiştir.

5. bölümde ayrıntılı analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla bulunan hasar indisleri açıklanmıştır.

6. bölümde P25 yöntemi ve esasları özetlenmiş, yöntemle ait tablolar sunulmuştur.

7. bölümde RBTE ve Ek. A'da verilen birinci derece değerlendirme yöntemi özetlenmiş, yönetmelikte yer alan tablolar verilmiştir.

8. bölümde detaylı analizler ile bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

9. bölümde hızlı değerlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile bulunan hasar indisleri karşılaştırılmıştır.

10. ve son bölümde tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz ve Mevcut Binaların Değerlendirilmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge Depremleri sonrasında görülen büyük hasarlar sonucunda, yeterli dayanım yerine yeterli yer değiştirme ve şekil değiştirme kavramlarının tasarımda öncelikli olması gerektiği fikrini gündeme getirmiştir. 1995 yılında SEAC tarafından yayınlanan VISION 2000 performansa dayalı tasarımın ilk somut adımıdır. Buna ek olarak daha sonraları ATC-40, FEMA 273 ve FEMA 356 yayınlanmıştır. ATC-55 projesi ile bu yayınların sonuçları irdelenmiş ve FEMA 440 taslak raporu hazırlanmıştır.

Eurocode 8.3’de mevcut yapıların deprem performanslarının değerlendirmesi ile ilgili yaklaşımlar yer almaktadır.

Ülkemizde 1999 Adapazarı-Kocaeli Depremi sonrasında ABYBHY-1998 deprem yönetmeliği güncellenmiş ve yönetmeliğe mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili kısım eklenerek Türk Deprem Yönetmeliği-2007 yayınlanmıştır.

Son yıllarda ülkemizde görülen depremler sonucunda oluşan can ve mal kayıpları sebebiyle düşük ve orta katlı binalarda yetersiz deprem performansının belirlenmesi üzerine birçok çalışma mevcuttur (Adalier vd., 2001; Dogangun, 2004; Ozcebe vd., 2004; Sezen vd., 2003; Yakut vd., 2005)

İnel vd. (2008) ülkemizdeki mevcut bina stokunu temsil eden 1975 yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmış 4 ve 7 katlı iki binada malzeme ve yapısal düzensizliklerin deprem performansı üzerindeki etkilerini doğrusal olmayan statik yöntem ile incelemişlerdir.

Özmen vd. (2011) ülkemizdeki mevcut yapı stokunun dayanım ve deformasyon özelliklerini belirlemek üzere 432 adet üç boyutlu modelin artımsal

itme analizi ile kapasite eğrilerini elde etmişlerdir. Analizler sonucunda farklı yönetmelikler için hasar sınırlarındaki doğrusal olmayan yer değiştirme kapasiteleri, yatay dayanım değerleri ve yapı periyodu arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir.

Özmen ve İnel (2011) 1975 ve 1998 deprem yönetmeliklerine uygun olarak modellenmiş 48 adet üç boyutlu bina modeli için beton dayanımı ve yanal donatı detaylandırma özelliklerinin etkisini doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz kullanarak incelemişlerdir.

Şenel vd. (2013), Türk Deprem Yönetmeliği-2007’de tanımlanan bina performans düzeyleri ve kesit hasar sınırları arasındaki ilişkiyi 1998 yılı öncesinde inşa edilmiş 5 adet bina için doğrusal olmayan analiz yaparak araştırmışlardır. Elde edilen değerleri, yönetmelik değerleri ile karşılaştırıp, ileri hasar düzeyi ve göçme için bulunan ötelenme seviyelerinin benzer olduğunu, benzer düzeylerde farklı hasar seviyelerinin oluşabileceğini belirtmişlerdir.

Şenel vd. (2013), yaşanan depremler sonucu mevcut binalarda görülen hasarların eğilmeden çok kesme etkisiyle oluştuğunu dile getirmişler ve bu durumu incelemek için 1998 deprem yönetmeliğinden önce inşa edilmiş 4 adet binanın doğrusal olmayan analiz ile performansları karşılaştırmışlardır. Modeller oluşturulurken eğilme ve kesme mafsalları için farklı kombinasyonlarda 3 yöntem kullanmışlardır.

Girgin vd. (2013) mevcut yapılara ait deprem talebinin hesabı için DBYYHY-2007 ve Fema-440’da verilen yöntemlerin, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen talep değerleriyle ilişkisini incelemişlerdir.

Tüzün ve Aydınöğlu (2007), Bolu ilinde 2 ile 7 arasında değişen 120 adet binanın doğrusal elastik ötesi analinizi ile hasar görülebilirlik eğrilerini elde etmişlerdir. Hasar düzeylerinin sınırları Park & Ang hasar indisi yöntemi ile belirlenmiştir.

2.2 Hızlı Değerlendirme Yöntemi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar 1968’de Tokachi-Oki depreminden sonra elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilen kolon duvar indeksine dayalı SST adlı yöntemdir (Shiga vd).

ATC-21 (Applied Technology Council) hızlı değerlendirme yöntemlerinin öncülerindendir ve FEMA 154 ve FEMA 155 (1988) ile deprem mühendisliğinde hızlı değerlendirme yöntemleri yaygınlaşmıştır.

Ülkemizde hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili çalışmalar 1992 Erzincan Depremi’nden sonra başlamıştır.

Hassan ve Sözen (1997) yaptıkları çalışmada Erzincan Depremi’nden sonra 46 adet resmi binayı incelemişler ve Shiga vd (1968) tarafından geliştirilen SST yöntemini kalibre etmişlerdir.

Gülkan ve Sözen (1999), Gülkan ve Utkuğ (2003) ve Gülkan vd (1997) yaptıkları çalışmalarda Hassan ve Sözen’in daha önce yapmış olduğu Kolon ve Duvar İndeksi Yöntemi’ni geliştirerek yeniden düzenlemişlerdir.

Tezcan ve Bal (2003) yaptıkları çalışmada İstanbul’daki güvensiz binaların incelenmesi için en az 25 milyar dolara ve 25 yıla ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Tezcan vd. (2002-2003) sıfır can kaybı yaklaşımı ve P5 Yöntemi olarak bilinen çalışmaları ile olası bir depremde can kayıplarının azalması için kısa zamanda ve az maliyetle, tüm binaların analiz yapılmasına gerek kalmadan sonuç alınabilen bir hızlı değerlendirme yönteminin geliştirilmesini esas almışlardır. Yaklaşımında öncelikli olarak riskin çok olduğu binalar için analizlerin yapılmasını ve diğer binalar için inisiyatif kullanılmasını önermişlerdir. İstanbul için %96’sı güvensiz olarak düşünülen yapıların tamamı yerine, “1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde konut ve işyeri bazında toplam 854.000 binanın sadece %6’sı yıkık ve ağır hasarlıdır.” istatistiğinden yola çıkılarak depremde can kaybının önlenmesi için binaların %6’lık kısmının önceden tespit edilip, detaylı incelenmesinin yapılmasının daha kolay ve hızlı olduğu görülmektedir.

Yakut (2004), kat kolon ve perde kesme kuvveti kapasitelerini taban kesme kuvveti ile karşılaştırılarak bina düzensizliklerine bağlı olarak belirlenmiş katsayılar ile büyütülen kapasite indeksi elde etmiştir.

Bal (2005) yüksek lisans tezi kapsamında P5 Yöntemi olarak bilinen hızlı değerlendirme yöntemini geliştirerek, daha önceki depremlerde hasar almış 23 mevcut betonarme binaya uygulamıştır. Geliştirilen bu yöntem P24 Yöntemi adını almıştır.

Bal vd (2006-2008) P24 Yöntemini 106M273 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında çok sayıdaki binaya uygulanarak kalibre etmişler ve P25 Yöntemi'ni geliştirmişlerdir.

Bal vd (2007) yaptıkları çalışmada mevcut yapı stokunu, binalara ait proje ve röleve çalışmaları sonucu elde edilen parametreler ve belirli hesaplamalara dayanan, P25 hızlı değerlendirme yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Daha önceki depremlerde hasar alan veya göçen 311 adet bina değerlendirilip, buna bağlı olarak kalibre edilen yöntemin büyük bir doğruluk yakaladığını belirlemişlerdir.

Spence (2007) Avrupa Birliği (AB) tarafından desteklenen LESSLOSS projesi kapsamında, İstanbul'da 500 yılda bir olması beklenen senaryo depremi için mevcut betonarme bina stoku içerisinde en riskli %4.1'in seçilmesi durumunda 29 bin vatandaşın hayatının kurtulacağı, %92 oranında can kaybının azalacağı belirlenmiştir.

Sucuoğlu (2007) Orta yükseklikteki binalarda için risk değerlendirme yöntemini geliştirmiştir. Sokaktan tarama yöntemi ile elde edilebilen yapı parametrelerini kullanarak binalara ait güvenlik skoru belirlemiş ve binaların bulundukları konumdaki deprem şiddetine ve beklenen deprem performansına bağlı olarak risk sıralaması yapmıştır. Yöntemde kullanılan performans skorunun elde edilmesinde kullanılan değer fonksiyonu 1999 Düzce depremi sonrası oluşturulan ve 454 binayı kapsayan veri tabanı kullanılarak elde edilmiştir.

Gülay vd (2011) farklı hasar sınırlarına ve zemin özelliklerine sahip 323 adet betonarme binaya P25 Yöntemi'ni uygulayarak, yöntemi kalibre etmişlerdir. Çalışma

sonucunda yöntem ile hızlı değerlendirmenin kısa süre içinde ve gerçeğe yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ülkemizde riskli binaların belirlenmesi amacıyla Riskli Binaların Tespiti Yönetmeliği (RBTE) yürürlüğe girmiştir (2012). “Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek İçin Kullanılabilecek Yöntemler” başlıklı EK-A kısmında binaların Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi ile değerlendirilerek, alan önceliklerinin ve bölgesel risk dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tozlu (2015), yüksek lisans tezi kapsamında Niğde ilinde riskli alan ilan edilen bölgede yer alan 2190 adet binayı Riskli Binaların Tespiti Yönetmeliği EK-A’da yer alan değerlendirme yöntemleri ile değerlendirmiştir.

3. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda yaşanan can kayıpları ve maddi hasarlar, mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesi ve hasarların önceden tahmini ile ilgili çalışmaların gerekliliğini her zamankinden daha fazla hatırlatmaktadır. Bu tez kapsamında Denizli ilinde bulunan 95 adet binaya ait projeler elde edilerek bu çalışma yapılmıştır. Bina yer değiştirme kapasiteleri doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak SAP2000 programı kullanılarak belirlenmiştir. Deprem etkisi ile oluşan yer değiştirme talepleri DBYYHY-2007’de tarif edilen yönteme göre hesaplanmıştır. Elde edilen kapasite ve taleplerin birbiriyle ilişkisine göre binaların deprem performansları yine yönetmelikte belirtilen sınırlara göre belirlenmiştir. Kesitlerde görülen dönmelerden yararlanılarak binalara ait Park & Ang hasar indisleri hesaplanmıştır. Hızlı değerlendirme yöntemlerinden P25 yöntemi ve Riskli Bina Tespit yönetmeliğinde yer alan 1.derece değerlendirme yöntemi ile binalara ait hasar puanları belirlenmiştir. Tez çalışmasında göz önünde bulundurulan bu ayrıntılı ve hızlı değerlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçları karşılaştırarak benzerliklerin ve farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez kapsamında ele alınan bina modelleri Denizli Belediyesi arşivlerinden Doç. Dr. Şevket Murat Şenel ve ekibinin yaptığı çalışmalar ile elde edilen projelerden oluşmaktadır. Modeller hazırlanırken projelere bağlı kalınmış eleman boyutları, donatı adetleri, kat yükseklikleri ve diğer yapısal parametreler mimari ve statik projelere göre belirlenmiştir. Yönetmelikte yer alan yerinde karot çalışmaları yapılmadığı için projelerde öngörülen donatı ve beton dayanımları esas alınmıştır.

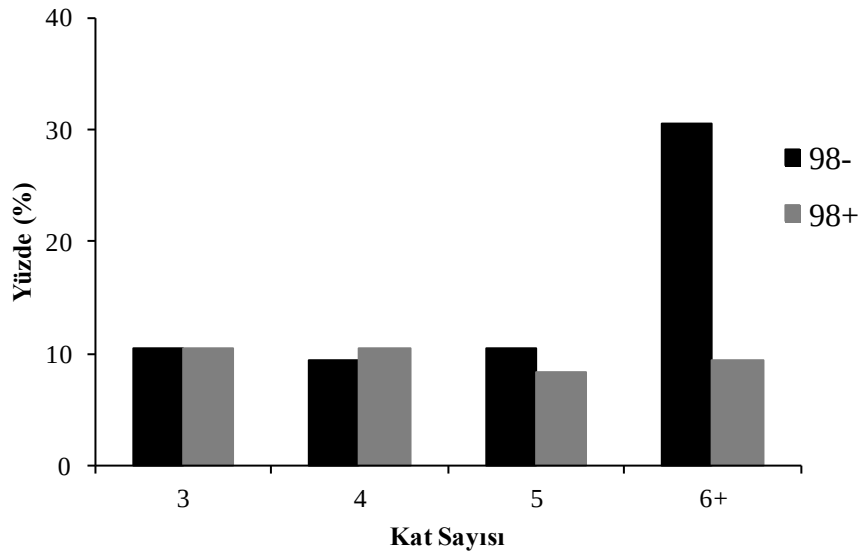
Tez kapsamında kullanılan binalar 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre tasarlanmıştır ve değerlendirmeler binaların katsayılarına ve yapım yıllarına bağlı olarak yapılmıştır. İlgili değerler Tablo 3.1’de verilmiştir. Modellerin %61’i 98 yönetmeliği öncesi, %39’u 98 yönetmeliği sonrası yapılan binalardan oluşmaktadır.

Tablo 3.1: Göz Önüne Alınan Eski ve Yeni Binaların Kat Sayıları

BİNA YAPIM YILI	BİNA KAT SAYILARI				TOPLAM
	3	4	5	6+	
98-	10	9	10	29	58
98+	10	10	8	9	37
TOPLAM	20	19	18	38	95

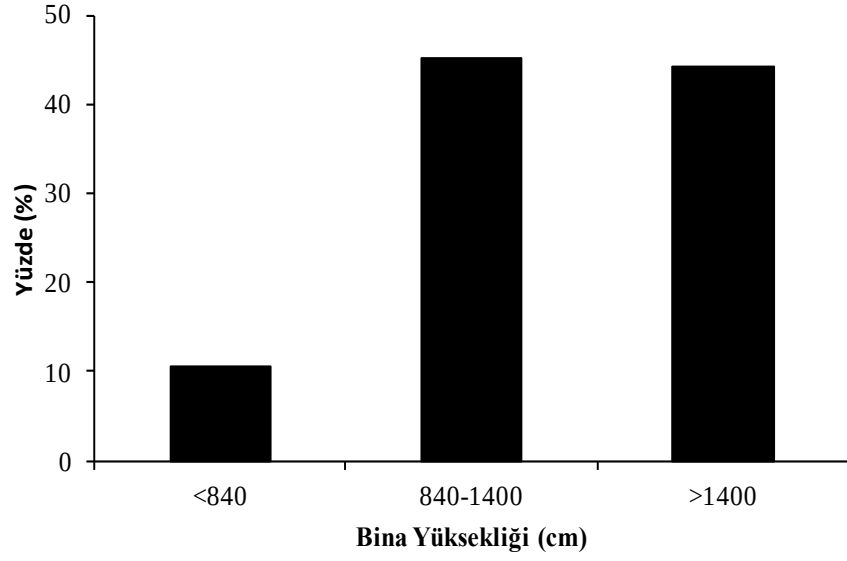
Genel olarak bina özelliklerinden bahsedilecek olursa 98 öncesi binalarda beton sınıfı 16 MPa, donatı sınıfı S220 ve 98 sonrası binalarda beton sınıfı 25 MPa ve 30 MPa, donatı sınıfı S420'dir. Analizler sırasında projede yer alan malzeme dayanımları esas alınmıştır.

Binaların katsayısına göre dağılımı oransal olarak Şekil 3.1'de verilmiştir. İncelenen binaların büyük çoğunluğunu 98 yönetmeliği öncesi yapılmış, 6 ve üzeri katlı yapılardan oluşmaktadır.



Şekil 3.1: Göz Önüne Alınan Eski ve Yeni Binaların Kat Sayılarına Göre Dağılımı

Binaların yüksekliklerine göre dağılımı oransal olarak Şekil 3.2'de verilmiştir. İncelenen binalar genel olarak orta katlı binalardan oluşmaktadır.



Şekil 3.2: Binaların Yüksekliklerine Göre Dağılımı

Binalardaki kesit boyutları incelediğinde kirişler için 20cmx60cm boyutlarının çoğunlukta olduğu gözlemlenmiştir. Kolonlar için boyutlar değişken olup, 98 yılı öncesi binalarda genel olarak üst katlara doğru kolon boyutlarında daralma mevcuttur. Kolonlarda var olan bu durumun kat rijitliğini olumsuz yönde etkilediği ve katlar arasında görece ötelenmeleri arttırdığı bilinmektedir.

4. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DBYYHY-2007'YE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut yapıların performansının belirlenmesi ile ilgili detaylar ve şartlar DBYYHY-2007'nin 7. bölümünde tarif edilmektedir. Yürütülen tez çalışması sırasında yönetmelikte tarif edilen doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi esas alınmıştır. Binalara ait kapasite eğrileri belirlenirken mimari ve statik projelerine bağlı olarak oluşturulan modeller SAP2000 programında doğrusal olmayan statik itme analizine (Pushover) tabi tutulmuştur. Böylelikle binalara ait çatı yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri ve elemanlarda oluşan deformasyonlar ve kesit tesirleri belirlenmiştir. İkinci aşamada binalarda oluşan deprem talebi yönetmelikte yer alan yöntem ile belirlenmiştir. Son olarak kapasite ile talebin ilişkisi irdelenerek bina performansı hakkında yorum yapılmıştır. Bu aşamalar bölüm 4 içerisinde detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1 Üç Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modellerinin Oluşturulması

Denizli ili sınırlarında bulunan, 1975 ve 1998 deprem yönetmeliklerine göre tasarlanmış binaların projelerine bağlı kalınarak üç boyutlu modeller SAP2000 programında oluşturulmuştur. Elemanlara tanımlanan yükler mimari projedeki kaplama türü ve birim hacim ağırlıkları esas alınarak hesaplanmıştır. Kaplama yükleri hesaplanırken gerekli değerler TS498'den alınmıştır. Döşemelerden kirişlere gelen yükler bulunmuş, mimari projeler ile uyumlu duvar yükleri hesaplanmış ve kirişlere yayılı yük olarak girilmiştir. Beton sınıfları ve elastisite modülleri 98 öncesi binalarda 16 MPa ve 27000 MPa, 98 sonrası binalarda 25 MPa / 30 MPa ve 30000 MPa / 32000 MPa olarak tanımlanmıştır. Analizlerde katlarda rijit diyafram kabulü yapılmış ve hareketli yük katsayısı (tüm binaların konut olması nedeniyle) $n=0.3$ alınarak binaların ağırlığı hesaplanmıştır ($W=G+nQ$). Deprem kuvvetleri Denklem (4.1) ile bulunduktan sonra kat ağırlık merkezlerine etkitilmiştir. Denklemde V_i taban kesme kuvvetini, H_i eklenik kat yüksekliğini ve w_i kat ağırlığını temsil etmektedir. Deprem kuvvetlerinin hesabı sırasında Denizli ilinin 1. derece deprem

bölgesinde olması nedeniyle $A_0=0.4$ ve zemin sınıfı tüm binalar için Z3 olarak seçilmiştir.

$$F_i = \frac{w_i H_i}{\sum_{i=1}^n w_i H_i} V_t \quad (4.1)$$

Doğrusal elastik ötesi analiz modelinin oluşturulması için elemanlara ait eğilme rijitlikleri ile kritik kesitlerdeki mafsalları bilgileri hesaplanmış, model üzerinde gerekli tanımlamalar yapılmıştır. Doğrusal elastik ötesi davranış ve modellerde davranışı temsil eden kabuller daha sonraki bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

4.2 Doğrusal Elastik Ötesi Modellerin Oluşturulması

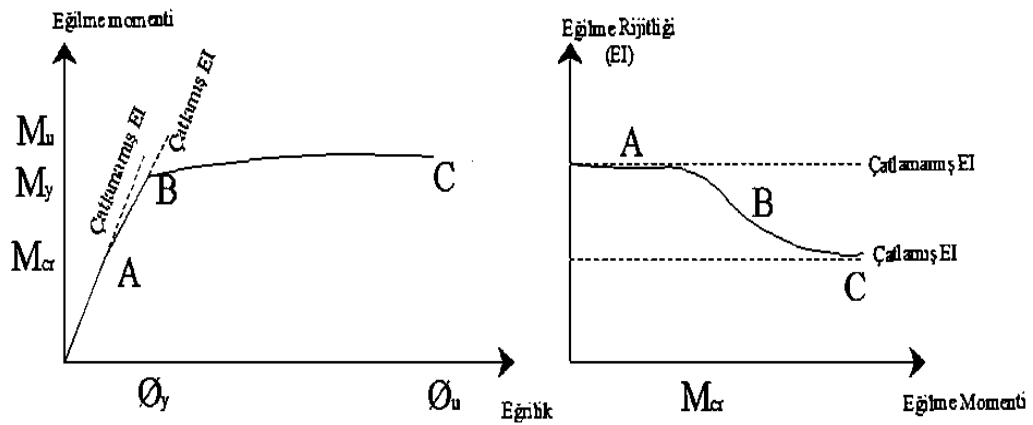
Deprem etkileri altında binalarda oluşan hasarlar ile deprem enerjisinin sönümlendiği bilinmektedir. Tasarımda yönetmelikte yer alan taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) kullanılarak binanın doğrusal elastik ötesi davranış gösterdiği ve kalıcı hasar alarak enerji sönümlemesinin gerçekleştiği kabulü yapılmaktadır. Elastik ötesi davranışı ifade etmek için yönetmeliklerde önerilen R katsayıları, kısa periyodlu binalar için “eş enerji yaklaşımı” ile, uzun periyodlu binalar için ise “eş deplasman yaklaşımı” ile açıklanmaktadır.

Binaların dayanım kapasitelerini kaybetmeden deformasyon yapabilmesine süneklik denir ve süneklik kapasitesi (μ_d) nihai yer değiştirmenin akma yer değiştirmesine oranı (Δ_u/Δ_y) ile temsil edilir. Tanımda geçen dayanım kapasitesi akmanın olduğu andaki kuvvet olarak literatürde kabul edilmektedir. Süneklik malzeme özelliklerine, kesit özelliklerine ve birleşim bölgelerindeki kolon ve kirişlerin dayanım kapasitelerine bağlı olarak bina yer değiştirmesini etkilemektedir.

Tez kapsamında tasarıma esas modeller oluşturulduktan sonra deprem sırasında oluşacak doğrusal olmayan davranışın tam ifade edilebilmesi için elemanlara yönetmelikte tarif edildiği gibi çatlamış kesit rijitlikleri atanmış ve momentlerinin yoğunlaştığı kritik kesitlerde plastik mafsallar tanımlanmıştır. Bu bölgeler kolon kiriş birleşim bölgelerine denk gelmektedir.

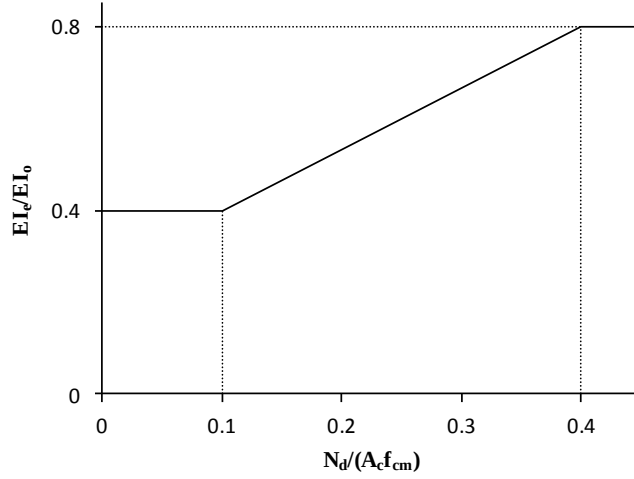
4.2.1 Çatlamış Kesit Rijitliği

Taşıyıcı sistemlerin yatay ve düşey yükler altında analizinden elde edilen sonuçlar eleman rijitliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Genellikle betonarme taşıyıcı sistemlerde eğilme rijitliği diğerlerine göre hem iç kuvvetlerin dağılımında hem de yer değişmelerin belirlenmesinde etkili olmaktadır (Celep, 2014). Eğilme rijitliği kesit boyutlarına, donatı oranına, malzeme elastisite modüllerine bağlı olarak değişmektedir. Moment-eğrilik ilişkisinde momentin küçük olduğu ve kesitte çatlamanın olmadığı durumlarda eğilme rijitliği kesit atalet momenti ve beton elastisite modülüne bağlı olarak en büyük değere sahiptir. Momentin büyümesi sonucunda çatlakların oluşmasıyla eğilme rijitliği azalır, çatlamış kesitin rijitliği etkili olur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Moment-Eğrilik ve Eğilme Rijitliği-Moment ilişkisi (Celep, 2014)

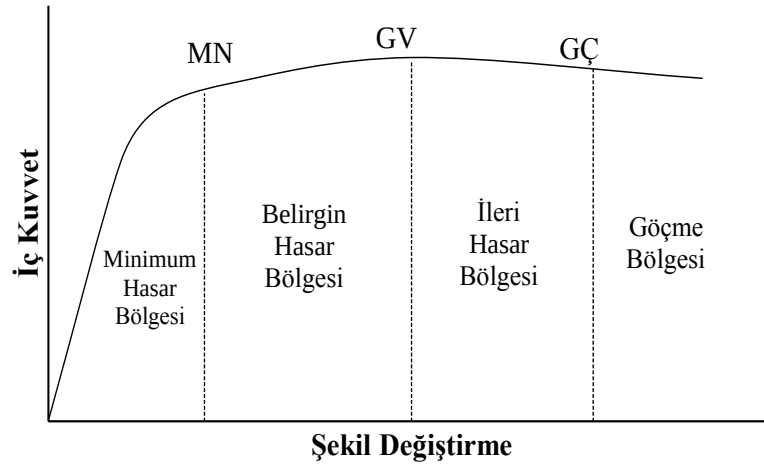
Betonarme binalarda çatlamış kesit rijitliği için DBYYHY-2007’de elemanın eksenel yük oranına bağlı olarak tarif edilen hesap yaklaşımı kullanılmıştır. Yönetmeliğe göre $(EI)_e$ çatlamış kesit rijitliği; kirişler için $(EI)_e = 0.40(EI)_0$ alınmaktadır. Kolonlar için Şekil 4.2’de gösterildiği gibi eksenel yük oranına bağlı olarak $N_d / (A_c f_{cm})$ ’nin %0.10’dan az olduğu durumlarda $(EI)_e = 0.40(EI)_0$, %0.40’dan fazla olduğu durumlarda $(EI)_e = 0.80(EI)_0$ olarak hesaplanmaktadır. Kolonlarda ara değerler için enterpolasyon yapılarak çatlamış kesit rijitlikleri belirlenmektedir.



Şekil 4.2: Çatlamış Kesit Rijitliğinin Eksenel Yük Oranı İle Değişimi

4.2.2 DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Bölgeleri

DBYYHY-2007’de sünek elemanlar için Minimum Hasar Sınırı (*MN*), Güvenlik Sınırı (*GV*) ve Göçme Sınırı (*GÇ*) olmak üzere 3 kesit hasar sınırı tanımlanmıştır. Kesit hasar sınırları arasında kalan bölgeler ise sırasıyla Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi olarak ifade edilmektedir. (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Binaya ait performans sınırlarının belirlenebilmesi için öncelikle eleman kesit hasar sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. DBYYHY-2007’de kesitteki toplam hacimsel donatı oranına (ρ_s) ve kesitte bulunması gereken minimum hacimsel donatı oranına (ρ_{sm}) bağlı olarak kesit hasar sınırları tanımlanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: DBYYHY-2007 Kesit Hasar Sınır Değerleri

Kesit Hasar Sınırları	Beton Şekil Değiştirme Değerleri		Donatı Şekil Değiştirme Değerleri
	ϵ_c	ϵ_c'	ϵ_s
Minimum Hasar (MN)	0.0035	—	0.01
Güvenlik (GV)	—	$0.0035 + 0.010(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135$	0.04
Göçme (GÇ)	—	$0.0040 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0180$	0.06

Minimum kesit hasar sınırı (MN) için beton şekil değiştirme değeri hesaplanırken kabuk betonda meydana gelen şekil değiştirme esas alınırken, diğer hasar sınırları için çekirdek betonda meydana gelen şekil değiştirme esas alınmaktadır. Tablo 4.1’de verilen bağıntılar kullanılarak bulunan beton ve donatı şekil değiştirme değerlerinin en küçüğü hasar sınırını belirlemektedir. Dikdörtgen kesitler için toplam hacimsel donatı oranı (ρ_s) ve minimum hacimsel donatı oranı (ρ_{sm}) aşağıdaki denklemler kullanılarak bulunabilir.

$$\rho_s = \frac{\sum A_o L_w}{s b_k h_k} \quad (4.2)$$

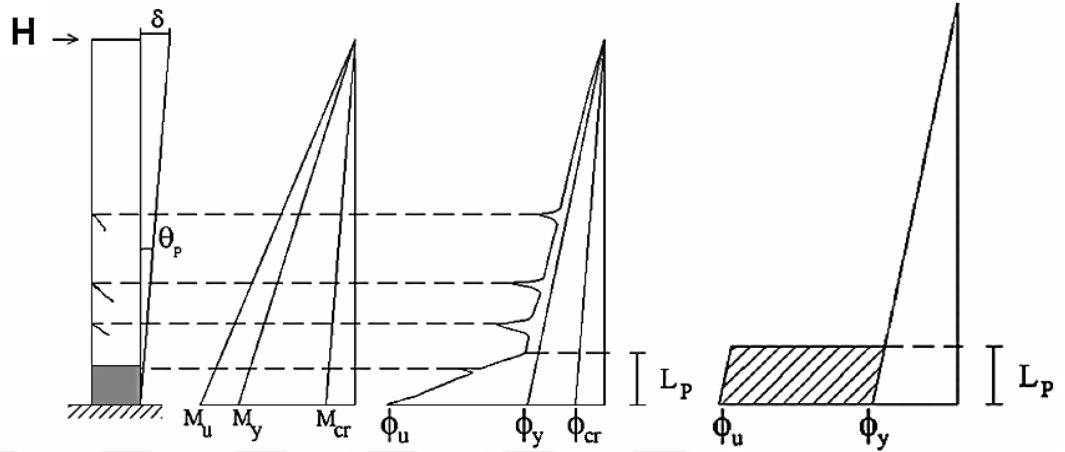
$$\rho_{smx} = \frac{A s h_x}{s \cdot b_k} = 0.30 \left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (4.3)$$

$$\rho_{smy} = \frac{A s h_y}{s \cdot h_k} = 0.30 \left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (4.4)$$

$$\rho_{sm} = 0.15 \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (4.5)$$

4.2.3 Moment-Eğrilik Kavramı

Moment-Eğrilik kavramı konsol şeklinde çalışan bir kolonun davranışı yardımı ile aşağıda kısaca açıklanmıştır.

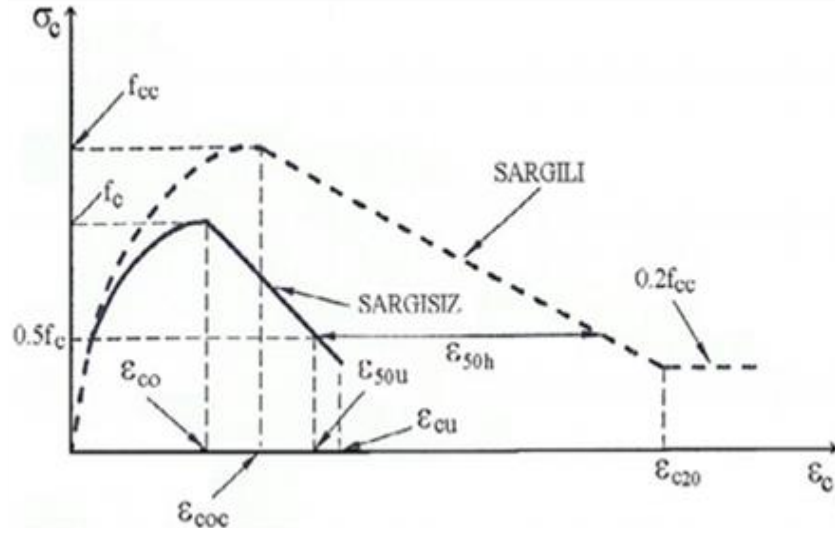


Şekil 4.4: Konsol kolonda Yığılı Plastik Mafsal Kabulü

Konsol kolon yatay deprem yükü altında yer değiştirirken, momentin büyük olduğu tabandaki kesitlerde şekil değiştirmeler hızla artmaktadır. Şekil değiştirmeler momentin sıfır olduğu bölgeden plastik mafsalın olduğu bölgeye kadar düzgün doğrusal şekilde artarken, plastik mafsal bölgesindeki eğriliklerde ani bir artış oluşur (Şekil 4.4). Şekilde ϕ_y akma, ϕ_{cr} çatlama ve ϕ_u nihai göçme anındaki eğrilik değerlerini temsil etmektedir. Akma ve nihai eğrilik arasındaki taralı bölgenin alanı plastik dönme kapasitesine karşılık gelmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarına, donatı oranına ve yerleşimine, sargılamının olup olmamasına, kullanılan sargı modeline bağlı olarak kesite ait moment-eğrilik grafiği değişmektedir. Tez kapsamında eleman kesitlerine ait moment-eğrilik değerleri bulunurken sargı etkisini temsil etmek için Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli (Park vd., 1982) kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli'ni (Park vd., 1982) temsil eden grafik Şekil 4.5'de verilmiştir. Buna göre I. bölgede grafik parabolik, II. bölgede doğrusaldır. Şekilde sargılı ve sargısız kesit için gerilme ve şekil değiştirme değerlerinin değişimini veren formüller aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.5: Sargılı Ve Sargısız Betona Ait Gerilme Şekil Değişirme İlişkisi

Parabolik kısımda;

Sargısız beton için;

$$\sigma_c = f_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_{0c}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{0c}} \right)^2 \right] \quad (4.6)$$

ε_{c0} : Normal dayanımlı betonlar için yaklaşık 0.002 alınabilir.

Sargılı beton için;

$$\sigma_c = f_{cc} \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_{cc} = K\varepsilon_{c0} \quad (4.8)$$

Doğrusal kısımda;

Sargısız beton için;

$$\sigma_c = f_c \left[1 - 2z_u (\varepsilon_c - \varepsilon_{c0}) \right] \quad (4.9)$$

$$z_u = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{c0}} \quad (4.10)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.286 f_c}{142 f_c - 1000} \geq \varepsilon_{c0} \quad (4.11)$$

Sargılı beton için;

$$K = 1 + \frac{\rho_s f_{ywk}}{f_c} \quad (4.12)$$

$$\sigma_c = f_{cc} [1 - z_c (\varepsilon_c - K \varepsilon_{cc})] \geq 0.2 f_c \quad (4.13)$$

$$z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{ch} - \varepsilon_{c0}} \quad (4.14)$$

$$\rho_s = \frac{\sum A_o L_w}{s b_k h_k} \quad (4.15)$$

Denklemlerde ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını, ε_{su} ise donatı çeliğinin kopma uzama-birim şekil değiştirmesini temsil etmektedir. ε_{su} için yönetmelikte donatı sınıfına bağlı olarak değerler tanımlanmıştır. Buna göre S220 için $\varepsilon_{su}=0.16$ ve S420 için $\varepsilon_{su}=0.10$ değerleri esas alınmıştır.

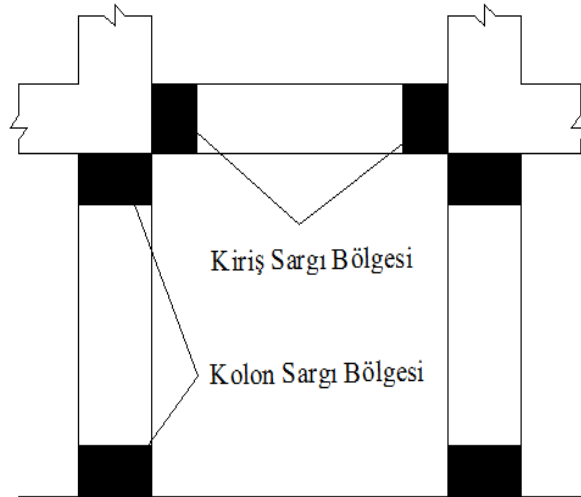
4.2.4 Moment-Dönme Kavramı

Bölüm 4.2.3’de bahsedildiği gibi kesitlere ait moment ve eğrilik kapasiteleri bulunduğundan sonra sıra kesitlere ait moment-dönme kapasitelerinin hesabına gelmiştir. Şekil 4.4’de örnek olarak verilen konsol kolon için plastik dönme değeri (θ_p) Denklem (4.16) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır. Denklemden de görüldüğü gibi plastik eğriliğin yığıldığı bölgenin alanı dönmeye eşittir.

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) L_p \quad (4.16)$$

4.2.5 Plastik Mafsal Kavramı

Plastik mafsal; bir kesitin sabit moment altında deformasyon yaptığı bölgeleri tarif etmektedir ve diğer mafsallardan farklı olarak moment sıfıra değil, akma momentine eşittir. Deprem sırasında kiriş ve kolon birleşim bölgelerinde momentlerin fazla olacağı bilinmektedir. Bu bölgelerde meydana gelen kalıcı şekil değişikliğinin belirli bir kesitte toplanacağı varsayılarak plastik mafsal kabulü yapılır. Kolon ve kirişlerde plastik mafsal tanımlanan bölgeler Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bu bölgeler DBYYHY-2007'de etriye sargı bölgeleri olarak tanımlanmıştır.

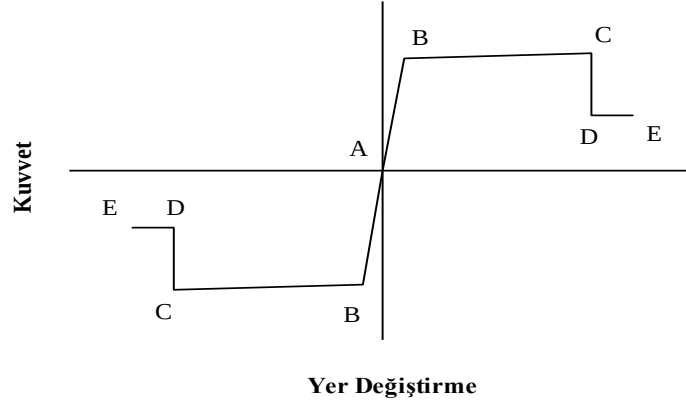


Şekil 4.6: Kolon ve Kirişlerde Sargı Bölgeleri

Plastik mafsal boyu (L_p), kesit boyutu, kesitteki aksenal kuvvet ve donatı oranı gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Plastik mafsal boyunun hesaplanmasına dair yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Park ve Paulay 1975, Park vd 1982, Paulay and Priestley 1992). Tez kapsamında kullanılan ve deprem yönetmeliğinde de yer alan plastik mafsal boyu Denklem (4.17) ile tanımlanmıştır. Bu formülde H kesit yüksekliğidir.

$$L_p = 0.5H \quad (4.17)$$

Plastik mafsallar hazırlanırken kesite ait dayanım-deformasyon eğrisi kullanılmıştır (Şekil 4.7). Plastik mafsallar SAP2000 programına girilirken, elemana ait dönme değerleri ve kesit hasar sınırları hesaplanarak eğri üzerinde belirlenmiş ve bu sayede kesit hasar sınırları programa tanımlanmıştır.



Şekil 4.7: İdealize Edilmiş Dayanım-Deformasyon Eğrisi

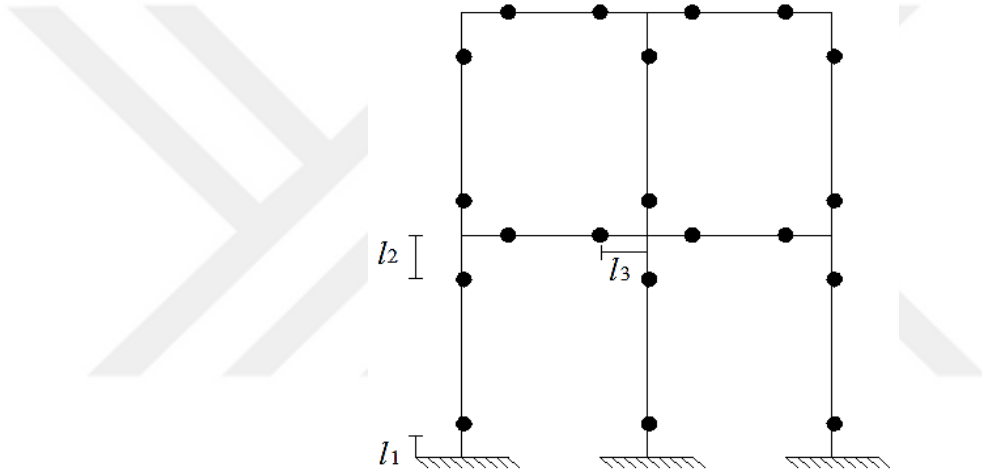
Şekilde görülen “A” noktası orijin, “B” noktası kesitin akma sınırınıdır. Kesitte akma kuvvetine ulaşıldıktan sonra tanımlanan dayanım-deformasyon ilişkisine bağlı olarak tanımlanan plastik mafsala bağlı olarak rijitlik ve kesit hasarı değişir. “B-C” noktaları arasında kesit kapasitesini korur veya pekleşir. Bu noktalar arasında kesit hasar sınırları tanımlanmıştır. “C” noktasında göçme başlamıştır. Bu noktadan sonra eleman kapasitesinde düşüş meydana gelir ve “D” noktasına ulaşılır. Bu düşüş için farklı oranlar literatürde mevcuttur. Tez kapsamında “D” noktasındaki dayanım değeri FEMA 356 ve ATC 40 (FEMA 356, 2000; ATC 40, 1996) esas alınarak akma dayanımının %20’si olarak belirlenmiştir. “D-E” noktaları arasında kapasitenin belli bir süre korunduğu, “E” noktasında kapasitenin tamamen kaybedildiği varsayılmıştır.

Plastik mafsallar atanırken Denklem (4.18), Denklem (4.19) ve Denklem (4.20) kullanılarak plastik mafsalların atanacağı yerler belirlenmiştir. Denklemlerde $H_{kiriş}$ kiriş yüksekliğini, H_{kolon} kolonun eğilme yönündeki boyutudur. Şekil 4.8’de eğilme mafsallarının model üzerinde atanmış hali temsil edilmiştir.

$$l_1 = \frac{L_p}{2} \quad (4.18)$$

$$l_2 = H_{kiriş} + \frac{L_p}{2} \quad (4.19)$$

$$l_3 = \frac{H_{kolon}}{2} + \frac{L_p}{2} \quad (4.20)$$



Şekil 4.8: Eğilme Mafsallarının Yeri ve Boyu

Elemanlarda kesme ve eğilme hasarı oluşacağı tahmin edilerek her iki mafsal için de hesap yapılmıştır. Kesme mafsalları ile modellerde kısa kiriş ve yetersiz enine donatı durumlarının etkisini görmek, bu davranışları analizlerde temsil etmek amaçlanmıştır. Kesme mafsalları tanımlanırken TS500'e göre kesme kapasiteleri hesaplanmıştır. Eleman üzerine gelen kesme kuvveti, kesme dayanımını aştığı an kesme mafsallarının oluşması sağlanmıştır.

