

**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT ÇOK KATLI VE MAFSALLI  
PREFABRİK BİNALARIN  
DEPREM PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS  
Ali KALKAN**

**Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL**

**TEMMUZ 2013**

## YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 111131010 nolu öğrencisi Ali KALKAN tarafından hazırlanan “**MEVCUT ÇOK KATLI VE MAFSALLI PREFABRİK BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı :  
(Jüri Başkanı)

Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL (PAÜ)



Jüri Üyesi :

Prof. Dr. Mehmet İNEL (PAÜ)




Jüri Üyesi :

Yrd. Doç. Dr. Hayri Baytan ÖZMEN (USAK)

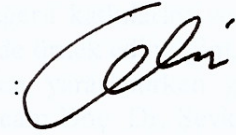


Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
31/07/2013 tarih ve ...25/18..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

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.

İmza



Öğrenci Adı Soyadı : Ali KALKAN

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Mevcut Çok Katlı ve Mafsallı Prefabrik Binaların Deprem Performansının Araştırılması ” başlıklı bu çalışmayı bana önererek, değerli katkılarını ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, insani ve ahlâki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL'e sonsuz teşekkür ederim.

Bir ekip olmaktan zevk duyduğum, çalışma boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Mehmet PALANCI'ya ve İnş. Müh. Yasin YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Hüseyin'e, annem Hatice'ye ve kardeşim Aykan'a sonsuz teşekkür ederim. Çok yakın bir zamanda kaybettiğim değerli babaannemi minnetle anıyorum.

Bu çalışma 110M255 nolu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. Ayrıca saha çalışmaları sırasında Türkiye Prefabrik Birliği ve Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğünden destek alınmıştır. Destek ve katkılarından dolayı bütün kuruluşlara teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından 2013FBE004 nolu tez proje ile de desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2013

Ali KALKAN  
(İnşaat Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1 GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Giriş .....	1
1.2 Problemin Tanımı.....	1
1.3 Amaç.....	3
1.4 Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.5 Çalışmanın Düzeni .....	5
<b>2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>7</b>
2.1 Prefabrik Binalarla İlgili Yapılan Çalışmalar .....	7
2.2 Hasar Görebilirlik Eğrileriyle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	10
<b>3 MEVCUT ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ</b> .....	<b>13</b>
3.1 Prefabrik Yapılar ve Genel Özellikleri.....	13
3.2 DOSB’de Bulunan Binalar Hakkında Bilgi Toplanması.....	15
3.3 DOSB’deki Binalardan Toplanan Yapısal Bilgilerin Değerlendirilmesi ...	17
<b>4 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI</b> .....	<b>23</b>
4.1 Prefabrik Kolonların Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi .....	23
4.1.1 Prefabrik binalara ait taşıyıcı sistem modelinin oluşturulması .....	23
4.1.2 Moment-eğrilik analizleri ve plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi	25
4.1.3 Kesit hasar bölgelerinin DBYYHY-2007’de verilen esaslara göre belirlenmesi.....	26
4.1.4 Seçilen örnek binada plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi.....	28
4.2 Binalara Ait Kapasite Eğrilerinin Hesaplanması .....	31
4.2.1 Binalara ait kapasite eğrilerinin SAP2000 Programı ile elde edilmesi ..	31
4.2.2 Binalara ait kapasite eğrilerinin yapısal parametrelere bağlı olarak elde edilmesi.....	32
4.2.3 Örnek ÇK7 binasına ait kapasite eğrisinin SAP2000 programı ile hesabı.....	38
4.2.4 Örnek ÇK7 binasına ait kapasite eğrisinin yapısal parametrelere dayalı olarak elde edilmesi.....	40
4.2.5 Seçilen örnek binada kapasite eğrilerinin karşılaştırılması.....	41
4.3 Çok Katlı Binaların Kapasite Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	42
<b>5 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA DEPREM TALEBİNİN HESABI</b> .....	<b>44</b>
5.1 Yerdeğiştirme Talebinin Hesabı için Kullanılan İvme Kayıtlarının Seçimi.....	44
5.2 Prefabrik Binalarda Oluşacak Yerdeğiştirme Taleplerinin Hesabı.....	46
5.3 İki Katlı ÇK7 ve Ç12 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi .....	48

<b>6</b>	<b>ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARA AİT HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİNİN HESABI .....</b>	<b>50</b>
6.1	İki Katlı Bina ÇK7 için Hasar Görebilirlik Eğrisinin Hesabı.....	52
6.2	Tüm Çok Katlı Prefabrik Binalar için Hasar Görebilirlik Eğrileri.....	54
<b>7</b>	<b>ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ İLE YAPISAL PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI.....</b>	<b>56</b>
7.1	Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki .....	58
7.2	Orta Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki .....	62
7.3	Ağır Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki .....	66
7.4	Göçme Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	71
<b>8</b>	<b>SONUÇLAR.....</b>	<b>76</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>78</b>
	<b>EKLER.....</b>	<b>83</b>

## KISALTMALAR

<b>ATC</b>	: Applied Technology Council
<b>BS</b>	: Beton Sınıfı
<b>DBYBHY</b>	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
<b>ABYYHY</b>	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
<b>TDY</b>	: Türk Deprem Yönetmeliği
<b>FEMA</b>	: Federal Emergency Management Agency
<b>GÇ</b>	: Göçme Sınırı
<b>GV</b>	: Güvenlik Sınırı
<b>MN</b>	: Minimum Hasar Sınırı
<b>PEER</b>	: Pasific Earthquake Engineering Research
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu
<b>USGS</b>	: United States Geological Survey
<b>TÜDAP</b>	: Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı
<b>DOSB</b>	: Denizli Organize Sanayi Bölgesi
<b>UDAP</b>	: Ulusal Deprem Araştırma Programı
<b>BİKAP</b>	: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kamu Araştırma Programı
<b>MYH</b>	: Maksimum yer hızı
<b>MYİ</b>	: Maksimum yer ivmesi
<b>PF</b>	: Modal Katılım Katsayısı
<b>SI</b>	: Spectrum Intensity (Spektrum Yoğunluğu)
<b>YY</b>	: Bina Yapım Yılı
<b>AY-75</b>	: 1975 Afet Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
<b>AY-98</b>	: 1998 Afet Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

## TABLO LİSTESİ

### Tablolar

3.1: DOSB’nde yer alan bütün sanayi yapılarının dağılımları.....	16
4.1: DBYYHY-2007’de verilen hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğişiklikler 27	
4.2: Bina ÇK7’ye ait makas, aşık bilgileri.....	30
4.3: Bina ÇK7’ye ait taşıyıcı eleman bilgileri.....	30
4.4: Bina ÇK7’ye ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri.....	30
4.5: Bina ÇK7’ye ait makas, aşık bilgileri.....	38
4.6: Bina ÇK7’ye ait taşıyıcı eleman bilgileri.....	38
4.7: Bina ÇK7’ye ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri.....	39
4.8: Bina ÇK7 için SAP2000 ile bulunan yatay dayanım ve kapasite sonuçları .....	39
4.9: Bina ÇK7’ye ait kolonların kapasite hesap sonuçları.....	40
4.10: Bina ÇK7’ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları .....	40
4.11: İki örnek model için bulunan bina kapasite parametreleri .....	41
5.1: Maksimum yer hızı gruplarına ait kayıt sayısı, ortalama, standart sapma değerleri.....	45
5.2: İki Katlı Bina ÇK7 ve Ç12’ye ait yapısal bilgilerin durumu .....	48
6.1: Bina ÇK7’ye ait kapasite parametre bilgileri .....	52
6.2: Bina ÇK7 için aşılma sayıları ve oranları .....	53
6.3: Bina ÇK7 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri .....	54
A.1: 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları .....	83
A.2: DOSB’de yer alan 41 adet iki katlı prefabrik binaların kapasite sonuçları.....	89
B.1: DOSB’de yer alan 41 adet iki katlı prefabrik binaların kapasite sonuçları.....	90
C.1: 41 Adet çok katlı prefabrik binanın hasar görebilirlik eğrisi parametreleri.....	98



## ŞEKİL LİSTESİ

### Şekiller

1.1: Önemli prefabrik yapı hasarlarının yaşandığı geçmiş depremler ve DOSB'nin konumu .....	2
3.1: Tipik çok katlı bir mafsalı prefabrik yapı detayı .....	13
3.2: Prefabrik bir yapının taşıyıcı sistem elemanları .....	14
3.3: Prefabrik bir yapıya ait kolon-kiriş birleşim detayı .....	14
3.4: DOSB'nin havadan görünüşü .....	15
3.5: DOSB'de bulunan prefabrik binaların sınıflandırılması .....	17
3.6: DOSB'de bulunan prefabrik yapı türlerinin dağılımı .....	18
3.7: DOSB'de bulunan prefabrik yapı türlerinin kat sayıları dağılımı .....	18
3.8: İncelenen çok katlı binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı .....	19
3.9: İncelenen çok katlı ve karma binalardaki kolon boyutları (mm) .....	19
3.10: İncelenen çok katlı binalara ait yüksekliklerin dağılımı (m) .....	20
3.11: İncelenen çok katlı prefabrik yapılara ait makas açıklık uzunlukları (m) .....	20
3.12: İncelenen çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı .....	21
3.13: Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı .....	21
3.14: Kolonlarda kullanılan etriye aralığı dağılımı .....	22
3.15: İncelenen kolonlarda hacimsel enine donatı oranının dağılımı .....	22
4.1: Çok katlı prefabrik yapı çerçevesini oluşturan kolonların davranışı .....	24
4.2: Çok katlı prefabrik bina ana kolonlarında eksenel kuvvet oranının dağılımı ( $N\% = N/BHf_{cm}$ ) .....	24
4.3: Çok katlı prefabrik bina ara kolonlarında eksenel kuvvet oranının dağılımı ( $N\% = N/BHf_{cm}$ ) .....	25
4.4: 2007 Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan kesit hasar sınırlarının moment eğrilik grafiği üzerinde gösterimi .....	26
4.5: Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ile tarif edilen hasar bölgeleri .....	26
4.6: Bina ÇK7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları .....	28
4.7: Bina ÇK7'ye ait taşıyıcı sistem planı .....	29
4.8: Bina ÇK7 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm) .....	29
4.9: SAP2000 programında oluşturulan taşıyıcı sistem modeli .....	31
4.10: SAP2000 programında plastik mafsal tanımlama menüsü .....	32
4.11: Örnek prefabrik sistemde kesme kuvvetlerinin oluşumu .....	33
4.12: Örnek prefabrik sistemde moment oluşumu .....	33
4.13: Örnek prefabrik sistemde yerdeğiştirmelerin oluşumu .....	33
4.14: İki katlı prefabrik yapının gösterimi (a. İki katlı Yapı, b. Kesme diyagramı, c. Moment Diyagramı, d. Eğrilik diyagramı) .....	34
4.15: Çok katlı prefabrik bir yapıda bina yüksekliği boyunca eğrilik profilindeki değişim .....	35
4.16: Çok katlı prefabrik bir yapıda deprem kuvvetleri nedeyle oluşan deplasman profili .....	36

4.17: İki katlı prefabrik yapı boyunca eğrilik ve yerdeğiştirme profilindeki değişim	37
4.18: Bina K7 için seçilen ereve görünüşü (cm)	38
4.19: rnek Bina K7 için hesaplanan fiktif yük değerleri	39
4.20: rnek Bina K7 için SAP2000 ile bulunan kapasite eğrisi	39
4.21: Bina K7'ye ait kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin ötelenme kapasitelerinin belirlenmesi	41
4.22: İki yöntemle bulunan Bina K7'ye ait kapasite eğrisi ve hasar bölgeleri	41
4.23: 41 adet çok katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s)	42
4.24: 41 adet çok katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi ( $V_t/W$ )	43
4.25: 41 adet çok katlı binada süneklik kapasitelerinin değişimi ( $\mu_\Delta$ )	43
5.1: Seçilen Kayıtların maksimum yer hızlarına göre sınıflandırılması	45
5.2: Prefabrik binanın elastoplastik çevrimsel davranış modelinin tipik görünümü	46
5.3: Çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceliye geçiş	47
5.4: Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina K7'e ait histerisis eğrisi	48
5.5: Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina 12'ye ait histerisis eğrisi	49
5.6: İki katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğiştirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi	49
6.1: Bina K7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları	52
6.2: Bina K7'ye ait kapasite eğrisi	52
6.3: Bina K7 akma seviyesini geçme olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri	53
6.4: Bina K7'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri	54
6.5: Çok katlı prefabrik binalarda minimum hasar sınırının (MN) aşılması olasılığını gösteren hasar görebilirlik eğrileri	55
7.1: Çok katlı prefabrik binaya ait kapasite eğrisi	57
7.2: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	58
7.3: $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	58
7.4: $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	59
7.5: $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	59
7.6: $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	60
7.7: $V_t/W \leq 15\%$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması	60
7.8: $V_t/W > 15\%$ binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması	61
7.9: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması	61
7.10: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması	62
7.11: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	62
7.12: $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	63
7.13: $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları	63

7.14: $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	64
7.15: $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	64
7.16: $V_t/W \leq 15\%$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması .....	65
7.17: $V_t/W > 15\%$ binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması .....	65
7.18: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması .....	66
7.19: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması .....	66
7.20: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	67
7.21: $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	67
7.22: $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	68
7.23: $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	68
7.24: $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları .....	69
7.25: $V_t/W \leq 15\%$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması .....	69
7.26: $V_t/W > 15\%$ binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması .....	69
7.27: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması .....	70
7.28: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	70
7.29: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların göçme olasılıkları .....	71
7.30: $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme olasılıkları .....	71
7.31: $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda göçme olasılıkları .....	72
7.32: $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme olasılıkları .....	72
7.33: $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda göçme olasılıkları .....	73
7.34: $V_t/W \leq 15\%$ binalarda göçme olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	73
7.35: $V_t/W > 15\%$ binalarda göçme olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	73
7.36: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama göçme olasılıklarının karşılaştırılması .....	74
7.37: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama göçme olasılıklarının karşılaştırılması .....	74
7.38: $V_t/W \leq 15\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri .....	75
7.39: $V_t/W > 15\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri .....	75

## SEMBOL LİSTESİ

- $A_c$ : Beton kesit alanı  
 $A_{ck}$ : Çekirdek beton alanı  
 $a_m$ : Modal kütle çarpanı  
 $B$ : Kesit genişliği  
 $E$ : Elastisite modülü  
 $f_{ck}$ : Betonun karakteristik basınç dayanımı  
 $f_{cm}$ : Mevcut beton dayanımı  
 $F_{fi}$ : Fiktif deprem yükü  
 $F_i$ :  $i$ 'nci kata etkiyen deprem yükü  
 $f_{ywk}$ : Enine donatının karakteristik akma dayanımı  
 $g$ : Yerçekimi ivmesi  
 $G_i$ :  $i$ 'nci kattaki ölü yük değeri  
 $H$ : Kesit yüksekliği  
 $H_i$ :  $i$ 'inci katın temel üstünden ölçülen yüksekliği  
 $H_N$ : Binanın temel üstünden ölçülen yüksekliği  
 $I$ : Kesit atalet momenti  
 $I$ : Yer hareketi parametresi  
 $L_p$ : Plastik mafsal boyu  
 $L_s$ : Makas açıklığı  
 $m_i$ :  $i$ 'nci kat kütlesi  
 $M_{ny}$ : Nominal akma anındaki moment değeri  
 $M_r$ : Kesit moment taşıma kapasitesi  
 $N$ : Eksenel yük  
 $n$ : Hareketli yük azaltma katsayısı  
 $Q_i$ :  $i$ 'nci kattaki hareketli yük değeri  
 $R$ : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı  
 $R$ : Analiz sonucu bulunan talep değeri  
 $r$ : Öngörülen hasar seviyesi için yapısal tepkinin sınır değeri  
 $S$ : Etriye aralığı  
 $S_a$ : Spektral ivme  
 $S_d$ : Spektral deplasman  
 $T_1$ : 1. Doğal titreşim periyodu  
 $V_t$ : Taban kesme kuvveti  
 $W$ : Yapının sismik ağırlığı  
 $w_i$ :  $i$ 'nci kat ağırlığı  
 $\Delta_i$ :  $i$ 'nci kat deplasmanı  
 $\epsilon_c$ : Beton birim şekil değiştirmesi  
 $\epsilon_{cu}$ : Kabuk betonun döküldüğü şekil değiştirme  
 $\epsilon_s$ : Donatı birim şekil değiştirmesi  
 $\epsilon_{sy}$ : Donatı akma anındaki birim şekil değiştirmesi  
 $\theta_{GÇ}$ : Göçme sınırındaki dönme değeri  
 $\theta_{GV}$ : Güvenlik sınırındaki dönme değeri  
 $\theta_{MN}$ : Minimum hasar sınırındaki dönme değeri

$\theta_y$ : Akma anındaki dönme değeri  
 $\rho_l$ : Boyuna donatı oranı  
 $\rho_s$ : Mevcut enine donatının hacimsel oranı  
 $\rho_{sm}$ : Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı  
 $\sigma$ : Standart sapma  
 $\emptyset$ : Eğrilik  
 $\emptyset_{G\check{C}}$ : Göçme sınırındaki eğrilik değeri  
 $\emptyset_{GV}$ : Güvenlik sınırındaki eğrilik değeri  
 $\emptyset_i$ : i'nci kattaki modal yerdeğiştirme değeri  
 $\emptyset_{MN}$ : Minimum hasar sınırındaki eğrilik değeri  
 $\emptyset_{ny}$ : Nominal akma anındaki eğrilik değeri  
 $\emptyset_y$ : Akma anındaki eğrilik değeri  
 $\mu$ : Ortalama  
 $\mu_{\Delta}$ : Deplasman sünekliği

## ÖZET

### MEVCUT ÇOK KATLI VE MAFSALLI PREFABRİK BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Türkiye’de kullanılan sanayi yapılarının büyük bir çoğunluğu prefabrik binalardan oluşmaktadır ve bu binaların da önemli bir kısmını 1 ve 2 katlı binalar meydana getirmektedir. Önemli ekonomik yatırımlara ev sahipliği yapan sanayi bölgelerinin büyük kısmı deprem riski yüksek bölgelerde bulunmaktadır. Bu durum söz konusu binaların deprem performanslarının ivedilikle araştırılması gerektiğini göstermektedir. Yürütülen bu çalışma kapsamında mevcut sanayi yapısı stoğu içinde önemli bir yere sahip olan 2 katlı ve mafsallı prefabrik binaların deprem performansları araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nde bulunan ve hâlâ kullanılmakta olan 41 adet 2 katlı prefabrik bina incelenmiştir. Proje çalışmalarını takip eden saha çalışmaları ile elde edilen yapısal bilgiler yerinde kontrol edilmiş, prefabrik binalara ait veri tabanları hazırlanmıştır. Yapısal özellikleri belirlenen binalara ait kapasite eğrilerinin tahmini için bir hesap yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntem kullanılarak binalara ait kapasite eğrileri yapısal parametrelere bağlı olarak hesaplanmıştır. Kapasite eğrileri hesaplanan binalarda oluşan yer değiştirme talepleri doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Söz konusu binaların yer değiştirme talepleri hesaplanırken 364 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Prefabrik binaların yapısal özelliklerini temsil eden dayanım, rijitlik ve sünekliğin deprem performansı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla hasar görebilirlik eğrilerinden faydalanılmıştır. Farklı süneklik ve dayanım grupları ile temsil edilen prefabrik binalar için her hasar durumuna ait hasar görebilirlik eğrileri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar yatay dayanım kapasitesinin bütün hasar durumları üzerinde etkili olduğunu, süneklik parametresinin etkinliğinin ise özellikle ileri hasar seviyelerinde (ileri hasar ve göçme) belirgin hale geldiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mevcut Çok Katlı Prefabrik Sanayi Yapıları, Sismik Performans, Elastik Ötesi Analiz, Hasar Tahmini, Hasar Görebilirlik Eğrileri

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF EXISTING MULTI-STOREY HINGE JOINTED PRECAST BUILDINGS

In Turkey, the most of industrial facilities in use consist of precast buildings and significant part of these structures constitutes one or two story buildings. Majority of industrial companies which represent the significant economic investments are constructed in high seismicity regions of Turkey. This fact shows that seismic performance of these buildings should be determined urgently. In the content of this study, seismic performance of two story industrial buildings which represent the important portion of precast building stock are investigated. For this purpose, 41 two story precast building located in Denizli Organized Industrial Zone were observed. After project studies, structural properties of buildings were checked by site investigations and inventory of precast building were prepared. A method was proposed for the estimation of capacity curves of two story precast buildings. Seismic demand of buildings was determined by using non-linear time history analysis method. During the calculations 364 earthquake records were used. In order to investigate the effect of structural properties represented by strength, stiffness and ductility on the seismic performance of buildings, fragility curves were used. Fragility curve of precast buildings represented by distinct ductility and strength groups were obtained for each damage levels respectively. Results have shown that lateral strength capacity is an effective parameter on all the damage levels and the effectiveness of ductility parameter becomes apparent particularly on higher damage (extensive damage and collapse) levels.

**Key Words :** Existing multi-storey industrial buildings, seismic performance, nonlinear analysis, estimation of damage, fragility curves

# 1 GİRİŞ

## 1.1 Giriş

Ülkemizde bulunan sanayi yapılarının çok büyük bir bölümünü prefabrik binalar oluşturmaktadır. Prefabrik binalardan oluşan sanayi bölgelerinin büyük çoğunluğu ise ne yazık ki deprem bölgeleri üzerinde bulunmaktadır. Bu durum ülkemiz ekonomisi açısından oldukça önemli bir problemdir. 1998 Adana Ceyhan ve 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri bu gerçeği gözler önüne sermiştir. Söz konusu depremlerin sebep olduğu ağır ekonomik kayıplar çoğu prefabrik binalardan oluşan sanayi yapısı stoğumuzun elden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir. 2007 yılında yürürlüğe giren ve mevcut binaların deprem performanslarının nasıl belirleneceğini düzenleyen yönetmelik hükümleri devletin bu konuya verdiği önceliğin göstergesidir.

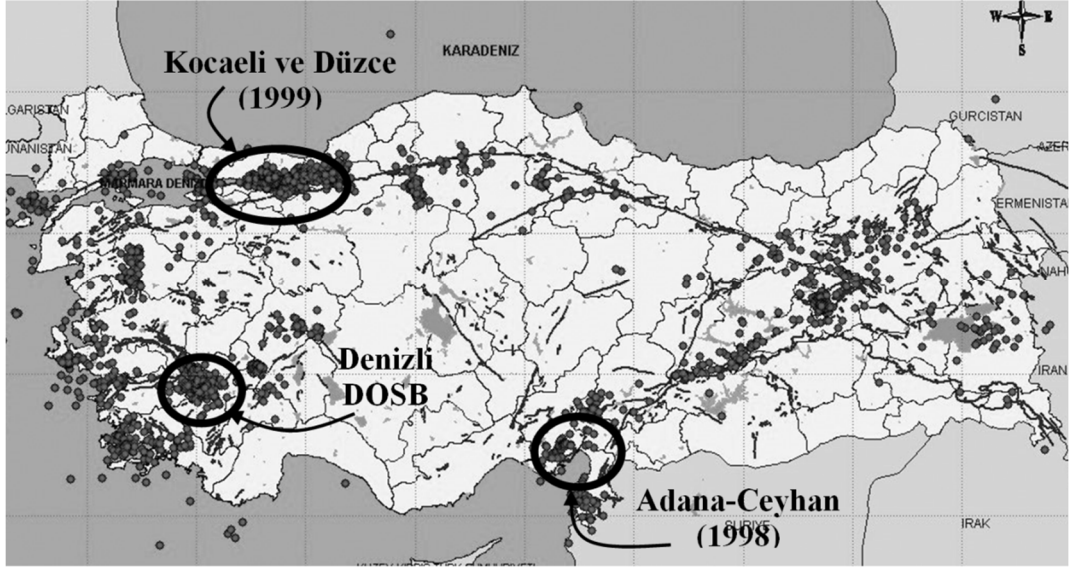
## 1.2 Problemin Tanımı

1980'li yıllardan itibaren hızla artan özel sektör yatırımları sanayi yapısına olan talebi önemli ölçüde arttırmıştır. Hızlı imalat ve montaj kolaylıkları ve fiyat avantajları yanında, fabrikasyon imalat tekniği sebebiyle malzeme ve işçilik kalitesinin daha başarılı olarak sağlandığı prefabrik binalar, bu talebi karşılayabilmek amacıyla yaygın biçimde kullanılmıştır. Bu hızlı yapılaşma süreci içinde, Danimarka, İngiltere, Almanya ve Fransa gibi deprem sorunu olmayan ülkelere alınan veya adapte edilen, genelde mafsallı birleşimlerden oluşan, çoğu tek katlı (Ersoy ve diğ.,1995) prefabrik binaların deprem davranışları yeterince sorgulanmamış ve araştırılmamıştır.

Ülkemizin önemli sanayi tesislerinin bulunduğu bölgeleri vuran 1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde prefabrik sanayi yapılarının önemli ölçüde hasar görmesi, bu yapıların deprem güvenliği ile ilgili tartışmaların ve araştırmaların artmasına vesile olmuştur. Depremden etkilenen Adana-Ceyhan, Kocaeli ve Düzce bölgelerinin birbirinden oldukça uzak olmasına rağmen (Şekil 1.1), bu bölgelerde yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından yapılan incelemeler hasarın sebepleri



hakkında benzer teşhisler ortaya koymuştur. Yetersiz yanal rijitlik, kolon tabanlarında meydana gelen plastik mafsallar sebebiyle oluşan aşırı deformasyonlar ve/veya birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar her iki bölgede depremler sonrasında araştırmacılar tarafından tespit edilen ortak olumsuzluklardır. (Ataköy, 1999; Bayülke, 1998; Johnson ve diğ. , 2000; Posada ve Wood, 2002; Saatcioglu, 2000; Sezen ve Whittaker, 2006; Zorbozan ve diğ., 1998)



Şekil 1.1: Önemli prefabrik yapı hasarlarının yaşandığı geçmiş depremler ve DOSB'nin konumu

Ülkemiz sanayi alanlarının %98'i deprem bölgelerinde bulunmaktadır. (Adalier ve Aydingun, 2001). 1990'lar boyunca yapılan sanayi yapılarının yaklaşık %90'ının ise prefabrikasyon tekniği ile inşa edildiği bildirilmektedir. (Karaesmen, 2001; Posada ve Wood, 2002). Bu durum deprem riski altında bulunan ve büyük çoğunluğu 1998 tarihli Türk Deprem Yönetmeliği'nden önce yapılan mevcut sanayi yapılarının hızlı bir biçimde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Adana-Ceyhan ve Marmara depremleri, meydana gelen kayıpların kısa ve uzun vadede ülkemiz ekonomisine büyük zarar verdiğini göstermiştir. Bu tesbit doğrultusunda Tübitak tarafından kamu kurumlarının deprem ile ilgili Ar-Ge ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla "Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı-TÜDAP (2005-2014)" hazırlanmıştır. (Tübitak, 2005). Bu raporda mevcut yapılarda riskin belirlenebilmesi için Türkiye'ye özgü modeller geliştirilmesinin gerekli olduğu belirtilmiş, mevcut yapıların deprem davranışının belirlenmesi ve hasar görme nedenlerinin araştırılması ile ilgili çalışmaların önceliği vurgulanmıştır. Ulusal Deprem Konseyi tarafından

2005 yılında hazırlanan “Ulusal Deprem Araştırma Programı, (UDAP- Strateji, Araştırma Alanları ve Ar-Ge Konuları-2005)” raporunda ise prefabrik yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, öncelikli araştırma alanları içinde yer almıştır. (Ulusal Deprem Konseyi, 2005). Son olarak 2009 yılında Bayındırlık Bakanlığı tarafından yayınlanan “Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kamu Araştırma Programı-BİKAP” raporunda da “...mevcut yapı stokumuzu muhtemel tehlikeleri dikkate alarak incelemek, yetersiz özellikteki yapıları belirlemek, bunları bir tehlike sıralamasına koymak ve bu konulara ayrılabilir kaynakları olabildiğince planlı kullanmak gerekmektedir” denilmektedir. (BİKAP Raporu, Amaç 3).

### **1.3 Amaç**

Yürütülecek olan bu çalışmanın öncelikli hedefi çok katlı prefabrik binaların deprem performansının araştırılmasıdır. Böylelikle Denizli Organize Sanayi Bölgesindeki çok katlı prefabrik binaların deprem performanslarını tahmin etmek, hem de yönetmelik düzenlemelerinin bu binaların değerlendirilmesine ilişkin somut bulgular elde etmek mümkün olabilecektir. Yapılacak tez çalışması ile önemli sanayi yapıları olarak hizmet gören mevcut çok katlı prefabrik yapıların özelliklerinin belirlenmesi ve sahada yapılan çalışmalar ile proje envanterine uygunluğunun kontrol edilmesi, varsa gerekli düzenlemelerin yapılması, çok katlı prefabrik yapıların yapısal parametrelerinin (Kat Sayıları, Bina Yükseklikleri, Kolon Boyutları, Kolon Yükseklikleri, Donatı Oranları, vb.) belirlenmesi hususları amaçlanmıştır. Yapısal parameteleri belirlenen çok katlı prefabrik binaların kapasite eğrileri hesaplanması ile Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan çok katlı prefabrik sanayi yapılarının deprem performanslarının 2007 tarihli afet yönetmeliği hükümleri uyarınca belirlenmesi hedeflenmiştir. Tezin en önemli amacı ise mevcut çok katlı prefabrik yapıların kapasite eğrilerinin elde edilmesini sağlayacak yöntem geliştirilmesidir.

### **1.4 Çalışmanın Kapsamı**

Bu çalışma kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesinde(DOSB) bulunan mevcut çok katlı prefabrik binaların yapısal parametreleri DOSB Proje Arşivinden belirlenmiştir (Kat Sayıları, Bina Yükseklikleri, Kolon Boyutları, Ana Kolon

Yükseklikleri, Ara Kolon Yükseklikleri, Kolon Boyuna Donatı Oranı, Kolon Enine Donatı Oranı, Etriye Aralığı, Makas Açıklığı, vb.). Yapısal parametrelerin dağılımları ve sınırları belirlenmiştir. Belirlenen yapısal parametreler saha çalışmaları ile kontrol edilerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Öncelikle kesit boyutları, yaklaşık aksenal kuvvet seviyeleri, boyuna ve enine donatı miktarları belirlenen betonarme elemanların moment eğrilik analizleri yapılmıştır, böylelikle elemanların yük taşıma ve deformasyon yapabilme kapasiteleri doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Betonarme kolonların deformasyon kapasiteleri belirlenirken ayrıntıları DBYYHY-2007'de verilen şekildeğiştirme tabanlı hasar sınırlarından faydalanılmıştır.

Eleman bazında analizlerin tamamlanmasından ve plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinden sonra prefabrik binaları temsil eden modeller SAP2000 (CSI, 2011) programında hazırlanmıştır. Hazırlanan bu modellerin doğrusal olmayan analizleri yapılmış, prefabrik binaların yük taşıma ve deformasyon yapabilme kapasitelerini temsil eden kapasite eğrileri elde edilmiştir. Modelleme çalışmaları sırasında yığılı plastik mafsal hipotezi kullanılmıştır. Elde edilen mevcut binalar SAP2000 (CSI, 2011) programı ile çerçeveler halinde modellenerek mevcut binaların titreşim periyotları elde edilmiştir. Elde edilen mevcut çok katlı prefabrik bina kapasite eğrileri verileriyle çok katlı prefabrik binaların kapasite eğrilerini hızlı bir şekilde değerlendirme imkânı sağlayan yöntem önerilmiştir.

Binalara ait yük ve deplasman kapasitelerinin belirlenmesinden sonra deprem talebinin hesabı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Kapasite eğrilerinin elde edilmesi ile birlikte dayanım, rijitlik ve süneklik özellikleri belirlenen binaları temsil eden çok kütleli analiz modelleri hazırlanmıştır.

Hafif, orta ve şiddetli depremler sırasında oluşacak deprem taleplerini temsil etmeye imkan verecek çok sayıda ivme kaydı (>300) seçilmiştir. Literatürde bulunan araştırmalar, deplasman talebi ile en yüksek korelasyonu maksimum yer hızının (MYH) verdiğini göstermektedir. (Ataköy, 1999). Bu yüzden deplasman taleplerinin hesabı için kullanılacak ivme kayıtları maksimum yer hızlarına göre seçilmiştir.

Prefabrik bina modellerinin seçilen ivme kayıtları altında doğrusal olmayan analizi yapılmış, deprem sebebiyle oluşacak deplasman talepleri belirlenmiştir. Mevcut çok katlı prefabrik yapının performans değerlendirilmesi konusunda daha gerçekçi

sonuçlar veren Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Performans değeriendirilmesi için gerekli olan talep deplasman ve kapasite değerieleri doğrusal olmayan hesap yöntemi ile elde edilmiştir. Depremiin sebep olduğu deplasman talebinin eleman kapasitesi ile karşılaştırılması sonucunda hafif şiddetli, orta şiddetli ve ağır şiddetli deprem sınıfları için binaya ait kolonların deprem performansı belirlenecektir.

Elde edilen sonuçlara bakılarak bina performansını belirleyen hasar sınırlarını aşmanın birikimli olasılıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan hasar olasılıkları kullanılarak her bir bina için hasar görebilirlik eğrieleri çizdirilmiş, performans bölgelerini belirleyen sınırları aşmanın olasılıkları deprem talebine bağlı olarak ifade edilmiştir.

### **1.5 Çalışmanın Düzeni**

Birinci bölümde yapılan tez çalışmasının konusu, amacı ve kapsamı gibi konulardan bahsedilmiş ve tez hakkında genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde daha önce ve yeni yapılan prefabrik binalar ile ilgili yapılan çalışmalar ve hasar görebilirlik ile ilgili yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde yapısal incelemeler sonucu çok katlı prefabrik binalar ile ilgili bulunan yapısal parametreler ve bunların istatistikleri belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde elde edilen çok katlı prefabrik binaların analiz modelleri oluşturulmuştur. Modellere ait kapasite eğrieleri hem bilgisayar programı ile hem de elde edilen yapısal parametrelere dayalı olarak hesaplanmış, iki yöntem ile de bulunan kapasite eğrieleri karşılaştırılmıştır. Kapasite eğrielerinin tahmini için yöntem önerilmiştir.

Beşinci bölümde kullanılan modellere ait doğrusal olmayan deplasman talepleri yerdeğistirmeler cinsinden hesaplanmıştır.

Altıncı bölümde mevcut çok katlı prefabrik binalara ait hasar görebilirlik eğrielerinin hesaplanması hakkında bilgi verilmiştir. Seçilen örnek çok katlı prefabrik binada hasar görebilirlik eğrielerinin hesabı yer almaktadır.

Yedinci bölümde ise yapısal özelliklerin bina performansı üzerindeki etkileri hasar görebilirlik eğrieleri yardımı ile değeriendirmesi yer almaktadır.

Sekizinci bölümde ise çok katlı prefabrik binaların deprem performansı değerlendirilmiş, bu yapılarda yapılması önerilen değişiklikler yer almaktadır.

## 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1 Prefabrik Binalarla İlgili Yapılan Çalışmalar

Önemli sanayi tesislerin hizmet veren çok katlı prefabrik yapılar 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri sırasında ağır hasara maruz kalmıştır. Yaşanan deprem felaketleri sebebiyle tartışmaların hedefi haline gelen prefabrik yapıların hesabı ve tasarımı ile ilgili düzenleme çalışmalarına ise devam edilmesine rağmen prefabrik yapıların tasarımı ile ilgili 1998 yılında yürürlüğe giren afet yönetmeliği ile prefabrik binaların hesabında göz önüne alınan deprem kuvvetleri arttırılmış, oluşacak deplasmanlara sınır getirilmiş, kullanılacak malzemenin sınıfı ve detaylandırması ile ilgili kurallar ağırlaştırılmıştır. 2007 yılında söz konusu yönetmelik bir kere daha yenilenmiş, mafsallı prefabrik yapıların tasarımında esas alınacak deprem yükleri daha da arttırılmış ve halen yürürlükte olan 2007 yönetmeliğine son şekli verilmiştir.

Ülkemizde bulunan mevcut prefabrik binaların çoğu 1975 tarihli Türk Deprem Yönetmeliği esasları dikkate alınarak inşa edilmiştir. Geçmiş depremlerde gözlenen yapısal hasarlar ve kaynakları, yapıların performansları ve yapısal kusurları ile ilgili tek katlı mafsallı prefabrik binalarla ilgili çok fazla çalışmasına rağmen çok katlı mafsallı prefabrik binalar ve bu binalarda meydana gelen yapısal hasarlarla ilgili çok fazla literatür çalışması bulunmamaktadır.