4.3 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Kapasitelerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik ötesi modeller oluşturulduktan sonra binalara ait dayanım ve deformasyon kapasitesinin belirlenmesi için statik itirme analizleri yapılmıştır. DBYYHY-2007 mevcut yapıların performansının belirlenmesi için iki analiz yöntemine yer vermiştir (Doğrusal elastik analiz ve Doğrusal elastik olmayan analiz). Bölüm 4.3.1’de tez kapsamında kullanılan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi anlatılmıştır.

4.3.1 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri

Yapıların deprem ve düşey yük altında doğrusal davranış gösterdiği kabulü gerçek davranışı tam anlamıyla yansıtmamaktadır. Yapının dayanım ve yer değiştirme kapasitesi elde edilirken etki eden kuvvetlerin elemanlar arasındaki paylaşımı doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile daha gerçekçi olarak belirlenebilmektedir. Deprem altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır (DBYYHY-2007). Türk Deprem Yönetmeliği-2007’de deprem performansının belirlenmesi için Artımsal İtme Analizi (Pushover) temel alınmaktadır.

4.3.1.1 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi

Statik itme analizinde binaya ön görülen yer değiştirme değerine ulaşana kadar, düşey yüklere ek olarak belirli bir yük desenine bağlı olarak yatay yükleme ile itme işlemi uygulanır. Bina ön görülen yer değiştirmeye ulaşmaya veya stabilite bozuluncaya kadar analiz sırasında sürekli olarak taban kesme (V_t) değeri ve çatı yer değiştirmesi (Δ) kaydedilir. Böylece binaya ait kapasite eğrisi elde edilmiş olur. Statik itme analizi ile elemanlarda oluşacak hasarlar ve muhtemel göçme mekanizması belirlenir.

Analizler sırasında P-Delta etkisi ile elemanlarda eksenel kuvvet nedeniyle oluşacak momentin etkisi de göz önüne alınmıştır. Basınç altındaki elemanlarda

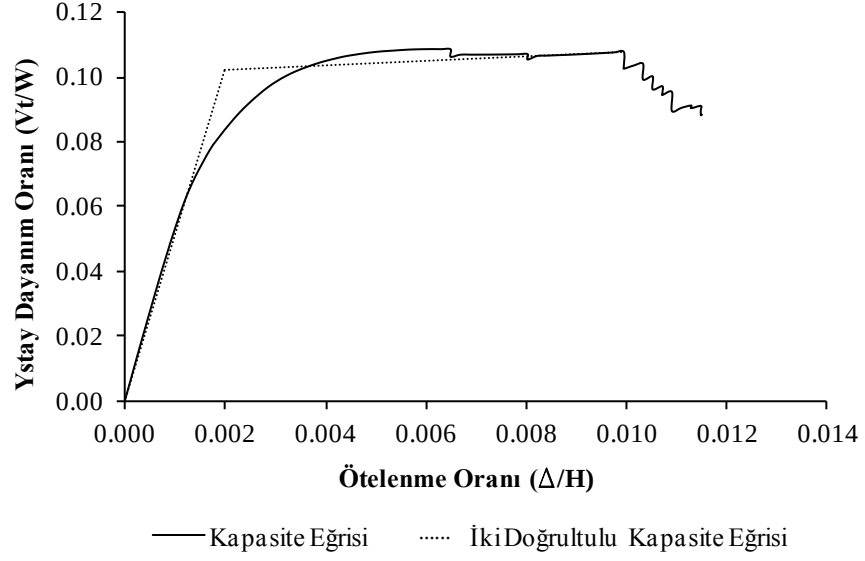
eksenel yükün yaptığı yer değiştirme nedeniyle oluşan momentlerin etkisi ile toplam moment ve buna bağlı olarak elemana gelen kesme kuvveti artmaktadır.

4.3.2 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi ve 2 Doğrulu Hale Getirilmesi

Doğrusal elastik modellerdeki elemanlara donatı, kesit ve malzeme özelliklerine bağlı olarak hesaplanan eğilme mafsallarının ve yönetmelikte verilen formüller ile hesaplanan kesit hasar sınır değerlerinin tanımlanması ile doğrusal elastik olmayan modeller oluşturulmuştur. SAP2000 programında doğrusal olmayan statik itme analizi yapılan binaların çatı yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri ile temsil edilen kapasite eğrileri elde edilmiştir. Taban kesme kuvvetleri bina ağırlığına bölünerek (V_t / W) yatay dayanım oranı elde edilmiştir. Çatı yer değiştirmeleri ise bina yüksekliğine bölünerek yatay ötelenme kapasitesi birimsiz hale getirilmiştir. Binalara ait kapasite eğrileri daha sonra iki doğrulu hale getirilmiştir. Kapasite eğrileri iki doğrulu hale getirilirken;

- a) Elastik bölgenin rijitliği aynen korunmuştur.
- b) İki doğrulu kapasite eğrisi ve binaya ait kapasite eğrisi arasında kalan alanların eşitliği sağlanmıştır.

Şekil 4.9’da tez kapsamında X yönü için Bina#16’ya ait kapasite eğrisi ve iki doğrulu kapasite eğrisi verilmiştir.



Şekil 4.9: Bina#16'ya Ait İki Doğrultulu Hale Getirilmiş Kapasite Eğrisi

4.4 Mevcut Çok Katlı Betonarme Binaların Deprem Taleplerinin Belirlenmesi

Statik itme analizi sonrasında elde edilen binanın performans seviyelerine göre yer değiştirme kapasitesi bulunduğundan sonra binanın yer değiştirme talebi hesaplanır. Bulunan talep ile performans kapasiteleri karşılaştırarak bina performansı belirlenir. Bu tez kapsamında talep hesabı yapılırken yönetmelikte verilen formüllerden yararlanılmıştır.

4.4.1 DBYYHY-2007'ye Göre Deprem Talebinin Hesabı

Binada oluşan deprem talebinin hesabı için binanın kapasite eğrisinin tek serbestlik dereceli sisteme çevrilmesi ve kapasite spektrumunun oluşturulması gerekmektedir. Bunun için binalara ait modal katkı çarpanı (PF_i) ve modal kütle katsayısı (α) Denklem (4.21)'deki formüller kullanılarak bulunmuştur.

$$PF_i = \frac{\sum m_i \Phi_{i1}}{\sum m_i \Phi_{i1}^2} \quad \alpha = \frac{\sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{i1})^2}{W \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i1}^2} \quad (4.21)$$

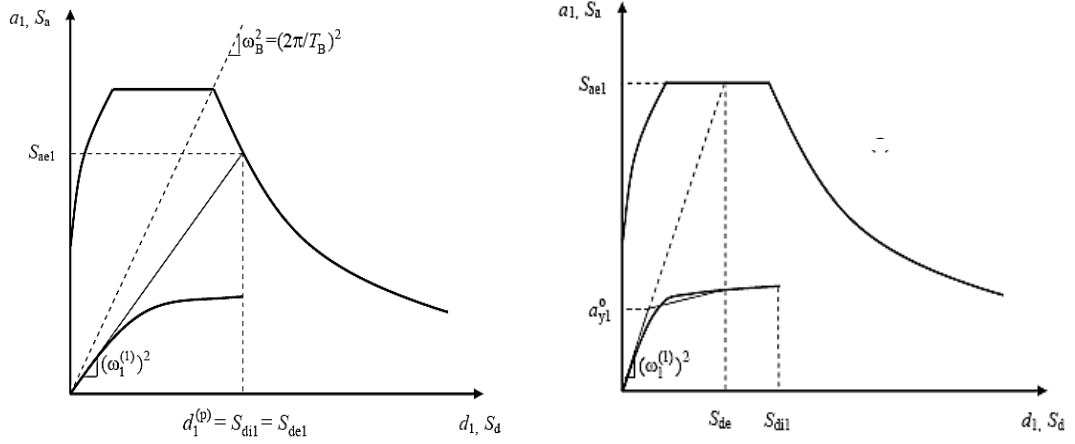
Burada Φ mod katılım oranı, m kat kütlesi ve W bina ağırlığını temsil etmektedir.

Mod katılım oranı üst katta 1 olacak şekilde normalize edilerek tez kapsamında hesaplamalar yapılmıştır. Bulunan PF_i ve α katsayıları kullanılarak binalara ait dayanım kapasitesi ve yer değiştirme kapasitesi değerleri Denklem (4.22) ile tek serbestlik dereceli sistem için spektral yer değiştirme (S_d) ve spektral ivmeye (S_a) bağlı olarak hesaplanmıştır.

$$S_d = \frac{\Delta_u}{PF_i \Phi_1} \quad S_a = \frac{V_t}{\alpha} \quad (4.22)$$

DBYYHY-2007’de verilen spektrum için Denklem (4.23)’de verilen ilişki kullanılarak bulunan elastik talep eğrisi ile tek serbestlik dereceli sistem için bulunan eğriler karşılaştırılır.

$$S_d = \frac{S_a T}{4\pi^2} \quad (4.23)$$



Şekil 4.10: DBYYHY-2007 Talep Hesabı

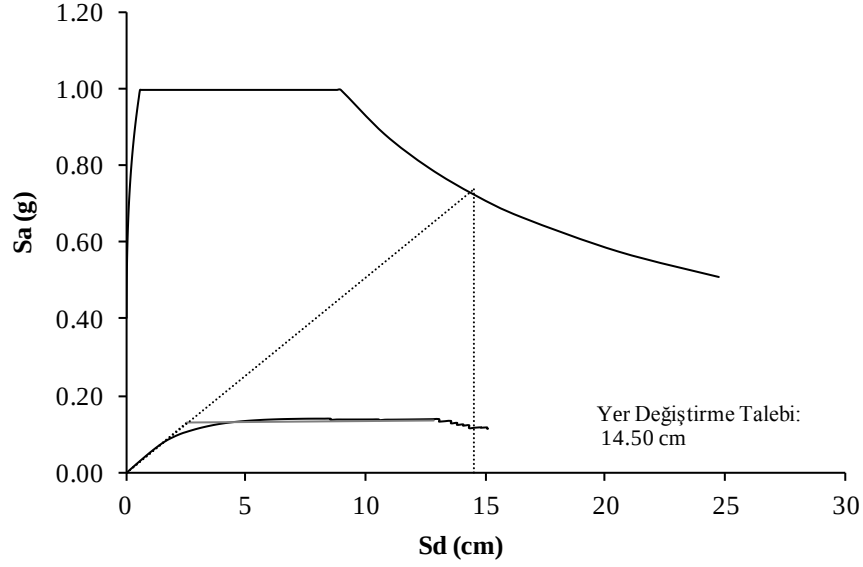
Bina periyodunun (T) zemin hâkim periyodu T_B ile olan ilişkisinden yararlanılarak talep hesaplanır (Şekil 4.10). Eğer $T > T_B$ ise Eş Değer Deplasman Yöntemi kullanılır ve C_R katsayısı 1 alınarak yerdeğiştirme talebi Denklem (4.26) ile bulunur. $T < T_B$ ise Eş Enerji Yöntemi kullanılır ve C_R katsayısı Denklem (4.24) ve Denklem (4.25)’den hesaplanır, bulunan C_R katsayısı ile inelastik talep Denklem (4.26)’den bulunur.

$$C_R = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.24)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ael}}{a_{y1}} \quad (4.25)$$

$$Sd_{inel} = C_R S_{del} \quad (4.26)$$

Tez kapsamında örnek olarak seçilen Bina#16’ya ait yerdeğiştirme talebinin hesabı Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Söz konusu şekilden binanın deprem talebinin, bina kapasitesinden büyük olduğu ve bina performansının Göçme olduğu açıkça gösterilmiştir.



Şekil 4.11: Bina#16'ya Ait Deplasman Talebi Hesabı

4.4.2 DBYYHY-2007'de Tarif Edilen Bina Performans Bölgeleri

Yapılan doğrusal olmayan analizler sonucunda binanın yerdeğiştirme kapasitesi ile deprem sebebiyle oluşan yerdeğiştirme talebi karşılaştırılmıştır. Ortaya çıkan deprem talebinin, bina kapasitesinin ne kadarını kullandığına bakılarak binanın deprem performansı belirlenmiştir. DBYYHY-2007'de 4 performans bölgesi tanımlanmıştır. Bu performans bölgelerine ait yönetmelikteki sınır şartları aşağıda açıklanmıştır.

4.3.3.1 Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi

Hemen Kullanım Performans Düzeyi için herhangi bir katta ve herhangi bir doğrultuda;

- Kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.
- Geri kalan tüm elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'ndedir.

4.3.3.2 Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi

Can Güvenliği Performans Düzeyi için herhangi bir katta ve herhangi bir doğruftuda;

- a) İkincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u 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 oran en fazla %40 olmalıdır.
- c) 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.

4.3.3.3 Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi

Göçme Öncesi Performans Düzeyi için herhangi bir katta ve herhangi bir doğruftuda;

- a) İkincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- b) 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) Kolonların hiçbirisi Göçme Bölgesi'nde değildir.

4.3.3.2 Göçme Performans Düzeyi

Diğer performans şartlarını sağlamayan elemanlar Göçme Bölgesi'ndedir.

5. AYRINTILI ANALİZ YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN HASAR İNDİSLERİ İLE İFADESİ

Bölüm 4'te statik itme analizi ile DBYYHY-2007'ye göre bulunan bina performanslarının daha detaylı incelemek ve diğer yöntemlerle karşılaştırmak için tez kapsamında hasar indislerinden yararlanılmıştır. Söz konusu hasar indislerinin hesabı, doğrusal olmayan analiz sonucunda elde edilen verilere dayanmaktadır. Çalışma kapsamında göz önüne alınan ilk hasar indisi literatürde de yaygın olarak kullanılan Park & Ang hasar indisidir (DI) (Park ve Ang, 1985). Yürütülen tez çalışmasında plastik deplasman talebinin, plastik deplasman kapasitesine oranı ile temsil edilen bir diğer hasar indisi daha (PI) kullanılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde P25 ve RBTE hızlı değerlendirme yöntemlerinden elde edilen bina puanları ile hasar indislerini karşılaştırmak, farklı yöntemler arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek hedeflenmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan Park & Ang ve PI hasar indislerinin belirlenebilmesi için binanın doğrusal olmayan analizlerinin yapılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılan hasar indislerinin hesaplanması daha sonraki bölümlerde detaylı olarak açıklanmıştır.

5.1 Park & Ang Hasar İndisi

Park & Ang Hasar İndisi maksimum deformasyon ve sönmelenen enerjinin kombinasyonu ile tarif edilmektedir. Hasar indisi eleman, kat ve bina için ayrı ayrı bulunabilmektedir. Elemanlar için Park & Ang hasar indisi dönme ve yer değiştirme değerlerine bağlı olarak Denklem (5.1) ve Denklem (5.2) ile hesaplanmaktadır.

$$DI_{P\&A} = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{\delta_u P_y} \int dE_h \quad (5.1)$$

$$DI = \frac{\theta_m - \theta_r}{\theta_u - \theta_r} + \frac{\beta}{\theta_u M_y} E_h \quad (5.2)$$

Denklem (5.1)'de eleman için elde edilen δ_m maksimum şekil değiştirmeyi, δ_u nihai yer değiştirmeyi, P_y akma dayanımı, $\int dE_h$ sönmölenen histerik enerjiyi tanımlamaktadır. Denklem (5.2)'de kesit için elde edilen θ_m maksimum mafsall dönmesini, θ_u nihai dönme, θ_y akmaya karşılık gelen dönme, M_y akma momentini, E_h . sönmölenen histerik enerjiyi ifade etmektedir. β ise her iki denklemde de sabit katsayıdır ve bu çalışmada 1998 öncesi binalar için 0.15, 1998 sonrası binalar için 0.10 olarak alınmıştır.

Statik itme analizleri tamamlandıktan sonra SAP2000 programında daha önce elemanlara tanımlanan plastik mafsallardaki plastik dönme değeri ve akma momenti belirlenmiş, bunlara bağı olarak elemanlara ait hasar indisleri hesaplanmıştır. Elemanlara ait sönmölenen enerji akma dönmesini geçen elemanlarda moment-dönme ilişkisinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Diğer elemanlarda sıfır olarak işleme dahil edilmiştir. Eleman hasar indisleri bulunduğktan sonra Denklem (5.3) ile katlara ve tüm binaya ait hasar indisleri bulunabilir.

$$DI = \sum \lambda_i D_i \quad \lambda_i = \frac{E_i}{\sum E_i} \quad (5.3)$$

Burada E_i i'nci elemanda sönmölenen enerjidir. Elemanda sönmölenen enerjinin tüm kat için sönmölenen toplam enerjiye oranı olarak ağırlıklı ortalama yardımıyla katlara ve binaya ait hasar indisleri belirlenebilir. Bulunan hasar indisleri için sınır değeri Tablo 5.1'de verilmiştir.

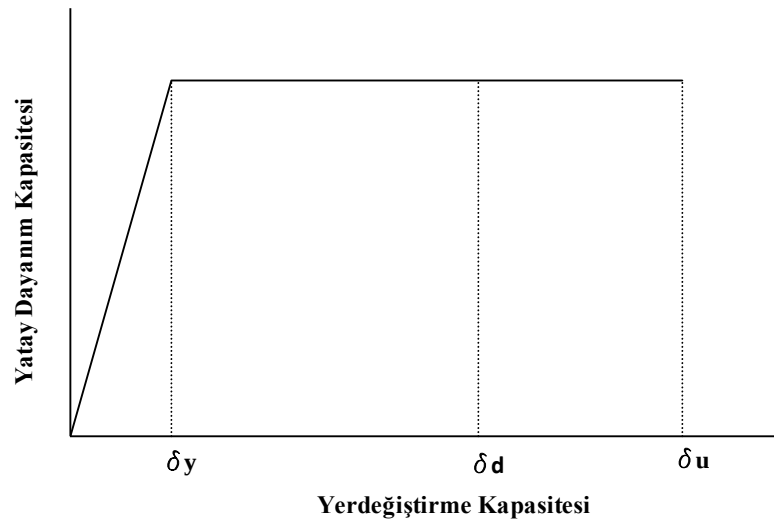
Tablo 5.1: Park & Ang Hasar İndisi Sınırları

Hasar Düzeyi	Park & Ang Hasar İndisi Sınırları
Hafif	0.1 - 0.2
Orta	0.2 - 0.5
Ağır	0.5 - 1.0
Göçme	> 1

5.2 Bina Kapasite Eğrisi Üzerinden Hesaplanan Hasar İndisi (PI)

Tez kapsamında statik itme analizi ile bulunan bina performans seviyelerini sözlü olarak tarif etmenin ötesine geçmek ve bu performanslara karşılık gelen sayısal bir hasar indisini elde etmek gerekmektedir. Bu amaçla Bölüm 4’te tarif edildiği şekilde elde edilen iki doğrulu kapasite eğrilerinden faydalanılmış, plastik deplasman talebinin, plastik deplasman kapasitesine oranı ile tarif edilen bir hasar indisi (PI) tanımlanmıştır. Envanterde bulunan bütün binalar için elde edilen PI hasar indislerinin açık ifadesi Denklem (5.4)’te verilmektedir.

$$PI = \frac{\delta_d - \delta_y}{\delta_u - \delta_y} \quad (5.4)$$

**Şekil 5.1:** Kapasite Eğrisi Üzerinde Yerdeğiştirme Talebi ve Kapasitesinin Gösterimi

6. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN P25 YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 P25 Yöntemi

Ayrıntılı hesap yöntemleri ile mevcut binaların değerlendirilmesi için öncelikle binalara ait yapısal bilgilerin toplanması ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, her bina için modellerinin oluşturulması ve analizlerinin yapılması gerekmektedir. Ülkedeki mevcut bina stokunun büyüklüğü düşünüldüğünde bunun çok zaman alacağı ve büyük maddi kaynak gerektireceği unutulmamalıdır. Bu durum kısa zamanda tamamlanabilen, ve ayrıntılı analizler ile yaklaşık olarak uyumlu sonuçlar verebilen hızlı değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesini ve kullanılmasını önemli hale getirmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin amacı hangi binanın çürük, hangi binanın sağlam olduğuna karar vermek değildir. Asıl amaç hangi binanın mevcut hali kullanıma devam edilebileceğini, hangi binanın ise daha ayrıntılı yöntemler ile incelenmesi gerektiğini belirleyebilmektir. Böylelikle zaman ve maddi kaynak yönünden tasarruf edebilmek mümkün olacaktır.

“Sıfır Can Kaybı Projesi” ve “P5 Yöntemi” ile Tezcan vd. (2002 ve 2003) ile geliştirilmeye başlanan hızlı değerlendirme yöntemi, Bal’ın P5 yöntemini geliştirmesi ve önceki depremlerde hasar almış 23 binaya uygulayarak sonuçları değerlendirmesi ile P24 Yöntemi adını almıştır (2005). Gülay, Tezcan ve Bal yaptıkları 106M278 numaralı TUBİTAK Projesi (2006-2008) kapsamında yöntemi çok sayıda binaya uygulamış ve tekrar düzenleyerek P25 Yöntemi’ni geliştirmişlerdir.

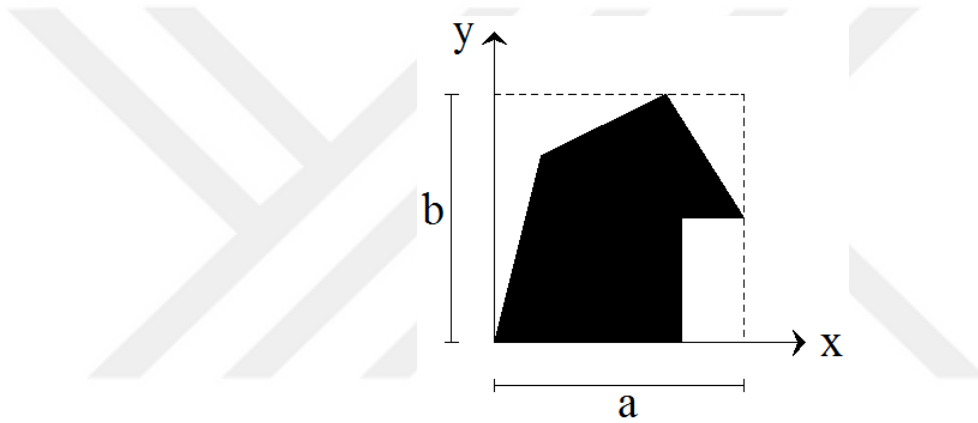
P25 yöntemi eleman boyutları, malzeme ve zemin özellikleri, dolgu duvar boyutları, taşıyıcı sistem türü, bina yüksekliği, binanın bulunduğu topografik konum, gibi parametreler ve deprem yönetmeliğinde tanımlanan bazı düzensizlikler esas alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan yedi farklı göçme puanının ve bunların birbiriyle etkisinden ortaya çıkan binaya ait P sonuç puanının

hesaplanmasını esas alır. P sonuç puanına bakılarak binanın depremde göçme riski hakkında yorum yapılır.

6.2 P25 Yöntemi Esasları

P25 yöntemi ile hesap yapılırken esas alınan parametreler ve bulunan yedi farklı göçme puanının etkisi aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

6.2.1 Kritik Kat Seçimi



Şekil 6.1: Efektif Kat Alanının Belirlenmesi

Yöntemde öncelikle kritik katın belirlenmesi gerekmektedir. Genelde alt katların dükkan olarak kullanıldığı ve bu katlarda rijitliğin daha az olduğu göz önünde bulundurularak en alt kat kritik kat kabul edilerek hesaplar yapılmaktadır. Kritik katın kesin olarak belirlenemediği durumlarda katlar için P puanları hesaplanmakta ve en küçük değer binayı temsil eden P puanı olarak kullanılmaktadır. Binanın efektif kat alanını, zemin kat taban alanını içine alan, kenarları a ve b olan dikdörtgen ile temsil edilmektedir (Şekil 6.1).

6.2.2 C_A Enkesit Alanı Endeksi Bileşkesi

Enkesit alan endeksi, kritik kat kolon, perde ve dolgu duvar alanlarının efektif kat alanına oranı olarak tarif edilir. Denklem (6.1) ve Denklem (6.2) ile kritik kata ait

X ve Y yönleri için $A_{ef,x}$ ve $A_{ef,y}$ değerleri bulunduktan sonra Denklem (6.3) ve Denklem (6.4) kullanılarak C_{Ax} ve C_{Ay} değerleri elde edilir. C_{Ax} ve C_{Ay} için max ve min değerler bulunup, Denklem (6.7)'de yerine konarak C_A enkesit alanı endeksi elde edilir.

$$A_{ef,x} = A_c + A_{sx} + (E_m / E_c) A_{wx} \quad (6.1)$$

$$A_{ef,y} = A_c + A_{sy} + (E_m / E_c) A_{wy} \quad (6.2)$$

$$C_{Ax} = 10^5 A_{ef,x} / A_e \quad (6.3)$$

$$C_{Ay} = 10^5 A_{ef,y} / A_e \quad (6.4)$$

$$C_{A,min} = \min(C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (6.5)$$

$$C_{A,max} = \max(C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (6.6)$$

$$C_A = \sqrt{0.87 C_{A,min}^2 + 0.5 C_{A,max}^2} \quad (6.7)$$

Denklem'de A_c kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamını, $A_{sx,y}$ kritik kattaki betonarme perde duvarların enkesit alanları toplamını, $A_{wx,y}$ kritik kattaki dolgu duvarlarının enkesit alanları toplamını ve E_m / E_c dolgu duvarı elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranını ifade etmektedir. $E_m / E_c = 0.15$ olarak işlemlerde kullanılmıştır.

6.2.3 CI Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi

X ve Y yönleri için atalet momenti endeksleri C_{Ix} , C_{Iy} ve bunların bileşkesi C_I atalet momenti bileşkesi bir önceki bölümde anlatılan C_A enkesit alanı endeksiyle aynı şekilde aşağıdaki denklemlerden yararlanılarak hesaplanır.

$$I_{ef,x} = I_{cx} + I_{sx} + (E_m / E_c) I_{wx} \quad (6.8)$$

$$I_{ef,y} = I_{cy} + I_{sy} + (E_m / E_c) I_{wy} \quad (6.9)$$

$$C_{I_x} = 10^5 (I_{ef,x} / I_x)^{0.2} \quad (6.10)$$

$$C_{I_y} = 10^5 (I_{ef,y} / I_y)^{0.2} \quad (6.11)$$

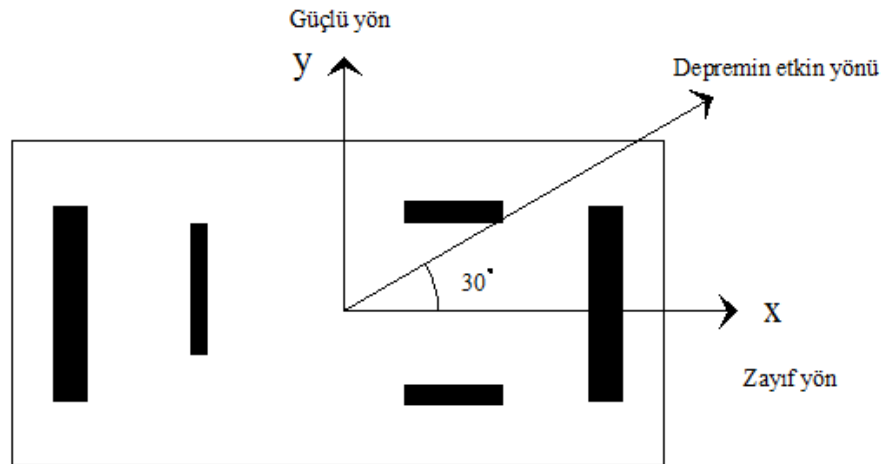
$$I_x = a^3 b / 12 \quad I_y = a b^3 / 12 \quad (6.12)$$

$$C_{I,\min} = \min(C_{I_x}, C_{I_y}) \quad (6.13)$$

$$C_{I,\max} = \max(C_{I_x}, C_{I_y}) \quad (6.14)$$

$$C_I = \sqrt{0.87 C_{I,\min}^2 + 0.5 C_{I,\max}^2} \quad (6.15)$$

Denklemlerde $I_{x,y}$ bina taban alanını içine alan dikdörtgenin X ve Y yönündeki atalet momentlerini, $I_{C,x,y}$ kritik kat kolonlarının X ve Y yönüne göre atalet momentleri toplamını, $I_{Sx,y}$ kritik kat perdelerinin X ve Y yönüne göre atalet momentleri toplamını ve $I_{Wx,y}$ kritik kat dolgu duvarlarının X ve Y yönüne göre atalet momentleri toplamını ifade etmektedir.



Şekil 6.2: Deprem Etkin Yönü

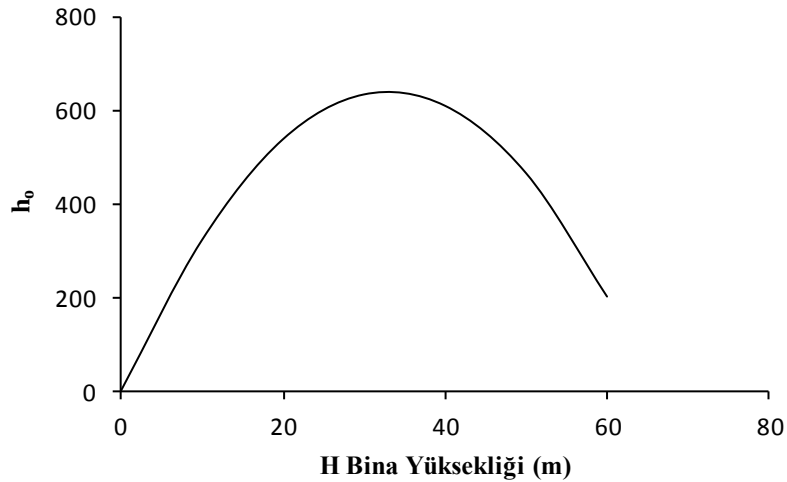
C_A ve C_I alan ve atalet momenti endeksi bileşkeleri hesaplanırken depremin binanın zayıf yönüne 30° açıyla geldiği varsayılarak hesaplamalar yapılmaktadır (Şekil 6.2).

6.2.4 P₀ Taşıyıcı Sistem Puanı

Binanın P₀ puanı Denklem (6.16) ile hesaplanır. Denklemde yer alan h_o bina yüksekliğini temsil etmektedir. h_o , H bina toplam yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Bal, İ., Tezcan S. S. ve Gülay F. G. yaptıkları çalışmalarda farklı yüksekliklerde ve farklı tasarım girdilerine sahip 27 bin civarında bina üreterek sonuçları regresyon analizine tabi tutmuş ve Denklem (6.17)'yi elde etmişlerdir. (En küçük kareler regresyon katsayısı R² = 0.40 'tır.)

$$P_0 = (C_A + C_I) / h_o \quad (6.16)$$

$$h_o = -0.6H^2 + 39.6H - 13.4 \quad (6.17)$$



Şekil 6.3: h_o ve H Arasındaki İlişki

Genel olarak bina yüksekliğinin artması ile bina performansı arasındaki ilişki Şekil 6.3'e bağlı olarak açıklanabilmektedir. Bina performansı önce bina yüksekliğiyle doğru orantılı olarak artarken, daha sonra azalmaktadır. Bu durumun sağlanması için diğer P puanlarının etkisine de bakılması gerekmektedir.

6.2.5 P₁ Temel Yapısal Puanı

P₀ puanı ve Tablo 6.1’de verilen f_i katsayılarının çarpılmasıyla Denklem (6.18)’deki formülle elde edilir.

$$P_1 = P_0 \left(\prod_{i=1}^{14} f_i \right) \quad (6.18)$$

Tablo 6.1: Yapısal Düzensizlik Katsayıları

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yüksek	Az	Yok
f_1	Burulma Düzensizliği	0.80	0.90	1.00
f_2	Döşeme Süreksizliği	0.84	0.92	1.00
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	0.70	0.85	1.00
f_4	Kütle Düzensizliği	0.75	0.85	1.00
f_5	Korozyon Mevcudiyeti	0.75	0.85	1.00
f_6	Ağır Cephe Elemanları	0.75	0.85	1.00
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti $\gamma = \text{Asma kat} / \text{Kat alanı}$	0.8 $\gamma \geq 0.25$	0.90 $0 < \gamma < 0.25$	1.00 $\gamma = 0$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.80	0.90	1.00
f_9	Beton Kalitesi	$f_9 = (f_c / 20)^{0.5}$		
f_{10}	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş	$f_{10} = [(I_x + I_y) / 2I_b]^{0.15} \leq 1.00$		
f_{11}	Etriye Sıklığı	$f_{11} = 0.60 \leq (10 / s)^{0.25} \leq 1.00$		
f_{12}	Zemin Sınıfı	0.80 (Z4)	0.90 (Z3)	1.00 (Z1, Z2)
f_{13}	Temel Tipi	0.80 - 0.90 TEKİL	0.95 SÜREKLİ	1.00
f_{14}	Temel Derinliği	0.90 $D < 1 \text{ m}$	0.95 $1 \leq D \leq 4 \text{ m}$	1.00 $D > 4 \text{ m}$

* f_c , binanın MPa cinsinden beton kalitesidir.

* I_x , I_y değerleri, kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun atalet momenti, I_b değeri ise, yine kritik katta en çok tekrar eden kirişin atalet momentidir.

* s , cm cinsinden sarılma bölgesindeki etriye aralığıdır.

Bu çalışma kapsamında tüm bina modelleri için f_9 , f_{10} ve f_{11} düzensizlik katsayıları yapısal parametrelere bağlı olarak hesaplanırken f_{12} ve f_{13} katsayıları sırasıyla 0.9 ve 0.95, diğer katsayılar 1 olarak işleme katılmıştır.

6.2.6 P₂ Kısa Kolon Puanı

Kısa kolon davranışı genel olarak pencere veya havalandırma boşlukları oluşturmak amacıyla duvarların kolon boyunca devam etmemesi ve sonucunda kolonların kesme etkisi ile gevrek hasar görmesi durumunu temsil etmektedir. Elemana gelen kesme kuvveti ve eleman uzunluğu arasındaki ters ilişki nedeniyle deprem sırasında hasar fazla olmaktadır.

P25 yönteminde kısa kolon tanımı ile boyu bulunduğu kattaki diğer kolonların boylarından daha az olan ve gevrek kayma kırılmasına maruz kalması beklenen kolonlar kastedilmektedir. Davranış kısa kolon boyunun kat yüksekliğine oranına ve kısa kolon bulunma oranına bağlı olarak Tablo 6.2’de verilen değerler ile temsil edilmektedir. Bu çalışma sırasında ele alınan binalarda kısa kolon olmadığından hesaplamalarda P₂ puanı 100 tam puan kabul edilmiştir.

Tablo 6.2: Kısa Kolon Puanı

Kısa Kolonların Bulunma Oranı	Kısa Kolon Boyu/ Kat Yüksekliği	
	> 2/3	≤ 2/3
Az (%15 den az)	70	50
Fazla (%15-%30)	50	30
Çok Fazla (%30 den fazla)	45	20

6.2.7 P₃ Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı

Yumuşak kat davranışı, alt katların dükkan olarak kullanıldığı ve bu yüzden de o kattaki kolon boylarının diğer katlardaki kolon boylarına göre daha uzun olduğu binalarda karşımıza çıkmaktadır. Eleman boylarındaki bu değişiklik alt katlarda

yatay rijitliğin azalmasına, görelî yer değiştirmelerin artmasına ve bu katın deprem davranışının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.

P25 yönteminde yumuşak kat puanı Denklem (6.19) ile hesaplanmaktadır Burada kritik kat ve bir üst katın yüksekliğinin oranı, kritik katın görelî ötelenmesini temsil etmektedir. Denklem (6.20) ve Denklem (6.21)'de yer alan r_a ve r_r değerleri kritik kat ve bir üst katının efektif alan ve efektif atalet momentlerinin birbirine oranıdır. r_a ve r_r değerleri x ve y yönü için ayrı ayrı bulunup ortalamalarının alınmasıyla elde edilir.

$$P_3 = 100 \left[r_a r_r \left(h_{i+1} / h_i \right)^3 \right]^{0.6} \quad (6.19)$$

$$r_a = (A_{ef,i} / A_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (6.20)$$

$$r_r = (I_{ef,i} / I_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (6.21)$$

6.2.8 P₄ Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Çıkmalar sonucunda binalarda çerçeve sürekliliğinin bozulması ve ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafenin artması sonucu deprem davranışı olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan çalışmalar, ağır çıkmalara sahip binaların geçmiş depremlerde düzgün cepheye sahip binalara oranla daha fazla hasara uğradığını göstermektedir (Özcebe, 2004; Sucuoglu ve Yazgan, 2003).

Çıkmalar ve çerçeve süreksizlikleri, çerçeve kirişlerinin durumuna ve çıkmaların kaç cephede bulunduğuna bağlı olarak Tablo 6.3'teki gibi hesaba dahil edilmektedir.

Tablo 6.3: Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Çerçeve Kiriřleri	Çıkmanın Bulunma Oranı		
	Tek Cephe	İki Cephe	Üç-Dört Cephe
Var	90	80	70
Yok	70	60	50

6.2.9 P₅ Çarpışma Puanı

Bitişik nizamlı binaların deprem sırasında birbirine çarpması sonucunda binalarda ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Tablo 6.4’de çarpışma puanı, çarpışma türü, kat yükseklikleri veya döşeme seviyeleri ve binaların birbirine göre durumuna bağlı olarak ele alınan binalar birbirinden bağımsız ve ayrı binalar olduğu için ve ayrıca doğrusal olmayan analizler sırasında da bitişiklik-ayrıklık durumu göz önüne alınmadığı için P₅ puanı 100 olarak alınmıştır.

Tablo 6.4: Çarpışma Puanı

Çarpışma Türü	Merkezi Çarpışma		Dış Merkezli Çarpışma	
	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme
Birbirine bitişik binalarda uç bina	60	30	40	25
Bir bina diğerinden daha rijit ve/veya ağır	55	30	35	25
Alçak bina ile yüksek bina komşu	75	40	50	35
Binalar aynı yükseklikte	75	50	65	45

6.2.10 P₆ Sıvılaşma Potansiyeli Puanı

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için zemin özelliklerinin belirlenmesi ve alana özel belli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Tablo 6.5’de görüldüğü gibi sıvılaşma potansiyeli yeraltı su seviyesine (YASS) bağlı olarak puanlanmıştır. Sıvılaşma potansiyeli olmayan zeminlerde bu katsayı 100 olarak alınmaktadır. Bu çalışma kapsamında P₆ puanı 100 olarak hesaplarda kullanılmıştır.

Tablo 6.5: Sıvılaşma Potansiyeli Puanı

YASS	Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyeli		
	Az	Orta	Yüksek
> 10.00 m	60	45	30
2.00 m - 10.00 m	45	33	20
< 2.00 m	30	20	10

6.2.11 P₇ Toprak Hareketeri Puanı

Belirlenen zemin özelliklerine göre ve yeraltı su seviyesine (YASS) bağlı olarak P₇ puanı Tablo 6.6'dan belirlenir. Z₁ ve Z₂ sınıfı zeminler için P₇ puanı 100 tam puan olarak alınırken, Z₃ ve Z₄ sınıfı zeminlerde yeraltı su seviyesinin derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışma sırasında P₇ puanı tüm binaların Z₃ zemin sınıfında olduğu kabulünden dolayı 35 olarak hesaplarda kullanılmıştır.

Tablo 6.6: Toprak Hareketeri Puanı

Zemin Sınıfı	YASS (m)	P ₇
Z ₁ -Z ₂	-	100
Z ₃	≤ 5.00	25
	> 5.00	35
Z ₄	≤ 5.00	10
	> 5.00	20

6.2.12 α Düzeltme Çarpanı

Binaya ait P sonuç puanı bulunurken 7 göçme puanı için seçilecek olan P_{min} puanının α katsayısı ile düzeltilmesi gerekmektedir. α katsayısı, bina önem katsayısına (I), hareketli yük çarpanına (n), deprem bölge katsayısına (A₀) ve topografik konum katsayısına (t) bağlı olarak Denklem (6.22)'den hesaplanır. Topografik konum katsayısının nominal değeri t=1 'dir. Binanın tepede olması durumunda t = 0.7 ve dik yamaçta olması durumunda t = 0.85 olarak alınır. Bu çalışmada tüm binalar konut yapısı ve 1. derece deprem bölgesinde olduğundan α katsayısı 1 olarak bulunmuştur.

$$\alpha = (1/I)(1.4 - A_0)[1/(0.4n + 0.88)]t \quad (6.22)$$

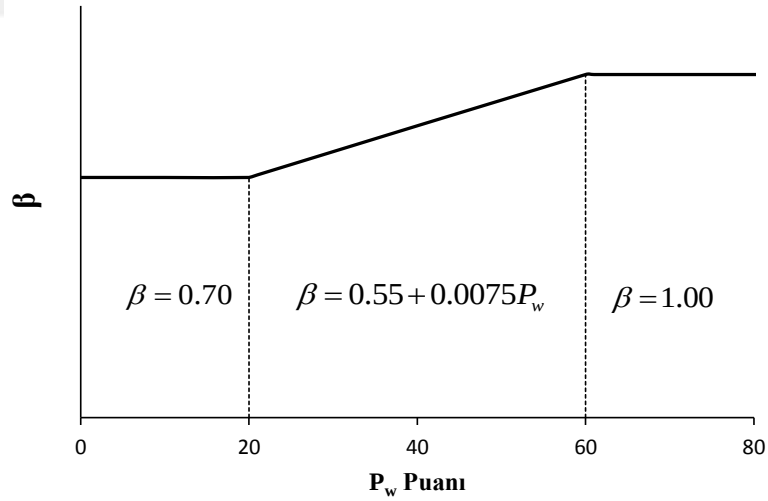
6.2.13 β Düzeltme Çarpanı

Binaya ait 7 göçme puanı içinden en küçük değer ($P_{\min}$) belirlenip, Tablo 6.7’de verilen ait w ağırlık puanları ile çarpılarak Denklem (6.23)’den binaya ait P_w puanı belirlenir. Bulanan P_w puanının sınır değerlere göre durumuna bakılarak β düzeltme çarpanı hesaplanır. P_w ’nin 20’den küçük değerlerinde $\beta = 0.70$, P_w ’nin 60’dan büyük değerlerinde $\beta = 1.00$ ve P_w ’nin ara değerleri için $\beta = 0.55 + 0.0075P_w$ olarak bulunur (Şekil 6.4).

Tablo 6.7: P Puanları İçin Ağırlık Ortalamaları

Ağırlık Puanı	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	$P_{\min}$
w	4	1	3	2	1	3	2	4

$$P_w = \sum (w_i P_i) / \sum w_i \quad (6.23)$$



Şekil 6.4: β Katsayısının P_w İle Değişimi

6.2.14 P Sonuç Puanı

Binaya ait 7 P_i puanından elde edilen $P_{\min}$ puanı ile α ve β düzeltme katsayıları kullanılarak Denklem (6.24)'den binanın sonuç puanı bulunur.