Ülkemizde prefabrik yapılarla ilgili temel esaslar TS500 (2000), TS9967 (1992) ve DY06 (2006) ile tanımlanmıştır. TS500, betonarme yapı sistemlerinin ve elemanlarının kullanım amaç ve süresine uygun güvenlikle tasarlanması ve yapımı ile ilgili kuralları içerirken, TS9967, prefabrik yapı sistemlerinin ve elemanlarının hesap esasları, imalat ve montaj kurallarını içermektedir. DY06 ise deprem yer hareketine maruz kalacak bina ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için gerekli hesap ve tasarım koşullarını tanımlamaktadır.

Özden (1997) yeni yönetmelik taslağında prefabrik yapılarla ilgili olarak birleşim malzemeleri, yapıya ve birleşim bölgelerine etkiyecek yatay yük, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve birleşim bölgesi detayı ile ilgili maddeler için görüş ve önerilerini belirtmiştir. Yazar, AY97'nin tasarımı aşamasındaki metninde yer alan kar yükünün tamamının deprem hesabında gözönüne alınması hükmünden vazgeçilmesini önermiştir. Ayrıca tek katlı, birleşimleri moment aktarmayan prefabrik yapılarda kullanılacak taşıyıcı sistem davranış katsayısına ilişkin öneride bulunmuştur (Süneklik düzeyi yüksek ise  $R=4$ , süneklik düzeyi normal ise  $R=1$ ).

Özmen ve diğ. (1997) prefabrik yapıların tasarımına etkileri açısından AY75 (1975) ile AY97 taslağını karşılaştırmış, taslak ile ilgili görüş ve önerilerini sunmuştur.

Özmen ve Zorbozan (1998) AY97'nin yürürlüğe girdiği hali ile prefabrik yapılara uygulanmasına örnek olarak iki adet prefabrik yapının tasarımını içeren bir kitap hazırlamış, kitapta deprem yönetmeliğinin uygulanması ile ilgili ayrıntılar üzerinde durmuştur.

Bayülke (1998) tarafından Adana-Ceyhan Depreminden sonra bölgedeki prefabrik sanayi yapıları üzerine yapılan çalışmada, söz konusu yapıların yeterli deprem dayanımına sahip olmadığı vurgulanmıştır. Türk sanayisinin, üzerini örten bu yapılar sebebiyle ciddi bir tehlike altında olduğu belirtilmiş, kullanılan sistemin güvenliğinin deneysel çalışmalar yardımı ile iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ataköy (1999) Türkiye Prefabrik Birliği adına Marmara depreminden sonra bölgede birlik üyesi firmaların yaptığı binaların performansını belirlemeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Yaygın şekilde kullanılan prefabrik bina tiplerini dört grupta inceleyen araştırmacılar, hasarın sebeplerini yetersiz yanal rijitlik, yeterli güvenliğe sahip olmayan birleşimler ve zemin özelliklerini dikkate almayan tasarımlar olarak göstermişlerdir.

Marmara depreminden sonra bölgede hasar gören prefabrik binalar üzerine Posada ve Wood (2002) tarafından yapılan çalışmada, genel sanayi yapısı içinde prefabrik bina stoğunun önemi vurgulanmıştır. Depremde oluşan hasar ile yetersiz yanal rijitlik arasındaki ilişki, hazırlanan analitik modellerin çözümü ile gösterilmiştir. Hesaplanan deplasman kapasiteleri ile, bölgeden alınan ivme kayıtlarını kullanarak hesaplanan deplasmanlar ( $S_d$ ) karşılaştırılmış, rijitlik ile hasar arasındaki ilişkiye dikkat çekilmiştir.

Ersoy ve diğ. (1995) tarafından yürütülen araştırma kapsamında moment aktarabilen birleşimler ile ilgili deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar araştırmaya konu olan birleşimlerin deprem davranışının sağlıklı olmadığını ve önemli zayıflıklar içerdiğini göstermiştir. Araştırmacılar piyasada kullanılan bu birleşimlerin bina rijitliği açısından da sorunlara sebep olabileceğini vurgulamışlardır. Sucuoğlu tarafından yürütülen araştırmada ise bu deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar kullanılarak analitik bir çalışma yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda ise öndökümlü birleşimlerin, birdöküm birleşimlere kıyasla önemli miktarda rijitlik kaybına sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Sucuoğlu ve diğ. (1997) tarafından yapılan deneysel çalışma ile moment aktarma özelliğine sahip prefabrik ve monolitik birleşim tiplerinin deprem güvenliği deneysel olarak araştırılmıştır. Yapılan incelemeler prefabrik birleşimlerin monolitik birleşim tiplerine kıyasla aniden kırıldığını, bu durumun ise binanın enerji tüketme kapasitesini olumsuz etkilediğini göstermiştir.

Tezcan ve Çolakoğlu (2003) tarafından yapılan çalışmada prefabrik yapılar esas alınarak, Avrupa ve Amerika yönetmelikleri ile 1998 tarihli afet yönetmeliğimiz karşılaştırılmıştır. Yabancı yönetmeliklere kıyasla çok daha yüksek olan taşıyıcı sistem davranış katsayısının ( $R=5$ ), tasarımda kullanılan yatay kuvvetin hesabı üzerindeki azaltıcı etkisi gösterilmiş ve  $R$  katsayısının düşürülmesi gerektiği vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada birleşim bölgelerine gelen hesap kuvvetleri de karşılaştırılmış, yabancı yönetmeliklerin güvenlik düzeyinin 1998 tarihli yönetmeliğimizde öngörülen düzeyden çok daha yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Ersoy (1997), mafsallı prefabrik yapıların düşük yanal rijitliğine dikkat çektiği çalışmasında, 1998 tarihli afet yönetmeliği üzerine değerlendirmelerde bulunmuştur. Uçlarındaki mafsallı birleşimler sebebiyle moment aktarmayan çerçeve davranışı ile moment aktarımı yapabilen monolitik çerçeve davranışının karşılaştırıldığı çalışmada, yönetmelik ile getirilen deplasman sınırının tasarım üzerindeki etkisi vurgulanmıştır. Sistemin enerji söndürebilmesi için kolon tabanlarında benzer yük düzeylerinde oluşan plastik mafsalların sistemin genel stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisine dikkat çekilmiştir.



Yılmaz (2004), yaptığı yüksek lisans çalışması kapsamında seçtiği tek katlı prefabrik yapıların deprem davranışını incelemiş ve 1998 Deprem Yönetmeliğini prefabrik yapılar açısından değerlendirilmiştir.

2007 yılında yürürlüğe giren afet yönetmeliğimizde ise mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili hükümler ve düzenlemeler getirilmiştir. Buna göre minimum hasar, güvenlik ve göçme sınır durumları, beton ve donatıda oluşan şekil değiştirme değerlerine getirilen sınır değerler ile tarif edilmiştir.

## **2.2 Hasar Görebilirlik Eğrileriyle İlgili Yapılan Çalışmalar**

Shinozuka vd. (2000a), yaptıkları çalışmada, köprüler için önerilen ampirik ve analitik hasar görebilirlik eğrilerinin istatistiksel analizi konusu ele alınmıştır. Analitik eğriler için doğrusal ötesi zaman tanım alanında analiz kullanılmıştır ve yer hareketi parametresi olarak lognormal dağıldığı kabul edilen MYİ kullanılmıştır. Lognormal dağılımın parametrelerinin tahmininde maksimum olabilirlik yöntemini seçmişlerdir.

Shinozuka vd. (2000b), köprülerle ilgili olarak iki farklı analitik yaklaşımla, 10 farklı köprü modeli, 80 ivme kaydı ve yer hareketi parametresi olarak lognormal dağıldığı kabul edilen MYİ kullanılarak doğrusal ötesi zaman tanım alanında analiz ve doğrusal ötesi statik analiz yaklaşımıyla hasar görebilirlik eğrilerini türetmişlerdir. Lognormal dağılımın parametreleri maksimum olabilirlik yöntemi ile belirlenmişlerdir.

Karim ve Yamazaki (2001), otoyol köprüleri için analitik yaklaşımla, hasar görebilirlik eğrisi önermişlerdir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ile hasar parametreleri belirlenmiştir. Hasar parametresi olarak Park-Ang (1985) modelini kullanmışlardır. Bu çalışmada hasar parametresine bağlı olarak az hasar, belirgin hasar, ileri hasar ve göçme olarak hasar seviyeleri tarif edilmiştir. Yer hareketi parametrelerinin dağılımı lognormal kabul edilmiştir. Dağılımın ortalama ve standart sapma parametreleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Karim ve Yamazaki (2003), bir önceki çalışmalarının devamı sayılabilecek çalışmalarında ivme kaydını 250'ye çıkarmışlardır. Dört farklı tipte köprü tasarımı için hasar görebilirlik eğrilerini elde etmişlerdir. Yer hareketi parametresi olarak MYİ ve MYH'nin yanında SI dikkate almışlardır. Lognormal dağılımın

parametreleri, doğrusal regresyon kullanılarak yapı özellikleri cinsinden, basitleştirilmiş olarak ifade edilmiştir. Bu şekilde analitik ve ampirik olarak elde edilen hasar görebilirlik eğrilerini karşılaştırmışlardır.

Kim ve Shinozuka (2004), köprü kolonlarında çelik manto ile güçlendirmenin etkisini değerlendirmek için hasar görebilirlik eğrileri türetmişlerdir. 60 ivme kaydı ile doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak yapı tepkileri elde edilmiştir. Yer hareketi parametresi olarak kullanılan MYİ'nin lognormal dağıldığı kabul edilmiş ve dağılımın parametreleri maksimum olabirlik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Hasar parametresi olarak görelî ötelenme değerini kullanmışlardır. Hasar seviyelerinin limit değerleri için Dutta ve Mander (1999) tarafından önerilen değerler kullanılmıştır.

Erberik ve Elnashai (2004), yaptıkları çalışmada, kirişsiz döşeme sistemine sahip orta yükseklikteki yapılar için hasar görebilirlik eğrilerini elde etmek amacıyla beş katlı bir düzlem çerçeve kullanmışlardır. Yapı modeli oluşturulurken dolgu duvarlarda dikkate alınmıştır. Hasar parametresi olarak görelî kat ötelenmesi değeri kullanılmış ve dört farklı hasar seviyesi tanımlanmıştır. Beton çelik malzemelerin dayanımına ait belirsizliklerin hesaba katılabilmesi için "Latin Hybercube Sampling Method" (McKay ve diğ., 1979) kullanılmıştır. Hasar görebilirlik eğrileri için lognormal dağılıma uyduğu varsayılan  $S_d$  değerini kullanmışlardır. Kiriş-kolon çerçeve sistemine ait hasar görebilirlik eğrilerinin literatürde yer alan çalışmalar ile (Hwang ve Huo 1997; Singhal ve Kiremidjian 1997) karşılaştırılabilmesi için hasar görebilirlik eğrileri tekrar  $S_a$  değerine bağlı olarak da türetilmiştir.

Akkar ve diğ. (2005), yaptığı çalışmada, düşük ve orta yükseklikteki betonarme binalar için hasar görebilirlik eğrilerini önermiştir. Çalışmada bina kapasitelerini elde etmek için 2 ile 5 katlı binalara ait saha verileri kullanılmıştır. Yapıların depremde gösterdiği tepki, 82 ivme kaydı ile doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ile belirlenmiştir. Yer hareketi parametresi olarak lognormal dağıldığı kabul edilen MYH kullanılmıştır. Hasar parametresi olarak ise görelî ötelenme değeri seçilmiştir.

Karimi ve Bakhshi (2006), yığma yapılar için hasar görebilirlik eğrilerini önermişlerdir. Çalışmada yer hareketi parametresi olarak kümülatif mutlak hız kullanılmıştır. Hasar parametresi olarak Park-Ang modeli kullanılmıştır. Hasar parametresine bağlı olarak beş hasar seviyesi tanımlanmıştır. Doğrusal olmayan

zaman tanım alanında analiz için 12 ivme kaydı seçilmiştir. Yapısal parametrelerdeki belirsizliğin dikkate alınmasında Monte Carlo Simülasyon tekniği (Rubinstein, 1981) kullanılmıştır.

Kirçil ve Polat (2006), İstanbul'daki orta yükseklikteki binalar için hasar görebilirlik eğrilerini önermişlerdir. Mevcut yapıları temsil etmek üzere ABYYHY-1975'e göre tasarlanmış 3, 5 ve 7 katlı betonarme binalar seçilmiştir. Hasar seviyesi olarak akma ve göçme durumları dikkate alınmıştır. 12 adet yapay ivme kaydı kullanılarak Artımsal Dinamik Analiz ile (Vamvatsikos ve Cornell, 2002) yapısal performans değerleri elde edilmiştir. Dikkate alınan kat sayıları için, lognormal dağıldığı kabul edilen MYİ,  $S_a$  ve  $S_d$  parametrelerine bağlı olarak hasar görebilirlik eğrilerini elde etmişlerdir. Lognormal dağılımın ortalama ve standart sapma parametreleri regresyon analizi ile kat sayısına bağlı olarak ifade edilmiştir. Hasar görebilirlik eğrileri kat sayısına bağlı olarak da türetilmiştir.

Ay ve diğ. (2006), yaptığı çalışmada, hasar görebilirlik eğrileri ile betonarme binalardaki yetersizlikleri ifade etmiştir. Çalışmada AY97'ye göre tasarlanmış 3, 5, 7 ve 9 katlı düzlem çerçeve modelleri kullanılmıştır. Ayrıca yapı modellerinin analizinde dolgu duvarlar da dikkate alınmıştır. Yer hareketi parametresi olarak kullanılan MYH'na göre gruplanmış 60 ivme kaydı kullanılmış ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile talep istatistikleri elde edilmiştir. Hasar parametresi olarak görelî kat ötelenmesi kullanılmıştır. Beton ve çelik malzemelerin dayanımına ait belirsizliklerin hesaba katılabilmesi için "Latin Hypercube Sampling Method" kullanılmıştır.

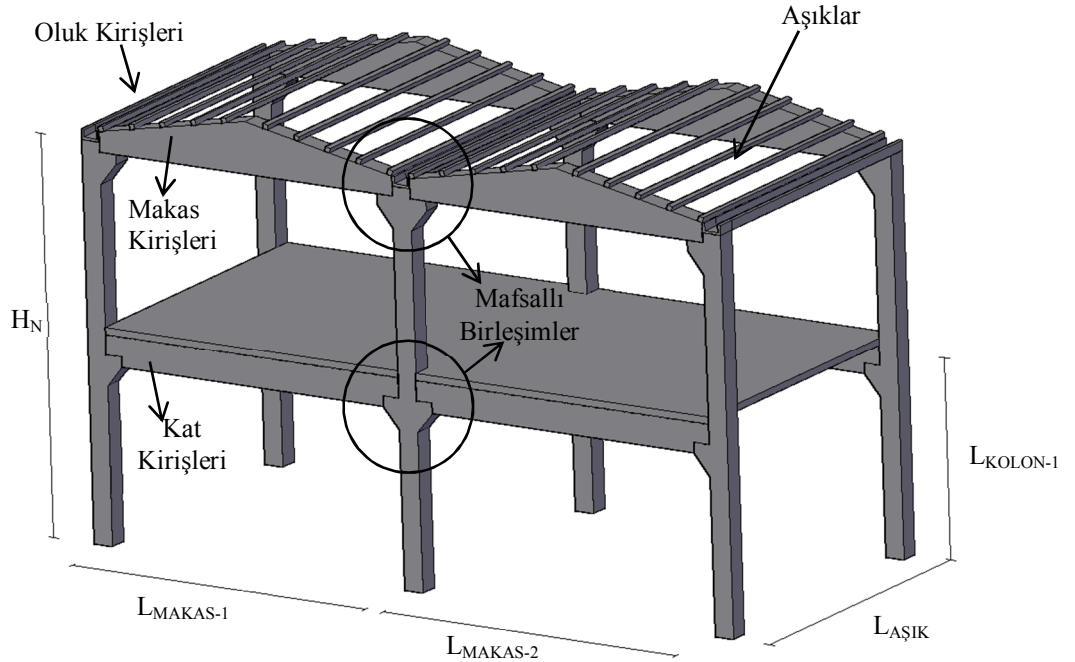
Erberik (2007), Türkiye'deki betonarme binalar için hasar görebilirlik eğrilerini önermiştir. 1999 Marmara depremi sonrasında yapılan gözlem çalışması sonucunda elde edilen bina ve hasar verileri kullanılmıştır. Önerilen hasar görebilirlik eğrileri ile hasar verileri karşılaştırılmıştır. 100 ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile görelî ötelenmeye bağlı hasar durumları belirlenmiştir. Yer hareketi parametresi olarak MYH kullanılmıştır.

### 3 MEVCUT ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

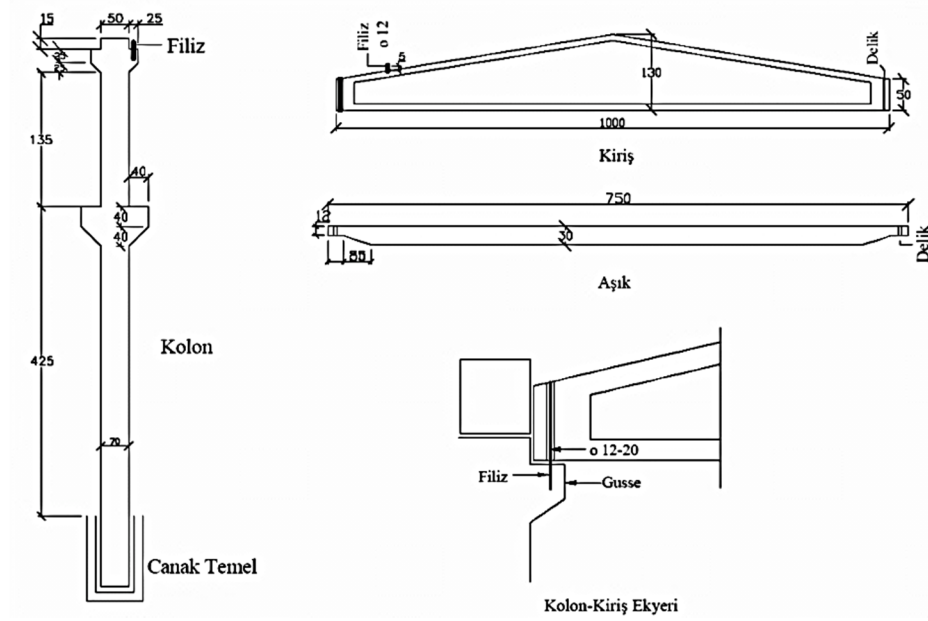
Bu bölümde prefabrik yapının tanımı, genel özellikleri, prefabrik yapı türleri ve tez çalışması kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesinde yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. DOSB’de elde edilen çok katlı prefabrik yapıların genel özellikleri ve yapısal parametreleri hakkında bilgi verilmiştir.

#### 3.1 Prefabrik Yapılar ve Genel Özellikleri

Prefabrik yapı, bir bütünün parçası olan standartlaştırılmış elemanların önceden üretilmesi ve belirlenmiş bir plana göre bu elemanların mafsallı veya birdöküm birleşimler ile bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapı sistemidir. Prefabrik bir yapı genel olarak kolonlar, makas kirişleri, aşıklar ve oluklardan oluşmaktadır. Şekil 3.1’de tipik çok katlı bir mafsallı prefabrik yapıya ait görünüş verilmiştir. Şekil 3.2’de ise çok katlı bir prefabrik yapıyı meydana getiren taşıyıcı sistem elemanları görülmektedir.

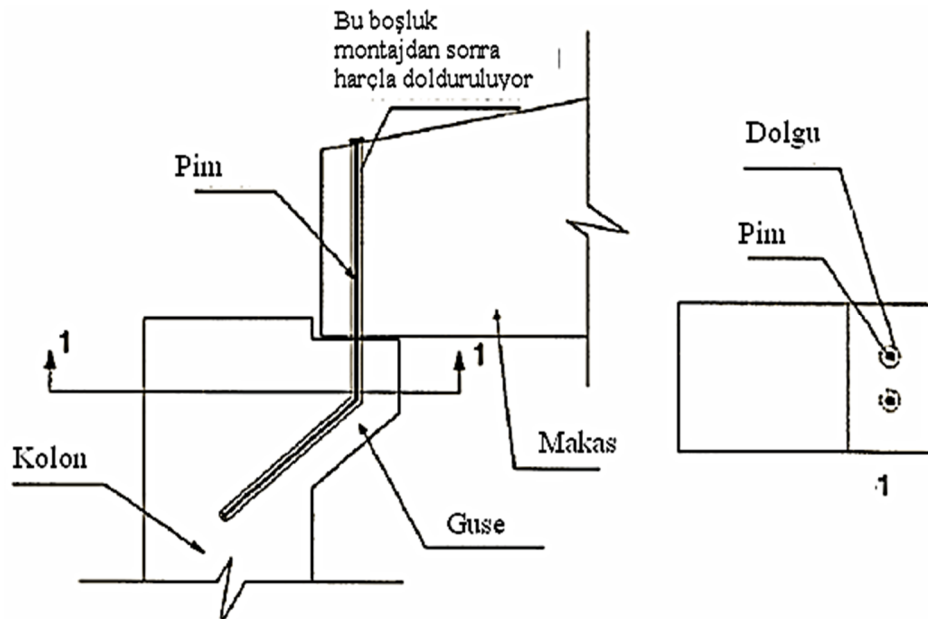


Şekil 3.1: Tipik çok katlı bir mafsallı prefabrik yapı detayı



Şekil 3.2: Prefabrik bir yapının taşıyıcı sistem elemanları

Mafsallı prefabrik yapı sistemleri genel itibari ile benzer yapısal detayların kullanılması ile üretilmektedir. Genel olarak tek veya iki katlı olarak üretilirler. Çatı kaplamasının oturduğu aşıklar makas kirişleri üzerine mafsallı birleşimler yardımı ile monte edilmektedir. Makaslar ise kolonların uçlarında bırakılan guseler yardımı ile kolonların üzerine oturtulmaktadır. Makas uçlarında bırakılan boşluklara giren pimlerin veya filiz donatılarının etrafının harç veya epoksi bazlı yapıştırıcılar ile doldurularak birleşimler oluşturulmaktadır. Şekil 3.3’de tipik bir mafsallı prefabrik yapıya ait kolon-kiriş birleşim detayı verilmiştir.



Şekil 3.3: Prefabrik bir yapıya ait kolon-kiriş birleşim detayı

Şenel ve diğ. (2012) DOSB’de yaptığı çalışmalar neticesinde pim donatıları için kullanılan yaygın donatı çaplarının 16-26 mm arasında değiştiğini belirlemiştir. Kolon boyutları ise genelde yapım yılına ve binanın yükseklik ve açıklığına bağlı olarak değişmektedir. 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinden önce yapılan prefabrik binalarda kullanılan kolon boyutları 30-35 cm, sonra yapılan binalarda ise kolon boyutları ortalama 40-70 cm aralığında değişmektedir.

Çatı kaplamasının oturduğu aşıklar, çatıdan gelen ölü ve hareketli yükleri makas kirişlere mafsallı birleşimler yardımıyla aktarmaktadır. Makas kirişlerinden gelen yükler ise kolona eksenel yük olarak etki etmektedir.

### 3.2 DOSB’de Bulunan Binalar Hakkında Bilgi Toplanması

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmaların önemli bir bölümünü Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nde (DOSB) bulunan çok katlı ve mafsallı prefabrik binaların değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar oluşturmaktadır. Proje kapsamında ele alınan Denizli Organize Sanayi Bölgesinin havadan görünüşü Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



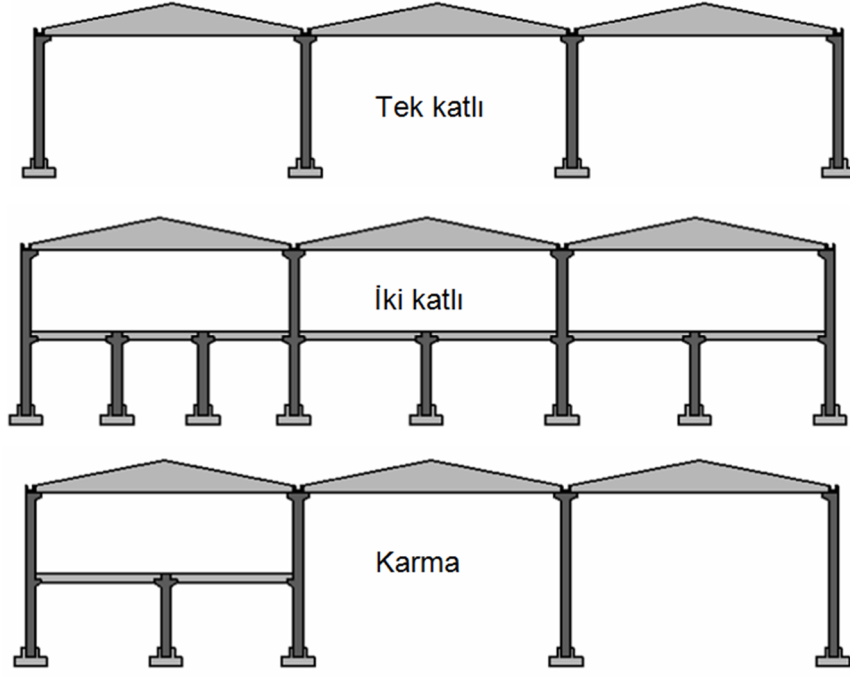
Şekil 3.4: DOSB’nin havadan görünüşü

DOSB’de bulunan prefabrik binalara ait bilgiler toplanırken Palanci (2010) yaptığı yüksek lisans çalışmasından ve 110M255 nolu Tübitak projesinden elde edilen sonuçlardan faydalanılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan prefabrik binaların proje bilgilerini kullanarak envanter çalışması yapılmış ve daha sonra bu bilgiler saha çalışmaları ile yerinde kontrol edilmiştir. Elde edilen envanteri kullanılarak binalara ait yapım yılları, kolon yükseklikleri, kolon ebatları, boyuna ve enine donatı oranları, beton sınıfı ve donatı sınıfı bilgileri belirlenmiştir.

Bu çalışmalardan elde edilen bu bilgiler ile DOSB’de bulunan çok katlı mafsallı prefabrik binalar hakkında yapısal özellikler belirlenmiş ve istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bölgede bulunan 154 adet prefabrik yapı tek katlı, iki katlı ve karma (hem tek hem çok katlı) taşıyıcı sistemlerden oluşmaktadır. Söz konusu sınıflandırma işleminin şematik olarak gösterimi Şekil 3.5’de verilmiştir. Üç ve üzeri katlı yapılar bina stoğu içinde çok küçük bir kısmı temsil etmektedir. Sözü edilen binaların taşıyıcı sistem türlerine göre dağılımları ise Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: DOSB’nde yer alan bütün sanayi yapılarının dağılımları

Bina Tipi		Adet	Oranlar	Prefabrik Bina Oranı
Prefabrik Binalar	Tek katlı	102	50%	66%
	2 katlı	25	12%	16%
	> 2 katlı	3	1%	2%
	Karma	24	12%	16%
Σ Prefabrik Bina		154	76%	100%
Monolitik Betonarme		35	17%	
Çelik		14	7%	
Σ		203	100%	



Şekil 3.5: DOSB’de bulunan prefabrik binaların sınıflandırılması

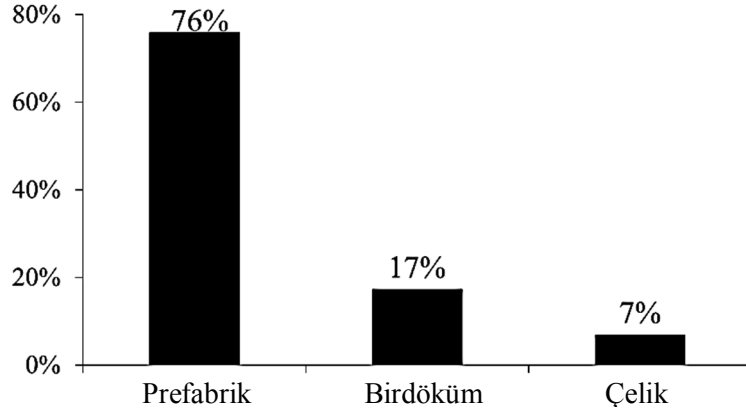
Tablo 3.1’e bakıldığında DOSB’de yer alan sanayi yapılarının çok büyük bir çoğunluğunun prefabrik binalardan oluştuğu görülmektedir. Prefabrik binaların büyük bir kısmının ise (%66) sadece tek katlı ve mafsallı yapılardan meydana geldiği görülmektedir. DOSB’de tespit edilen bu durum Adana-Ceyhan ve Marmara depremlerinden sonra yapılan çalışmalardan elde edilen ve tek katlı prefabrik binaların daha yaygın olarak inşa edildiğini belirten bilgiler ile örtüşmektedir (Palancı, 2010). Proje ve saha çalışmaları sırasında Tablo 3.1’de belirtilen çok katlı ve karma binaların 41 tanesinin yapısal bilgilerine ulaşılabilmektedir. Dolayısı ile çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde verilen istatistiksel bilgiler ve değerlendirmeler yapısal bilgilerine ulaşılan çok katlı 41 adet prefabrik bina ile ilgilidir.

### 3.3 DOSB’deki Binalardan Toplanan Yapısal Bilgilerin Değerlendirilmesi

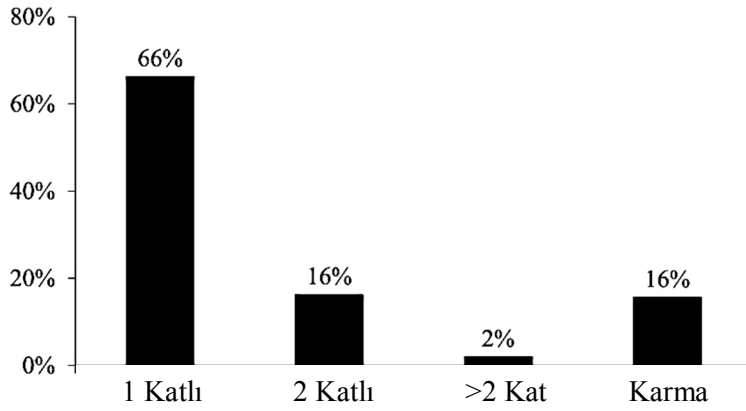
Bina envanterleri incelenirken her binanın kendi içinde hemen hemen özdeş özellikler gösteren çerçevelerin tekrarından meydana geldiği gözlenmiştir. Bu yüzden daha büyük alana ve dolayısıyla daha fazla sayıda kolona sahip olan binaların, istatistiksel değerlendirme sırasındaki ağırlığını dengeleyebilmek için bütün binalar iki boyutlu çerçeve sistemler ile temsil edilmiştir. Aynı bina içinde



farklı yapısal özelliklere sahip çerçevelerin bulunduğu durumlar ise istatistiksel çalışmaya dahil edilerek göz önüne alınmıştır. Şekil 3.6'da DOSB'de bulunan prefabrik yapı türlerinin dağılımı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi DOSB'de faaliyet gösteren sanayi yapıları çoğunlukla prefabrik yapılardan oluşmaktadır. Şekil 3.7'de ise DOSB'de bulunan prefabrik yapıların kat sayılarının dağılımı verilmiştir.



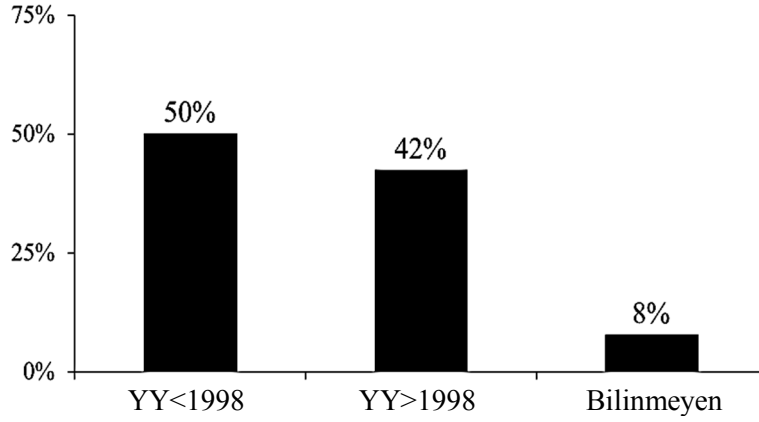
Şekil 3.6: DOSB'de bulunan prefabrik yapı türlerinin dağılımı



Şekil 3.7: DOSB'de bulunan prefabrik yapı türlerinin kat sayıları dağılımı

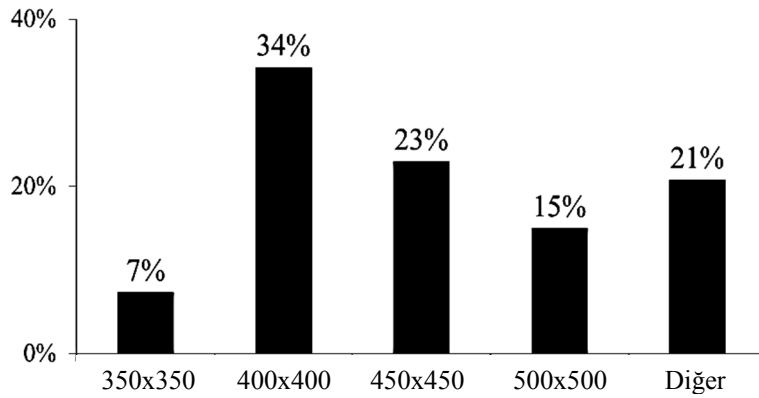
Şekil 3.8'de incelenen çok katlı prefabrik binaların yapım yıllarının dağılımı verilmektedir ve tahmin edileceği gibi mevcut prefabrik sanayi yapılarının büyük bir çoğunluğu 1998 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği (ABYYHY-1998) hükümlerinden önce inşa edilmiş binalardan oluşmaktadır. 1998 tarihli yönetmelik, prefabrik yapıların tasarımı ile ilgili köklü düzenlemeleri içermesi bakımından önemlidir. Bu durum ise incelenen prefabrik binaların çok büyük bir çoğunluğunun, Adana-Ceyhan ve Marmara Depremlerinde hasar gören prefabrik binalara benzer

tasarım süreçlerinden geçtiğini ve bu yüzden de benzer yapısal özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.



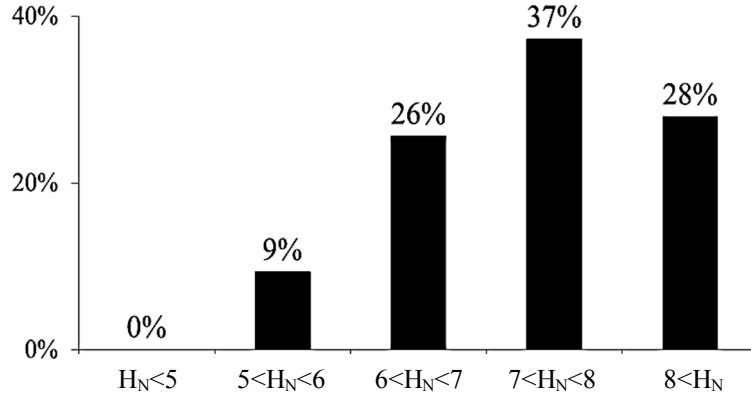
Şekil 3.8: İncelenen çok katlı binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı

Şekil 3.9'da ise çok katlı binalardaki kolon kesit boyutlarının dağılımı verilmiştir ve şekilden de anlaşılacağı gibi çok katlı yapılarda kolon kesit boyutları büyümektedir. Şekil 3.10 incelenen bina yüksekliklerinin çoğunlukla 7-8 m arasında olduğunu, Şekil 3.11 ise makas açıklıklarının genellikle 18-22 m arasında değiştiğini göstermektedir.

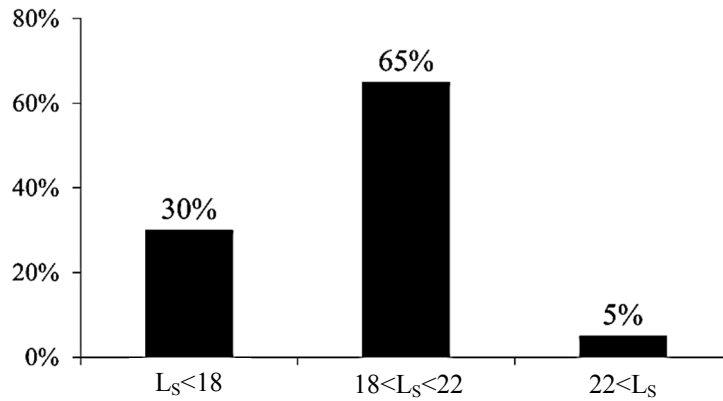


Şekil 3.9: İncelenen çok katlı ve karma binalardaki kolon boyutları (mm)

Kolon kesit boyutlarının küçük, bina yüksekliklerin fazla oluşu gerek Adana-Ceyhan, gerekse de Marmara Depremlerinden sonra özellikle vurgulanan yetersiz yanıl rijitlik sorununun Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan prefabrik binalar için de geçerli olduğunu göstermektedir.

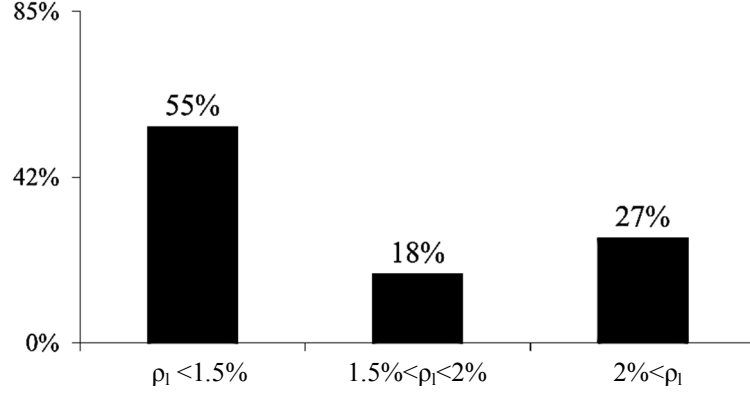


Şekil 3.10: İncelenen çok katlı binalara ait yüksekliklerin dağılımı (m)



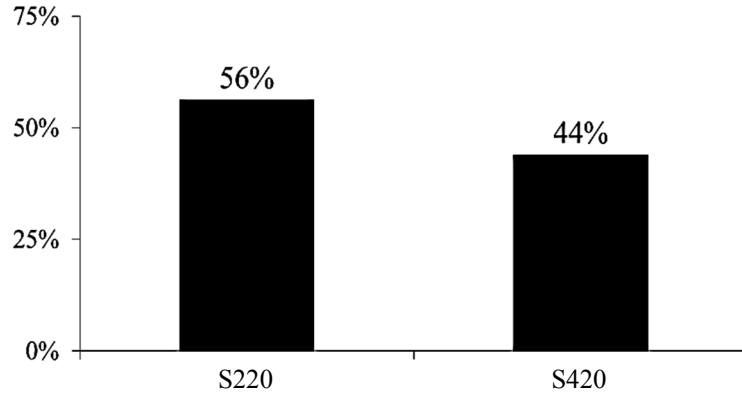
Şekil 3.11: İncelenen çok katlı prefabrik yapılara ait makas açıklık uzunlukları (m)

İncelenen çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranlarının dağılımı Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi kolonların çoğunda bulunan boyuna donatı oranı yönetmelikte belirtilen minimum donatı oranına yakındır. Elde edilen sonuçlar prefabrik kolonlarda boyuna donatı oranlarının çoğunlukla deprem sebebiyle ortaya çıkan moment talebinden ziyade yönetmeliğin öngördüğü minimum donatı şartı tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Hafif çatı kaplama malzemeleri, geniş açıklıklar ve bölme duvar vb. ağırlıkların genelde bulunmaması gibi sebepler prefabrik binaların ağırlıklarını göreceli olarak azaltmaktadır. İlerdeki bölümlerde de belirtileceği gibi kolonlarda oluşan aksenal kuvvet seviyelerinin düşük olmasının bir sebebi de budur. Tasarım sırasında göz önüne alınan bina kütesinin ve buna bağlı olarak hesaplanan deprem kuvvetlerinin azalması, kolonların tasarımında göz önüne alınan moment değerlerini ve dolayısıyla da boyuna donatı oranlarını düşürmektedir.



Şekil 3.12: İncelenen çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı

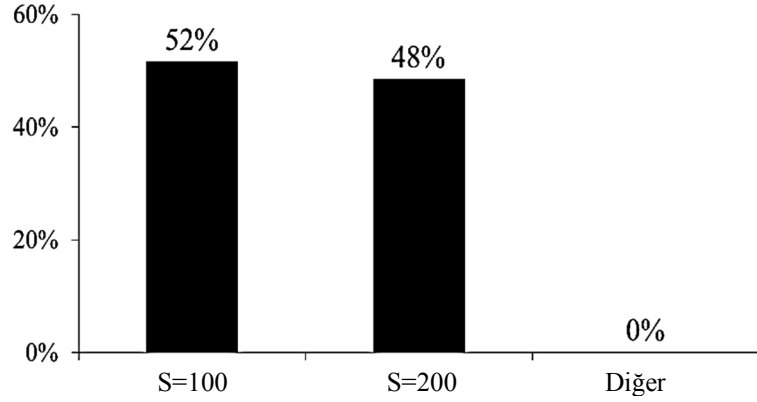
Envanter çalışması sırasında incelenen kolonların tamamında S420 sınıfı boyuna donatı kullanıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen bilgiler enine donatıların S220 veya S420 sınıfı donatı kullanılarak hazırlandığını göstermektedir. Envanterde yer alan kolonlardaki enine donatı sınıfının değişimi Şekil 3.13’de verilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi incelenen binalarda bulunan enine donatıların büyük bir çoğunluğunu aderansı ve dayanımı düşük, düz yüzeyli S220 sınıfı donatı oluşturmaktadır.



Şekil 3.13: Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı

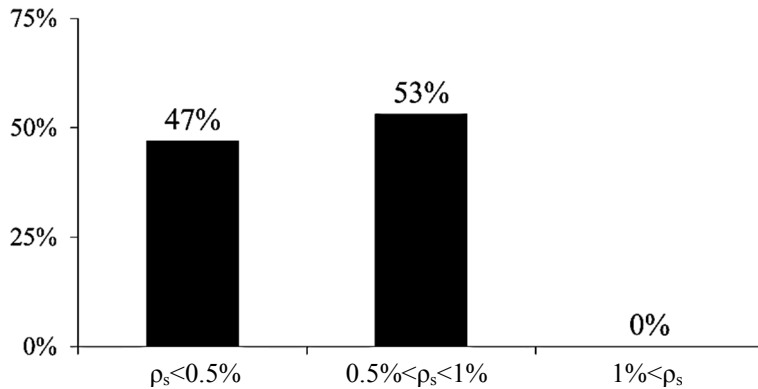
Prefabrik kolonlarda bulunan hacimsel enine donatı oranlarının dağılımı ise Şekil 3.15’de verilmiştir. Bilindiği gibi 1975 tarihli Türk Deprem Yönetmeliğinde (ABYBHY-1975) betonarme kolonlarda en az %1 oranında hacimsel enine donatı oranının sağlanması gerektiği belirtilmektedir. 1998 ve 2007 tarihli Türk Deprem Yönetmeliklerinde ise dikdörtgen kesitlerde yükleme yönünde bulunması gereken enine donatı oranları hacimsel değil alansal olarak tarif edilmektedir. Şekil 3.15’de verilen dağılım envanteri çıkarılan prefabrik kolonların sahip olduğu hacimsel enine

donatı oranlarının 1975, 1998 ve 2007 tarihli Türk Deprem Yönetmeliklerinde öngörülen koşulları sağlamaktan uzak olduğunu göstermektedir. Envanter çalışması yapılırken bazı binaların betonarme projelerinde etriye sıklaştırmasının gösterildiği, fakat bu sıklaştırma bölgesinin temel soketi içinde kaldığı tespit edilmiştir. Bu durumdaki kolonların enine donatı miktarı hesaplanırken soket dışında kalan bölge göz önüne alınmıştır.



Şekil 3.14: Kolonlarda kullanılan etriye aralığı dağılımı

Prefabrik binalara ait betonarme projelerin incelenmesi sırasında projelerde gösterilen beton basınç dayanımlarının BS25 ve üzeri olduğu belirlenmiştir (Palanci, 2010). Yürütülen çalışma esnasında incelenen binalarda karot alma veya benzeri yöntemler ile malzeme dayanımı tespiti yapılmamıştır. Prefabrik yapı elemanlarının fabrikasyon şartlarında imal edilmesi, kalite kontrolünün daha sağlıklı bir biçimde yapıldığının ve dolayısıyla da öngörülen beton dayanımlarına ulaşıldığının bir işareti olarak yorumlanmıştır. Bu yüzden moment eğrilik analizleri sırasında karakteristik değerleri ile temsil edilen beton basınç dayanımları kullanılmıştır.



Şekil 3.15: İncelenen kolonlarda hacimsel enine donatı oranının dağılımı

## **4 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI**

Çalışmanın bu bölümünde 41 adet 2 katlı ve karma binanın kapasite eğrilerinin hesabı için önerilen yöntem anlatılmıştır. Söz konusu yöntemlerin işleyişinin daha kolay anlaşılabilmesi için envanterde bulunan çok katlı bir bina örnek olarak seçilmiş ve takip edilen hesap yönteminin uygulanışı bu bina üzerinde gösterilmiştir. Kapasite eğrilerinin hesabının yapılmasından önce plastik mafsal özellikleri belirlenmiş ve DBYBHY-2007’de tarif edilen hasar sınırlarının ve hasar bölgeleri bulunmuştur.

### **4.1 Prefabrik Kolonların Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi**

Tez kapsamında ele alınacak 41 adet çok katlı prefabrik binanın yapısal parametrelerinin belirlenmesinden sonra kolon kesitlerinin kapasite değerlerinin hesabı işlemine geçilmiştir. Söz konusu kapasitelerin hesabı için prefabrik kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet seviyelerinin belirlenmesi, bunun için ise binalara ait taşıyıcı sistem modellerinin oluşturulması gerekmektedir.

Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nden bulunan 41 adet çok katlı prefabrik binaya ait bilgilere ulaşılmış ve taşıyıcı sistem modelleri hazırlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir.

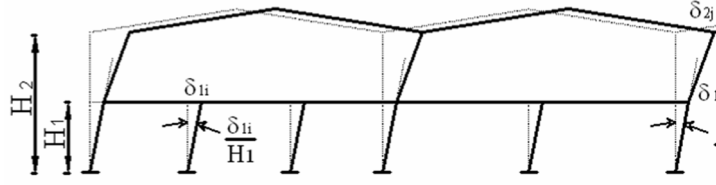
- Moment-eğrilik analizleri ile plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi,
- DBYBHY-2007’de belirtilen şekildeğiştirme değerlerini esas alarak hasar sınırlarının ve hasar bölgelerinin tarifi,

Yukarıda belirtilen işlem adımlarının detayları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

#### **4.1.1 Prefabrik binalara ait taşıyıcı sistem modelinin oluşturulması**

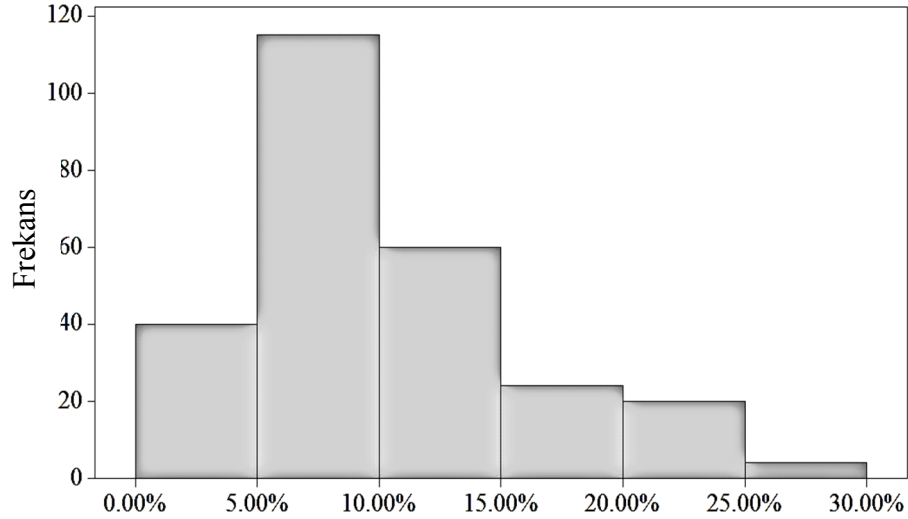
Palancı (2010) yüksek lisans tez kapsamında incelediği çok katlı prefabrik yapılarda yaptığı incelemelerde, çok katlı prefabrik binaların tamamının mafsalı birleşimlere sahip olduğunu göstermiştir, birleşimleri ile ilgili proje verilerine ulaşamayan yapıların ise mafsal birleşimli olduğu yerinde yapılan incelemeler ile belirlemiştir. Çok katlı ve mafsalı prefabrik bir binaya ait ana ve ara kolonların davranışı Şekil

4.1’de verilmiştir. Konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonların her birinde kolon yüksekliği boyunca meydana gelen eğriliklerin değişimi yine Şekil 4.1 üzerinde gösterilmektedir.

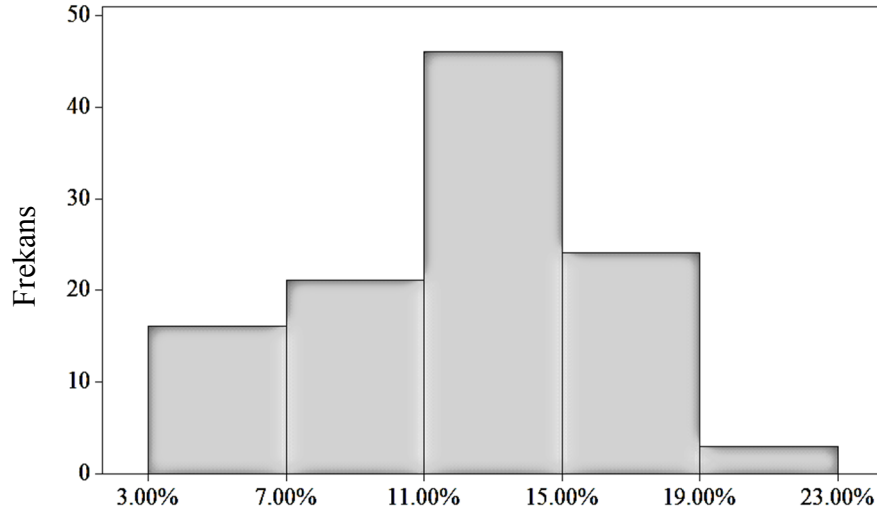


Şekil 4.1: Çok katlı prefabrik yapı çerçevesini oluşturan kolonların davranışı

Prefabrik kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet değerleri hesaplanırken çok katlı binalara ait açıklık bilgilerinden, makas ve aşık ağırlıklarından ve kullanılan çatı kaplama malzemesi ile ilgili bilgilerden faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenen ana kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet oranlarının ( $N\% = N/B.H.f_{cm}$ ) %5~%10 arasında olduğunu ara kolonlarda ise %11~%15 arasında olduğunu göstermiştir. 41 binadaki ana ve ara kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet oranlarının frekans dağılımı Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Çok katlı prefabrik bina ana kolonlarında eksenel kuvvet oranının dağılımı ( $N\% = N/BHf_{cm}$ )



Şekil 4.3: Çok katlı prefabrik bina ara kolonlarında aksel kuvvet oranının dağılımı ( $N\% = N/BHf_{cm}$ )

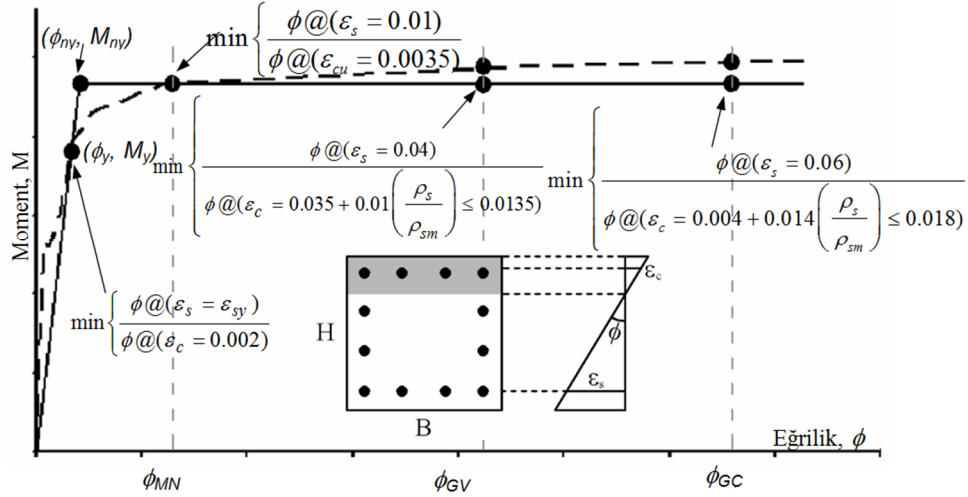
#### 4.1.2 Moment-eğrilik analizleri ve plastik mafsallıkların belirlenmesi

Önceki bölümlerde özellikleri ve aksel kuvvet seviyeleri belirlenen prefabrik kolonların akma anına ve maksimum kapasitesine karşılık gelen eğrilik değerleri moment-eğrilik analizleri ile belirlenmiştir. Analizler sırasında sargılı beton davranışı geliştirilmiş Kent ve Park Modeli (Park ve diğ., 1982) ile temsil edilmiştir.

Taşıyıcı sistemi meydana getiren her bir kolonun analizinden elde edilen moment-eğrilik grafiğinin gösterimi Şekil 4.4’de verilmiştir. Dayanım kapasitesine ulaşan kolon kesitleri çekme bölgesinde bulunan donatıların uzaması ile plastik deformasyon yapmakta ve sünek bir davranış göstermektedir. Hesaplamalar sırasında kolaylık sağlaması için moment eğrilik grafikleri iki doğrulu hale getirilmiştir. Kesitin nominal akma anına karşılık gelen moment ve eğrilik değerleri  $M_{ny}$  ve  $\phi_{ny}$  ile temsil edilmiştir. Kesit akma momentleri hesaplanırken ( $M_{ny}$ ), betondaki birim kısalmanın ( $\epsilon_c$ ) 0.004 olduğu seviye göz önüne alınmıştır. Donatının aktığı veya kabuk betonun döküldüğü ( $\epsilon_{cu} = 0.002$ ) şekildeğiştirme anına (hangisine önce ulaşıyorsa) karşılık gelen eğrilik değerinden ( $\phi_y$ ) geçirilen doğrunun moment kapasitesine ( $M_{ny}$ ) ulaştığı noktadaki eğrilik ise kesitin nominal akma eğriliği ( $\phi_{ny}$ ) olarak tarif edilmiştir. Takip edilen prosedür ile ilgili ayrıntılar Priestley ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada bulunabilir.

Betonarme kolon kesitlerinin akma sonrası kalıcı deformasyon bölgesindeki hasar sınırlarının tarifi için 2007 tarihli Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen şekildeğiştirme tabanlı tanımlardan yararlanılmıştır.

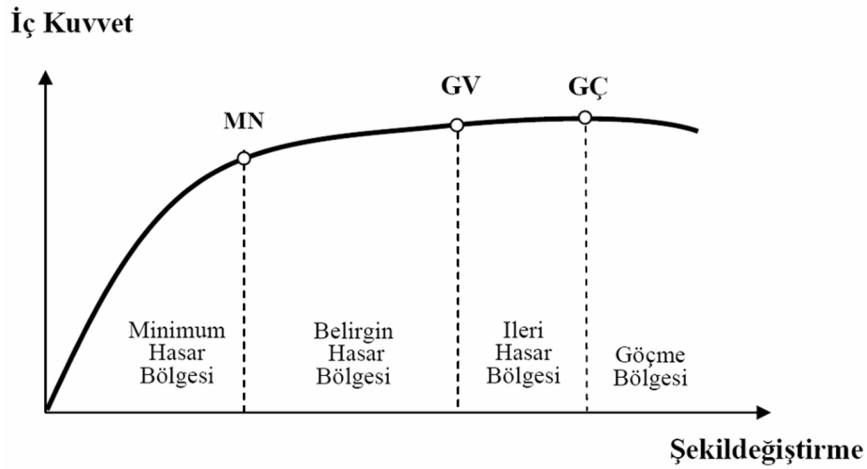




Şekil 4.4: 2007 Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan kesit hasar sınırlarının moment eğrilik grafiği üzerinde gösterimi

#### 4.1.3 Kesit hasar bölgelerinin DBYYHY-2007'de verilen esaslara göre belirlenmesi

2007 tarihli Türk Deprem yönetmeliği ile ortaya çıkan en köklü değişiklik, mevcut binalarda performans hesabını belirleyen düzenlemelerin bulunduğu 7. bölüm ile ilgilidir. Doğrusal olmayan hesap sırasında kullanılan ve betonarme elemanlarda kesit hasar sınırlarının hesabını belirleyen kurallar bu köklü değişikliklere örnek olarak gösterilebilir. Şekil 4.5'de Türk Deprem Yönetmeliği-2007'de verilen kesit hasar sınırları ile bu sınırlar arasında kalan hasar bölgeleri gösterilmiştir. Yine aynı yönetmelik hükümlerine göre sözü edilen kesit hasar sınırlarının beton ve donatıda izin verilen şekildeğştirmeler cinsinden ifadesi ise Tablo 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.5: Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ile tarif edilen hasar bölgeleri

Tablo 4.1: DBYYHY-2007’de verilen hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğiştirmeler

Kesit Hasar Sınırı	Beton	Donatı
Minimum Hasar Sınırı (MN)	$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\varepsilon_s)_{MN} = 0.01$
Güvenlik Sınırı (GV)	$(\varepsilon_c)_{GV} = 0.0035 + 0.01\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.0135$	$(\varepsilon_s)_{GV} = 0.04$
Göçme Sınırı (GÇ)	$(\varepsilon_c)_{GÇ} = 0.004 + 0.014\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.018$	$(\varepsilon_s)_{GÇ} = 0.06$

Tablo 4.1’de verilen;

$\varepsilon_s$  : Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranını,

$\varepsilon_{sm}$  : Kesitte bulunması gereken donatının hacimsel oranını,

$\varepsilon_{cu}, \varepsilon_c$  : Kabukta ve çekirdekte oluşan beton basınç şekildeğiştirmesini temsil etmektedir.

$\rho_{sm}$  değeri, DBYYHY-2007 yönetmeliğinde aşağıdaki bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir.

$$\rho_{sm} \geq 0.6 \left( \frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad 4.1$$

$$\rho_{sm} \geq 0.15 \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad 4.2$$

Bu ifadelerde;

$A_c$  : Beton kesit alanı,

$A_{ck}$  : Pas payı çıkarılmış çekirdek beton alanı,

$f_{ck}$  : Beton karakteristik basınç dayanımı,

$f_{ywk}$  : Donatı çeliği karakteristik dayanımı.

Yukarıda tarif edilen ve kesit hasar sınırlarını tanımlayan MN, GV ve GÇ eğriliklerinin gösterimleri de yine Şekil 4.5 üzerinde verilmiştir. Tek bir kolon için tarif edilen bu işlem sırası, bina çerçevelerini oluşturan kolonların tamamı için tekrarlanmış ve kolonlara ait moment-eğrilik kapasiteleri ( $\emptyset_{MN}, \emptyset_{GV}, \emptyset_{GÇ}$ ) belirlenmiştir.

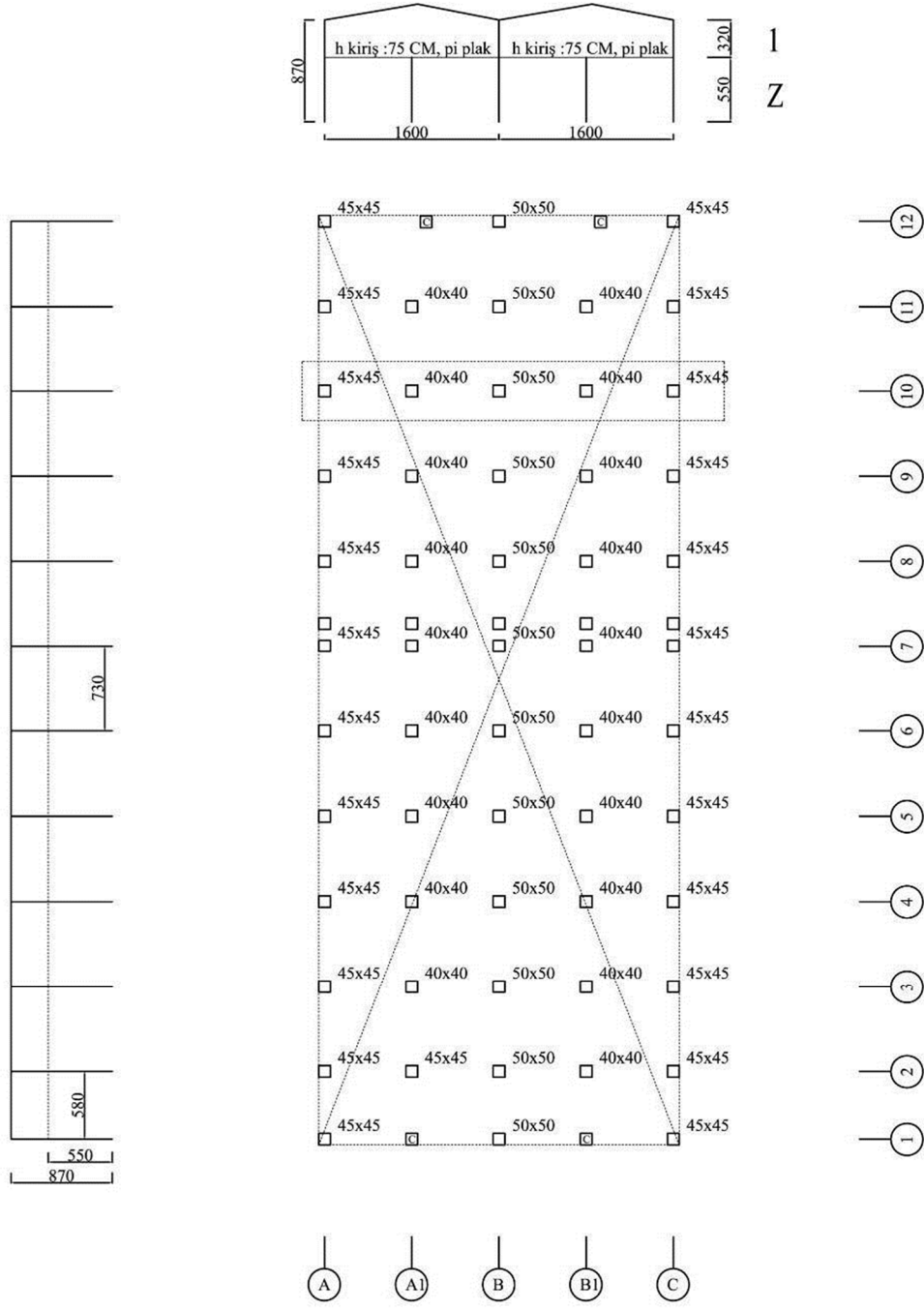
#### 4.1.4 Seçilen örnek binada plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi

Plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi için için seçilen örnek çok katlı bir binada uygulama yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda envanterden seçilen Bina ÇK7'nin saha çalışmaları sırasında tespit edilen görünüşleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Envanter çalışmaları sonucunda yapısal özellikleri belirlenen binaya ait taşıyıcı sistem planı ise Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bina ÇK7'den seçilen 10 no'lu aksın görünüşü Şekil 4.7'de, bu aksı meydana getiren elemanların yapısal özellikleri ise Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Şekil ve çizelgelerden görüldüğü gibi bina 2 açıklıktan oluşmaktadır. Açıklıkların uzunlukları 16m, binanın toplam uzunluğu ise 32 m'dir. Binanın makas yönüne dik yöndeki aks açıklıkları (aşık uzunluğu) 7.3 m'dir.

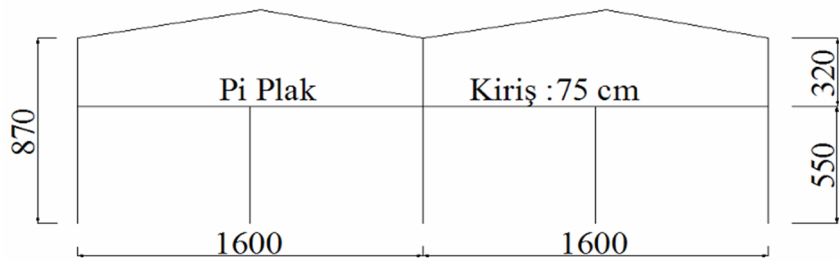
Büro ve saha çalışmaları sırasında binada bulunan ana kolonların köşelerde 45x45 cm, ortada ise 50x50 olduğu tespit edilmiştir. Binada bulunan bütün ara kolonlar ise 40x40 cm boyutlara sahiptir. Binanın betonarme projeleri üzerinde yapılan incelemeler, kolonlarda bulunan boyuna donatı oranının minimum donatı oranı tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Yapılan düşey yük analiziyle binanın kolonlarında oluşan eksenel kuvvetler hesaplanmış ve Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Binanın betonarme projesinden boyuna ve enine donatıların S420 sınıfı olduğu belirlenmiştir. Binanın yapım yılı ise 2005 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6: Bina ÇK7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları



Şekil 4.7: Bina ÇK7'ye ait taşıyıcı sistem planı



Şekil 4.8: Bina ÇK7 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm)

Tablo 4.2: Bina ÇK7'ye ait makas, aşık bilgileri

Açıklık No	Makas Uzunluk (m)	Aşık Uzunluk (m)	Aşık Sayısı (adet)	Aşık Kesit Alanı (m <sup>2</sup> )	Makas Başlık. Alanı (m <sup>2</sup> )	Makas Orta Alanı (m <sup>2</sup> )
-	(m)	(m)	(adet)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1	16	7.3	9	0.027	0.15	0.234
2	16	7.3	9	0.027	0.15	0.234

Tablo 4.3: Bina ÇK7'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon Tipi	Kolon No	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Etr. Çapı (mm)	Etr. $f_{ywd}$ (MPa)	s (mm)	$\rho_l$ (%)	$\rho_s$ (%)	N (kN)	Yapım Yılı
Ana Kolon	1	8700	450	450	8	420	100	1.02%	0.74%	475.8	2005
	2	8700	500	500	8	420	100	1.01%	0.66%	917.9	2005
	3	8700	450	450	8	420	100	1.02%	0.74%	475.8	2005
Ara Kolon	1	5500	400	400	8	420	100	1.00%	0.84%	635.2	2005
	2	5500	400	400	8	420	100	1.00%	0.84%	635.2	2005

Tablo 4.4: Bina ÇK7'ye ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kNm)	$\phi_{ny}$ (rad/m)	$\phi_{MN}$ (rad/m)	$\phi_{GV}$ (rad/m)	$\phi_{GÇ}$ (rad/m)
Bina ÇK7	Ana Kolon	1	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
		2	384.37	0.0082	0.0285	0.1181	0.1404
		3	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
	Ara Kolon	1	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764
		2	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764

Yapısal özellikleri belirlenen prefabrik kolonların moment eğrilik analizleri yapılmış ve ayrıntıları daha önce açıklanan yöntem kullanılarak dayanım ve deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

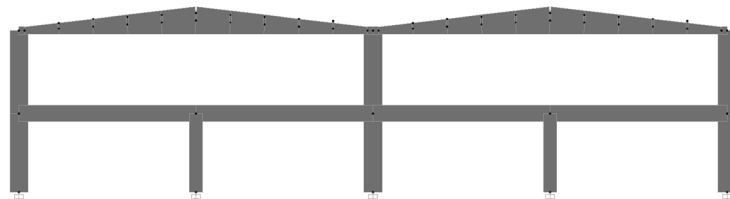
Bina ÇK7'nin plastik mafsallık özelliklerinin hesabı için izlenen ve yukarıda açıklanan işlem sırası veri tabanında bulunan 41 adet 2 katlı ve karma bina için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hazırlanan tezin sonunda Ek A.1'de verilmiştir.

## 4.2 Binalara Ait Kapasite Eğrilerinin Hesaplanması

Çok katlı prefabrik binaların kapasite eğrilerini belirlenmesi için iki farklı hesap yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerden ilkinde SAP2000 (CSI, 2011) programında taşıyıcı sistem modeli hazırlanmış, binaya ait düşey yüklerin hesabında ölü ve hareketli yükler tanımlanarak binanın sismik ağırlığı hesaplanmıştır. Kolonlara ait plastik mafsallar tanımlandıktan sonra statik itirme analizi ile binaların dayanım ve yerdeğiştirme kapasiteleri elde edilmiştir. İkinci hesap yönteminde kapsamlı ve detaylı ticari yazılımlara ihtiyaç duymaksızın, sadece eleman bazında basitleştirilmiş moment eğrilik yazılımlarını kullanarak binaların dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerinin hesabını yapabilmek amaçlanmıştır. Proje çalışması kapsamında ele alınan mafsallı birleşimli mevcut prefabrik binaların tamamının iki katlı olması, yapılan hesaplamaların basitleştirilebilmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Çok katlı binalara ait kapasite eğrilerinin hesabı için önerilen yöntem geliştirilirken bu avantajlardan yararlanılmıştır. Prefabrik binaların kapasite eğrilerinin hesabı konusunda detaylı bilgisayar programlarına ihtiyaç duymaksızın hesap yapmaya imkân veren yöntem veya yaklaşımların geliştirilmesine özellikle önem verilmiştir.

### 4.2.1 Binalara ait kapasite eğrilerinin SAP2000 Programı ile elde edilmesi

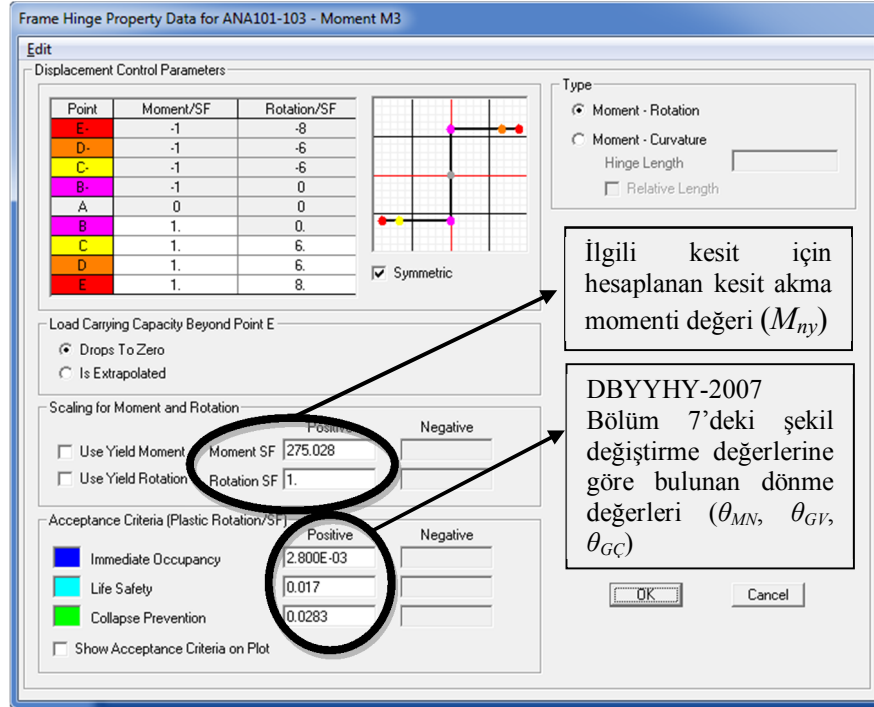
Çok katlı prefabrik bina modellerinin kapasite eğrilerini elde edebilmek için SAP2000 programı kullanılmıştır. Şekil 4.9'da SAP2000'de oluşturulmuş taşıyıcı sistem modeli görülmektedir.



Şekil 4.9: SAP2000 programında oluşturulan taşıyıcı sistem modeli

Çok katlı prefabrik yapıyı meydana getiren taşıyıcı sistem programda modellendikten sonra yapıya etki eden ölü ve hareketli yüklerden oluşan binanın sismik ağırlığı hesaplanmıştır ( $W=G+nQ$ ). Statik itme analizi için kolonlara ait plastik mafsallı özellikleri belirlenmiştir. Mafsallar tanımlanırken Bölüm 4.1.2'de anlatılan moment-

eğrilik analizi ile bulunan kesit akma momentleri ( $M_{ny}$ ) ve Bölüm 4.1.3’de anlatılan kesit hasar bölgelerini temsil eden dönme değerleri kullanılmıştır. Şekil 4.10’da programda tanımlanan tipik bir plastik mafsallın görünümü verilmiştir.