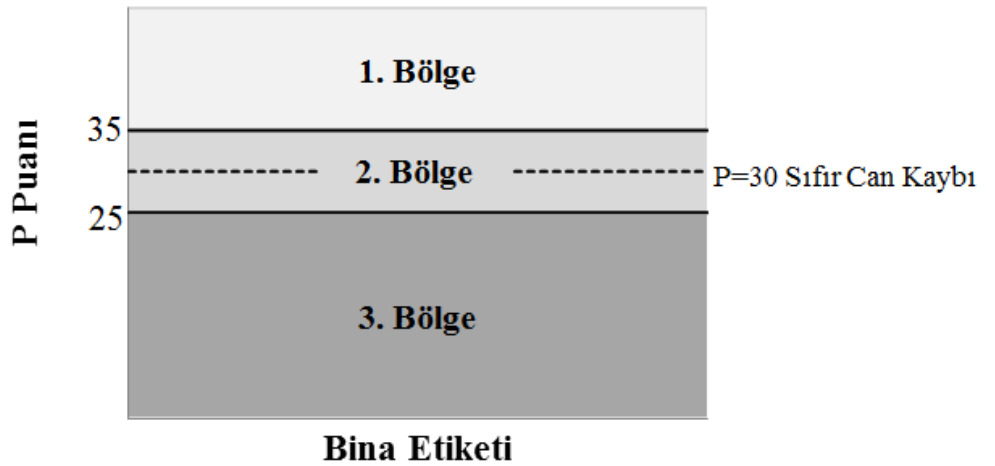
$$P = \alpha\beta P_{\min} \quad (6.24)$$

Elde edilen P sonuç puanına göre binanın genel durumu hakkında bir yorum yapmak mümkündür. P puan aralıkları 3 grup halinde değerlendirilmektedir. P25 yönteminde 30 puan sıfır can kaybı sınır değerini temsil etmektedir.

a) Eğer bulunan P puanı birinci bölgede ise ($P \geq 35$); yapı düşük risk bandında olarak değerlendirilir. Binanın toptan göçme ya da yıkılarak can kaybına neden olma olasılığı düşük, ayrıntılı incelenmesi öncelikli değildir.

b) Eğer bulunan P puanı ikinci bölgede ise ($35 > P > 25$); yapı ayrıntılı incelenmesi gereken bölgededir. Yıkılarak can kaybına neden olup olmayacağı şüpheli kabul edilir ve incelenmesi öncelikli değildir.

c) Eğer bulunan P puanı birinci bölgede ise ($P \leq 25$); yapının göçme riski yüksektir. Can kaybı riskinin yüksek olduğu binanın ayrıntılı hesap yöntemleri ile incelenmesi gerekmektedir Söz konusu risklerin ortadan kaldırılabilmesi için binanın muhtemelen güçlendirilmesi ya da yıkılarak yeniden yapılması gerekmektedir.



Şekil 6.5: P25 Bant Genişlikleri ve Bölgeleri

7. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN RBT YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1 RBTE Yöntemi

Ülkemizdeki mevcut betonarme bina stokunun hızlı ve ekonomik şekilde değerlendirilmesi amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından “6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” kapsamında “Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar” yayımlanmıştır.

Hızlı değerlendirme yöntemlerden olan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar’da Riskli Bina Tespit Yöntemi (RBTE), uygulanırken DBYYHY-2007’de toplam yüksekliği 25 m veya zemin döşemesi üstü sekiz katı geçmeyen betonarme ve yığma binaların risk belirlemede kullanılmaktadır. Bu kurallara uymayan yapılar için deprem yönetmeliğinde verilen değerlendirme yöntemi geçerlidir.

Yöntemde öncelikle binalara ait verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda röleve çalışmaları yapılmalıdır. Deprem yönetmeliğinde her kattan numune alınması gerekirken riskli bina tespiti ile sadece kritik kattan karot alınması istenmekte, böylelikle tespitlerin daha hızlı ve ekonomik olması hedeflenmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda, doğrusal analiz yapılarak binaların risk durumu yöntemde verilen sınır değerlerine bağlı olarak belirlenir. RBT Yöntemi’nde riskli bina tespitine bağlı olarak güçlendirme için performans seviyesi belirlenemez. Aynı şekilde riskli bulunmayan binaların DBYYHY-2007’de belirtilen can güvenliği performans düzeyini sağladığı anlamı çıkarılamaz.

Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar’da belirli alanlarda riskli olabilecek binaların bölgesel dağılımının belirlenmesi amacıyla basitleştirilmiş yöntemler verilmiştir. Bu yöntemler bina özelliklerini ve deprem tehlikesini göz önüne alarak bölgesel olarak riski belirlemektedir. Tez kapsamında bu

yöntemlerden biri olan Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi ile mevcut binalar incelenmiştir.

7.2 Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi Esasları

Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar'da Ek-A'da verilen Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi betonarme ve yığma yapıların bölgesel risk durumunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Birinci Derece Değerlendirme Yöntemi'nde binanın dışından ve kısmen içinden belirlenen, deprem davranışını etkileyen parametrelerden faydalanılır. Bu parametreler taşıyıcı sistem türü, kat adeti, görünen kalite, yumuşak kat, düşeyde ve planda düzensizlik, ağır çıkmalar, kısa kolon etkisi, çarpışma ve yapı nizam etkisi, tepe/ yamaç etkisi ve zemin sınıfıdır. İlgili parametreler yardımıyla her bir bina için performans puanı (*PP*) hesaplanır ve bulunan puanlar büyükten küçüğe doğru sıralanır. Böylece bölgesel risk öncelikleri belirlenmiş olur.

Bina performans puanı (*PP*) Denklem (7.1) kullanılarak bulunur. Denklemden TP taban puanı, binanın bulunduğu yerin deprem bölgesine ve toplam kat sayısına bağlı olarak Tablo 7.1'de verilen değerler yardımıyla hesaplanır. Taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak yapısal sistem puanı (*YSP*) gene aynı tablodan alınır.

$$PP = TP + \sum_{i=1}^n O_i * OP_i + YSP \quad (7.1)$$

Tablo 7.1: Taban Puanlar ve Yapısal Sistem Puanları

Toplam Kat Sayısı	Taban Puanı				Yapısal Sistem Puanı	
					Yapısal Sistem	
	Tehlike Bölgesi				BAÇ	BAÇP
	I	II	III	IV		
1 ve 2	90	120	160	195	0	100
3	80	100	140	170	0	85
4	70	90	130	160	0	75
5	60	80	110	135	0	65
6 ve 7	50	65	90	110	0	55

Tablo 7.2: DBYYHY-2007'ye Göre Belirlenen Deprem Bölgeleri

Tehlike Bölgesi	DBYYHY'e Göre Deprem Bölgesi	DBYYHY'e Göre Zemin Sınıfı
I	1	Z3/Z4
II	1	Z1/Z2
	2	Z3/Z4
III	2	Z1/Z2
	3	Z3/Z4
IV	3	Z1/Z2
	4	Tüm Zeminler

Denklem (7.1)'de verilen olumsuzluk parametre değeri (O_i) ve olumsuzluk parametre puanı (OP_i) sırasıyla Tablo 7.3 ve Tablo 7.4'de verilmiştir. Olumsuzluk parametre değerleri görünen kalite hariç var ya da yok olarak değerlendirilmiş ve 1 ya da 0 olarak tanımlanmıştır (Tablo 7.3). Olumsuzluk parametre puanları ise bina toplam kat sayısına bağlı olarak değişmektedir (Tablo 7.4).

Tablo 7.3: Olumsuzluk Parametre Değerleri (O_i)

Olumsuzluk Parametre No	Olumsuzluk Parametresi	Durum I		Durum II	
		Parametre Tespiti	Parametre Değeri	Parametre Tespiti	Parametre Değeri
1	Yumuşak Kat	Yok	0	Var	1
2	Ağır Çıkma	Yok	0	Var	1
3	Görünen Kalite	İyi	0	Orta (Kötü)	1 (2)
4	Kısa Kolon	Yok	0	Var	1
5	Tepe/Yamaç Etkisi	Yok	0	Var	1
6	Planda Düzensizlik	Yok	0	Var	1

Tablo 7.4: Olumsuzluk Parametre Puanı (OP_i)

Toplam Kat Sayısı		1,2	3	4	5	6,7
Yumuşak Kat		-10	-20	-30	-30	-30
Görünen Kalite		-10	-10	-15	-25	-30
Ağır Çıkma		-10	-20	-30	-30	-30
Aynı	Orta	0	0	0	0	0
	Kenar	-10	-10	-10	-10	-10
Farklı	Orta	-5	-5	-5	-5	-5
	Kenar	-15	-15	-15	-15	-15
Düşeyde Düzensizlik		-5	-10	-15	-15	-15
Planda Düzensizlik/Burulma		-5	-10	-10	-10	-10
Kısa Kolon		-5	-5	-5	-5	-5
Tepe/Yamaç Etkisi		-3	-3	-3	-3	-3

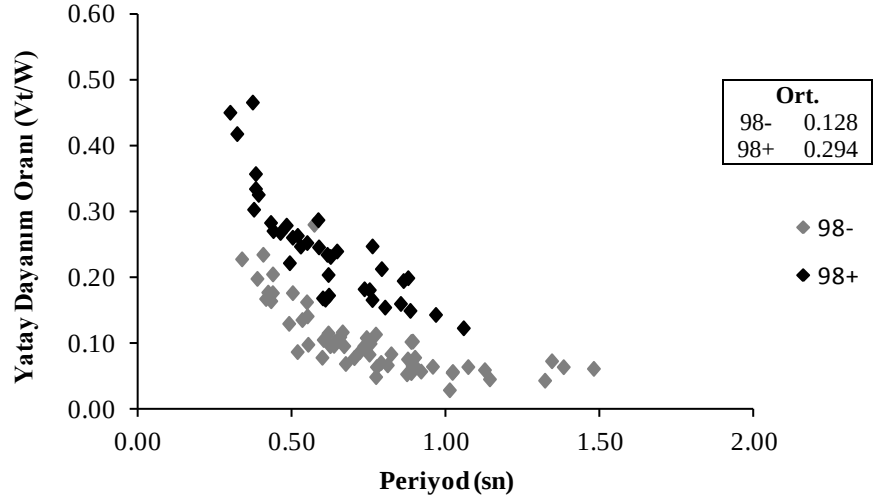
8. MEVCUT BİNALARDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Statik itme analiziyle bulunan bina performanslarının dağılımı Tablo 8.1’de verilmiştir. Buna göre 1998’den önce inşa edilen binaların X yönünde yapılan analizlerinden elde edilen sonuçlar, bu binaların %28’inin Can Güvenliği, %15’inin Göçme Öncesi ve %57’sinin ise Göçme performans düzeyinde olduğunu göstermektedir. Farklı yapım yıllarına bağlı olarak binaların X ve Y yönleri için yapılan analizlerinden elde edilen sonuçların hepsi bu tabloda görülmektedir.

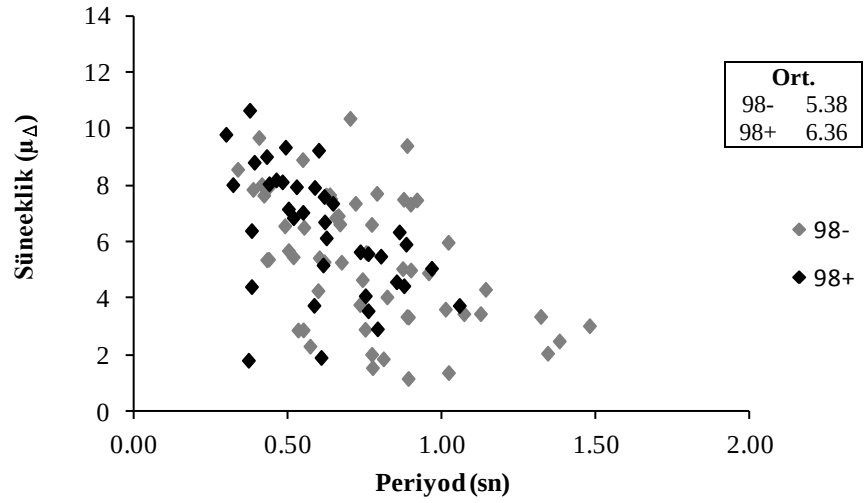
Tablo 8.1: Statik İtme Analizi Bina Performans Dağılımı

Bina Performans Dağılımı							
Yıl	Yön	Can Güvenliği (CG)		Göçme Öncesi (GÖ)		Göçme	
98-	X	16	28%	9	15%	33	57%
	Y	15	26%	13	22%	30	52%
	Kritik	11	19%	10	17%	37	64%
98+	X	30	81%	5	14%	2	5%
	Y	28	76%	7	19%	2	5%
	Kritik	22	59%	11	30%	4	11%

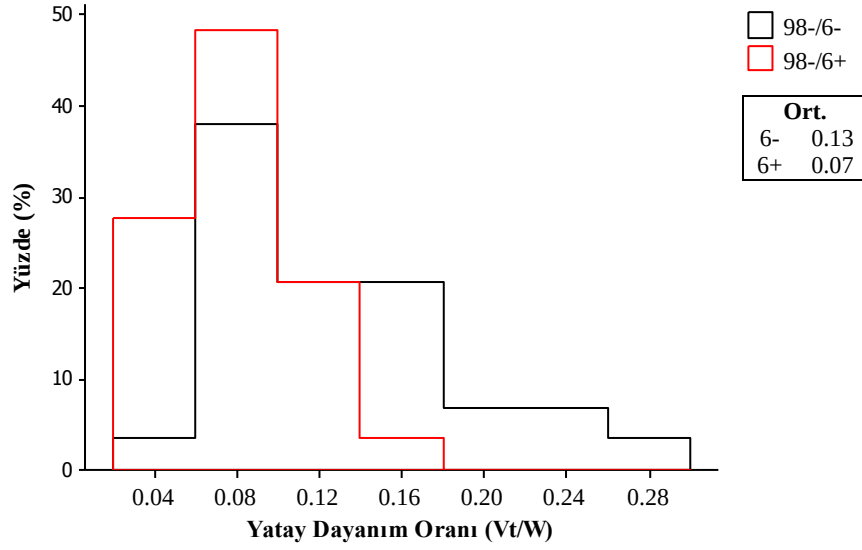
Analizler sonucunda elde edilen bina periyodları ve dayanım kapasitesi oranlarının ilişkisi Şekil 8.1’de X yönü için verilmiştir. Genel olarak periyod arttıkça, yatay dayanım oranı azalmaktadır. X yönünde yapılan analiz için sünekliğin periyod ile ilişkisi Şekil 8.2’de görülmektedir. Betonarme binalarda rijitliği arttıran faktörlerin (kolon, perde), yatay dayanımı arttırması ve sünekliği azaltması bu durumun öncelikli sebebidir. Y yönü için elde edilen sonuçlar ekler kısmında verilmektedir.



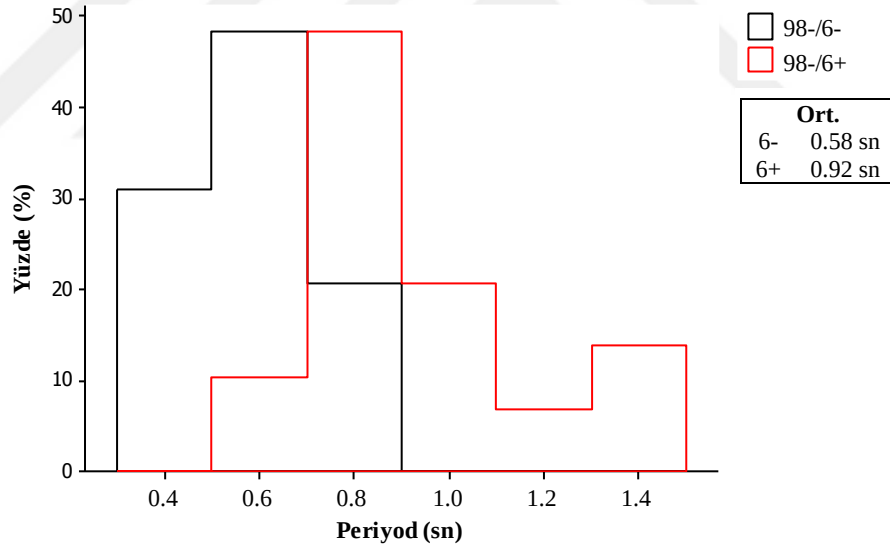
Şekil 8.1: Yatay Dayanım Oranı İle Periyod Arasındaki İlişki (X Yönü)



Şekil 8.2: Süneklik Kapasitesi İle Bina Periyodu Arasındaki İlişki (X Yönü)



Şekil 8.3: Düşük ve Orta Yükseklikteki Eski Binalarda V_t/W Oranlarının Dağılımı (X Yönü)



Şekil 8.4: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Periyod (X Yönü)

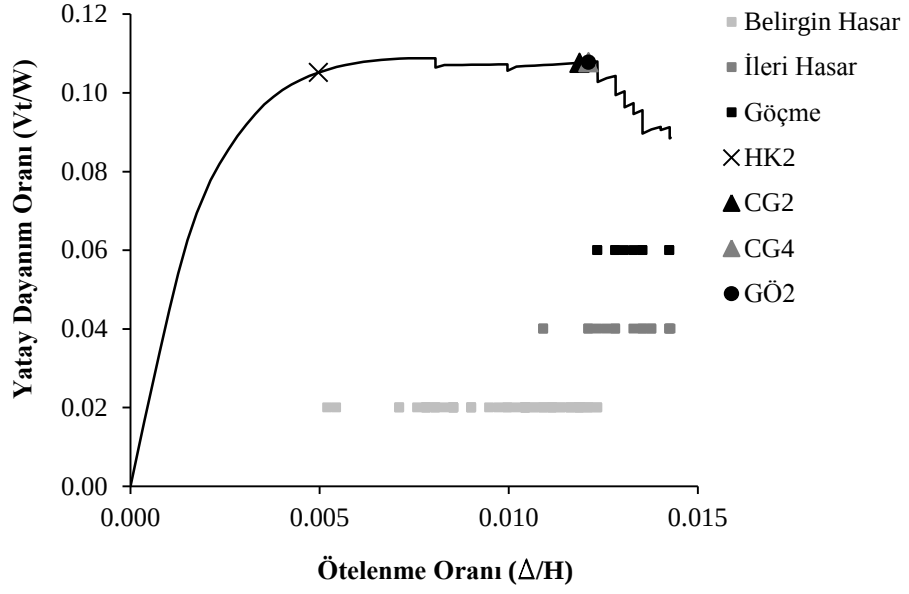
Bölüm 4.3.3'te Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG) ve Göçme Öncesi (CG) ile tarif edilen bina performanslarının tarifi, kolon ve kirişlerde oluşan hasarların seviyesi ve dağılımı üzerinden açıklanmıştır. Doğrusal olmayan analizler ile elde edilen bina performansları üzerinde kolon hasarlarının mı, yoksa kiriş hasarlarının mı daha etkili ve belirleyici olduğunu anlayabilmek için, bina performans hedeflerini tarif eden koşullar kolon ve kirişler için ayrı ayrı ele alınmış

ve isimlendirilmiştir. Tablo 8.2’de yapılan sınıflandırma ile ilgili detaylar görülmektedir.

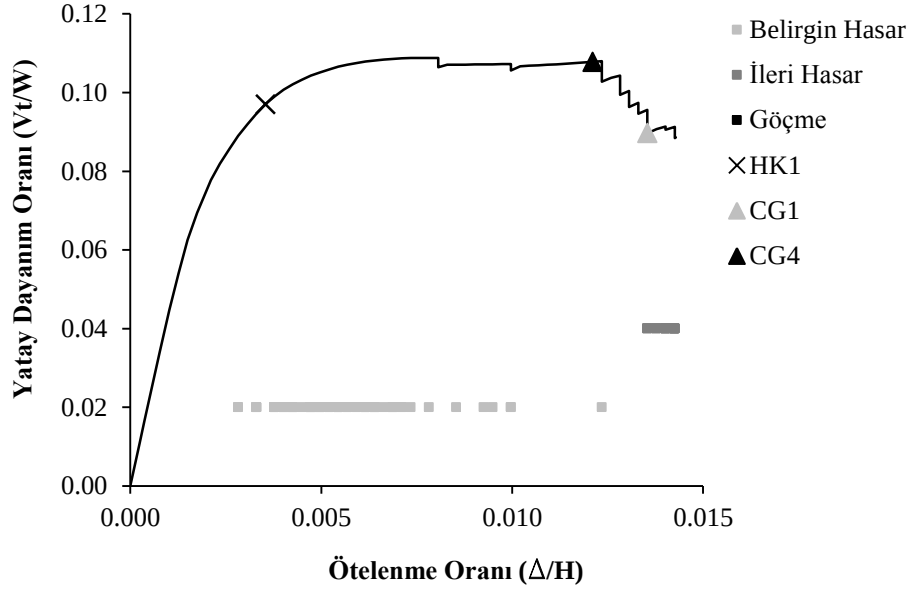
Tablo 8.2: Bina Performans Hedefleri ve Kolon / Kiriş Hasarları

Performans Seviyesi		Belirleyici Eleman	Açıklama
Hemen Kullanım	HK1	Kiriş	Herhangi bir katta deprem doğrultusunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
	HK2	Kolon	Taşıyıcı diğer elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'ndedir.
Can Güvenliği	CG1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
	CG2	Kolon	İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olabilir.
	CG3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerini ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.
	CG4	Kiriş/Kolon	Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.
Göçme Öncesi	GÖ1	Kiriş	Birincil kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
	GÖ2	Kolon	Tüm diğer taşıyıcı elemanlar Göçme Bölgesi'nde değildir.
	GÖ3	Kolon	Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerini ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı'nı aşmış kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin o kattaki kesme kuvvetine oranı %30'u aşmamalıdır.

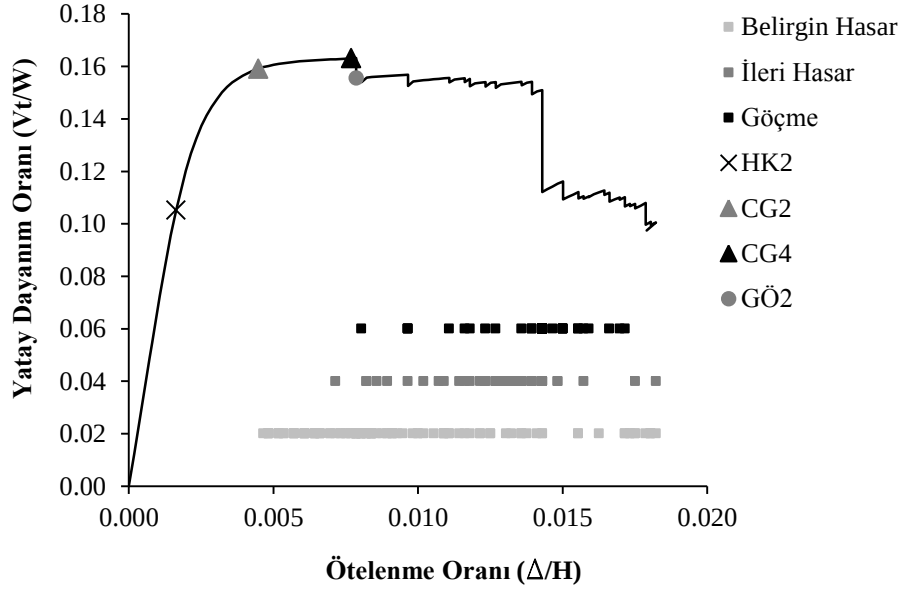
Statik itme analizlerinde elemanlarda oluşan kesit hasarlarının dağılımını incelemek amacıyla MN, GV ve GÇ kesit hasar sınırlarının görüldüğü ilk ötelenme değerleri elde edilmiştir. Örnek olarak farklı kat sayısına sahip binalar için elde edilen ötelenme değerleri, bina yükseklikleri ile sadeleştirilerek oransal olarak hesaplanmış ve bina kapasite eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekil 8.5 ve Şekil 8.7’de kolonlar için, Şekil 8.6 ve Şekil 8.8’de kirişler için Bina#16’ya ait X ve Y yönlü analizden elde edilen ötelenme değerleri verilmiştir. Diğer şekiller ekte verilmiştir.



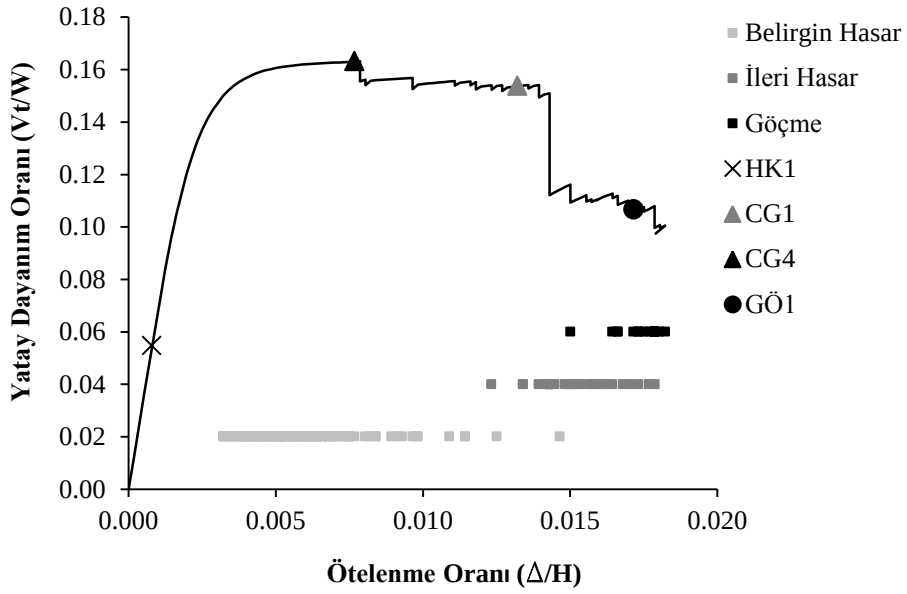
Şekil 8.5: Bina#16'ya Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



Şekil 8.6: Bina#16'ya Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



Şekil 8.7: Bina#16'ya Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)

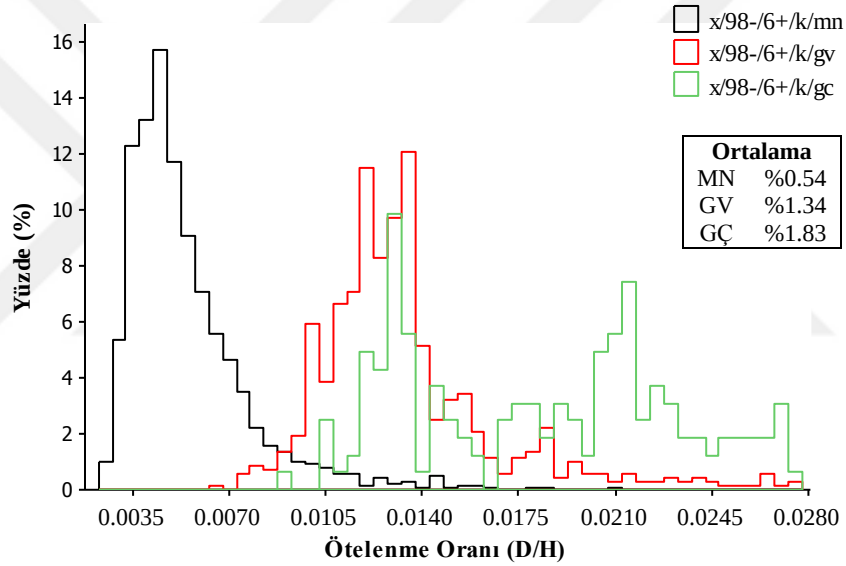


Şekil 8.8: Bina#16'ya Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)

Genel olarak hasar sınırlarının yönetmeliğe uygun olarak kademeli şekilde geçildiği görülmektedir. Şekiller incelendiğinde kirişlerde belirgin hasar bölgesine daha küçük ötelenme değerlerinde ulaşıldığı görülmektedir. X yönünde yapıla analizler Bina 16'nın yer değiştirme kapasitesine ulaştığı anda hiçbir kirişin göçme

bölgesine geçmediğini göstermektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi bazı performans sınırları oluşmamıştır.

Statik itme analizinde elemanlara tanımlanan plastik mafsallardan kesit hasarlarının ilk görüldüğü adım numaraları belirlenerek, bu adımdaki çatı yer değiştirme değerleri bina yükseklikleri ile sadeleştirilerek kesitlere ait hasar sınırı ötelenme oranı dağılımları çizilmiştir. Histogramlar oluşturulurken binalar yıl, kat sayısı, analiz yönü ve eleman türüne göre gruplandırılmıştır. Şekil 8.9'da örnek olarak 98 öncesi 6 ve üzeri katlı binalara ait kesit hasar sınırlarına ait ötelenme oranlarının dağılımları verilmiştir. Diğer tüm binalarda hasar sınırları için elde edilen göreceli ötelenme oranları ekler kısmında verilmiştir.



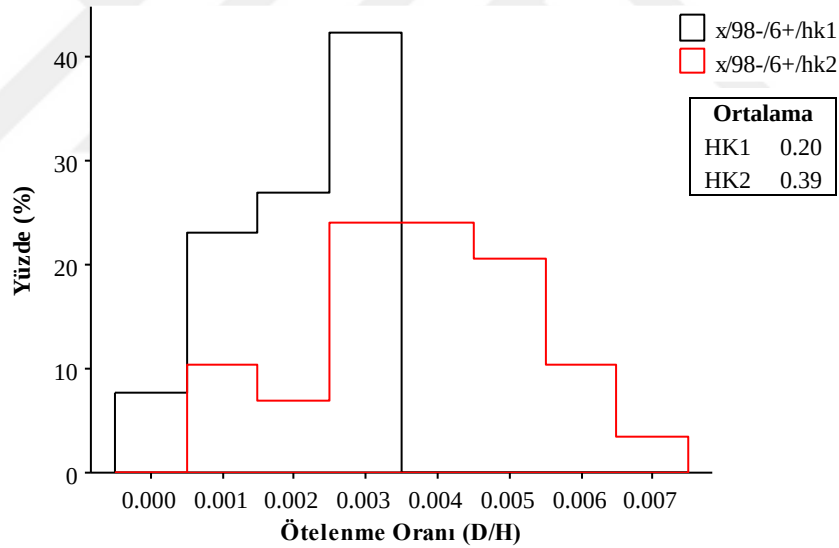
Şekil 8.9: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Kesit Hasar Dağılımları

Şekil 8.9'da verilen kesit hasar dağılımlarına göre MN kesit hasarı için ötelenme oranları maksimum %2.09, minimum %0.23 ve ortalama %0.54 olarak bulunmuştur. GV kesit hasarı için ötelenme oranları maksimum %2.76, minimum %0.67 ve ortalama %1.34 olarak bulunmuştur. GÇ kesit hasarı için ötelenme oranları maksimum %2.74, minimum %0.92 ve ortalama %1.83 olarak bulunmuştur.

Tüm tablo ve histogramlar incelendiğinde genel olarak hasar sınırlarının sıralı olarak oluştuğu, fakat özellikle GV ve GÇ sınırlarına ait saçılımın oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Tüm binalar için kat sayısı arttıkça, hasar sınırlarının görüldüğü ilk ötelenme oranlarında azalma görülmektedir. Ayrıca yeni binalarda (98+)

performans sınırlarına karşılık gelen görelî ötelenme oranlarının eski binalardan (98-) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 1998 yılından sonra yapılan yeni binalarda daha yüksek malzeme dayanımı ve yanal sargı donatısı sebebiyle bina performans sınırları daha yüksek ötelenme seviyelerinde oluşmakta, bu yüzden de yeni binaların yerdeğiştirme kapasiteleri artmaktadır. 98+ binalarda MN ile GV hasar sınırının ilk görüldüğü değeri kirişler ve GÇ sınırının ilk görüldüğü değeri kolonlar belirlerken, 98- binalarda MN hasar sınırını kirişler ve GV ile GÇ sınırını kolonlar belirlemektedir.

DBYYHY-2007 Bölüm 7’de yer alan hükümlere göre bulunan bina performans sınırlarının aşıldığı görelî ötelenme oranlarına ait dağılımlar hesaplanmıştır. Histogramlar oluşturulurken binalar yıl, kat sayısı, analiz yönü ve eleman türüne göre gruplandırılmıştır. Diğer tüm binalar için hesaplanan dağılımlar ekler bölümünde verilmiştir.

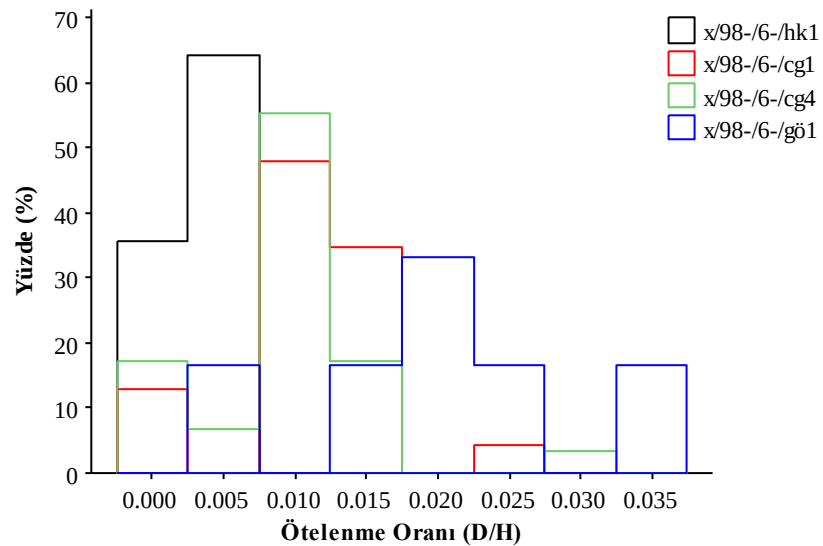


Şekil 8.10: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda HK Performans Seviyeleri

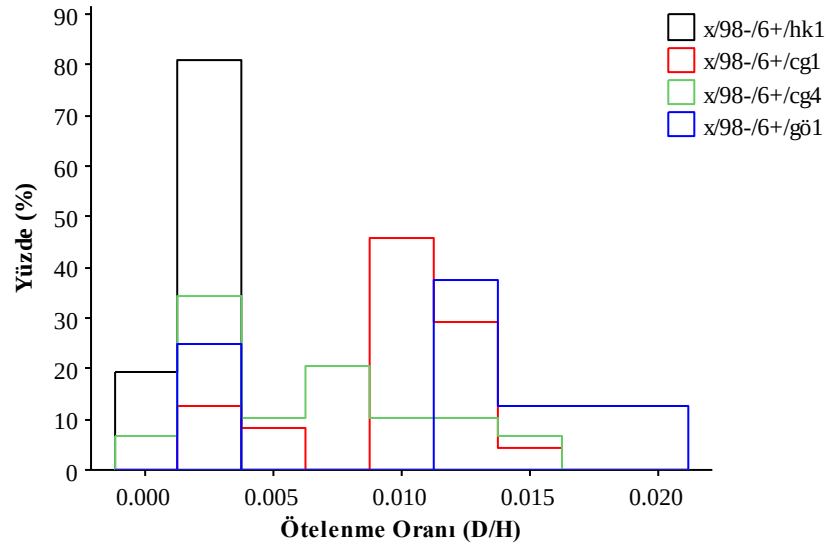
Şekil 8.10’da verilen performans sınırı ötelenme oranı dağılımlarına göre HK performans sınırı ötelenme oranları kirişlerin belirlediği (HK1) durum için maksimum % 0.67, ortalama %0.25 ve minimum %0.05, kolonların belirlediği (HK2) durum için maksimum %1.21, ortalama %0.41 ve minimum %0.08 olarak bulunmuştur. CG performans sınırı ötelenme oranları kirişlerin belirlediği (CG1) durum için maksimum %2.65, ortalama %1.14 ve minimum %0.06, kolonların

belirlediği (CG2-CG3) durum için maksimum %2.83-%2.64, ortalama %1.10-%1.21 ve minimum %0.27-%0.60 olarak bulunmuştur. CG4 hem kiriş hem de kolon için ortak şarttır. GÖ performans sınırı ötelenme oranı kirişlerin belirlediği (GÖ1) durum için maksimum %3.73, ortalama %1.97 ve minimum %0.40, kolonların belirlediği (GÖ2-GÖ3) durum için maksimum %2.83-%2.64, ortalama %1.15-%1.21 ve minimum %0.22-%0.60 olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlar söz konusu dağılımlara ait saçılımların oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

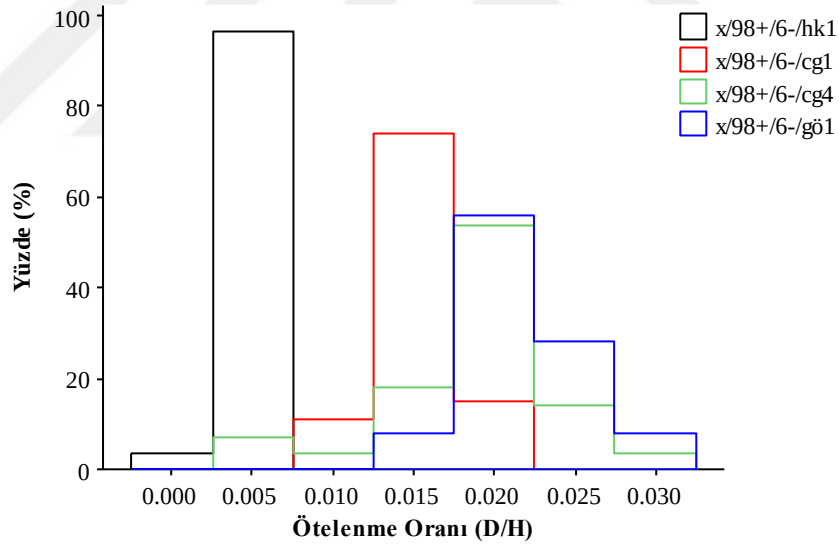
Tüm binalar için Hemen Kullanım (HK) performans sınırlarını kiriş şartları belirlemiştir. Can Güvenliği (CG) performans sınırında hem kiriş hem de kolonlarda oluşan hasarlar belirleyici olmuştur. Göçme Öncesi performans sınırında 98- binalarda kolonlar belirleyici iken, 98+ binalarda kirişler belirleyici olmuştur. 98+ binalarda güçlü kolon zayıf kiriş davranışına uygun olarak kirişler kolonlardan önce mafsallaşmıştır. Genel olarak bakıldığında kat sayısı 6'dan az binalarda performans sınırları, kat sayısı 6 üzeri fazla olan binalara göre daha yüksek ötelenme oranlarında görülmüştür. Kiriş ve kolon şartlarına göre performans sınırlarının dağılımı X yönü için aşağıda verilmiştir. Y yönü için ilgili şekiller ekte verilmiştir.



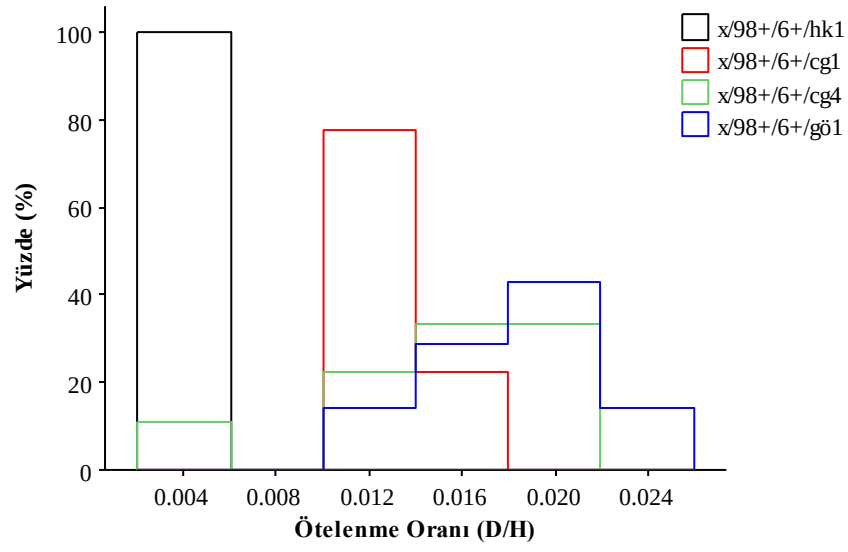
Şekil 8.11: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



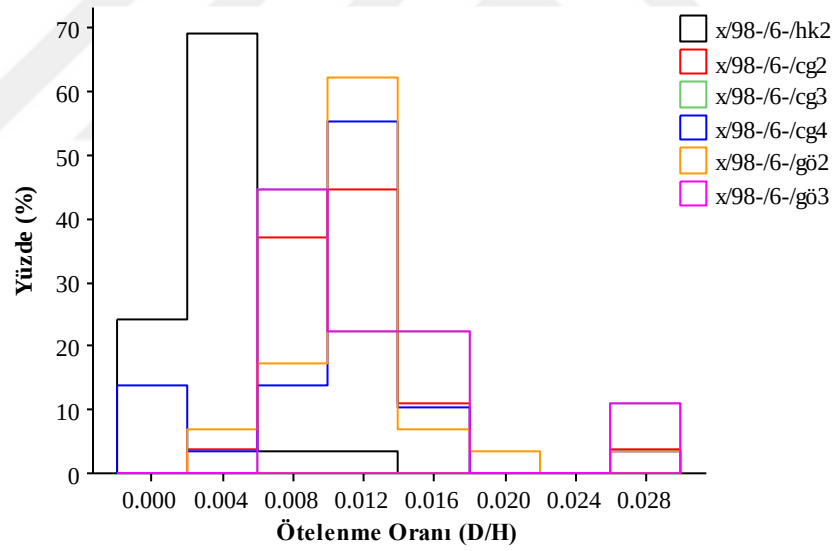
Şekil 8.12: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



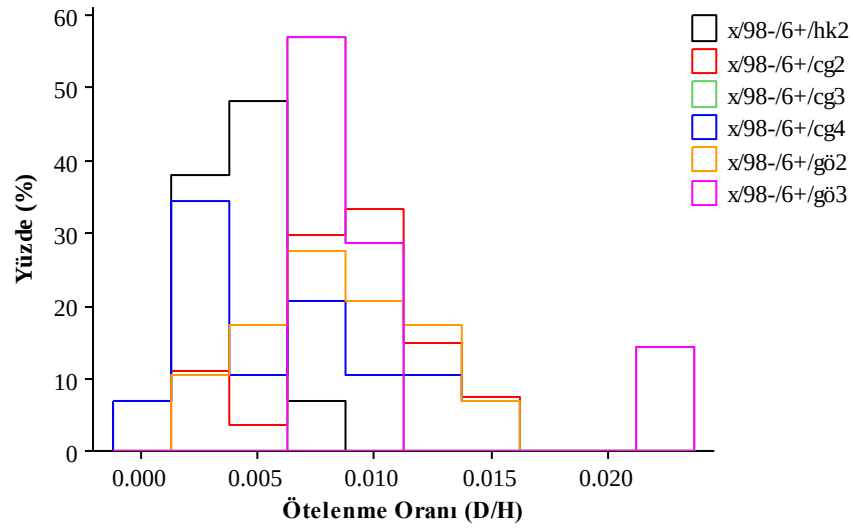
Şekil 8.13: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



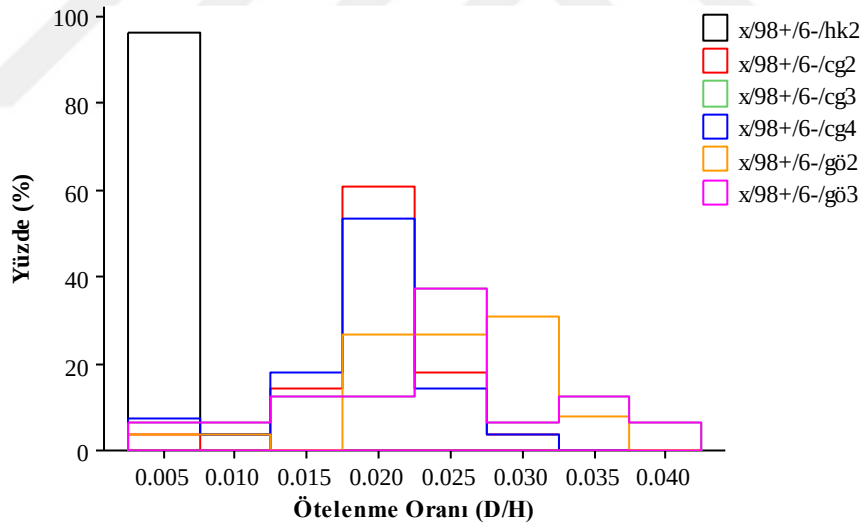
Şekil 8.14: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



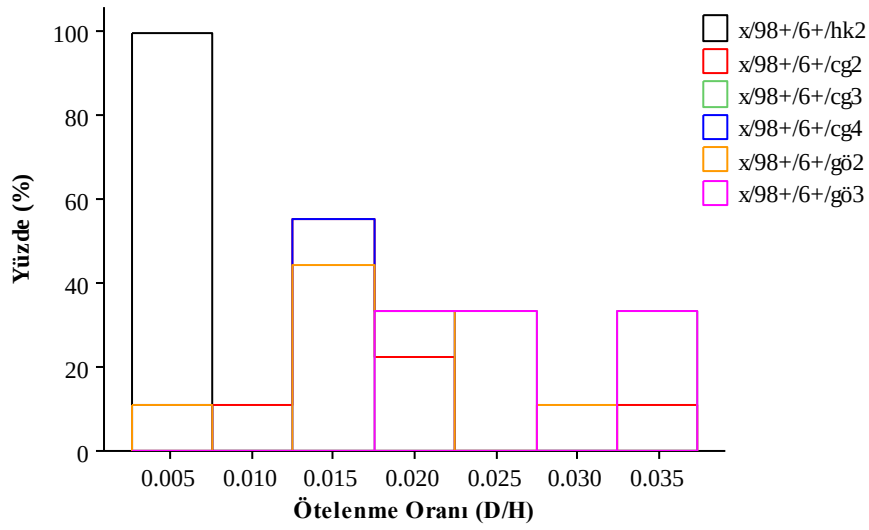
Şekil 8.15: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



Şekil 8.16: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



Şekil 8.17: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı



Şekil 8.18: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Koşuluna Göre Performans Sınırlarının Dağılımı

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda belirlenen bina performans sınırlarına ait değerler, Tablo 8.3 ve Tablo 8.4’de yıllara ve kat sayılarına bağlı olarak verilmiştir.