Şekil 4.10: SAP2000 programında plastik mafsall tanımlama menüsü

Elemanların plastik mafsall boyları Denklem 4.3 kullanılarak bulunmuştur.

$$L_p = 0.5H \quad 4.3$$

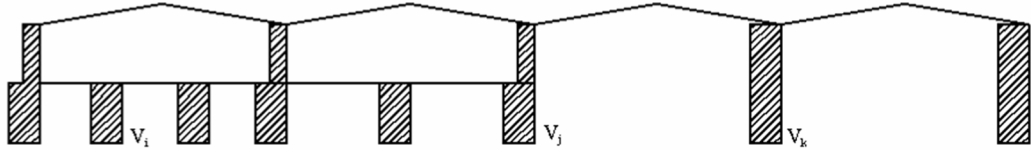
Çok katlı prefabrik binaya ait doğrusal olmayan analiz modeli oluşturulduktan sonra statik itme desenine karar verilmiştir. İtme deseni için DBYYHY-2007 Bölüm 3’de verilen fiktif yük denkleminde yararlanılmıştır. Fiktif yük denklemi Denklem 4.4’de gösterilmiştir.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad 4.4$$

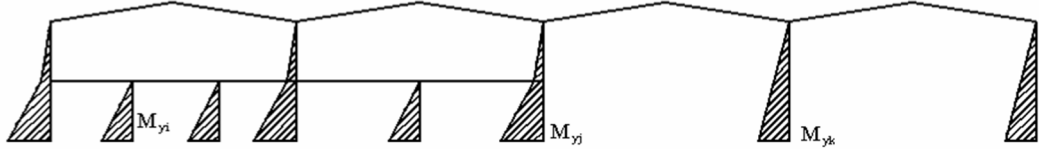
#### 4.2.2 Binalara ait kapasite eğrilerinin yapısal parametrelere bağlı olarak elde edilmesi

Çok katlı prefabrik binaların kapasite eğrilerinin hesabı için öncelikle kolon kesitlerine ait dayanım ve deformasyon kapasiteleri moment-eğrilik analizleri ile belirlenmektedir. Birleşimleri mafsallı ve çok katlı bir prefabrik binanın kolonlarında

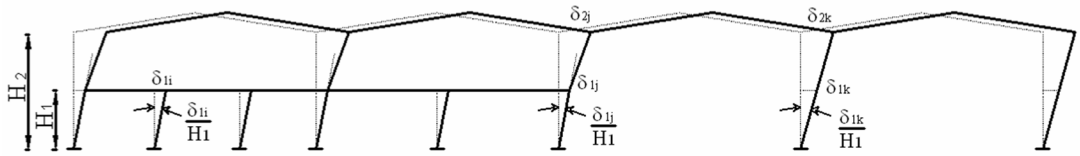
meydana gelen kesme ve eğilme etkileri ile söz konusu binada oluşan yerdeğiştirmelerin şematik olarak gösterimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.11: Örnek prefabrik sistemde kesme kuvvetlerinin oluşumu



Şekil 4.12: Örnek prefabrik sistemde moment oluşumu



Şekil 4.13: Örnek prefabrik sistemde yerdeğiştirmelerin oluşumu

Şekil 4.11 ve Şekil 4.13'de gösterilen  $M_y$  ve  $V$  ifadeleri kolonların tabanlarında oluşan ve boyuna donatı miktarı ve kolon boyutları tarafından kontrol edilen moment ve kesme kuvveti kapasitesini temsil etmektedir. Boyuna donatı oranı fazla, kesit boyutları büyük olan kolonların moment ve kesme kapasitesi de büyük olmaktadır. Şekil 4.13'de ( $\delta$ ) ile gösterilen değerler kolonların yerdeğiştirme kapasitelerini temsil etmektedir.

Envanterde bulunan iki katlı prefabrik binaların kapasite eğrilerinin hesabı için önerilen yöntem, incelenecek bina ile ilgili bilgileri içeren bazı basit kabullere dayanmaktadır. Bunlar:

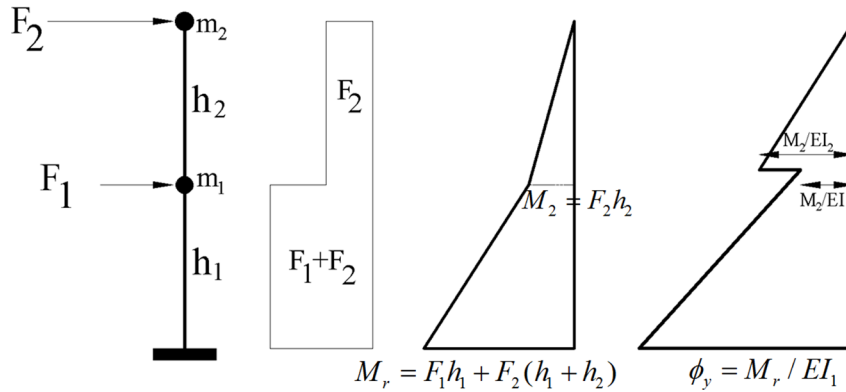
- 1.Kolon boyutları, enine ve boyuna donatı miktarları yaklaşık veya kesin olarak bilinmektedir. (Saha ve proje çalışmaları ile belirlenebilir)
- 2.Ortalama kat ağırlıkları bilinmektedir. (Saha ve proje çalışmaları ile yaklaşık olarak belirlenebilir)
- 3.Kolon tabanlarında oluşan yaklaşık eksenel eksenel kuvvet seviyeleri bilinmektedir. (Prefabrik taşıyıcı sistemin basitliği sayesinde yaklaşık olarak kestirilebilir)
- 4.Kat yükseklikleri ve kolon boyları bilinmektedir. (Saha ve proje çalışmaları ile kesin olarak belirlenebilir)



Yukarıda maddeler halinde sıralanan bu hususların bilinmesi, kolon tabanlarındaki kritik kesitler için moment eğrilik analizlerinin yapılabileceği ve dolayısı ile de kolonlara ait moment ve eğrilik kapasitelerinin hesaplanabileceği anlamına gelmektedir. Kolonlara ait moment kapasitelerinin biliniyor olması ise kat seviyelerinde oluşacak kesme kuvvetlerinin hesabı konusunda önemli bir avantaj sağlamaktadır. Fakat bu avantajın kullanılabilmesi için kat seviyelerinden etki eden deprem kuvvetlerinin en azından birbirine göre oranlarının bilinmesi gerekmektedir. DBYBHY-2007’de yer alan ve fiktif deprem kuvvetlerin katlara dağılımını düzenleyen hesap yaklaşımı bu açıdan uygulanabilir bir yöntem sunmaktadır. Yönetmelikte verilen ifadelerin basitleştirilmesi ve bu çalışmaya uyarlanması ile birlikte iki katlı binaların kat seviyelerinden etki eden deprem kuvvetlerinin birbirine göre durumu Denklem 4.5 ile belirlenmiştir.

$$F_i \approx \frac{w_i H_i}{\sum_{i=1}^2 w_i H_i} V_t \quad \& \quad \frac{F_1}{F_2} \approx \frac{w_1 H_1}{w_2 H_2} \quad 4.5$$

Söz konusu  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin kat seviyelerinden etki etmesi durumunda iki kütleli bu sistemde meydana gelmesi beklenen kesme ve eğilme etkileri ve bu eğriliklerin değişimi Şekil 4.14’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14: İki katlı prefabrik yapının gösterimi (a.İki katlı Yapı, b. Kesme diyagramı, c. Moment Diyagramı, d.Eğrilik diyagramı)

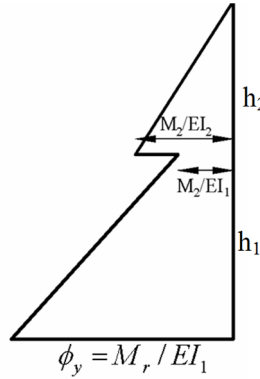
$F_1$  ve  $F_2$  ile gösterilen yatay deprem kuvvetlerinin birbiri cinsinden tarif edilebilmesi ve Şekil 4.14’de kolon tabanındaki eğilme momenti kapasitesini temsil eden  $M_r$  değerinin de moment eğrilik analizleri ile zaten hesaplanmış olması katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin hesabına imkân vermektedir (Denklem 4.6).

$$F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot (h_1 + h_2) = \sum_{i=1}^{ks} M_{ri} \quad 4.6$$

Denklem 4.6'da yer alan ks, kolon sayısını ifade etmektedir.  $F_1$  ve  $F_2$  değerlerinin hesaplanması ve toplanması ile birlikte binaya ait yatay dayanım kapasitesi hesaplanmış olur (Denklem 4.14).

$$V_i = F_1 + F_2 \quad 4.7$$

İkinci adımda, binaya ait yer değiştirme kapasitesinin hesabına geçilmiştir. Akma anına ve DBYYHY-2007'de tarif edilen hasar sınırlarına ait yerdeğiştirme değerleri hesaplanırken moment alan teoremlerinden yararlanılmıştır. Söz konusu yöntemi kullanarak akma anında kat seviyelerinde oluşan yerdeğiştirme ifadeleri Denklem 4.8 ve Denklem 4.9'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir.



Şekil 4.15: Çok katlı prefabrik bir yapıda bina yüksekliği boyunca eğrilik profilindeki değişim

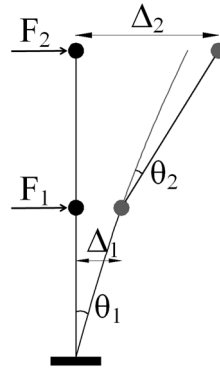
$$\Delta_{1y} = \frac{h_1^2}{3EI_1} \left( M_r + \frac{M_2}{2} \right) \quad 4.8$$

$$\Delta_{2y} = \Delta_{1y} + \frac{h_1 h_2}{2EI_1} (M_r + M_2) + \frac{h_2^2 M_2}{3EI_2} \quad 4.9$$

Akma anına karşılık gelen yerdeğiştirmelerin belirlenmesinden sonra bina periyodunun hesabına geçilmiştir. Kat seviyelerindeki yerdeğiştirmelerin, yatay deprem kuvvetlerinin ve kat kütlelerinin biliniyor olması, DBYBHY-2007'de yer alan Rayleigh ifadesini kullanılarak binalara ait titreşim periyotlarının hesaplanabilmesine imkan vermektedir. Böylelikle binaların yerdeğiştirme talebinin belirlenmesinde kullanılacak olan periyot hesaplanmıştır (Denklem 4.10).

$$T_1 = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^{ks} m_i \Delta_{i,y}^2}{\sum_{i=1}^{ks} F_i \Delta_{i,y}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad 4.10$$

Yapılan hesaplamalar iki katlı prefabrik yapıların birinci ve ikinci kat seviyelerinde farklı görelî ötelenme oranlarının oluşabileceğini ve bu durumda en kiritik ötelenme oranlarına sahip olan zemin katın değerlerine bakılarak değerlendirmelerin yapılması gerektiğini göstermektedir. İncelenen iki katlı prefabrik binalarda zemin kat ara kat döşemesi sebebiyle birinci kata göre daha ağırdır ve bu yüzden de katlara etkileyen deprem kuvvetlerinin arasında ciddi derecede farklar vardır ( $F_1 \gg F_2$ ). Bu sebeple bu binalarda ikinci mertebe moment etkilerinin etkili olmadığı söylenebilir. Katlarda deprem kuvvetleri sebebiyle oluşan deplasmanlara bakıldığında zemin kat tabanında akma sınırının aşıldığı, ikinci kat kolonlarında ise akma sınırının aşılmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden bina hasar sınırlarına karar verilirken en kritik sonuçların meydana geldiği zemin kattaki ötelenme oranlarına bakılmıştır. Başka bir ifade ile kapasite eğrileri düşeyde yatay dayanım oranları, yatayda ise zemin kat seviyesinde oluşan ötelenme oranları( $\theta_1$ ) ile tarif edilmiştir.



Şekil 4.16: Çok katlı prefabrik bir yapıda deprem kuvvetleri nedeniyle oluşan deplasman profili

DBYYHY-2007 Bölüm 7'de Can Güvenliği (CG) ve Göçme Öncesi (GÖ) performans düzeyleri tarif edilirken kolonlar için taşınan kesme kuvvetlerinin kesme kapasitesine oranı cinsinden değerlendirme yapılmaktadır. Fakat prefabrik yapı sistemlerinde bütün kolonlar birbirine benzemekte ve aynı kattaki kolonların hepsi aynı anda aynı hasar sınırını aşmaktadır. Bu durum DBYYHY-2007'de tarif edilen şartların kontrol edilmesine imkan vermemektedir. Bu nedenle hasar bölgelerinin

hesabı kesme kapasitelerine bakılmaksızın elemanların hasar sınırlarını tarif eden şekildeğiştirme değerleri üzerinden yapılmıştır.

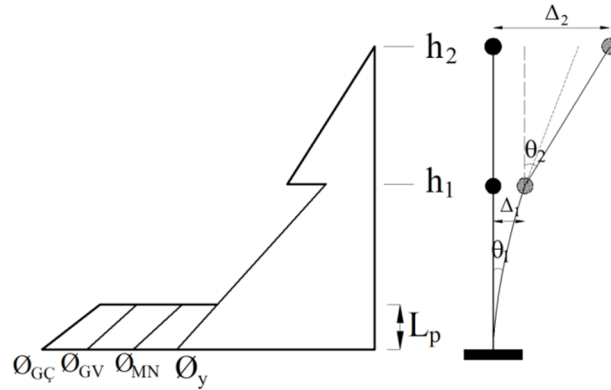
İki katlı prefabrik binalarda akma noktasının aşılması ve kalıcı yerdeğiştirmelerin başlaması ile ilişkilendirilen hasar bölgelerinin hesabı sırasında kolon yerdeğiştirmelerinin en küçük değerleri göz önüne alınmıştır. Takip edilen hesap yönteminin detayları aşağıda verilmiştir(Denklem 4.11 – Denklem 4.13).

$$\phi_{MN} = \min(\phi_{MN,i}, \phi_{MN,i+1}, \dots, \phi_{MN,ks}) \forall i = 1, 2, 3..ks \quad 4.11$$

$$\phi_{GV} = \min(\phi_{GV,i}, \phi_{GV,i+1}, \dots, \phi_{GV,ks}) \forall i = 1, 2, 3..ks \quad 4.12$$

$$\phi_{GÇ} = \min(\phi_{GÇ,i}, \phi_{GÇ,i+1}, \dots, \phi_{GÇ,ks}) \forall i = 1, 2, 3..ks \quad 4.13$$

Binaların maksimum yerdeğiştirme kapasiteleri Denklem 4.14 ve Denklem 4.15 ile elde edilmiştir. Birinci kat seviyesindeki görece ötelenme ise Denklem 4.16 ile belirlenmiştir.  $L_p$  ile gösterilen ifade plastik mafsallı uzunluğudur ve kesit yüksekliğinin yarısı alınmıştır.



Şekil 4.17: İki katlı prefabrik yapı boyunca eğrilik ve yerdeğiştirme profilindeki değişim

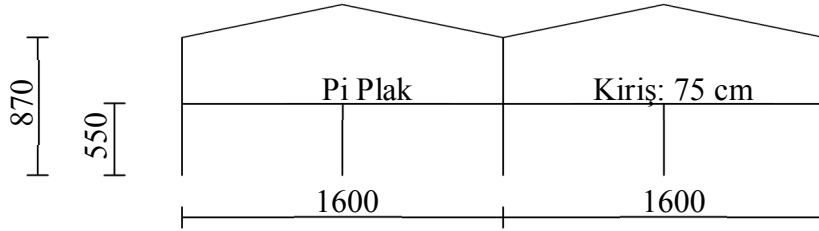
$$\Delta_{GÇ,pl1} = (\phi_{GÇ} - \phi_y) L_p (H_1 - 0.5L_p) \quad 4.14$$

$$\Delta_{GÇ,1} = \Delta_{1y} + \Delta_{GÇ,pl1} \quad 4.15$$

$$\theta_1 = \frac{\Delta_1}{h_1} \quad 4.16$$

### 4.2.3 Örnek ÇK7 binasına ait kapasite eğrisinin SAP2000 programı ile hesabı

Çok katlı binalarda kapasite eğrisinin hesabını daha iyi açıklayabilmek için Bölüm 4.1.4’de verilen Ç7 nolu örnek bina kullanılmıştır. Bu binaya ait kolon bilgileri ve yapılan moment-eğrilik analizlerinin sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Doğrusal olmayan analiz için seçilen çerçeve sistem Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18: Bina ÇK7 için seçilen çerçeve görünüşü (cm)

Sistemlere ait makas ve aşık açıklıkları Tablo 4.5’de, taşıyıcı eleman bilgileri(kolon) ise Tablo 4.6’da verilmiştir. DBYYHY-2007 Bölüm 7’de verilen şekildeğiştirme değerleri kullanılarak hesaplanan kesit hasar sınırları Tablo 4.7’de verilmiştir. Elde edilen bilgiler ve Bölüm 4.2.1’de yapılan açıklamalar doğrultusunda binaya ait doğrusal olmayan analiz modeli hazırlanmıştır.

Tablo 4.5: Bina ÇK7’ye ait makas, aşık bilgileri

Açıklık No	Makas Uzunluk (m)	Aşık Uzunluk (m)	Aşık Sayısı (adet)	Aşık Kesit Alanı (m <sup>2</sup> )	Makas Başlık. Alanı (m <sup>2</sup> )	Makas Orta Alanı (m <sup>2</sup> )
-	(m)	(m)	(adet)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1	16	7.3	9	0.027	0.15	0.234
2	16	7.3	9	0.027	0.15	0.234

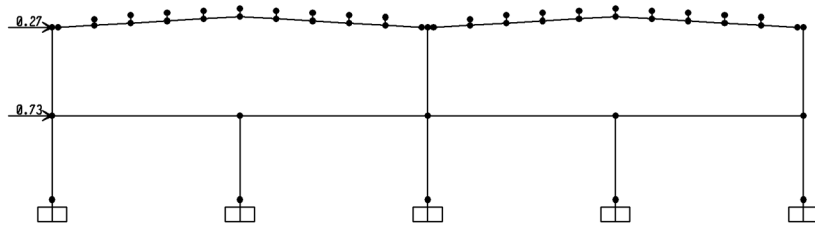
Tablo 4.6: Bina ÇK7’ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon Tipi	Kolon No	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Etr. (mm)	Etr. (MPa)	s (mm)	$\rho_l$ (%)	$\rho_s$ (%)	N (kN)	Yapım Yılı
Ana Kolon	1	8700	450	450	8	420	100	1.02%	0.74%	475.8	2005
	2	8700	500	500	8	420	100	1.01%	0.66%	917.9	2005
	3	8700	450	450	8	420	100	1.02%	0.74%	475.8	2005
Ara Kolon	1	5500	400	400	8	420	100	1.00%	0.84%	635.2	2005
	2	5500	400	400	8	420	100	1.00%	0.84%	635.2	2005

Tablo 4.7: Bina ÇK7'ye ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$	$\phi_{ny}$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GÇ}$
Bina ÇK7	Ana Kolon	1	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
		2	384.37	0.0082	0.0285	0.1181	0.1404
		3	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
	Ara Kolon	1	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764
		2	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764

Kat ağırlığı ve bina yüksekliğine göre Denklem 4.4 kullanılarak hesaplanan fiktif yükler programda kat düğüm noktalarına etkilmiştir. Fiktif yüklerin programa girilmesiyle birlikte statik itme analizi için yük deseni oluşturulmuştur(Şekil 4.19).

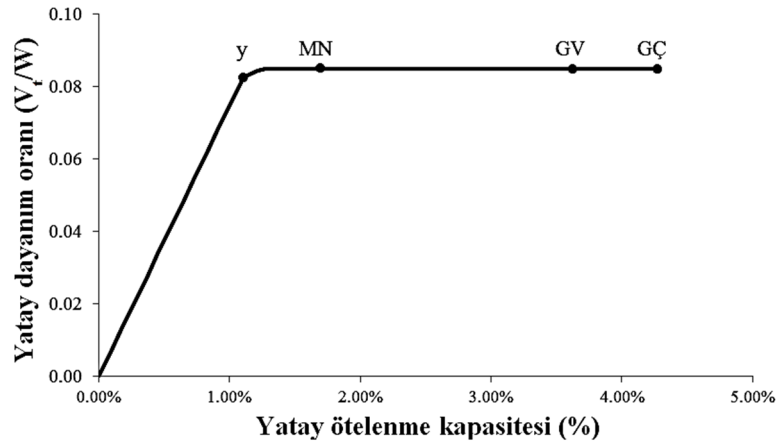


Şekil 4.19: Örnek Bina ÇK7 için hesaplanan fiktif yük değerleri

Taşıyıcı sistem modeli hazırlanan ve mafsalları tanımlanan örnek binanın programda analiz ayarlarının yapılmasından sonra program çalıştırılmış ve binaya ait kapasite eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.20).

Tablo 4.8: Bina ÇK7 için SAP2000 ile bulunan yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
	kN	(%)	(%)	(%)	(%)
	187.21	1.11%	1.70%	3.62%	4.27%



Şekil 4.20: Örnek Bina ÇK7 için SAP2000 ile bulunan kapasite eğrisi

#### 4.2.4 Örnek ÇK7 binasına ait kapasite eğrisinin yapısal parametrelere dayalı olarak elde edilmesi

Çok katlı binalarda kapasite eğrisinin yapısal parametreler ile hesabını açıklamak için ÇK7 nolu bina kullanılmıştır. Bu binaya ait makas açıklıkları ve kolon bilgileri Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da verilmiştir.

Yapısal özellikleri belirlenen prefabrik kolonların moment eğrilik analizleri yapılmış ve ayrıntıları daha önce açıklanan yöntem kullanılarak kolonlara ait dayanım ve deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.7 ve Tablo 4.9’da gösterilmiştir.

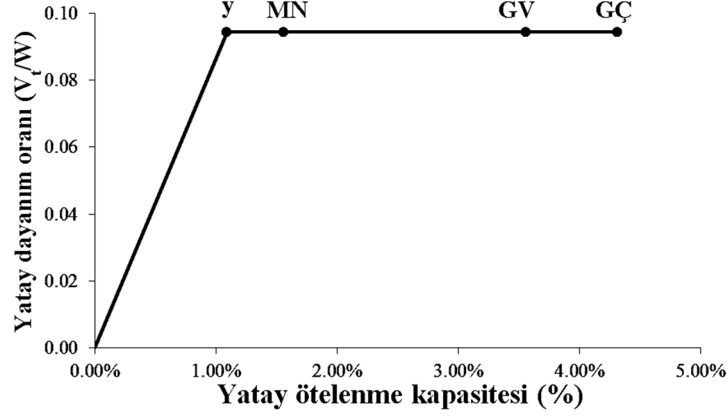
Kolonlarda eleman hasar sınırlarına karşılık gelen eğrilik değerleri belirlendikten sonra hasar bölgelerine karşılık gelen plastik yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.9). Bir sonraki adımda elde edilen yer değiştirme değerleri kolon boylarına bölünmüş ve eleman hasar sınırlarına karşılık gelen plastik ötelenme oranları hesaplanmıştır. Bina hasar sınırlarının belirlenmesi için, kolon hasar bölgelerini tarif eden ötelenme oranlarının minimumları göz önüne alınmış ve Denklem 4.11-Denklem 4.13’de verilen yaklaşım kullanılmıştır. Yapılan düşey yük analizi neticesinde ÇK7 binasına ait bina ağırlığı 2124.61 kN olarak elde edilmiştir. Kapasite eğrilerinin daha kolay karşılaştırılabilmesi için kapasite eğrisi birimsiz hale getirilmiş Şekil 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.9: Bina ÇK7’ye ait kolonların kapasite hesap sonuçları

KOLON KAPASİTE PARAMETRELERİ									
Kolon Tini	Kolon No	B (mm)	H (mm)	$\rho_l$ (%)	$\rho_{wt}$ (%)	$M_{yi}$ (kNm)	$\theta_{MN-p-i}$ (%)	$\theta_{GV-p-i}$ (%)	$\theta_{GC-p-i}$ (%)
Ana	1	450	450	1.00%	0.74%	251.02	0.47%	2.47%	3.90%
Ana	2	500	500	1.00%	0.66%	384.37	0.50%	2.69%	3.23%
Ana	3	450	450	1.00%	0.74%	251.02	0.47%	2.47%	3.90%
Ara	1	400	400	1.00%	0.84%	195.19	0.53%	2.65%	3.26%
Ara	2	400	400	1.00%	0.84%	195.19	0.53%	2.65%	3.26%

Tablo 4.10: Bina ÇK7’ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GC}$
	kN	(%)	(%)	(%)	(%)
	200.53	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%



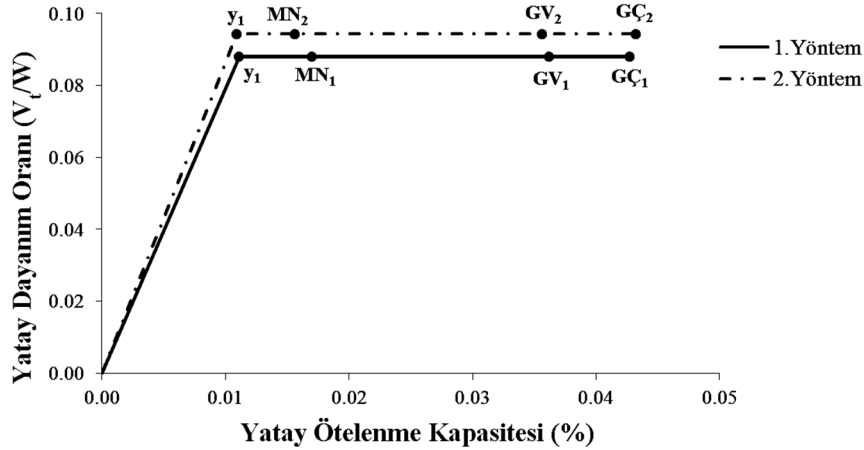
Şekil 4.21: Bina ÇK7'ye ait kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin ötelenme kapasitelerinin belirlenmesi

#### 4.2.5 Seçilen örnek binada kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

ÇK7 binasına ait kapasite eğrisi iki farklı yöntem ile bulunmuştur. Birinci yöntemde binaya ait doğrusal olmayan taşıyıcı sistem modeli SAP2000 programında hazırlanmış, elemanların kesit özellikleri kullanılarak her elemana ait hasar sınırları programda tanımlanmıştır. Hazırlanan modelin statik itirme analizi ile kapasite eğrileri elde edilmiştir. İkinci yöntemde ise binaya ait kapasite eğrisi Bölüm 4.2.2'de anlatıldığı şekilde yapısal parametrelere bağlı olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.11'de 2 farklı yöntemle bulunan bina kapasite parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 4.11: İki örnek model için bulunan bina kapasite parametreleri

Bina Adı	Yöntem	$\Sigma V_t$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
		kN	(%)	(%)	(%)	(%)
ÇK7	1	187.21	1.11%	1.70%	3.62%	4.27%
ÇK7	2	200.53	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%



Şekil 4.22: İki yöntemle bulunan Bina ÇK7'ye ait kapasite eğrisi ve hasar bölgeleri

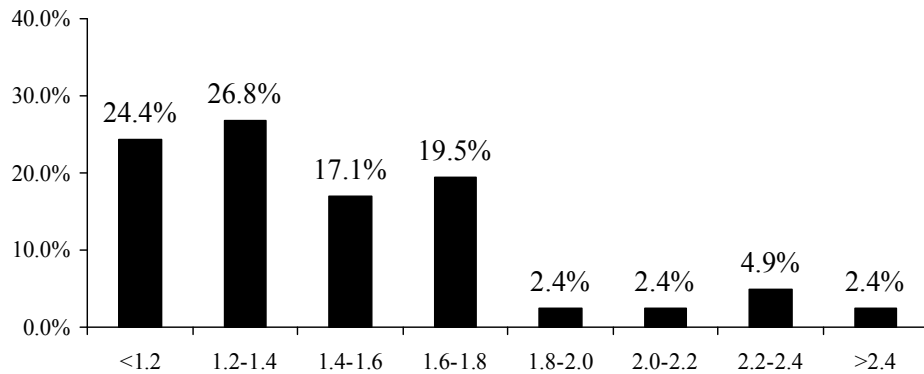


Şekil 4.22'e bakıldığında anlaşılacağı gibi iki farklı yöntem kullanılarak bulunan bina kapasite parametreleri birbirine oldukça yakındır. Yapısal parametreler kullanılarak hesaplanan kapasite parametreleri SAP2000 ile bulunan değerlere oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Tez çalışması kapsamında diğer 40 modele ait kapasite parametreleri geliştirilen yöntem ile hesaplanmış ve bulunan sonuçlar tezin sonunda Ek A.2'de verilmiştir.

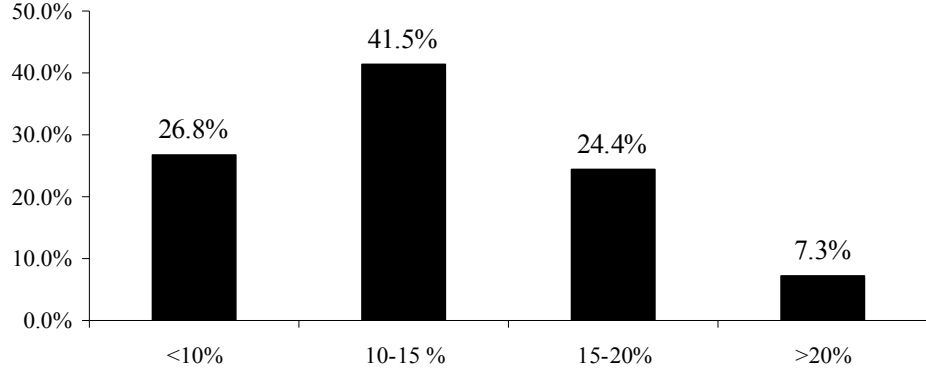
### 4.3 Çok Katlı Binaların Kapasite Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Envanterde bulunan çok katlı prefabrik binaların kapasite eğrileri elde edildikten sonra, bu yapılara ait dayanım, rijitlik ve süneklik kapasitelerinin ne durumda olduğu araştırılmıştır. Yatay dayanım oranlarının ( $V_t/W$ ), birinci doğal titreşim periyodlarının ( $T_1$ ) ve süneklik kapasitelerinin ( $\mu_\Delta$ ) dağılımları çok katlı prefabrik yapılar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.23-Şekil 4.25'da gösterilmiştir.

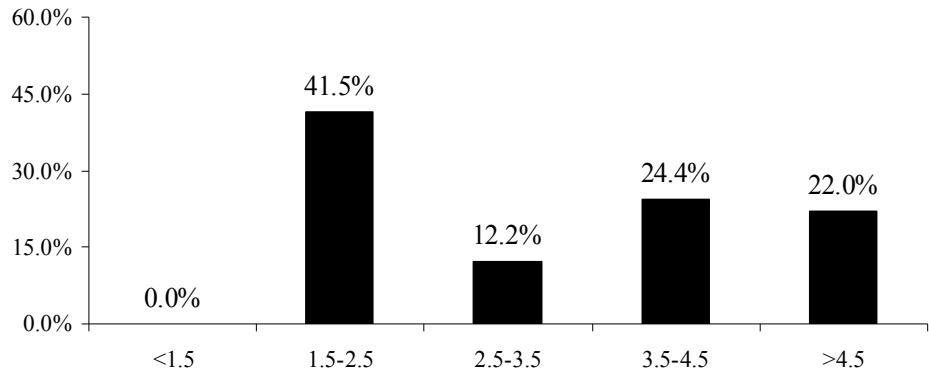
Yüksek titreşim periyotları, geçmiş depremlerden sonra özellikle vurgulanan yetersiz yanal rijitlik probleminin Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan çok katlı prefabrik binalar açısından da geçerli olduğunu göstermektedir. 1.5 ile 3.5 arasında değişen yerdeğiştirme sünekliği katsayıları ise esas itibari ile akma anına karşılık gelen ötelenme seviyelerinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır. Genellikle %10 ile %25 arasında değişen  $V_t/W$  oranları prefabrik binalarda yatay dayanım oranlarının çok düşük seviyelerde olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.23: 41 adet çok katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s)



Şekil 4.24: 41 adet çok katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi ( $V_t/W$ )



Şekil 4.25: 41 adet çok katlı binada süneklik kapasitelerinin değişimi ( $\mu_d$ )

## **5 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA DEPREM TALEBİNİN HESABI**

Tezin bu ve sonraki bölümlerinde yapılan talep hesaplarının öncelikli hedefi, hafif ve şiddetli depremleri temsil etmeye imkân verecek yeterli sayıda ivme kaydı seçmek ve seçilen bu kayıtları envantere bulunan binalara uygulayarak yerdeğiştirmeler cinsinden deprem taleplerini belirleyebilmektir. Bu yüzden detaylı çalışmalar yapılarak yerdeğiştirme talebinin hesabında kullanılacak ivme kayıtları seçilmiştir. Toplamda irili ufaklı çok sayıda depremden elde edilen üçyüze yakın kayıt tespit edilmiştir. Seçilen bu kayıtların ölçeklendirilmesi ile birlikte 350'den fazla kayıt elde edilmiş ve envantere bulunan bütün binalara ait yerdeğiştirme talepleri hesaplanmıştır.

### **5.1 Yerdeğiştirme Talebinin Hesabı için Kullanılan İvme Kayıtlarının Seçimi**

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan prefabrik binalarda oluşan yerdeğiştirme talepleri çok katlı binalar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İki katlı prefabrik binalar literatürde bulunan yöntemler kullanılarak tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmüşlerdir. İncelenen binalarda deprem sebebiyle oluşan yerdeğiştirme taleplerinin hesabı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yönteminden yararlanılmış ve analizler Bispec Programı (1999) ile yapılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı değerlendirmeler yapabilmek amacıyla mümkün olduğu kadar çok sayıda ivme kaydı seçilmiştir. Hesaplamalar sırasında 28 depremden alınan toplam 292 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Seçilen depremlerin büyüklükleri 5.4 - 7.7 arasında değişmektedir.

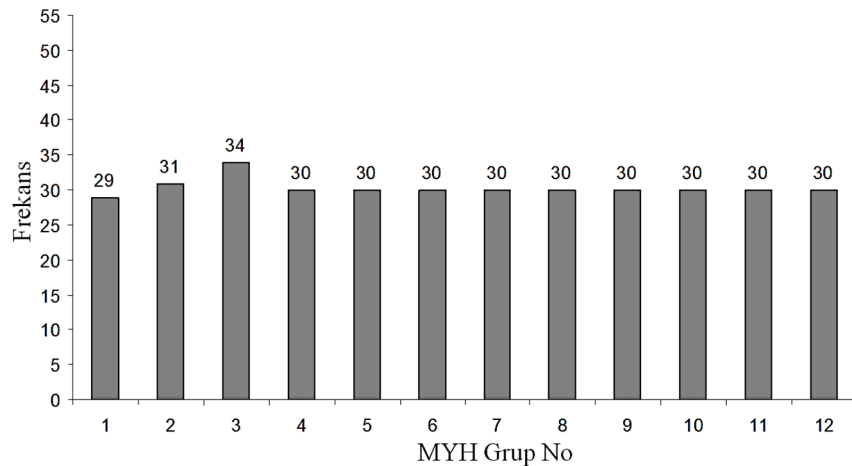
Literatürde bulunan bazı çalışmalar özellikle periyodu 1.0 saniyenin üzerinde olan yapılarda doğrusal olmayan yer değiştirme talebi ile maksimum yer hızı (MYH) arasında iyi bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. (Akkar ve Özen, 2008; Akkar ve Küçükdoğan, 2008). Bu sebeple hasar görebilirlik eğrileri hazırlanırken depremin parametresi olarak MYH göz önüne alınmış, yer hızları 20 ile 80 cm/s arasında

değişen kayıtlar seçilmiştir. İvme kayıtları seçilirken MYH açısından mümkün olduğunca düzgün bir dağılımın oluşmasına özen gösterilmiştir. Başka bir ifade ile seçilen ivme kayıtlarının belirli bir hız bölgesinde yığılmasına izin verilmemiş ve bütün hız bölgelerinde benzer sayıda kaydın bulunmasına özen gösterilmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek için seçilen kayıtlar maksimum yer hızlarına göre 12 gruba ayrılmıştır (her grup için MYH aralığı 5 cm/s). İvme kayıtlarının 292'si orijinal halleri ile kullanılmış, seçilen 72 kayıt ise özellikle MYH'nin büyük değerleri için gerekli sayıda veri oluşturmak amacıyla ölçeklendirilerek büyütülmüş ve toplamda 364 adet ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanındaki analizler gerçekleştirilmiştir. Ölçekleme için kullanılan maksimum katsayı 1.54'tür.

Tablo 5.1'de ivme gruplarına ait kayıtların sayısı ile MYH değerlerinin ortalama ve standart sapması (cm/s), Şekil 5.1'de ise MYH ortalamalarının frekans dağılımı verilmiştir. Çizelge ve şekilden de görüldüğü her aralığa yaklaşık olarak eşit sayıda MYH değeri karşılık gelmektedir.

Tablo 5.1: Maksimum yer hızı gruplarına ait kayıt sayısı, ortalama, standart sapma değerleri

Grup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MYH aralık (cm/s)	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Kayıt Sayısı	29	31	34	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ortalama MYH(cm/s)	21.69	27.31	32.05	37.35	41.77	47.15	52.16	57.18	62.07	67.52	72.55	77.31
Std. Sapma	1.21	1.50	1.48	1.49	1.28	1.54	1.47	1.32	1.14	0.97	0.75	1.09



Şekil 5.1: Seçilen Kayıtların maksimum yer hızlarına göre sınıflandırılması

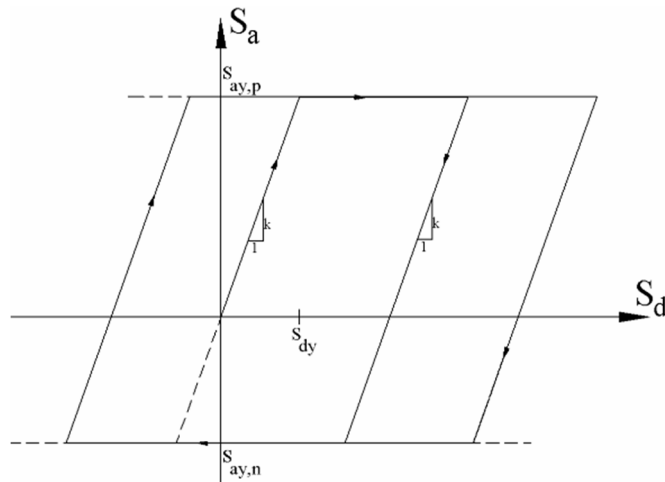
İvme kayıtlarının seçimi sırasında benimsenen bu yöntem, daha sonraki aşamalarda hasar görebilirlik eğrilerinin daha sağlıklı bir biçimde oluşturulabilmesi açısından önemlidir. MYH değerlerinin bu şekilde sınıflandırılması hafif, orta ve şiddetli deprem durumları için gerçekleştirilecek hasar tahminlerinin de birbiri ile karşılaştırılabilmesi açısından da kolaylık sağlayacaktır. Daha ileride de belirtileceği gibi bu çalışma kapsamında 20-40, 40-60 ve 60-80 cm/s arasında değişen MYH değerlerine sahip olan kayıtların, sırasıyla hafif, orta ve şiddetli depremleri temsil ettiği öngörülmektedir. Bu çalışmada kullanılan ivme kayıtlarına ait bilgiler bu tez çalışmasının sonundaki Ek B.1’de verilmiştir.

## 5.2 Prefabrik Binalarda Oluşacak Yerdeğiştirme Taleplerinin Hesabı

Binaların zaman tanım alanında dinamik analizleri yapılırken doğrusal olmayan bina davranışı, betonarme yapılarda genel mühendislik hesaplarında kullanılan elastoplastik çevrim modeli ile temsil edilmiştir. Elastoplastik çevrim modelinin kullanılma nedenleri:

1. Prefabrik kolonlarda aksenal kuvvet düzeyinin düşük olması sebebiyle görece dayanım kaybının görülme ihtimalinin düşük olması ve çevrim sıkışmasının beklenmemesi,
2. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için kullanılan yazılımın (Bispec, 1999) hesap avantajı.

Kullanılan elastoplastik çevrim modelinin tipik görünümü Şekil 5.2’de verilmiştir.



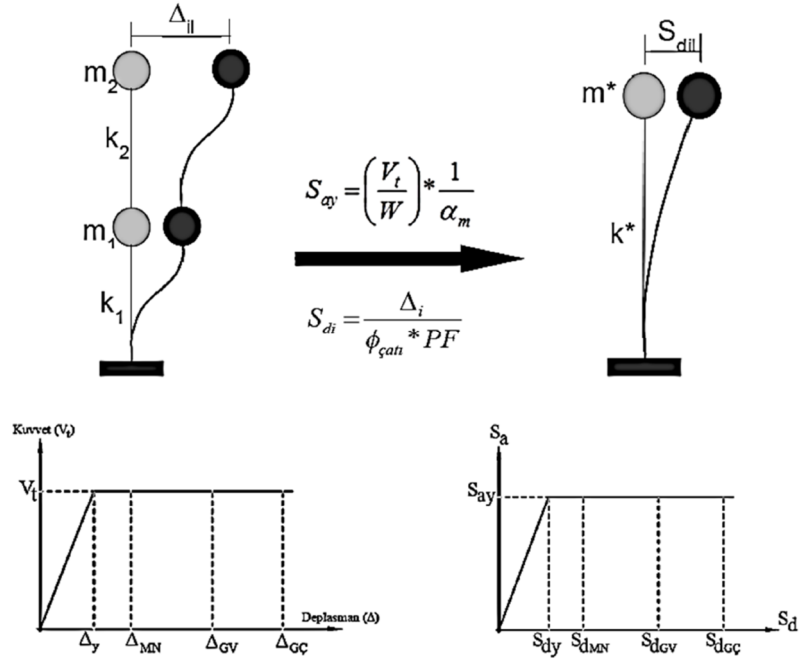
Şekil 5.2: Prefabrik binanın elastoplastik çevrimsel davranış modelinin tipik görünümü

Çok katlı prefabrik yapılara ait yatay dayanım oranları bilindiğinden Bispec programı ile analiz yapılırken her bina yatay dayanım oranları ve periyotları ile temsil edilmiş ve binalarda oluşan yerdeğiştirme talepleri buna göre hesaplanmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analiz işlemleri tek serbestlik dereceli sistemler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple çok katlı prefabrik yapılar eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere çevrilmiştir. Çok katlı prefabrik binaların eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmesi için takip edilen işlem adımları Şekil 5.3'de gösterilmiştir. Denklemde yer alan PF modal katılım katsayısını, g yer çekimi ivmesini,  $\phi_i$  i. kattaki modal yer değiştirme değerini,  $w_i$  ise i. katın ağırlığını temsil etmektedir.

$$PF = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_i) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_i^2) / g} \quad \& \quad \Delta_{il} = S_{dil} * PF * \phi_{\text{çatı},1} \quad 5.1$$

$$a_m = \frac{\left( \sum_{i=1}^N (w_i \phi_i) / g \right)}{\left( \sum_{i=1}^N w_i / g \right) \left( \sum_{i=1}^N (w_i \phi_i^2) / g \right)} \quad 5.2$$



Şekil 5.3: Çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceliye geçiş

Prefabrik binalarda yer değiştirme talebi hesabının nasıl yapıldığı, Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan iki katlı binalardan seçilen örnekler üzerinde gösterilmiştir. İki adet iki katlı (Bina ÇK7, Bina Ç12) binanın seçilen ivme kaydı altında zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve oluşan yerdeğiştirme talepleri hesaplanmıştır. Söz konusu binalarda oluşan yerdeğiştirme talepleri hesaplanırken Kocaeli depreminin Yarımca istasyonundan alınan YPT060 kaydı kullanılmıştır.

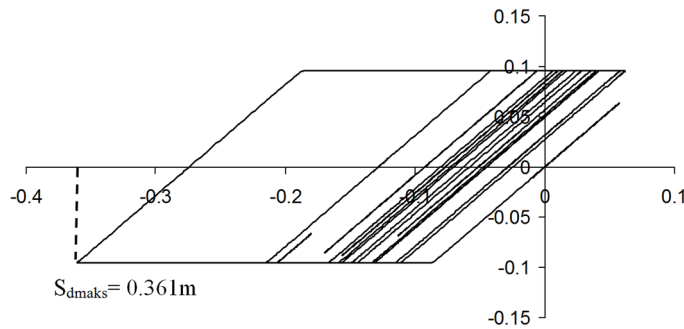
### 5.3 İki Katlı ÇK7 ve Ç12 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi

İki katlı binaların hesabı yapılırken Bölüm 5.2'de bahsedilen yöntem kullanılarak binalar eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmüştür. Dolayısıyla elde edilen yerdeğiştirmelerin Tablo 5.2'de gösterilen yerdeğiştirmelerle kıyaslanması binanın hasar seviyesinin tespiti için yeterlidir.

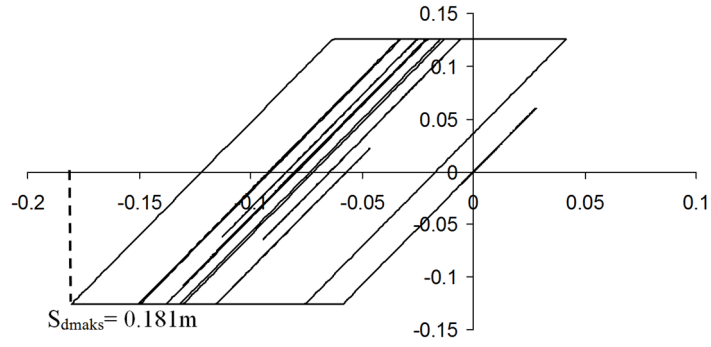
Dolayısıyla 2 katlı ÇK7 ve Ç12 binaları için hesaplanan yerdeğiştirmeler bu binaları temsil eden eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlerin yerdeğiştirmeleridir. Seçilen bu binaların kapasite eğrilerini tarif eden dayanım ve ötelenme değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir. Söz konusu binalarda oluşan maksimum yerdeğiştirme talepleri ise Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 5.2: İki Katlı Bina ÇK7 ve Ç12'ye ait yapısal bilgilerin durumu

Model	$V_t/W$	$T_1$ (s)	$\alpha_m$	$PF\phi_{\text{çatı},1}$	$S_{dy}$ (m)	$S_{dMN}$ (m)	$S_{dGV}$ (m)	$S_{dGÇ}$ (m)	$S_{dp}$ (m)
Bina ÇK7	%9.4	1.78	0.907	1.507	0.090	0.117	0.230	0.272	0.361
Bina Ç12	%12.4	1.28	0.886	1.568	0.081	0.110	0.209	0.233	0.181

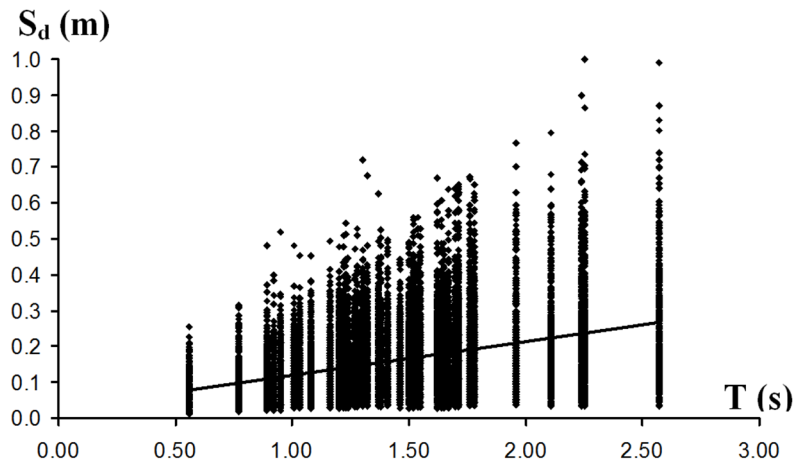


Şekil 5.4: Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina ÇK7'e ait histeresis eğrisi



Şekil 5.5: Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina Ç12'ye ait histeresis eğrisi

İki katlı örnek binalar için yukarıda gösterilen işlem adımları 41 adet iki katlı bina için 364 deprem kaydının her biri göz önüne alınarak tekrarlanmış ve toplamda 14924 adet yerdeğiştirme talebi hesaplanmıştır. Elde edilen bu taleplerin periyoda göre değişimleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6: İki katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğiştirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi



## 6 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARA AİT HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİNİN HESABI

Hasar görebilirlik eğrileri, belirli bir tehlike seviyesinde belirli bir hasar düzeyine ulaşılması veya aşılması olasılığını tarif etmek için kullanılan eğrilerdir. İncelemeye konu olan prefabrik binalar açısından durumu ele alacak olursak, tehlike ile kastedilen depremdir. Risk altındaki bir binanın hasar görebilirlik eğrileri, bu binada deprem hareketi sebebiyle oluşan yerdeğiştirme taleplerinin, önceden belirlenen hasar sınırlarına ait yerdeğiştirme değerlerini aşmasının birikimli olasılığını tarif etmektedir.

Hasar görebilirlik ilişkilerini üretebilmek için kullanılan iki ana yaklaşım bulunmaktadır. İlk yöntem geçmiş gözlemlerden elde edilen hasar verilerine dayanan ve makro-sismik yöntem olarak adlandırılan yöntemdir. İkinci yöntem ise yapıların basitleştirilmiş modellerinden elde edilen kapasiteleri ile deprem talebinin karşılaştırılmasına dayanan analitik yöntemdir. Matematiksel olarak hasar görebilirlik Denklem 6.1’de olduğu gibi ifade edilebilir.

$$\text{Hasar Görebilirlik} = P[R \geq r|I] \quad 6.1$$

Denklem 6.1’de, R analiz sonucunda hesaplanmış talebi, r ise öngörülen hasar seviyesi için yapısal tepkinin sınır değerini ifade etmektedir. I ise yapısal talebin hasar seviyesini aşma olasılığının hesaplanması amacıyla rastgele değişken olarak kullanılan yer hareketi parametresidir. Analitik hasar görebilirlik eğrileri elde edilirken bina modellerinin analizi sonucunda bulunan yerdeğiştirme taleplerinin dağılımı dikkate alınmaktadır. Farklı yapı türleri için yapılan çalışmalarda yapı türüne uygun analiz yöntemi, yer hareketi parametresi ve hasar parametresi seçilmektedir.

Karim ve Yamazaki(2001) köprüler için önerdikleri çalışmada hasar parametresi olarak Park-Ang Modelini (Park ve diğ., 1985) seçmiş ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada yer hareketi parametresi olarak

lognormal dağıldığı kabul edilen maksimum yer ivmesi (MYİ) ve maksimum yer hızı (MYH) kullanmışlardır.

Büyük bir bölümü deprem riski altında bulunan mevcut betonarme binalar için elde edilmiş hasar görebilirlik eğrileri literatürde mevcuttur. Kirçil ve Polat (2006) İstanbul'daki orta yükseklikteki binalar için hasar parametresi olarak görelî kat ötelenmesi oranını kullanmıştır. Çalışmada lognormal dağıldığı kabul edilen maksimum yer ivmesi, spektral ivme ve spektral yerdeğiştirme ( $S_a$ ,  $S_d$ ) parametrelerine bağılı olarak hasar görebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Kayhan ve Şenel (2010) Türkiye'deki tek katlı prefabrik yapıları temsil eden kuramsal modeller için hasar görebilirlik eğrileri elde etmiş ve söz konusu çalışmada deprem parametresi olarak lognormal dağıldığı kabul edilen MYH kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında ise gerçek prefabrik yapılara ait hasar görebilirlik eğrileri analitik yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Çift katlı binalara ait kapasite eğrileri ve hasar bölgeleri DBYBHY-2007'de önerilen elastik ötesi yöntem esas alınarak belirlenmiştir. Kapasite eğrilerinin ve hasar bölgelerinin belirlenmesinden sonra seçilen ivme kayıtları kullanılarak her prefabrik yapıya ait yerdeğiştirme talebi zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Hesaplanan yerdeğiştirme talebi, kapasite eğrisi üzerindeki hasar seviyeleri ile karşılaştırılmış ve ilgili hasar seviyelerini aşma olasılıkları elde edilmiştir. Daha sonra aşılma olasılıkları kullanılarak iki parametrelî lognormal dağılım kabûlü ile hasar görebilirlik eğrisi parametreleri olan ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) değerleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

İki parametrelî lognormal dağılım kabûlü için, belirli bir hasar seviyesine karşılık gelen birikimli aşılma olasılığı Denklem 6.2 kullanılarak belirlenmiştir. Denklemden yer alan  $\Phi$  standart normal birikimli dağılım fonksiyonunu, MYH ise lognormal dağıldığı kabul edilen yer hareketi parametresini göstermektedir.

$$Pr = \Phi \left[ \frac{\ln MYH - \mu}{\sigma} \right] \quad 6.2$$

Hasar görebilirlik eğrilerinin hesabı için gereken hasar sınırları ve bu sınırlar arasında kalan hasar bölgelerinin hesabı ile ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 4.1.3'de verilmiştir. Çok sayıda deprem kaydını kullanarak prefabrik binalarda yerdeğiştirme taleplerinin hesabına ilişkin takip edilen yöntem ise tez çalışmasında Bölüm 5'de yer

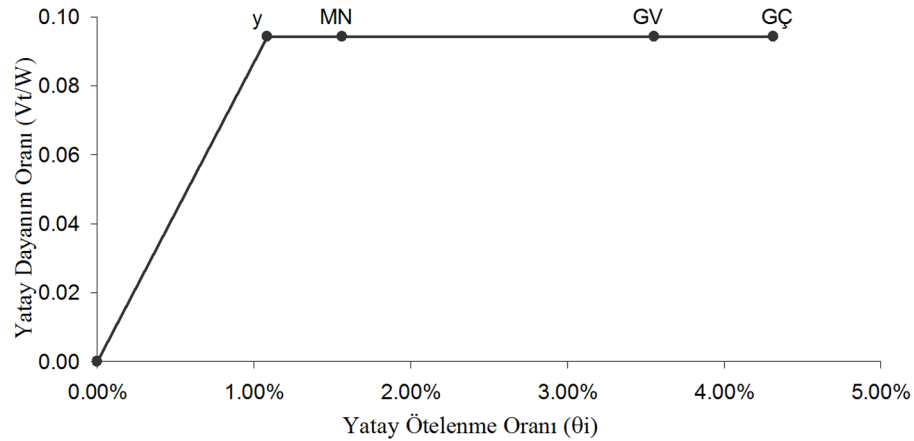
almaktadır. Sözü edilen bu bilgileri kullanarak hasar görebilirlik eğrilerinin nasıl hesaplandığını daha net bir biçimde tarif edebilmek amacıyla envantere bulunan çok katlı prefabrik binalardan örnek seçilmiştir. Takip edilen işlem adımlarının bu örnek bina üzerinde gösterilmesi ile uygulanan yöntem açıklanmıştır.

### 6.1 İki Katlı Bina ÇK7 için Hasar Görebilirlik Eğrisinin Hesabı

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan Bina ÇK7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları Şekil 6.1'de ve kapasite eğrisi ise Şekil 7.6'de verilmiştir. Binanın kapasite eğrisini tarif eden yapısal parametreler Tablo 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1: Bina ÇK7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları



Şekil 6.2: Bina ÇK7'ye ait kapasite eğrisi

Tablo 6.1: Bina ÇK7'ye ait kapasite parametre bilgileri

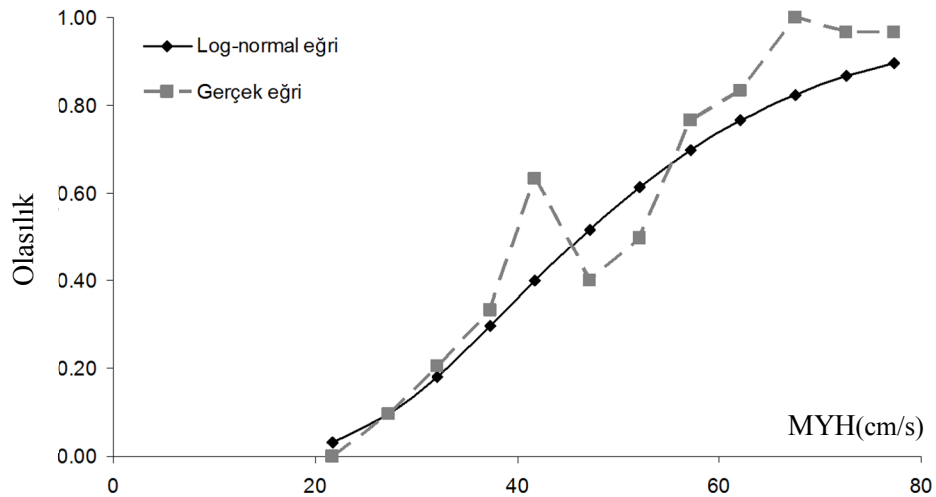
Model	$V_t/W$	$T_1$ (s)	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
Bina ÇK7	9.44%	1.78	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%

Talep ve kapasite değerleri kıyaslanarak K7 binası için için her hız grubunda oluşan aşılma sayıları elde edilmiştir. Bu sayıların ilgili hız grubundaki kayıt sayısına bölünmesi ile aşılma olasılıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.2’de gösterilmiştir.

Tablo 6.2: Bina K7 için aşılma sayıları ve oranları

MYH	Ortalama	Aşılma Sayıları				Aşılma Oranları				
		Grup No	MYH(cm/s)	Akma	MN	GV	GÇ	Akma	MN	GV
1	21.69	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	27.31	3	0	0	0	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000
3	32.05	7	2	0	0	0.206	0.059	0.000	0.000	0.000
4	37.35	10	5	0	0	0.333	0.167	0.000	0.000	0.000
5	41.77	19	11	0	0	0.633	0.367	0.000	0.000	0.000
6	47.15	12	6	0	0	0.400	0.200	0.000	0.000	0.000
7	52.16	15	7	0	0	0.500	0.233	0.000	0.000	0.000
8	57.18	23	14	0	0	0.767	0.467	0.000	0.000	0.000
9	62.07	25	20	2	0	0.833	0.667	0.067	0.000	0.000
10	67.52	30	27	4	1	1.000	0.900	0.133	0.033	0.033
11	72.55	29	27	5	2	0.967	0.900	0.167	0.067	0.067
12	77.31	29	27	8	5	0.967	0.900	0.267	0.167	0.167

Bina K7’nin hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığı için elde edilen aşılma oranları ile gerçek eğriye en yakın olduğu en küçük kareler yöntemiyle belirlenen lognormal eğrinin grafiği Şekil 6.3’de verilmiştir.

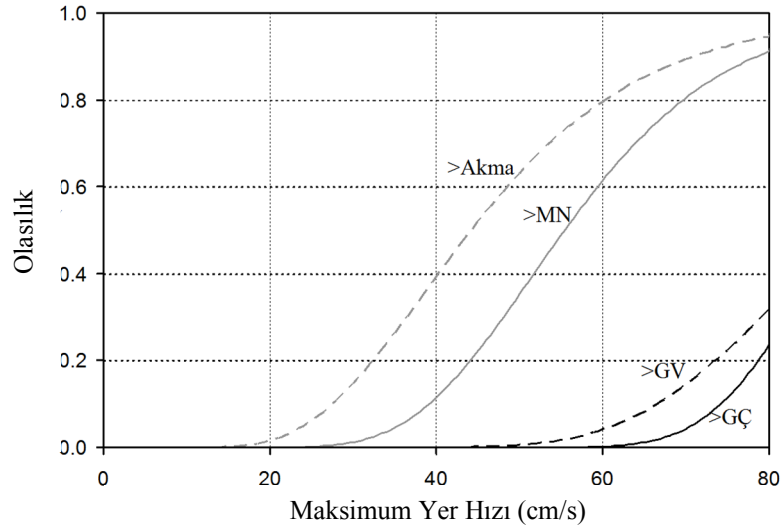


Şekil 6.3: Bina K7 akma seviyesini geçme olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri

Bina ÇK7'nin akma sınırını aşarak hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığı için elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla 3.790 ve 0.369 cm/s olarak bulunmuştur. Diğer hasar sınırları için hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6.3'de gösterilmiştir. Söz konusu eğriler ise Şekil 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.3: Bina ÇK7 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri

	Bina ÇK7	
	Ortalama	Std. Sapma
Akma	3.790	0.369
MN	4.015	0.272
GV	4.491	0.229
GÇ	4.478	0.134



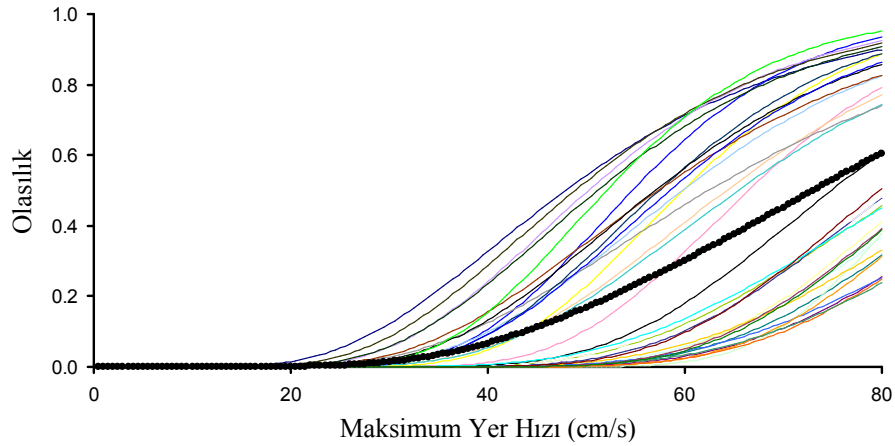
Şekil 6.4: Bina ÇK7'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri

## 6.2 Tüm Çok Katlı Prefabrik Binalar için Hasar Görebilirlik Eğrileri

Örnek olarak seçilen iki katlı Bina ÇK7 için yapılan bu işlemler envanterde bulunan çok katlı binaların tümü için tekrarlanmıştır. İncelenen bütün binalar için akma sınırını, MN, GV ve GÇ ile gösterilen hasar sınırlarını aşmanın birikimli olasılıklarını tarif eden ve lognormal dağılım kabulüne göre hesaplanan hasar görebilirlik eğrilerini temsil eden ortalama ve standart sapma değerleri tezin sonundaki Ek C.1'de verilmiştir.

Bilindiği gibi bu tez kapsamında 41 adet çok katlı prefabrik bina incelenmiştir. İncelenen binaların oldukça farklı dayanım, rijitlik ve süneklik kapasitelerine sahip

olmaları, bu binalarda benzer deprem talepleri (MYH) altında oldukça değişken hasar olasılıklarının oluşmasına sebep olmaktadır. Ortaya çıkan bu değişkenliğin ve saçılımın boyutlarını tarif edebilmek amacıyla çok katlı binaların tümü için benzer hasar sınırlarını aşma durumunda oluşan hasar görebilirlik eğrileri hesaplanmış ve toplu halde gösterilmiştir. 41 adet çok katlı prefabrik binada MN sınırının aşılması ile birlikte orta hasar ve üzerinde hasar görme riskini tarif eden eğriler Şekil 6.5'de gösterilmiştir.



Şekil 6.5: Çok katlı prefabrik binalarda minimum hasar sınırının (MN) aşılması olasılığını gösteren hasar görebilirlik eğrileri

Söz konusu şekillerde görülen bu büyük saçılım ve değişkenlik farklı binalarda benzer deprem talepleri altında oldukça değişken hasar olasılıklarının söz konusu olacağını göstermektedir. Dolayısı ile yapılması gereken işlem söz konusu değişkenliği en aza indirecek ve birbirine göreceli olarak yaklaşan eğrilere sahip bina gruplarını belirlemek olmalıdır. Eğer bu yapılabirirse söz konusu bina gruplarını birbirinden ayıran yapısal özelliklerin neler olduğu sorusu ortaya çıkacaktır. Bu soruya da cevap verilmesi durumunda benzer yapısal özelliklere sahip bina gruplarını temsil eden benzer hasar görebilirlik eğrilerinin ayıklanması mümkün olabilecektir. Bu ise yapısal özellikleri bilinen binalar veya bina grupları için farklı deprem talepleri altında oluşacak hasar olasılıklarının (başka bir ifade ile bina performansının) yeterli bir yaklaşıklıkla tahmin edilebilmesi anlamına gelmektedir.

## 7 ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ İLE YAPISAL PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI

Bu bölümde, çok katlı prefabrik sanayi yapılarında hasar görebilirlik eğrileri ile yapısal parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Söz konusu ilişkiler araştırılırken her hasar durumu (Hafif, Orta, Ağır ve Göçme) incelenmiştir.

Daha ileri aşamalara geçmeden önce yapısal parametreler ile neyin kastedildiğine açıklık getirmekte fayda vardır. Yapılan bu çalışmada binaların kapasite eğrilerini tarif eden yatay dayanım, rijitlik ve süneklik kapasiteleri binalara ait yapısal parametreler olarak ele alınmıştır. Söz konusu parametrelere ve bu parametrelerin incelenen binalarda nasıl temsil edileceğine karar verilirken uygulama kolaylığı ön planda değerlendirilmiştir.

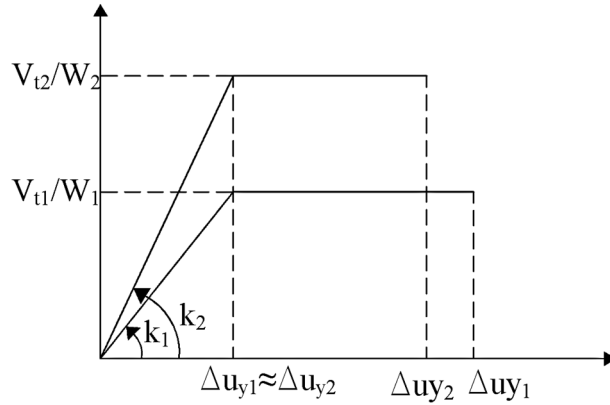
$V_t/W$  oranı binalarda yatay dayanım oranını temsil etmek için kullanılmıştır. Kolon kesitlerinin, boyuna donatı oranlarının, beton ve donatı sınıflarının ve bina ağırlıklarının sebep olduğu aksenal kuvvet oranlarının benzer oluşu ve bu bilgilerin inceleme çalışmaları sırasında kolayca tespit edilebilen parametreler oluşu yatay dayanım oranının yapısal parametre olarak ele alınmasının öncelikli sebebidir.

Bina rijitliği ile ilişkilendirilebilmesi ve deprem sebebiyle meydana gelen yerdeğiştirme talebi üzerinde doğrudan etkili olması sebebiyle göz önüne alınan bir diğer parametre ise bina periyodudur. Kolon akma deplasmanı üzerinde doğrudan etkili olan boyuna donatı sınıfı ve kesit yüksekliği parametreleri ile yatay dayanım oranının hesabında kullanılan parametrelere bağlı olarak tahmin edilebilecek olması, bina periyodunun da göreceli olarak kolay bir biçimde belirlenebileceğini göstermektedir.

Göz önüne alınan son yapısal parametre ise sünekliktir. Yapılan araştırmalar sünekliğin yapısal elemanlardaki etriye aralığı ile ilişkilendirilebileceğini göstermiştir. Kolon boyutlarının genellikle benzer oluşu ve kanca, çiroz donatılarının nadiren kullanılması mevcut prefabrik bina kolonlarında etriye aralığının sünekliği

tarif açısından yeterli bir parametre olmasına imkan vermektedir. Etriye sıklaştırması yapılan ve yapılmayan binaların sünek ve sünek olmayan binalar şeklinde kolayca birbirinden ayrılabilmesi, uygulama açısından da binaların sınıflandırılması konusunda rahatlık sağlamaktadır. Yapılan incelemeler, özellikle etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalarda görülen hasar seviyelerinin, sıklaştırma yapılan binalara göre (özellikle ağır hasar ve göçme durumları için) daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Yapılan analizler çok katlı prefabrik binalara ait akma deplasmanlarının birbirine oldukça yakın seyrettiğini göstermiştir. Akma deplasmanlarının birbirine yakın olması ise bina rijitliğini temsil etmek için bina periyodu yerine yatay dayanım oranının kullanılmasına olanak sağlamıştır (Şekil 7.1). Bu nedenle gruplandırma yaparken binaya ait yatay dayanım oranı kullanılmıştır.



Şekil 7.1: Çok katlı prefabrik binaya ait kapasite eğrisi

Çok katlı prefabrik binalara ait yatay dayanım oranları 2 alt dayanım grubuna ayrılmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan envanter çalışması sırasında incelenen 41 adet çok katlı prefabrik binada hesaplanan yatay dayanım oranlarına bakılmıştır. Envanter çalışması sırasında eski prefabrik binaların yatay dayanım oranlarının çoğunlukla %15 sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

$$\text{Düşük Yatay Dayanım} = V_t/W \leq 15\% \quad 7.1$$

$$\text{Orta ve Üzeri Yatay Dayanım} = V_t/W > 15\% \quad 7.2$$

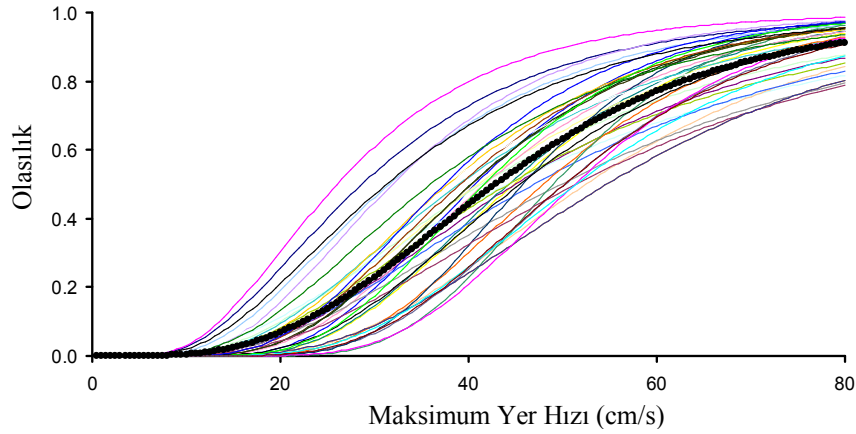
Çok katlı prefabrik binalarda sünekliğin bir göstergesi olan etriye sıklaştırmasının ( $S \leq 100$ ,  $S > 100$ ) yapılması ve yapılmaması durumlarının hasar görülebilirlik eğrileri üzerindeki etkileri de ayrıca incelenmiştir. Bu sınıflandırma yöntemi ile çok katlı



prefabrik yapılar 2 farklı yatay dayanım ve 2 farklı süneklik grubu olmak üzere toplam 4 ayrı sınıfa ayrılmıştır.

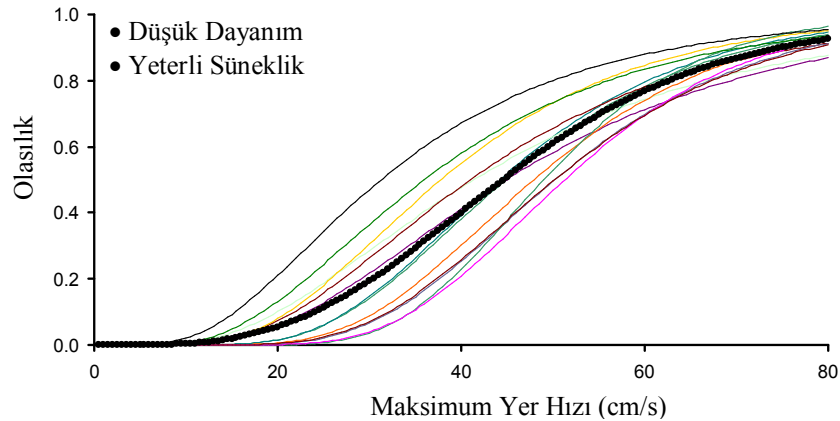
### 7.1 Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren 41 adet 2 katlı prefabrik yapının tamamında hafif hasar durumu için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.2'de verilmiştir. Şekilde yer alan koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalardaki hasar görebilirlik eğrilerinin ortalamasını temsil etmektedir.

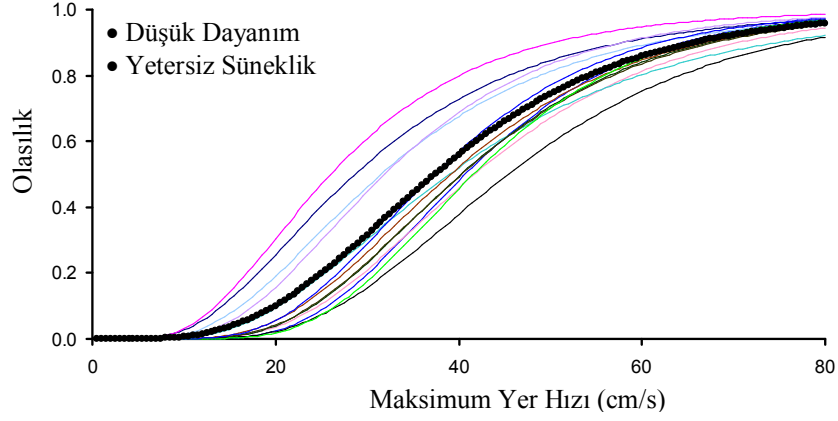


Şekil 7.2: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Yatay dayanım oranının 15%'den düşük ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen eğriler Şekil 7.3'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 7.4'de verilmiştir.