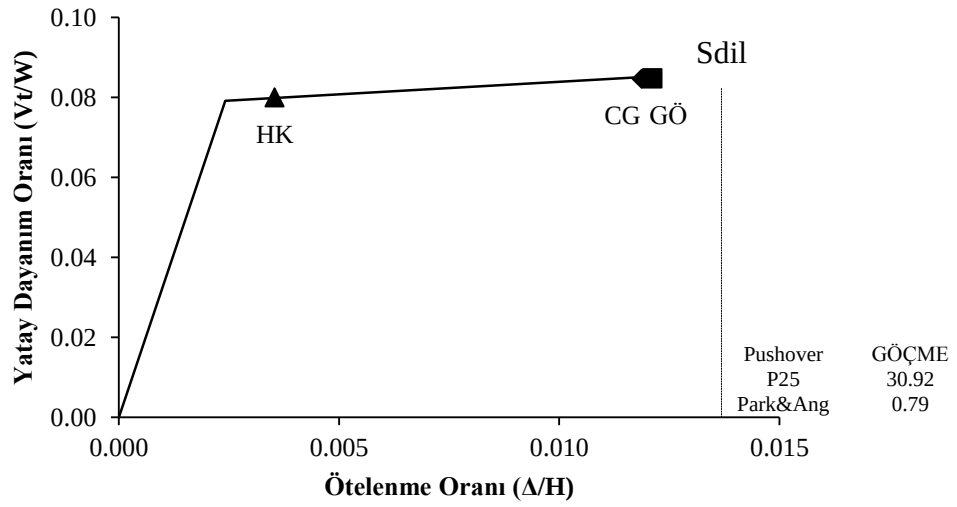
Tablo 8.3: Eski Binalarda Performans Sınır Ötelenme Değeri

Ortalama		Vt/W	T (sn)	Performans Sınır Ötelenme Değerleri (%)								
				HK1	HK2	CG1	CG2	CG3	CG4	GÖ1	GÖ2	GÖ3
				(Kiriş)	(Kolon)	(Kiriş)	(Kolon)	(Kolon)	(Kiriş-Kolon)	(Kiriş)	(Kolon)	(Kolon)
98-	3	0.22	0.43	0.33	0.46	1.55	1.39	1.45	1.29	2.26	1.47	1.45
	4	0.16	0.54	0.21	0.37	1.17	1.04	1.27	0.97	1.50	1.06	1.27
	5	0.13	0.68	0.21	0.41	0.93	0.93	0.88	0.71	1.28	0.93	0.88
	6+	0.10	0.89	0.19	0.39	0.82	0.94	0.93	0.57	1.00	0.89	0.93

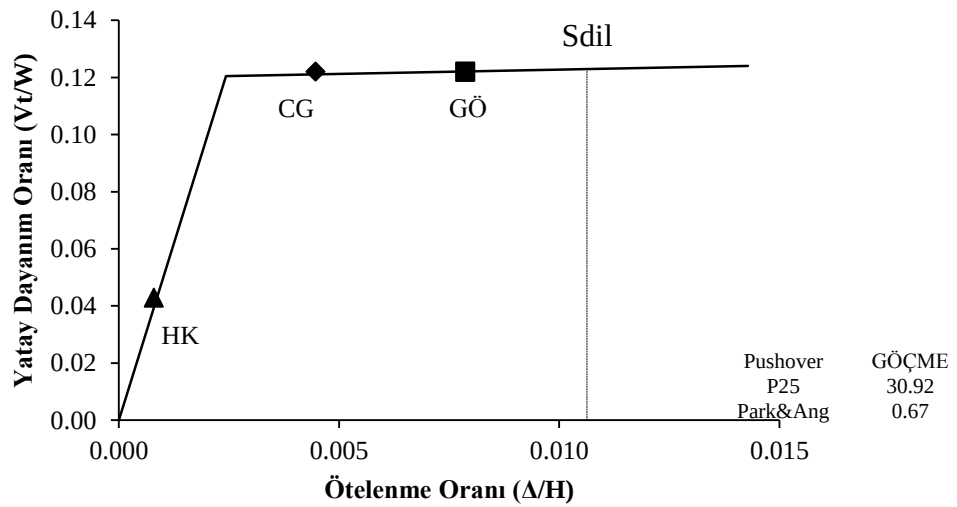
Tablo 8.4: Yeni Binalarda Performans Sınır Ötelenme Değeri

Ortalama		Vt/W	T (sn)	Performans Sınır Ötelenme Değerleri (%)								
				HK1	HK2	CG1	CG2	CG3	CG4	GÖ1	GÖ2	GÖ3
				(Kiriş)	(Kolon)	(Kiriş)	(Kolon)	(Kolon)	(Kiriş-Kolon)	(Kiriş)	(Kolon)	(Kolon)
98+	3	0.40	0.39	0.34	0.63	1.54	2.04	2.51	1.92	2.29	2.59	2.51
	4	0.31	0.54	0.36	0.66	1.54	2.03	2.43	1.96	2.29	2.54	2.43
	5	0.25	0.67	0.36	0.60	1.40	1.93	2.19	1.60	2.05	2.26	2.19
	6+	0.22	0.85	0.36	0.62	1.26	1.82	2.51	1.37	1.81	1.88	2.51

Doğrusal elastik ötesi itme analizi tamamlanan binaların kapasite eğrileri elde edilmiştir. DBYYHY-2007’de tanımlan yöntem ile binaların deprem talepleri hesaplanmıştır. Yine deprem yönetmeliğinin 7. bölümüne bağlı kalınarak performans seviyeleri elde edilmiştir. Bina performansının bulunmasına örnek olarak seçilen Bina#16’ya ait kapasite eğrileri Şekil 8.19 ve Şekil 8.20’de verilmiştir. Buna göre her iki yön için de bina performansı Göçme olarak bulunmuştur. Diğer yöntemler ile bulunan sonuçlar da şekillerde verilmiştir.



Şekil 8.19: Bina#16’ya Ait Performans Sonuçları (X Yönü)

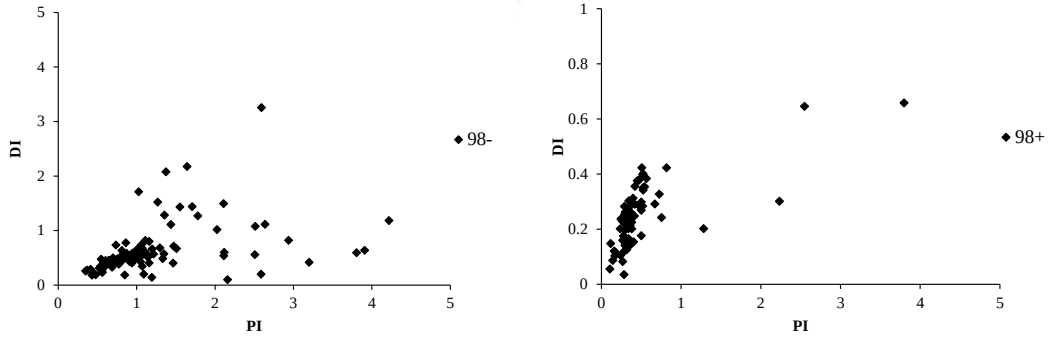


Şekil 8.20: Bina#16’ya Ait Performans Sonuçları (Y Yönü)

9. DETAYLI ANALİZ YÖNTEMİ İLE HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

9.1 Park & Ang Hasar İndisi İle Statik İtme Analizinin Karşılaştırılması

Statik itme analizinde elemanlara tanımlanan plastik mafsalların deformasyon kapasitelerinden ve elemanlarda görülen dönmelerden yararlanılarak bina performansları Park & Ang hasar indisi ile belirlenmiştir. Park & Ang hasar indislerinin Plastikleşme indisi (PI) ile ilişkisi Şekil 9.1’de yapım yıllarına bağlı olarak verilmiştir. PI katsayısı, kapasite eğrilerinin iki doğrulu hale getirilmesi ile elde edilen plastik yerdeğiştirme talebinin, plastik yer değiştirme kapasitesine oranıdır. Park & Ang hasar indisi ise yönetmelik şartlarına göre belirlenen talebin çatı yer değiştirmesinde görüldüğü adımda plastik mafsallarda oluşan dönme değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

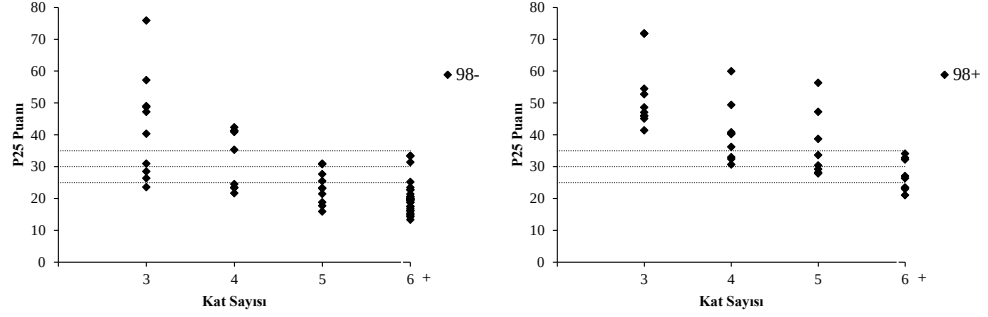


Şekil 9.1: Park & Ang Hasar İndisi-PI Katsayısı İlişkisi

PI hasar indisi plastik yerdeğiştirme talebinin, plastik yer değiştirme kapasitesine oranı olarak ifade edildiği için $PI \geq 1$ durumunda göçme oluşacağı bilinmektedir. Şekil 9.1 98+ binalarında PI katsayılarının daha küçük olduğunu göstermektedir. Yeni binalarda yanal donatı oranlarındaki artışlar ile sünekliğin artması, bina performansını yükseltmektedir.

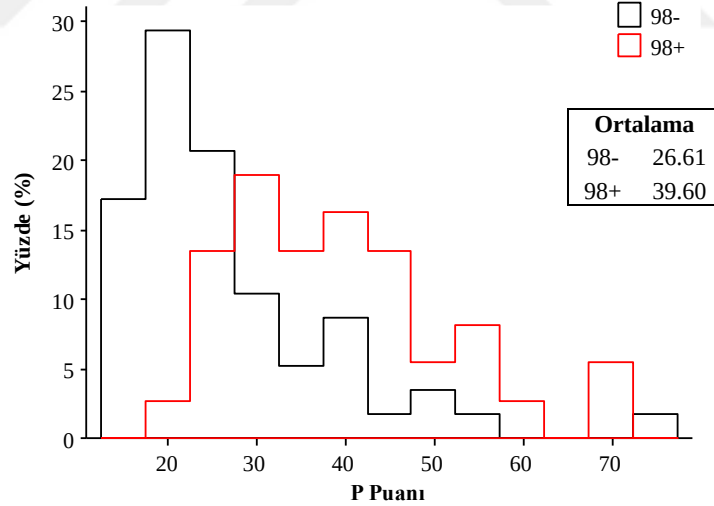
9.2 P25 Yöntemi İle Statik İtme Analizinin Karşılaştırılması

P25 yöntemine göre hesaplanan bina puanları ve bu puanlara ait dağılımlar yıllarına göre aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 9.2: P25 Puanlarının Yıllara Göre Dağılımı

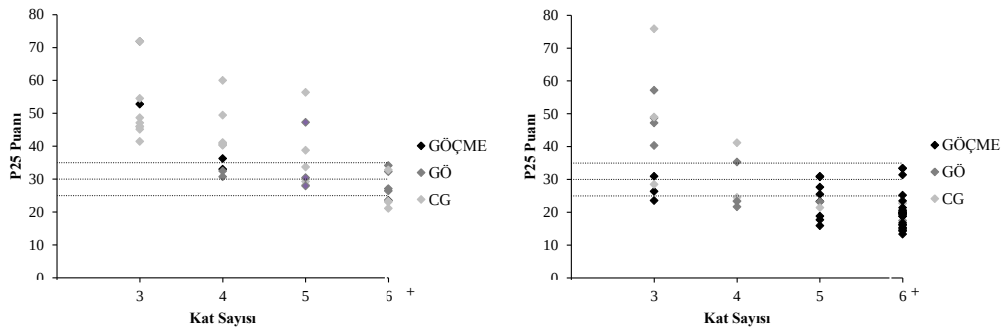
Çalışma kapsamında hesaplanan P25 puanlarının maksimum değeri 75.86, minimum değeri 13.32'dir. Şekil 9.2'de görüldüğü gibi göçme sınırının altında kalan binaların büyük çoğunluğunu 98- binaları oluşturmaktadır.



Şekil 9.3: P25 Puanlarının Yıllara Göre Dağılımı

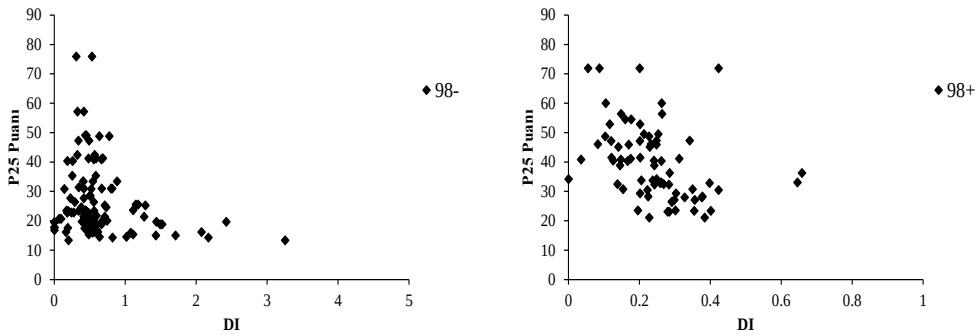
98- binalarının ortalaması 26.61, 98+ binalarının ortalaması 39.60 olarak bulunmuştur (Şekil 9.3).

Yöntemde 25 puan altındaki binaların göçme riski taşıdığı, 35 puan üzerindeki binaların güvenli olduğu ve ara değerlere sahip binaların detaylı analiz edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Statik itme analizleri binaların her iki yönü için farklı performans değerlerini vermektedir. Her iki yöntemin karşılaştırılabilmesi için X ve Y yönündeki analizlerden kritik olan esas alınmış, statik itme analizi için kritik performans değeri belirlenmiştir. P25 puanları ve belirlenen kritik değerlerin dağılımı Şekil 9.4'deki gibi olmaktadır.

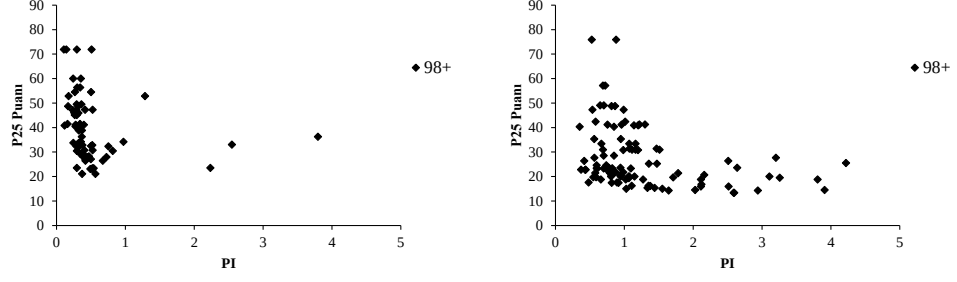


Şekil 9.4: Yönetmelik Sınırlarına Göre P25 Puanları

Tüm binaların statik itme analizinden ve P25 yönteminden elde edilen performans değerleri karşılaştırılmıştır. Statik itme analizine göre 33 bina CG, 21 bina GÖ ve 41 bina GÖÇME performans seviyesindedir.



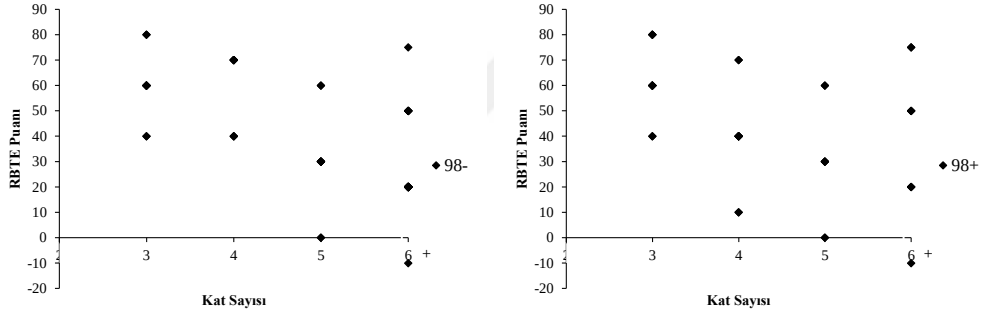
Şekil 9.5: P25 ve Park & Ang Yöntemlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması



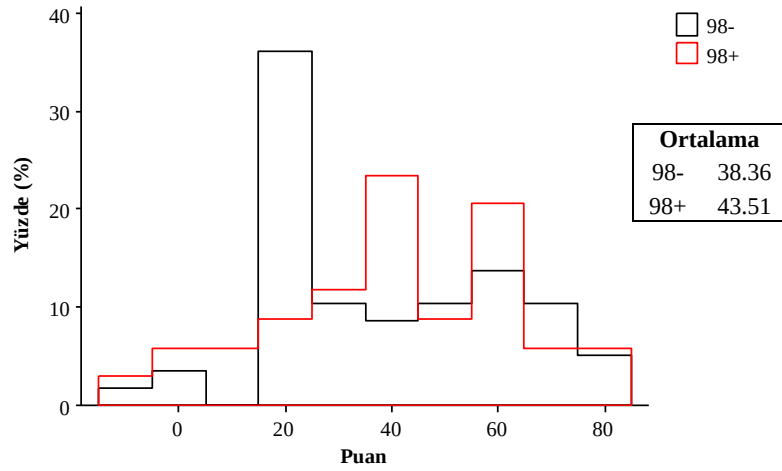
Şekil 9.6: P25 ve PI Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması

9.3 RBTE'ye Göre Değerlendirme

Riskli Bina Yönetmeliği Ek-A'ya göre bulunan puanların yıllara göre dağılımı Şekil 9.7 ve Şekil 9.8'da verilmiştir. Yöntemde herhangi bir sınır değeri olmadığından bulunan puanlar sadece binaların sıralama olarak gösterilmesinde etkili olmuştur.



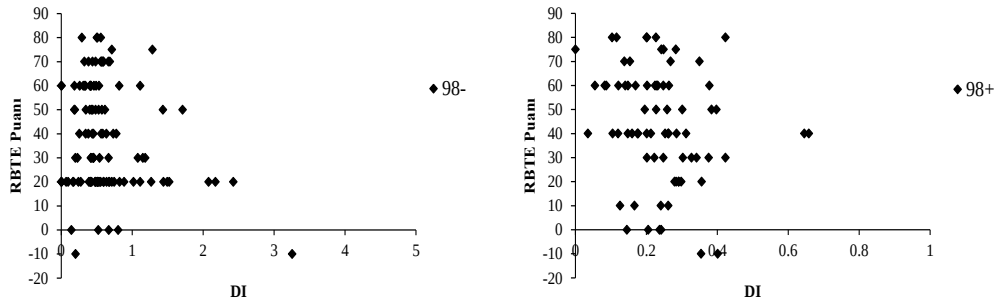
Şekil 9.7: Riskli Bina Yönetmeliği Ek-A'ya Göre Hesaplanmış Puanlar



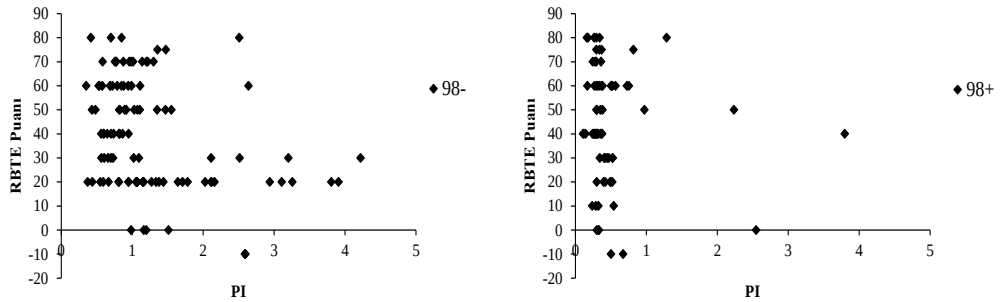
Şekil 9.8: Riskli Bina Yönetmeliği Ek-A'ya Göre Hesaplanmış Puanların Dağılımı

Binalar için maksimum RBTE puanının değeri 80, minimum değeri -10 olarak bulunmuştur. 98- binalar için ortalama puan 38.36, 98+ binalar için ise 43.51 olarak bulunmuştur (Şekil 9.8).

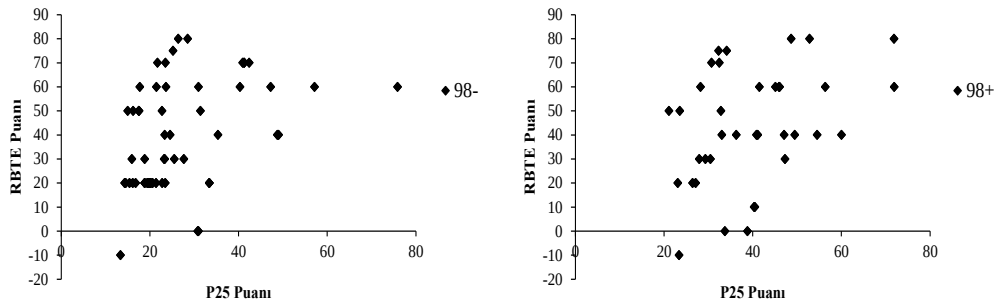
Bakanlık tarafından ilan edilen RBT yönteminin ise P25 yöntemine göre çok daha genel sonuçlar verdiği, binaları kıyaslamaktan ziyade riskli bölgeleri kıyaslamak için daha uygun bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.



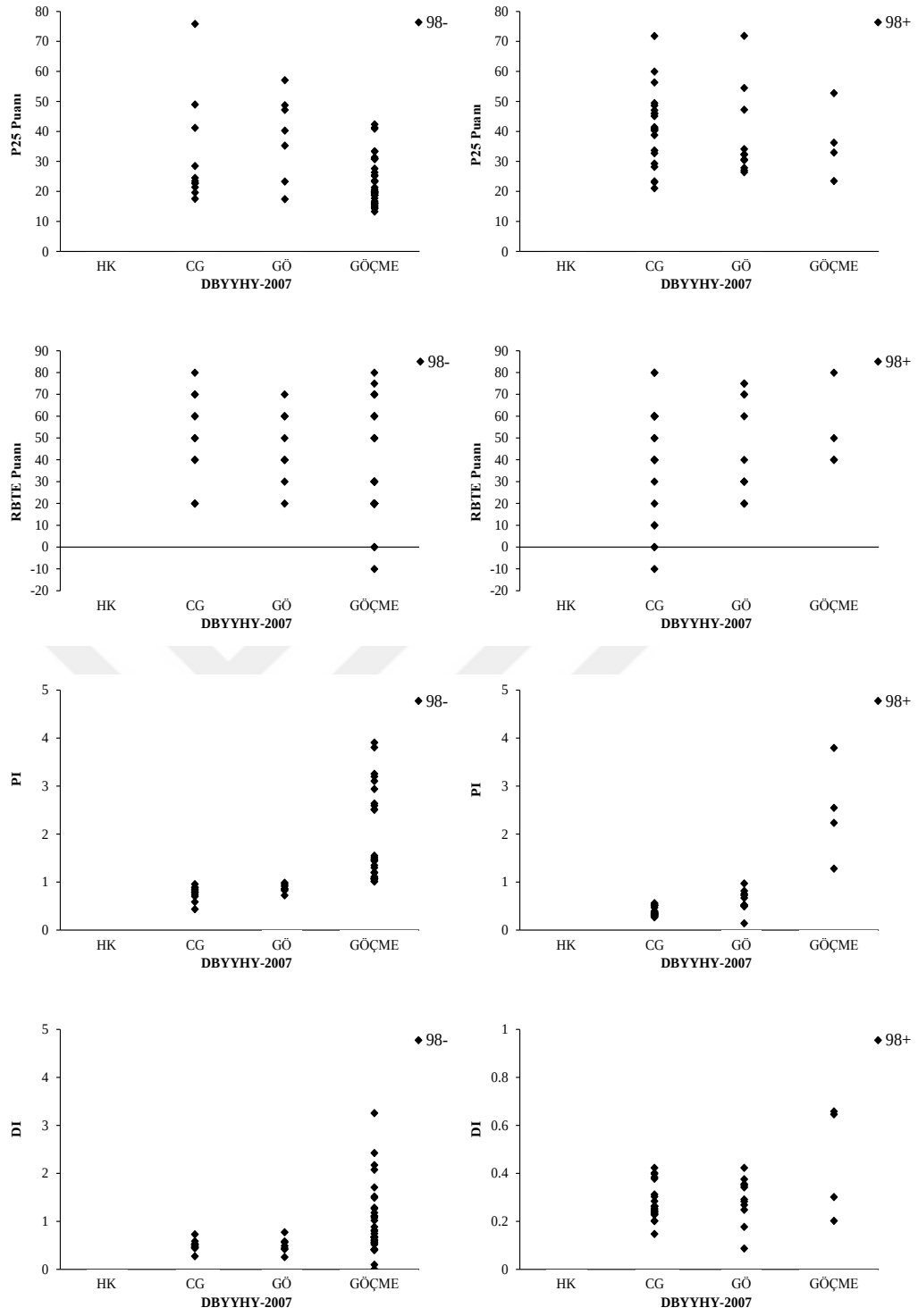
Şekil 9.9: RBTE ve Park & Ang Yöntemlerinden Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması



Şekil 9.10: RBTE ve PI Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması



Şekil 9.11: RBTE ve P25 Yöntemleri İle Elde Edilen Hasar Puanlarının Karşılaştırılması

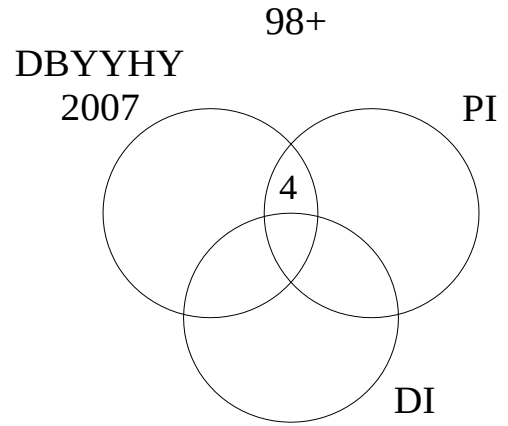
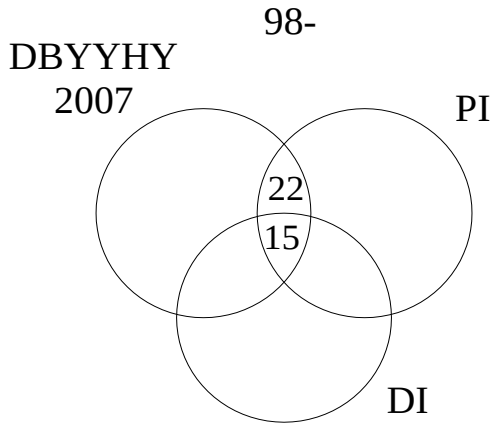
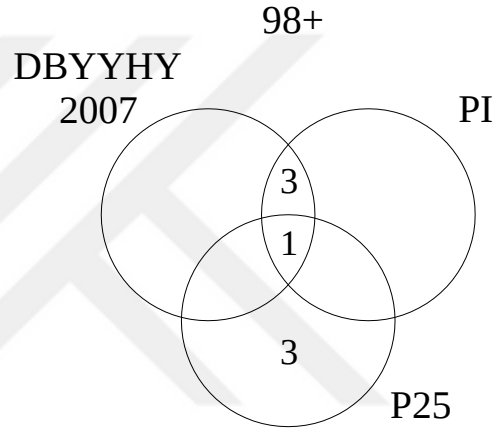
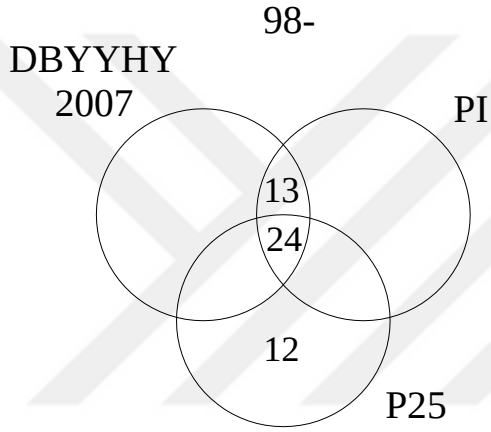
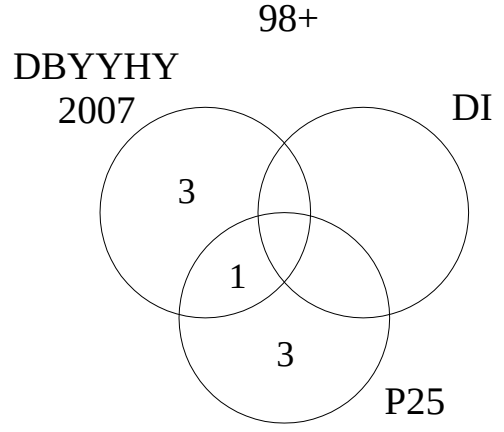
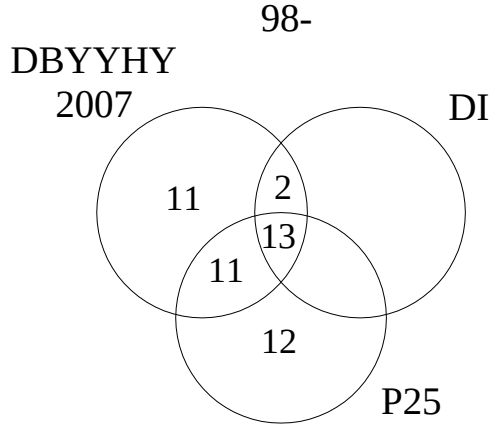


Şekil 9.12:DBYYHY-2007 İle Elde Edilen Diğer Puanların ve İndislerin Karşılaştırılması

Yerel zemin sınıfı, çekiçleme etkisi v.b. gibi ayrıntılı olarak incelenen binaların çoğunda ortak kabul edilen veya göz önüne alınmayan parametreler sebebiyle binalara ait hesaplanan RBT puanları birbirine yakın değerler almaktadır. Aynı RBT puanına sahip binalar için oldukça farklı P25, PI puanları ve TDY-2007 performanslarının elde edilmesi, bu binalar hakkında oldukça değişken ve birbiri ile uyumlu olmayan kararların verilebileceğini göstermektedir.

Binaların yapısal özelliklerine bağlı olarak puanlama yaklaşımının kullanıldığı P25 yöntemi ile TDY-2007 ve Park & Ang yöntemlerinin verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır. Eski binalar için yapılan hesaplamalar, P25 yöntemine göre 36 adet binanın, TDY-2007 yöntemine göre ise 37 adet binanın göçme durumunda olacağını göstermektedir. Elde edilen sayıların hemen hemen aynı olmasına rağmen, her iki yöntemin de göçme durumunda olacağını tahmin ettiği ortak binaların sayısı 24'tür. Başka bir ifade ile P25 yöntemi, ayrıntılı hesap sonucunda göçme durumunda olacağı belirlenen 37 adet binadan 24 tanesini yakalayabilmiştir. P25, Park & Ang ve TDY-2007 yöntemlerinin hepsinde de göçme durumunda olduğu belirlenen binaların toplam sayısı 13 adet olarak belirlenmiştir ki bu değer TDY-2007 ve P25 ile göçme durumunda olduğu belirlenen binaların ancak 1/3'üne karşılık gelmektedir. 1998'den sonra yapılan yeni binalar açısından sonuçlara bakıldığında ise hem P25, hem de TDY-2007 yöntemleri ile göçme durumunda alacağı tahmin edilen bina sayısının 4 adet olduğu, fakat bu binalardan sadece 1 tanesinin her iki yöntem tarafından da ortak şekilde belirlendiği anlaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar TDY-2007'de önerilen hesap yönteminin Park & Ang tarafından önerilen yöntemle oranda daha kritik sonuçlar verdiğini göstermektedir. TDY-2007 ile yapılan hesaplama sonucunda 1998 yılından önce inşa edilen 58 adet eski binadan 37 tanesinin göçme durumunda olacağı hesaplanırken, Park & Ang yöntemine göre yapılan değerlendirmede bu sayı 15 olarak hesaplanmaktadır. 1998 yılından sonra inşa edilen 37 adet yeni binada da benzer bir durum söz konusudur. Park & Ang yöntemi yeni binalarda göçme oluşmayacağı sonucunu verirken, TDY-2007'ye göre yapılan değerlendirme sonucunda 4 adet binanın göçme durumunda olacağı belirlenmiştir.



Şekil 9.13: Göçmenin Yöntemlere Göre Dağılımları

10. SONUÇLAR

•Yapılan tez çalışması kapsamında 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden önce inşa edilmiş 58, 1998 yönetmeliğinden sonra inşa edilmiş 37 adet olmak üzere toplam 95 adet mevcut binanın deprem performansları TDY-2007 de tarif edilen doğrusal olmayan analiz yöntemi ile ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Mevcut bina stokunu mümkün olduğunca gerçekçi bir biçimde temsil edebilmek için farklı kat sayılarına sahip binaların seçilmesine özen gösterilmiştir. Doğrusal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlar, 1998 yılından önce eski yönetmelik koşullarına göre inşa edilen binaların deprem performansının yeni binalara kıyasla çok daha düşük olduğunu, eski binaların yarıdan fazlasının yönetmelikte tarif edilen “Göçme” durumuna geçtiğini göstermiştir. 1998 yılından sonra inşa edilen binaların ise büyük çoğunluğu “Can Güvenliği” performans hedefini sağlamaktadır. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar gerek yeni, gerekse de eski binaların hiç birinin “Hemen Kullanım” performans hedefini sağlayamadığını göstermiştir.

•TDY-2007’de binalara ait Hemen Kullanım, Can Güvenliği, Göçme Öncesi ve Göçme şeklinde tarif edilen deprem performansları belirlenirken kolon ve kirişlere özel bir takım koşullar tarif edilmekte ve bu koşullardan kritik olana ait sınır değerlerin aşıldığı ötelenme seviyeleri esas alınarak bina performans bölgeleri tanımlanmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında kolon ve kirişlere ait bu koşullara karşılık gelen sınır değerlere ait ötelenme oranları ayrı ayrı belirlenmiş, kolon ve kiriş kriterleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Hemen Kullanım sınırına ait kritik ötelenme oranlarının, yönetmelikte kirişler için tarif edilen “Kirişlerin en fazla %10’u belirgin hasar bölgesindedir” koşulu tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Kolonların minimum hasar bölgesinde olmasını esas alan Hemen Kullanım koşuluna karşılık gelen ötelenme oranı, kirişler için tarif edilen sınırın yaklaşık iki katıdır. Dolayısı ile binaların Hemen Kullanım sınırını aşmasının öncelikli sebebinin kirişlerin belirgin hasar bölgesine geçmeleri olduğunu söylemek mümkündür.

•TDY-2007’yönetmeliğinde Can Güvenliği performans hedefi için kirişler ve kolonlar üzerinden tarif edilen 4 ayrı kriter bulunmaktadır. 1998 yılından önce inşa edilen eski binalardan elde edilen sonuçlar, kolonlar ve kirişler için her bir can

güvenliği koşuluna karşılık gelen ötelenme oranlarının benzer seviyelerde oluştuğunu ve bu oranın yaklaşık %1 civarında olduğunu göstermiştir. 1998'den sonra yapılan yeni binalarda ise Can Güvenliği performans sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının kiriş ve kolon koşulları açısından farklılaştığı görülmüştür. Bulunan sonuçlar kolonlar için tarif edilen koşulların kirişler için tarif edilen koşullardan daha büyük ötelenme oranları verdiğini göstermektedir. Kirişler için CG1 olarak tarif edilen koşula karşılık gelen ortalama ötelenme oranları %1.5 seviyesinde oluşurken bu değer kolonlar için tarif edilen CG2 koşulunda %2, CG3 koşulunda ise %2.5 göreceli ötelenme seviyelerine ulaşmaktadır. Bulunan bu değerlere bakarak TDY-2007'de yeni binalarda Can Güvenliği sınırına karşılık gelen göreceli ötelenme oranının kirişler için tarif edilen hasar koşulu tarafından kontrol edildiğini söylemek mümkündür.

- TDY-2007'de "Göçme Öncesi" performans hedefi için tarif edilen kolon ve kiriş kriterlerinin, "Can Güvenliği" performansına karşılık gelen göreceli ötelenme değerlerine oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Pek çok binada her iki performans hedefine karşılık gelen ötelenme oranları çakışmaktadır. Başka bir ifade ile pek çok binada "Göçme Öncesi" performans aralığı bulunmamakta, "Can Güvenliği" bölgesinden hemen sonra "Göçme" bölgesine geçilmektedir. Ortaya çıkan bu durum TDY-2007'de tarif edilen koşulların "Göçme Öncesi" bölgesini ayırt edici bir biçimde tarif edemediğini göstermektedir.

- Mevcut binaların hesabından elde edilen bir diğer sonuç ise yatay dayanım oranı ve süneklik kapasitesinin bina periyodu ile olan ilişkisidir. Yapılan hesaplamalar yatay dayanım oranlarının bina periyodu arttıkça azaldığını belirgin bir biçimde göstermektedir. Bu durum hem yeni, hem de eski binalar için net bir şekilde görülmektedir. Daha büyük kesit boyutları ve/veya daha yüksek malzeme dayanımları binaların dayanım kapasitesini artırmakta, artan rijitlik sebebiyle de bina periyodu azalmaktadır. Yatay dayanım oranındaki değişim kadar net olmamakla birlikte, benzer bir eğilim süneklik kapasitesi ile periyod arasında da geçerlidir. Özellikle eski binaların daha yüksek titreşim periyodlarına ve yetersiz sargı donatısına sahip olması bu durumun öncelikli sebebidir.

- Tez çalışması sırasında ele edilen sonuçları sınıflandırırken kısa ve orta yükseklikteki binaları birbirinden ayırmak için 5 ve daha az katlı binalardan elde edilen sonuçlar ile 6 ve üzeri katlı binalardan elde edilen sonuçlar ayrı ayrı verilmiştir. Bulunan sonuçlar 6 ve üzeri katlı binaların yatay dayanım oranlarının

kısa binalara oranla çok daha düşük olduğunu göstermektedir. Özellikle az katlı binalarda tasarımı genellikle minimum yönetmelik koşullarının belirlemesi ve bu yüzden de dayanım fazlalığı katsayısının daha yüksek oluşu bu duruma sebep olmaktadır.

- Yönetmelikte tarif edilen performans hesabı bize özgü bir yaklaşım olduğu için bulunan sonuçları başka bir yöntem ile de değerlendirmenin faydalı olacağı düşünülmüş ve incelenen binaların deprem performansı Park & Ang tarafından önerilen hasar indisi yaklaşımı ile incelenmiştir. Park & Ang tarafından önerilen yöntemin haricinde, doğrudan kapasite eğrisi üzerinden hesaplanabilen, plastik deplasman talebinin plastik deplasman kapasitesine oranı ile temsil edilen (PI) basit bir hasar indisi de ayrıca göz önüne alınmıştır.

- Ayrıntılı olarak hesaplanan ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarına dayanan bu 3 adet hasar belirleme yönteminin (TDY-2007, Park & Ang ve PI) verdiği sonuçlar kendi içinde karşılaştırılmış ve söz konusu yaklaşımların tutarlılığı tartışılmıştır. Ayrıntılı hesap sonuçlarına dayanan bu yöntemlerin haricinde, ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve ayrıntılı hesap yapmadan hızlı bir değerlendirme yapmaya imkan veren P25 ve RBT yöntemlerinden de yararlanılmıştır. Bu iki hızlı değerlendirme yönteminden elde edilen sonuçlar, ayrıntılı hesap sonuçlarına dayanan yöntemlerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Böylelikle sözü edilen hızlı değerlendirme yöntemlerinin etkinliği araştırılmıştır.