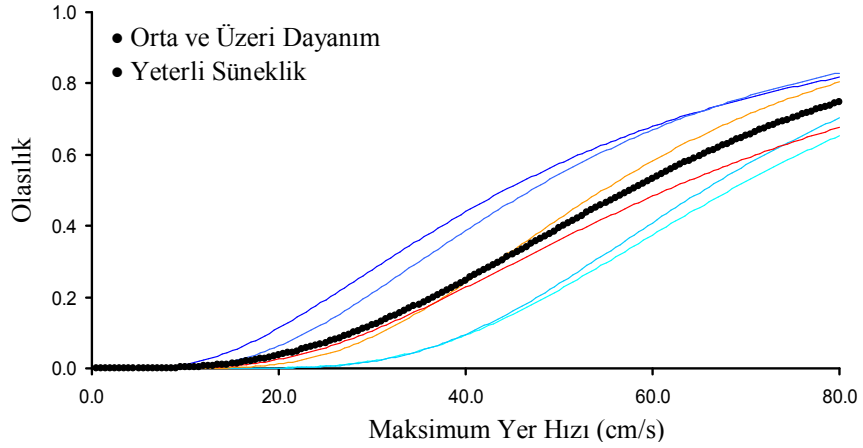


Şekil 7.3:  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

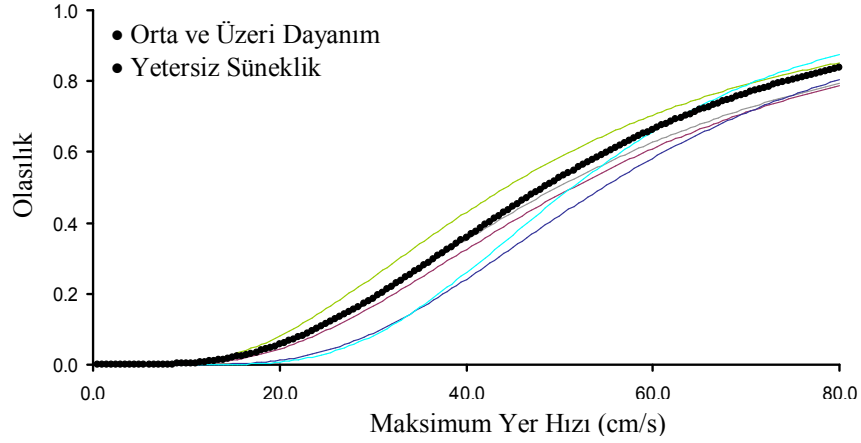


Şekil 7.4:  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Yatay dayanım oranının 15%'den büyük olduğu ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görme olasılığı eğrileri Şekil 7.5'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görme olasılığı eğrileri ise Şekil 7.6'de verilmiştir.

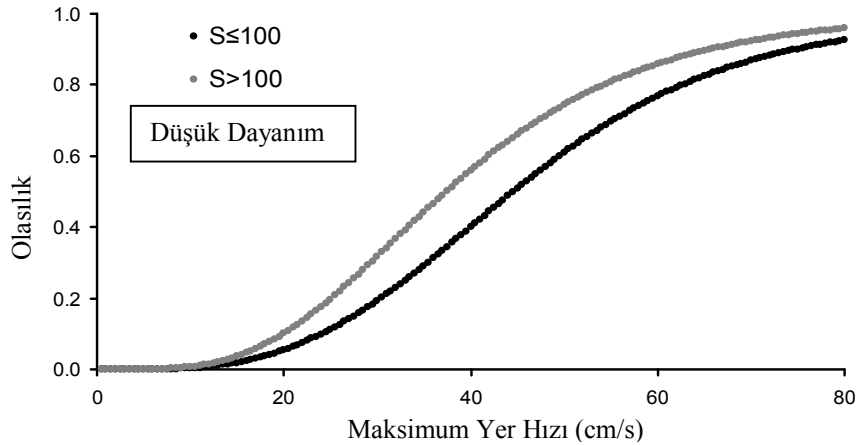


Şekil 7.5:  $V_t/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

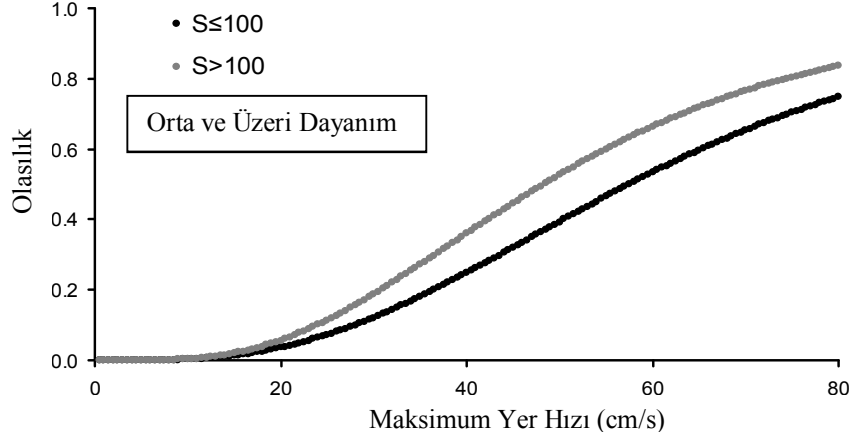


Şekil 7.6:  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Hafif hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her iki yatay dayanım oranı altında sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 7.7-Şekil 7.8). Bu şekillerden de görüldüğü gibi hafif hasar durumu için elde edilen ortalama eğrilerin birbirinden farklı olduğu ve etriye sıklaştırmasının uygulandığı binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar oluşma olasılığının azaldığı görülmektedir.

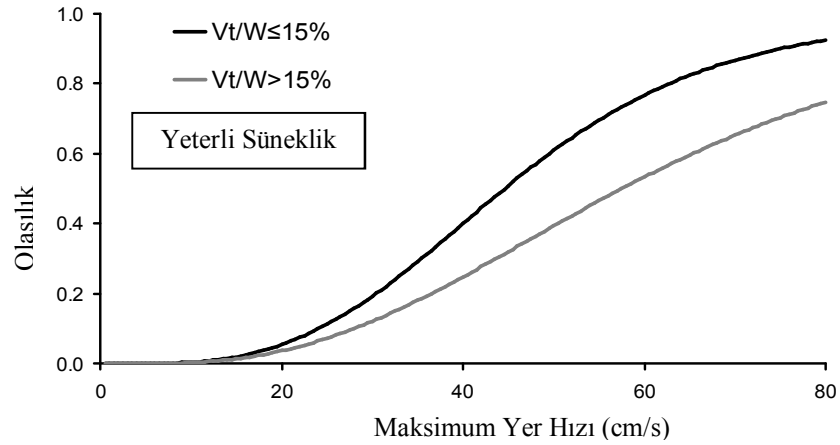


Şekil 7.7:  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması

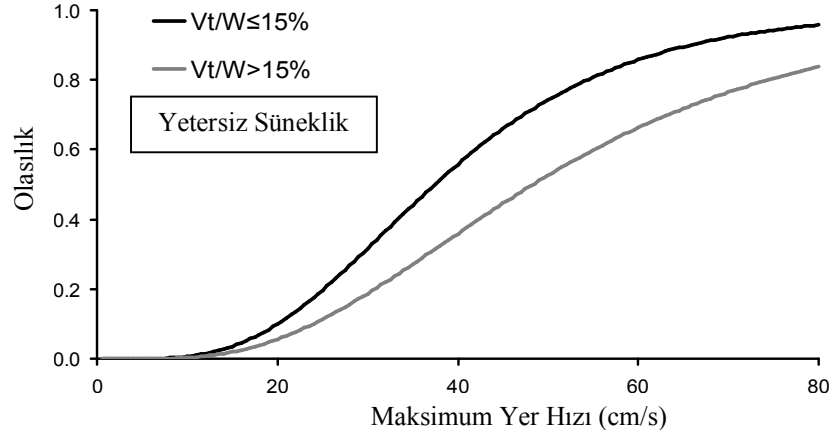


Şekil 7.8:  $V_t/W > 15\%$  binalarda hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması

Süneklik ile ilgili yapılan bu değerlendirmenin ardından yatay dayanımın hasar görebilirlik eğrileri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Şekil 7.9 ve Şekil 7.10'da verilen grafikler yatay dayanım oranının hasar görebilirlik eğrileri üzerinde oldukça etkili bir parametre olduğunu, söz konusu bu durumun bütün süneklik sınıfları için geçerli olduğunu göstermektedir. Yatay dayanım oranının yükselmesi binaların hafif hasar ve üzerinde hasar görme riskini düşürmektedir.



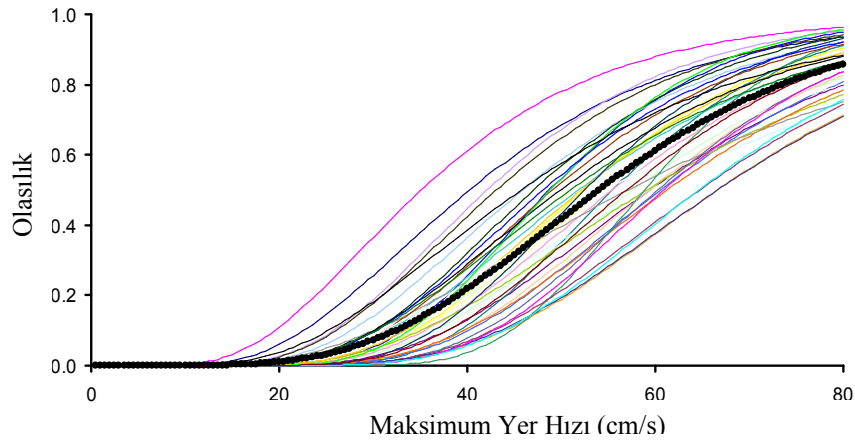
Şekil 7.9: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 7.10: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S>100$  için ortalama hafif hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması

## 7.2 Orta Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

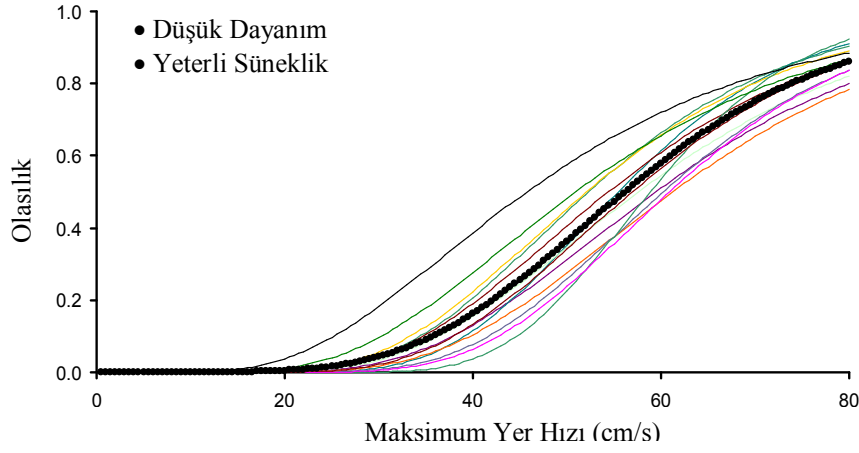
41 adet 2 katlı prefabrik binanın MN sınırını aşarak orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarını gösteren hasar görebilirlik eğrilerinin tamamı Şekil 7.11'da verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.



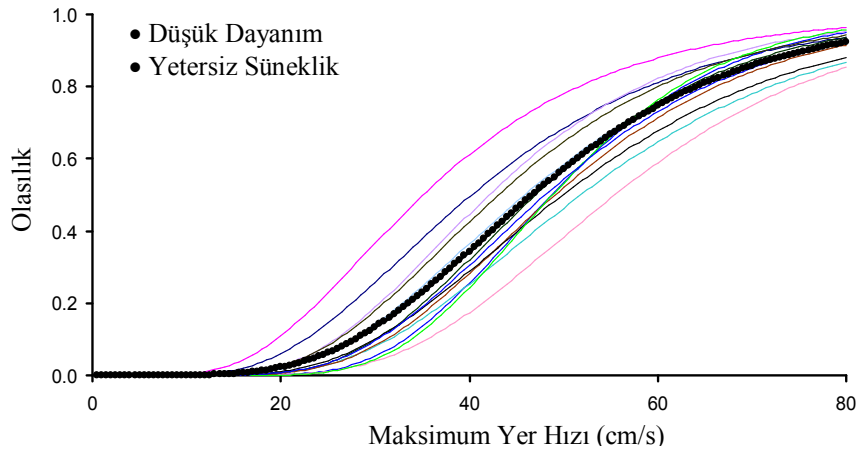
Şekil 7.11: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Bu hasar durumunda etriye sıklaştırmasının yapıldığı ve yatay dayanım oranının 15% den az olduğu binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.12'de, etriye

sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 7.13’de verilmiştir.



Şekil 7.12:  $V_i/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

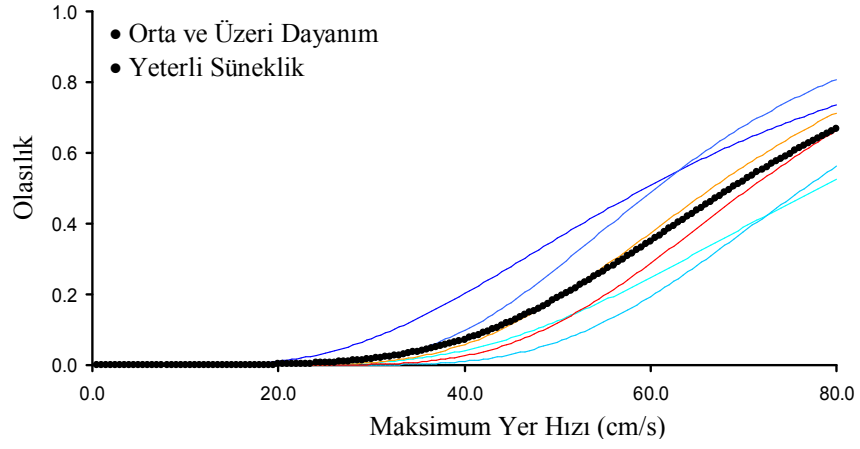


Şekil 7.13:  $V_i/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

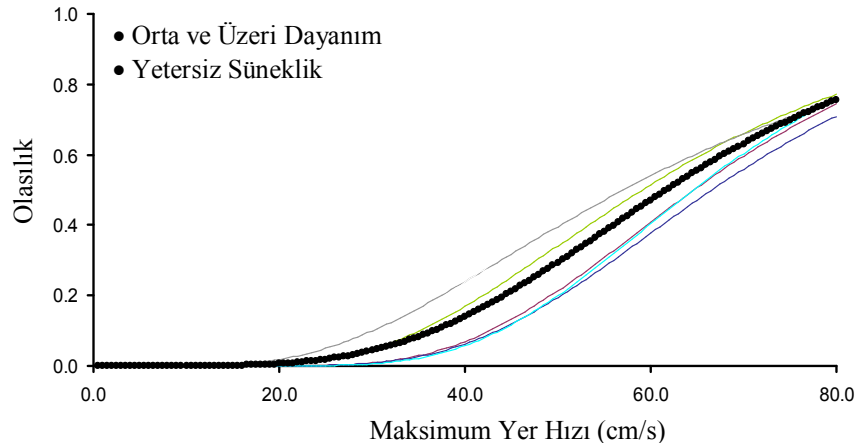
Yatay dayanım oranının 15%'den yüksek ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 7.14’de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 7.15’de verilmiştir.

Orta hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım ve süneklik grupları için elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 7.16-Şekil 7.17). Elde edilen eğrilerden de görüldüğü gibi farklı yatay dayanım ve süneklik kapasitelerine sahip binalarda orta hasar durumu için elde edilen ortalama hasar eğrileri birbirinden farklıdır. Yüksek yatay dayanım oranına ve etriye sıklaştırmaya sahip binaların orta hasar görme olasılıkları azalırken, düşük

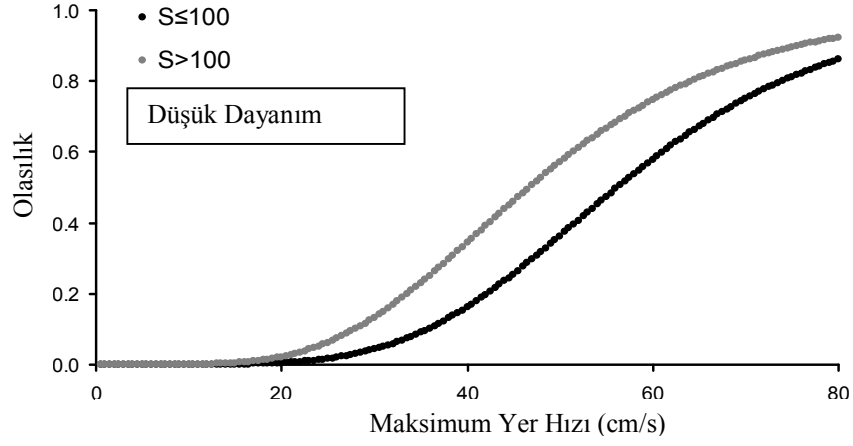
yatay dayanıma ve yetersiz enine donatıya sahip olan binalarda bu olasılık artmaktadır.



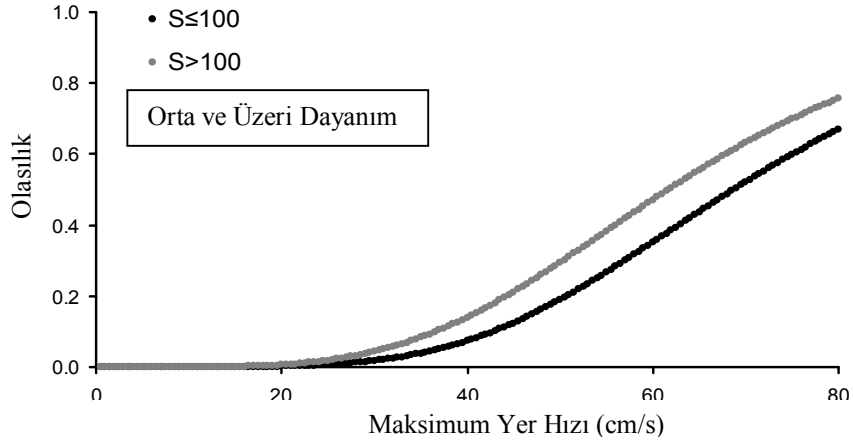
Şekil 7.14:  $V_t/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları



Şekil 7.15:  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları



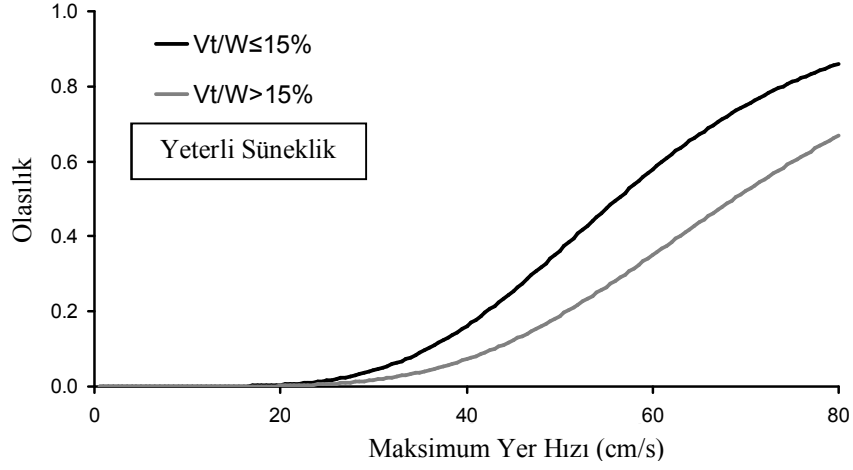
Şekil 7.16:  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması



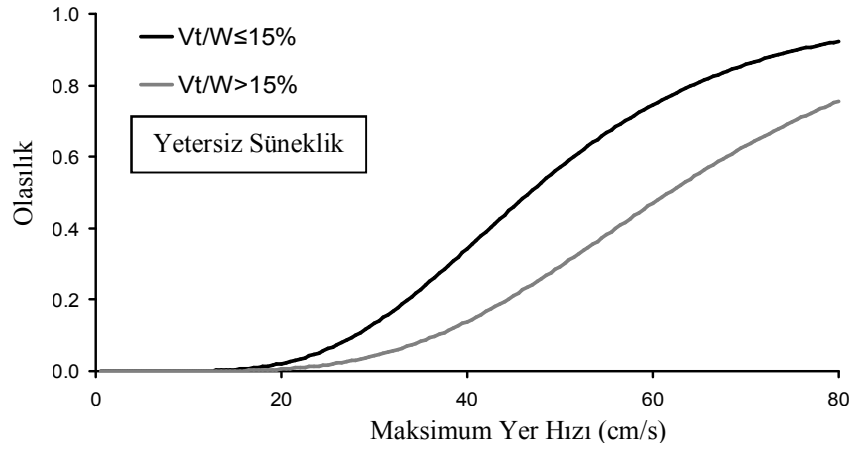
Şekil 7.17:  $V_t/W > 15\%$  binalarda orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması

Şekil 7.18 ve Şekil 7.19'de farklı yatay dayanım ve süneklik gruplarına ait binalar için hesaplanan hasar görülebilirlik eğrileri gösterilmektedir. Söz konusu şekillerden de görüleceği gibi yatay dayanım oranı orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılığı üzerinde oldukça etkili bir parametredir.





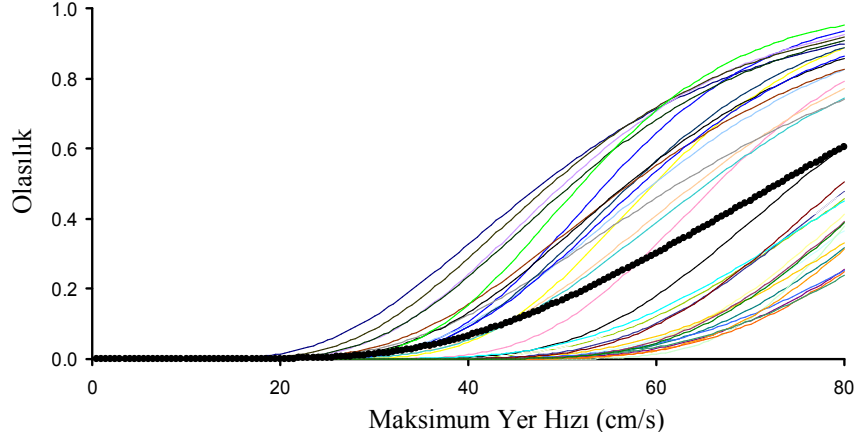
Şekil 7.18: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 7.19: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması

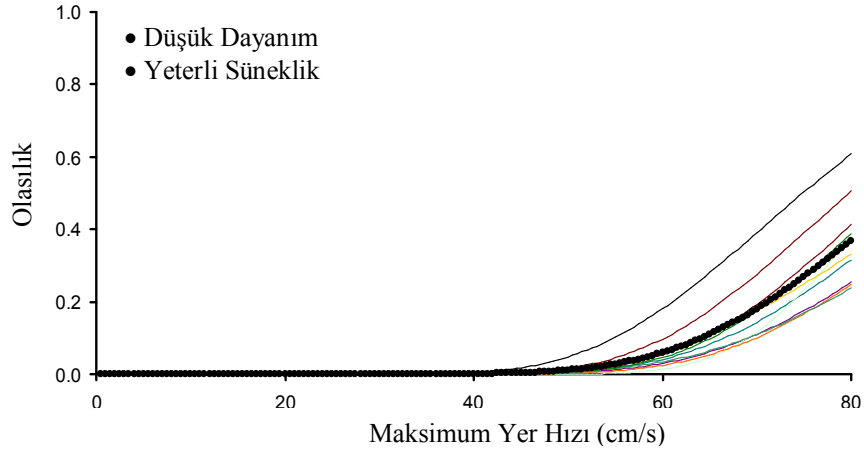
### 7.3 Ağır Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Çok katlı binaların GV sınırını aşarak ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarını tarif eden hasar görebilirlik eğrilerinin tümü Şekil 7.20'da verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.

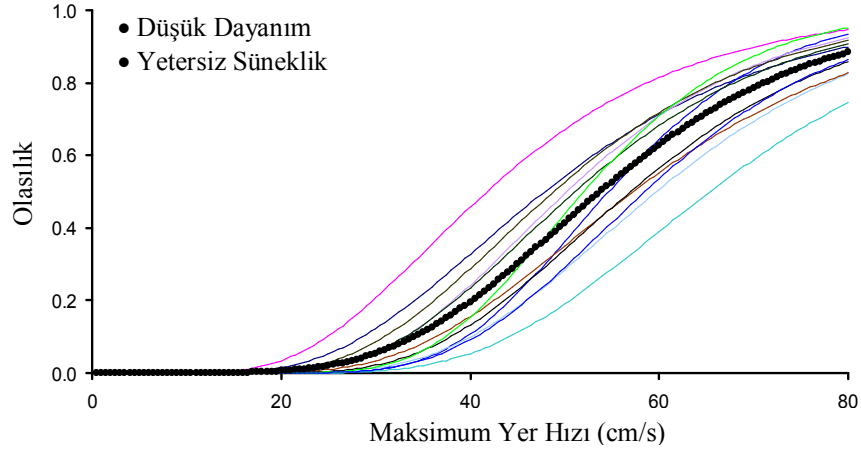


Şekil 7.20: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Ağır hasar durumunda yatay dayanım oranının düşük olduğu ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı ( $S \leq 100$ ) binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 7.21'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 7.22'de verilmiştir.



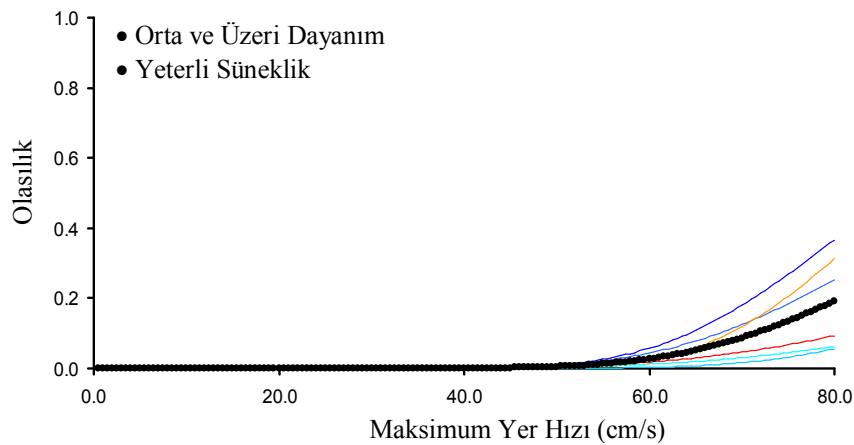
Şekil 7.21:  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları



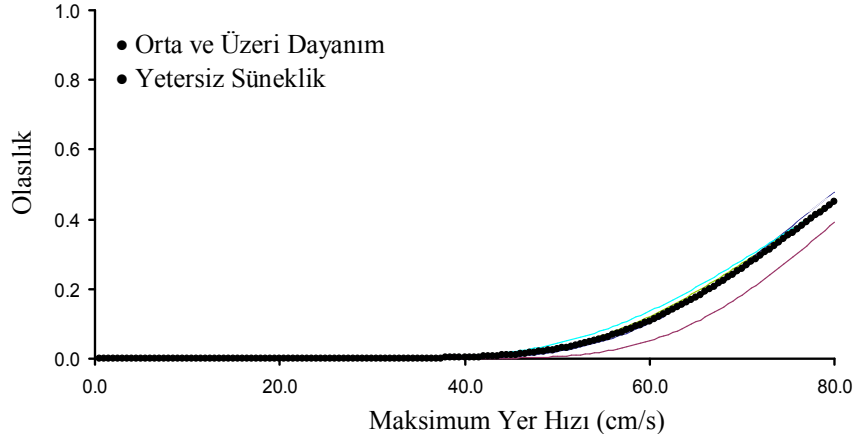
Şekil 7.22:  $V_i/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları

Yatay dayanım oranı 15%'den yüksek olan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 7.23'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 7.24'de verilmiştir.

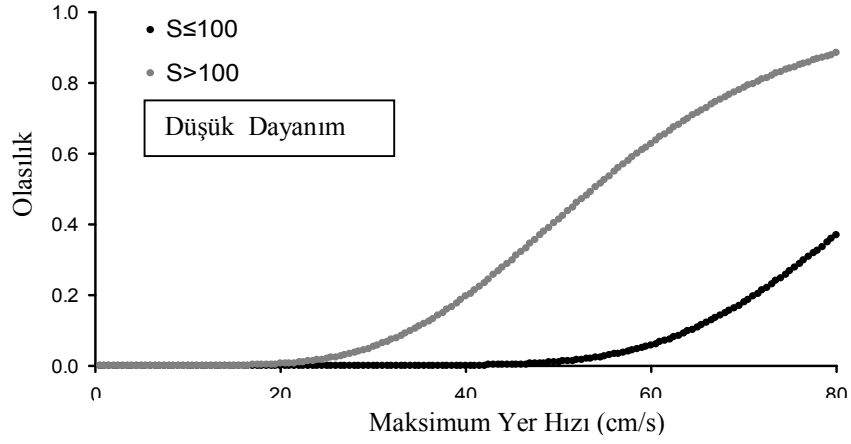
Ağır hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubunda sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 7.25-Şekil 7.26). Şekiller incelendiğinde ağır hasar durumunda sünekliğin etkili bir parametre olduğu görülmektedir. Özellikle yatay dayanım oranının %15 den küçük olduğu binalarda sünekliğin etkisi daha belirgin bir şekilde görülmektedir.



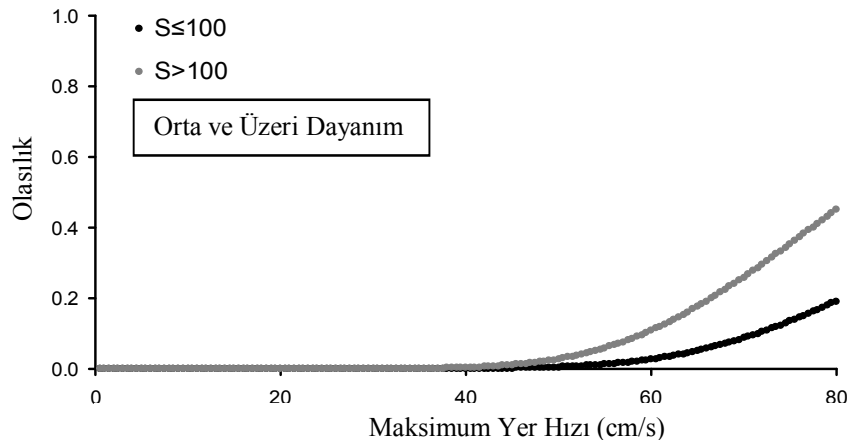
Şekil 7.23:  $V_i/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları



Şekil 7.24:  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıkları



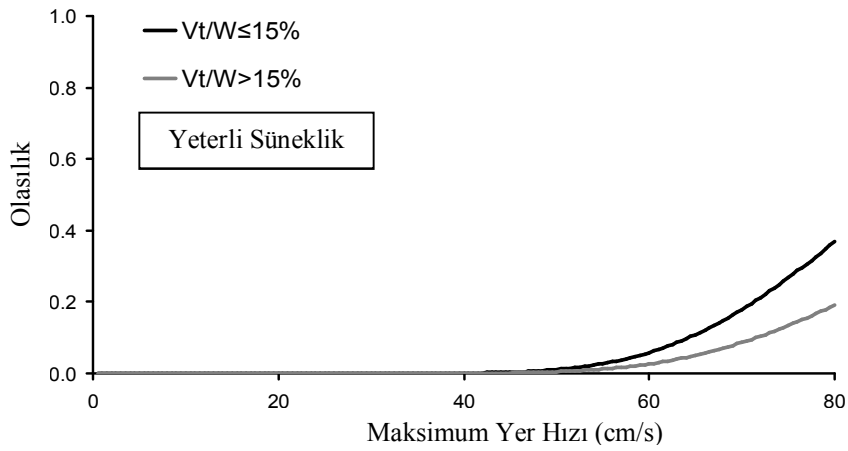
Şekil 7.25:  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması



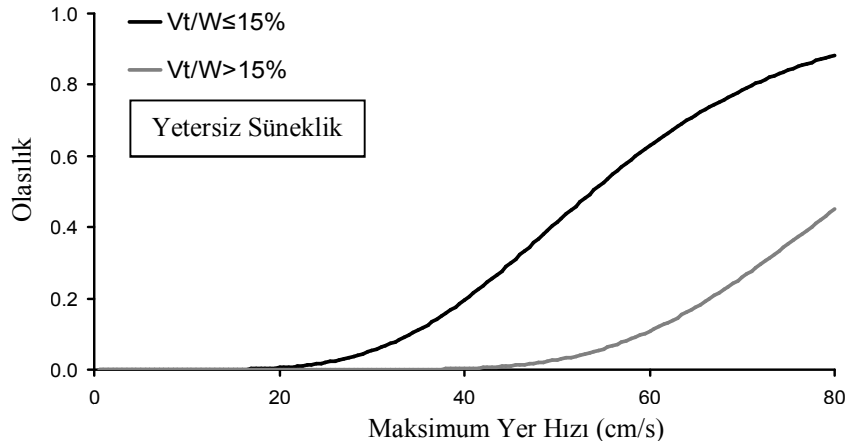
Şekil 7.26:  $V_t/W > 15\%$  binalarda ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılığını temsil eden ortalama eğrilerin karşılaştırılması

Benzer süneklik seviyelerine fakat farklı dayanım kapasitelerine sahip bina grupları için hesaplanan ortalama hasar görülebilirlik eğrilerinin görünüşü ise Şekil 7.27- Şekil

7.28’de verilmiştir. Şekil 7.27’de verilen eğriler farklı yatay dayanım oranlarına sahip olan ve iyi sargılanmış binalar için hesaplanan hasar olasılıklarının oldukça düşük olduğunu ve birbirine yakın hasar olasılıklarına işaret ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte Şekil 7.28’de verilen eğriler, etriye sıklaştırması yapılmayan binalarda yatay dayanım oranının çok daha etkili olmaya başladığını, yetersiz enine donatıya ve dayanıma sahip olan binaların ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının ciddi bir biçimde arttığını göstermektedir. Her iki grafikten de anlaşılacağı gibi binanın yatay dayanım oranının yüksek olması o binanın ağır hasar alma olasılığını azaltmaktadır.



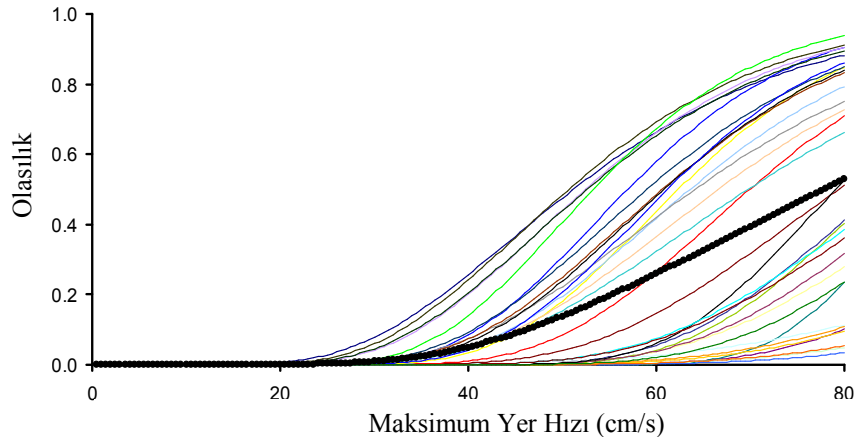
Şekil 7.27: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarının karşılaştırılması



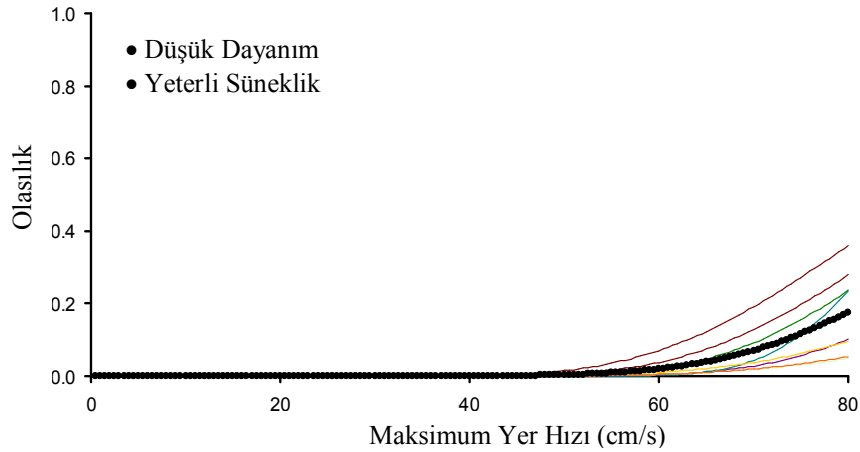
Şekil 7.28: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

#### 7.4 Göçme Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

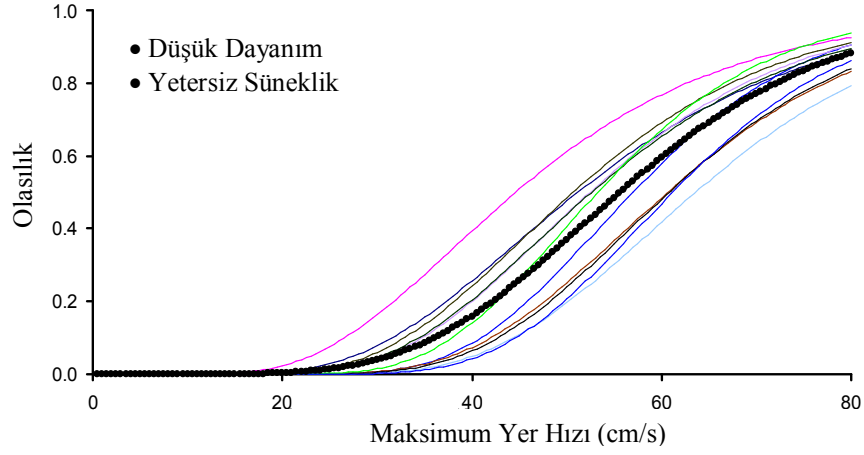
Çok katlı binaların tümünün GÇ sınırını aşarak göçme durumuna ulaşması durumunu temsil eden hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.29'de verilmiştir. Yatay dayanım oranının düşük ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.30'da, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 7.31'de verilmiştir.



Şekil 7.29: 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların göçme olasılıkları



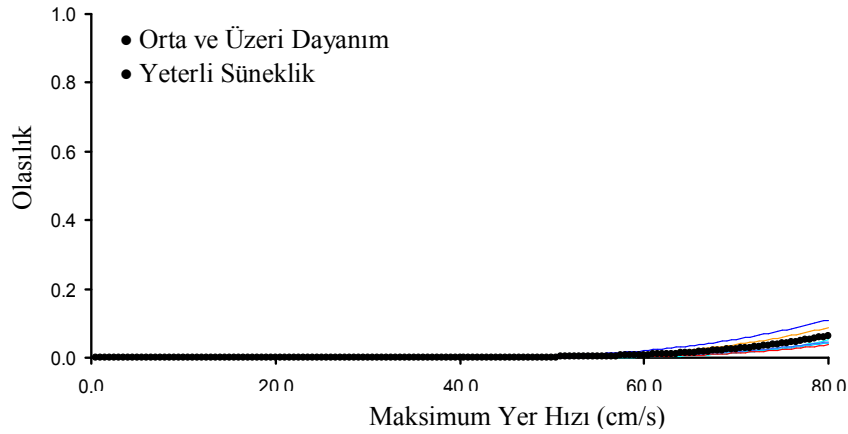
Şekil 7.30:  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme olasılıkları



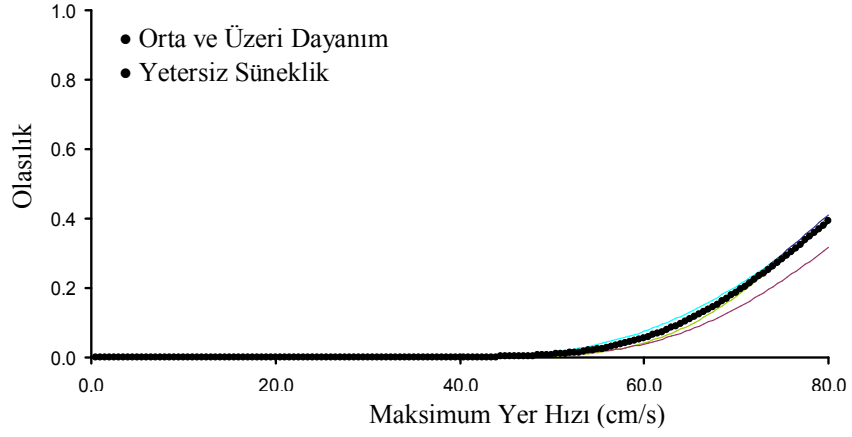
Şekil 7.31:  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme olasılıkları

Yatay dayanım oranı 15%'den yüksek olan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.32'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 7.33'de verilmiştir.

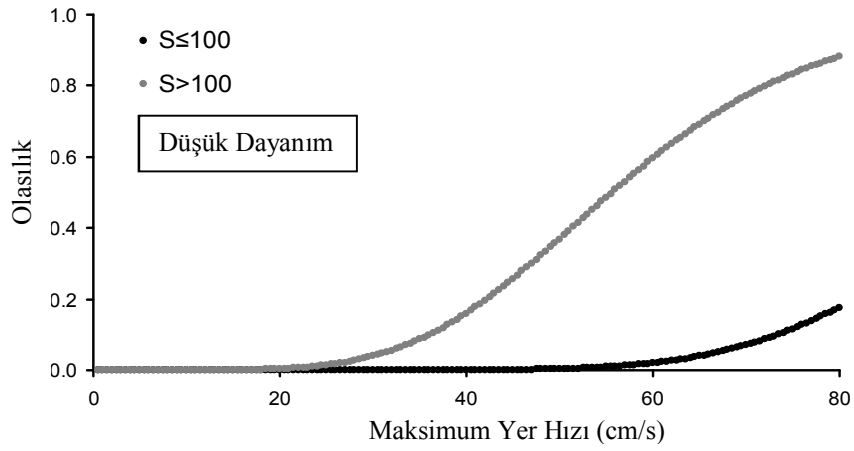
Göçme durumu için sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubunda sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 7.34-Şekil 7.35). Söz konusu şekillere bakarak göçme durumunda sünekliğin etkili bir parametre olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle yatay dayanım oranının %15'den küçük olduğu binalarda sünekliğin etkisi daha belirgin bir şekilde görülebilmektedir.



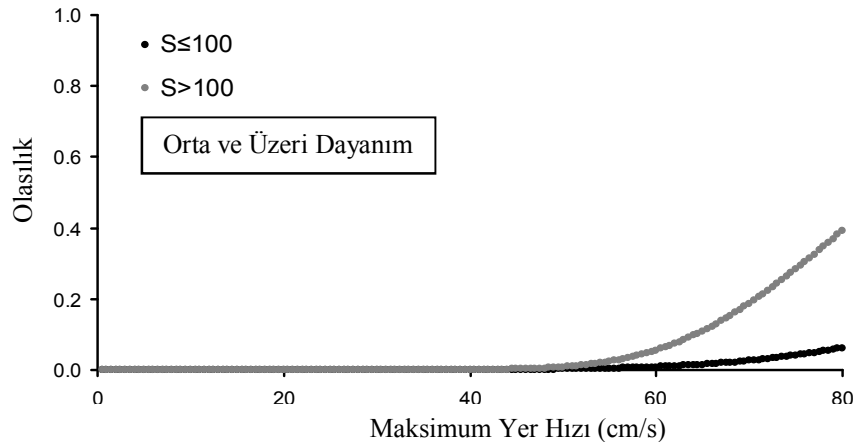
Şekil 7.32:  $V_t/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme olasılıkları



Şekil 7.33:  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme olasılıkları



Şekil 7.34:  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda göçme olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

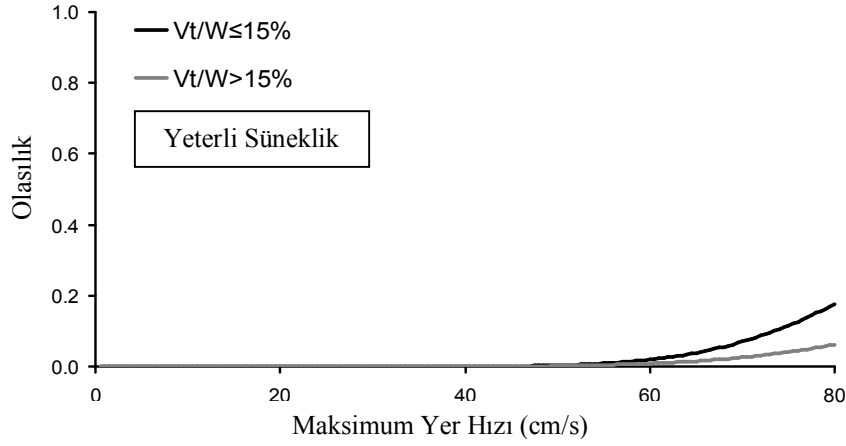


Şekil 7.35:  $V_t/W > 15\%$  binalarda göçme olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

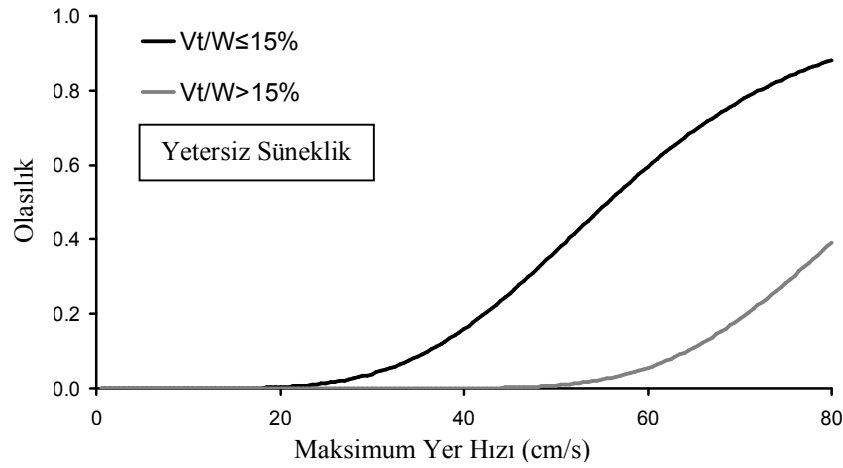
Süneklik ile ilgili incelemenin ardından her yatay dayanım grubu kendi içerisinde ayrıca incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 7.36 ve Şekil 7.37'de verilen eğriler, etriye sıklaştırması yapılmayan binalarda yatay dayanım oranının oldukça etkili olmaya başladığını, yetersiz enine donatıya ve dayanıma sahip olan binaların göçme



olasılıklarının ciddi bir biçimde arttığını göstermektedir. Göçme durumu için yapılan bu tespitlerin ağır hasar durumu için yapılan tespitler ile büyük benzerlikler içerdiği görülmektedir.

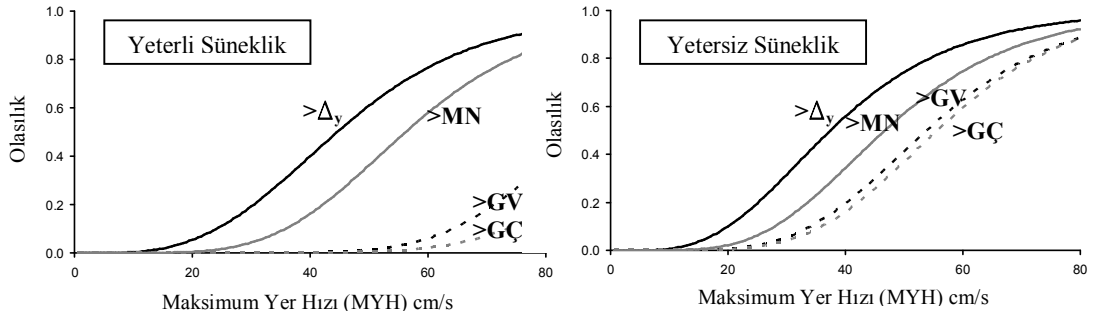


Şekil 7.36: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama göçme olasılıklarının karşılaştırılması

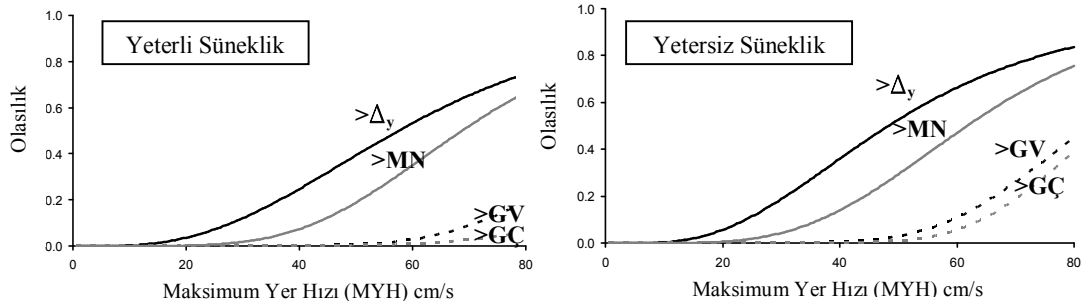


Şekil 7.37: Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama göçme olasılıklarının karşılaştırılması

Farklı hasar bölgeleri için iki farklı dayanım ve iki farklı süneklik gruplarını temsil eden (toplam 4 alt grup) binalara ait ortalama hasar görebilirlik eğrileri Şekil 7.38-Şekil 7.39'de verilmiştir. Elde edilen eğriler yatay dayanım oranının tek katlı prefabrik yapılarda olduğu gibi 2 katlı prefabrik yapıların sınıflandırılmasında da oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Yapılan hesaplamalar özellikle ileri hasar seviyeleri için sünekliğin de hesaba katılması gerektiğini göstermektedir. Yatay dayanım oranının düşük ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı ( $S > 100$  mm) binalar için hesaplanan çok daha büyük hasar oranları bu durumun ispatıdır.



Şekil 7.38:  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ortalama hasar görülebilirlik eğrileri



Şekil 7.39:  $V_t/W > 15\%$  binalarda ortalama hasar görülebilirlik eğrileri

## 8 SONUÇLAR

Mevcut çok katlı ve mafsallı prefabrik binaların yapısal özelliklerinin ve deprem performanslarının belirlenmesi için yapılan bu tez çalışması kapsamında pek çok konuya değinilmiştir. Tez çalışmasından elde edilen sonuçlara değinilirken bu durum göz önüne alınmış ve değinilen konu başlıkları altında ulaşılan sonuçlara ve uygulama açısından getirilen önerilere yer verilmiştir.

### *Prefabrik binaların dayanım ve yerdeğiştirme kapasiteleri;*

Envanterde bulunan çok katlı prefabrik binaların yatay dayanım ve yerdeğiştirme kapasiteleri, doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. İncelenen binaların elastik ötesi yerdeğiştirme kapasiteleri hesaplanmış, ayrıntıları 2007 tarihli Türk Deprem Yönetmeliğinde açıklanan yöntem kullanılarak hasar sınırları ve hasar bölgeleri belirlenmiştir. Kapasite eğrilerini tarif eden bu bilgilerin elde edilmesi sayesinde binalara ait yatay dayanım oranlarının ( $V_t/W$ ), birinci doğal titreşim periyodlarının ( $T_1$ ) ve süneklik kapasitelerinin ( $\mu_{\Delta}$ ) dağılımları çok katlı prefabrik yapılar için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çatlamış kesit rijitlikleri göz önüne alınarak hesaplanan titreşim periyodlarının oldukça yüksek oluşu ( $T_1 > 1$  s.), geçmiş depremlerden sonra özellikle vurgulanan yetersiz yanal rijitlik probleminin incelenen binalar açısından da geçerli olduğunun işaretidir. Yapılan hesaplamalar düşük aksenal kuvvet seviyelerine rağmen binaların yerdeğiştirme sünekliği kapasitelerinin ( $\mu_{\Delta} \cong 1.5 \sim 3.5$ ) yeterli olmadığını göstermiştir. Akma anına karşılık gelen ötelenme seviyelerinin oldukça yüksek oluşunun süneklik katsayılarını düşüren önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Genellikle %10 ile %25 arasında değişen yatay dayanım oranları ( $V_t/W$ ) prefabrik binalarda dayanım kapasitelerinin çok düşük seviyelerde olmadığını göstermektedir.

Yapılan hesaplamalar sayesinde mevcut çok katlı prefabrik yapı stoğumuzu oluşturan binaların dayanım, rijitlik ve süneklik kapasitelerine ait alt ve üst sınırları belirlenmiştir. Elde edilen bu bilgilerin uygulamaya katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Mevcut çok katlı prefabrik binaların doğrusal olmayan davranışlarını

temsil etmeyi gerektiren çalışmalarda bu bilgilerin kullanılması zaman ve emek açısından kolaylık sağlayacaktır.

*Binaların deprem performanslarının olasılıksal yöntemler ile değerlendirilmesi;*

Prefabrik binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi konusunda sağlam veya çürük gibi iki somut sonuca götüren deterministik yöntemler yerine, çok sayıda deprem kaydının ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarının kullanıldığı olasılıksal yöntemin kullanılması tercih edilmiştir. Çok katlı prefabrik binalarda deprem sebebiyle meydana gelen yerdeğiştirme talebinin belirlenebilmesi için irili ufaklı depremlerden alınan 364 adet ivme kaydı kullanılmıştır.

Prefabrik binalara ait hasar sınırları ve bu sınırlar arasında kalan hasar bölgelerinin hesabı yapılırken ayrıntıları 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen hesap yönteminden faydalanılmıştır. Binalar için hesaplanan yerdeğiştirme kapasiteleri ile seçilen depremler kullanılarak hesaplanan yerdeğiştirme taleplerinin karşılaştırılması ile seçilen hasar sınırlarını aşma olasılıkları belirlenmiş ve binalara ait hasar görülebilirlik eğrileri elde edilmiştir.

Çok katlı prefabrik binalar için ayrı ayrı elde edilen bu eğriler maksimum yer hızları ile tarif edilen yerdeğiştirme talepleri altında çok değişken hasar tahminlerinin oluşabildiğini göstermiştir. Ortaya çıkan bu değişkenliği en aza indirebilmek amacıyla birbirine yakın seyreden eğrilerin durumu ve hangi yapısal parametrelerin söz konusu değişkenliği azaltmak için kullanılabileceği konuları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar hesaplanan hasar görülebilirlik eğrilerini sınıflandırabilmek için kullanılabilecek en etkin yapısal parametrelerin süneklik ve yatay dayanım oranı olduğunu göstermiştir.

Bununla birlikte elde edilen sonuçlar yatay dayanım ve süneklik parametrelerinin her hasar durumu açısından aynı derecede etkin olmadığını göstermiştir. Süneklik parametresinin etkinliği özellikle ileri hasar seviyelerinde (ileri hasar ve göçme) daha yoğun bir biçimde ortaya çıkarken, yatay dayanım kapasitesinin etkinliği bütün hasar durumlarında kendini hissettirmektedir.

Yapılan tez çalışmasında takip edilen yöntemin ve elde edilen sonuçların bu alanadaki çalışmalara katkı sağlayacağına ve yeni bakış açılarının geliştirilmesine imkan vereceğine inanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1.PACIFIC EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH (PEER)**, Strong Ground Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>.
- 1.TÜRKİYE ULUSAL DEPREM ARAŞTIRMALARI PROGRAMI (TÜDAP)**, TUBİTAK,([http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/ARDEB/kamag/Turkiye\\_Ulusal\\_Deprem\\_Arastirmalari\\_Programi.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/kamag/Turkiye_Ulusal_Deprem_Arastirmalari_Programi.pdf)), Eylül, 2005,
- ABYYHY-1975**, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY-1998**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Adalier K, Aydıngun, O.**, 2001. Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana–Ceyhan (Turkey) earthquake, Engineering Structures, 23(4),343-355.
- Akkar, S., Küçükdoğan, B.**, 2008. Direct use of PGV for estimating peak nonlinear oscillator displacements, Earthquake Eng. Struct. Dyn., 37, 1411–1433.
- Akkar, S., Özen, Ö.** 2005. Effect of Peak Ground Velocity on Deformation Demands for SDOF Systems, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 34:1551-1571.
- Akkar, S., Sucuoğlu, H., Yakut, A.** 2005. Displacement-Based Fragility Functions for Low and Mid-Rise Ordinary Concrete Buildings, Earthquake Spectra, 21(4):901-27.
- Ataköy, H.**, (1999). 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi ve Türkiye Prefabrik Birliği Üyelerince Yapılan Prefabrike Yapılar, Beton Prefabrikasyon Dergisi, 52: 5-14.
- ATC-40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Ay, B.Ö., Erberik, M. A., Akkar, S.**, 2006. Fragility Based Assessment of The Structural Deficiencies in Turkish RC Frames Structures, First

European Conference on Earthquake Engineering and Seismology,  
Geneva, Switzerland, CD-ROM, No:593

- Bayülke, N.**, 1998. Adana Ceyhan Depreminde Prefabrike Yapı Hasarı ve Değerlendirmeler,Çözümler,Öneriler,<http://angora.deprem.gov.tr/AdanaPref.html>, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.
- BISPEC**, 1999-2000. Bispec Professional 2.03, Elastic Solutions, <http://www.eqsols.com>,
- BİKAP**, 2009. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kamu Araştırma Programı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Çetinkaya, N.**, 2007. Prefabrik Betonarme Sanayi Yapılarının Deprem Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 136s.
- DBYBHY-2007**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- DOSB**, Denizli Organize Sanayi Bölgesi, <http://www.dosb.org.tr>, 25.06.2008.
- Dutta, A. Mander, J.B.**, 1999. Seismic Fragility Analysis of Highway Bridges, Proceedings of The Center –to-Center project Workshop on Earthquake Engineering in Transportation Systems, Tokyo.
- Erberik, M. A.**, 2007. Fragility-Based Assessment Of Typical Mid-Rise RC Buildings in Turkey, Engineering Structures, 30:1360-1374.
- Erberik, M. A., Elnashai, A. S.**, 2004. Fragility Analysis of Flat-Slab Structures, Engineering Structures, 26:937-948
- Ersoy, U.**, (1997). Prefabrik Yapıların Deprem Etkileri Altında Davranışı, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/KT 97-002, İstanbul.
- Ersoy, U., Özcebe, G., Tankut, T.**, 2000. 1999 Marmara ve Düzce Depremlerinde Gözlenen Önüretimli Yapı Hasarları, 10. Prefabrikasyon Sempozyumu, İstanbul, Bildiri No:1, 1-10.
- Ersoy, U., Tankut, T., Özcebe, G.**, 1995. Prefabrike Betonarme Yapı Birleşimlerinin Deprem Davranışı, (Proje No: INTAG-504). TUBİTAK.
- Hwang, H., Huo, J. R.**, 1997. Development of Fragility Curves for Concrete Frame and Shear Wall Buildings, Loss Assesment of Memphis Buildings, Technical Report NCEER 97-0018.

- Johnson, G. H., Aschheim, M., And Sezen, H.,** 2000. Industrial facilities, Earthquake Spectra, 16 Suppl. A, 311–350.
- Karaesmen, E.,** 2001. Prefabrication in Turkey: Facts and Figures, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara.
- Karim, K. R., Yamazaki, F.,** 2001. Effect of Earthquake Ground Motions on Fragility Curves of Highway Bridge Piers Based on Numerical Simulation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30:1839-1856.
- Karim, K. R., Yamazaki, F.,** 2003. A Simplified Method of Constructing Fragility Curves for Highway Bridges, Engineering and Structural Dynamics, 32:1603-1626.
- Karimi, K. And Bakhshi, A.** 2006. Development of Fragility Curves for Unreinforced Masonry Buildings Before and After Upgrading Using Analytical Method, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, No:107, Geneva, Switzerland.
- Kayhan, A.H.** 2004. Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Hızlı Değerlendirme Yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 114s.
- Kim, S.H. And Shinozuka, M.** 2004. Development of Fragility Curves of Bridges Retrofitted by Column Jacketing, Probabilistic Engineering Mechanics, 19: 105.
- Kirçil, M.S. And Polat, Z.,** Fragility Analysis of Mid-Rise RC Frame Buildings, Engineering Structures, 28(9), 1335-1345, (2006).
- McKay, M.D.; Beckman, R.J.; Conover, W.J.** 1979. A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code. Technometrics, American Statistical Association, 239–245.
- Özden, K.,** 1997. “Prefabrike İnşaat Şartname Hükümleri ve Hesap Esasları”, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/KT 97-002, İstanbul.
- Özmen, G. Ve Zorbozan M.** 1998. Prefabrike Yapı Tasarımı Örnekleri, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/KT 007-29, İstanbul.
- Özmen, G., Yüzügüllü, O, Ve Zorbozan, M.,** 1997. Yeni Deprem Yönetmeliğinin Prefabrike Yapılar Bakımından İrdelenmesi, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/TR 97-006, İstanbul.

- Palanci, M.,** 2010. Mevcut Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Bina Envanterlerine Dayalı Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Park, R., Priestley, M.J.N., Gill, W.D.,** 1982. Ductility of square-confined concrete columns, *Journal of Structural Divisin-ASCE*, 108: (ST4), 929–950.
- Park, Y.J. And Ang, A., Wen, Y.,** 1985. Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings, *Journal of Structural Engineering*, 111(4), 740-757.
- Posada, M. And Wood, S., L.,** 2002. Seismic Performance of Precast Industrial Buildings in Turkey, 7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Boston.
- Priestley, M.J.N, Seible, F., Calvi, G.M.S.,** 1996. Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley & Sons, Canada, Pp: 667.
- Saatçioğlu, M., et al.,** 1999. Kocaeli Turkey Earthquake- Damage to structures, *Canadian Journal Civ. Eng.*, 28, 715–737, 2000.
- Sezen H., Whittaker, A.S.,** 2006. Seismic Performance of Industrial Facilities Affected by the 1999 Turkey Earthquake, *Journal Of Performance Of Constructed Facilities*, ASCE, 28-36.
- Shinozuka, M., Feng, M.Q., Kim, H.K., Kim, S.H.** 2000b. Nonlinear Static Procedure for Fragility Curve Development, *Journal of Engineering Mechanics*, 126(12):1297-1295.
- Shinozuka, M., Feng, M.Q., Lee, J., Naganuma, T.** 2000a. Statistical Analysis of Fragility Curves, *Journal of Engineering Mechanics*, 126(12): 1224-1231.
- STRUCTURAL ANYLSIS PROGRAM (SAP2000),** 2011. CSI (Computers and Structures Inc.) Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, CSI, Berkeley.
- Sucuoğlu, H., Başaran, E., Özcebe, G.,** 1997. Birdöküm ve Öndökümlü Betonarme Çerçevelerde Deprem Enerjisinin Kontrollü Plastik Mafsal Oluşumu İle Tüketilmesi, (Proje No: INTAG-545). TUBİTAK.
- Şenel, Ş.M., İnel, M., Kayhan, A.H., Palanci, M., Kalkan, A., Yılmaz, Y.,** 2013. Türkiye'deki Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Belirlenmesi, TUBİTAK PROJESİ, Proje no: 110M255, 187s., Ankara.



- Şenel, Ş.M., Palancı, M., Kalkan, A., Yılmaz, Y.,** 2012. Mevcut Prefabrik Binaların Mafsallı Birleşimlerinin Kesme ve Devrilme Güvenliğinin Araştırılması, İMO Teknik Dergi, SCI, Denizli.
- T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI,**  
Deprem Dairesi Başkanlığı, , <http://www.deprem.gov.tr>, Ankara.
- Tezcan, S, Çolakoğlu, H.K.,** 2003. Betonarme Prefabrike Yapılar Yönetmeliğimizin Zayıflıkları, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- TPB,** 1990. Prefabrike Betonarme Yapıların Tasarım İlkeleri Kılavuzu, Türkiye Prefabrik Birliği, Ankara, 91s.
- TS500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 67s.
- TS9967,** 1992. Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar (Prefabrike Betonarme ve Ön gerilmeli Betondan) Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ULUSAL DEPREM ARAŞTIRMA PROGRAMI (UDAP)-** 2005. Strateji, Araştırma Alanları Ve Ar-Ge Konuları, Hazırlık Raporu, Ulusal Deprem Konseyi.
- Vamvatsikos, D., Cornell, A.C.** 2002. Incremental Dynamic Analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3):491-514.
- Yılmaz, S.** 2004. Tek Açıklıklı Betonarme Prefabrik Yapıların Deprem Davranışı ve Türk Deprem Yönetmeliği, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 137s.
- Zorbozan, M., Barka, G., Sarıfakıoğlu, F.** 1998. Ceyhan Depreminde Prefabrik Yapılarda Görülen Hasarlar, Nedenleri ve Çözüm Önerileri, Beton ve Prefabrikasyon, 48, Pp: 20-24.

## EKLER

### Ek A.1 Moment-eğrilik analizi sonuçları

Tablo A.1: 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kNm)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GÇ}$
Bina ÇK1	Ana Kolon	1	247.46	0.0090	0.0307	0.0709	0.0810
		2	289.96	0.0091	0.0282	0.0436	0.0502
		3	289.96	0.0091	0.0282	0.0436	0.0502
		4	247.46	0.0090	0.0307	0.0709	0.0810
	Ara Kolon	1	194.69	0.0101	0.0334	0.0539	0.0624
		2	194.69	0.0101	0.0334	0.0539	0.0624
3		194.69	0.0101	0.0334	0.0539	0.0624	
Bina ÇK2	Ana Kolon	1	217.05	0.0103	0.0353	0.0774	0.0909
		2	252.75	0.0103	0.0302	0.0478	0.0554
		3	252.75	0.0103	0.0302	0.0478	0.0554
		4	217.05	0.0103	0.0353	0.0774	0.0909
	Ara Kolon	1	196.31	0.0101	0.0327	0.0530	0.0613
		2	196.31	0.0101	0.0327	0.0530	0.0613
3		196.31	0.0101	0.0327	0.0530	0.0613	
Bina ÇK3	Ana Kolon	1	359.71	0.0092	0.0316	0.1199	0.1450
		2	412.37	0.0097	0.0261	0.0721	0.0887
		3	412.37	0.0097	0.0261	0.0721	0.0887
		4	412.37	0.0097	0.0261	0.0721	0.0887
		5	359.71	0.0092	0.0316	0.1199	0.1450
	Ara Kolon	1	204.84	0.0103	0.0294	0.0474	0.0549
		2	204.84	0.0103	0.0294	0.0474	0.0549
		3	204.84	0.0103	0.0294	0.0474	0.0549
Bina ÇK4	Ana Kolon	1	376.99	0.0081	0.0269	0.1046	0.1592
		2	527.21	0.0064	0.0216	0.0845	0.1277
		3	418.17	0.0084	0.0276	0.1106	0.1743
		4	418.17	0.0084	0.0276	0.1106	0.1743
		5	376.99	0.0081	0.0269	0.1046	0.1592
	Ara Kolon	1	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		2	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		3	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		4	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		5	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		6	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		7	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
		8	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
Bina ÇK5	Ana Kolon	1	548.95	0.0065	0.0219	0.0856	0.1304
		2	660.12	0.0068	0.0230	0.0955	0.1148
		3	660.12	0.0068	0.0230	0.0955	0.1148
		4	548.95	0.0065	0.0219	0.0856	0.1304
	Ara Kolon	1	369.26	0.0081	0.0281	0.1168	0.1538
		2	369.26	0.0081	0.0281	0.1168	0.1538
		3	369.26	0.0081	0.0281	0.1168	0.1538

Tablo A.1(devam): 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	M <sub>ny</sub> (kN.m)	$\phi_v$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina ÇK6	Ana Kolon	1	314.08	0.0110	0.0378	0.0732	0.0857
		2	344.18	0.0114	0.0264	0.0489	0.0583
		3	344.18	0.0114	0.0264	0.0489	0.0583
		4	314.08	0.0110	0.0378	0.0732	0.0857
	Ara Kolon	1	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
		2	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
Bina ÇK7	Ana Kolon	1	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
		2	384.37	0.0082	0.0285	0.1181	0.1404
		3	251.02	0.0089	0.0304	0.1209	0.1857
	Ara Kolon	1	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764
		2	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764
		3	195.19	0.0103	0.0370	0.1453	0.1764
Bina ÇK8	Ana Kolon	1	226.72	0.0091	0.0309	0.0670	0.0771
		2	262.71	0.0091	0.0265	0.0415	0.0479
		3	225.52	0.0091	0.0308	0.0676	0.0790
	Ara Kolon	1	191.27	0.0101	0.0349	0.0567	0.0654
2		191.27	0.0101	0.0349	0.0567	0.0654	
Bina ÇK9	Ana Kolon	1	508.31	0.0083	0.0278	0.1087	0.1664
		2	508.31	0.0083	0.0278	0.1087	0.1664
	Ara Kolon	1	272.69	0.0090	0.0319	0.1357	0.1658
Bina ÇK10	Ana Kolon	1	311.38	0.0078	0.0265	0.1046	0.1584
		2	369.16	0.0081	0.0280	0.1156	0.1572
		3	311.38	0.0078	0.0265	0.1046	0.1584
	Ara Kolon	1	285.88	0.0093	0.0311	0.1263	0.1964
		2	285.88	0.0093	0.0311	0.1263	0.1964
		3	285.88	0.0093	0.0311	0.1263	0.1964
Bina ÇK11	Ana Kolon	1	237.69	0.0090	0.0304	0.1194	0.1813
		2	237.69	0.0090	0.0304	0.1194	0.1813
	Ara Kolon	1	188.09	0.0101	0.0364	0.1547	0.1911
Bina ÇK12	Ana Kolon	1	337.03	0.0072	0.0263	0.1009	0.1520
		2	418.40	0.0078	0.0277	0.1116	0.1729
		3	418.40	0.0078	0.0277	0.1116	0.1729
		4	337.03	0.0072	0.0263	0.1009	0.1520
	Ara Kolon	1	194.99	0.0102	0.0360	0.1167	0.1362
		2	194.99	0.0102	0.0360	0.1167	0.1362
Bina ÇK13	Ana Kolon	1	153.93	0.0092	0.0341	0.1107	0.1291
		2	134.28	0.0113	0.0429	0.0791	0.0913
		3	110.15	0.0107	0.0397	0.1497	0.1685
		4	110.15	0.0107	0.0397	0.1497	0.1685
		5	94.56	0.0101	0.0384	0.1518	0.2258
Bina ÇK14	Ana Kolon	1	230.35	0.0083	0.0291	0.1127	0.1728
		2	284.37	0.0090	0.0321	0.0647	0.0757
		3	290.26	0.0090	0.0308	0.0819	0.0953
	Ara Kolon	1	189.01	0.0097	0.0371	0.0621	0.0717

Tablo A.1(devam): 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_v$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina ÇK15	Ana Kolon	1	250.44	0.0087	0.0313	0.0617	0.0718
		2	269.71	0.0089	0.0325	0.0513	0.0591
		3	120.38	0.0110	0.0407	0.1154	0.1316
		4	121.67	0.0111	0.0408	0.1122	0.1288
		5	122.96	0.0111	0.0409	0.1076	0.1255
		6	101.60	0.0103	0.0390	0.1530	0.2197
	Ara Kolon	1	204.76	0.0103	0.0294	0.0475	0.0549
Bina ÇK16	Ana Kolon	1	138.93	0.0097	0.0332	0.1318	0.1551
		2	157.12	0.0100	0.0341	0.1014	0.1170
		3	157.12	0.0100	0.0341	0.1014	0.1170
		4	270.34	0.0107	0.0362	0.0834	0.0955
		5	270.34	0.0107	0.0362	0.0834	0.0955
		6	270.34	0.0107	0.0362	0.0834	0.0955
		7	316.81	0.0111	0.0250	0.0360	0.0419
		8	366.37	0.0080	0.0284	0.0478	0.0557
Bina ÇK17	Ana Kolon	1	188.46	0.0084	0.0288	0.1115	0.1672
		2	342.70	0.0081	0.0272	0.1087	0.1689
		3	249.88	0.0091	0.0306	0.1231	0.1901
Bina ÇK18	Ana Kolon	1	241.84	0.0090	0.0305	0.0745	0.0860
		2	264.12	0.0102	0.0362	0.1085	0.1296
		3	162.45	0.0092	0.0340	0.1265	0.1470
		4	166.48	0.0101	0.0346	0.0854	0.1002
		5	144.54	0.0098	0.0334	0.1201	0.1386
	Ara Kolon	1	181.11	0.0099	0.0365	0.0649	0.0749
Bina ÇK19	Ana Kolon	1	231.06	0.0077	0.0261	0.0975	0.1099
		2	263.92	0.0080	0.0268	0.0704	0.0818
		3	249.63	0.0078	0.0265	0.0794	0.0927
		4	346.13	0.0081	0.0273	0.0902	0.1024
		5	326.32	0.0079	0.0269	0.1037	0.1145
	Ara Kolon	1	347.62	0.0081	0.0273	0.0894	0.1011
		2	347.62	0.0081	0.0273	0.0894	0.1011
Bina ÇK20	Ana Kolon	1	141.28	0.0097	0.0332	0.1303	0.1963
		2	161.57	0.0100	0.0342	0.1365	0.2071
		3	161.57	0.0100	0.0342	0.1365	0.2071
		4	161.57	0.0100	0.0342	0.1365	0.2071
		5	184.77	0.0102	0.0360	0.1506	0.2039
	Ara Kolon	1	172.45	0.0102	0.0348	0.1405	0.2164
Bina ÇK21	Ana Kolon	1	212.43	0.0120	0.0423	0.1620	0.2157
		2	228.73	0.0125	0.0433	0.1365	0.1657
		3	228.73	0.0125	0.0433	0.1365	0.1657
		4	231.67	0.0126	0.0436	0.1300	0.1561
		5	303.04	0.0078	0.0264	0.1033	0.1573
		6	303.04	0.0078	0.0264	0.1033	0.1573
		7	345.77	0.0081	0.0272	0.1096	0.1695
	Ara Kolon	1	178.28	0.0103	0.0351	0.1432	0.2222
Bina ÇK22	Ana Kolon	1	228.66	0.0088	0.0296	0.1140	0.1714
		2	361.93	0.0083	0.0277	0.1105	0.1694
		3	341.70	0.0081	0.0273	0.1078	0.1630
	Ara Kolon	1	318.46	0.0095	0.0331	0.1361	0.1695