- Elde edilen sonuçlar TDY-2007’de önerilen hesap yönteminin Park & Ang tarafından önerilen yöntemle oranla daha kritik sonuçlar verdiğini göstermektedir. TDY-2007 ile yapılan hesaplama sonucunda 1998 yılından önce inşa edilen 58 adet eski binadan 37 tanesinin göçme durumunda olacağı hesaplanırken, Park & Ang yöntemine göre yapılan değerlendirmede bu sayı 15 olarak hesaplanmaktadır. 1998 yılından sonra inşa edilen 37 adet yeni binada da benzer bir durum söz konusudur. Park & Ang yöntemi yeni binalarda göçme oluşmayacağı sonucunu verirken, TDY-2007’ye göre yapılan değerlendirme sonucunda 4 adet binanın göçme durumunda olacağı belirlenmiştir.

- Binaların yapısal özelliklerine bağlı olarak puanlama yaklaşımının kullanıldığı P25 yöntemi ile TDY-2007 ve Park & Ang yöntemlerinin verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır. Eski binalar için yapılan hesaplamalar, P25 yöntemine

göre 36 adet binanın, TDY-2007 yöntemine göre ise 37 adet binanın göçme durumunda olacağını göstermektedir. Elde edilen sayıların hemen hemen aynı olmasına rağmen, her iki yöntemin de göçme durumunda olacağını tahmin ettiği ortak binaların sayısı 24'tür. Başka bir ifade ile P25 yöntemi, ayrıntılı hesap sonucunda göçme durumunda olacağı belirlenen 37 adet binadan 24 tanesini yakalayabilmiştir. P25, Park & Ang ve TDY-2007 yöntemlerinin hepsinde de göçme durumunda olduğu belirlenen binaların toplam sayısı 13 adet olarak belirlenmiştir ki bu değer TDY-2007 ve P25 ile göçme durumunda olduğu belirlenen binaların ancak 1/3'üne karşılık gelmektedir. 1998'den sonra yapılan yeni binalar açısından sonuçlara bakıldığında ise hem P25, hem de TDY-2007 yöntemleri ile göçme durumunda alacağı tahmin edilen bina sayısının 4 adet olduğu, fakat bu binalardan sadece 1 tanesinin her iki yöntem tarafından da ortak şekilde belirlendiği anlaşılmıştır.

- Bakanlık tarafından ilan edilen RBT yönteminin ise P25 yöntemine göre çok daha genel sonuçlar verdiği, binaları kıyaslamaktan ziyade riskli bölgeleri kıyaslamak için daha uygun bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Yerel zemin sınıfı, çekişleme etkisi v.b. gibi ayrıntılı olarak incelenen binaların çoğunda ortak kabul edilen veya göz önüne alınmayan parametreler sebebiyle binalara ait hesaplanan RBT puanları birbirine yakın değerler almaktadır. Bu ise RBT yöntemini deterministik bir biçimde diğer yöntemler ile karşılaştırmayı zorlaştırmıştır. Ayrıca binaların RBT ve P25 puanları arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Aynı RBT puanına sahip binalar için oldukça farklı P25, PI puanları ve TDY-2007 performanslarının elde edilmesi, bu binalar hakkında oldukça değişken ve birbiri ile uyumlu olmayan kararların verilebileceğini göstermektedir.

- Farklı yöntemlerin oldukça farklı sonuçlar vermesine rağmen, bu yöntemler açısından benzer olan durumlar da söz konusudur. Kat sayısı arttıkça RBT ve P25 puanlarının düşmesi ve binaların daha riskli hale gelmesi buna örnektir. Aynı şekilde Park & Ang ve TDY-2007 ile hesaplanan deprem performanslarının kat sayısı arttıkça düşmesi de bu durum ile örtüşmektedir. Özellikle 1998 yılından önce inşa edilen eski binalarda bu durum daha net bir biçimde görülmektedir.

11. KAYNAKLAR

Adalier, K. ve Aydingun, O., Structural Engineering Aspects of the June 27, 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, *Engineering Structures*, 23(4), 343-355, (2001).

ABYYHY-1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (1975).

ABYYHY-1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (1998).

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

Bal, İ. E., Deprem Etkisindeki Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).

Bal, İ. E., Tezcan, S. S. ve Gülay, G., Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi, *Altıncı Uluusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, (İstanbul).

Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, İstanbul, (2014).

Celep, Z., Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsallı Kabulü ve Çözümleme, *İMO İstanbul Bülten*, Sayı 109, İstanbul, (2010).

DBYYHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (2007).

Doğangün, A., Performance of Reinforced Concrete Buildings During the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey, *Engineering Structures*, 26, 841-856, (2004).

FEMA-273, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, (1997).

FEMA-356, Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, (2000).

FEMA-440, Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, (2005).

Girgin, K., Yüksel, E., Karabulut, A. ve Çakırterzi, S., DBYYHY2007 ve FEMA440'da Önerilen Performans Noktası Belirleme Yaklaşımlarının Karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 19, Sayı 3, 145-151, (2013).

Gülkan, P., Sözen, M.A., Procedure for Determining Seismic Vulnerability of Building Structures, *ACI Structural Journal*, V. 96, No. 3, May-June 1999, 336-342, (1999).

Gülkan, P. vd., Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Tespiti İçin Alternatif Bir Yaklaşım, *Türkiye Deprem Vakfı Yayınları*, TDV/TR 97-011, Aralık 1997, İstanbul, (1997).

İnel, M., Özmen, H. B. ve Bilgin, H., Re-evaluation of Building Damage During Recent Earthquakes in Turkey, *Engineering Structures*, 30, 412-427, (2008).

Shiga, T., Shibata, A. and Takahashi, T., Earthquake Damage and Wall Index of Reinforced Concrete Buildings, *Proceedings of Tohoku District Symposium, Architectural Institute of Japan*, No. 12, December, pp 29-32, in Japanese, (1968).

Spencer, R. (ed.), Earthquake Disaster Scenario Predictions and Loss Modelling for Urban Areas, *LESSLOSS Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides*, Report: 2007/7, IUSS Press, Pavia, Italy, (2007).

Tezcan, S. S., Gürsoy, M. ve Kaya, E., Depremde Can Kaybını Önleme Projesinin Tek Sorumlusu Devlettir, *Dünya İnşaat Dergisi*, 2002-07, 107-111, (2002).

Tezcan, S. S., Gürsoy, M., Zero Loss Of Life During a Future Earthquake, *Proceedings of The Regional Workshop on Siesmic Hazard and Risk Management*, Tsakhadzor, Armenia, October 24-27, (2002).

Tezcan, S. S., Gürsoy, M. ve Kaya, E., Bal, İ. E., Depremde Can Kaybını Önleme Projesi, *1999 Kocaeli Acil Durum Konferansı*, İTÜ, İstanbul, 16-17 Ocak, (2003).

Tezcan, S. S., Bal, İ. E., İstanbul'un Kurtuluş Reçetesi, *İstanbul Dergisi*, Ekim-Aralık , 11, 86-90, (2003).

Tezcan, S. S., Depremde Sıfır Can Kaybı Projesi, *Tempo Dergisi*, Mayıs-Haziran 22/859, 50-52, (2005).

Tezcan, S. S., Bal, İ. E., Sıfır Can Kaybı Projesi İstanbul'un Kurtuluş Reçetesi, *Yapı Denetim Dergisi*, 2005/03, (2005).

Gülay, G., Bal, İ. E. ve Tezcan, S. S., Calibration of Preliminary Assessment Technique and Pilot Field Application, *Research Project Funding by TUBİTAK*, grant no: 106M273, 2006/11-2008/06, (2006-2008).

Hassan, A. F., Sözen, M. A., Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buidings in Regions with Infrequent Earthquakes, *ACI Structural Journal*, 94:1, 31-39, (1997).

Ozcebe, G., Ramirez, J., Wasti, T. S., Yakut, A., 1 May 2003 Bingol Earthquake, *Engineering Report*, Publication No:2004/1, Ankara, (2004).

Özmen, H.B. ve İnel, M., Betonarme Yapılarda Malzeme Dayanımı Ve Detaylandırma Özelliklerinin Sismik Hasar Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, (2011).

Özmen, H.B., İnel, M. ve Şenel, Ş.M., Mevcut Türk Betonarme Yapı Stoku Dayanım Ve Deformasyon Özellikleri, *7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye.

Park, R. and Paulay, T., Reinforced Concretes Structures, *John Wiley & Sons*, New York, 769s, (1975).

Park, R., Priestley, M. J. N., Gill, W. D., Ductility of Square-Confined Concrete Coloums, *Journal of Structural Divisin-ASCE*, 108: (ST4), 929-950, (1982).

Park, Y. J., Ang, A. H., Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete, ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 111 (4), 722-739, (1985).

Park, Y. J., Ang, A. H., Wen, Y. K., Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings, ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 111 (4), 740-757, (1985).

Paulay, T. and Priestley, M. N. J., Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Buildings, *John Willey & Sons*, New York, USA, 744, (1992).

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un Uygulama Yönetmeliği. (2012). 15/12/2012 tarihli ve 28498 sayılı *Resmî Gazete*, Ankara.

SAP2000, Structural Analysis Program, *Computers and Structures Inc*, Berkeley, USA.

Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J. and Mosalam, K. M., Performance of Reinforced Concrete Buildings During the August 17, 1999 Kocaeli, *Turkey Earthquake and Seismic Design and Construction Practice in Turkey, Engineering Structures*, 25(1), 103-114, (2003).

Sucuoglu, H. and Yazgan, U., Simple Survey Procedures For Seismic Risk Assessment In Urban Building Stocks, *Earth And Environmental Sciences*, Vol. 29:97–118, London, (2003).

Sucuoglu, H., Kentsel Yapı Stoklarında Deprem Risklerinin Sokaktan Tarama Yöntemi İle Belirlenmesi, 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.

Şenel, Ş.M., Palanci, M., Kalkan, A. ve Yılmaz, Y., 2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri İle İlişkisi, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 25-27 Eylül 2013, Hatay, Türkiye.

Şenel, Ş. M., Palanci, M., Kalkan, A. ve Yılmaz, Y., Modelleme Tekniklerinin Mevcut Binaların Deprem Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 25-27 Eylül 2013, Hatay, Türkiye.

TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1987).

TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2000).

Tozlu, Z., Mevcut Yapıların Risk Durumunun Belirlenmesi İçin 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Yer Alan Hızlı Değerlendirme Tekniğinin Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2015).

Yakut, A., Gulkan, P., Bakır, B. S. ve Yılmaz, M. T., Re-examination of Damage Distribution in Adapazarı: Structural Considerations, *Engineering Structures*, 27(7), 990-1001, (2005).

Yakut, A., Preliminary Seismic Assessment Procedure for Existing RC Buildings, *Engineering Structures*, 26, 1447-1461, (2004).

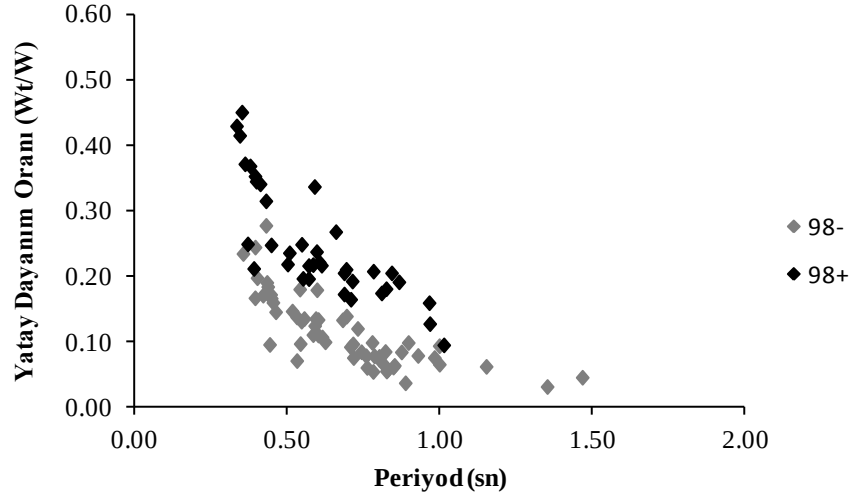




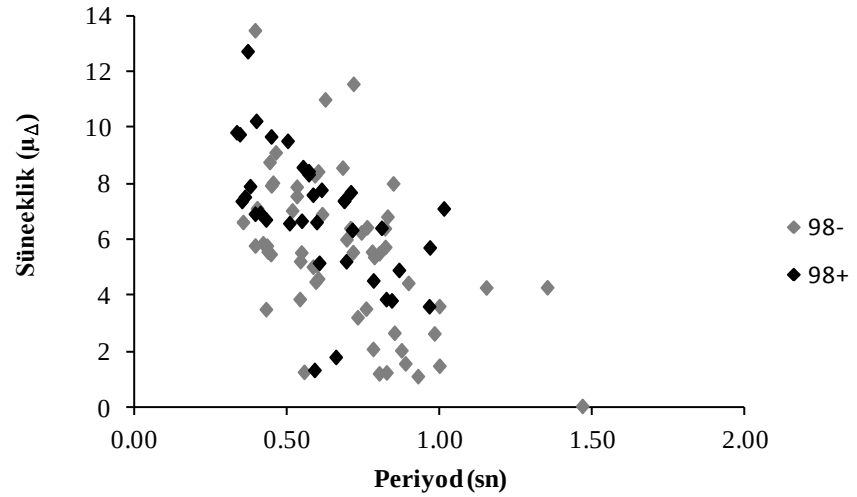
EKLER

12. EKLER

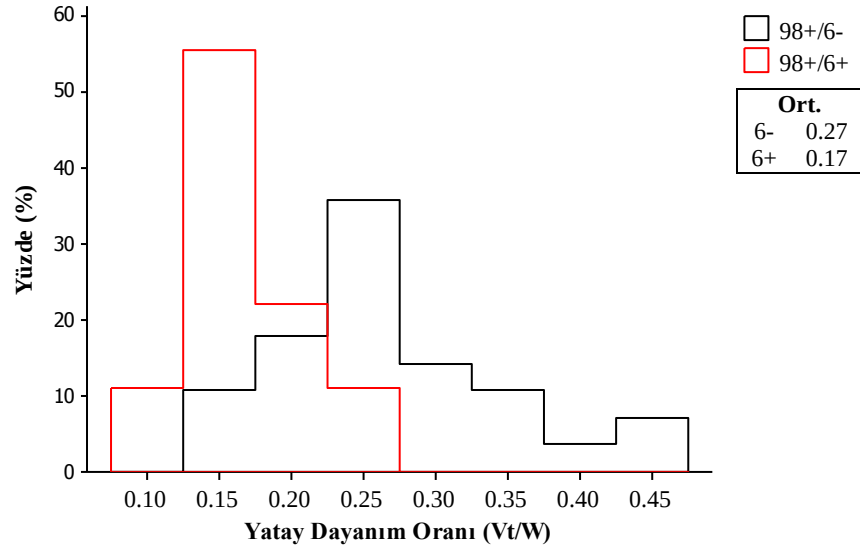
EK A. 1 Periyod, Süneklik ve Yatay Dayanım Kapasitesi İlişkisi



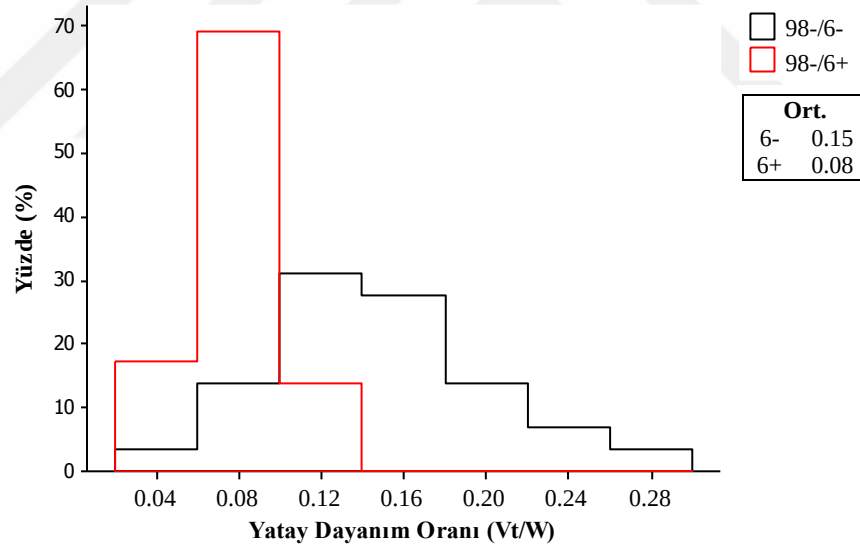
Şekil A.1: Yatay Dayanım Oranı Periyod İlişkisi (Y Yönü)



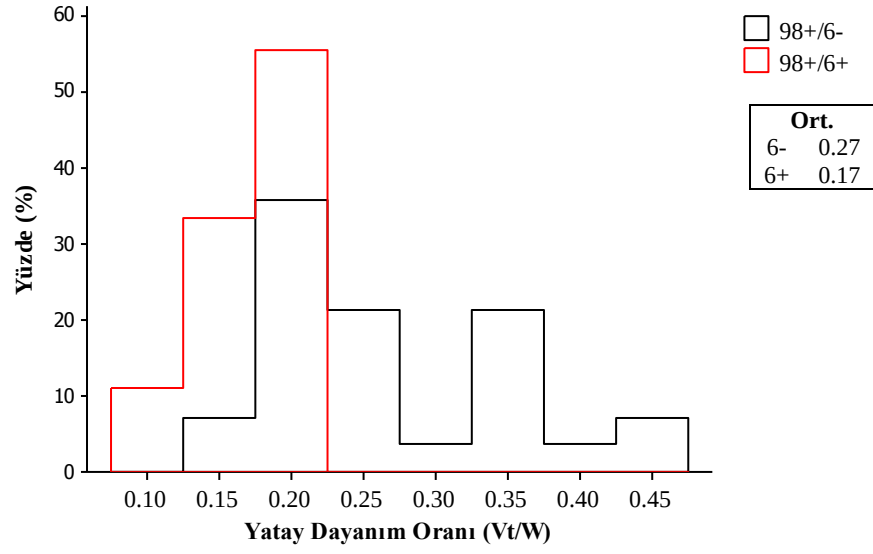
Şekil A.2: Süneklik Kapasitesi Periyod İlişkisi (Y Yönü)



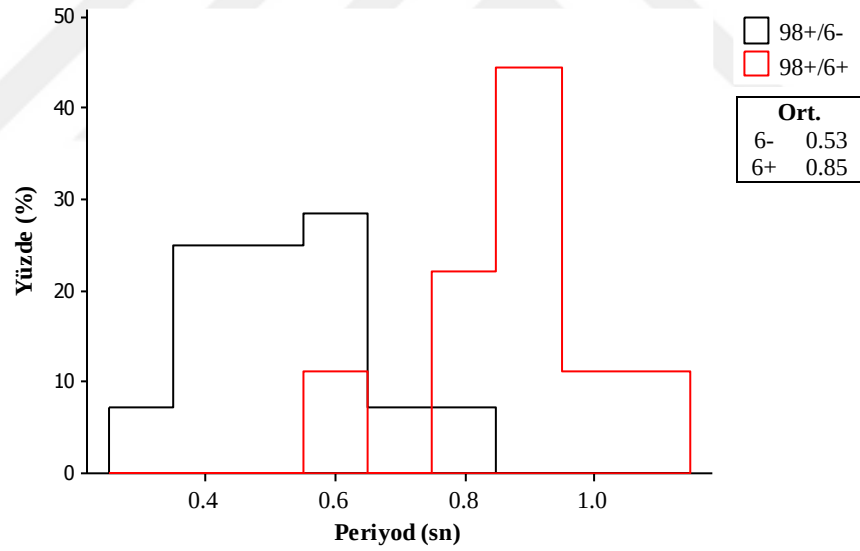
Şekil A.3: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Eski Binalarda V_t/W Oranlarının Dağılımı(X Yönü)



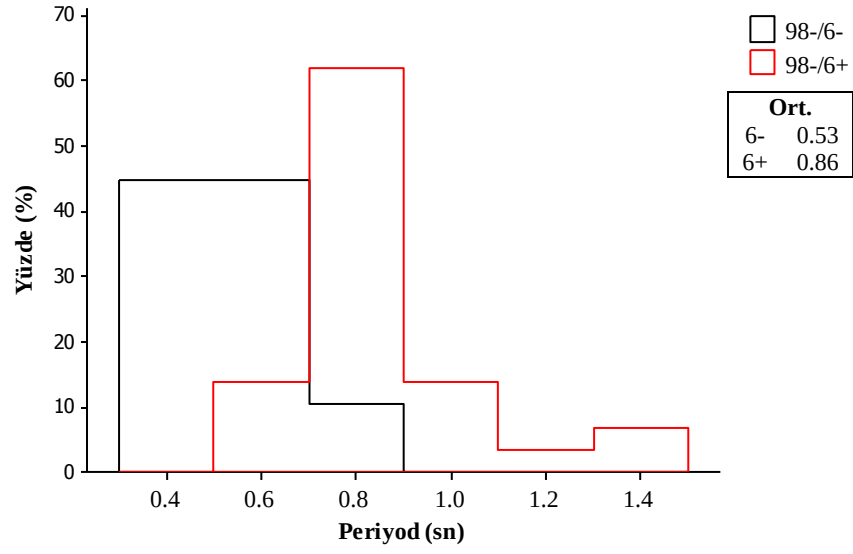
Şekil A.4: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Eski Binalarda V_t/W Oranının Dağılımı (Y Yönü)



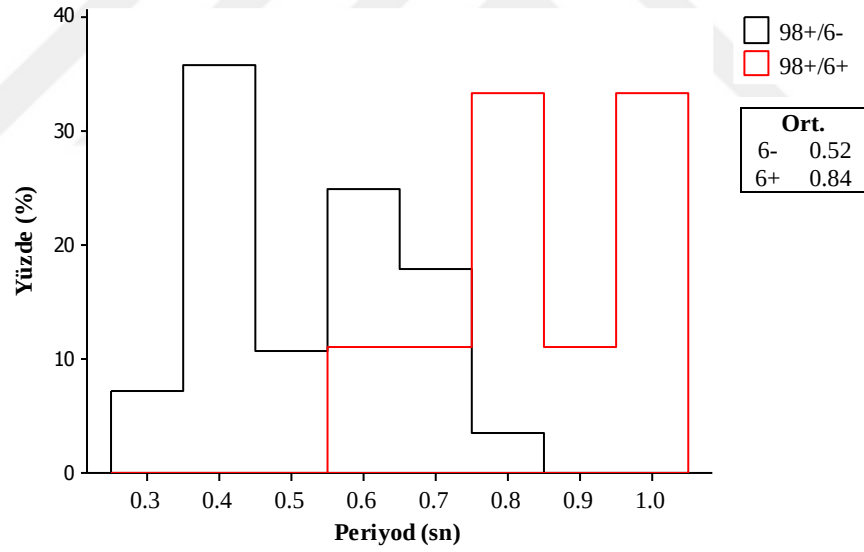
Şekil A.5: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda V_t/W Oranının Dağılımı (Y Yönü)



Şekil A.6: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Periyodun Dağılımı (X Yönü)

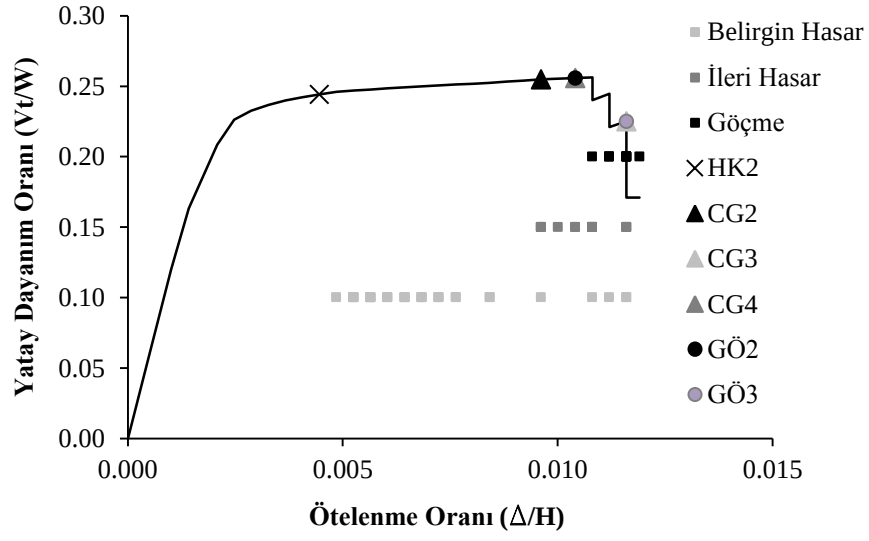


Şekil A.7: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Periyodun Dağılımı (Y Yönü)

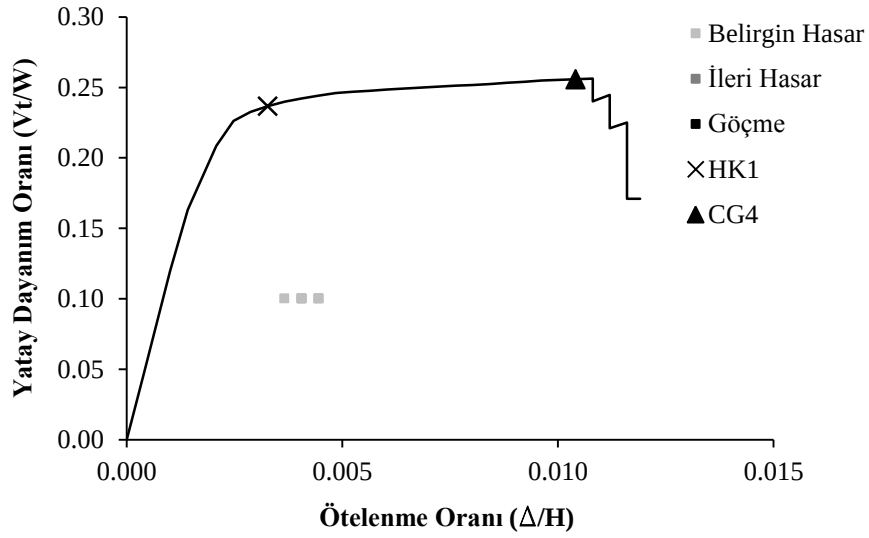


Şekil A.8: Düşük Ve Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Periyodun Dağılımı (Y Yönü)

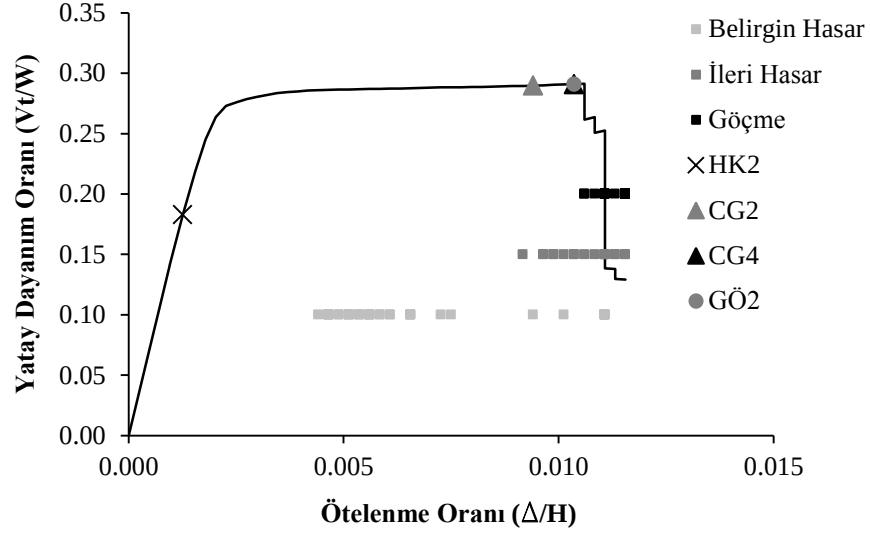
EK B. 1 Bina Mafsal Ötelenme Oranları



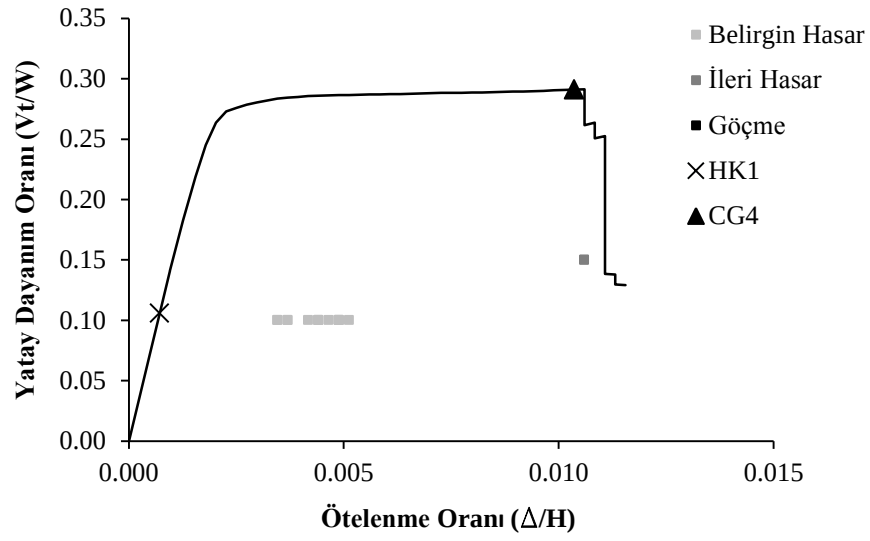
Şekil B.1: Bina#1'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



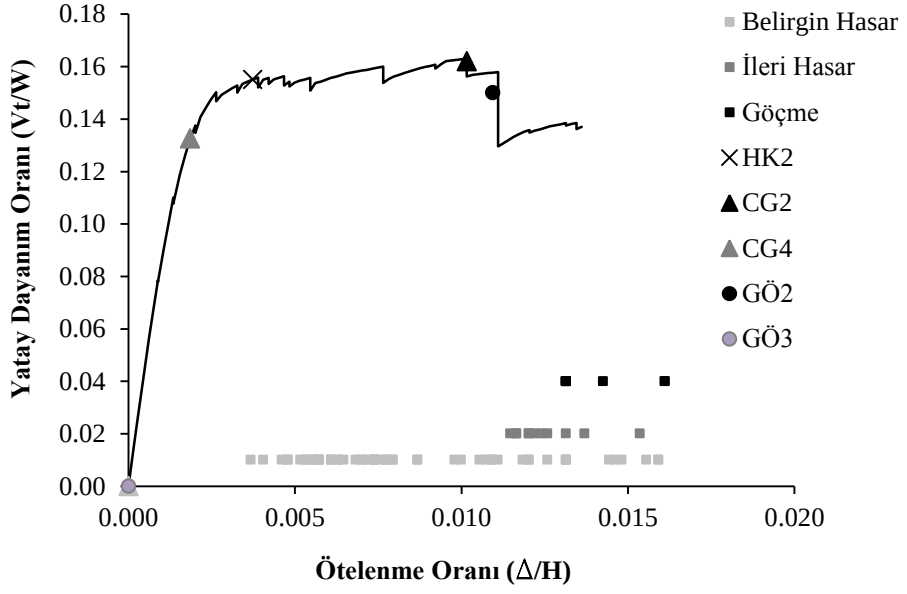
Şekil B.2: Bina#1'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



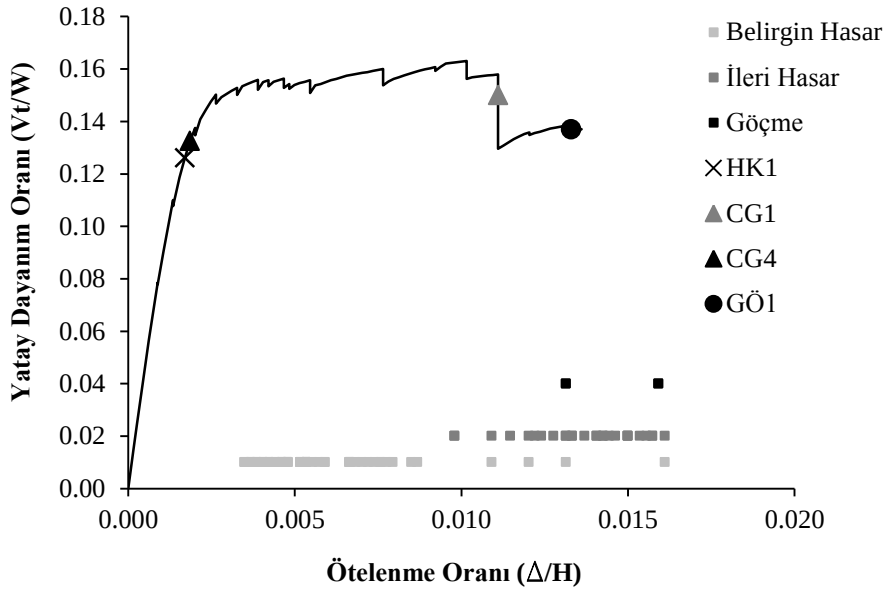
Şekil B.3: Bina#1'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönlü)



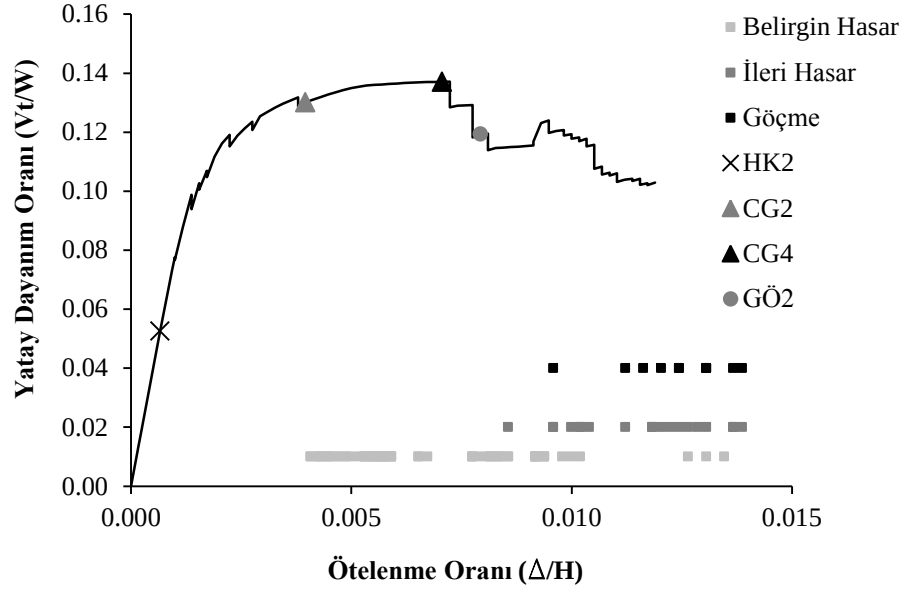
Şekil B.4: Bina#1'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönlü)



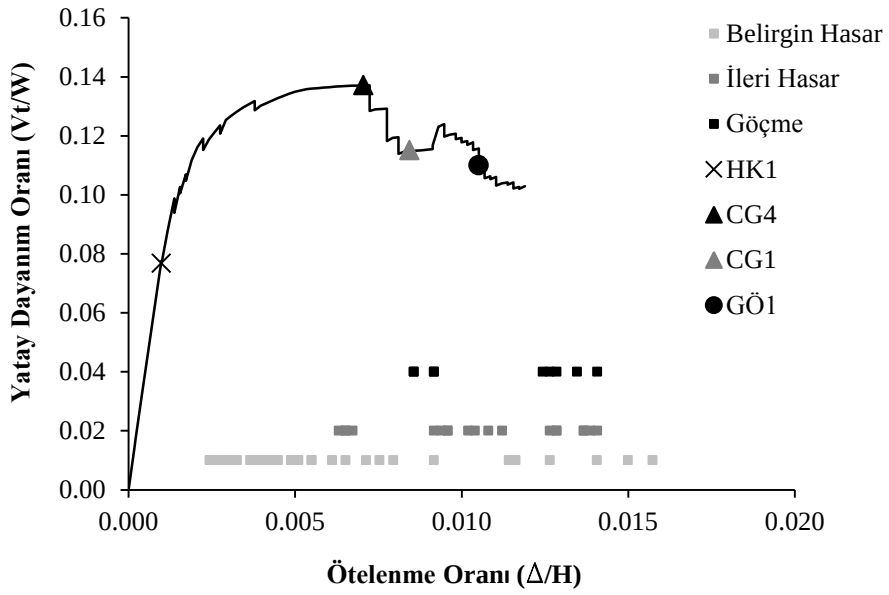
Şekil B.5: Bina#7'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



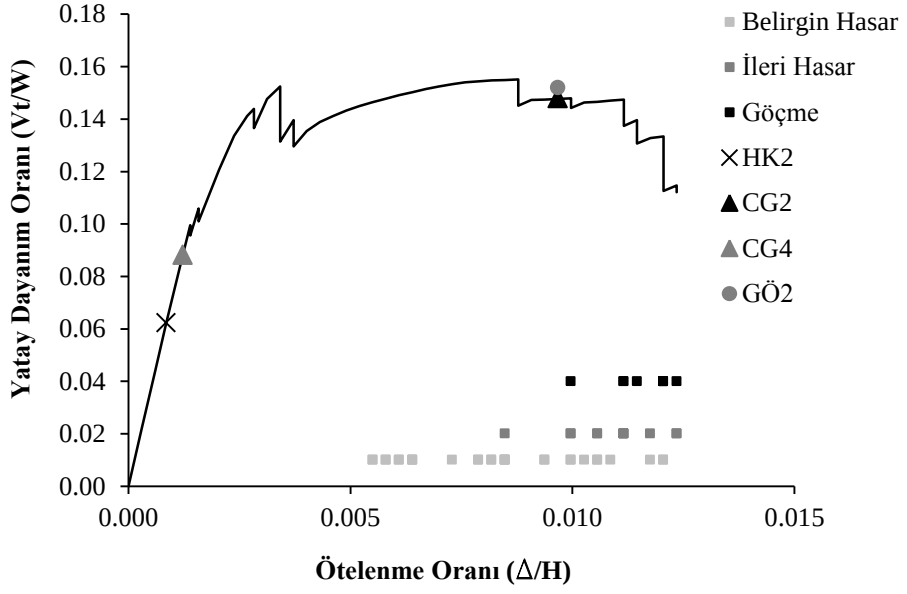
Şekil B.6: Bina#7'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



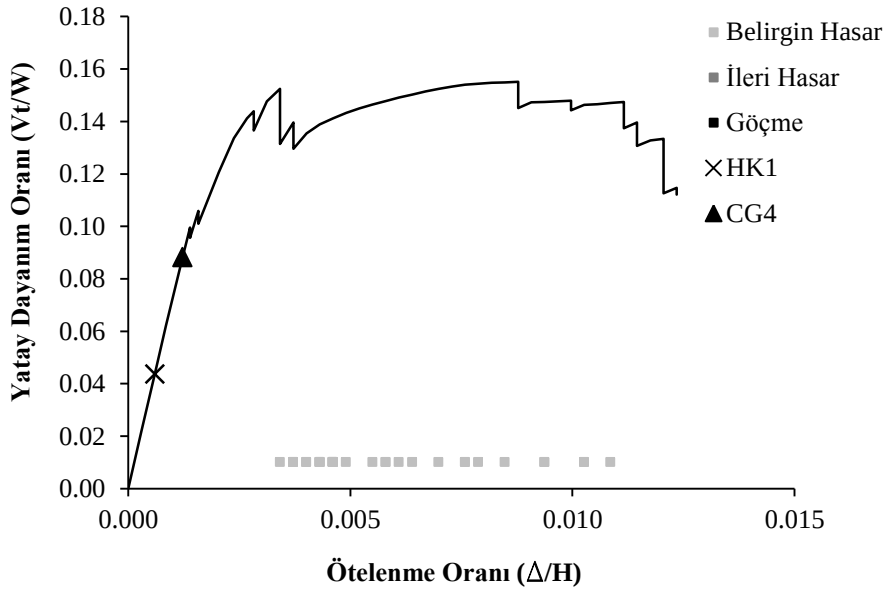
Şekil B.7: Bina#7'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)



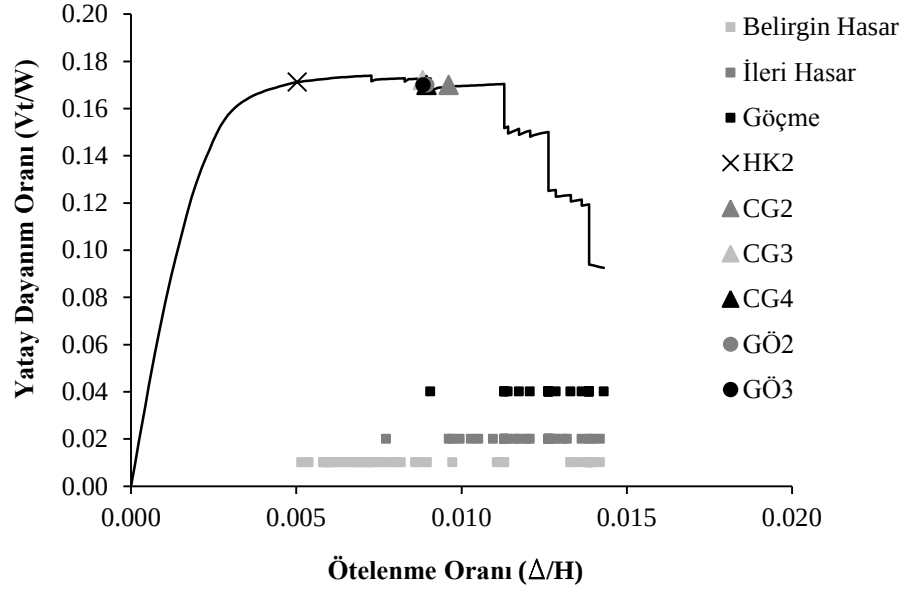
Şekil B.8: Bina#7'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)



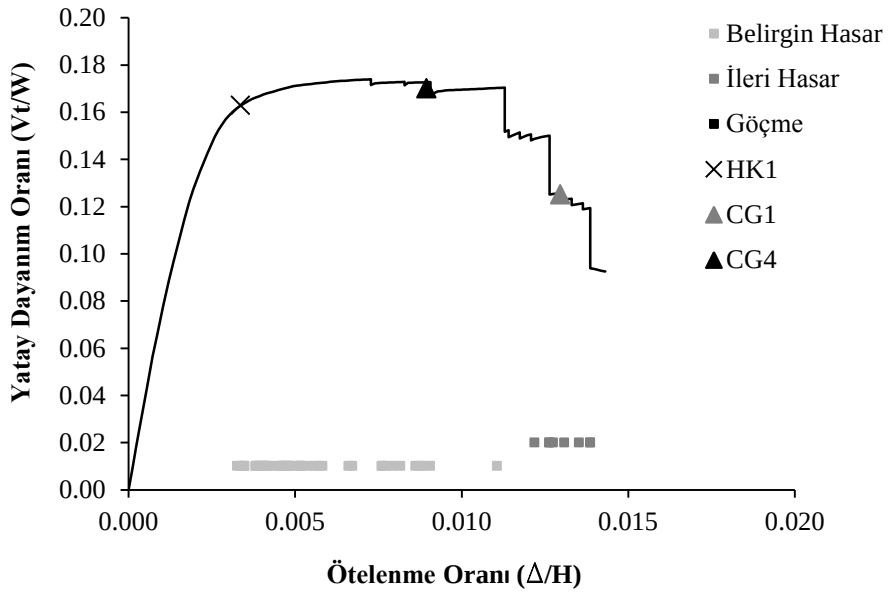
Şekil B.9: Bina#10'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



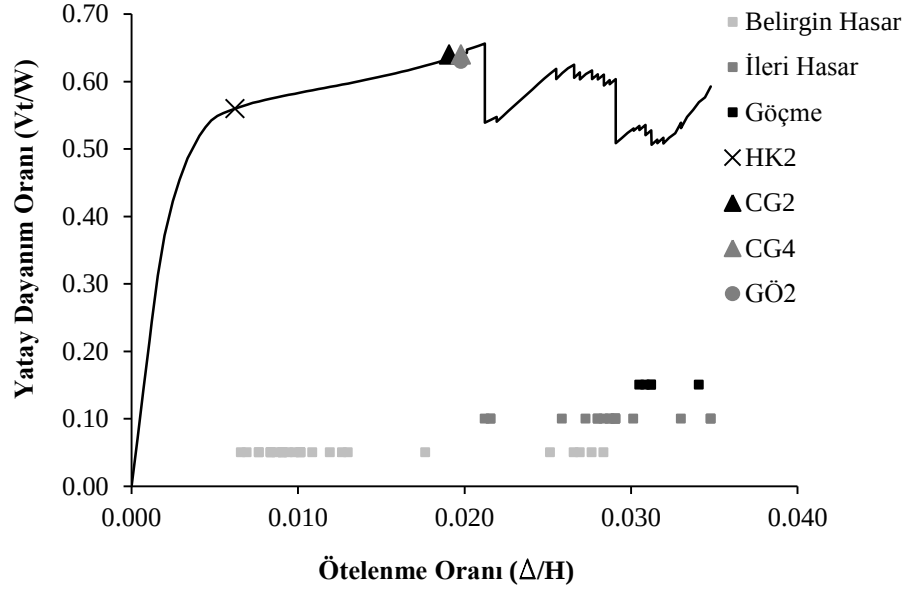
Şekil B.10: Bina#10'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



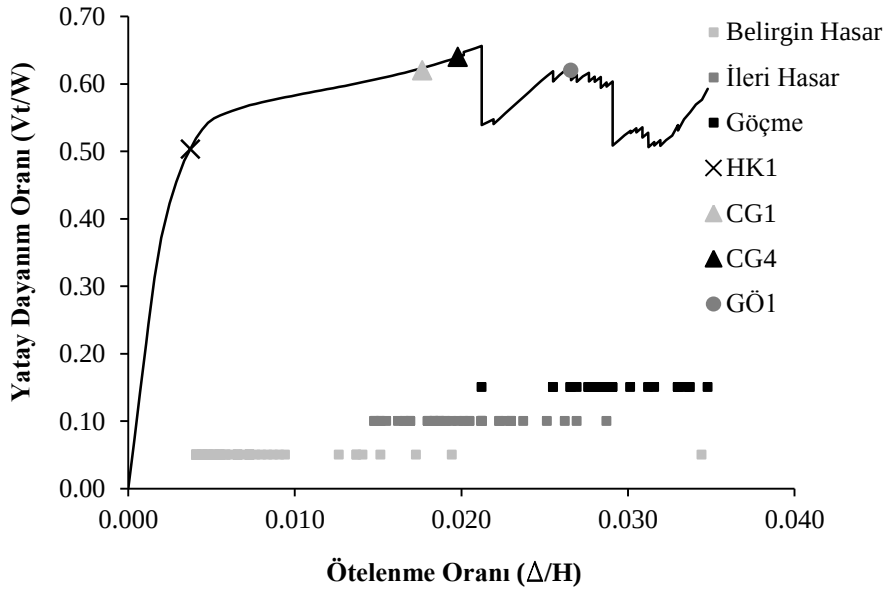
Şekil B.11: Bina#10'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)



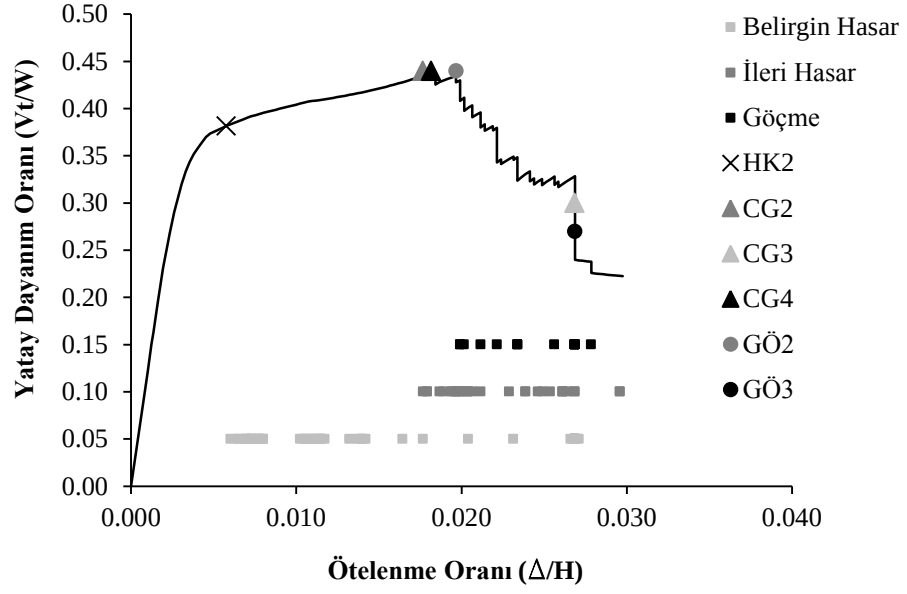
Şekil B.12: Bina#10'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)



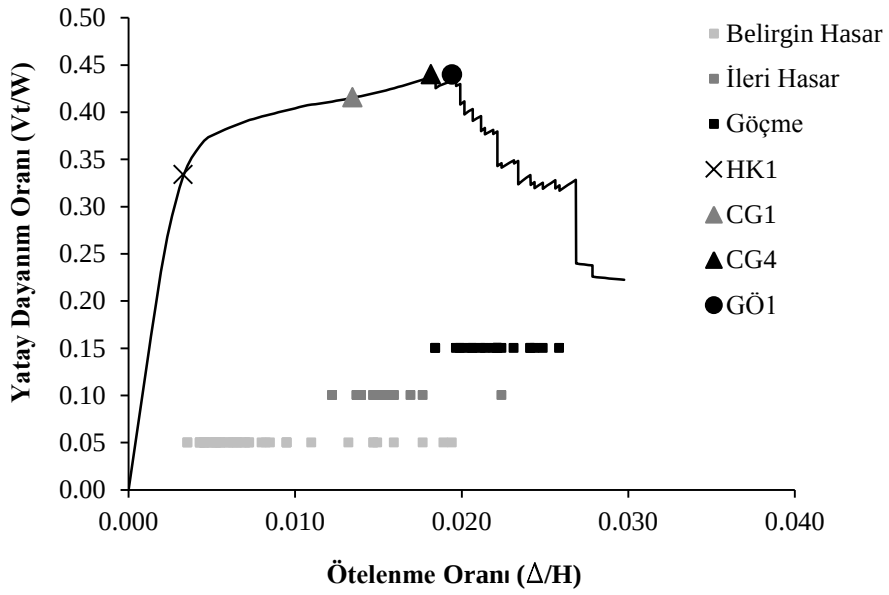
Şekil B.13: Bina#28'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



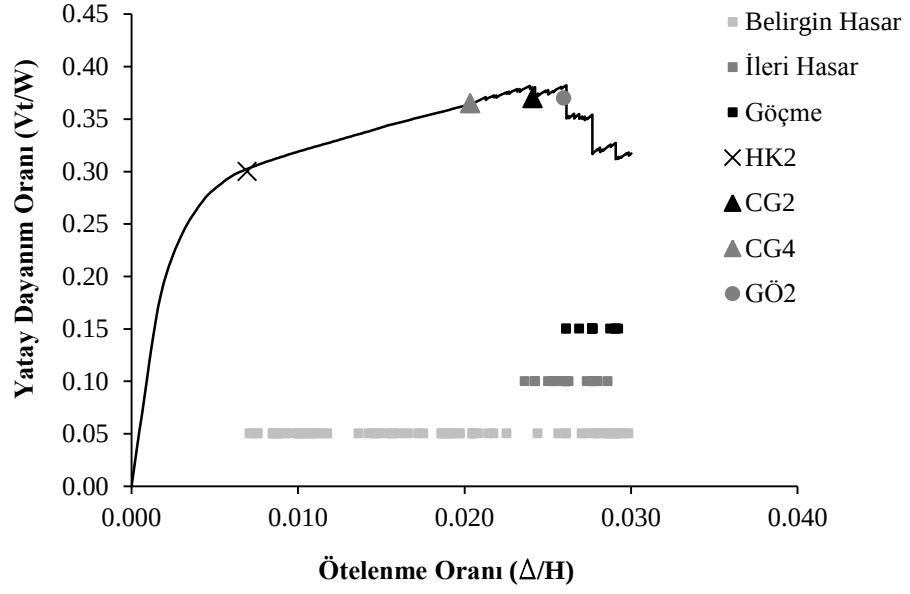
Şekil B.14: Bina#28'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



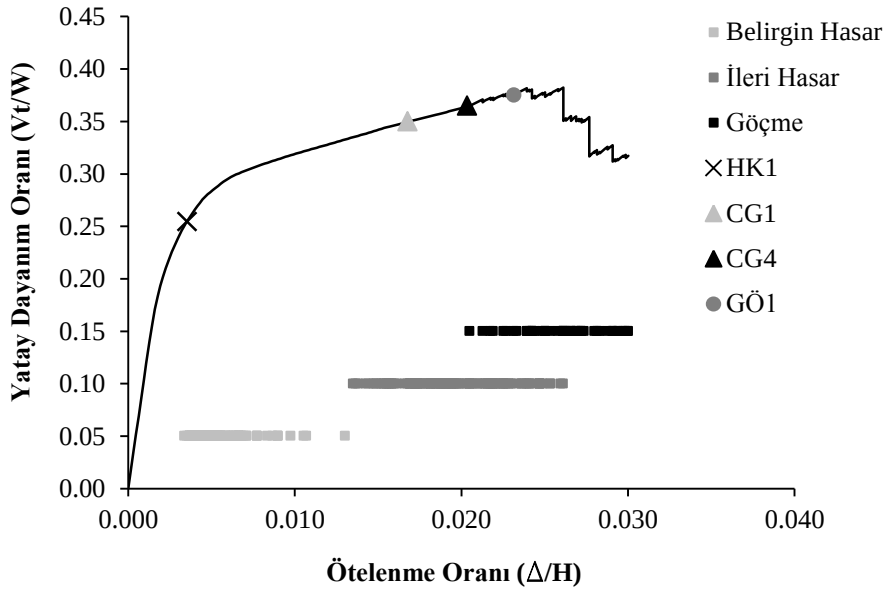
Şekil B.15: Bina#28'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)



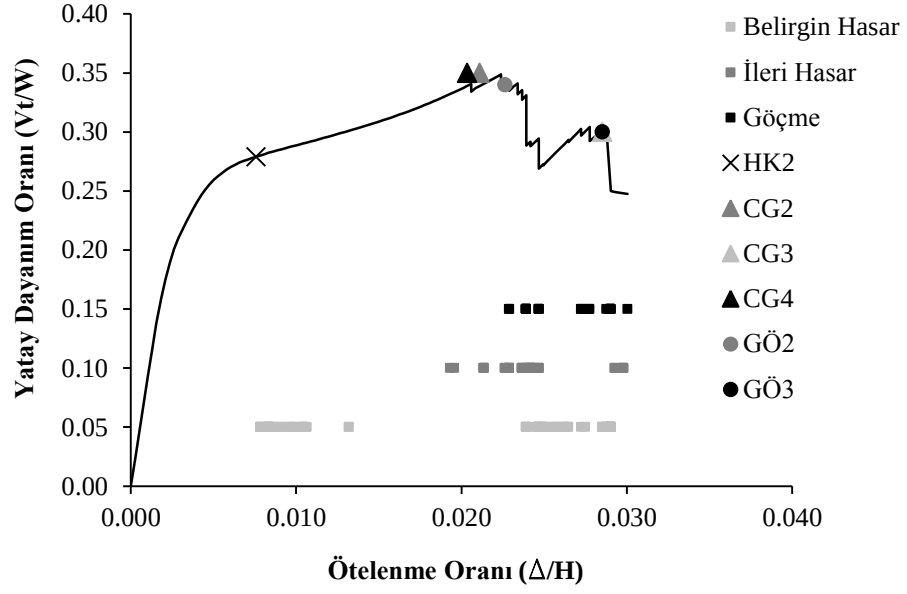
Şekil B.16: Bina#28'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)



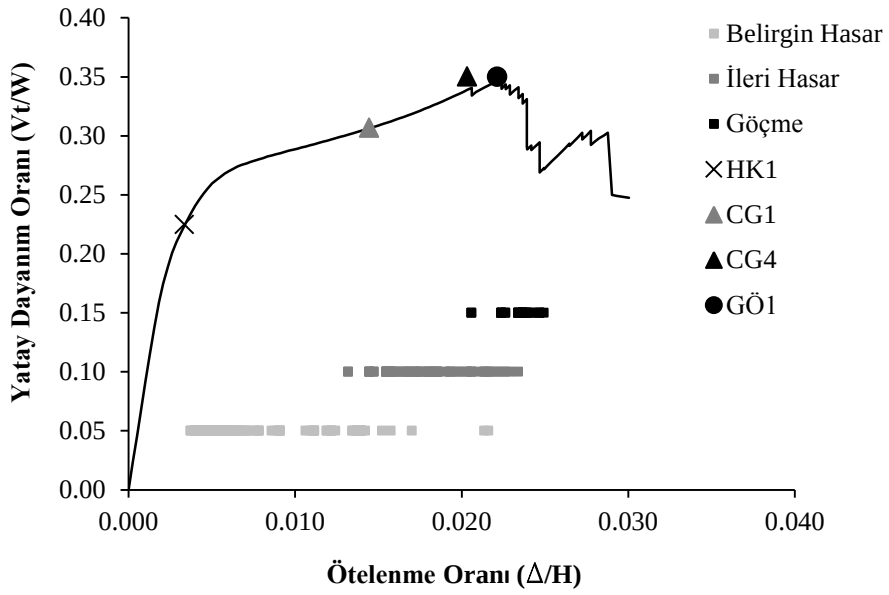
Şekil B.17: Bina#32'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



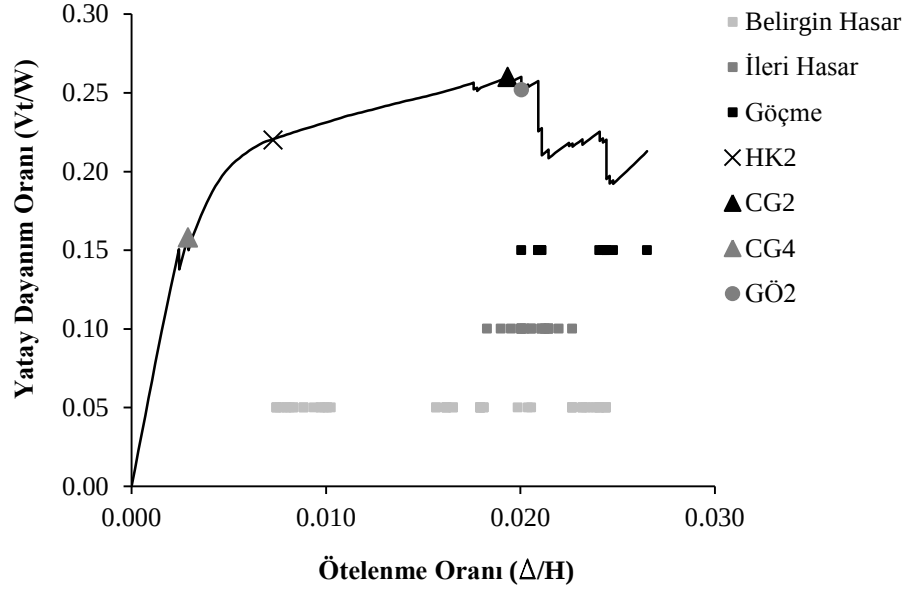
Şekil B.18: Bina#32'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



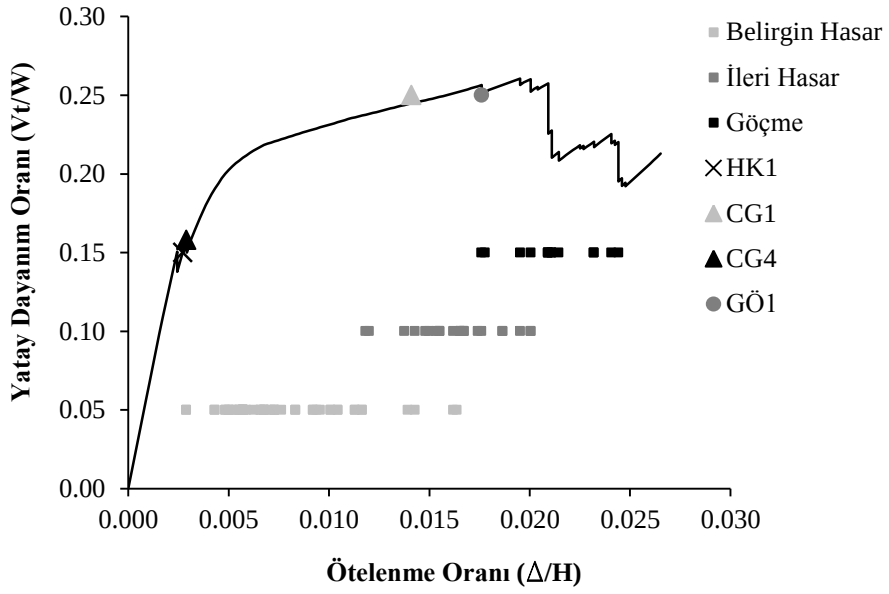
Şekil B.19: Bina#32'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)



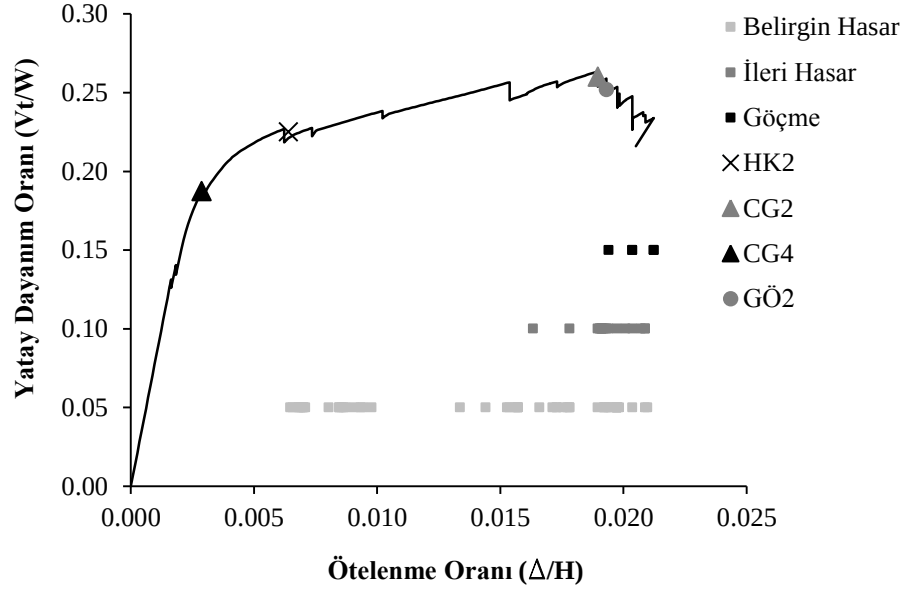
Şekil B.20: Bina#32'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)



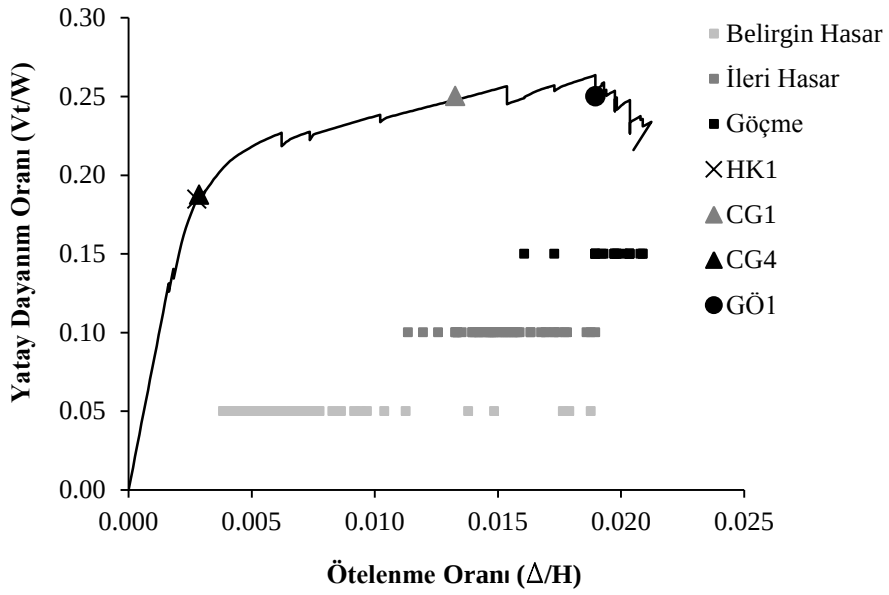
Şekil B.21: Bina#34'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



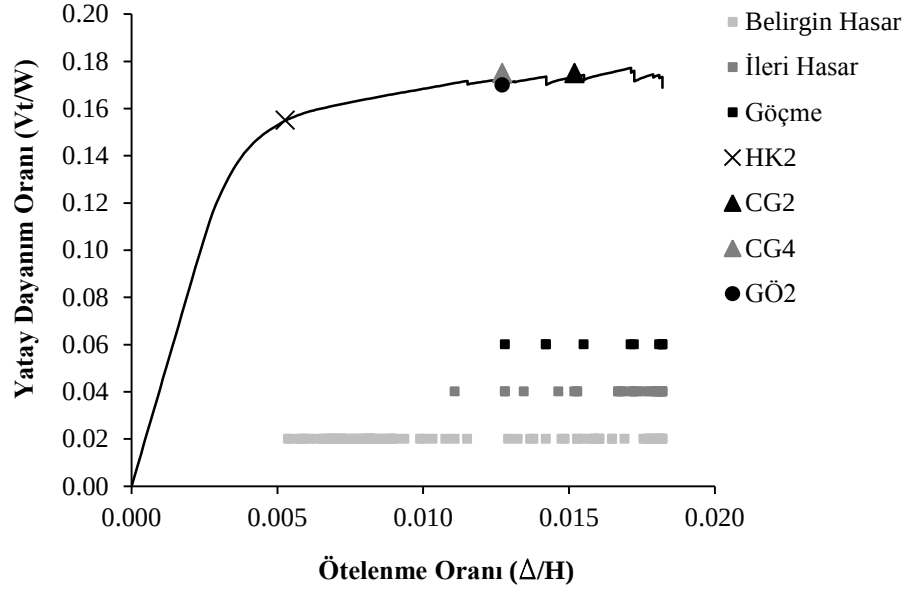
Şekil B.22: Bina#34'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)



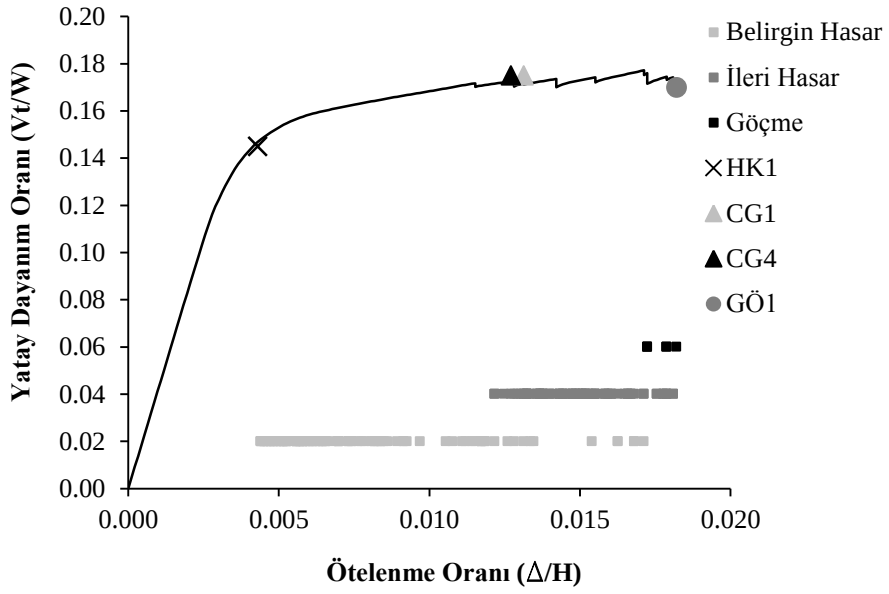
Şekil B.23: Bina#34'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)



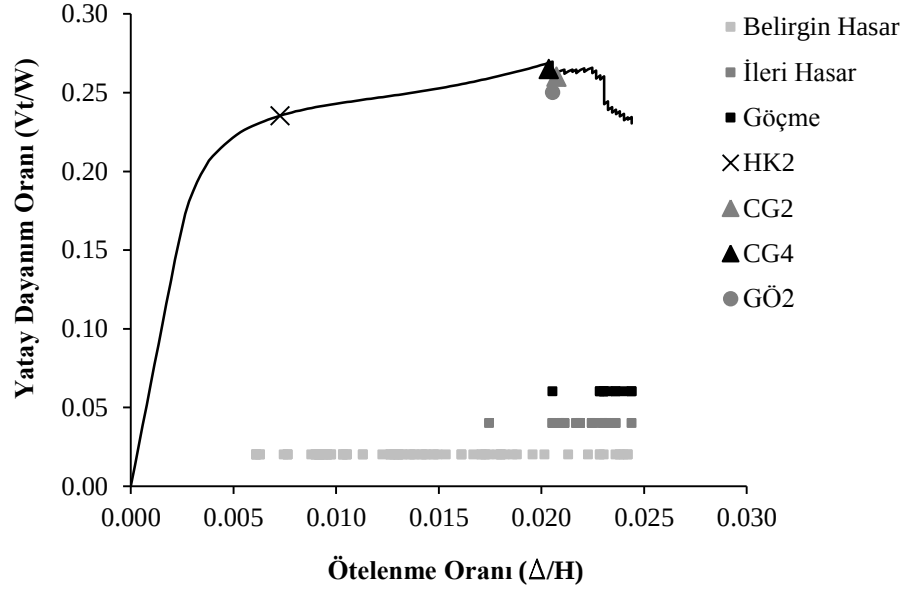
Şekil B.24: Bina#34'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)



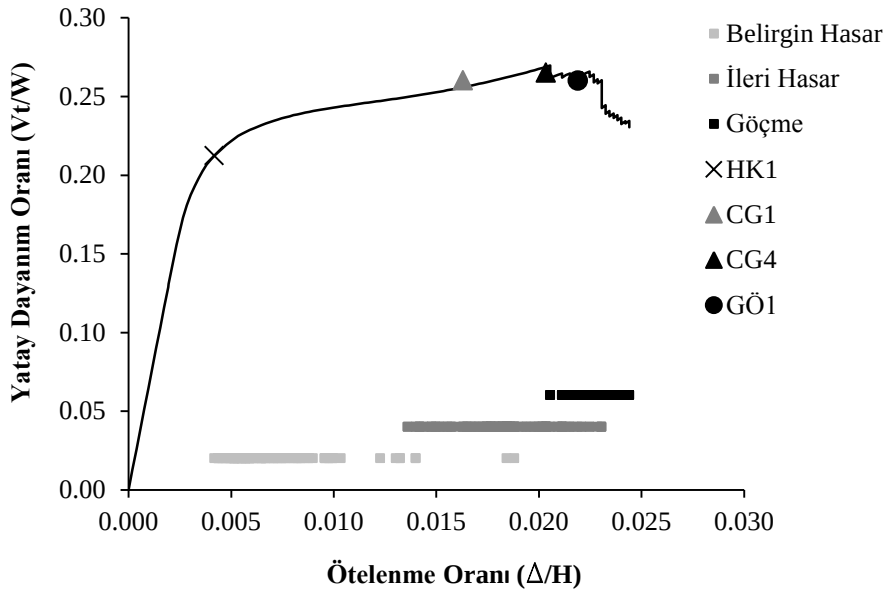
Şekil B.25: Bina#37'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (X Yönü)



Şekil B.26: Bina#37'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (X Yönü)

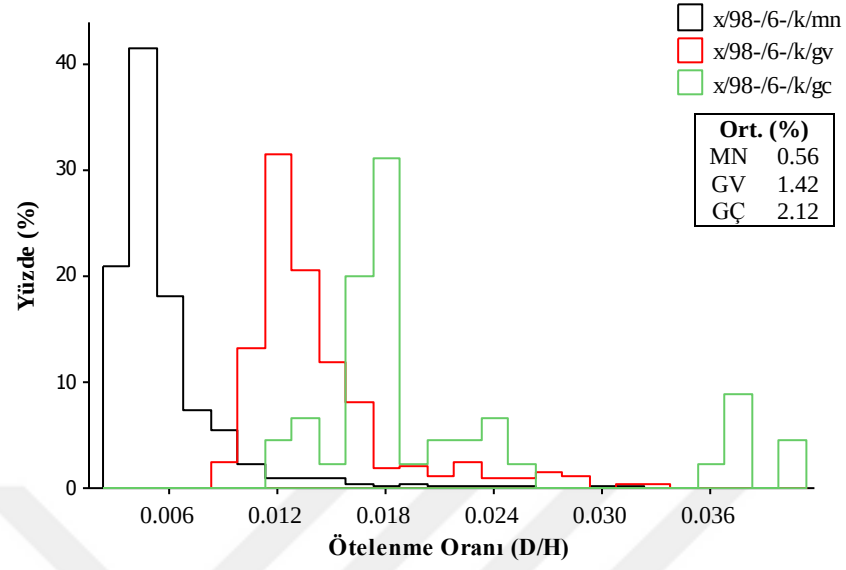


Şekil B.27: Bina#37'e Ait Kolon Hasar Dağılımları (Y Yönü)

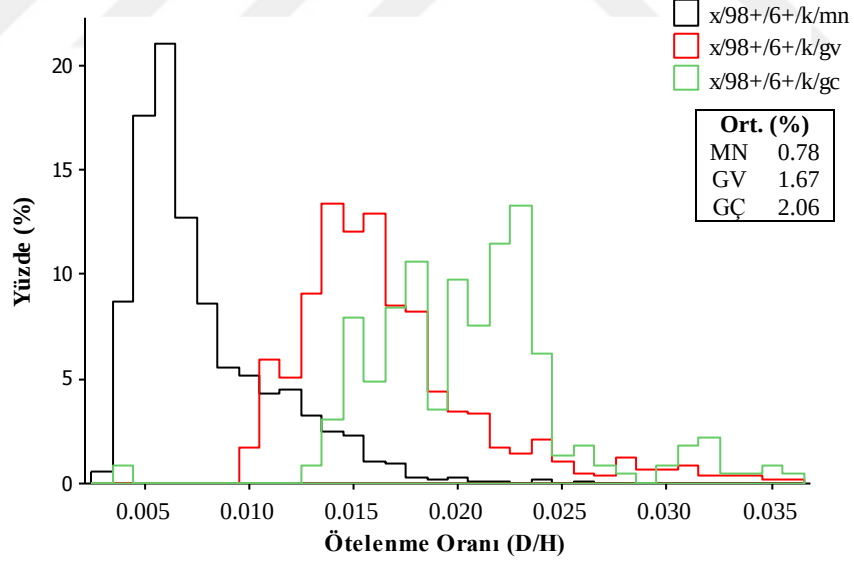


Şekil B.28: Bina#37'e Ait Kiriş Hasar Dağılımları (Y Yönü)

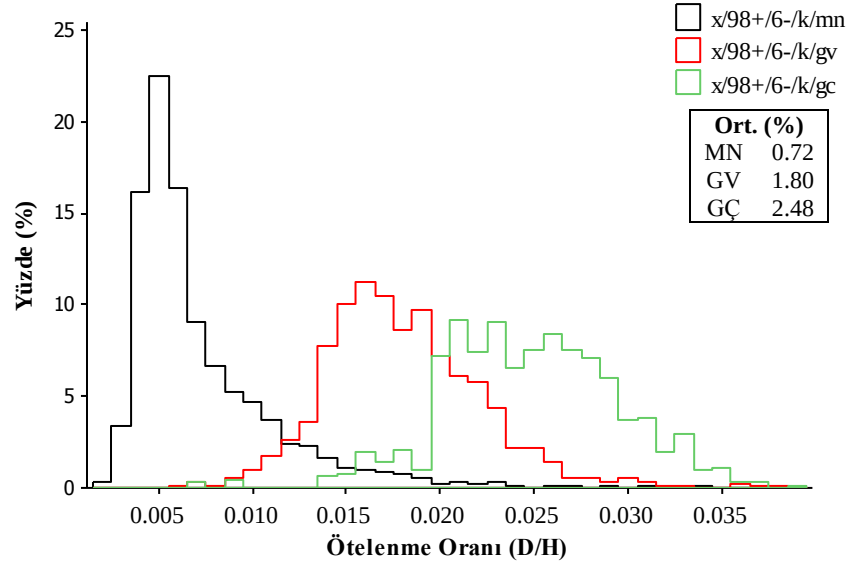
EK B. 2 X Yönlü Analiz Kesit Hasar Ötelenme Oranları



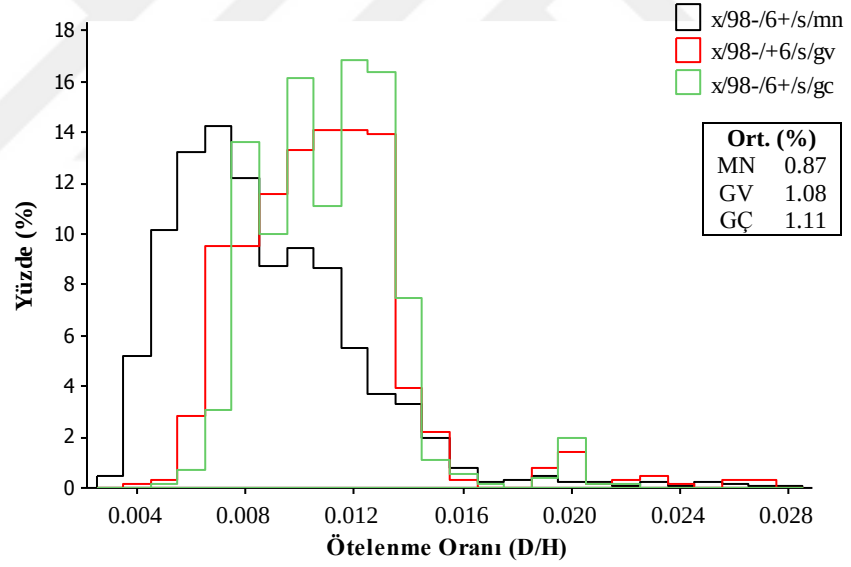
Şekil B.29: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



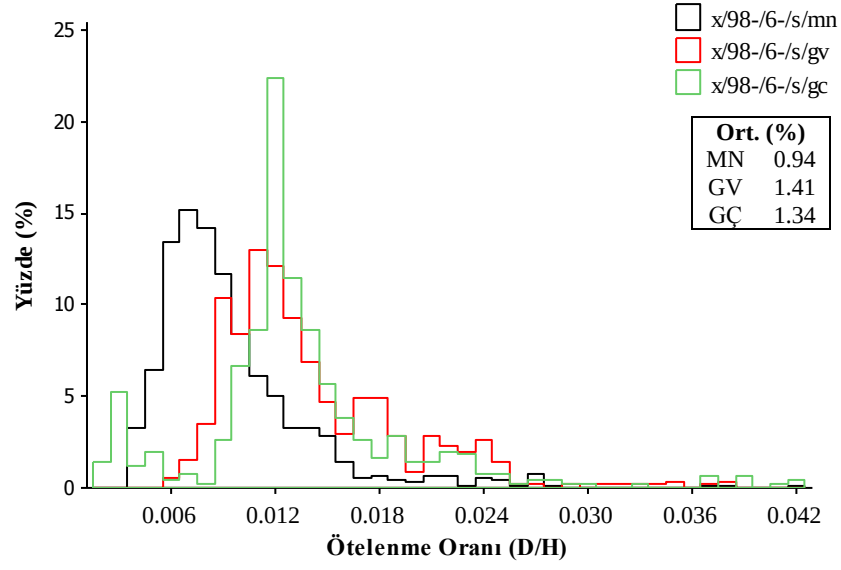
Şekil B.30: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



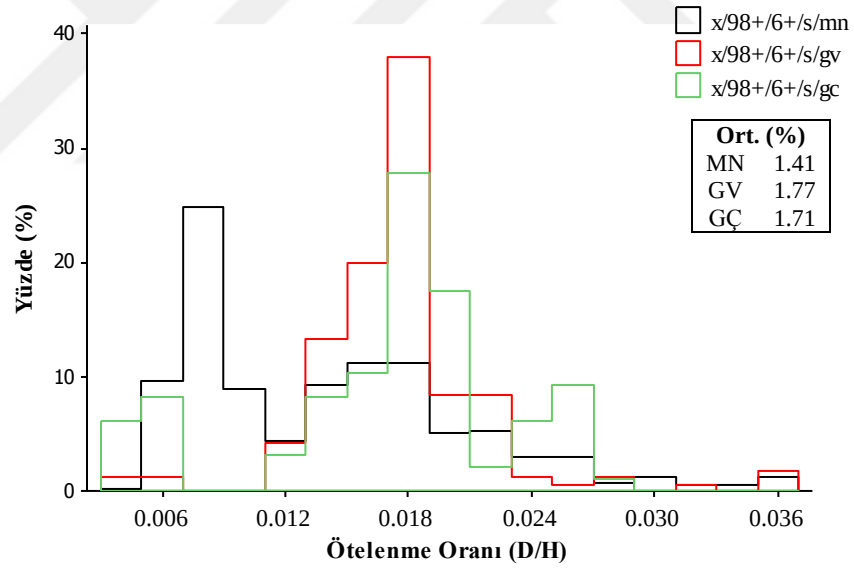
Şekil B.31: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



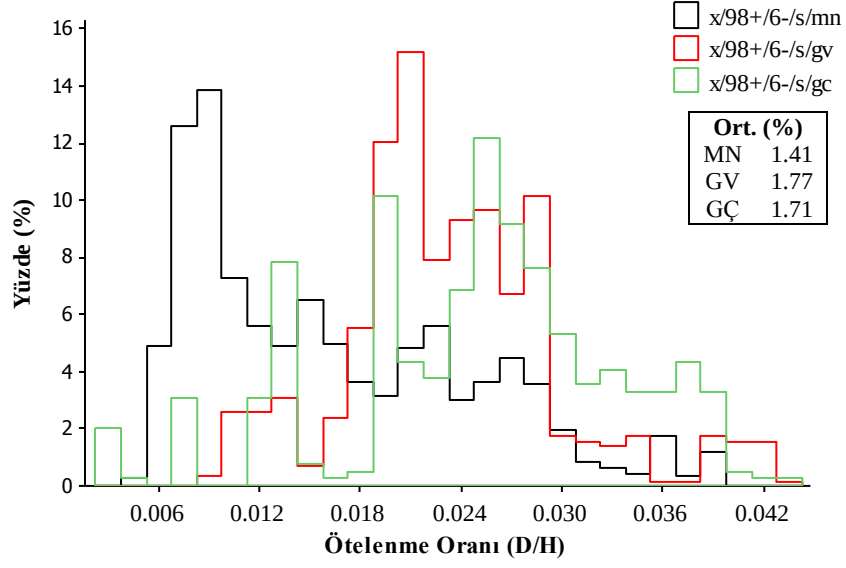
Şekil B.32: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları



Şekil B.33: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları



Şekil B.34: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları

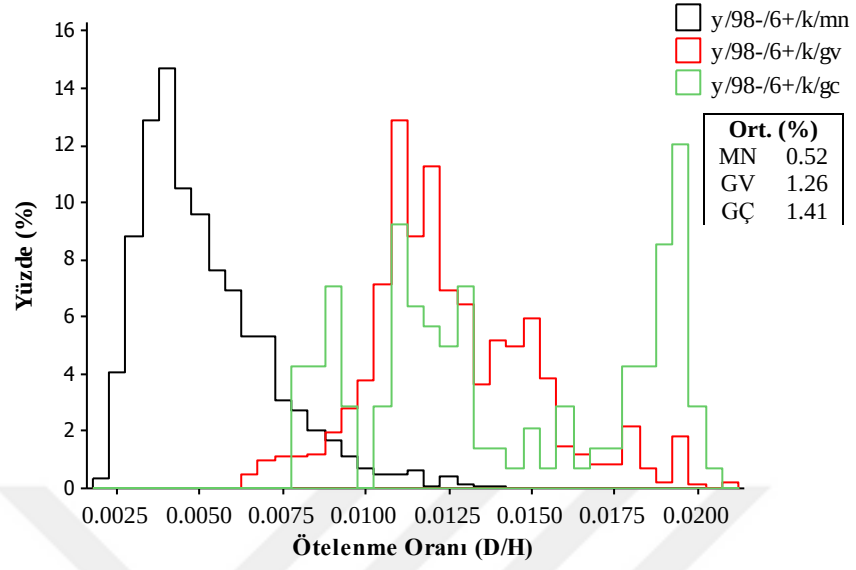


Şekil B.35: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları

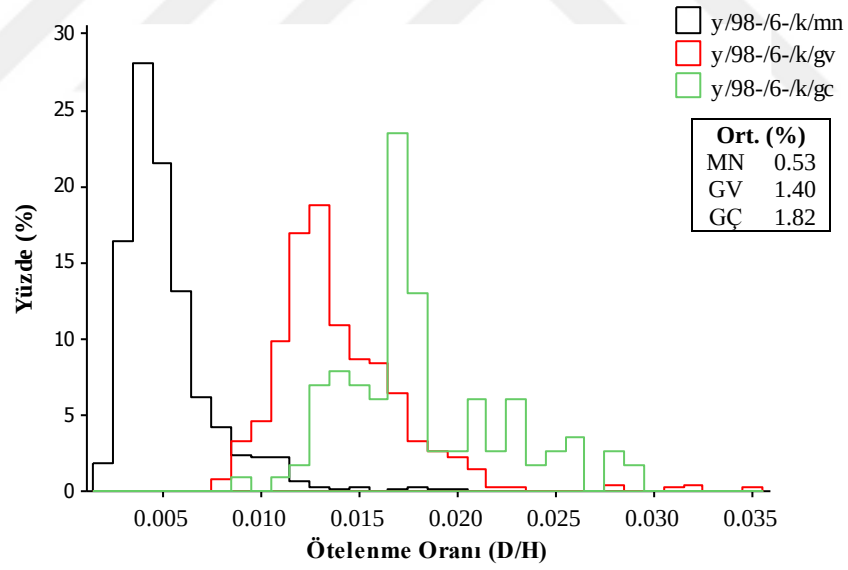
Tablo B. 1: X Yönlü Analiz Kesit Hasar Sınırlarının Ötelenme Değerleri

X YÖNLÜ ANALİZ İÇİN HASAR SINIRI ÖTELENME ORANLARI (%)								
Yıl	Eleman	Kat Sayısı	Minimum Hasar Sınırı (MN)		Güvenlik Sınırı (GV)		Göçme Sınırı (GÇ)	
			6-	6+	6-	6+	6-	6+
98-	Kiriş	Maksimum	3.13	2.09	3.37	2.76	4.03	2.74
		Ortalama	0.56	0.54	1.42	1.34	2.12	1.83
		Minimum	0.23	0.23	0.91	0.67	1.21	0.92
	Kolon	Maksimum	4.19	2.77	3.79	2.67	4.21	2.15
		Ortalama	0.94	0.87	1.41	1.08	1.34	1.11
		Minimum	0.35	0.30	0.58	0.45	0.21	0.53
98+	Kiriş	Maksimum	3.44	2.58	3.81	3.61	3.86	3.55
		Ortalama	0.72	0.78	1.80	1.67	2.48	2.06
		Minimum	0.21	0.29	0.61	0.96	0.70	0.38
	Kolon	Maksimum	3.92	3.67	4.29	3.62	4.39	2.88
		Ortalama	1.62	1.41	2.35	1.77	2.49	1.71
		Minimum	0.50	0.38	0.95	0.38	0.24	0.38

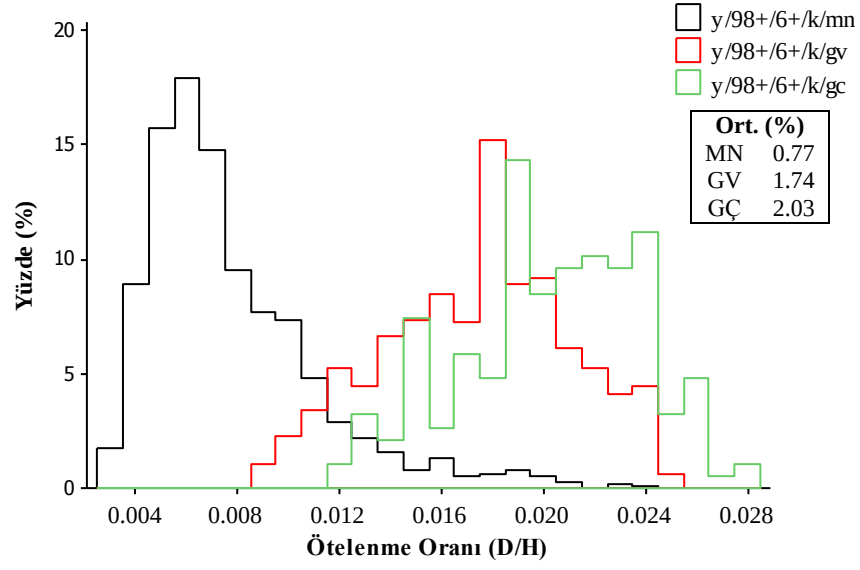
EK B. 3 Y Yönlü Analiz Kesit Hasar Ötelenme Oranları



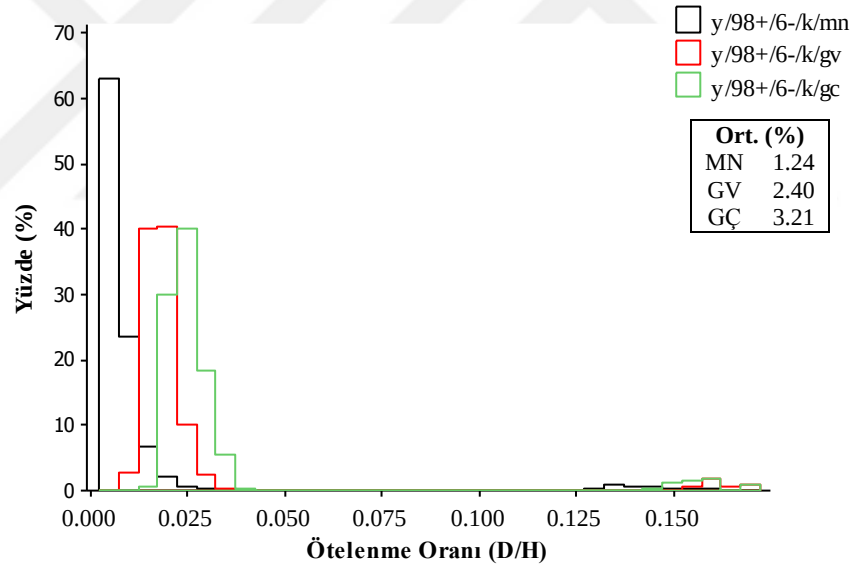
Şekil B.36: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



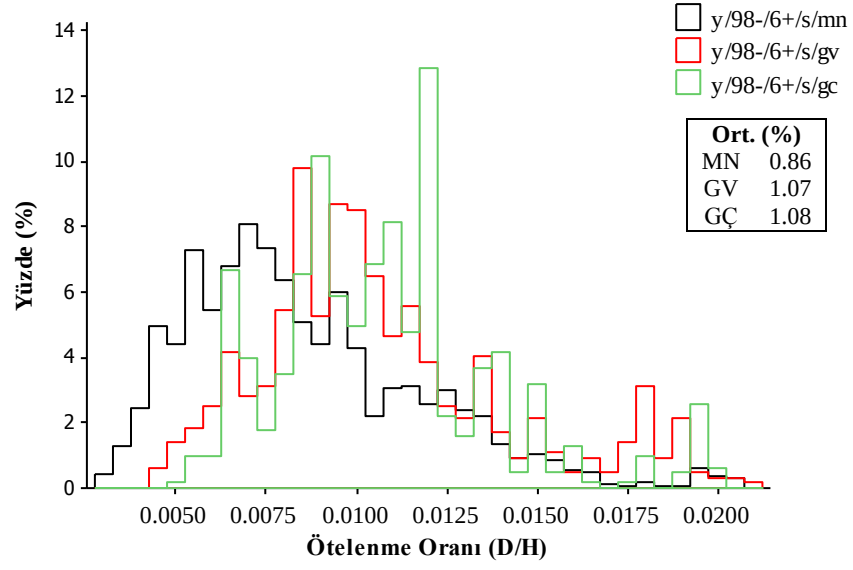
Şekil B.37: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



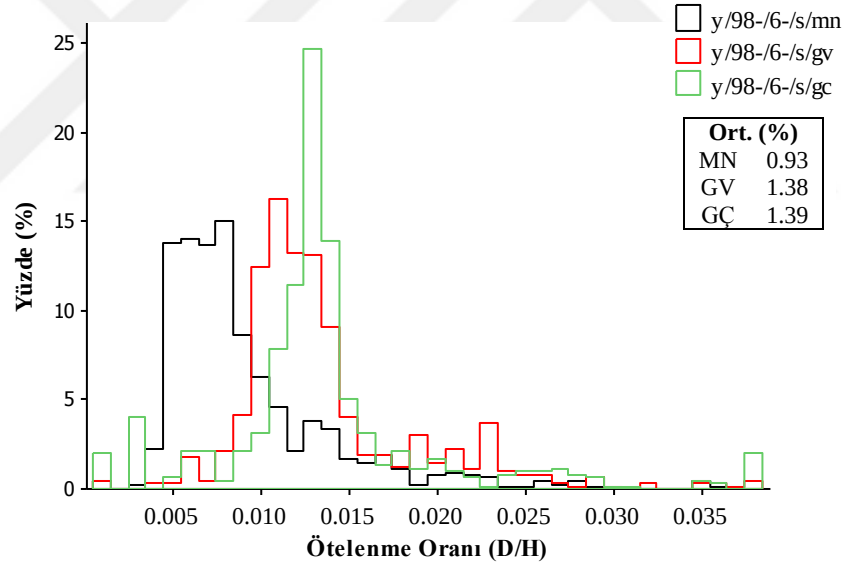
Şekil B.38: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



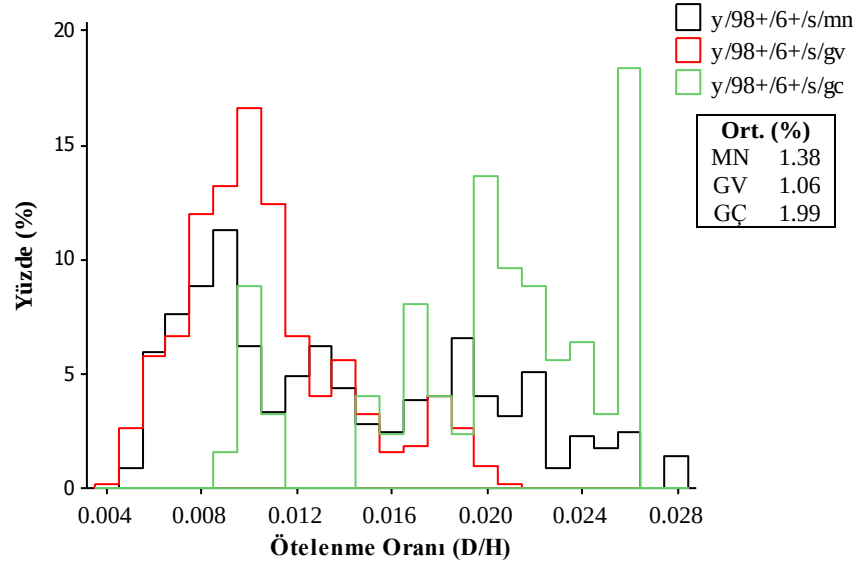
Şekil B.39: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kiriş Kesitlerinde Hasar Dağılımları



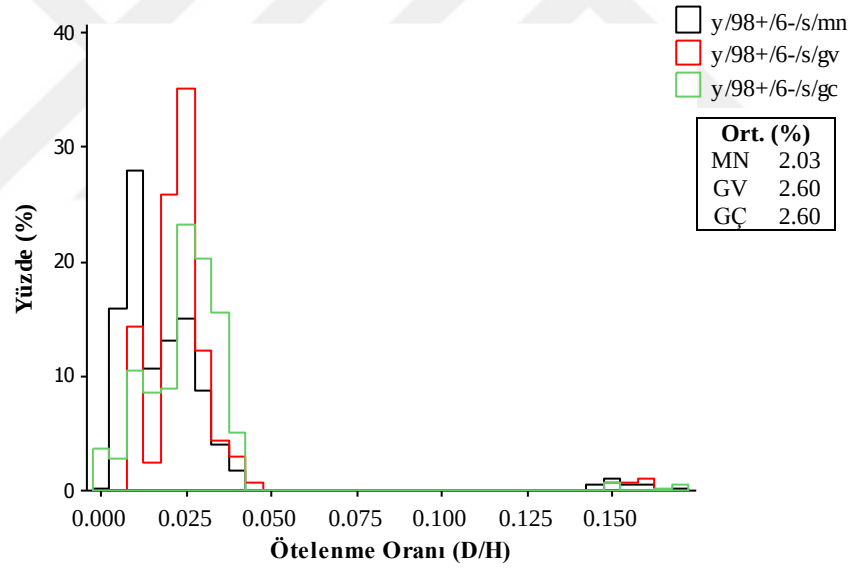
Şekil B.40: Orta Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları



Şekil B.41: Düşük Yükseklikteki Eski Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları



Şekil B.42: Orta Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları

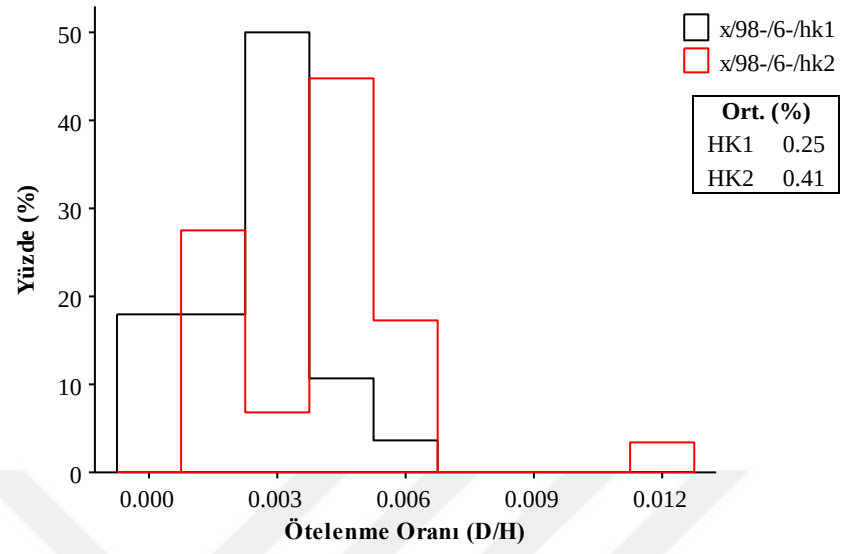


Şekil B.43: Düşük Yükseklikteki Yeni Binalarda Kolon Kesitlerinde Hasar Dağılımları

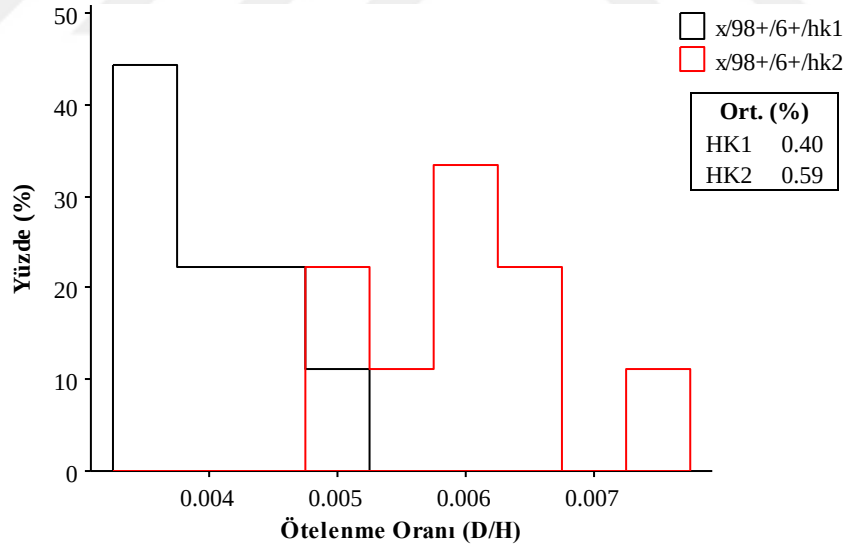
Tablo B.2: Y Yönlü Analiz Kesit Hasar Sınırlarının Ötelenme Değerleri

Y YÖNLÜ ANALİZ İÇİN HASAR SINIRI ÖTELENME ORANLARI (%)								
Yıl	Eleman	Kat Sayısı	Minimum Hasar Sınırı (MN)		Güvenlik Sınırı (GV)		Göçme Sınırı (GÇ)	
			6-	6+	6-	6+	6-	6+
98-	Kiriş	Maksimum	2.03	1.54	3.47	2.08	2.92	2.06
		Ortalama	0.53	0.52	1.40	1.26	1.82	1.41
		Minimum	0.20	0.20	0.78	0.63	0.87	0.78
	Kolon	Maksimum	3.59	2.07	3.77	2.08	3.77	2.02
		Ortalama	0.93	0.86	1.38	1.07	1.39	1.08
		Minimum	0.13	0.29	0.13	0.45	0.13	0.52
98+	Kiriş	Maksimum	15.89	2.43	17.14	2.50	17.06	2.83
		Ortalama	1.24	0.77	2.40	1.74	3.21	2.03
		Minimum	0.26	0.26	1.11	0.85	1.43	1.18
	Kolon	Maksimum	17.01	2.83	15.93	2.01	17.14	2.60
		Ortalama	2.03	1.38	2.60	1.06	2.60	1.99
		Minimum	0.01	0.50	0.87	0.45	0.01	0.91

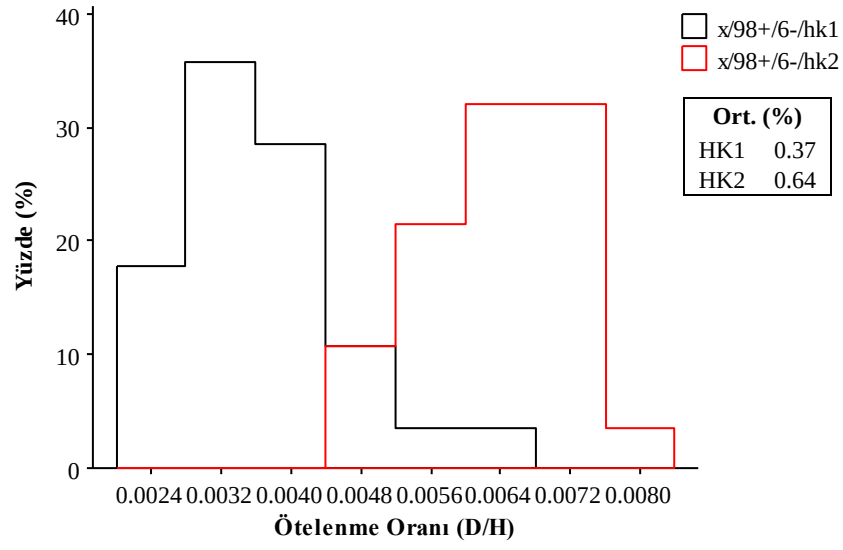
EK B. 4 X Yönlü Analiz Performans Ötelenme Oranları



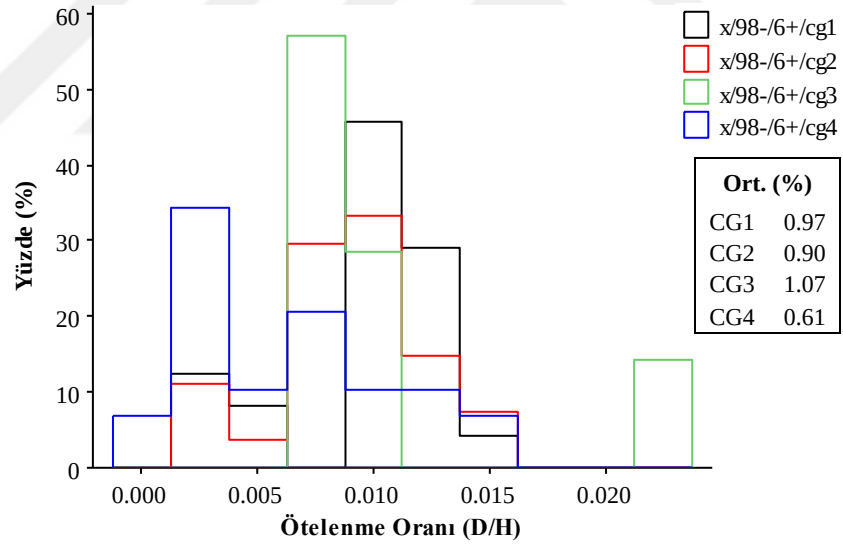
Şekil B.44: Düşük Yükseklikteki Eski Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



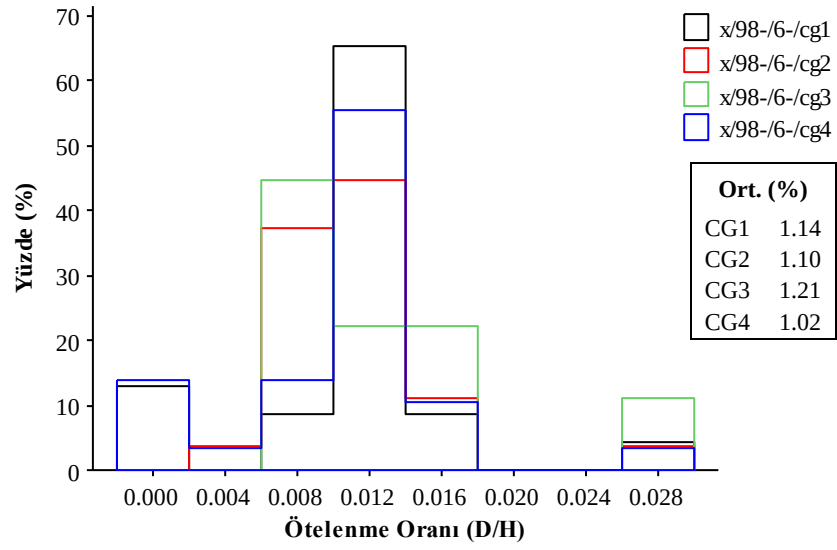
Şekil B 45: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



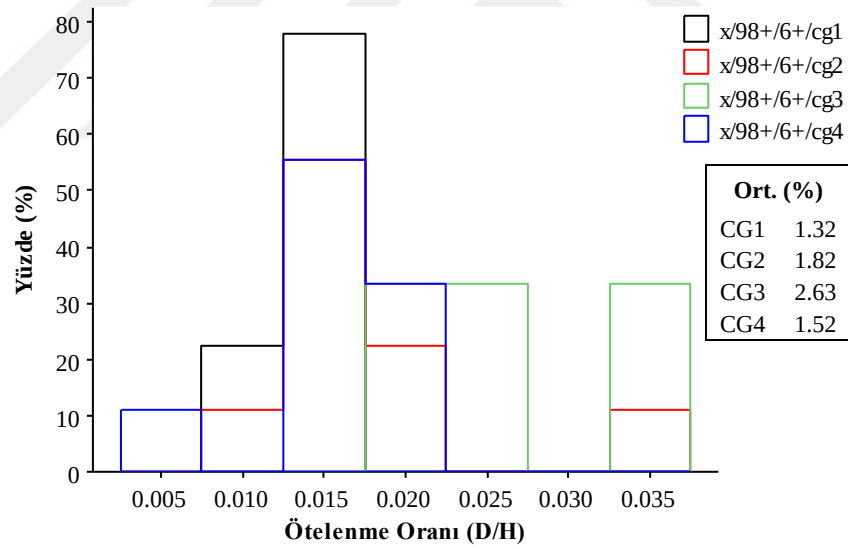
Şekil B.46: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



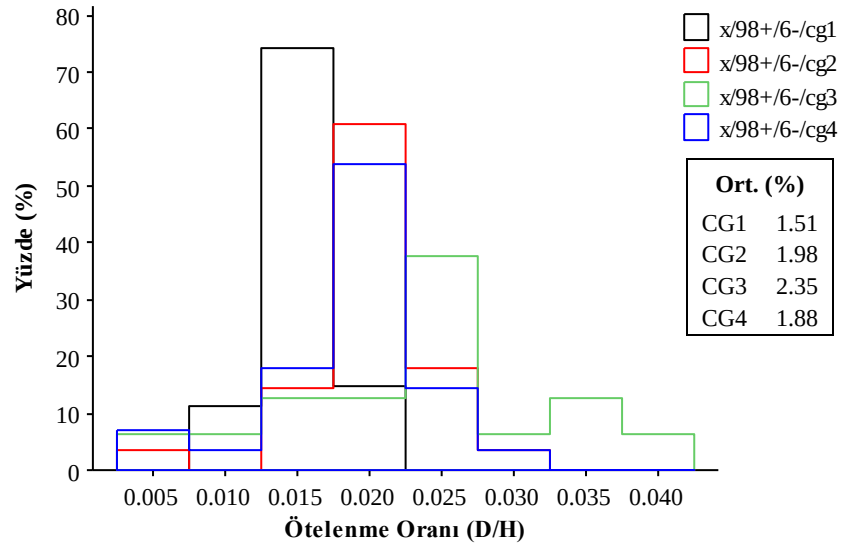
Şekil B.47: Orta Yükseklikteki Eski Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



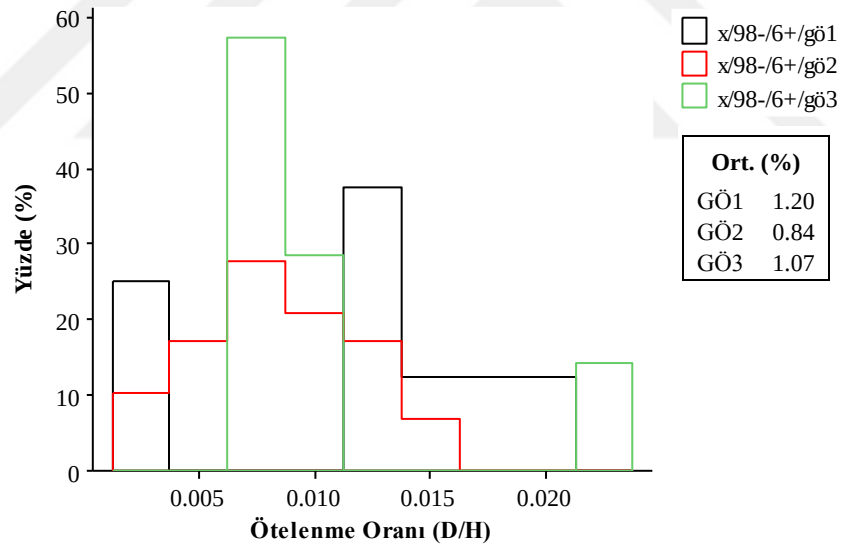
Şekil B.48: Düşük Yükseklikteki Eski Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



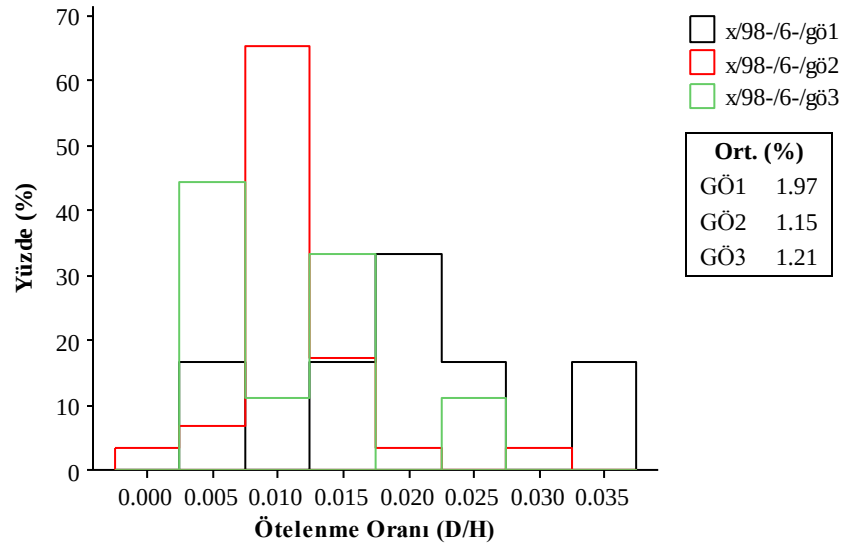
Şekil B.49: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



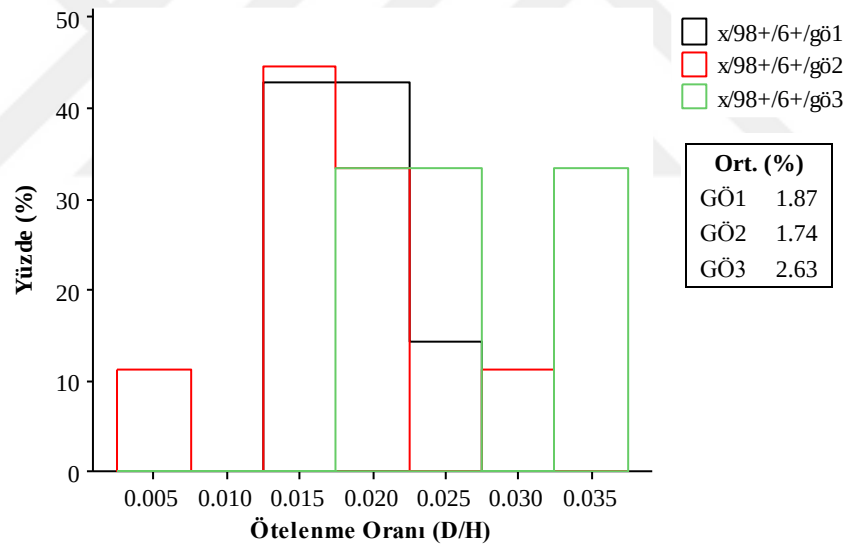
Şekil B.50: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



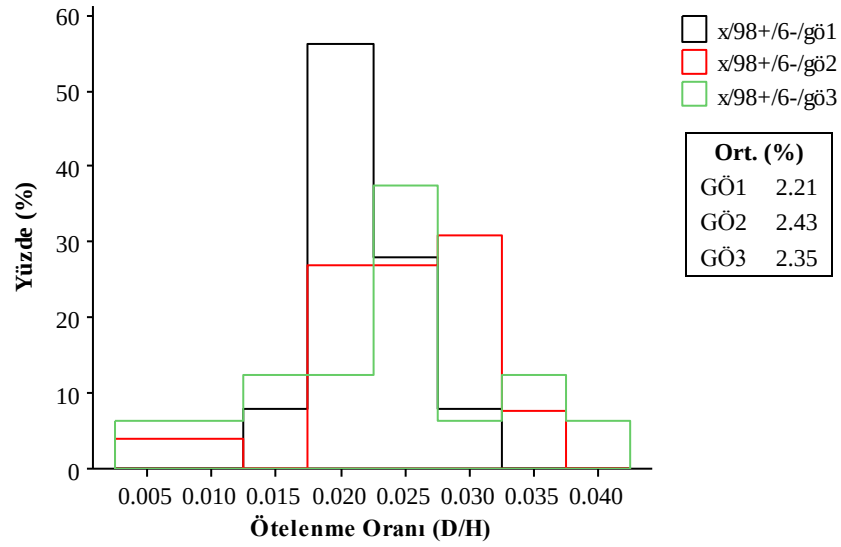
Şekil B.51: Orta Yükseklikteki Eski Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları



Şekil B.52: Orta Yükseklikteki Eski Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları



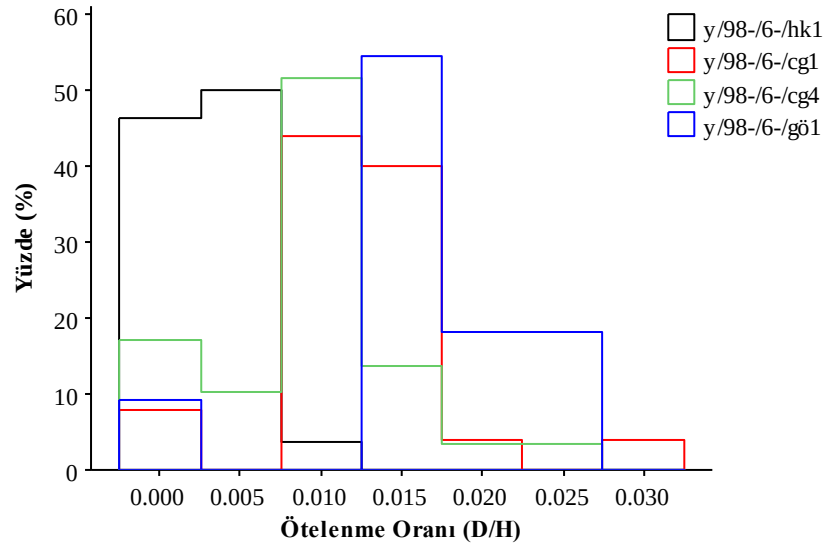
Şekil B.53: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları



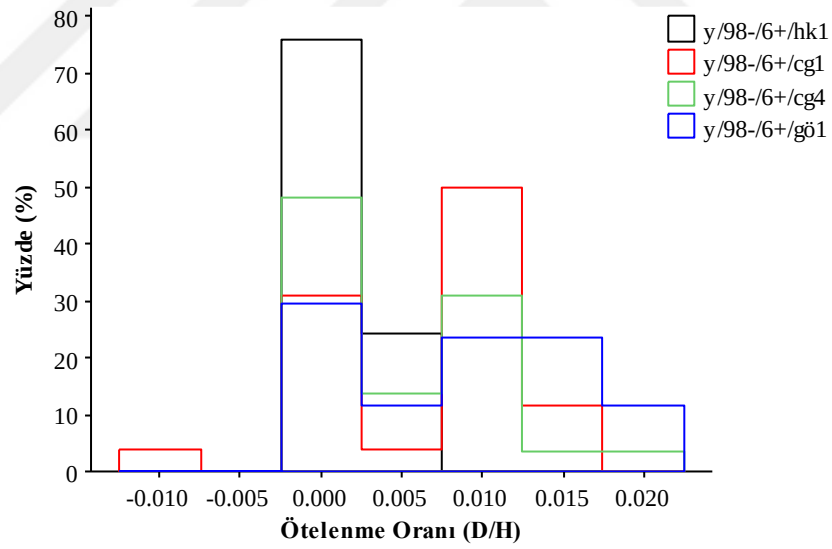
Şekil B.54: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları

Tablo B. 3: X Yönlü Analiz Performans Sınırlarının Ötelenme Değerleri

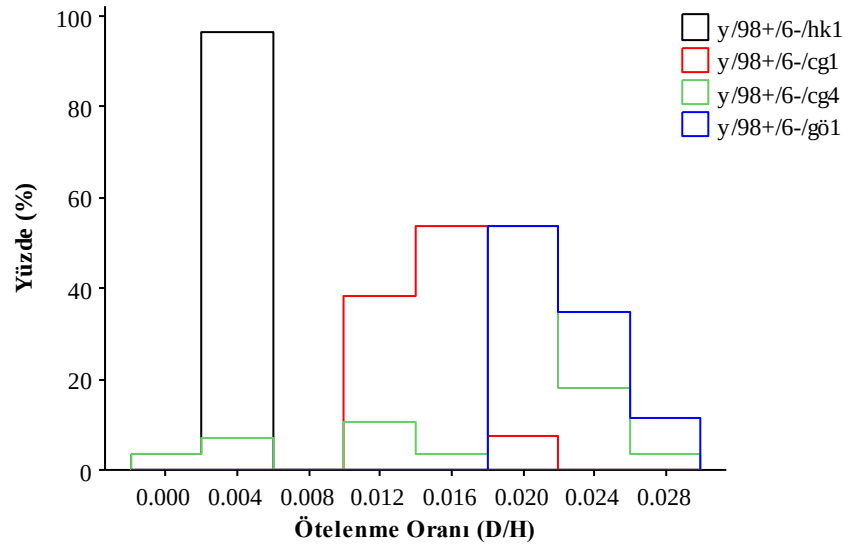
X YÖNLÜ ANALİZ İÇİN PERFORMANS SINIRI ÖTELENME DEĞERLERİ (%)											
Yıl	Kat		HK1	HK2	CG1	CG2	CG3	CG4	GÖ1	GÖ2	GÖ3
98-	6-	Maksimum	0.67	1.21	2.65	2.83	2.64	2.83	3.73	2.83	2.64
		Ortalama	0.25	0.41	1.14	1.10	1.21	1.02	1.97	1.15	1.21
		Minimum	0.05	0.08	0.06	0.27	0.60	0.06	0.40	0.22	0.60
	6+	Maksimum	0.33	0.67	1.53	1.59	2.31	1.46	2.02	1.46	2.31
		Ortalama	0.20	0.39	0.97	0.90	1.07	0.61	1.20	0.84	1.07
		Minimum	0.01	0.10	0.14	0.28	0.69	0.06	0.20	0.21	0.69
98+	6-	Maksimum	0.61	0.79	2.11	2.80	3.90	3.11	3.11	3.66	3.90
		Ortalama	0.37	0.64	1.51	1.98	2.35	1.88	2.21	2.43	2.35
		Minimum	0.24	0.48	1.06	0.55	0.58	0.29	1.55	0.55	0.58
	6+	Maksimum	0.51	0.73	1.60	3.53	3.44	2.14	2.52	2.87	3.44
		Ortalama	0.40	0.59	1.32	1.82	2.63	1.52	1.87	1.74	2.63
		Minimum	0.34	0.49	1.02	1.18	1.91	0.47	1.36	0.47	1.91



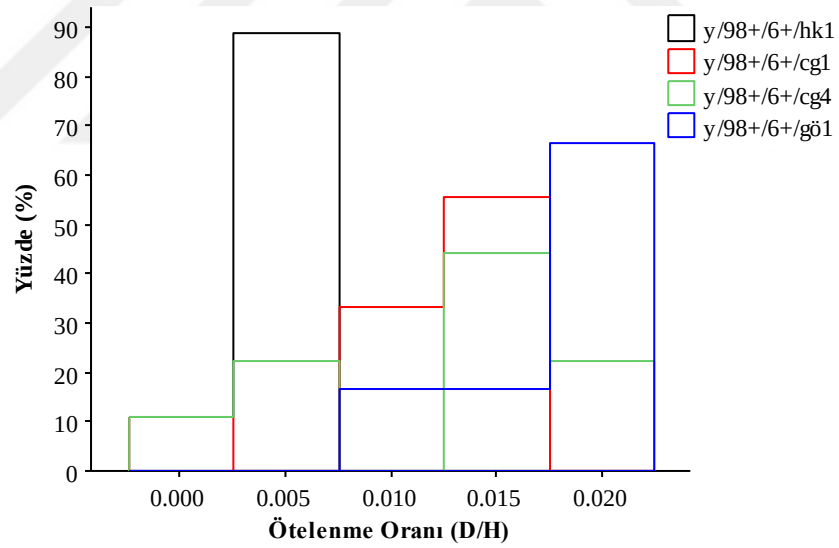
Şekil B.55: Kiriş Koşulları İçin Düşük Yükseklikli Eski Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı



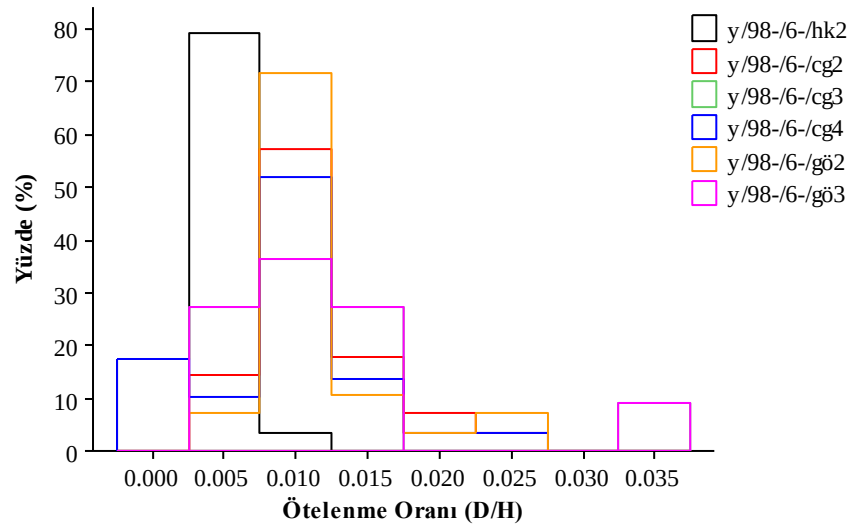
Şekil B.56: Kiriş Koşulları İçin Orta Yükseklikli Eski Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı



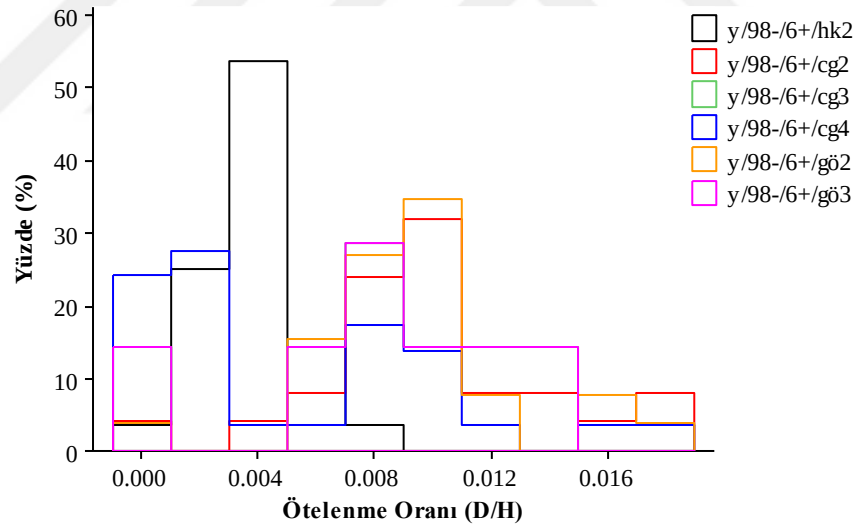
Şekil B.57: Kiriş Koşulları İçin Düşük Yükseklikli Yeni Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı



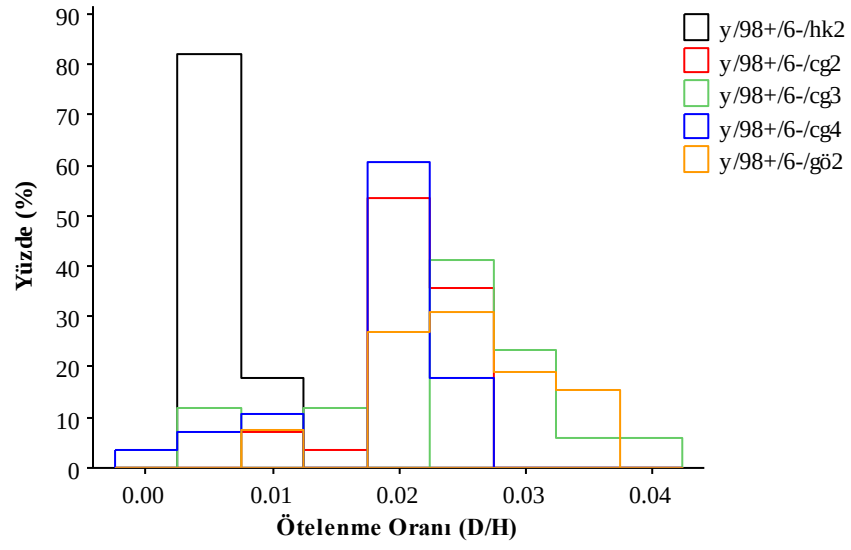
Şekil B.58: Kiriş Koşulları İçin Orta Yükseklikli Yeni Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı



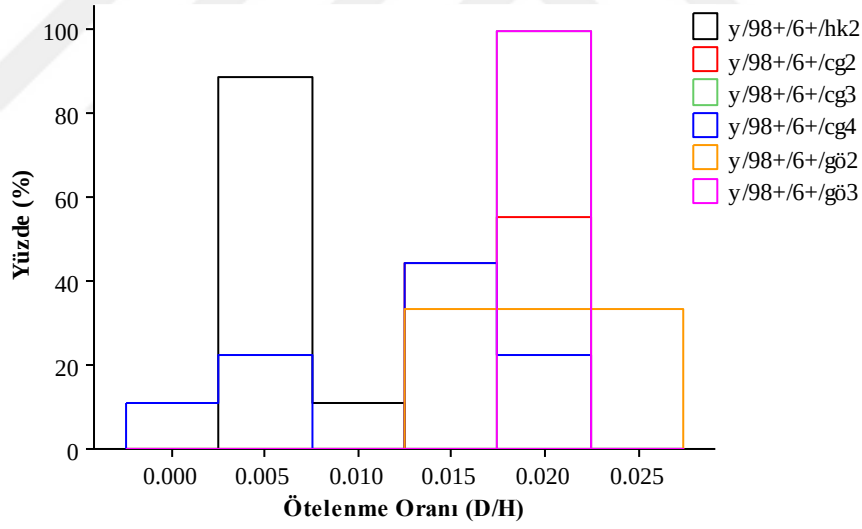
Şekil B.59: Kolon Koşulları İçin Düşük Yükseklikli Eski Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı



Şekil B.60: Kolon Koşulları İçin Orta Yükseklikli Eski Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı

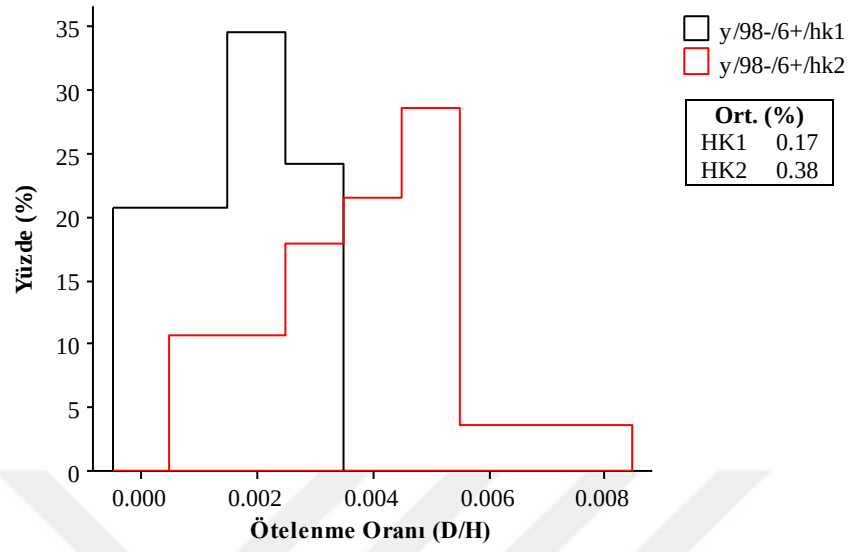


Şekil B.61: Kolon Koşulları İçin Düşük Yükseklikli Yeni Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı

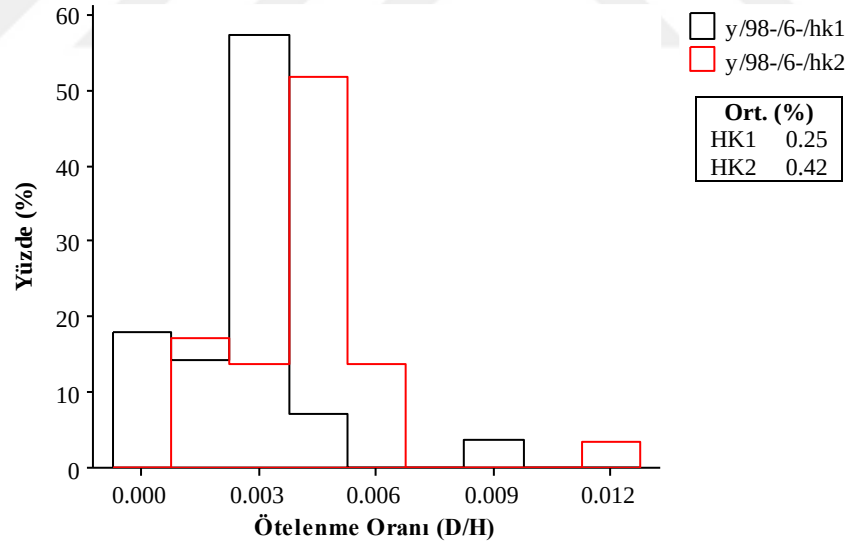


Şekil B.62: Kolon Koşulları İçin Orta Yükseklikli Yeni Binaların Performans Sınırlarının Dağılımı

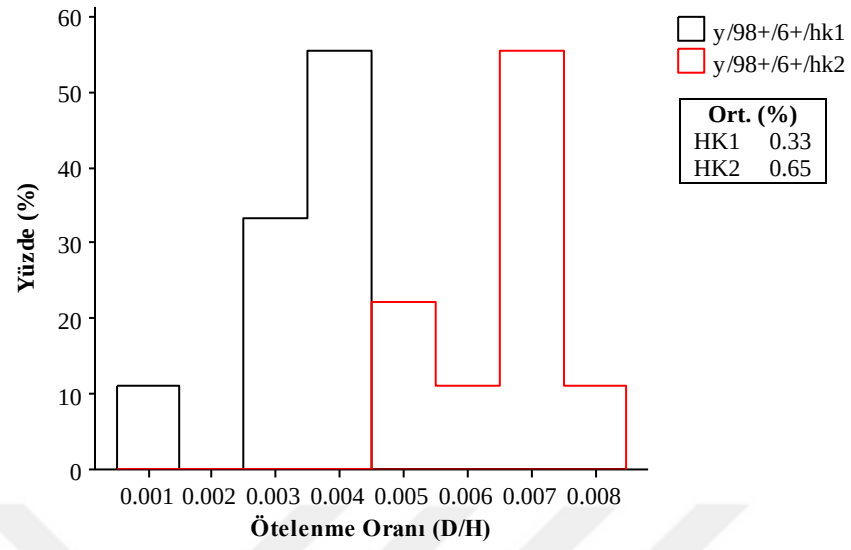
EK B. 5 Y Yönlü Analiz Performans Ötelenme Oranları



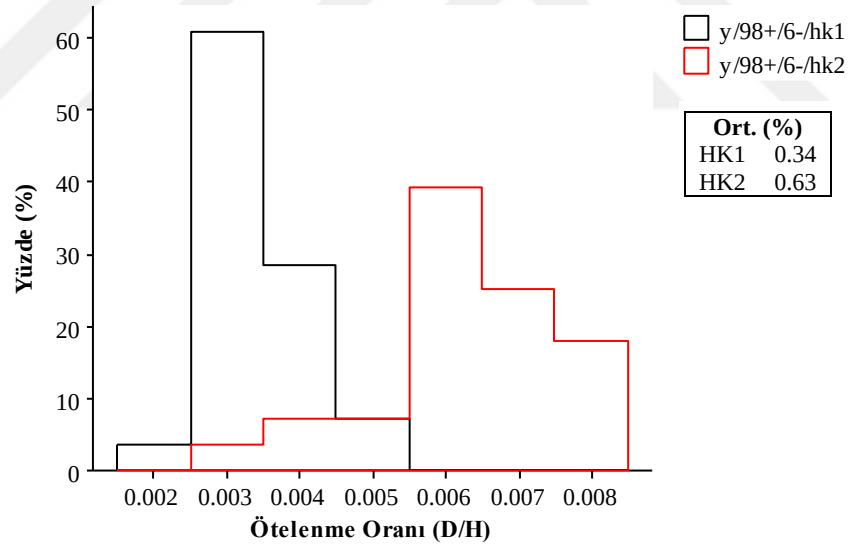
Şekil B.63: Orta Yükseklikteki Eski Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



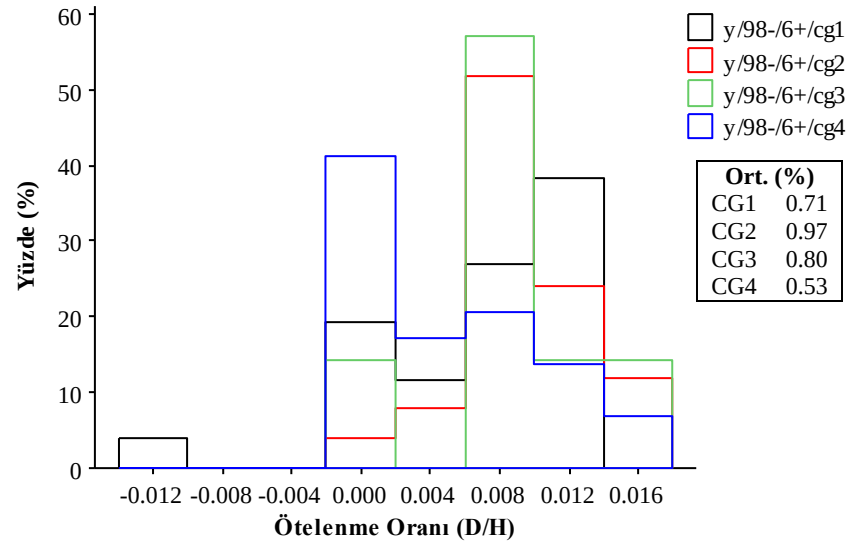
Şekil B.64: Düşük Yükseklikteki Eski Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



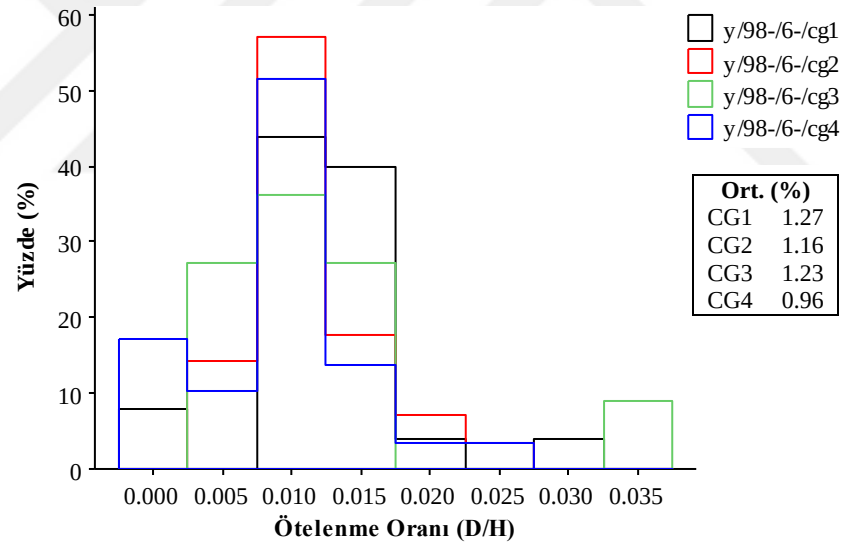
Şekil B.65: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



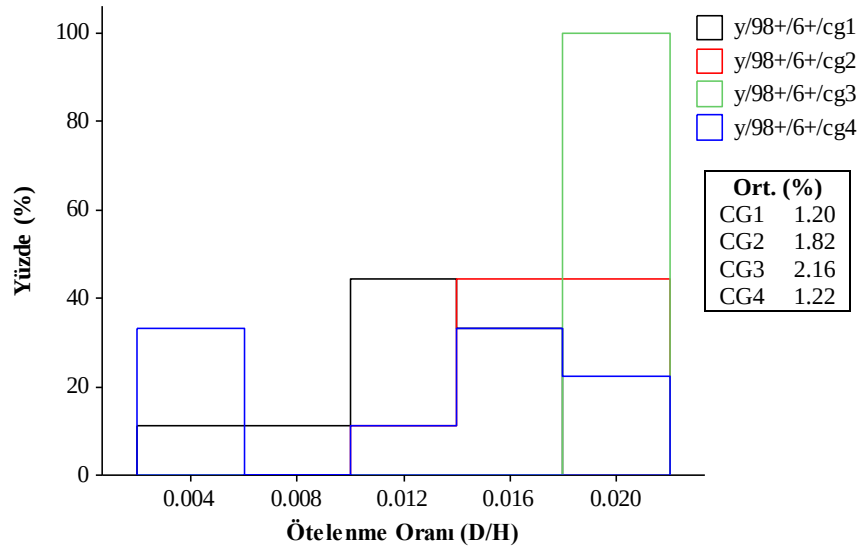
Şekil B.66: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların HK Performans Seviyesi Dağılımları



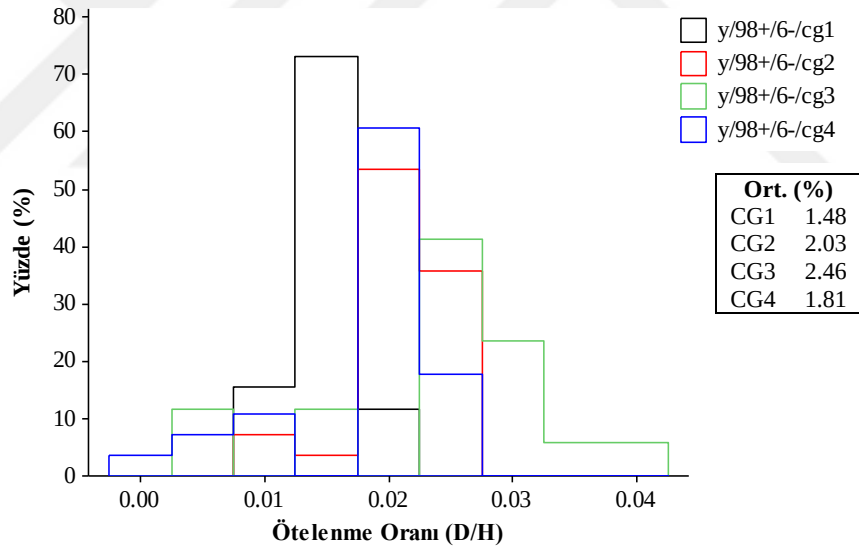
Şekil B.67: Orta Yükseklikteki Eski Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



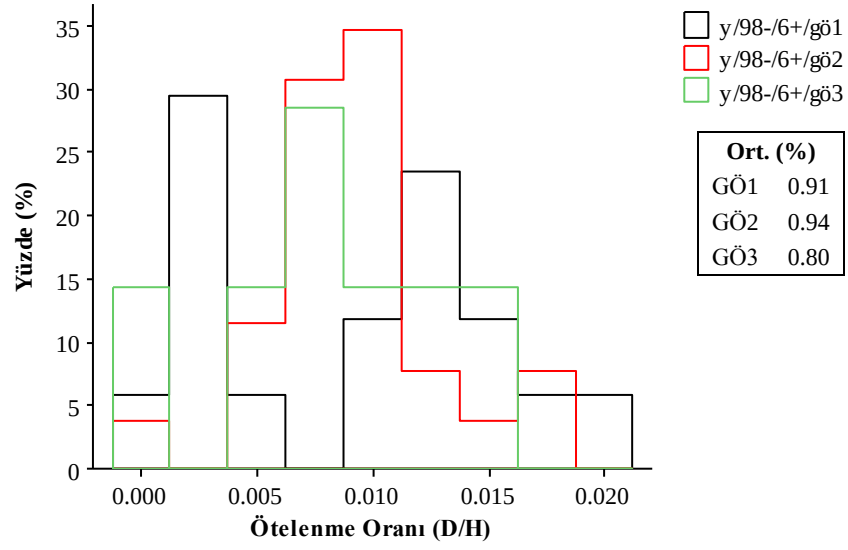
Şekil B.68: Düşük Yükseklikteki Eski Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



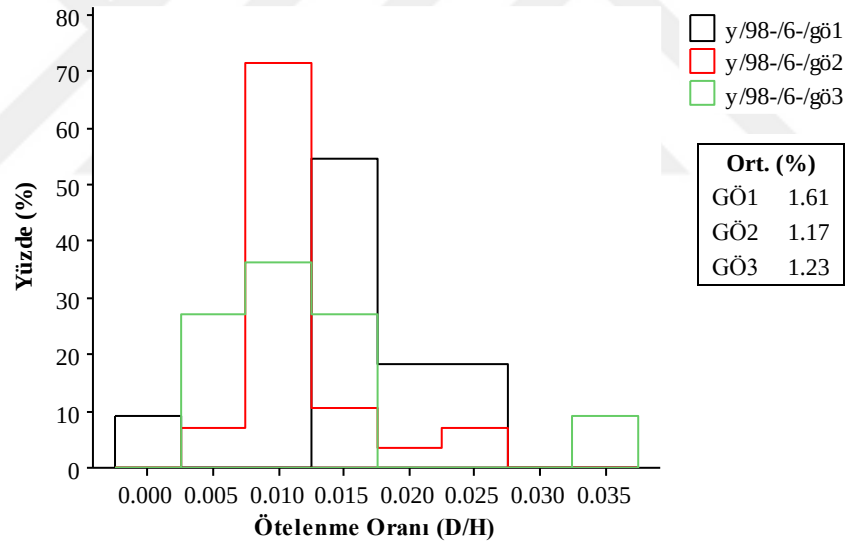
Şekil B.69: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



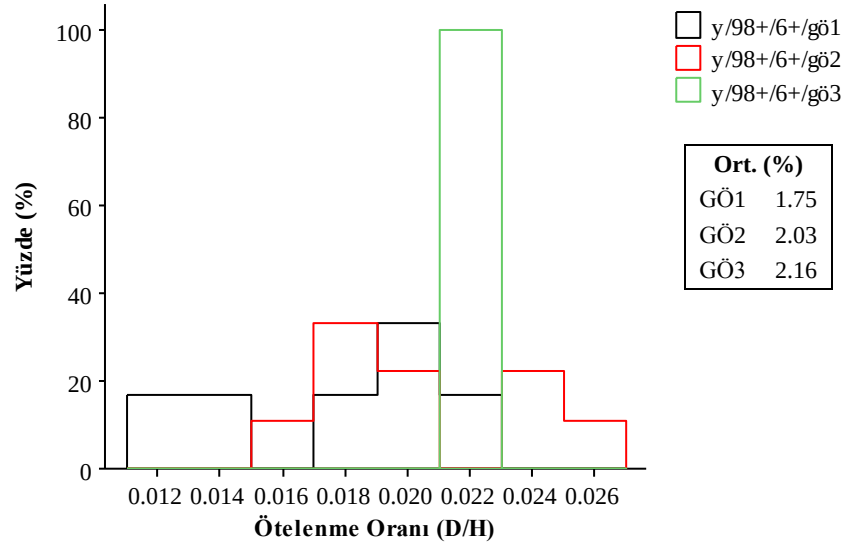
Şekil B.70: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların CG Performans Seviyesi Dağılımları



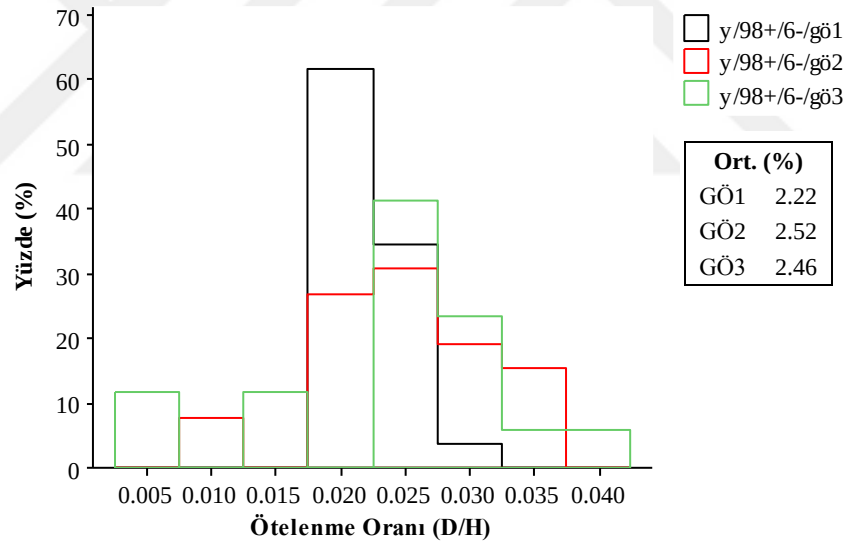
Şekil B.71: Orta Yükseklikteki Eski Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları



Şekil B.72: Düşük Yükseklikteki Eski Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları



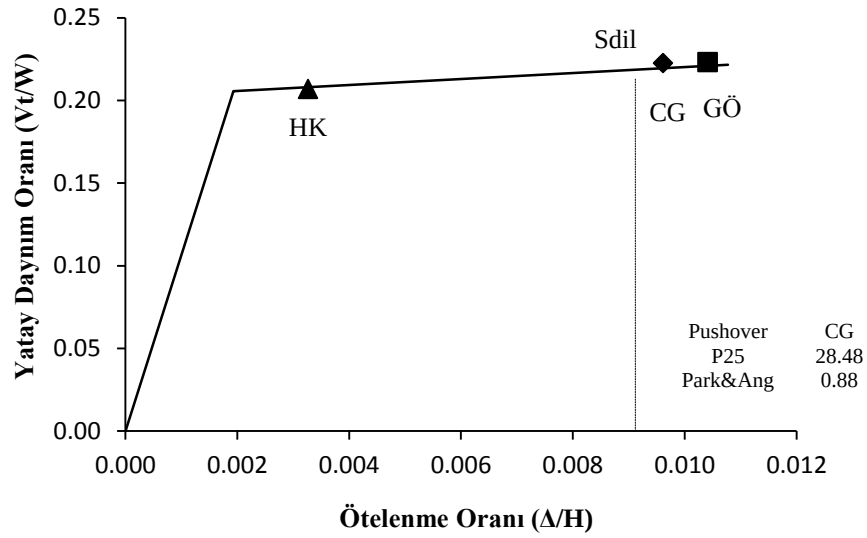
Şekil B.73: Orta Yükseklikteki Yeni Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları

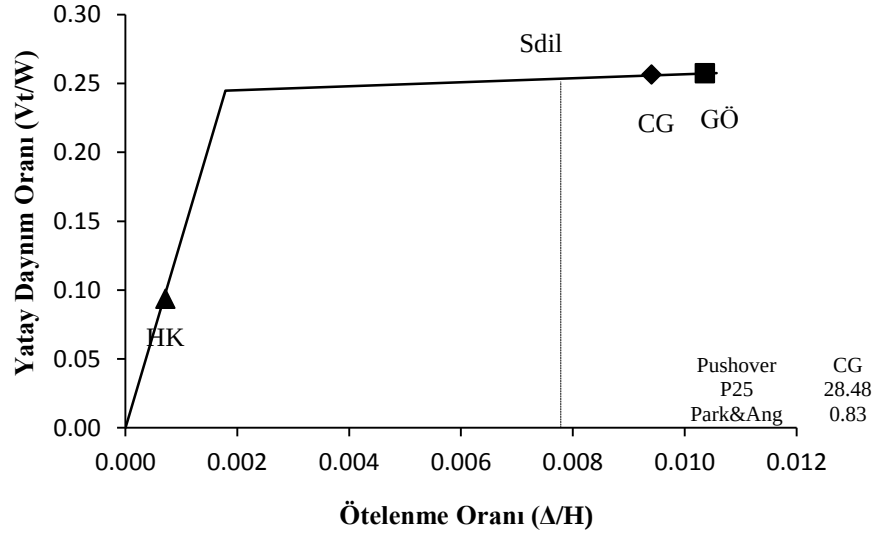


Şekil B.74: Düşük Yükseklikteki Yeni Binaların GÖ Performans Seviyesi Dağılımları

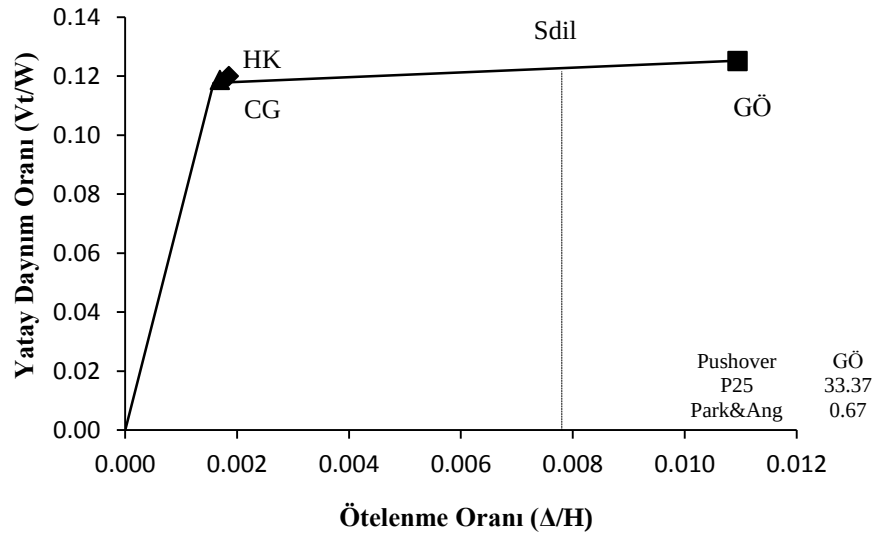
Tablo B. 4: Y Yönlü Analiz Performans Sınırlarının Ötelenme Değerleri

Y YÖNLÜ ANALİZ İÇİN PERFORMANS SINIRI ÖTELENME DEĞERLERİ (%)											
Yıl	Kat		HK1	HK2	CG1	CG2	CG3	CG4	GÖ1	GÖ2	GÖ3
98-	6-	Maksimum	0.83	1.13	3.05	2.51	3.53	2.57	2.49	2.57	3.53
		Ortalama	0.25	0.42	1.27	1.16	1.23	0.96	1.61	1.17	1.23
		Minimum	0.04	0.12	0.04	0.28	0.51	0.04	0.12	0.26	0.51
	6+	Maksimum	0.33	0.78	1.28	1.73	1.42	1.76	1.94	1.76	1.42
		Ortalama	0.17	0.38	0.71	0.97	0.80	0.53	0.91	0.94	0.80
		Minimum	0.00	0.07	-1.06	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01
98+	6-	Maksimum	0.53	0.84	1.89	2.61	3.98	2.68	2.89	3.72	3.98
		Ortalama	0.34	0.63	1.48	2.03	2.46	1.81	2.22	2.52	2.46
		Minimum	0.17	0.33	1.19	0.89	0.55	0.17	1.82	1.11	0.55
	6+	Maksimum	0.44	0.76	1.63	2.19	2.16	2.04	2.19	2.54	2.16
		Ortalama	0.33	0.65	1.20	1.82	2.16	1.22	1.75	2.03	2.16
		Minimum	0.08	0.49	0.23	1.36	2.16	0.23	1.17	1.61	2.16

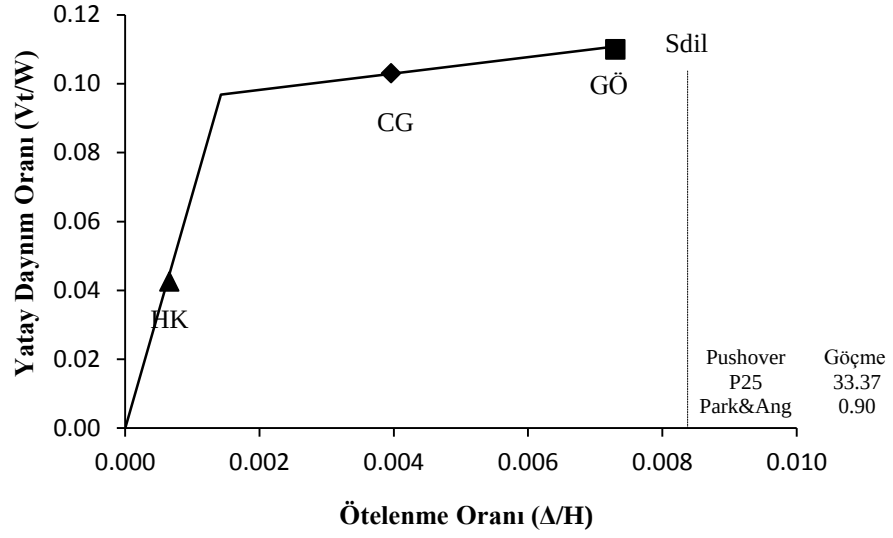
**Şekil B.75:**Bina#1 Performans Sonuçları (X Yönü)



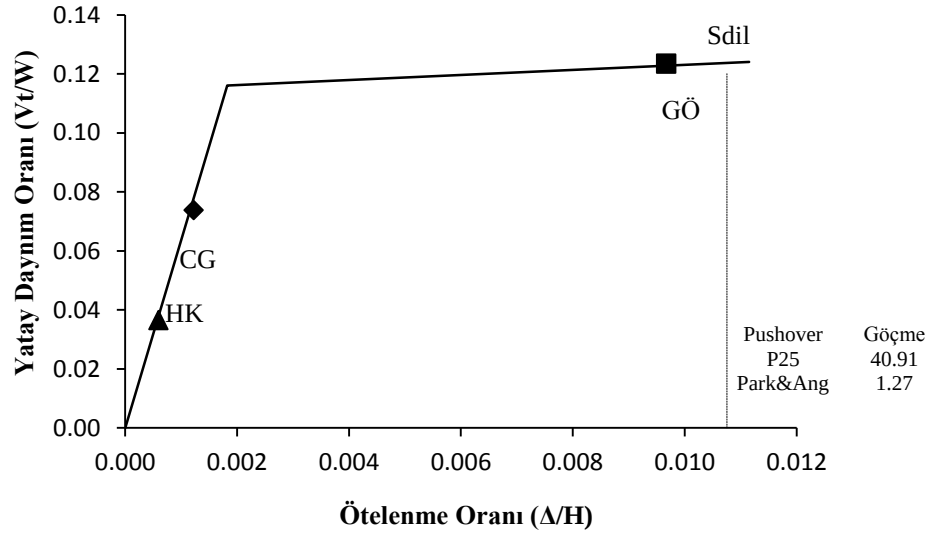
Şekil B.76:Bina#1 Performans Sonuçları (Y Yönü)



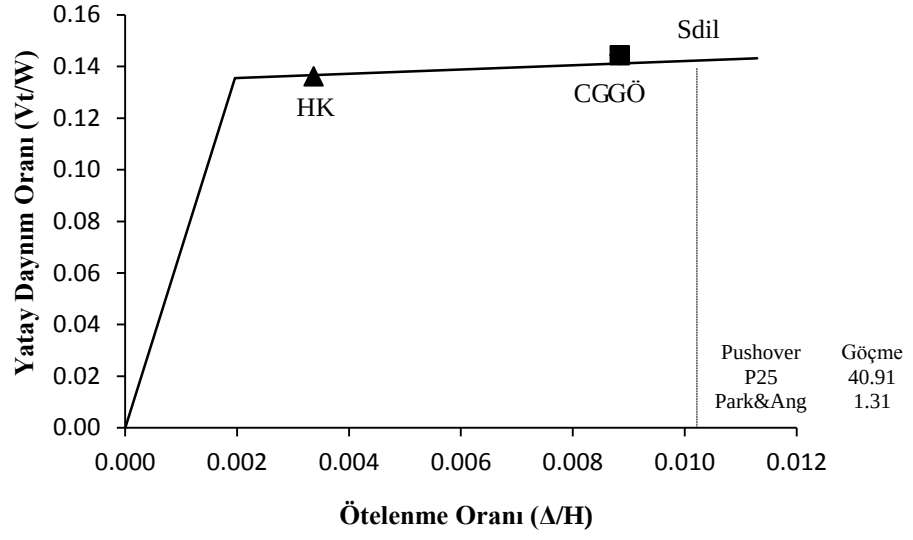
Şekil B.77:Bina#7 Performans Sonuçları (X Yönü)



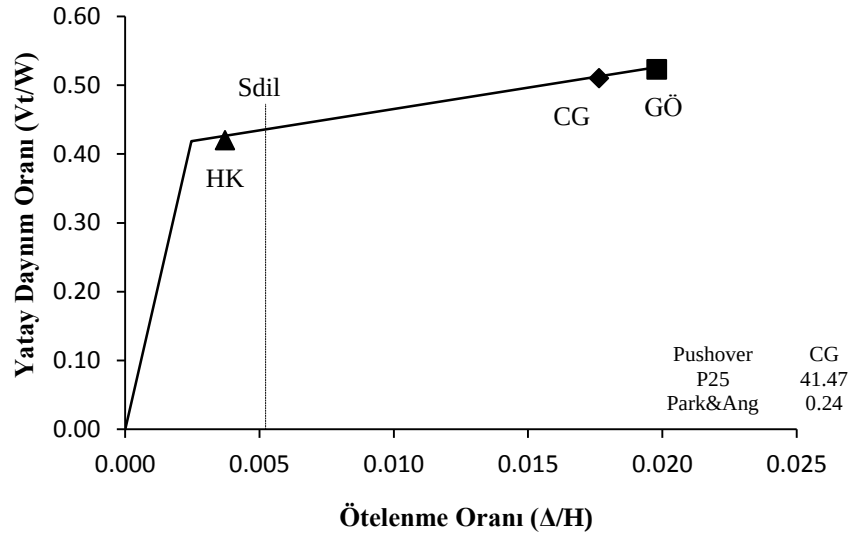
Şekil B.78:Bina#7 Performans Sonuçları (Y Yönü)



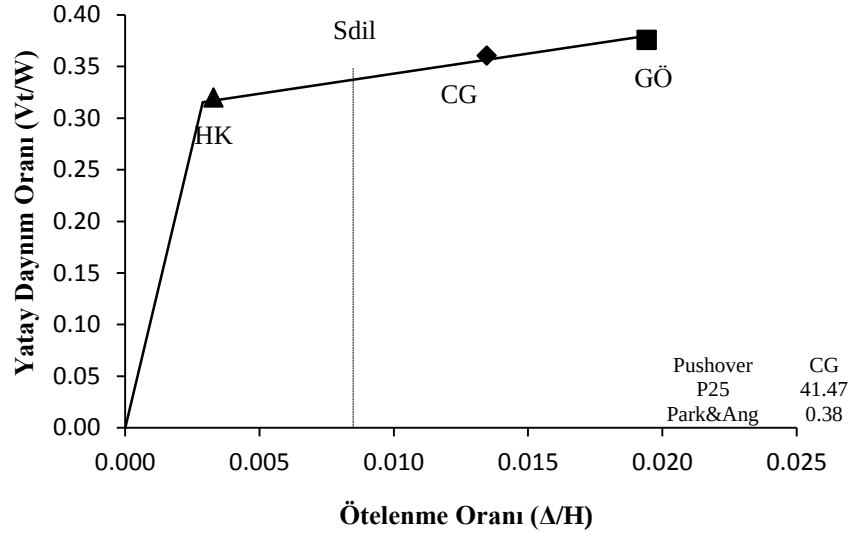
Şekil B.79:Bina#10 Performans Sonuçları (X Yönü)



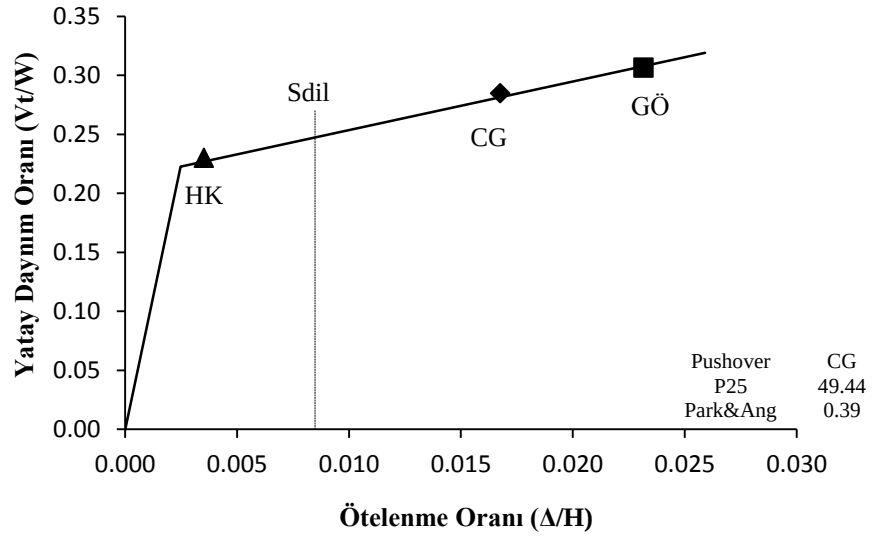
Şekil B.80:Bina#10 Performans Sonuçları (Y Yönü)



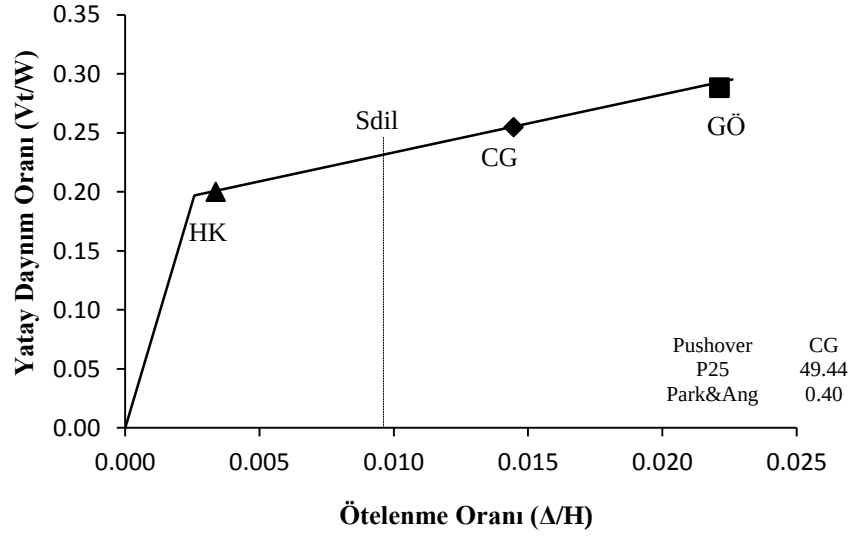
Şekil B.81:Bina#28 Performans Sonuçları (X Yönü)



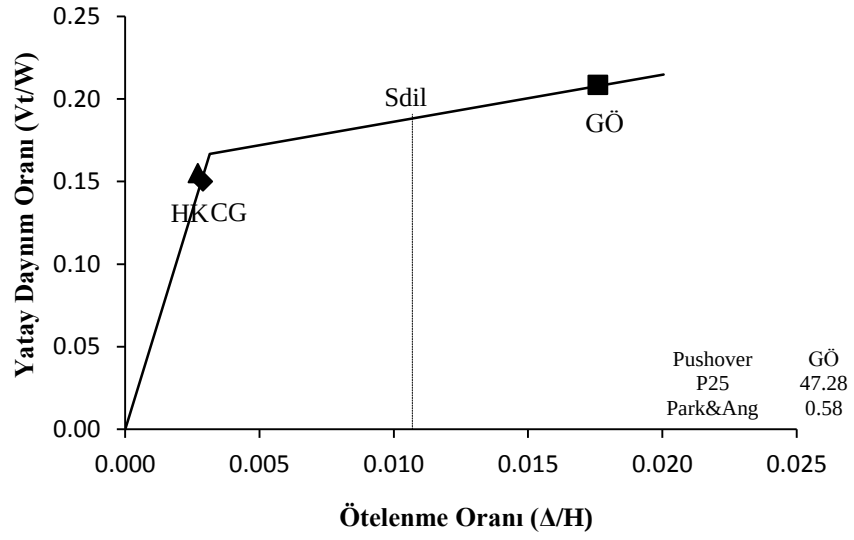
Şekil B.82:Bina#28 Performans Sonuçları (Y Yönü)



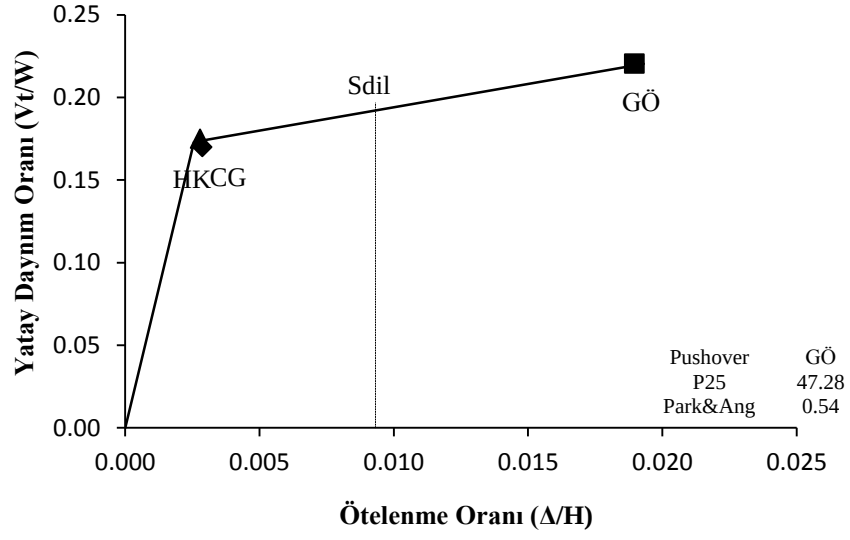
Şekil B.83:Bina#32 Performans Sonuçları (X Yönü)



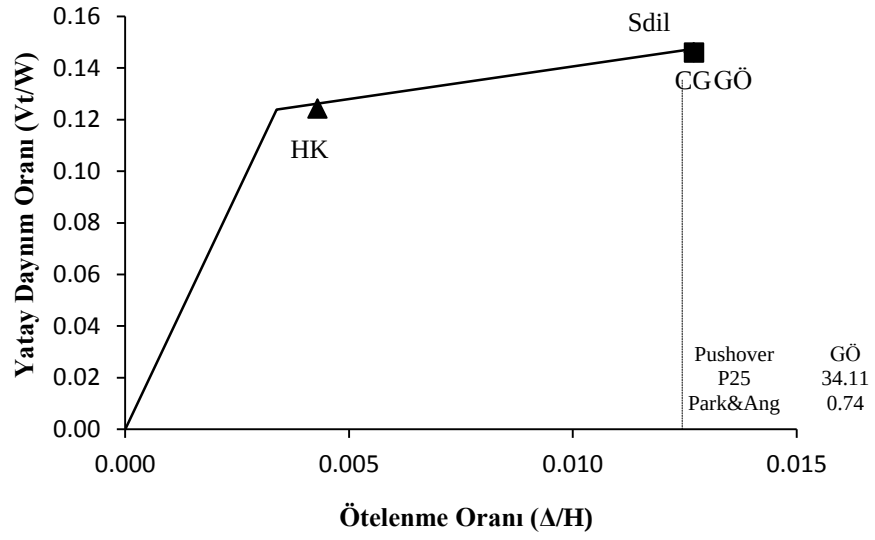
Şekil B.84:Bina#32 Performans Sonuçları (Y Yönü)



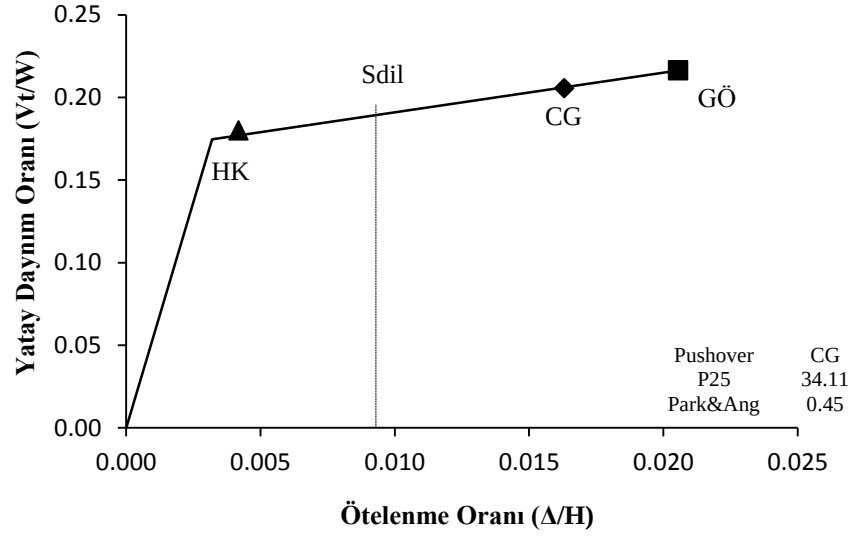
Şekil B.85:Bina#34 Performans Sonuçları (X Yönü)



Şekil B.86:Bina#34 Performans Sonuçları (Y Yönü)



Şekil B.87:Bina#37 Performans Sonuçları (X Yönü)



Şekil B.88: Bina#37 Performans Sonuçları (Y Yönü)

13. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Çiğdem ÇIRAK

Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ - 01.01.1991

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : cigdemcirak@windowlive.com

ccirak@pau.edu.tr

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

İnşaat Mühendisliği Bölümü