Tablo A.1(devam): 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_v$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina ÇK23	Ana Kolon	1	250.01	0.0090	0.0306	0.1233	0.1905
		2	361.24	0.0082	0.0276	0.1124	0.1702
		3	208.81	0.0086	0.0293	0.1148	0.1731
	Ara Kolon	1	265.57	0.0091	0.0313	0.1296	0.1810
Bina ÇK24	Ana Kolon	1	186.58	0.0120	0.0418	0.1257	0.1441
		2	199.65	0.0124	0.0429	0.0944	0.1087
		3	231.71	0.0131	0.0282	0.0416	0.0486
		4	201.11	0.0088	0.0298	0.0885	0.1008
		5	174.67	0.0085	0.0290	0.1147	0.1420
	Ara Kolon	1	225.42	0.0089	0.0310	0.0652	0.0748
Bina ÇK25	Ana Kolon	1	216.99	0.0101	0.0341	0.0550	0.0636
		2	232.18	0.0106	0.0297	0.0429	0.0500
		3	136.71	0.0086	0.0329	0.1292	0.1922
Bina ÇK26	Ana Kolon	1	266.82	0.0091	0.0315	0.1305	0.1783
		2	370.50	0.0081	0.0281	0.1178	0.1525
		3	274.54	0.0076	0.0259	0.1005	0.1513
	Ara Kolon	1	293.27	0.0092	0.0305	0.1170	0.1393
Bina ÇK27	Ana Kolon	1	218.42	0.0102	0.0352	0.0967	0.1099
		2	205.93	0.0101	0.0352	0.0888	0.1040
		3	205.93	0.0101	0.0352	0.0888	0.1040
		4	236.84	0.0103	0.0330	0.0533	0.0617
		5	250.26	0.0104	0.0357	0.0579	0.0675
	Ara Kolon	1	146.97	0.0123	0.0290	0.0426	0.0496
		2	146.97	0.0123	0.0290	0.0426	0.0496
Bina ÇK28	Ana Kolon	1	357.39	0.0098	0.0235	0.0526	0.0650
		2	366.99	0.0085	0.0159	0.0295	0.0345
		3	330.31	0.0095	0.0250	0.0462	0.0530
		4	305.59	0.0093	0.0311	0.1256	0.1560
		5	276.69	0.0090	0.0302	0.1185	0.1815
Bina ÇK29	Ana Kolon	1	192.56	0.0090	0.0337	0.1301	0.1948
		2	260.54	0.0103	0.0354	0.0572	0.0659
		3	216.55	0.0095	0.0347	0.1165	0.1333
		4	216.55	0.0095	0.0347	0.1165	0.1333
		5	191.14	0.0091	0.0337	0.1300	0.1942
	Ara Kolon	1	224.41	0.0097	0.0351	0.1036	0.1181
Bina ÇK30	Ana Kolon	1	186.38	0.0084	0.0288	0.1125	0.1588
		2	242.19	0.0090	0.0305	0.0740	0.0858
		3	229.42	0.0088	0.0300	0.0841	0.0966
Bina ÇK31	Ana Kolon	1	139.99	0.0097	0.0332	0.1326	0.1531
		2	194.47	0.0101	0.0347	0.1387	0.1719
		3	199.35	0.0101	0.0350	0.1344	0.1635
		4	272.40	0.0101	0.0361	0.0877	0.1013
		5	248.49	0.0097	0.0351	0.1247	0.1414
	Ara Kolon	1	258.18	0.0098	0.0355	0.1077	0.1214
		2	258.18	0.0098	0.0355	0.1077	0.1214
Bina ÇK32	Ana Kolon	1	203.68	0.0125	0.0428	0.1421	0.1695
		2	215.52	0.0127	0.0409	0.1079	0.1306
		3	246.63	0.0131	0.0255	0.0497	0.0607
		4	202.26	0.0102	0.0303	0.0489	0.0565

Tablo A.1(devam): 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_v$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina ÇK33	Ana Kolon	1	135.81	0.0097	0.0330	0.1308	0.1633
		2	151.67	0.0099	0.0338	0.1098	0.1266
		3	151.67	0.0099	0.0338	0.1098	0.1266
		4	150.93	0.0099	0.0338	0.1106	0.1288
		5	116.28	0.0115	0.0395	0.1222	0.1439
		6	199.75	0.0088	0.0298	0.0897	0.1018
	Ara Kolon	1	180.15	0.0086	0.0292	0.1158	0.1295
Bina ÇK34	Ana Kolon	1	232.55	0.0075	0.0260	0.1013	0.1542
		2	232.55	0.0075	0.0260	0.1013	0.1542
	Ara Kolon	1	142.02	0.0097	0.0333	0.1313	0.2006
		2	142.02	0.0097	0.0333	0.1313	0.2006
		3	142.02	0.0097	0.0333	0.1313	0.2006
		4	142.02	0.0097	0.0333	0.1313	0.2006
		5	142.02	0.0097	0.0333	0.1313	0.2006
Bina ÇK35	Ana Kolon	1	254.74	0.0088	0.0315	0.0592	0.0681
		2	310.20	0.0092	0.0235	0.0325	0.0377
		3	310.20	0.0092	0.0235	0.0325	0.0377
		4	409.03	0.0082	0.0244	0.0363	0.0420
		5	349.55	0.0081	0.0275	0.0591	0.0677
	Ara Kolon	1	276.05	0.0089	0.0314	0.0483	0.0558
		2	276.05	0.0089	0.0314	0.0483	0.0558
		3	276.05	0.0089	0.0314	0.0483	0.0558
Bina ÇK36	Ana Kolon	1	334.98	0.0080	0.0271	0.0649	0.0744
		2	377.83	0.0080	0.0291	0.0442	0.0513
		3	185.10	0.0100	0.0369	0.0613	0.0709
		4	168.67	0.0102	0.0348	0.0862	0.0988
		5	168.67	0.0102	0.0348	0.0862	0.0988
		6	168.67	0.0102	0.0348	0.0862	0.0988
		7	168.67	0.0102	0.0348	0.0862	0.0988
		8	145.32	0.0098	0.0335	0.1225	0.1381
	Ara Kolon	1	266.92	0.0089	0.0322	0.0527	0.0612
		2	248.79	0.0090	0.0307	0.0702	0.0804
		3	248.79	0.0090	0.0307	0.0702	0.0804
Bina ÇK37	Ana Kolon	1	248.63	0.0090	0.0305	0.1229	0.1897
		2	296.46	0.0092	0.0300	0.1152	0.1377
		3	248.63	0.0090	0.0305	0.1229	0.1897
	Ara Kolon	1	196.98	0.0103	0.0372	0.1438	0.1730
		2	196.98	0.0103	0.0372	0.1438	0.1730
Bina ÇK38	Ana Kolon	1	321.58	0.0079	0.0267	0.1057	0.1616
		2	398.49	0.0082	0.0293	0.1089	0.1290
		3	398.49	0.0082	0.0293	0.1089	0.1290
	Ara Kolon	1	263.60	0.0091	0.0313	0.1290	0.1826
		2	282.75	0.0091	0.0326	0.1263	0.1521

Tablo A.1(devam): 41 Adet çok katlı prefabrik binanın moment-eğrilik analizi sonuçları

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_v$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina ÇK39	Ana Kolon	1	336.33	0.0079	0.0271	0.0823	0.0937
		2	366.57	0.0082	0.0278	0.0649	0.0749
		3	332.18	0.0078	0.0270	0.0846	0.0978
		4	332.18	0.0078	0.0270	0.0846	0.0978
		5	300.75	0.0075	0.0264	0.1018	0.1328
	Ara Kolon	1	205.22	0.0095	0.0346	0.1111	0.1293
		2	205.22	0.0095	0.0346	0.1111	0.1293
Bina ÇK40	Ana Kolon	1	374.16	0.0094	0.0319	0.1335	0.1690
		2	425.35	0.0099	0.0247	0.0923	0.1111
		3	392.46	0.0096	0.0323	0.1204	0.1455
		4	392.46	0.0096	0.0323	0.1204	0.1455
		5	374.16	0.0094	0.0319	0.1335	0.1690
	Ara Kolon	1	197.21	0.0103	0.0373	0.1427	0.1706
		2	197.21	0.0103	0.0373	0.1427	0.1706
3		197.21	0.0103	0.0373	0.1427	0.1706	
Bina ÇK41	Ana Kolon	1	330.35	0.0080	0.0269	0.1072	0.1648
		2	393.94	0.0082	0.0290	0.1108	0.1328
		3	330.35	0.0080	0.0269	0.1072	0.1648
	Ara Kolon	1	264.72	0.0090	0.0315	0.1311	0.1766
		2	264.72	0.0090	0.0315	0.1311	0.1766

## Ek A.2 Binalara ait kapasite sonuçları

Tablo A.2: DOSB’de yer alan 41 adet iki katlı prefabrik binaların kapasite sonuçları

Bina Adı -	Bina Yüksekliği (m)	$V_t/W$ -	$\theta_y (\Delta_{1y}/h_1)$ %	$\theta_{MN} (\Delta_{1MN}/h_1)$ %	$\theta_{GV} (\Delta_{1GV}/h_1)$ %	$\theta_{GÇ} (\Delta_{1GÇ}/h_1)$ %
Bina ÇK1	7.35	0.105	0.85%	1.27%	1.60%	1.75%
Bina ÇK2	7.00	0.100	0.82%	1.21%	1.55%	1.70%
Bina ÇK3	7.60	0.100	1.26%	1.62%	1.99%	2.13%
Bina ÇK4	8.00	0.290	0.95%	1.39%	3.21%	4.36%
Bina ÇK5	8.80	0.143	0.77%	1.22%	3.07%	3.91%
Bina ÇK6	7.50	0.157	1.83%	2.13%	2.57%	2.75%
Bina ÇK7	8.70	0.094	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%
Bina ÇK8	9.80	0.087	0.95%	1.33%	1.66%	1.80%
Bina ÇK9	8.50	0.168	1.31%	1.78%	3.76%	4.76%
Bina ÇK10	6.50	0.210	0.63%	1.08%	2.96%	4.22%
Bina ÇK11	7.35	0.136	0.82%	1.29%	3.24%	4.36%
Bina ÇK12	7.50	0.124	0.88%	1.34%	2.96%	3.34%
Bina ÇK13	5.80	0.106	0.79%	1.27%	1.95%	2.16%
Bina ÇK14	7.50	0.112	1.00%	1.46%	2.02%	2.21%
Bina ÇK15	6.00	0.091	0.97%	1.34%	1.70%	1.84%
Bina ÇK16	6.80	0.138	1.18%	1.45%	1.66%	1.78%
Bina ÇK17	6.50	0.185	0.61%	1.06%	2.88%	4.12%
Bina ÇK18	6.10	0.122	0.91%	1.38%	1.98%	2.18%
Bina ÇK19	6.80	0.169	0.62%	1.07%	2.15%	2.43%
Bina ÇK20	7.00	0.113	0.81%	1.27%	3.18%	4.48%
Bina ÇK21	6.50	0.173	0.89%	1.34%	2.92%	3.37%
Bina ÇK22	7.80	0.128	1.04%	1.51%	3.38%	4.57%
Bina ÇK23	10.80	0.090	0.89%	1.35%	3.25%	4.55%
Bina ÇK24	5.55	0.180	0.79%	1.05%	1.28%	1.40%
Bina ÇK25	10.20	0.059	1.06%	1.43%	1.69%	1.83%
Bina ÇK26	10.00	0.085	1.21%	1.66%	3.50%	4.09%
Bina ÇK27	6.63	0.100	1.14%	1.43%	1.66%	1.78%
Bina ÇK28	7.00	0.095	1.10%	1.26%	1.56%	1.67%
Bina ÇK29	7.20	0.116	0.73%	1.21%	1.63%	1.80%
Bina ÇK30	7.30	0.181	0.59%	1.04%	2.00%	2.25%
Bina ÇK31	6.30	0.176	1.02%	1.48%	2.51%	2.77%
Bina ÇK32	5.50	0.127	1.14%	1.35%	1.76%	1.95%
Bina ÇK33	6.15	0.162	0.58%	1.02%	2.33%	2.59%
Bina ÇK34	5.85	0.313	0.49%	0.93%	2.73%	4.00%
Bina ÇK35	10.50	0.071	1.08%	1.39%	1.59%	1.70%
Bina ÇK36	7.50	0.106	0.74%	1.21%	1.62%	1.79%
Bina ÇK37	6.90	0.116	0.82%	1.28%	3.14%	3.63%
Bina ÇK38	11.40	0.086	0.90%	1.36%	3.28%	3.84%
Bina ÇK39	7.50	0.159	0.93%	1.39%	2.30%	2.54%
Bina ÇK40	7.20	0.120	1.34%	1.66%	3.15%	3.56%
Bina ÇK41	7.20	0.121	0.79%	1.25%	3.20%	3.82%



**Ek B.1** Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Analizinde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Tablo B.1: Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
1	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY041-W	20.40	7.62
2	1.00	Coyote Lake 1979/08/06 17:05	COYOTELK/G06320	24.50	5.74
3	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-SHP000	19.60	6.53
4	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/IZT180	22.60	7.51
5	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/ABY090	20.00	7.28
6	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/DSP000	20.20	7.28
7	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRK090	20.90	6.93
8	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/CLD285	22.60	6.93
9	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/GIL337	22.30	6.93
10	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/UCL090	22.00	6.69
11	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/UCL360	22.20	6.69
12	1.00	Parkfield 1966/06/28 04:26	PARKF/C05355	21.80	6.19
13	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-ALH180	22.00	5.99
14	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-GRN180	23.00	5.99
15	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-OBR360	22.90	5.99
16	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CWC270	22.20	6.69
17	1.00	Parkfield 1966/06/28 04:26	PARKF/TMB205	21.50	6.19
18	1.00	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/FOR090	21.70	7.01
19	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-CAK270	23.60	6.36
20	1.00	Friuli, Italy 1976/05/06 20:00	FRIULI/A-TMZ000	22.00	6.50
21	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E12230	21.80	6.53
22	1.00	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-BIS000	23.60	6.90
23	1.00	Livermore 1980/01/24 19:00	LIVERMOR/A-DVD246	20.50	5.80
24	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-PLS135	20.60	6.54
25	1.00	Tabas, Iran 1978/09/16	TABAS/DAY-LN	20.60	7.35
26	1.00	Victoria, Mexico 1980/06/09 03:28	VICT/CPE315	19.90	6.33
27	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY046-N	21.00	7.62
28	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY010-N	21.90	7.62
29	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY047-E	21.10	7.62
30	1.00	Coyote Lake 1979/08/06 17:05	COYOTELK/G02140	24.90	5.74
31	1.00	Coyote Lake 1979/08/06 17:05	COYOTELK/G03140	28.80	5.74
32	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-AEP315	24.90	6.53
33	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/CLW-LN	25.60	7.28
34	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/JOS000	27.50	7.28
35	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/GIL067	28.60	6.93
36	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/SFO000	25.50	6.93
37	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/SFO090	27.90	6.93
38	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STC090	28.90	6.69
39	1.00	Parkfield 1966/06/28 04:26	PARKF/C05085	24.70	6.19
40	1.00	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	MORGAN/AND250	25.30	6.19
41	1.00	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	MORGAN/AND340	27.60	6.19
42	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/DSP000	29.50	6.06
43	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CWC180	25.00	6.69
44	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-PV1090	27.60	6.36
45	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-Z14090	28.30	6.36
46	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-DLT262	26.00	6.53

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
47	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/KAK090	27.60	6.90
48	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/SHI090	27.90	6.90
49	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/CAP090	29.30	6.93
50	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HSP090	29.10	6.93
51	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/WAH000	27.20	6.93
52	1.00	Mammoth Lakes 1980/05/27 14:51	MAMMOTH/L-LUL000	28.90	5.94
53	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CHL160	27.10	6.69
54	1.00	San Fernando 1971/02/09 14:00	SFERN/ORR291	25.90	6.61
55	1.00	Spitak, Armenia 1988/12/07	SPITAK/GUK000	28.60	6.77
56	1.00	Tabas, Iran 1978/09/16	TABAS/DAY-TR	26.50	7.35
57	1.00	Westmorland 1981/04/26 12:09	WESTMORL/PTS315	26.60	5.90
58	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-DEL000	28.50	5.99
59	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-DWN180	28.80	5.99
60	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU141-N	28.10	7.62
61	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E11140	34.50	6.53
62	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E02140	31.50	6.53
63	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-SHP270	30.90	6.53
64	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/ATS090	33.20	7.51
65	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ270	29.70	7.51
66	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/IZT090	29.80	7.51
67	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/LCN000	31.90	7.28
68	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER360	29.70	7.28
69	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/A02133	34.30	6.93
70	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G01000	31.60	6.93
71	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G01090	33.90	6.93
72	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G02000	32.90	6.93
73	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/TRI090	32.80	6.93
74	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/WWT270	31.50	6.06
75	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CNP106	32.10	6.69
76	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-SUP045	32.50	6.54
77	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY029-W	30.30	7.62
78	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/MVH045	31.40	6.06
79	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/NPS300	33.80	6.06
80	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PKC090	31.40	6.69
81	1.00	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/FOR000	30.00	7.01
82	1.00	Friuli, Italy 1976/05/06 20:00	FRIULI/A-TMZ270	30.80	6.50
83	1.00	Mammoth Lakes 1980/05/27 14:51	MAMMOTH/L-LUL090	33.90	5.94
84	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PAC265	31.30	6.69
85	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/WIL180	33.50	6.69
86	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-IVW090	29.90	6.54
87	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-IVW360	34.50	6.54
88	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-KRN360	31.10	6.54
89	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-POE360	32.80	6.54
90	1.00	Victoria, Mexico 1980/06/09 03:28	VICT/CPE045	31.60	6.33
91	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-OR2010	32.90	5.99
92	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU046-N	30.90	7.62
93	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU112-N	33.40	7.62

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
94	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU118-N	33.50	7.62
95	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY041-N	39.50	7.62
96	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU045-N	39.00	7.62
97	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU045-W	36.70	7.62
98	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU051-N	38.40	7.62
99	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-PVY135	36.40	6.36
100	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-ECC002	37.50	6.53
101	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E04140	37.40	6.53
102	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/NIS000	37.30	6.90
103	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/NIS090	36.60	6.90
104	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/ARC090	39.50	7.51
105	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G02090	39.10	6.93
106	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G03000	35.70	6.93
107	1.00	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	MORGAN/G06090	36.70	6.19
108	1.00	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	MORGAN/HVR240	39.40	6.19
109	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/WWT180	34.70	6.06
110	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY029-N	35.20	7.62
111	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-BRA225	35.90	6.53
112	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-BRA315	38.90	6.53
113	1.00	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU000	37.00	6.90
114	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/SHI000	37.80	6.90
115	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HDA255	35.60	6.93
116	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/SVL360	36.00	6.93
117	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/KAT090	37.80	6.69
118	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/SCR090	38.00	6.69
119	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STN020	34.60	6.69
120	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-POE270	35.70	6.54
121	1.00	Westmorland 1981/04/26 12:09	WESTMORL/PTS225	39.20	5.90
122	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-BIR180	37.80	5.99
123	1.00	Whittier Narrows 1987/10/01 14:42	WHITTIER/A-EJS048	38.10	5.99
124	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY036-W	38.90	7.62
125	1.00	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/RIO270	43.90	7.01
126	1.00	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/RIO360	42.10	7.01
127	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU074-N	40.90	7.62
128	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/WNT-N	42.00	7.62
129	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-AEP045	42.80	6.53
130	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E11230	42.10	6.53
131	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03230	39.90	6.53
132	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-EDA360	40.80	6.53
133	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/ATS000	40.00	7.51
134	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/CLW-TR	42.30	7.28
135	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/JOS090	43.20	7.28
136	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/STG000	41.20	6.93
137	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/STG090	42.60	6.93
138	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC090	40.90	6.54
139	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-PTS315	43.90	6.54
140	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-SUP135	42.20	6.54

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
141	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/MVH135	40.90	6.06
142	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-Z14000	40.90	6.36
143	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/CYC285	39.70	6.93
144	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/GOF090	42.00	6.93
145	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HDA165	43.90	6.93
146	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/KAT000	40.90	6.69
147	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/LOS000	43.00	6.69
148	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MU2035	40.80	6.69
149	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STM090	41.70	6.69
150	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU046-W	39.80	7.62
151	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU061-N	43.60	7.62
152	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU112-W	41.30	7.62
153	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU123-W	40.60	7.62
154	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU141-E	43.30	7.62
155	1.00	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/PET000	48.40	7.01
156	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU049-W	47.90	7.62
157	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU051-W	49.30	7.62
158	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU095-N	49.10	7.62
159	1.00	Coyote Lake 1979/08/06 17:05	COYOTELK/G06230	49.20	5.74
160	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03140	46.80	6.53
161	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E05140	46.90	6.53
162	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E07140	47.60	6.53
163	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E08230	49.10	6.53
164	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC270	46.40	7.51
165	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/CLS090	45.20	6.93
166	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G03090	44.70	6.93
167	1.00	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC000	46.40	6.54
168	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E10050	47.50	6.53
169	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-HVP225	48.80	6.53
170	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRN090	44.60	6.93
171	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HCH180	45.00	6.93
172	1.00	Nahanni, Canada 1985/12/23	NAHANNI/S1010	46.00	6.76
173	1.00	Nahanni, Canada 1985/12/23	NAHANNI/S1280	46.10	6.76
174	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/LOS270	45.10	6.69
175	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PAC175	45.60	6.69
176	1.00	Westmorland 1981/04/26 12:09	WESTMORL/WSM090	48.70	5.90
177	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY025-W	48.40	7.62
178	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU038-N	44.90	7.62
179	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU038-W	48.90	7.62
180	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU048-N	48.30	7.62
181	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY034-N	48.50	7.62
182	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU104-N	47.20	7.62
183	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU106-W	46.60	7.62
184	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU107-N	47.40	7.62
185	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU070-W	52.10	7.62
186	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E08140	54.30	6.53
187	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	50.30	7.51

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
191	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PKC360	51.50	6.69
192	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/ORR090	52.10	6.69
193	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/ORR360	52.20	6.69
194	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-HVP315	49.80	6.53
195	1.00	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	52.70	6.90
196	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRN000	51.30	6.93
197	1.00	Morgan Hill 1984/04/24 21:15	MORGAN/CYC195	51.60	6.19
198	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/LDM334	50.80	6.69
199	1.00	San Fernando 1971/02/09 14:00	SFERN/PCD254	54.30	6.61
200	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY024-W	52.90	7.62
201	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU029-N	54.00	7.62
202	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU036-N	50.20	7.62
203	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU039-N	54.00	7.62
204	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU039-W	50.00	7.62
205	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU040-N	50.30	7.62
206	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU040-W	50.90	7.62
207	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU055-N	51.50	7.62
208	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU064-N	54.00	7.62
209	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY002-N	52.90	7.62
210	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY104-E	52.60	7.62
211	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU109-N	53.10	7.62
212	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU109-W	50.80	7.62
213	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU115-W	54.00	7.62
214	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU117-N	54.40	7.62
215	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU082-W	58.40	7.62
216	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC180	58.80	7.51
217	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/CLS000	55.20	6.93
218	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL009	59.00	6.69
219	1.00	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL000	56.40	7.14
220	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PUL104	55.70	6.69
221	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU054-W	59.40	7.62
222	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU059-N	56.20	7.62
223	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU059-W	59.40	7.62
224	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU063-W	59.00	7.62
225	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU072-N	56.30	7.62
226	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY006-E	55.40	7.62
227	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY092-E	54.80	7.62
228	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY104-N	55.20	7.62
229	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU110-N	54.90	7.62
230	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU111-W	57.80	7.62
231	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU117-W	57.80	7.62
232	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU136-E	55.80	7.62
233	1.23	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03140	57.50	6.53
234	1.44	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03230	57.50	6.53
235	1.09	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	57.50	6.90
236	1.41	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/MVH135	57.50	6.06
237	1.24	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC000	57.50	6.54

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
238	1.41	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC090	57.50	6.54
239	1.31	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/RIO270	57.50	7.01
240	1.37	Cape Mendocino 1992/04/25 18:06	CAPEMEND/RIO360	57.50	7.01
241	1.36	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/CLW-TR	57.50	7.28
242	1.12	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER270	57.50	7.28
243	1.24	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC270	57.50	7.51
244	1.14	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	57.50	7.51
245	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU049-N	61.20	7.62
246	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU070-N	62.30	7.62
247	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU076-N	64.20	7.62
248	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU076-W	62.60	7.62
249	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU095-W	62.00	7.62
250	1.00	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-PVY045	60.20	6.36
251	1.00	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/DZC180	60.00	7.14
252	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/YPT330	62.10	7.51
253	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CNP196	60.80	6.69
254	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STC180	61.50	6.69
255	1.00	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL090	62.10	7.14
256	1.00	Erzincan, Turkey 1992/03/13	ERZIKAN/ERZ-EW	64.30	6.69
257	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HSP000	62.40	6.93
258	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/WVC270	61.50	6.93
259	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/LDM064	63.70	6.69
260	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL279	62.80	6.69
261	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU036-W	59.60	7.62
262	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU079-W	61.20	7.62
263	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU103-W	61.90	7.62
264	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU120-W	63.10	7.62
265	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU129-W	60.00	7.62
266	1.34	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03140	62.50	6.53
267	1.26	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-HVP315	62.50	6.53
268	1.19	Irpina, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	62.50	6.90
269	1.35	Superstitt Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC000	62.50	6.54
270	1.22	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRN000	62.50	6.93
271	1.21	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER270	62.50	7.28
272	1.06	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC180	62.50	7.51
273	1.24	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	62.50	7.51
274	1.11	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL000	62.50	7.14
275	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY028-N	67.00	7.62
276	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/WNT-E	68.80	7.62
277	1.00	Gazli, USSR 1976/05/17	GAZLI/GAZ000	65.40	6.80
278	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-ECC092	68.80	6.53
279	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E06140	64.90	6.53
280	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/TAZ000	68.30	6.90
281	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/YPT060	65.70	7.51
282	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/WPI316	67.40	6.69
283	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU067-N	66.60	7.62
284	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU071-N	69.40	7.62

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
285	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU101-W	67.90	7.62
286	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU110-W	67.50	7.62
287	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU128-N	68.80	7.62
288	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/WGK-E	69.00	7.62
289	1.44	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E03140	67.50	6.53
290	1.28	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	67.50	6.90
291	1.51	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/G03090	67.50	6.93
292	1.32	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRN000	67.50	6.93
293	1.08	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HSP000	67.50	6.93
294	1.31	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER270	67.50	7.28
295	1.30	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/ORR090	67.50	6.69
296	1.29	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/ORR360	67.50	6.69
297	1.14	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL009	67.50	6.69
298	1.07	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL279	67.50	6.69
299	1.11	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CNP196	67.50	6.69
300	1.10	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STC180	67.50	6.69
301	1.15	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC180	67.50	7.51
302	1.34	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	67.50	7.51
303	1.20	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL000	67.50	7.14
304	1.09	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL090	67.50	7.14
305	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY028-W	72.80	7.62
306	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU074-W	73.30	7.62
307	1.00	Gazli, USSR 1976/05/17	GAZLI/GAZ090	71.60	6.80
308	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-EMO000	71.70	6.53
309	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-EDA270	71.20	6.53
310	1.00	N. Palm Springs 1986/07/08 09:20	PALMSPR/NPS210	73.30	6.06
311	1.00	Kobe 1995/01/16 20:46	KOBE/KJM090	74.30	6.90
312	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/RRS318	73.00	6.69
313	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/CHY101-W	70.60	7.62
314	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU063-N	73.10	7.62
315	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU072-W	71.70	7.62
316	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU128-W	73.00	7.62
317	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/WGK-N	74.40	7.62
318	1.11	Gazli, USSR 1976/05/17	GAZLI/GAZ000	72.50	6.80
319	1.05	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-ECC092	72.50	6.53
320	1.38	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	72.50	6.90
321	1.20	Coalinga 1983/05/02 23:42	COALINGA/H-PVY045	72.50	6.36
322	1.16	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/HSP000	72.50	6.93
323	1.18	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/WVC270	72.50	6.93
324	1.39	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/ORR360	72.50	6.69
325	1.23	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL009	72.50	6.69
326	1.15	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL279	72.50	6.69
327	1.19	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CNP196	72.50	6.69
328	1.18	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STC180	72.50	6.69
329	1.23	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC180	72.50	7.51
330	1.44	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	72.50	7.51
331	1.10	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/YPT060	72.50	7.51

Tablo B.1(devam): Analizlerde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	M <sub>w</sub>
332	1.21	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/DZC180	72.50	7.14
333	1.29	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL000	72.50	7.14
334	1.17	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL090	72.50	7.14
335	1.00	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-E04230	76.60	6.53
336	1.00	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/SKR090	79.50	7.51
337	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/NWH090	75.50	6.69
338	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/SPV360	76.60	6.69
339	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/SYL090	78.20	6.69
340	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU065-N	78.80	7.62
341	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU067-W	79.50	7.62
342	1.00	Parkfield 1966/06/28 04:26	PARKF/C02065	75.10	6.19
343	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/PAR--L	75.20	6.69
344	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/SCE288	74.60	6.69
345	1.00	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/TAR360	77.60	6.69
346	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU102-N	77.10	7.62
347	1.08	Gazli, USSR 1976/05/17	GAZLI/GAZ090	77.50	6.80
348	1.13	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-ECC092	77.50	6.53
349	1.09	Imperial Valley 1979/10/15 23:16	IMPVALL/H-EDA270	77.50	6.53
350	1.47	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	ITALY/A-STU270	77.50	6.90
351	1.51	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/BRN000	77.50	6.93
352	1.26	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/WVC270	77.50	6.93
353	1.50	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER270	77.50	7.28
354	1.31	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL009	77.50	6.69
355	1.23	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/MUL279	77.50	6.69
356	1.27	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/CNP196	77.50	6.69
357	1.15	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/WPI316	77.50	6.69
358	1.26	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/STC180	77.50	6.69
359	1.06	Northridge 1994/01/17 12:31	NORTHR/RRS318	77.50	6.69
360	1.32	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/DZC180	77.50	7.51
361	1.54	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	77.50	7.51
362	1.29	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/DZC180	77.50	7.14
363	1.37	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL000	77.50	7.14
364	1.25	Duzce, Turkey 1999/11/12	DUZCE/BOL090	77.50	7.14



**Ek C.1 DOSB’de yer alan 41 adet karma ve iki katlı prefabrik binanın hasar görebilirlik eğrisi parametreleri**

**Tablo C.1: 41 Adet çok katlı prefabrik binanın hasar görebilirlik eğrisi parametreleri**

Bina No	Hafif Hasar		Orta Hasar		Ağır Hasar		Göçme	
	Ort.( $\mu$ )	Std. Sap ( $\sigma$ )	Ort.( $\mu$ )	Std. Sap ( $\sigma$ )	Ort.( $\mu$ )	Std. Sap ( $\sigma$ )	Ort.( $\mu$ )	Std. Sap ( $\sigma$ )
Bina ÇK1	3.356	0.548	3.695	0.451	3.869	0.402	3.935	0.377
Bina ÇK2	3.259	0.514	3.558	0.458	3.732	0.405	3.798	0.404
Bina ÇK3	3.802	0.374	3.957	0.327	4.091	0.242	4.133	0.243
Bina ÇK4	4.223	0.403	4.358	0.387	4.996	0.400	4.766	0.235
Bina ÇK5	3.805	0.516	4.085	0.353	4.538	0.236	4.647	0.208
Bina ÇK6	4.211	0.342	4.259	0.276	4.337	0.273	4.374	0.266
Bina ÇK7	3.789	0.369	4.015	0.272	4.491	0.229	4.478	0.134
Bina ÇK8	3.707	0.359	3.887	0.300	4.001	0.252	4.043	0.258
Bina ÇK9	4.181	0.377	4.338	0.282	4.780	0.250	4.900	0.300
Bina ÇK10	3.789	0.656	4.084	0.474	4.461	0.233	4.853	0.390
Bina ÇK11	3.723	0.568	4.053	0.358	4.429	0.152	4.910	0.318
Bina ÇK12	3.714	0.493	3.997	0.352	4.428	0.207	4.523	0.242
Bina ÇK13	3.451	0.520	3.826	0.396	4.090	0.312	4.152	0.281
Bina ÇK14	3.731	0.409	4.016	0.349	4.196	0.227	4.247	0.244
Bina ÇK15	3.463	0.463	3.740	0.383	3.916	0.325	3.960	0.323
Bina ÇK16	3.960	0.418	4.084	0.317	4.162	0.298	4.198	0.303
Bina ÇK17	3.849	0.559	4.103	0.321	4.565	0.276	4.910	0.290
Bina ÇK18	3.663	0.507	3.948	0.389	4.180	0.306	4.245	0.328
Bina ÇK19	3.790	0.568	4.079	0.407	4.412	0.273	4.429	0.194
Bina ÇK20	3.632	0.453	3.953	0.348	4.498	0.266	4.755	0.285
Bina ÇK21	4.002	0.445	4.199	0.325	4.476	0.194	4.754	0.301
Bina ÇK22	3.870	0.348	4.115	0.339	4.533	0.223	4.861	0.298
Bina ÇK23	3.917	0.343	4.099	0.288	4.404	0.090	4.910	0.300
Bina ÇK24	3.907	0.578	4.044	0.501	4.134	0.386	4.161	0.327
Bina ÇK25	3.824	0.290	3.960	0.285	4.050	0.273	4.077	0.294
Bina ÇK26	3.892	0.274	4.075	0.216	4.567	0.259	4.402	0.064
Bina ÇK27	3.696	0.401	3.852	0.349	3.934	0.339	3.963	0.333
Bina ÇK28	3.697	0.407	3.763	0.393	3.889	0.357	3.925	0.338
Bina ÇK29	3.666	0.420	3.894	0.355	4.048	0.355	4.105	0.287
Bina ÇK30	3.940	0.554	4.170	0.324	4.440	0.212	4.489	0.224
Bina ÇK31	4.002	0.445	4.199	0.333	4.395	0.236	4.429	0.211
Bina ÇK32	3.816	0.410	3.911	0.399	4.043	0.317	4.108	0.276
Bina ÇK33	3.622	0.568	4.006	0.445	4.399	0.268	4.414	0.209
Bina ÇK34	4.119	0.575	4.258	0.294	4.873	0.372	4.911	0.265
Bina ÇK35	3.729	0.350	3.889	0.287	3.952	0.259	3.975	0.266
Bina ÇK36	3.621	0.394	3.873	0.360	4.069	0.285	4.114	0.247
Bina ÇK37	3.443	0.556	3.823	0.466	4.316	0.242	4.371	0.179
Bina ÇK38	3.938	0.307	4.109	0.277	4.422	0.103	4.367	0.018
Bina ÇK39	3.939	0.386	4.169	0.304	4.419	0.296	4.455	0.251
Bina ÇK40	3.916	0.350	4.042	0.318	4.379	0.219	4.474	0.259
Bina ÇK41	3.583	0.525	3.931	0.407	4.441	0.205	4.538	0.217

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Ali KALKAN

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Sarıgöl/Manisa 22.09.1989

**Adres** : Pamukkale Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
DENİZLİ



**Lisans Üniversite** : Pamukkale Üniversitesi

### Yayın Listesi:

- **YILMAZ, Y, KALKAN, A.,** 2010. Mevcut Yapıların Elastik ve Elastik Olmayan Yöntem ile Değerlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi, Lisans Diploma Tezi, Denizli.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., KALKAN, A., YILMAZ, Y.,** 2012. Mevcut Prefabrik Binaların Mafsallı Birleşimlerinin Kesme ve Devrilme Güvenliğinin Araştırılması, IMO Teknik Dergi, SCI, Denizli.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., KALKAN, A., YILMAZ, Y.,** 2012. Investigation of Safety of Connection Region in Hinge Jointed Precast Buildings, 2012, Ankara.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., KALKAN, A., YILMAZ, Y.,** 2012-2013. Türkiye'deki Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Belirlenmesi, Tübitak Projesi, Proje No: 110M255, Ankara.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., KALKAN, A., YILMAZ, Y.,** 2013. Modelleme Tekniklerinin Mevcut Binaların Deprem Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., YILMAZ, Y, KALKAN, A.,** 2013. Yapısal Parametrelerin Tek Katlı Mafsallı Prefabrik Binaların Hasar Görebilirlik Eğrileri Üzerindeki Etkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay.
- **ŞENEL, Ş.M., PALANCI, M., KALKAN, A., YILMAZ, Y.,** 2013. 2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri ile İlişkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay.