

# TÜRKİYE'DEKİ PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

**Proje No: 110M255**

Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL

Prof. Dr. Mehmet İNEL

Doç. Dr. Ali Haydar KAYHAN

Mehmet PALANCI

Ali KALKAN

Yasin YILMAZ

MAYIS 2013

DENİZLİ

## ÖNSÖZ

Ülkemizde bulunan sanayi yapılarının büyük bir çoğunluğu prefabrik binalardan oluşmaktadır. Ülkemizin önemli sanayi yatırımlarının bulunduğu bölgeleri vuran 1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri prefabrik binaların ciddi şekilde hasar görmesine sebep olmuştur. Ülkemiz sanayi alanlarının büyük çoğunluğu deprem bölgelerinde bulunmaktadır. 1990'lar boyunca yapılan sanayi yapılarının yaklaşık %90'ının ise prefabrikasyon tekniği ile inşa edildiği bildirilmektedir. Belirtilen bu hususlar ülkemiz açısından benzer türden felaketlere yenilerinin eklenebileceğini göstermektedir. 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. 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 prefabrik yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, öncelikli araştırma alanları içinde yer almıştır. 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 ayrılacak kaynakları olabildiğince planlı kullanmak gerekmektedir" denilmektedir. Yukarıda sayılan bütün hususlar bu projenin gerekçesini net bir biçimde açıklamaktadır.

Yapılan proje çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 110M255 No'lu proje ile desteklenmiştir. Türkiye Prefabrik Birliği başlangıç aşamalarında yürütülen envanter çalışmalarına destek vermiştir. Proje arşivlerinin paylaşılması ve saha çalışmaları sırasında firmalarla görüşerek gerekli izinlerin alınması konularında Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nden destek alınmıştır. İlgili kurum ve kuruluşlara sağlamış oldukları desteklerden dolayı teşekkür ederiz.

# İÇİNDEKİLER

<b>1</b>	<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BİNALARDAN TOPLANAN YAPISAL BİLGİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ</b> .....	<b>4</b>
2.1	Binalara Ait Yapısal Bilgilerin Toplanması .....	7
2.2	Binalara Ait Yapısal Bilgilerin Değerlendirilmesi.....	11
<b>3</b>	<b>PREFABRİK KOLONLARA AİT MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ</b> .....	<b>16</b>
3.1	Prefabrik Binalara Ait Taşıyıcı Sistem Modellerinin Hazırlanması.....	16
3.2	Moment-Eğrilik Analizleri ve Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi .....	18
3.3	Kesit Hasar Bölgelerinin DBYBHY-2007’de Verilen Esaslara Göre Belirlenmesi.....	19
3.3.1	Seçilen Tek Katlı Örnek Binada Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	21
3.3.2	Seçilen Çok Katlı Örnek Binada Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi .....	24
<b>4</b>	<b>PREFABRİK BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESABI</b> .....	<b>28</b>
4.1	Tek Katlı Prefabrik Binaların Kapasite Eğrisi Hesabı .....	28
4.1.1	Seçilen Tek Katlı Örnek Binanın Kapasite Eğrisinin Hesabı.....	31
4.2	İki Katlı Prefabrik Binaların Kapasite Eğrisi Hesabı.....	33
4.2.1	Seçilen İki Katlı Örnek Binanın Kapasite Eğrisinin Hesabı .....	37
4.3	Tek ve Çok Katlı Binaların Kapasite Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	39
<b>5</b>	<b>PREFABRİK YAPI BİRLEŞİMLERİNİN KESME VE DEVRİLME GÜVENLİĞİNİN HESABI</b> .....	<b>42</b>
5.1	Mevcut Prefabrik Sanayi Yapılarının Birleşim Bölgeleri .....	46
5.2	Zaman Tanım Alanında Analiz İçin Kullanılan Deprem Kayıtları .....	47
5.3	Birleşim Bölgelerinin Kesme Güvenliğinin Hesabı İçin Hazırlanan Yapısal Analiz Modelleri.....	49
5.3.1	Birleşim Bölgelerinin Kesme Kapasitesinin Belirlenmesi .....	52
5.4	Birleşim Bölgelerinin Devrilme Güvenliğinin Hesabı İçin Hazırlanan Yapısal Analiz Modelleri.....	52
5.4.1	Birleşim Bölgesinde Devrilme Kapasitesinin Belirlenmesi .....	54
5.5	Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	58
5.5.1	Mafsallı Birleşimlerin Kesme Güvenliğinin Araştırılması.....	58
5.5.2	Mafsallı Birleşimlerin Devrilme Güvenliğinin Araştırılması.....	63
<b>6</b>	<b>TEK ve ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN HESABI</b> .....	<b>69</b>
6.1	Yerdeğiştirme Talebinin Hesabı için Kullanılan İvme Kayıtlarının Seçimi .....	69
6.2	Prefabrik Binalarda Oluşacak Yerdeğiştirme Taleplerinin Hesabı .....	71
6.2.1	Tek Katlı T64 ve T77 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi .....	72
6.2.2	İki Katlı Ç7 ve Ç12 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi .....	73
<b>7</b>	<b>PREFABRİK SANAYİ YAPILARI İÇİN HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ</b> .....	<b>76</b>
7.1	Seçilen Örnek Binalar İçin Hasar Görebilirlik Eğrilerinin Hesabı .....	77
7.1.1	Tek Katlı T19 Binası için Hasar Görebilirlik Eğrilerinin Hesabı .....	77
7.1.2	İki katlı Ç7 Binası için Hasar Görebilirlik Eğrilerinin Hesabı .....	80
7.2	Tüm Prefabrik Binaların İçin Hasar Görebilirlik Eğrileri .....	83
<b>8</b>	<b>HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ İLE YAPISAL PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI</b> .....	<b>85</b>

8.1 Tek Katlı Prefabrik Yapılarda Hasar Görebilirlik İle Yapısal Parametreler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi .....	86
8.1.1 Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	87
8.1.2 Orta Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	92
8.1.3 Ağır Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki	97
8.1.4 Göçme Durumu için Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki	102
8.2 Çok Katlı Prefabrik Yapılarda Hasar Görebilirlik İle Yapısal Parametreler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi .....	109
8.2.1 Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	109
8.2.2 Orta Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	113
8.2.3 Ağır Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki.....	117
8.2.4 Göçme Durumu için Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki	121
<b>9 PREFABRİK YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ TAHMİNİ İÇİN OLASILIK TABANLI HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ.....</b>	<b>126</b>
9.1 Tek Katlı T2 ve T19 Binalarında Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulanması .....	128
9.2 İki Katlı Ç7 ve Ç19 için Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulanması.....	132
<b>10 SONUÇLAR .....</b>	<b>135</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>137</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>140</b>

## Çizelgeler Dizini

Çizelge 2.1. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan firmaların faaliyet alanları [11] .....	5
Çizelge 2.2. DOSB'de yer alan bütün sanayi yapılarının dağılımları .....	6
Çizelge 3.1. DBYBHY-2007'de verile hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğıştirmeler .....	20
Çizelge 3.2. Bina T2'ye ait makas, aşık bilgileri .....	23
Çizelge 3.3. Bina T2'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri .....	23
Çizelge 3.4. Bina T2 ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri .....	24
Çizelge 3.5. Bina Ç7'ye ait makas, aşık bilgileri .....	27
Çizelge 3.6. Bina Ç7'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri .....	27
Çizelge 3.7. Bina Ç7 ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri .....	27
Çizelge 4.1. Bina T2 ait kolonların kesme ve yerdeğıştirme kapasite hesap sonuçları .....	32
Çizelge 4.2. Bina T2'ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları .....	32
Çizelge 4.3. Bina Ç7'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri .....	37
Çizelge 4.4. Bina Ç7 ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri .....	38
Çizelge 4.5. Bina Ç7 ait kolonların kapasite hesap sonuçları .....	38
Çizelge 4.6. Bina Ç7'ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları .....	38
Çizelge 5.1. Zaman tanım alanında analiz için kullanılan ivme kayıtları .....	47
Çizelge 5.2. Hazırlanan Tip 1 bina modellerinin özellikleri .....	50
Çizelge 5.3. Hazırlanan Tip 2 bina modellerinin özellikleri .....	51
Çizelge 5.4. Hazırlanan Tip 3 bina modellerinin özellikleri .....	51
Çizelge 5.5. Yaygın kullanılan birleşim pimleri ve kesme kapasiteleri .....	52
Çizelge 5.6. Bina Modellerinin Özellikleri .....	53
Çizelge 5.7. Aderans ve Pim Adedine Göre Kapasite Hesap Sonuçları .....	58
Çizelge 6.1. Maksimum yer hızı gruplarına ait kayıt sayısı, ortalama, standart sapma değerleri .....	70
Çizelge 6.2. Bina T64 ve T77'ye ait yapısal bilgilerin durumu .....	73
Çizelge 6.3. İki Katlı Bina Ç7 ve Ç12'ye ait yapısal bilgilerin durumu .....	74
Çizelge 7.1. Bina T19'a ait kapasite parametre bilgileri .....	78
Çizelge 7.2. Bina T19 için aşılma sayıları ve oranları .....	79
Çizelge 7.3. Bina T19 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri .....	80
Çizelge 7.4. Bina Ç7'ye ait kapasite parametre bilgileri .....	81
Çizelge 7.5. Bina Ç7 için aşılma sayıları ve oranları .....	82
Çizelge 7.6. Bina Ç7 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri .....	83
Çizelge 9.1. Tek katlı prefabrik yapılarında hızlı değerdendirme için hasar görebilirlik eğrisi parametreleri .....	127
Çizelge 9.2. İki katlı prefabrik yapılarında hızlı değerdendirme için hasar görebilirlik eğrisi parametreleri .....	128

Çizelge 9.3. Bina T2 ve Bina T19 için HDY ve Lognormal Sonuçların Karşılaştırılması .....	131
Çizelge 9.4. Bina Ç2 ve Bina Ç19 için HDY ve Lognormal Sonuçların Karşılaştırılması .....	133

## Şekiller Dizini

Şekil 1.1. Önemli prefabrik yapı hasarlarının yaşandığı geçmiş depremler ve DOSB'nin konumu.....	1
Şekil 2.1. Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nin havadan görünüşü .....	4
Şekil 2.2. DOSB'de bulunan prefabrik binaların sınıflandırılması.....	6
Şekil 2.3. Proje çalışması sırasında doldurulan örnek formlar-1 .....	7
Şekil 2.4. Proje çalışması sırasında doldurulan örnek formlar-2 .....	8
Şekil 2.5. Saha çalışmaları ile yerinde incelenen binalar .....	9
Şekil 2.6. Seçilen bir prefabrik binaya ait örnek taşıyıcı sistem planı .....	10
Şekil 2.7. İncelenen binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı .....	11
Şekil 2.8. İncelenen tek katlı binalardaki kolon boyutları (mm) .....	12
Şekil 2.9. İncelenen çok katlı ve karma binalardaki kolon boyutları (mm).....	12
Şekil 2.10. İncelenen binalara ait yüksekliklerin dağılımı (m).....	12
Şekil 2.11. İncelenen prefabrik yapılara ait makas açıklık uzunlukları (m).....	13
Şekil 2.12. İncelenen tek katlı prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranı dağılımı .	13
Şekil 2.13. İncelenen çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı	14
Şekil 2.14. İncelenen tüm prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı .....	14
Şekil 2.15. Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı.....	14
Şekil 2.16. İncelenen kolonlarda hacimsel enine donatı oranının dağılımı .....	15
Şekil 3.1. Mafsallı prefabrik sanayi yapısının tipik görünüşü.....	17
Şekil 3.2. Tek katlı prefabrik yapı çerçevesini oluşturan kolonların davranışı .....	17
Şekil 3.3. Tek katlı prefabrik bina kolonlarında eksenel kuvvet oranının dağılımı ( $N_{\%} = N/BHf_c$ ) .....	18
Şekil 3.4. 2007 Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan kesit hasar sınırlarının moment eğrilik grafiği üzerinde gösterimi.....	19
Şekil 3.5. Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ile tarif edilen hasar bölgeleri .....	19
Şekil 3.6. Bina T2'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları .....	21
Şekil 3.7. Bina T2'ye ait taşıyıcı sistem planı .....	22
Şekil 3.8. Bina T2 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm) .....	23
Şekil 3.9. Bina Ç7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları .....	25
Şekil 3.10. Bina Ç7'ye ait taşıyıcı sistem planı .....	26
Şekil 3.11. Bina Ç7 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm).....	26
Şekil 4.1. Prefabrik kolonlarda yerdeğiştirme hesabı .....	29
Şekil 4.2. Prefabrik bina kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin belirlenmesi .....	31
Şekil 4.3. Örnek prefabrik binayı temsil eden kapasite eğrisinin görünüşü .....	32
Şekil 4.4. Seçilen prefabrik binayı temsil eden ve birimsiz hale getirilen kapasite eğrisinin görünüşü .....	33

Şekil 4.5. Örnek prefabrik sistemde kesme, moment ve yerdeğiştirmelerin oluşumu .....	34
Şekil 4.6. İki katlı prefabrik yapının gösterimi (a.İki katlı Yapı, b. Kesme diyagramı, c. Moment Diyagramı, d.Eğrilik diyagramı) .....	35
Şekil 4.7 İki katlı prefabrik yapı boyunca eğrilik ve yerdeğiştirme profilindeki değişim.....	37
Şekil 4.8. Prefabrik bina kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin ötelenme kapasitelerinin belirlenmesi .....	39
Şekil 4.9. 98 adet tek katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s) .....	40
Şekil 4.10. 41 adet çok katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s) .....	40
Şekil 4.11. 98 adet tek katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi ( $V_t/W$ ) .....	40
Şekil 4.12. 41 adet çok katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi ( $V_t/W$ ) .....	40
Şekil 4.13. 98 adet tek katlı binada süneklik kapasitelerinin değişimi ( $\mu_\Delta$ ) .....	41
Şekil 4.14. 41 adet çok katlı binada süneklik kapasitelerinin değişimi ( $\mu_\Delta$ ).....	41
Şekil 5.1. Tek katlı birleşimleri mafsallı prefabrik binaların tipik görünümü .....	42
Şekil 5.2. Mafsallı prefabrik binalar için tipik birleşim ve eleman detayları .....	43
Şekil 5.3. Prefabrik yapılarda meydana gelen deprem hasarları.....	44
Şekil 5.4. Birleşim bölgelerinde kesme etkisi ile hasar oluşumu .....	45
Şekil 5.5. Geçmiş depremlerden sonra tespit edilen birleşim bölgesi hasarları .....	45
Şekil 5.6. Makasların birleşim etrafında dönerek devrilmesi .....	46
Şekil 5.7. Makas devrilmesi ile oluşan birleşim hasarlarından örnekler .....	46
Şekil 5.8. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 139 adet binada kullanılan pimlerin çapı ve adedinin dağılımları .....	47
Şekil 5.9. Seçilen ivme kayıtlarının periyoda bağlı spektral ivme değerleri ve kayıtların ortalaması.....	49
Şekil 5.10. Analizler sırasında kullanılan 2 boyutlu prefabrik çerçeve modeli .....	49
Şekil 5.11. Analizler Sırasında Kullanılan 3 Boyutlu Çerçeve Modeli.....	53
Şekil 5.12. Birleşim bölgesi tipik görünüşü ve devrilme mekanizmasının görünümü .....	55
Şekil 5.13. Beton ile pim arasında meydana gelen aderans gerilmelerinin gösterimi .....	55
Şekil 5.14. Tek ve çift pimli birleşimlerde devrilme ve dönme kapasitesinin hesabı .....	57
Şekil 5.15. Tip 1 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi .....	59
Şekil 5.16. Tip 2 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi .....	59
Şekil 5.17. Tip 3 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi .....	59
Şekil 5.18. Tip 1 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları	60
Şekil 5.19. Tip 1 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları	60
Şekil 5.20. Tip 2 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları	61
Şekil 5.21. Tip 2 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları	61
Şekil 5.22. Tip 3 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları	61
Şekil 5.23. Tip 3 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları	62
Şekil 5.24. Bütün modellerde tek pim donatısı için talep/kapasite oranları .....	62



Şekil 5.25. Bütün modellerde çift pim donatısı için talep/kapasite oranları .....	62
Şekil 5.26. 35x35 kesitli, aderansın %100 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	63
Şekil 5.27. 35x35 kesitli, aderansın %100 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	64
Şekil 5.28. 65x65 kesitli, aderansın %100 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	64
Şekil 5.29. 65x65 kesitli, aderansın %100 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	64
Şekil 5.30. 35x35 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	65
Şekil 5.31. 35x35 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	65
Şekil 5.32. 45x45 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	65
Şekil 5.33. 45x45 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları ....	66
Şekil 5.34. 55x55 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modelin talep/kapasite oranları ....	66
Şekil 5.35. 55x55 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları ....	66
Şekil 5.36. 65x65 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modelin talep/kapasite oranları ....	67
Şekil 5.37. 65x65 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları ....	67
Şekil 5.38. 35x35 kesitli, aderansın Tam, %50 ve %10 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları .....	67
Şekil 6.1. Seçilen Kayıtların maksimum yer hızlarına göre sınıflandırılması .....	70
Şekil 6.2. Prefabrik binanın elastoplastik çevrimsel davranış modelinin tipik görünümü.....	71
Şekil 6.3. Çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceliye geçiş .....	72
Şekil 6.4. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina T64'e ait histerisis eğrisi.....	73
Şekil 6.5. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina T77'e ait histerisis eğrisi.....	73
Şekil 6.6. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina Ç7'e ait histerisis eğrisi .....	74
Şekil 6.7. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina Ç12'e ait histerisis eğrisi .....	74
Şekil 6.8. Tek katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğiştirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi .....	75
Şekil 6.9. İki katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğiştirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi .....	75
Şekil 7.1. Bina T19'a ait sahadan çekilen fotoğraflar .....	78
Şekil 7.2. Bina T19 için seçilen çerçeve görünüşü ve binaya ait kapasite eğrisi.....	78
Şekil 7.3. Bina T19'un GÇ seviyesini aşma olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri .....	79
Şekil 7.4. Bina T19'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri.....	80
Şekil 7.5. Bina Ç7'ye ait sahadan çekilen fotoğraflar .....	81
Şekil 7.6. Bina Ç7'ye ait kapasite eğrisi .....	81

Şekil 7.7. Bina Ç7 akma seviyesini geçme olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri .....	82
Şekil 7.8. Bina Ç7'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri .....	83
Şekil 7.9. Tek katlı prefabrik yapılarda güvenlik sınırının (GV) aşılması olasılığını gösteren hasar görebilirlik eğrileri .....	84
Şekil 7.10. Çok katlı prefabrik binalarda güvenlik sınırının (GV) aşılması olasılığını gösteren hasar görebilirlik eğrileri .....	84
Şekil 8.1. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar sınırını aşma olasılıkları.....	87
Şekil 8.2. $Vt/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	87
Şekil 8.3. $Vt/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	88
Şekil 8.4. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	88
Şekil 8.5. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	89
Şekil 8.6. $Vt/W \geq 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	89
Şekil 8.7. $Vt/W \geq 25\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	89
Şekil 8.8. $Vt/W \leq 15\%$ binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .	90
Şekil 8.9. $15\% < Vt/W < 25\%$ binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	90
Şekil 8.10. $Vt/W \geq 25\%$ binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	91
Şekil 8.11. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S \leq 100$ için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	91
Şekil 8.12. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S > 100$ için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	92
Şekil 8.13. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların orta hasar sınırını aşma olasılıkları .....	92
Şekil 8.14. $Vt/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	93
Şekil 8.15. $Vt/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	93
Şekil 8.16. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	94
Şekil 8.17. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	94
Şekil 8.18. $Vt/W \geq 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	94
Şekil 8.19. $Vt/W \geq 25\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	95
Şekil 8.20. $Vt/W \leq 15\%$ binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması	95
Şekil 8.21. $15\% < Vt/W < 25\%$ binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	96
Şekil 8.22. $Vt/W \geq 25\%$ binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması	96
Şekil 8.23. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S \leq 100$ için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	97
Şekil 8.24. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S > 100$ için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	97
Şekil 8.25. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar sınırını aşma olasılıkları .....	98

Şekil 8.26. $Vt/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	98
Şekil 8.27. $Vt/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	98
Şekil 8.28. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	99
Şekil 8.29. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	99
Şekil 8.30. $Vt/W \geq 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	100
Şekil 8.31. $Vt/W \geq 25\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	100
Şekil 8.32. $Vt/W \leq 15\%$ binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	101
Şekil 8.33. $15\% < Vt/W < 25\%$ binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	101
Şekil 8.34. $Vt/W \geq 25\%$ binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	101
Şekil 8.35. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S \leq 100$ için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	102
Şekil 8.36. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S > 100$ için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	102
Şekil 8.37. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların göçme sınırını aşma olasılıkları.....	103
Şekil 8.38. $Vt/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları.....	103
Şekil 8.39. $Vt/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları .....	103
Şekil 8.40. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları .....	104
Şekil 8.41. $15\% < Vt/W < 25\%$ & $S > 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları .....	104
Şekil 8.42. $Vt/W \geq 25\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları .....	105
Şekil 8.43. $Vt/W \geq 25\%$ & $S > 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları .....	105
Şekil 8.44. $Vt/W \leq 15\%$ binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	106
Şekil 8.45. $15\% < Vt/W < 25\%$ binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	106
Şekil 8.46. $Vt/W \geq 25\%$ binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	106
Şekil 8.47. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S \leq 100$ için ortalama göçme hasarı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	107
Şekil 8.48. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda $S > 100$ için ortalama göçme hasarı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	107
Şekil 8.49. $Vt/W \leq 15\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol, $S \leq 100$ ; sağ, $S > 100$ ) .....	108
Şekil 8.50. $15\% < Vt/W \leq 25\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol, $S \leq 100$ ; sağ, $S > 100$ ).....	108
Şekil 8.51. $Vt/W > 25\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol, $S \leq 100$ ; sağ, $S > 100$ ) .....	108
Şekil 8.52. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar sınırını aşma olasılıkları .....	109

Şekil 8.53. $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	110
Şekil 8.54. $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	110
Şekil 8.55. $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	110
Şekil 8.56. $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	111
Şekil 8.57. $V_t/W \leq 15\%$ binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	111
Şekil 8.58. $V_t/W > 15\%$ binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	112
Şekil 8.59. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	112
Şekil 8.60. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	113
Şekil 8.61. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların orta hasar sınırını aşma olasılıkları .....	113
Şekil 8.62. $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları.....	114
Şekil 8.63. $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	114
Şekil 8.64. $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	115
Şekil 8.65. $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	115
Şekil 8.66. $V_t/W \leq 15\%$ binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	115
Şekil 8.67. $V_t/W > 15\%$ binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	116
Şekil 8.68. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	116
Şekil 8.69. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	117
Şekil 8.70. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar sınırını aşma olasılıkları .....	117
Şekil 8.71. $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	118
Şekil 8.72. $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	118
Şekil 8.73. $V_t/W > 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	119
Şekil 8.74. $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları .....	119
Şekil 8.75. $V_t/W \leq 15\%$ binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	119
Şekil 8.76. $V_t/W > 15\%$ binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	120
Şekil 8.77. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	120
Şekil 8.78. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	121
Şekil 8.79. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların göçme sınırını aşma olasılıkları .....	121
Şekil 8.80. $V_t/W \leq 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları.....	122

Şekil 8.81. $V_t/W \leq 15\%$ & $S > 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları.....	122
Şekil 8.82. $V_t/W < 15\%$ & $S \leq 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları.....	123
Şekil 8.83. $V_t/W > 15\%$ & $S > 100$ binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları.....	123
Şekil 8.84. $V_t/W \leq 15\%$ binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	123
Şekil 8.85. $V_t/W > 15\%$ binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması .....	124
Şekil 8.86. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S \leq 100$ için ortalama göçme sınırı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	124
Şekil 8.87. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda $S > 100$ için ortalama göçme sınırı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması .....	125
Şekil 8.88. $V_t/W \leq 15\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol, $S \leq 100$ ; sağ, $S > 100$ ) .....	125
Şekil 8.89. $V_t/W > 15\%$ binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol, $S \leq 100$ ; sağ, $S > 100$ ) .....	125
Şekil 9.1. Tek Katlı T2 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	130
Şekil 9.2. Tek Katlı T2 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	131
Şekil 9.3. Tek Katlı T19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	131
Şekil 9.4. Tek Katlı T19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	131
Şekil 9.5. İki Katlı Ç7 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	132
Şekil 9.6. İki Katlı Ç7 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	133
Şekil 9.7. İki Katlı Ç19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	133
Şekil 9.8. İki Katlı 19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları .....	133

## ÖZET

Özellikle son 30 yıldır artan özel sektör yatırımları sanayi yapısına olan ihtiyacı önemli ölçüde arttırmıştır. Bu hızlı sanayileşme sürecinde prefabrik yapılar çok ciddi maliyet ve imalat kolaylıkları sebebiyle yaygın biçimde tercih edilmiş ve kullanılmıştır. Bu hızlı yapılaşma sürecinde söz konusu binaların deprem güvenliği yeterince sorgulanmamış ve araştırılmamıştır. 1998 Adana-Ceyhan, 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde prefabrik sanayi yapılarının önemli ölçüde hasar görmesi, bu yapıların deprem güvenliği ile ilgili araştırmaların artmasına vesile olmuştur. Ülkemiz sanayi alanlarının büyük bir çoğunluğunun deprem bölgeleri üzerinde olması ve bu bölgelerde bulunan sanayi yapılarının çoğunun prefabrik binalardan oluşması mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesine yönelik çalışmaları gerekli hale getirmiştir. Bu amaç doğrultusunda ülkemizin önemli sanayi şehirlerinden biri durumundaki Denizli'nin en büyük, Ege Bölgesi'nin ise önemli sanayi alanlarından biri durumundaki Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan bütün prefabrik binalar incelenmiştir. Bulunan sonuçlar bölgede bulunan sanayi yapılarının %70-80'inin prefabrik binalardan oluştuğunu, bu yapıların ise çok büyük bir çoğunluğunun 1998 yılından önce inşa edilen mafsallı birleşimli tek katlı binalar olduğunu göstermiştir. Bölgede bulunan prefabrik binalara ait bilgiler büro ve saha çalışmaları ile belirlenmiş ve hazırlanan envanterler yardımı ile mevcut binaların yapısal özellikleri istatistiksel olarak incelenmiştir. Binaların doğrusal olmayan taşıyıcı sistem modelleri hazırlanmış, dayanım ve yerdeğiştirme değerlerini temsil eden kapasite eğrileri elde edilmiştir. Mafsallı birleşimlerin kesme ve devrilme güvenlikleri, hazırlanan bina modellerinin zaman tanım alanında analizleri ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, binalar rijitleştikçe kesme ve devrilme riskinin arttığını göstermiştir. Envanterde bulunan 98 adet tek katlı, 41 adet de çift katlı binanın deprem performansları, maksimum yer hızının deprem parametresi olarak kullanıldığı hasar görebilirlik eğrileri ile araştırılmıştır. Göreceli olarak birbirine yakın seyreden hasar görebilirlik eğrileri ile temsil edilebilecek bina gruplarının ve bu grupları temsil eden ortak yapısal özelliklerin neler olduğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yatay dayanım oranı ve süneklik üzerinden yapılan sınıflandırma işleminin özellikle ağır hasar ve göçme durumları açısından uygulanabilir sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu bilgiden yararlanılarak benzer yapısal özelliklere sahip binaların hasar görebilirlik eğrilerini temsil eden ve lognormal dağılıma uyduğu kabul edilen ortalama hasar görebilirlik eğrilerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Ortalama ve standart sapma değerleri ile tarif edilen bu eğriler yardımı ile farklı bina gruplarında oluşması beklenen hasar olasılıklarının hızlı bir biçimde belirlenebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mevcut prefabrik binalar, deprem performansı, hasar görebilirlik eğrileri

## **ABSTRACT**

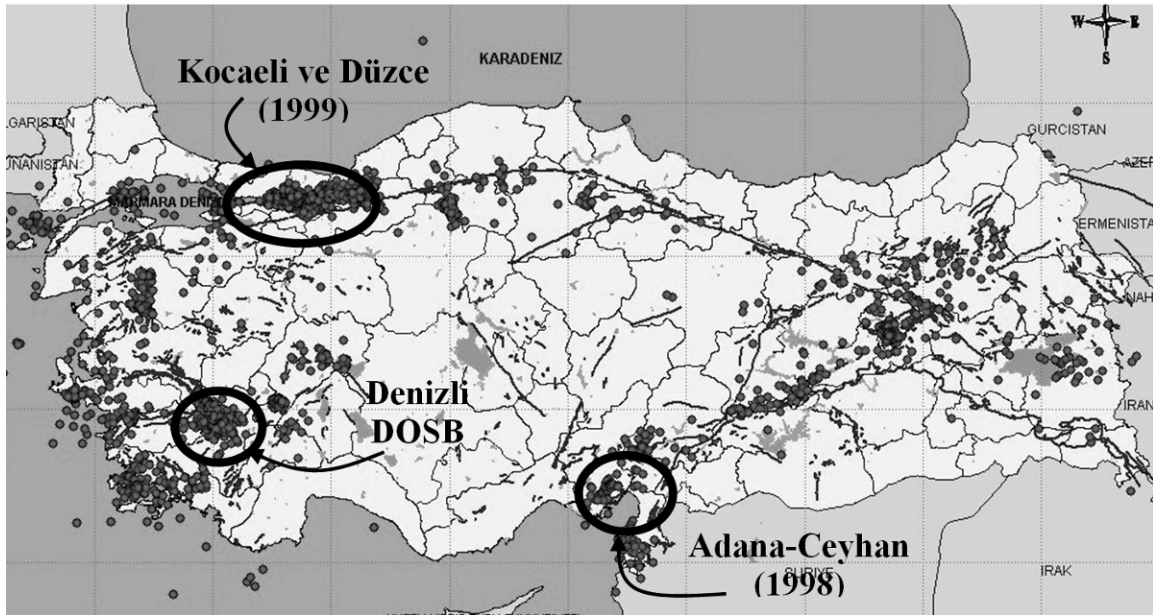
Especially in last 30 years, considerable growth in private sector investments in Turkey has increased the demand to industrial buildings. In this rapid industrialization period precast buildings have been widely used because of their cost and construction advantages. Seismic safety of buildings, however have not been questioned and investigated enough. After 1998 Adana-Ceyhan and 1999 Kocaeli and Duzce earthquakes, which caused significant damages in industrial buildings, research studies on earthquake safety of precast buildings have increased. In Turkey, majority of industrial regions are located on seismic regions and the majority of buildings constructed in these areas are composed of pinned precast buildings. These circumstances imply that it is necessary to make research studies about the seismic safety of precast industrial structures. For this purpose, Denizli which is one of the most important industrial cities of western Turkey was selected. Precast buildings located in this zone were investigated by means of project and site investigations. The results of inventory studies have shown that 70 to 80 % of existing industrial buildings are prefabricated buildings and large majority of these buildings were constructed before 1998. It is also shown that major portion of these structures composed of one story pinned precast buildings. Structural properties of buildings were determined and then detailed inventories were prepared in order to make statistical evaluation of existing building stock. Considering the inventories non-linear building models were constructed and strength and deformation capacities of all buildings were obtained. First, shear and overturning safety of inventory building connections were tested by using time history analyses. The results have shown that shear and overturning safety of connections decrease in stiffer and stronger buildings. Seismic safety of single and double story buildings were investigated by using fragility curves. In these curves peak ground velocities are considered to define seismic intensity parameter. Then, structural properties that affect the distribution of fragility curves were investigated. By this method it was aimed to find most effective structural parameters that reduce the variation of fragility curves. Investigations have shown that lateral strength and deformation capacity of buildings are the most effective and simple parameters that control the variation of fragility curves. Closer curves obtained from structurally similar buildings indicated that mean curves can be used for rapid performance estimation studies. By using the log-normal distribution assumption mean and standard deviation values which define the fragility curves of different building groups were calculated. Test studies have shown that probability based assessment approach provided in this study can be used in rapid assessment of existing precast buildings.

**Keywords:** Existing precast buildings, seismic performance, fragility curves

## 1 GİRİŞ

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 ülkelerden alınan veya adapte edilen, genelde mafsallı birleşimlerden oluşan, çoğu tek katlı [15] 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 [7, 10, 18, 31, 32, 33, 43].



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



Ülkemiz sanayi alanlarının %98'i deprem bölgelerinde bulunmaktadır [1]. 1990'lar boyunca yapılan sanayi yapılarının yaklaşık %90'ının ise prefabrikasyon tekniği ile inşa edildiği bildirilmektedir [19, 31]. Bu durum deprem riski altında bulunan ve büyük çoğunluğu 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden [3] 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 [41]. 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 [42], (UDAP- Strateji, Araştırma Alanları ve Ar-Ge Konuları-2005)" raporunda ise prefabrik yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, öncelikli araştırma alanları içinde yer almıştır. Son olarak 2009 yılında Bayındırlık Bakanlığı tarafından yayınlanan "Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kamu Araştırma Programı-BİKAP" raporunda da [9] "...mevcut yapı stokumuzu muhtemel tehlikeleri dikkate alarak incelemek, yetersiz özellikteki yapıları belirlemek, bunları bir tehlike sıralamasına koymak ve bu konulara ayrılacak kaynakları olabildiğince planlı kullanmak gerekmektedir" denilmektedir (Bkz. BİKAP Raporu, Amaç 3).

Yürütülen 110M255 No'lu proje çalışması ile bu problemlerin teşhisi ve tedavisi konularına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Prefabrik binalarda hasar ile ilişkilendirilen yapısal özelliklerin ve bu özelliklerden kaynaklanan zayıflıkların belirlenebilmesi için saha ve büro çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu depremlerden etkilenen bölgelerin oldukça uzağında bulunan ve ülkemizin önemli sanayi şehirlerinden biri olan Denizli'nin en büyük, ege bölgesinin ise önemli sanayi alanlarından biri durumundaki Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde (DOSB) bulunan bütün prefabrik binalar incelenmiştir. İncelenen alan 1. derece deprem bölgesinde bulunmasına rağmen henüz şiddetli bir deprem yaşamamıştır. Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nden alınan bilgi paylaşımı desteği ile iki yıl süren bir çalışma yapılmış, müdürlük arşivindeki prefabrik binaların betonarme projeleri incelenmiştir. Büro çalışmalarını takip eden saha çalışmaları ile elde edilen yapısal bilgiler yerinde kontrol edilmiş, prefabrik binalara ait veri tabanları hazırlanmıştır. Bulunan sonuçlar bölgede incelenen sanayi yapılarının %70-80'inin prefabrik binalardan oluştuğunu, bu yapıların ise çok büyük bir çoğunluğunun özellikle 1998 yılından önce inşa edilen mafsallı birleşimli tek katlı binalar olduğunu göstermektedir [37, 38]. Gerek proje incelemeleri, gerekse de saha çalışmaları ile tespit edilen yapısal özellikler, Adana-Ceyhan ve Marmara depremleri sonrasında tespit

edilen yapısal özellikler ile büyük benzerlikler göstermektedir. Bu durum ülkemizde bulunan prefabrik bina stoğu ile ilgili tespit edilen sorunların bölgesel olmaktan ziyade genel ve yaygın olduğunu göstermektedir. Proje kapsamında yapılan çalışmalar sayesinde prefabrik sanayi yapılarının kullanım amaçları, yapım yılları, kat sayıları, aks açıklıkları, temel tipi ve boyutları, birleşim türü ve özellikleri, betonarme elemanların boyları ve kesit boyutları, malzeme sınıfları, boyuna ve enine donatı miktarları, v.b. gibi pek çok konuda bilgi toplanmıştır.

## 2 BİNALARDAN TOPLANAN YAPISAL BİLGİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projeye ait çalışmaların önemli bir bölümünü Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde (DOSB) bulunan prefabrik binaların değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar oluşturmaktadır. Proje kapsamında ele alınan Denizli Organize Sanayi Bölgesinin havadan görünüşü Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Denizli Organize Sanayi Bölgesi, 24.01.1975 tarihinde, Denizli–Afyon karayolu üzerinde kurulmuştur. Bölgede büyüklükleri değişen toplam 141 adet sanayi parseli bulunmaktadır. 1996 yılında ilave imar planı yapılarak parsel sayısı 159'a ulaşmıştır. Bölgede bulunan sanayi parsellerinin büyüklükleri 5000m<sup>2</sup> ile 110.000m<sup>2</sup> [13] arasında değişmektedir.



Şekil 2.1. Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nin havadan görünüşü

Bölgede üretim faaliyetine devam eden firmaların faaliyet kollarına göre dağılımları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu çizelgeden de anlaşılacağı gibi sanayi sitesinde üretim faaliyetinde bulunan firmaların büyük çoğunluğunu tekstil ve kimya sanayisi üzerine çalışan firmalar oluşturmaktadır.

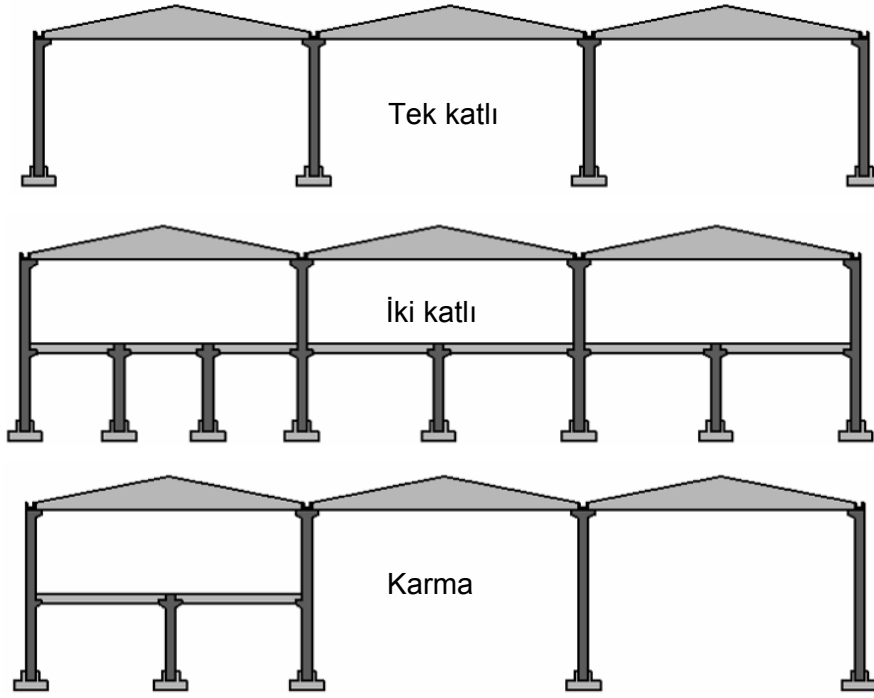
Çizelge 2.1. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan firmaların faaliyet alanları [11]

ÜRETİMDE OLAN FİRMALAR			
			ÜRETİM
1	.GRUP	TEKSTİL	
	A-)	Dokuma ve Giyim Sanayi	92
	B-)	İplik Sanayi	7
2	.GRUP	KİMYA	
	A-)	Tekstil-Boya-Apre	16
	B-)	Diğer Kimya	1
3	.GRUP	PLASTİK SANAYİ	2
4	.GRUP	TARIM ALETLERİ MAKİNA	6
5	.GRUP	DEMİR DIŞI METAL SANAYİ	6
6	.GRUP	CAM SANAYİ	3
7	.GRUP	KÂĞIT SANAYİ	3
8	.GRUP	DEMİR-ÇELİK SANAYİ	8
9	.GRUP	MADENİ EŞYA SANAYİ	3
10	.GRUP	ELEKTRİK-ELEKTRONİK	1
11	.GRUP	ELEKTRİK ÜRETİM SANAYİ	2
12	.GRUP	MERMER SANAYİ	3
13	.GRUP	GIDA SANAYİ	2
14	.GRUP	MESLEK-BİLİM-ÖLÇÜ-	2
		TOPLAM	156

Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nün desteği ile yürütülen çalışmalar, bölgede faaliyet gösteren 156 adet firmanın toplam 203 adet sanayi yapısını kullanarak üretim faaliyetlerine devam ettiğini göstermektedir. Bu 203 binaya idari amaçlar için kullanılan ve üretimin ve depolamanın yapılmadığı binalar dahil değildir. Sözü edilen binaların taşıyıcı sistem türlerine göre dağılımları Çizelge 2.2'de verilmektedir. 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 2.2'de verilmiştir. Üç ve üzeri katlı yapılar bina stoğu içinde çok küçük bir kısmı temsil etmektedir.

Çizelge 2.2. DOSB’de 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 2.2. DOSB’de bulunan prefabrik binaların sınıflandırılması

Çizelge 2.2’den de anlaşılacağı üzere DOSB’de yer alan sanayi yapılarının çok büyük bir çoğunluğunu prefabrik binalar oluşturmaktadır. Prefabrik binaların büyük bir kısmını ise (%66) sadece tek katlı ve mafsallı yapılar meydana getirmektedir. 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. Proje ve saha çalışmaları sırasında Çizelge 2.2’de belirtilen tek katlı prefabrik sanayi yapılarının 98 tanesinin, çok katlı ve karma binaların ise 42 tanesinin yapısal

bilgilerine ulaşılabilmektedir. Dolayısı ile çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde verilen istatistiksel bilgiler ve değerlendirmeler yapısal bilgilerine ulaşılan prefabrik binalar ile ilgilidir.

## 2.1 Binalara Ait Yapısal Bilgilerin Toplanması

Binalar hakkında yapısal bilgiler toplanırken öncelikle DOSB arşivinde proje çalışmaları yapılmıştır. Prefabrik binaların aks açıklıkları, bina yükseklikleri, kolon kesit boyutları, boyuna ve enine donatı oranları, makas ve kiriş boyutları, birleşim bilgileri, temel özellikleri, bölme duvar yerleşimleri ve tipi (prefabrik betonarme panel veya tuğla duvar) gibi yapısal özellikleri belirlenmiştir. Büro çalışması kapsamında toplanan proje bilgileri düzenlenmiş, saha çalışmalarının altlığını oluşturan proje tabanlı bina envanterleri hazırlanmıştır. Proje çalışması için hazırlanan veri toplama formlarının örneği Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



**Prefabrik Bina Bilgi Toplama Formu -1** Sayfa: 1/6  
40

---

**1. GENEL BİLGİLER**

Bina Kodu	: 40	İnceleme Tarihi	: / /
Binanın Adı - Sahibi	: Gamaşon A.Ş.		
Binanın Adresi	: OSB 126/11		
İnşaat Tarihi	: / /		
Proje Durumu	: Statik: Var <input checked="" type="checkbox"/>	İnşaatı Yapan Firma	: Dİbeton
Tasarım Malzemeleri	: Beton: Donatı:	Zemin Emn. Ger.	: 60
Yerinde beton fc (Mpa)	:	Proje Onay Yılı	: 1997
Hasar Durumu	:		

---

**2. BİNA BİLGİLERİ**

Temel Tipi	: Tck1
Kat sayısı	: 1
Ara kat yüksekliği (varsa,cm)	: Sıfır kat ver (335)
Kolon yüksekliği (cm)	: 730
Kolon boyutları (cm)	: 40x40
Cephe kolonları sayısı ve boyutları (cm)	: -
Cephe Kaplaması türü	: -
Cephe aksları arasındaki duvar türü	: -
Cephe duvarı-çerçeve bağlantısı türü	: -
Makas kirişi uzunluğu (cm)	: 2000
İki makas arasındaki açıklık (cm)	: 750
Makas kirişine dik yönde açıklık sayısı	: 16
Makas kirişine paralel yönde açıklık sayısı	: 4
Bir makas kirişi üzerine oturan aşık sayısı	: 14
Çatı kaplaması türü / kalınlığı	: -
Makas kirişi bağlantısı	: Tek pim ( ) Çift Pim ( ) Yuvalı ( ) Pim Çapı: Pimde Bulunur mu?:
Çatı türü	: Δ şeklinde ( ) Ters V ( ) Uzay çatı ( ) Kaynaklı bağlantı.

İnceleme Ekibinin Bina Hakkındaki İlave Görüşleri (Formlar doldurulduktan sonra yazılacaktır)

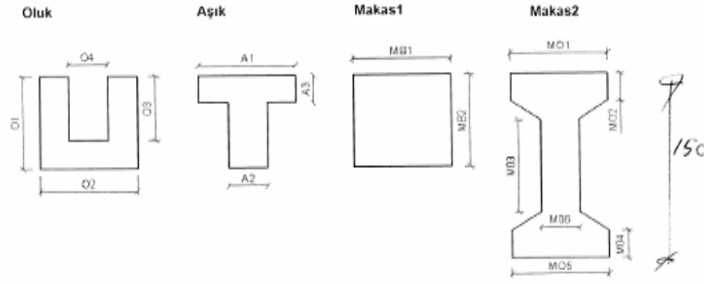
Temel BS14-BC1-BC10.  
Makas - kolon bağlantısı kaynaklı - tek pimli.  
Sıfır katındaki kolonlar o seviyesinde ölçüme ile bağlantı.

Şekil 2.3. Proje çalışması sırasında doldurulan örnek formlar-1

Prefabrik Bina Bilgi Toplama Formu -9

Sayfa: 6/6

6. ÇATI DÜZLEMİ ELEMANLARI BOYUTLARI



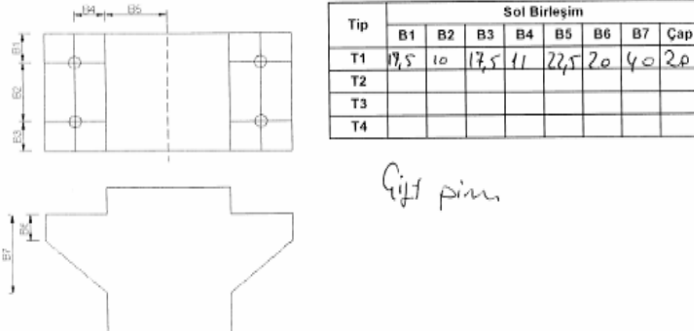
Oluk Kesiti Boyutları (cm)				
Oluk	O1	O2	O3	O4
1	40	40	30	26
2				

Aşık Kesiti Boyutları (cm)			
Aşık	A1	A2	A3
1	18	8	5
2			

Makas Başlangıç ve Orta Kesit Boyutları ve Donatısı (cm)

Makas	MAKAS1				MAKAS2							
	MB1	MB2	As	As'	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	MO6	As	As'
1	25	60			25	15	15	10	25	12		
2												

7. KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİM DETAYLARI



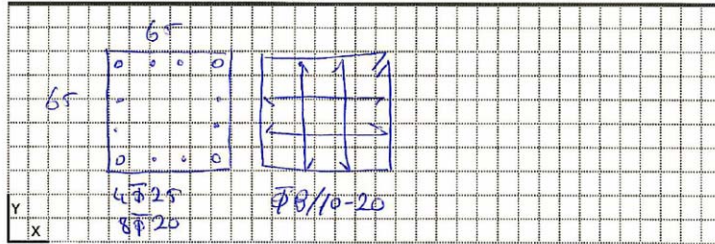
Gilt pim

5. KOLONLAR İLE İLGİLİ BİLGİLER

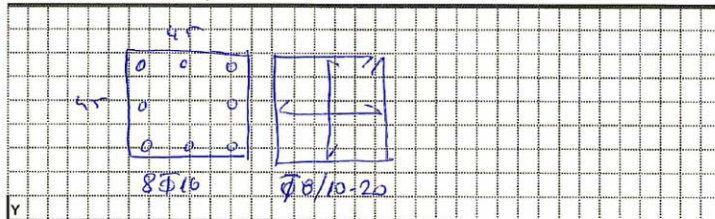
Sayfa: 5/6

Kolon Boyutları	:	Tip1: 65x65	Tip2: 45x45	Tip3:
		Tip4:	Tip5:	Tip6:
Boyuna Donatı ve Etriye Donatısı Türü	:	Boyuna: BCU	Etriye: BCU	
Etriye aralığı (cm)	:	Uç bölgelerde: 10	Orta Bölgede: 20	

Kolon Boyutları ve Donatısı Çizimi



Kolon Boyutları ve Donatısı Çizimi



Şekil 2.4. Proje çalışması sırasında doldurulan örnek formlar-2

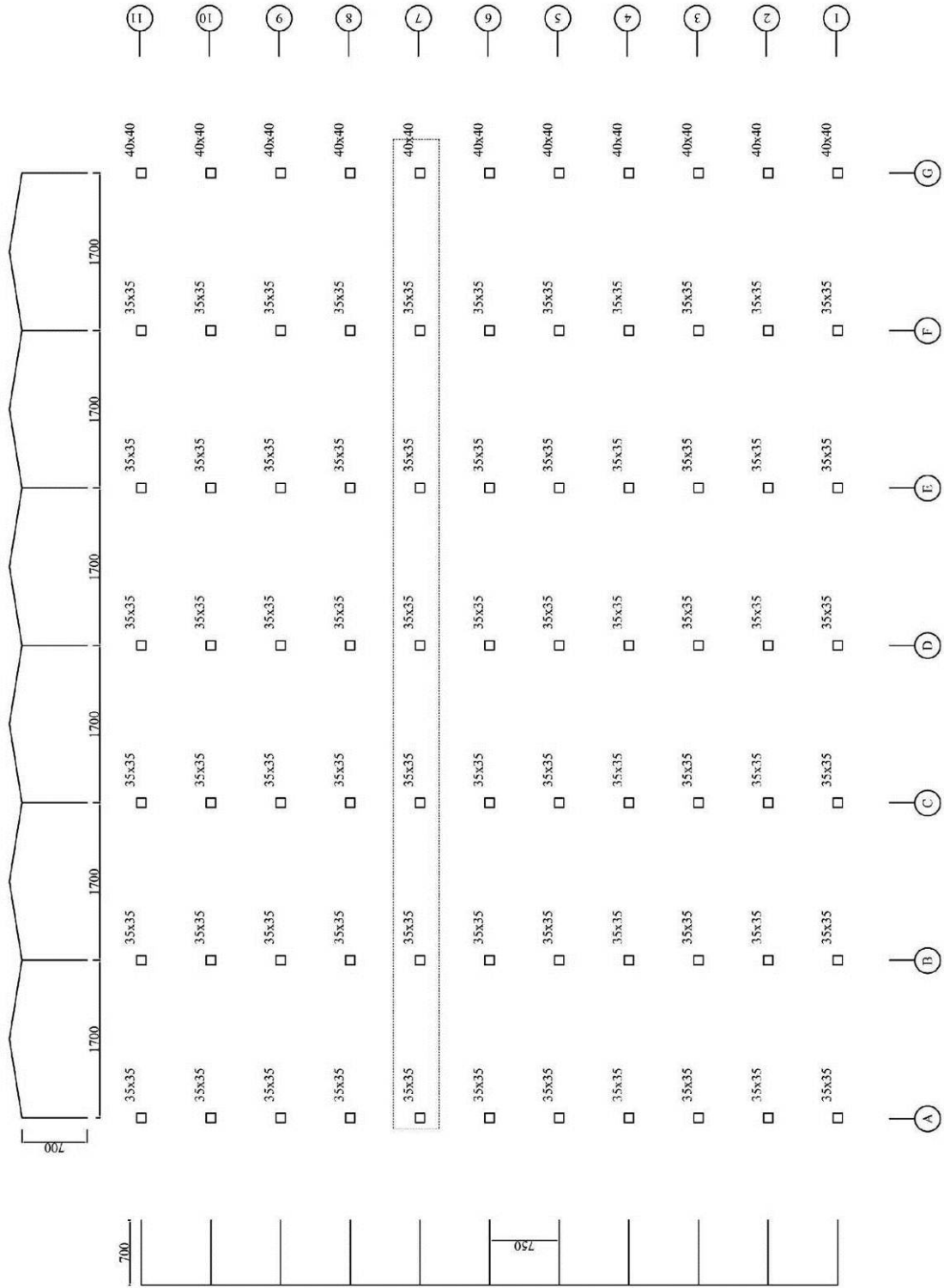
Proje tabanlı bilgilerin toplanmasından sonra saha çalışmalarına başlanmış ve proje envanterlerinde toplanan yapısal bilgilerin doğruluğu yerinde kontrol edilmiştir. Böylelikle hazırlanan bina envanterlerine son şekli verilmiştir. Saha çalışmaları sırasında binalardan çekilen örnek fotoğraflar Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Saha çalışmaları ile yerinde incelenen binalar

Binalardan elde edilen yapısal bilgilerin bir araya getirilmesi ile birlikte bina taşıyıcı sistemi genel hatları ile ortaya çıkarılmıştır. Envanterde toplanan bilgiler kullanarak binalara ait taşıyıcı sistem planları bilgisayara ortamına aktarılmış ve düzenlenmiştir. Örnek bir binadan elde edilen taşıyıcı sistem planının görünüşü Şekil 2.6'da verilmiştir.

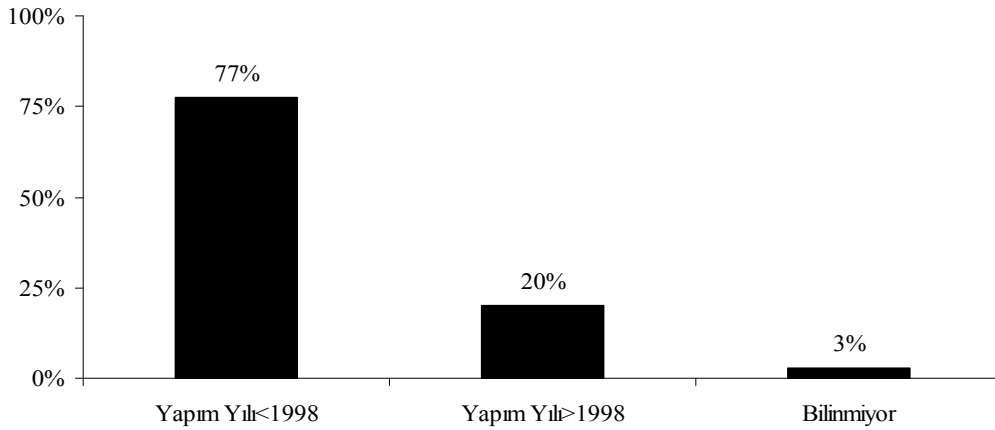




Şekil 2.6. Seçilen bir prefabrik binaya ait örnek taşıyıcı sistem planı

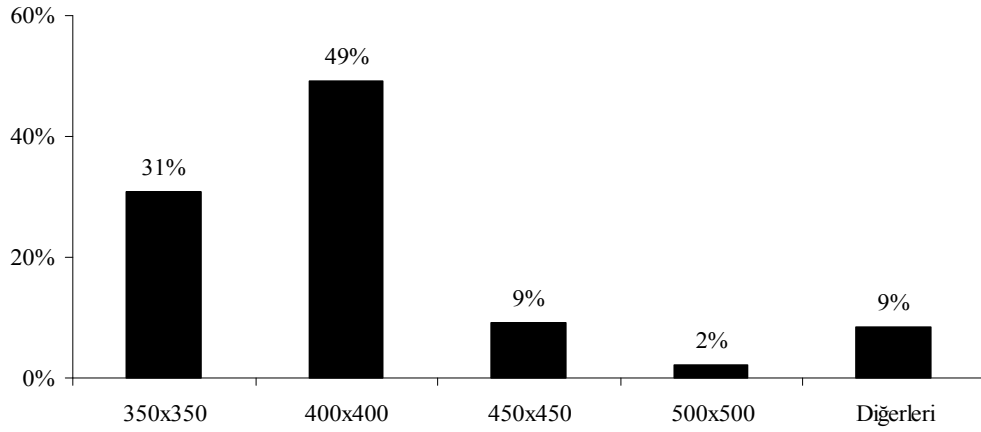
## 2.2 Binalara Ait Yapısal Bilgilerin Değerlendirilmesi

Proje ve saha çalışmaları sırasında toplanan bilgiler istatistiksel olarak incelenmiş ve prefabrik binalara ait yapısal özelliklerin genel durumu değerlendirilmiştir. Binalara ait bilgilerin bulunduğu envanterler 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 2.7’de incelenen bütün 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 [3]) hükümlerinden önce inşa edilmiş binalardan oluşmaktadır. 1998 tarihli yönetmelik, prefabrik yapıların tasarımı ile ilgili köklü düzenlemeleri içermesi bakımından önemlidir. Şekil 2.7, 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.

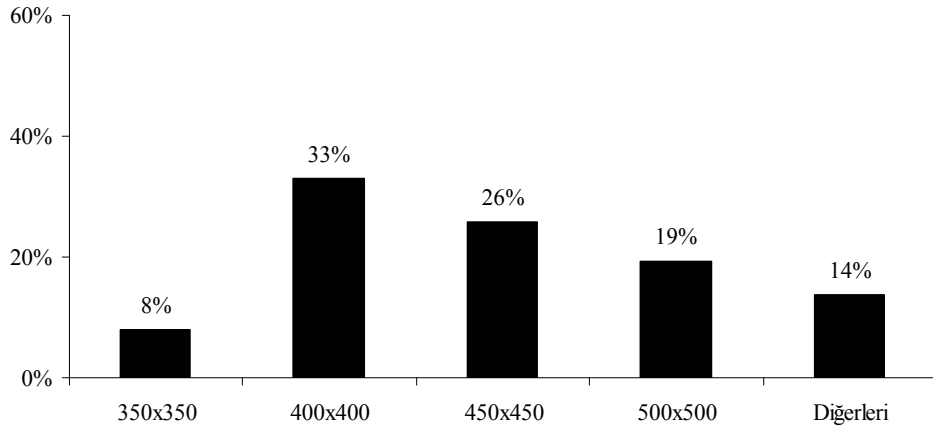


Şekil 2.7. İncelenen binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı

Kolon kesit boyutlarının dağılımları incelenirken tek ve çok katlı binalar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şekil 2.8’de verilen dağılım, tek katlı prefabrik yapılarda bulunan kolonların büyük bir kısmının 35 ve 40 cm’lik boyutlara sahip kare kesitli kolonlardan oluştuğunu göstermektedir. Şekil 2.9’da ise çok katlı binalardaki kolon kesit boyutlarının dağılımı verilmiştir ve şekilden de anlaşılacağı gibi çok katlı yapılarda kolon kesit boyutları büyümektedir. Şekil 2.10 incelenen bina yüksekliklerinin çoğunlukla 6-8m arasında olduğunu, Şekil 2.11 ise makas açıklıklarının genellikle 18-22m arasında değiştiğini göstermektedir.

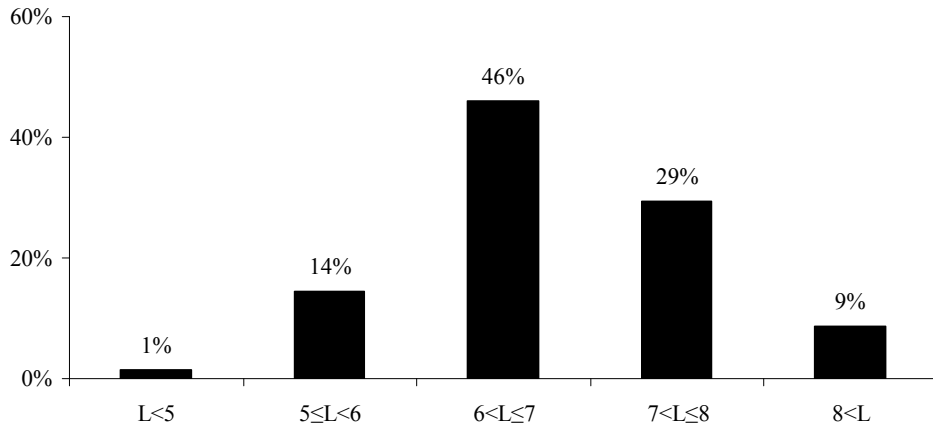


Şekil 2.8. İncelenen tek katlı binalardaki kolon boyutları (mm)

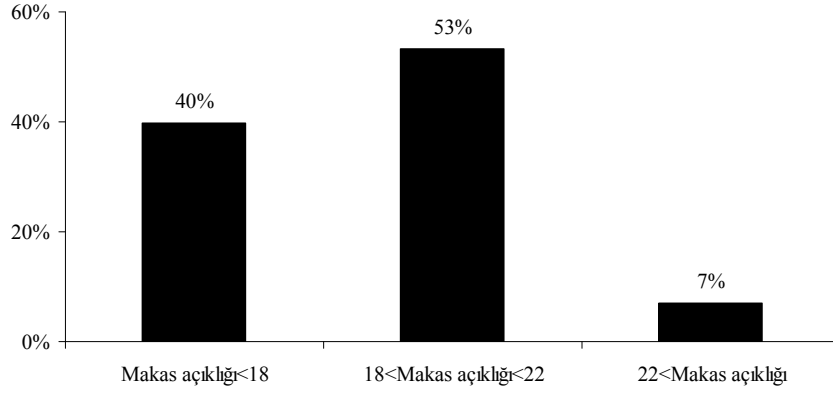


Şekil 2.9. İncelenen çok katlı ve karma binalardaki kolon boyutları (mm)

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

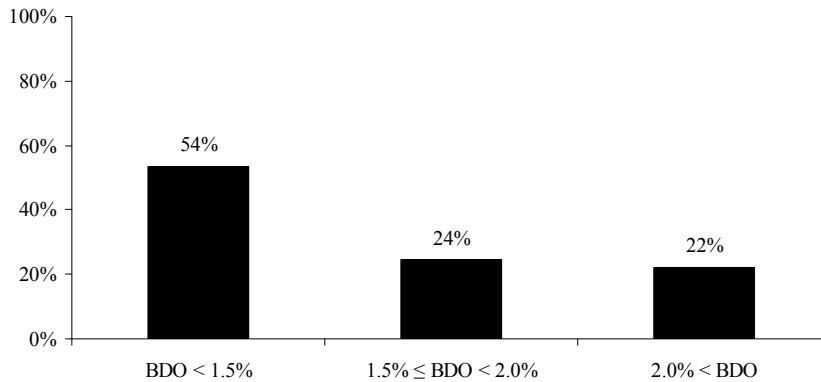


Şekil 2.10. İncelenen binalara ait yüksekliklerin dağılımı (m)

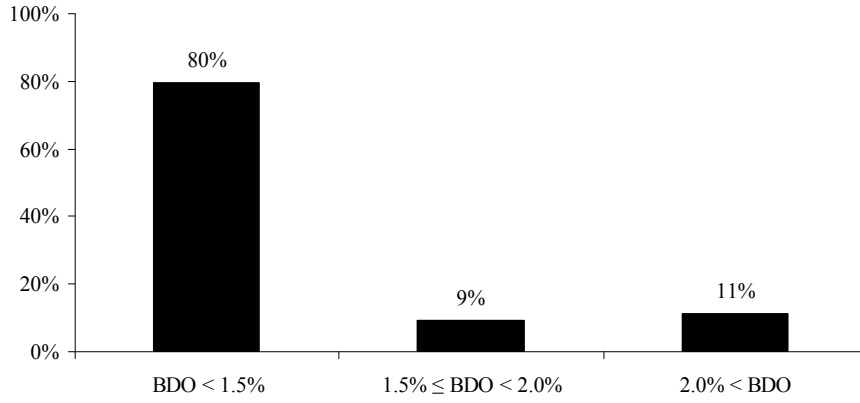


Şekil 2.11. İncelenen prefabrik yapılara ait makas açıklık uzunlukları (m)

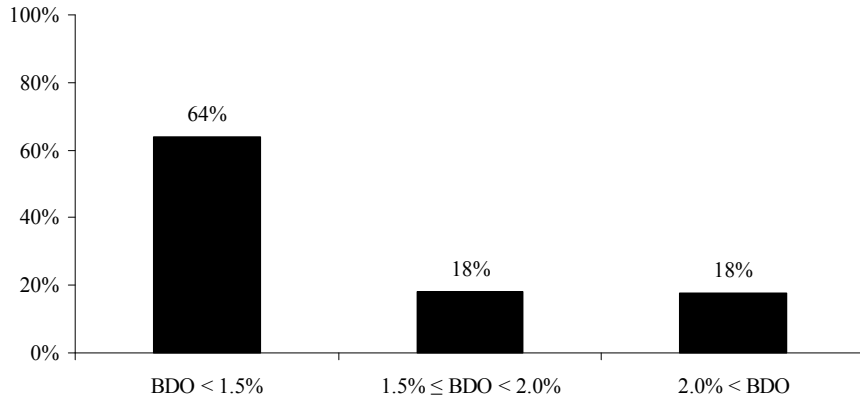
İncelenen tek katlı prefabrik yapılardaki kolon boyuna donatı oranlarının değişimi Şekil 2.12'de, çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranlarının dağılımı ise Şekil 2.13'de gösterilmiştir. Çok katlı prefabrik binalarda tespit edilen kolon boyutları göreceli olarak daha büyük olduğu için toplam boyuna donatı alanı bir miktar artmaktadır. Buna rağmen donatı oranı açısından bakıldığında tek katlı bina kolonlarına göre minimum donatı oranına (%1) daha yakın değerler aldığı söylemek mümkündür. Tek ve çok katlı binaların tümünde elde edilen boyuna donatı oranı dağılımı ise Şekil 2.14'de verilmiştir. Bu şekillerden 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 aksel kuvvet seviyelerinin düşük olmasının bir sebebi de budur. Tasarım sırasında göz önüne alınan bina kütlelerinin ve buna bağlı olarak hesaplanan deprem kuvvetlerinin azalması, kolonların tasarımında göz önüne alınan moment değerlerini ve dolayısıyla da boyuna donatı oranlarını düşürmektedir.



Şekil 2.12. İncelenen tek katlı prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranı dağılımı

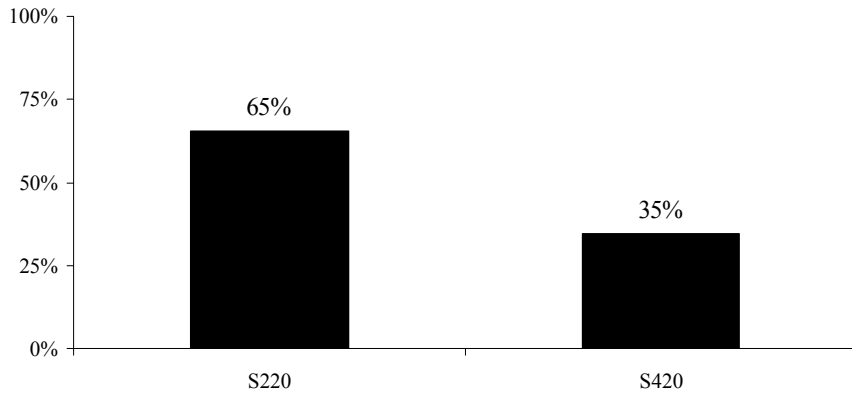


Şekil 2.13. İncelenen çok katlı ve karma prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı



Şekil 2.14. İncelenen tüm prefabrik yapılardaki boyuna donatı oranı dağılımı

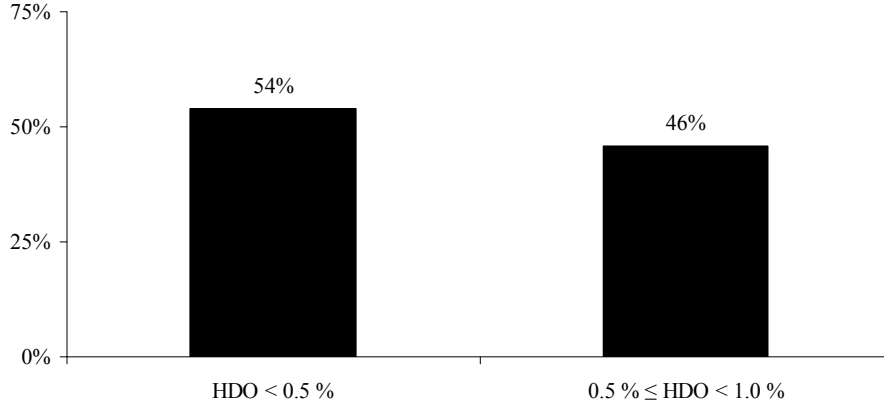
Envanter çalışması sırasında incelenen kolonların tamamında S420 sınıfı boyuna donatı kullanıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen bilgiler enine donatıların S220 veya S420 sınıfı donatı kullanılarak hazırlandığını göstermektedir. Envanterde yer alan kolonlardaki enine donatı sınıfının değişimi Şekil 2.15'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 2.15. Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı

Prefabrik kolonlarda bulunan hacimsel enine donatı oranlarının dağılımı ise Şekil 2.16'da verilmiştir. Bilindiği gibi 1975 (ABYBHY-1975) [2] tarihli deprem yönetmeliğinde betonarme kolonlarda en az %1 oranında hacimsel enine donatı oranının sağlanması gerektiği belirtilmektedir. 1998 ve 2007 yönetmeliklerinde [3, 12] ise dikdörtgen kesitlerde yükleme yönünde bulunması gereken enine donatı oranları hacimsel değil alansal olarak tarif edilmektedir. Şekil 2.16'da verilen dağılım envanteri çıkarılan prefabrik kolonların sahip olduğu hacimsel enine donatı oranlarının 1975, 1998 ve 2007 tarihli yönetmeliklerde 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.

Prefabrik binalara ait betonarme projelerin incelenmesi sırasında projelerde gösterilen beton basınç dayanımlarının BS25 ve üzeri olduğu belirlenmiştir. 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 2.16. İncelenen kolonlarda hacimsel enine donatı oranının dağılımı

### **3 PREFABRİK KOLONLARA AİT MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mevcut binaların yapısal özelliklerin büro ve saha çalışmaları ile belirlenmesinden sonra binaları oluşturan kolonların dayanım ve deformasyon kapasitelerinin hesabına geçilmiştir. Söz konusu kapasitelerin hesabı için prefabrik kolonlarda meydana gelen aksel kuvvet seviyelerinin belirlenmesi, bunun için ise binalara ait taşıyıcı sistem modellerinin oluşturulması gerekmektedir.

Bina modellerinin hazırlanması ve plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamada bina envanterlerinin büyük bir kısmını oluşturan tek katlı binalara yer verilmiş sonraki aşamada ise karma ve iki katlı binaların hesabı ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

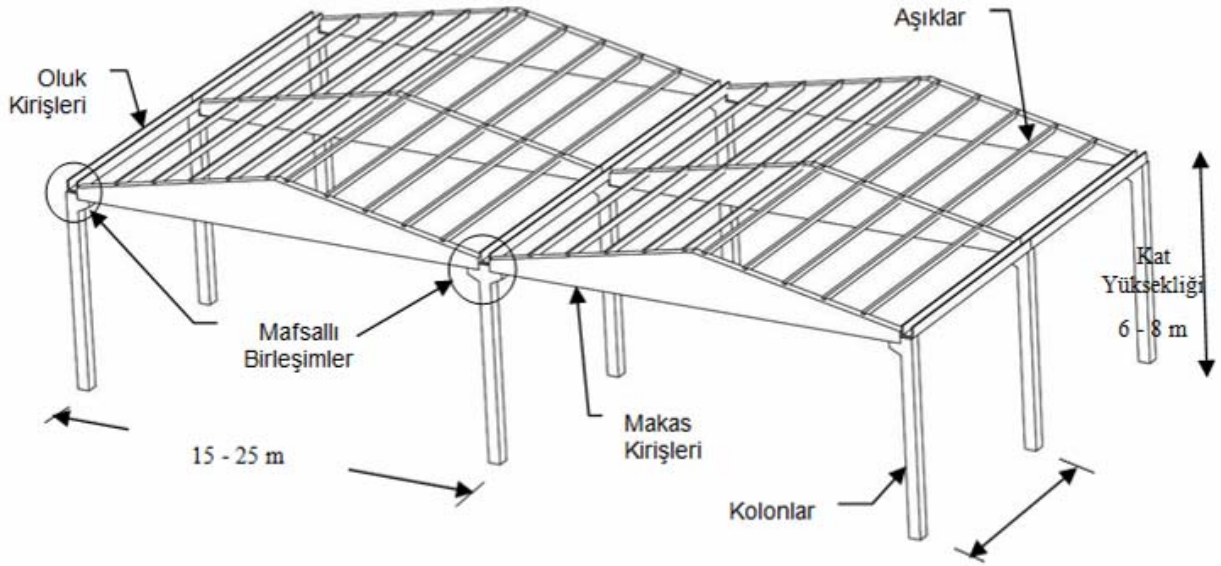
Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nden bulunan 102 adet tek katlı prefabrik binanın 98'ine ait bilgilere ulaşılmış ve taşıyıcı sistem modelleri hazırlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir.

- Prefabrik binalara ait taşıyıcı sistem modellerinin hazırlanması,
- Moment-eğrilik analizleri ile plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi,
- DBYBHY-2007'de [12] belirtilen şekildeğiştirme değerlerini esas alarak hasar sınırlarının ve hasar bölgelerinin tarifi,
- Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan örnek bir binada izlenen yol haritasının gösterilmesi.

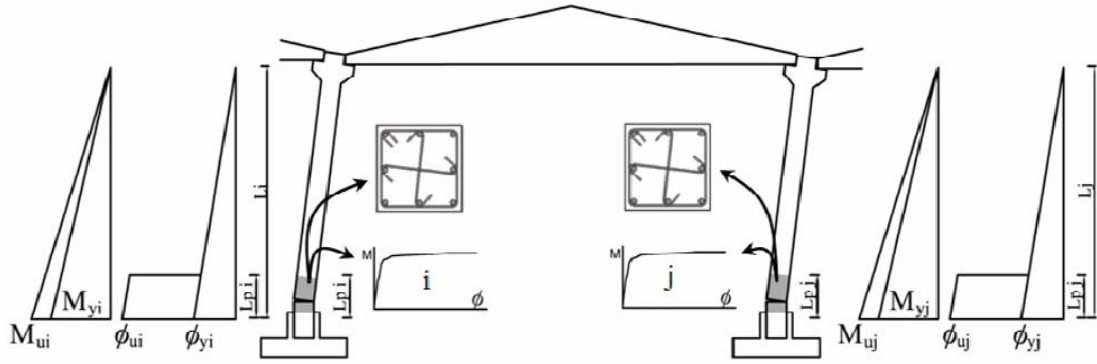
Yukarıda belirtilen işlem adımlarının detayları aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

#### **3.1 Prefabrik Binalara Ait Taşıyıcı Sistem Modellerinin Hazırlanması**

Envanter çalışması sırasında yapılan tespitler, bilgilerine ulaşılan tek katlı prefabrik binaların tamamının mafsallı birleşimlere sahip olduğunu göstermiştir. Birleşimleri ile ilgili proje verilerine ulaşılamayan yapıların ise mafsal birleşimli olduğu yerinde yapılan incelemeler ile belirlenmiş ve bina modelleri buna göre hazırlanmıştır. Tek katlı ve mafsallı prefabrik bir binaya ait taşıyıcı sistemin örnek gösterimi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir. Konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonların her birinde kolon yükseklği boyunca meydana gelen eğilme momentlerinin ve eğriliklerin değişimi ile kolon tabanlarında oluşan plastik mafsal bölgelerinin konumu Şekil 3.2 üzerinde gösterilmektedir.



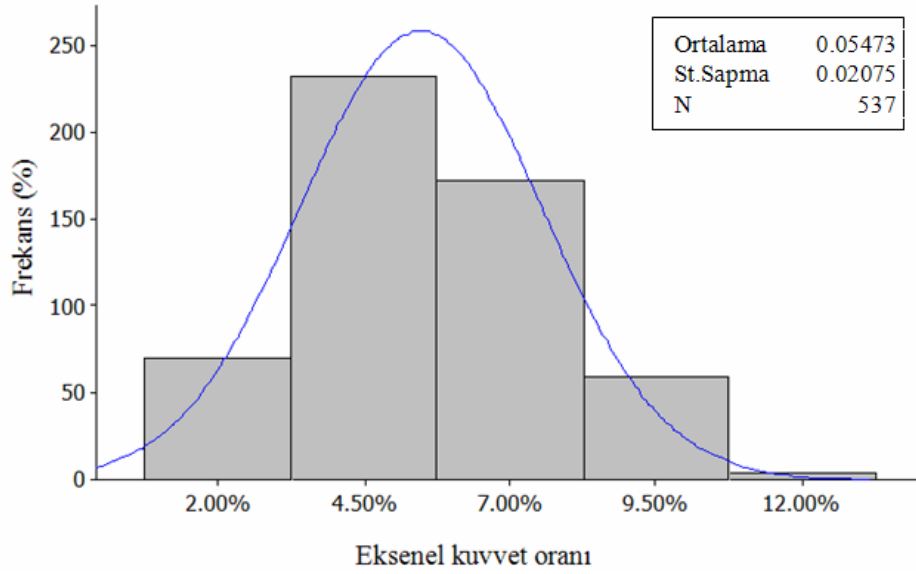
Şekil 3.1. Mafsallı prefabrik sanayi yapısının tipik görünüşü



Şekil 3.2. Tek katlı prefabrik yapı çerçevesini oluşturan kolonların davranışı

Prefabrik kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet değerleri hesaplanırken Şekil 2.5' te gösterilen açıklık bilgilerinden, makas ve aşık ağırlıklarından ve kullanılan çatı kaplama malzemesi ile ilgili bilgilerden faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenen kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet oranlarının ( $N_{\%} = N/B.H.f_c$ ) %3~%10 arasında olduğunu göstermiştir. 98 binadaki kolonlarda meydana gelen eksenel kuvvet oranlarının frekans dağılımı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.





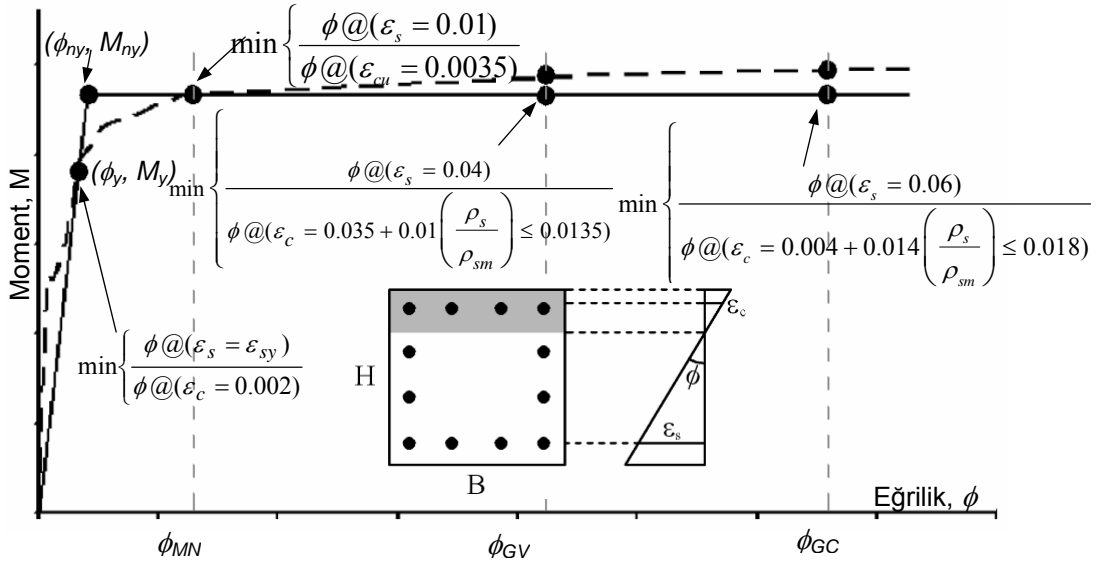
Şekil 3.3. Tek katlı prefabrik bina kolonlarında eksenel kuvvet oranının dağılımı ( $N_{\%} = N/BHf_c$ )

### 3.2 Moment-Eğrilik Analizleri ve Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Yapısal özellikleri ve eksenel kuvvetleri belirlenen prefabrik kolonların akma anına ve deformasyon kapasitesine karşılık gelen ve Şekil 3.2 üzerinde de temsili olarak gösterilen eğrilik kapasiteleri moment-eğrilik analizleri ile belirlenmiştir. Analizler sırasında sargılı beton davranışı geliştirilmiş Kent ve Park Modeli [25] ile temsil edilmiştir.

Şekil 3.2’de gösterilen taşıyıcı sistemi meydana getiren her bir kolonun analizinden elde edilen moment-eğrilik grafiğinin gösterimi Şekil 3.4’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. [29] tarafından yapılan çalışmada bulunabilir.

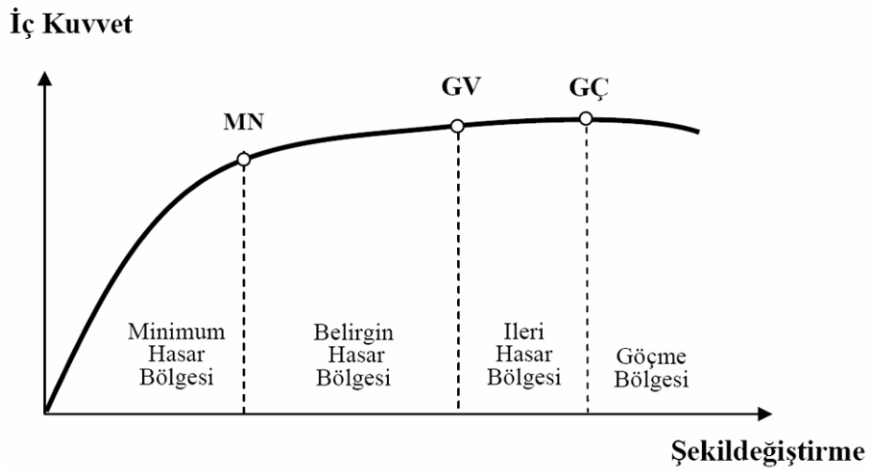
Betonarme kolon kesitlerinin akma sonrası kalıcı deformasyon bölgesindeki hasar sınırlarının ve hasar bölgelerinin tarifi için 2007 tarihli deprem yönetmeliğinde [12] verilen şekildeğiştirme tabanlı tanımlamalardan yararlanılmıştır.



Şekil 3.4. 2007 Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan kesit hasar sınırlarının moment eğrilik grafiği üzerinde gösterimi

### 3.3 Kesit Hasar Bölgelerinin DBYBHY-2007'de Verilen Esaslara Göre Belirlenmesi

2007 tarihli 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 3.5'de Türk Deprem Yönetmeliği-2007'de [12] 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 Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları ile tarif edilen hasar bölgeleri

Çizelge 3.1. DBYBHY-2007’de verile hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğıştirmeler

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

Çizelge 3.1’de verilen;

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

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

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

$\rho_{sm}$  değerleri, deprem yönetmeliğinde aşağıdaki bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir.

$$\rho_{sm} \geq 0.6 \left( \frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad \text{Denklem 3.1}$$

$$\rho_{sm} \geq 0.15 \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad \text{Denklem 3.2}$$

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.

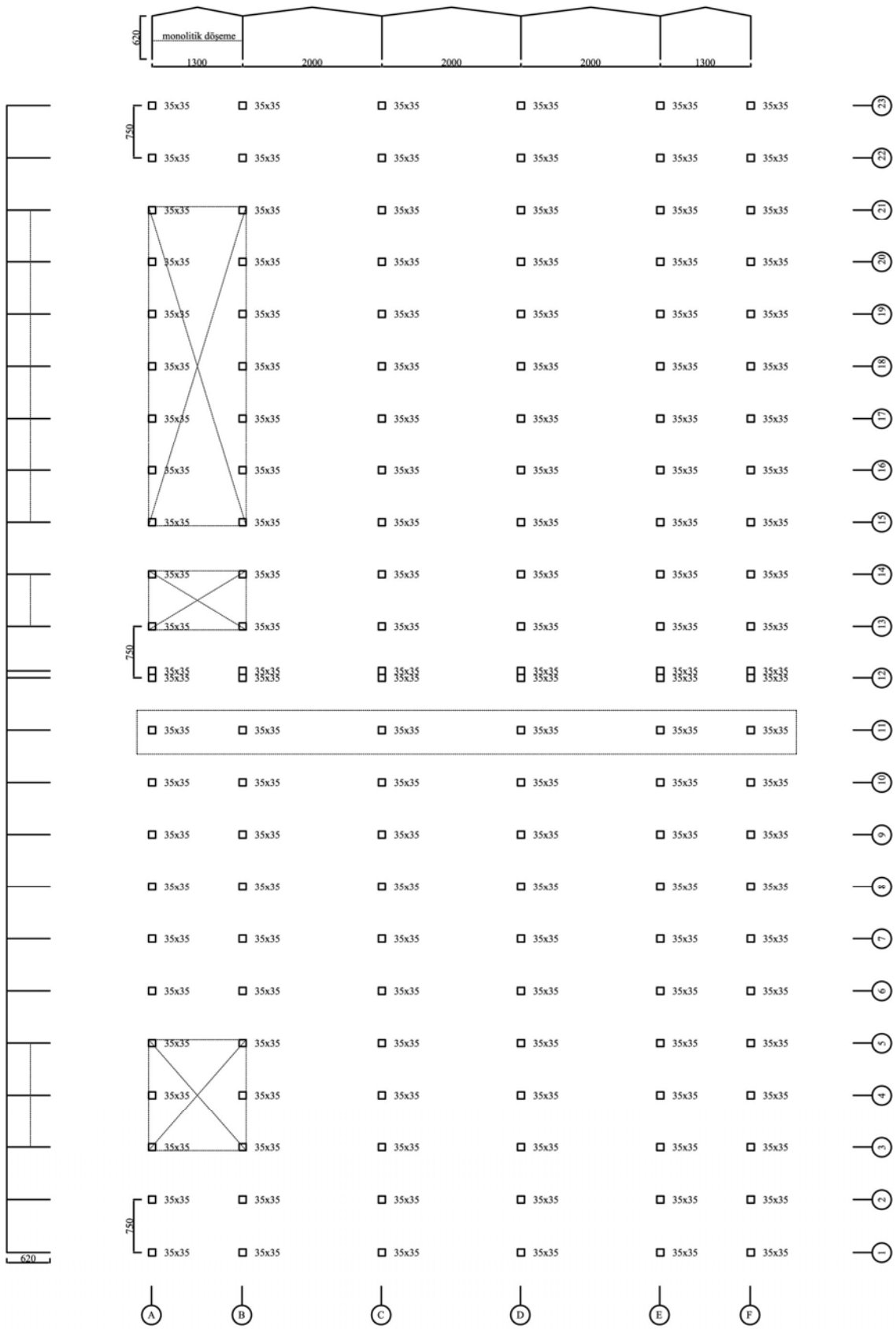
Yukarıda tarif edilen ve kesit hasar sınırlarını tanımlayan MN, GV ve GÇ eğriliklerinin gösterimleri de yine Şekil 3.5 üzerinde verilmiştir. Tek bir kolon için tarif edilen bu işlem sırası, bina çerçevelerini oluşturan kolonların tamamı için tekrarlanmış ve kolonlara ait moment-eğrilik kapasiteleri ( $\phi_{MN}, \phi_{GV}, \phi_{GÇ}$ ) belirlenmiştir. Tek ve çok katlı prefabrik binaları oluşturan kolonların moment-eğrilik analizlerinden elde edilen sonuçlar sırasıyla Ek-1 ve Ek-2’de toplu halde verilmiştir.

### 3.3.1 Seçilen Tek Katlı Örnek Binada Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

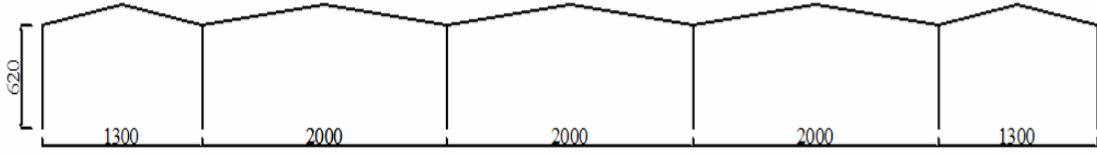
Plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili hesapların daha iyi anlaşılması için takip edilen işlem adımları tek katlı örnek bir binada uygulamalı olarak gösterilmiştir. Bu amaç doğrultusunda seçilen Bina T2'nin saha çalışmaları sırasında tespit edilen görünüşleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Envanter çalışmaları sonucunda yapısal özellikleri belirlenen binaya ait taşıyıcı sistem planı ise Şekil 3.7'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Bina T2'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları



Şekil 3.7. Bina T2'ye ait taşıyıcı sistem planı



Şekil 3.8. Bina T2 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm)

Çizelge 3.2. Bina T2'ye ait makas, aşık bilgileri

Açıklık No	Makas Uzunluk	Aşık Uzunluk	Aşık Sayısı	Aşık Kesit Alanı	Makas Başlık. Alanı	Makas Orta Alanı
-	m	m	adet	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1	13	7.5	8	0.0184	0.098	0.18
2	20	7.5	11	0.0184	0.098	0.18
3	20	7.5	11	0.0184	0.098	0.18
4	20	7.5	11	0.0184	0.098	0.18
5	13	7.5	8	0.0184	0.098	0.18

Çizelge 3.3. Bina T2'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon No	L	B	H	Etriye Çapı	Etr. $f_{ywd}$	s	$\rho_l$	$\rho_s$	N	Yapım Yılı
-	mm	mm	mm	mm	MPa	mm	%	%	kN	yıl
1	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	111.1	1995
2	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	256.7	1995
3	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	310.2	1995
4	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	310.2	1995
5	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	254.2	1995
6	6200	350	350	8	220	200	1.16%	0.32%	108.6	1995

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 Çizelge 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Bina T2 ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri

Kolon No	$M_{ny}$ (kNm)	$\phi_{ny}$ (Rad/m)	$\phi_{MN}$ (Rad/m)	$\phi_{GV}$ (Rad/m)	$\phi_{GÇ}$ (Rad/m)
1	100.481	0.0110	0.0388	0.1548	0.1889
2	115.605	0.0113	0.0405	0.1074	0.1225
3	120.931	0.0114	0.0412	0.0951	0.1097
4	120.931	0.0114	0.0412	0.0951	0.1097
5	115.355	0.0113	0.0405	0.1078	0.1233
6	100.191	0.0111	0.0388	0.1539	0.1902

Bina T2'den seçilen 11 nolu aksın görünüşü Şekil 3.8'de, bu aksı meydana getiren elemanların yapısal özellikleri ise Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Şekil ve çizelgelerden görüldüğü gibi bina 5 açıklıktan oluşmaktadır. İlk ve son açıklıkların uzunlukları 13m, ara makasların uzunlukları ise 20 m'dir. Binanın toplam uzunluğu ise 86m'dir. Binanın makas yönüne dik yöndeki aks açıklıkları (aşık uzunluğu) 7.5 m'dir.

Büro ve saha çalışmaları sırasında binada bulunan bütün kolonların 35x35 cm olduğu tespit edilmiştir. Binanın betonarme projeleri üzerinde yapılan incelemeler kolonlarda bulunan boyuna donatı oranının minimum donatı oranı tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Kolonların üzerinde oluşan eksenel kuvvetler de ayrıca hesaplanmış ve Çizelge 3.3'da gösterilmiştir. Çizelgede yer alan bilgiler içerisinde dikkati çeken önemli noktalardan biri de kullanılan etriye sınıfıdır. Binanın betonarme projesinde boyuna donatıların S420 sınıfı, enine donatıların ise S220 sınıfı olduğu belirtilmektedir ve binanın yapım yılı 1995'tir. Önceki bölümlerde verilen bina istatistiklerinden de anlaşılacağı gibi, büyük çoğunluğu 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden önce inşa edilen mevcut prefabrik binalarda S420 sınıfı enine donatı kullanımı yaygın değildir.

Bina T2'nin plastik mafsallık özelliklerinin hesabı için izlenen ve yukarıda açıklanan işlem sırası veri tabanında bulunan 98 adet tek katlı bina için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hazırlanan raporun sonunda Ek-1'de verilmiştir.

### 3.3.2 Seçilen Çok Katlı Örnek Binada Plastik Mafsallık Özelliklerinin Belirlenmesi

Tek katlı binalarda olduğu gibi çok katlı binalarda da plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi için için seçilen örnek çok katlı bir binada uygulama yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda envanterden seçilen Bina Ç7'nin saha çalışmaları sırasında tespit edilen görünüşleri Şekil 3.9'da verilmiştir. Envanter çalışmaları sonucunda yapısal özellikleri belirlenen binaya ait taşıyıcı sistem planı ise Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Bina Ç7'den seçilen 10 no'lu aksın görünüşü Şekil 3.11'de, bu aksı meydana getiren elemanların yapısal özellikleri ise Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'de gösterilmiştir. Şekil ve

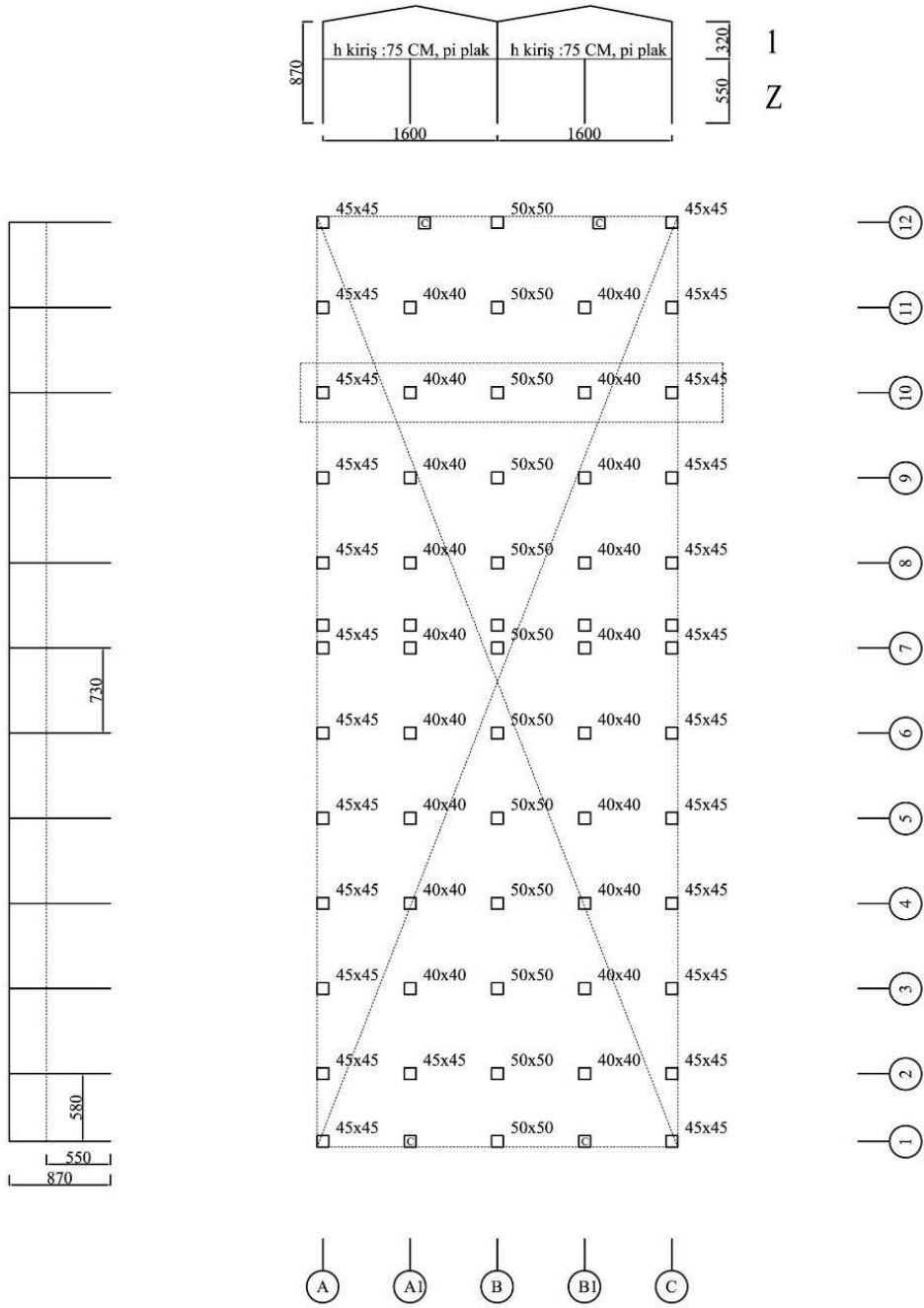
çizelgelerden görüldüğü gibi bina 2 açıklıktan oluşmaktadır. Açıklıkların uzunlukları 16m, binanın toplam uzunluğu ise 32m'dir. Binanın makas yönüne dik yöndeki aks açıklıkları (aşık uzunluğu) 7.3m'dir.

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. Kolonların üzerinde oluşan eksenel kuvvetler de ayrıca hesaplanmış ve Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. Binanın betonarme projesinden boyuna ve enine donatıların S420 sınıfı olduğu belirlenmiştir. Binanın yapım yılı ise 2005 olarak tespit edilmiştir.

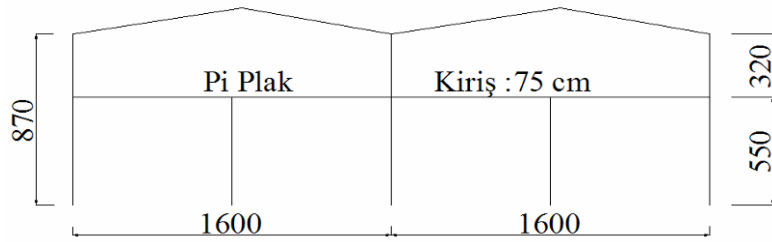


Şekil 3.9. Bina Ç7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları





Şekil 3.10. Bina Ç7'ye ait taşıyıcı sistem planı



Şekil 3.11. Bina Ç7 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm)

Çizelge 3.5. Bina Ç7'ye ait makas, aşık bilgileri

Açıklık No	Makas Uzunluk	Aşık Uzunluk	Aşık Sayısı	Aşık Kesit Alanı	Makas Başlık. Alanı	Makas Orta Alanı
-	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

Çizelge 3.6. Bina Ç7'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon Tipi	Kolon No	L	B	H	Etriye Çapı	Etr. f <sub>ywd</sub>	s	ρ <sub>l</sub>	ρ <sub>s</sub>	N	Yapım Yılı
-	-	mm	mm	mm	mm	MPa	mm	%	%	kN	Yıl
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

Çizelge 3.7. Bina Ç7 ait kolonların dayanım ve deformasyon kapasiteleri

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	M <sub>ny</sub> (kNm)	φ <sub>ny</sub> (rad/m)	φ <sub>MN</sub> (rad/m)	φ <sub>GV</sub> (rad/m)	φ <sub>GÇ</sub> (rad/m)
Bina Ç7	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 kolonlara ait dayanım ve deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Bina Ç7'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 raporun sonunda Ek-2'de verilmiştir.

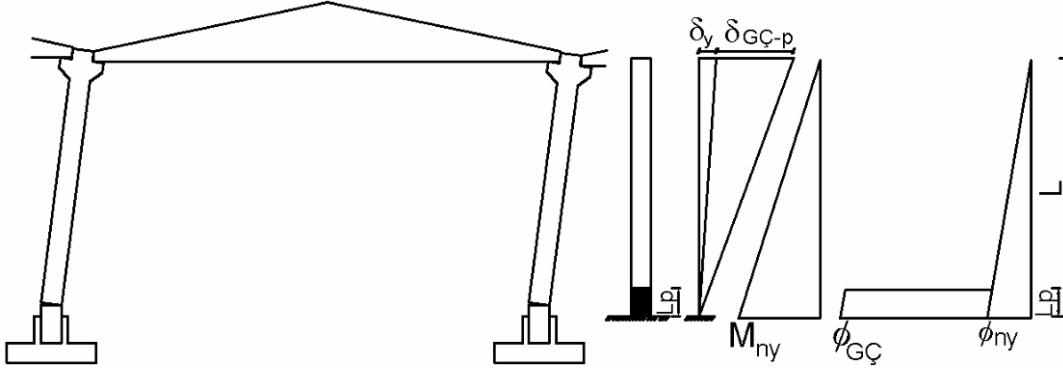
## 4 PREFABRİK BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESABI

Kapasite eğrilerinin belirlenmesi için takip edilen hesap yöntemi, tek ve çok katlı binalar için ayrı ayrı ele alınmış ve açıklanmıştır. Prefabrik binaların kapasite eğrilerinin hesabı konusunda detaylı bilgisayar programlarına ihtiyaç duymaksızın hesap yapmaya imkân veren yöntem veya yaklaşımların geliştirilmesine özellikle önem verilmiştir. Böylelikle 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 mafsal birleşimli mevcut prefabrik binaların çok büyük bir çoğunluğunun tek katlı, kalan az sayıdaki binanın ise neredeyse tamamının iki katlı olması, yapılan hesaplamaların basitleştirilebilmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Tek ve çok katlı binalara ait kapasite eğrilerinin hesabı için önerilen yöntemler geliştirilirken bu avantajlardan yararlanılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle 98 adet tek katlı prefabrik binanın kapasite eğrilerinin hesabı için takip edilen hesap yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra 41 adet 2 katlı ve karma binanın hesabı için önerilen yöntem anlatılmıştır. Söz konusu yöntemlerin işleyişinin daha kolay anlaşılabilmesi için envanterde bulunan tek ve çok katlı 2 adet bina örnek olarak seçilmiş ve takip edilen hesap yönteminin uygulanışı bu binalar üzerinde gösterilmiştir.

### 4.1 Tek Katlı Prefabrik Binaların Kapasite Eğrisi Hesabı

Tek katlı prefabrik binalardaki kolonların kesit hasar sınırlarının eğrilikler cinsinden ifade edilmesinden sonra, eleman hasar sınırlarının yerdeğiştirmeler cinsinden ifade edilmesi ile ilgili çalışmalara geçilmiştir. Konsol şeklinde çalışan tek eğrilikli kolonların tabanında meydana gelen plastik mafsallar yardımı ile yerdeğiştirme yapan prefabrik binanın görünüşü Şekil 4.1'de verilmiştir. Akma anına ve kesit göçme sınırına (GÇ) karşılık gelen ve kolon tepesinde meydana gelen yerdeğiştirmeler de yine bu şekil üzerinde gösterilmiştir. Söz konusu yerdeğiştirmelerin hesabı için moment-alan teoremlerinden faydalanılmıştır. Akma anına ve kesit hasar sınırlarına karşılık gelen yerdeğiştirmelerin ifadesi Denklem 4.1-Denklem 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Prefabrik kolonlarda yerdeğiştirme hesabı

$$\delta_{y_i} = \frac{\phi_{ny_i} L_i^2}{3} \quad \text{Denklem 4.1}$$

$$\delta_{G\zeta_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{G\zeta_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad \text{Denklem 4.2}$$

$$\delta_{GV_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{GV_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad \text{Denklem 4.3}$$

$$\delta_{MN_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{MN_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad \text{Denklem 4.4}$$

Bu ifadelerden de anlaşılacağı gibi kolonların yerdeğiştirme kapasitelerini ve binanın süneklik kapasitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri plastik mafsalsal bölgesinin uzunluğudur. Literatürde, plastik mafsalsal bölgeleri hakkında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda plastik mafsalsal boyu kolon boyuna bağlı olarak ifade edilmektedir. Baker ve Amarakone, 1964 [8], Park vd., 1982 [25], Paulay ve Priestley, 1992 [28] tarafından yapılan çalışmalar örnek olarak gösterilebilir. Kolon boyuna bağlı modeller içinde yaygın olarak kullanılanlardan bir tanesi Priestley vd., 1996 [30] tarafından önerilen modeldir ve Denklem 5.5'te verilmiştir. Bu ifade L, mafsalsal olduğu bölgenin moment sıfır noktasına uzaklığını,  $d_b$  boyuna donatıların çapını ifade etmektedir.

$$L_p = 0.08L + 0.022d_b f_y \quad \text{Denklem 4.5}$$

Literatürde bulunan ve özellikle pratik amaçlar için yaygın olarak kullanılan bir diğer yaklaşım ise Denklem 4.6'da verilmiştir (Park R., Paulay T., 1975 [26]). Bu ifade 2007 tarihli Türk Deprem Yönetmeliğinde [12] de önerilen ifadenin aynısıdır ve H değeri kesitin yüksekliğini temsil etmektedir.

$$L_p = 0.5H \quad \text{Denklem 4.6}$$

Kolaylıkla tahmin edilebileceği gibi kolon yükseklikleri fazla, kesit boyutları küçük ve üstelik de moment sıfır noktasının kolon tepesinde olduğu mafsallı prefabrik kolonlarda bu iki yaklaşımdan elde edilecek plastik mafsal boyları birbirinden oldukça farklı çıkmaktadır. Plastik mafsal boyları açısından ortaya çıkan bu durum, binaların deprem performanslarını da önemli ölçüde etkilemektedir. Plastik mafsal boyunun hangi yaklaşıma göre belirlenmesi gerektiğine karar verilirken Fischinger vd., 2008 [17] tarafından yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlardan yararlanılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, kolon boyuna bağlı olarak önerilen Denklem 4.5 yönteminden ziyade, Denklem 4.6'da verilen ifadenin prefabrik binalarda daha güvenli ve gerçekçi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu yüzden eleman hasar sınırlarını temsil eden yerdeğiştirme değerleri hesaplanırken Denklem 4.6 kullanılmış ve plastik mafsal boyu kesit yüksekliğinin yarısı alınmıştır.

Prefabrik binayı meydana getiren kolonların her biri için moment eğrilik analizleri tekrarlanmış ve kolonlarda MN, GV ve GÇ sınırlarına karşılık gelen yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonların moment kapasitelerine karşılık gelen kesme kapasiteleri Denklem 4.7'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$V_{t_i} = \frac{M_{ny_i}}{L_i} \quad \text{Denklem 4.7}$$

Prefabrik binayı meydana getiren betonarme kolonların dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerinin belirlenmesinden sonraki aşamayı, bu binalara ait kapasite eğrilerinin hesabı ile ilgili çalışmalar oluşturmuştur. Konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonların tepe noktalarında aynı yerdeğiştirmeleri yaptıkları kabul edilmiştir. Yapılan bu kabulün sağladığı basitleştirmeden yararlanılarak binanın taban kesme kuvveti kapasitesi, kolonların kesme kapasitelerinin toplanması ile hesaplanmıştır. Yapılan işlemin matematiksel gösterimi Denklem 4.8'de verilmiştir.

$$V_t = \sum_{i=1}^{N_k} V_{t_i} \quad \text{Denklem 4.8}$$

Bina performans seviyeleri ve bu seviyelere karşılık gelen yerdeğiştirme sınırlarının hesabı sırasında izlenen yöntem Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Hafif hasar, orta hasar, ağır hasar ve göçme ile tarif edilen bina performans aralıklarını tarif eden yerdeğiştirme sınırları ( $\Delta_{MN}$ ,  $\Delta_{GV}$  ve  $\Delta_{GÇ}$ ), her bir kolonda meydana gelen  $\delta_{MN}$ ,  $\delta_{GV}$  ve  $\delta_{GÇ}$  yerdeğiştirmelerinin en küçüğü göz önüne alınarak belirlenmiştir. Kullanılan yöntemin matematiksel ifadesi Denklem 4.9-Denklem 4.11'de verilmiştir. Binanın akma noktasının ( $\Delta_y$ ) hesabı için ise, kolon akma yerdeğiştirmelerine ( $\delta_{y_i}$ ) dayanan kısmen grafiksel bir yöntem kullanılmıştır.

$$\Delta_{MN} = \min(\delta_{MNi})$$

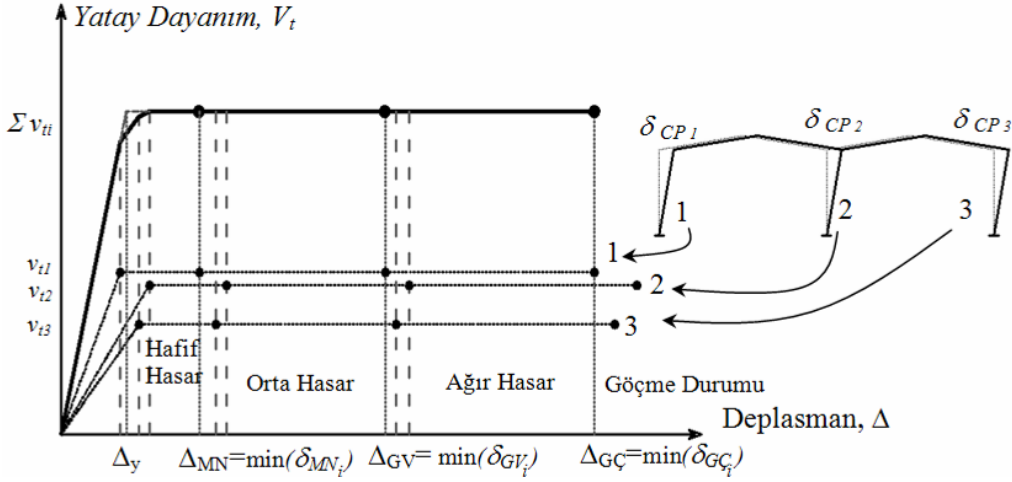
Denklem 4.9

$$\Delta_{GV} = \min(\delta_{GV_i})$$

Denklem 4.10

$$\Delta_{GÇ} = \min(\delta_{GÇ_i})$$

Denklem 4.11



Şekil 4.2. Prefabrik bina kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin belirlenmesi

Daha öncede belirtildiği gibi prefabrik binayı oluşturan kolonların boyut, aksenal kuvvet ve enine ve boyuna donatı oranlarının genellikle birbirine yakın olması, bu kolonlarda hesaplanan eleman hasar sınırlarının da birbirine yakın çıkmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden, Şekil 4.2 üzerinde gösterilen ve akma, MN, GV ve GÇ sınırlarına karşılık gelen kolon yerdeğıştirmelerinin büyük dağılımlar içermediğini belirtmekte fayda vardır.

#### 4.1.1 Seçilen Tek Katlı Örnek Binanın Kapasite Eğrisinin Hesabı

Bölüm 0' de detayları verilen yöntemin nasıl uygulandığını açıklayabilmek için örnek olarak seçilen tek katlı T2 binası ele alınmıştır. Söz konusu binaya ait yapısal bilgilerin dökümü ve moment-eğrilik analizlerinden elde edilen sonuçlar çalışmanın 3. bölümünde zaten verilmiştir. Bu yüzden söz konusu bilgileri tekrar vermeye gerek duyulmamıştır. Denklem 4.1-4.7'de tarif edilen işlem adımlarının takip edilmesi ile elde edilen kolon kesme kapasiteleri ve hasar sınırlarına karşılık gelen yerdeğıştirme sınırları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Binaların ötelenme kapasitelerini birimsiz olarak temsil edebilmek ve birbiri ile karşılaştırabilmek amacıyla hesaplanan yerdeğıştirme kapasiteleri bina yüksekliklerine bölünmüş ve sonuçlar ötelenme oranı cinsinden ( $\theta$ ) ifade edilmiştir.

Eleman bazında yapılan bu hesaplamalardan elde edilen sonuçlar Denklem 4.8-4.11'de gösterilen yöntem kullanılarak ele alınmış ve binaya ait kapasite eğrisini temsil eden dayanım

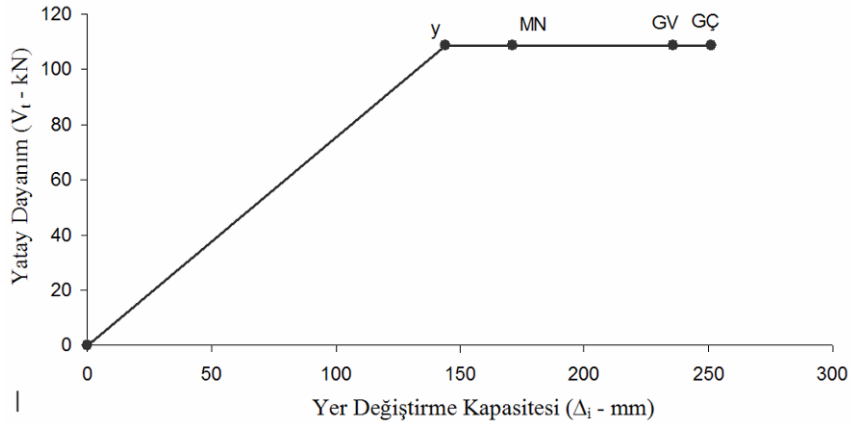
ve ötelenme değerleri Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Yatay dayanım ve hasar bölgelerine karşılık gelen yapı kapasite eğrisi Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bina T2 ait kolonların kesme ve yerdeğiştirme kapasite hesap sonuçları

Kolon No	$V_t$	$\delta_y$	$\delta_{MN}$	$\delta_{GV}$	$\delta_{GÇ}$	$\theta_{y-i}$	$\theta_{MN-i}$	$\theta_{GV-i}$	$\theta_{GÇ-i}$
-	kN	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%
1	16.21	141.48	171.22	295.30	331.71	2.28%	2.76%	4.76%	5.35%
2	18.65	144.69	175.95	247.47	263.66	2.33%	2.84%	3.99%	4.25%
3	19.50	146.16	178.03	235.63	251.26	2.36%	2.87%	3.80%	4.05%
4	19.50	146.16	178.03	235.63	251.26	2.36%	2.87%	3.80%	4.05%
5	18.61	144.51	175.76	247.78	264.35	2.33%	2.83%	4.00%	4.26%
6	16.16	141.62	171.33	294.45	333.23	2.28%	2.76%	4.75%	5.37%

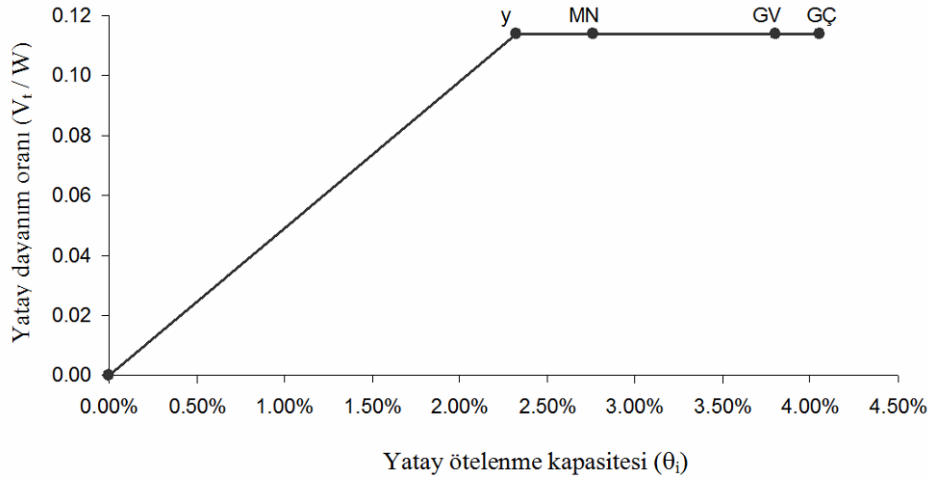
Çizelge 4.2. Bina T2'ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
	kN	%	%	%	%
	108.63	2.32%	2.76%	3.80%	4.05%



Şekil 4.3. Örnek prefabrik binayı temsil eden kapasite eğrisinin görünüşü

Yapılan düşey yük analizi neticesinde bina ağırlığı 955.36 kN olarak hesaplanmıştır. Binaya ait kapasite eğrisinin birimsiz hale getirilmesi ve diğer kapasite eğrileri ile kıyaslanmanın daha kolay yapılabilmesi amacıyla eğrinin yatay bileşeni bina yüksekliğine ( $\Delta/H=\theta$ ), düşey bileşeni ise bina ağırlığına bölünmüş ( $V_t/W$ ) ve Şekil 4.4'de verilen gösterim elde edilmiştir.

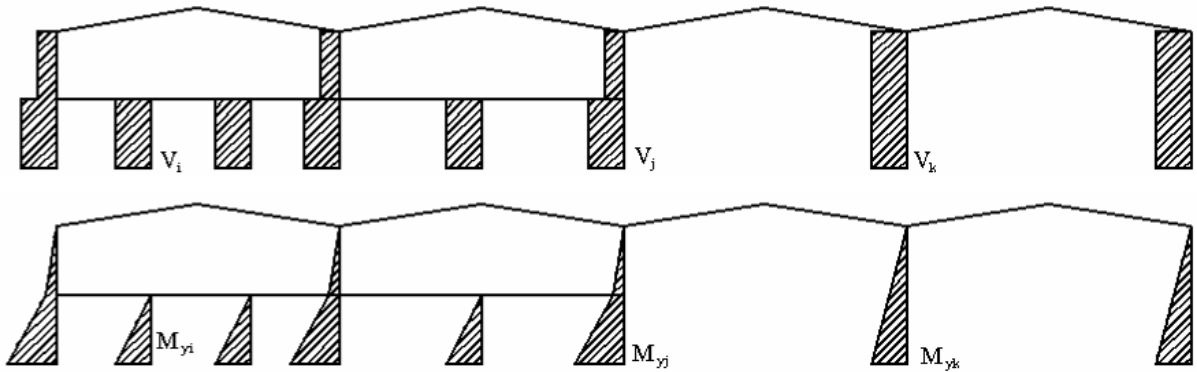


Şekil 4.4. Seçilen prefabrik binayı temsil eden ve birimsiz hale getirilen kapasite eğrisinin görünüşü

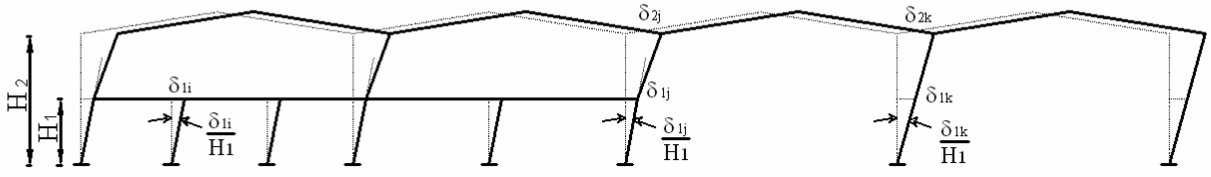
Bina T2'nin kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin belirlenmesi için izlenen ve yukarıda açıklanan işlem sırası veri tabanında bulunan 98 adet tek katlı prefabrik bina için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hazırlanan raporun sonunda Ek-3'de verilmiştir.

#### 4.2 İki Katlı Prefabrik Binaların Kapasite Eğrisi Hesabı

Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, tek katlı ve İki katlı prefabrik bina kolonlarının plastik mafsallık özelliklerinin hesabı için takip edilen yol oldukça benzerdir. Her iki durumda da kolon kesitlerine ait dayanım ve deformasyon kapasiteleri moment-eğrilik analizleri ile belirlenmektedir. Tek katlı binaların kapasite eğrileri hesaplanırken, bu binaları oluşturan kolonların konsol şeklinde çalışıyor olmasından kaynaklanan avantaj kullanılmıştır. Çok katlı yapıların kapasite eğrisinin hesabını bir miktar farklı hale getiren husus ara katların varlığıdır. Birleşimleri mafsallık ve çok katlı bir prefabrik binanın kolonlarında meydana gelen kesme ve eğilme etkileri ile söz konusu binada oluşan yerdeğiştirmelerin şematik olarak gösterimi Şekil 4.5'te verilmiştir.







Şekil 4.5. Örnek prefabrik sistemde kesme, moment ve yerdeğıştirmelerin oluşumu

Şekillerde 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. Söz konusu şekillerde  $\delta$  ile gösterilen değerler kolonların yerdeğıştirme kapasitelerini temsil etmektedir.

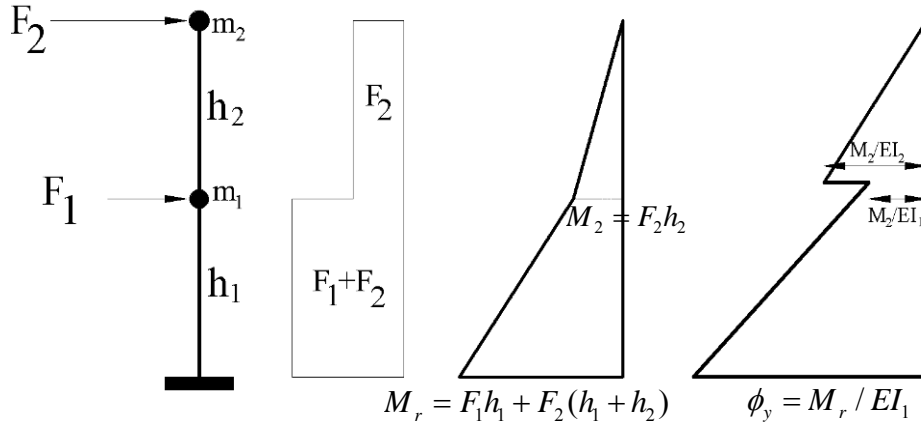
Envanterde bulunan iki katlı prefabrik binaların kapasite eğrilerinin hesabı için önerilen yöntem incelenecek bina ile ilgili bilgileri içeren bazı basit kabullere dayanmaktadır. Bunlar:

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 aksenal aksenal 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 4.12 ile belirlenmiştir.

$$F_i \approx \frac{w_i h_i}{\sum_{i=1}^2 w_i h_i} V_t \quad \& \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{w_1 h_1}{w_2 h_2} \quad \text{Denklem 4.12}$$

Söz konusu  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin kat seviyelerinden etki etmesi durumunda iki kütleli bu sistemde meydana gelmesi beklenen kesme ve eğilme etkileri ile eğriliklerin değişimi Şekil 4.6'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.6. İki katlı prefabrik yapının gösterimi (a.İki katlı Yapı, b. Kesme diyagramı, c. Moment Diyagramı, d.Eğrilik diyagramı)

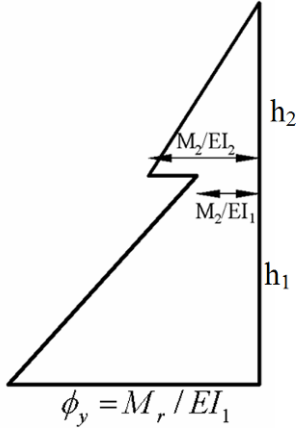
$F_1$  ve  $F_2$  ile gösterilen yatay deprem kuvvetlerinin birbiri cinsinden tarif edilebilmesi ve Şekil 4.6.'da kolon tabanındaki eğilme momenti kapasitesini temsil eden  $M_r$  değerinin de moment eğrilik analizleri ile zaten hesaplanmış olması katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin hesabına imkân vermektedir. (Denklem 4.13).

$$F_1 h_1 + F_2 (h_1 + h_2) = \sum_{i=1}^{k_s} m_{r,i} \quad \text{Denklem 4.13}$$

Denklem 4.13'te yer alan  $k_s$ , 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).

$$V_t = F_1 + F_2 \quad \text{Denklem 4.14}$$

İkinci adımda, binaya ait yer değiştirme kapasitesinin hesabına geçilmiştir. Akma anına ve 2007 tarihli deprem yönetmeliğinde tarif edilen hasar sınırlarına ait yerdeğiştirme değerleri hesaplanırken moment alan teoremlerinden yararlanılmıştır. Söz konusu yöntemi kullanarak akma anında kat seviyelerinde oluşan yerdeğiştirme ifadeleri Denklem 4.15 ve Denklem 4.16'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir.



$$\Delta_{1,y} = \frac{h_1^2}{3EI_1} \left( M_r + \frac{M_2}{2} \right) \quad \text{Denklem 4.15}$$

$$\Delta_{2,y} = \Delta_{1,y} + \frac{h_1 h_2}{2EI_1} (M_r + M_2) + \frac{h_2^2 M_2}{3EI_2} \quad \text{Denklem 4.16}$$

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 periyod hesaplanmıştır (Denklem 4.17).

$$T_1 = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^{ks} m_i \Delta_{i,y}^2}{\sum_{i=1}^{ks} F_i \Delta_{i,y}} \right)^{1/2} \quad \text{Denklem 4.17}$$

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. Bu yüzden bina hasar sınırlarına karar verilirken en kritik sonuçların meydana geldiği zemin kattaki ötelenme oranlarına bakılmıştır. Başka bir ifade ile kapasiteleri eğrileri düşeyde yatay dayanım oranları, yatayda ise zemin kat seviyesinde oluşan ötelenme oranları ile tarif edilmiştir.

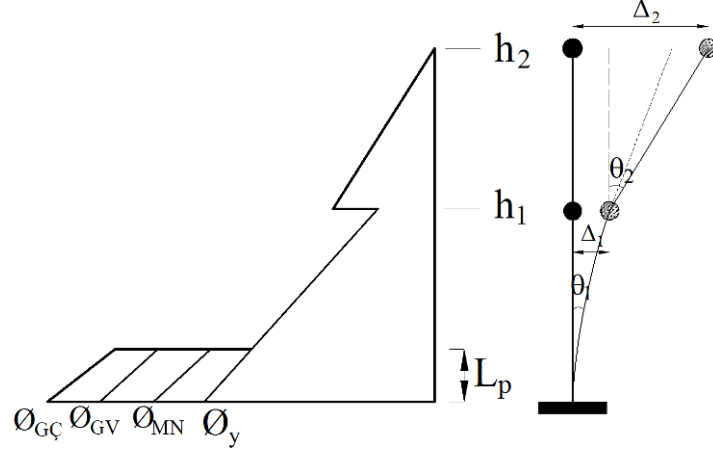
İki katlı prefabrik binalarda akma noktasının aşılması ve kalıcı yerdeğiştirmelerin başlaması ile ilişkilendirilen hasar bölgelerinin hesabı sırasında aynı tek katlı binalarda olduğu gibi kolon yerdeğiştirmelerinin en küçük değerleri göz önüne alınmıştır. Takip edilen hesap yönteminin detayları aşağıda verilmiştir. (Denklem 4.18-Denklem 4.20).

$$\phi_{MN} = \min(\phi_{MN,i}, \phi_{MN,i+1}, \dots, \phi_{MN,ks}) \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, ks \quad \text{Denklem 4.18}$$

$$\phi_{GV} = \min(\phi_{GV,i}, \phi_{GV,i+1}, \dots, \phi_{GV,ks}) \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, ks \quad \text{Denklem 4.19}$$

$$\phi_{GÇ} = \min(\phi_{GÇ,i}, \phi_{GÇ,i+1}, \dots, \phi_{GÇ,ks}) \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, ks \quad \text{Denklem 4.20}$$

Binaların maksimum yerdeğiştirme kapasiteleri Denklem 4.21 ve Denklem 4.22 ile elde edilmiştir. Birinci kat seviyesindeki görelî ötelenme ise Denklem 4.23 ile belirlenmiştir.  $L_p$  ile gösterilen ifade plastik mafsl uzunluğudur ve kesit ykseklğinin yarısı alınmıştır.



şekil 4.7 İki katlı prefabrik yapı boyunca eğrilik ve yerdeğiştirme profilindeki değişim

$$\Delta_{GÇ,pl1} = (\phi_{GÇ} - \phi_y) L_p (H_1 - 0.5L_p) \quad \text{Denklem 4.21}$$

$$\Delta_{GÇ,1} = \Delta_{1y} + \Delta_{GÇ,pl1} \quad \text{Denklem 4.22}$$

$$\theta_1 = \frac{\Delta_1}{h_1} \quad \text{Denklem 4.23}$$

#### 4.2.1 Seçilen İki Katlı Örnek Binanın Kapasite Eğrisinin Hesabı

Çok katlı binalarda kapasite eğrisinin hesabını daha iyi açıklayabilmek için Bölüm 3.3.2’de verilen Ç7 nolu örnek bina kullanılmıştır. Bu binaya ait kolon bilgileri ve yapılan moment-eğrilik analizlerinin sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.3. Bina Ç7’ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon	Kolon	L	B	H	Etriye	Etr. $f_{ywd}$	s	$\rho_l$	$\rho_s$	N	Yapım
Tipi	No	mm	mm	mm	Çapı	MPa	mm	%	%	kN	Yılı
-	-				mm						yıl
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

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 Çizelge 4.4’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Bina Ç7 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 Ç7	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

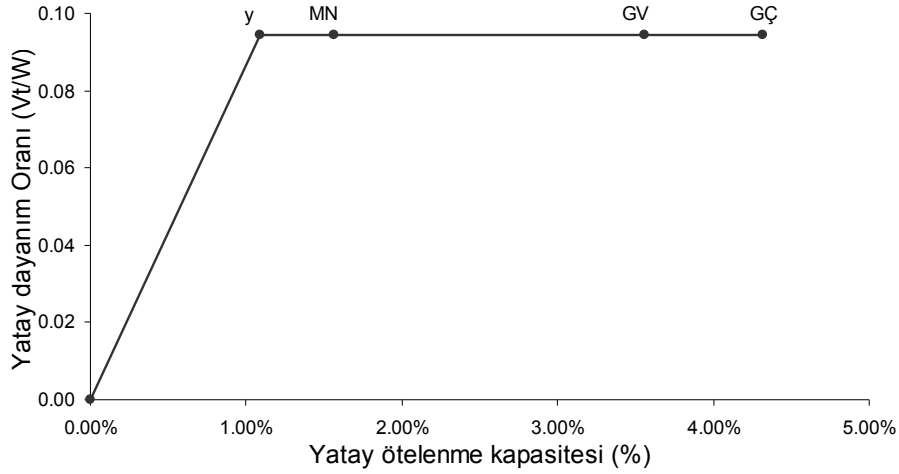
Kolonlarda eleman hasar sınırlarına karşılık gelen eğrilik değerleri belirlendikten sonra hasar bölgelerine karşılık gelen plastik yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir (Bkz.Çizelge 4.5). Bir sonraki adımda elde edilen yer değıştirme değerleri kolon boylarına bölünmüş ve eleman hasar sınırlarına karşılık gelen plastik ötelenme oranları hesaplanmıştır. Bina hasar sınırlarının belirlenmesi için, kolon hasar bölgelerini tarif eden ötelenme oranlarının minimumları göz önüne alınmış ve Denklem 4.9-Denklem 4.11’de verilen yaklaşım kullanılmıştır. Yapılan düşey yük analizi neticesinde bina ağırlığı 2124.61 kN olarak elde edilmiştir. Kapasite eğrilerinin daha kolay karşılaştırılabilmesi için kapasite eğrisi birimsiz hale getirilmiş ve Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Bina Ç7 ait kolonların kapasite hesap sonuçları

KOLON KAPASİTE PARAMETRELERİ									
Kolon Tipi	Kolon No	B	H	$\rho_l$	$\rho_{wt}$	$M_{yi}$	$\theta_{MN-p-i}$	$\theta_{GV-p-i}$	$\theta_{GÇ-p-i}$
-	-	mm	mm	%	%	kN.m.	%	%	%
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%

Çizelge 4.6. Bina Ç7’ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
	N.	%	%	%	%
	200.53	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%



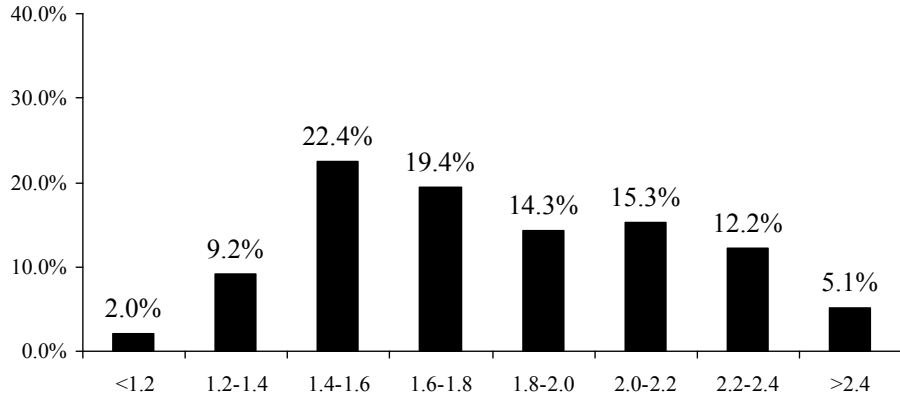
Şekil 4.8. Prefabrik bina kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin ötelenme kapasitelerinin belirlenmesi

Bina Ç7'nin kapasite eğrisinin ve hasar bölgelerinin belirlenmesi için izlenen ve yukarıda açıklanan işlem sırası veri tabanında bulunan 41 adet iki katlı ve karma prefabrik bina için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hazırlanan raporun sonunda Ek-4'te verilmiştir.

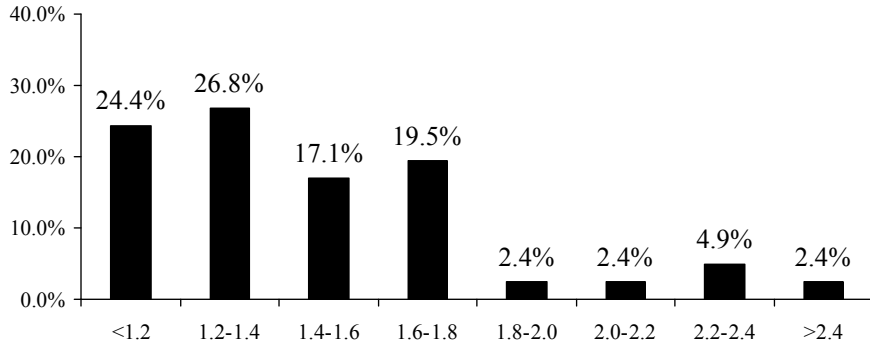
#### 4.3 Tek ve Çok Katlı Binaların Kapasite Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Envanterde bulunan tek ve 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 tek ve çok katlı prefabrik yapılar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.9 - Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Titreşim periyodlarının hesabı yapılırken, bina rijitliği kapasite eğrisinin elastik bölgedeki eğiminden hesaplanmıştır.

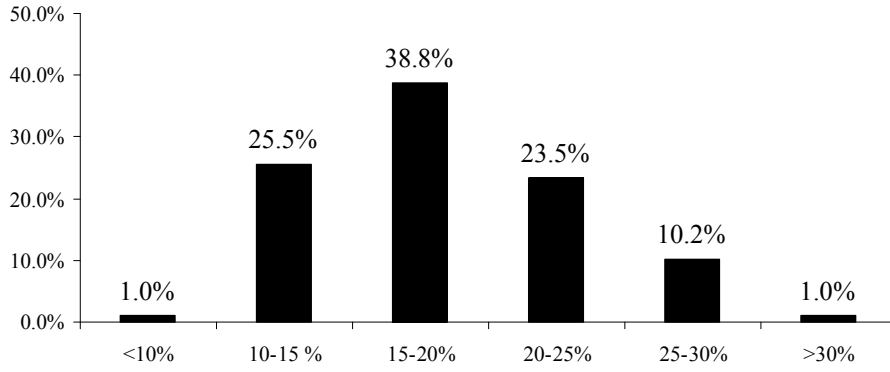
Yüksek titreşim periyodları, geçmiş depremlerden sonra özellikle vurgulanan yetersiz yanal rijitlik probleminin Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan binalar açısından da geçerli olduğunu göstermektedir. 1.5 ile 3.5 arasında değişen yerdeğiştirme sünekliği katsayıları ise esas itibari ile akma 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.



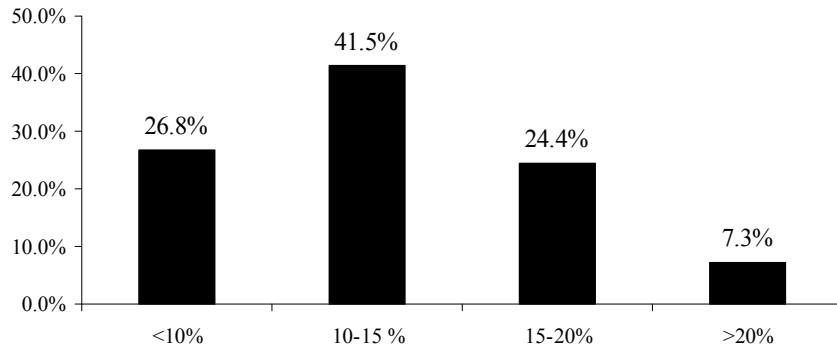
Şekil 4.9. 98 adet tek katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s)



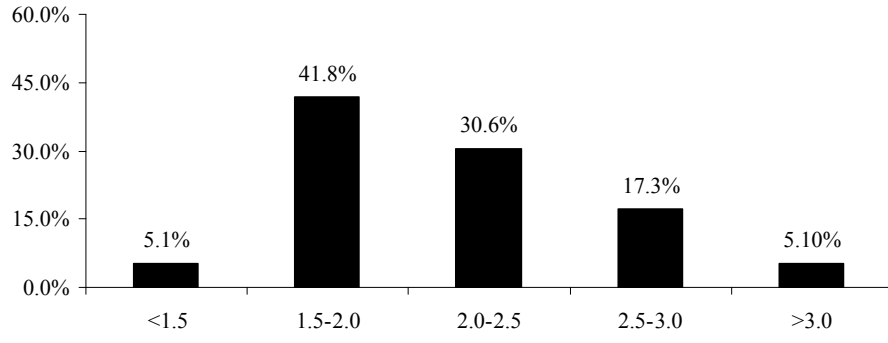
Şekil 4.10. 41 adet çok katlı binada titreşim periyodlarının değişimi (T-s)



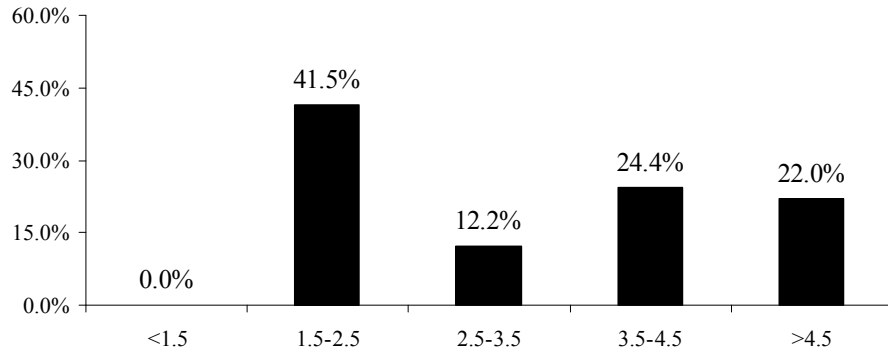
Şekil 4.11. 98 adet tek katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi (Vt/W)



Şekil 4.12. 41 adet çok katlı binada yatay dayanım oranlarının değişimi (Vt/W)



Şekil 4.13. 98 adet tek katlı binada süneklik kapasitelerinin dağılımı (μ<sub>Δ</sub>)

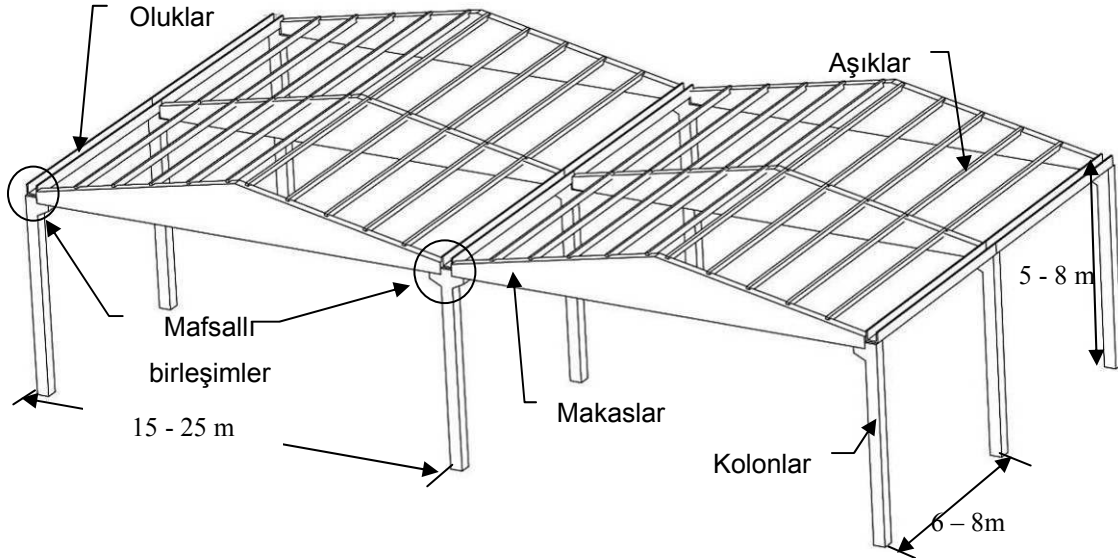


Şekil 4.14. 41 adet çok katlı binada süneklik kapasitelerinin dağılımı (μ<sub>Δ</sub>)

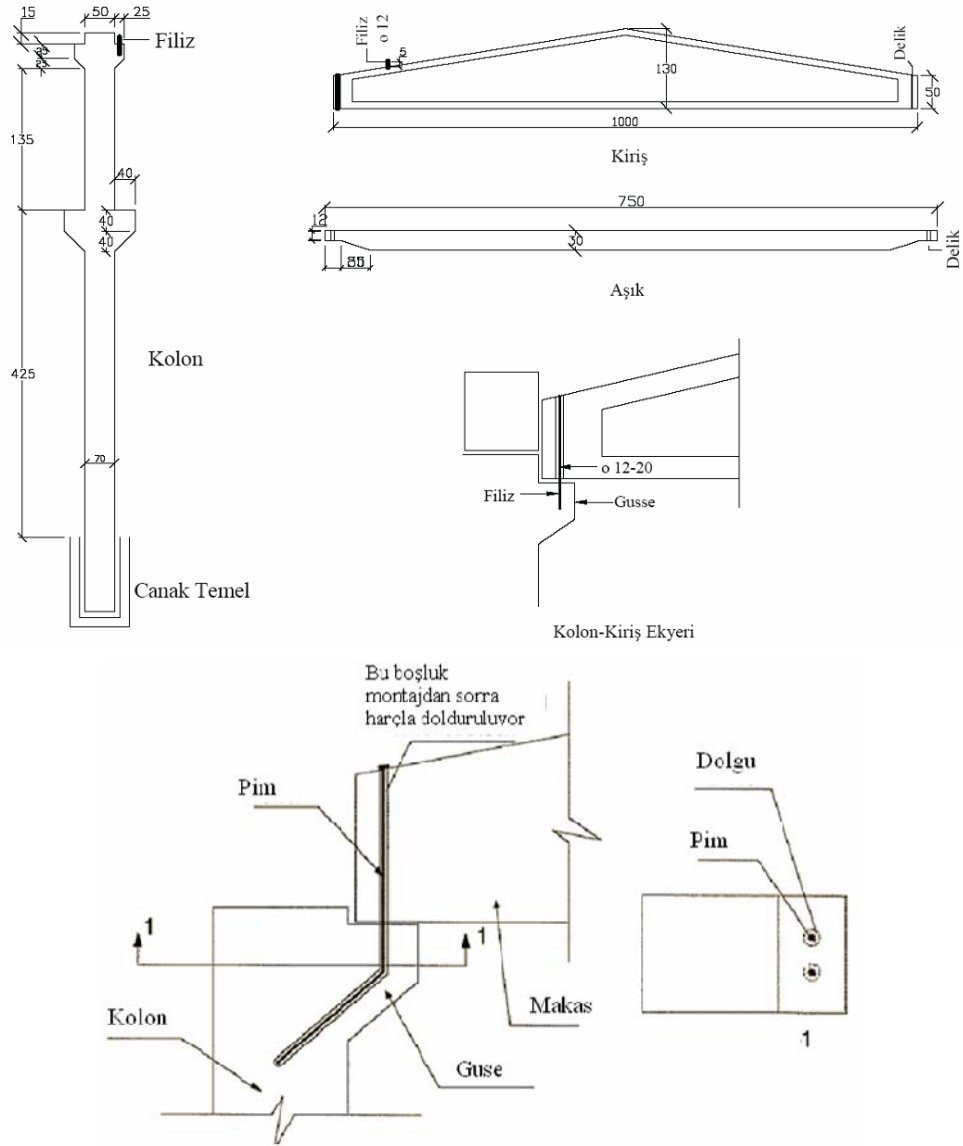


## 5 PREFABRİK YAPI BİRLEŞİMLERİNİN KESME VE DEVRİLME GÜVENLİĞİNİN HESABI

Mafsallı prefabrik yapı sistemleri genel itibari ile benzer yapısal detayların kullanılması ile üretilmektedir. Tek veya iki katlı olarak tasarlanan binaların genel görünüşü ve yaygın kullanılan boyutları Şekil 5.1’de verilmiştir. Bu şekilden de görüldüğü gibi çatı kaplamasının oturduğu aşıklar makas kirişleri üzerine mafsallı birleşimler yardımı ile monte edilmektedir. Makas uçlarında devam eden oluk kirişleri ile yağmur suyunun toplanması ve atılması sağlanmaktadır. 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 doldurulması ile de birleşimler oluşturulmaktadır. Pim donatıları için kullanılan yaygın donatı çapları 16-26mm arasında değişmektedir. Kolon boyutları ise genelde yapım yılına ve binanın yükseklik ve açıklığına bağlı olarak değişmektedir. 1998 yönetmeliğinden önce yapılan prefabrik binalarda kullanılan kolon boyutları 30-35cm aralığında değişmektedir. 1998 yönetmeliğinde söz konusu yapılar ile ilgili getirilen düzenlemeler kolon boyutlarının artmasına sebep olmuştur. Bu tür yeni binalarda ise kolon boyutları ortalama 40-70cm aralığında değişmektedir. Şekil 5.1’de gösterilen yapısal elemanların ve birleşim bölgelerine ait tipik detaylarının görünüşü Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Tek katlı birleşimleri mafsallı prefabrik binaların tipik görünümü



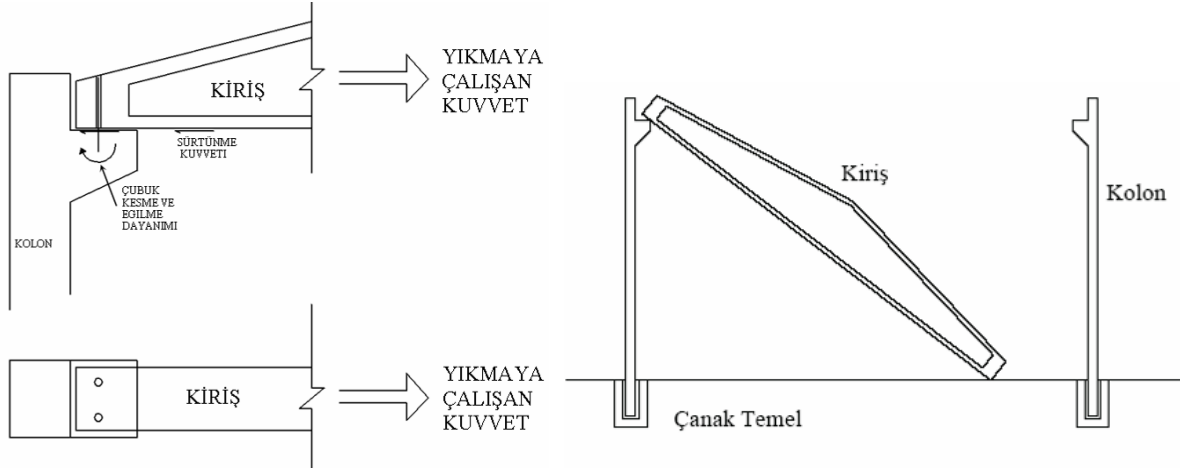
Şekil 5.2. Mafsallı prefabrik binalar için tipik birleşim ve eleman detayları

1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Kocaeli ve Düzce Depremlerinden sonra bu bölgelerde yapılan çalışmalar, prefabrik binalarda meydana gelen hasarların iki başlıkta toplanabileceğini göstermektedir. Bunlardan ilki, büyük bir çoğunluğu tek katlı ve mafsallı olan prefabrik binaların kolon tabanlarında meydana gelen plastik mafsallar ile oluşan eğilme hasarlarıdır. Moment aktarmayan mafsallı birleşimler sebebiyle prefabrik kolonlar konsol şeklinde çalışmakta ve tabanda yoğunlaşan eğilme momentleri etkisi ile plastik mafsallar oluşmaktadır. Bu sayede bina yerdeğiştirme yapmakta ve deprem enerjisini söndürmektedir. Depremde hasar gören binalardan alınan resimler, tabanda oluşan bu plastik mafsalların oluşumunu açık bir biçimde göstermektedir. Söz konusu hasarın oluşumunu gösteren örnekler Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Prefabrik yapılarda meydana gelen deprem hasarları

Diğer hasar şekli ise mafsallar ile birbirine bağlanan prefabrik yapı birleşimlerinde meydana gelen hasarlardır. Bu hasar tipi kendi içinde 2 alt guruba ayrılabilir. Bunlardan ilkinde deprem kuvvetleri sebebiyle birleşimlerde kesme güvenliği aşılmakta ve makaslar pimlerden kurtularak düşmektedir. Söz konusu hasarın oluşumunu gösteren şematik çizimler Şekil 5.4'de ve geçmiş depremlerde bu yüzden hasar gören binalara ait resimler ise Şekil 5.5'de verilmiştir.

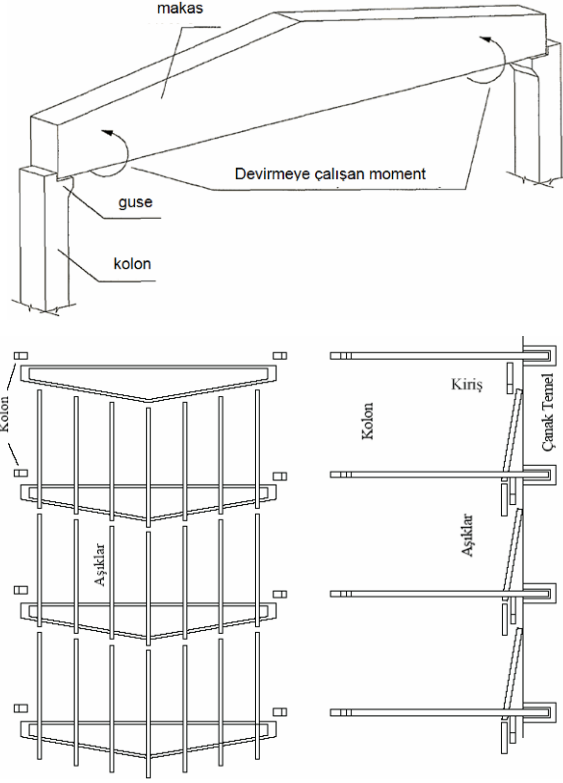


Şekil 5.4. Birleşim bölgelerinde kesme etkisi ile hasar oluşumu



Şekil 5.5. Geçmiş depremlerden sonra tespit edilen birleşim bölgesi hasarları

Diğer bir birleşim hasarı ise makas kirişine dik yönde etkiyen deprem kuvvetleri sebebiyle makasların birleşim etrafında dönerek devrilmesi ile oluşmaktadır. Bu tip hasarının oluşumu şematik olarak Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



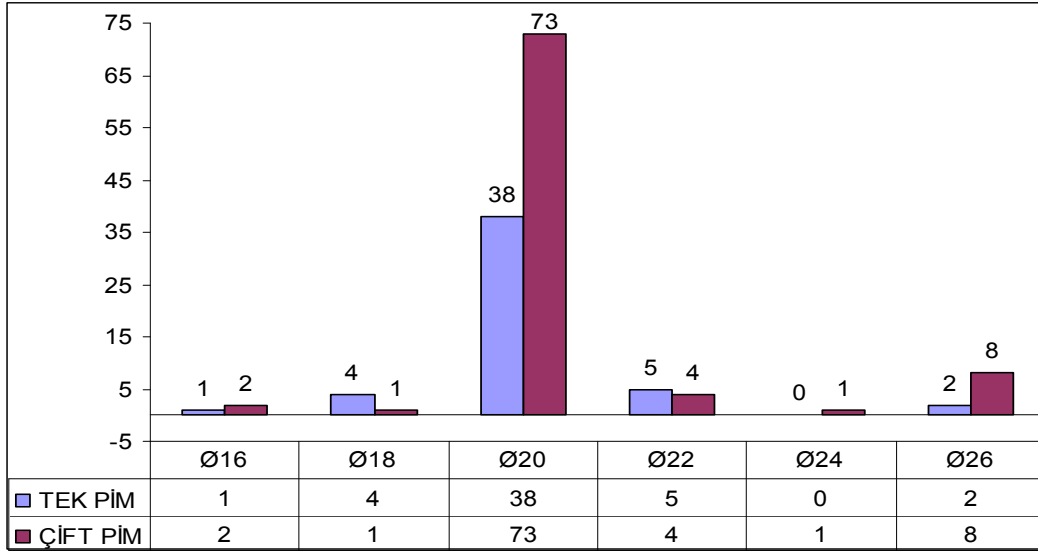
Şekil 5.6. Makasların birleşim etrafında dönerek devrilmesi



Şekil 5.7. Makas devrilmesi ile oluşan birleşim hasarlarından örnekler

### 5.1 Mevcut Prefabrik Sanayi Yapılarının Birleşim Bölgeleri

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan ve çalışma kapsamında ele alınan 139 adet binanın birleşim bölgelerine ait detaylar yapısal envanter çalışmaları ile incelenmiştir. İncelenen binalardan toplanan bilgiler tek ve çift pim içeren birleşimler için sınıflandırılmış ve elde edilen sonuçların dağılımı Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi gerek tek, gerekse de çift pimli mafsallı birleşimlerde yaygın olarak kullanılan donatı çapı 20mm'dir.



Şekil 5.8. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 139 adet binada kullanılan pimlerin çapı ve adedinin dağılımları

## 5.2 Zaman Tanım Alanında Analiz İçin Kullanılan Deprem Kayıtları

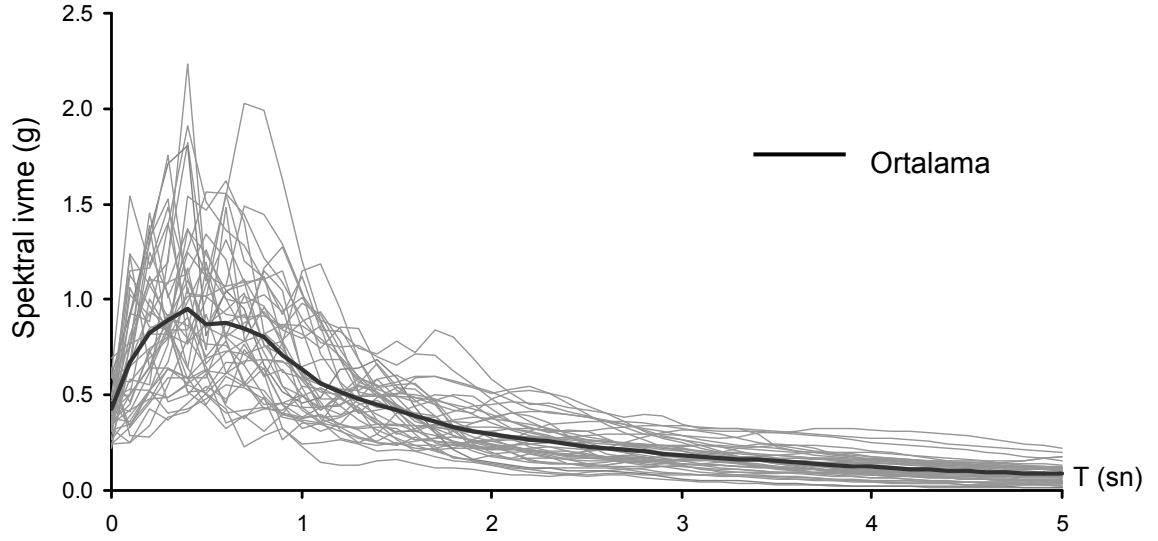
Mevcut prefabrik sanayi yapılarındaki birleşim bölgelerine ait yapısal özelliklerin belirlenmesinden sonra bu birleşimleri temsil eden yapısal analiz modellerinin hazırlanmasına ve hesaplamalar sırasında zaman tanım alanında analiz yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu amaç doğrultusunda 40 adet deprem kaydı seçilmiştir. Birleşim bölgelerinin kesme ve devrilme güvenliğinin hesabı sırasında Sap2000 [34] programından yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri ise Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Zaman tanım alanında analiz için kullanılan ivme kayıtları

No	Deprem	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
1	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.223	58.4	71.47
2	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.603	78.8	60.74
3	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.503	79.5	93.09
4	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.364	55.4	25.59
5	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.400	56.3	41.28
6	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.325	66.6	45.95
7	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	0.489	71.7	38.64
8	Coalinga 1983/05/02 23:42	0.592	60.2	8.77
9	Duzce, Turkey 1999/11/12	0.348	60	42.09
10	Erzincan, Turkey 1992/03/13	0.496	64.3	22.78
11	Gazli, USSR 1976/05/17	0.608	65.4	25.29
12	Imperial Valley 1979/10/15	0.602	54.3	32.32

No	Deprem	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
13	Imperial Valley 1979/10/15	0.314	71.7	25.53
14	Imperial Valley 1979/10/15	0.360	76.6	59.02
15	Imperial Valley 1979/10/15	0.410	64.9	27.69
16	Imperial Valley 1979/10/15	0.352	71.2	45.80
17	Imperial Valley 1979/10/15	0.235	68.8	39.35
18	Irpinia, Italy 1980/11/23 19:34	0.358	52.7	33.08
19	Kobe 1995/01/16 20:46	0.693	68.3	26.65
20	Kobe 1995/01/16 20:46	0.599	74.3	19.95
21	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	0.268	65.7	57.01
22	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	0.349	62.1	50.97
23	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	0.312	58.8	44.11
24	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	0.244	50.3	42.74
25	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	0.376	79.5	70.52
26	Landers 1992/06/28 11:58	0.245	51.5	43.81
27	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.644	55.2	10.88
28	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.274	53.6	12.68
29	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.605	51	11.50
30	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.453	51.3	8.37
31	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.371	62.4	30.28
32	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	0.332	61.5	36.40
33	N. Palm Springs 1986/07/08	0.594	73.3	11.46
34	Northridge 1994/01/17 12:31	0.416	59	13.14
35	Northridge 1994/01/17 12:31	0.420	60.8	20.17
36	Northridge 1994/01/17 12:31	0.604	78.2	16.05
37	Northridge 1994/01/17 12:31	0.325	67.4	16.11
38	Northridge 1994/01/17 12:31	0.472	73	19.76
39	Northridge 1994/01/17 12:31	0.493	74.6	28.69
40	Parkfield 1966/06/28 04:26	0.476	75.1	22.49

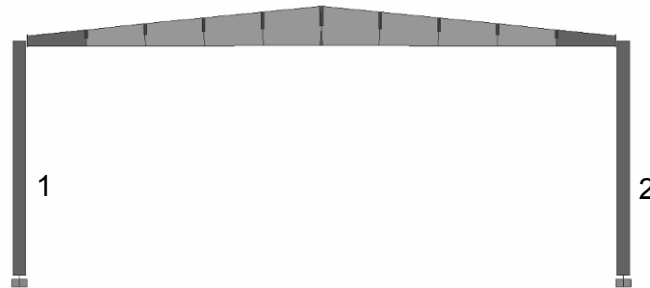
Seçilen kayıtların spektral ivmeler açısından hangi büyüklüklere karşılık geldiğini gösterebilmek amacıyla bu kayıtlara ait ivme mukabele spektrumları hesaplanmıştır. Çizelge 5.1'de verilen değerlere, Şekil 5.9'da verilen mukabele spektrumlarına bakarak analizler için seçilen kayıtların şiddetli depremleri temsil ettiğini söylemek mümkündür.



Şekil 5.9. Seçilen ivme kayıtlarının periyoda bağlı spektral ivme değerleri ve kayıtların ortalaması

### 5.3 Birleşim Bölgelerinin Kesme Güvenliğinin Hesabı İçin Hazırlanan Yapısal Analiz Modelleri

Kesme hasarı tarifi için önceden gösterilen şekiller incelendiğinde bu hasarın özellikle kolon ile makasın üst üste oturduğu kayma düzleminde gerçekleştiği ve pimlerin bu kayma düzleminde oluşan gerilmelere karşı koymaya çalıştığı görülecektir. Bu durum analizler sırasında birleşimlerde kesme güvenliğinin hesabı için 2 boyutlu bina modellerini kullanmanın yeterli olacağını göstermektedir. Bina modellerinin zaman tanım alanında analizleri Sap2000 [34] programı kullanılarak yapılmış ve analizler sırasında makas kirişine paralel yönde oluşan deprem hareketi göz önüne alınmıştır. Şablon olarak belirlenen 2 boyutlu ve tek açıklıklı çerçevenin görünüşü Şekil 5.10'da verilmiştir. Bina açıklığı belirlenirken envanter çalışması aşamasında elde edilen bulgular göz önüne alınmış ve makas uzunluğu 20m alınmıştır.



Şekil 5.10. Analizler sırasında kullanılan 2 boyutlu prefabrik çerçeve modeli

Yapılan çalışmanın temel amacı bağlantı bölgesinde oluşan ve birleşimlerdeki pimler ile taşınan kesme kuvvetlerini kontrol etmektir. Bu kesme kuvvetlerinin farklı yapısal özellikler altında nasıl değiştiğini inceleyebilmek için bina modelleri çeşitlendirilmiştir. Analizler



sırasında kolonların etkin eğilme rijitliklerinin ( $EI_e$ ) hesabı için DBYBHY-2007 yönetmeliğinin 7.4 Bölümünde verilen yöntem kullanılmıştır. Prefabrik kolonların farklı dayanım ve rijitlik değerlerine sahip olması durumunda birleşimlerde oluşan kesme kuvvetlerinin değişimini incelemek için üç ayrı durum göz önüne alınmıştır.

- (Tip 1) Şekil 5.10'da gösterilen 2 adet kolonun dayanım ve rijitlik olarak özdeş olduğu kabul edilmiş ve analizler buna göre yapılmıştır.
- (Tip 2) Betonarmenin homojen olmayan yapısı göz önüne alınmış, bu sebeple Şekil 5.10'da gösterilen 1 no'lu kolonun moment kapasitesi %15 azaltılırken, 2 no'lu kolonunun moment kapasitesi %15 arttırılmıştır. Böylelikle imalat sürecinden ve malzemedan kaynaklanabilecek dayanım değişikliklerinin etkisi araştırılmıştır.
- (Tip 3) olarak isimlendirilen son grupta ise sistemi oluşturan kolonlar tamamen farklı boyutlarda seçilmiş, böylece hem dayanım, hem de rijitlikte meydana gelen değişikliklerin birleşimlerde oluşan kuvvetler üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Ayrıca her tip yapı gurubunun kendi içinde de değişiklikler göstermesini sağlamak amacıyla kolon yükseklikleri 6 ve 8m, boyuna donatı oranları ise %1 ve %2 alınarak bina modelleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bina modellerinin özellikleri ise Çizelge 5.2-Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Hazırlanan Tip 1 bina modellerinin özellikleri

1.Kolon boyutu BxH (cm)	1. Kolon boy. don. %	2.Kolon boyutu BxH (cm)	2. Kolon boy. don. %	Bina Yüksekliği (m)	Boyuna Donatı $f_y/f_u$	Moment Dayanımları -
35x35	1%	35x35	1%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
35x35	2%	35x35	2%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
45x45	1%	45x45	1%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
45x45	2%	45x45	2%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
55x55	1%	55x55	1%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
55x55	2%	55x55	2%	8	420/500	$M_1=M_2=M$
35x35	1%	35x35	1%	6	420/500	$M_1=M_2=M$
35x35	2%	35x35	2%	6	420/500	$M_1=M_2=M$
45x45	1%	45x45	1%	6	420/500	$M_1=M_2=M$
45x45	2%	45x45	2%	6	420/500	$M_1=M_2=M$
55x55	1%	55x55	1%	6	420/500	$M_1=M_2=M$
55x55	2%	55x55	2%	6	420/500	$M_1=M_2=M$

Çizelge 5.3. Hazırlanan Tip 2 bina modellerinin özellikleri

1.Kolon boyutu BxH (cm)	1. Kolon boy. don. oranı ( $\rho_l$ ) %	2.Kolon boyutu BxH (cm)	2. Kolon boy. don. oranı ( $\rho_l$ ) %	Bina Yüksekliği (m)	Moment Kapasiteleri $M_1 - M_2$
35x35	1%	35x35	1%	8	0.85M-1.15M
35x35	2%	35x35	2%	8	0.85M-1.15M
45x45	1%	45x45	1%	8	0.85M-1.15M
45x45	2%	45x45	2%	8	0.85M-1.15M
55x55	1%	55x55	1%	8	0.85M-1.15M
55x55	2%	55x55	2%	8	0.85M-1.15M
35x35	1%	35x35	1%	6	0.85M-1.15M
35x35	2%	35x35	2%	6	0.85M-1.15M
45x45	1%	45x45	1%	6	0.85M-1.15M
45x45	2%	45x45	2%	6	0.85M-1.15M
55x55	1%	55x55	1%	6	0.85M-1.15M
55x55	2%	55x55	2%	6	0.85M-1.15M

Not: Tip2 binalarda beton sınıfı (fc) 30 N/mm<sup>2</sup>, boyuna donatı sınıfı (fy/fu) 420/500

Çizelge 5.4. Hazırlanan Tip 3 bina modellerinin özellikleri

1.Kolon boyutu BxH (cm)	1. Kolon boy. don. oranı ( $\rho_l$ ) %	2.Kolon boyutu BxH (cm)	2. Kolon boy. don. oranı( $\rho_l$ ) %	Bina Yüksekliği (m)	Boy. Don. Sınıfı fy/fu (MPa)	Mom. Dayanım -
35x35	1%	45x45	1%	8	420/500	$M_1 < M_2$
35x35	2%	45x45	2%	8	420/500	$M_1 < M_2$
35x35	1%	55x55	1%	8	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	2%	55x55	2%	8	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	1%	65x65	1%	8	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	2%	65x65	2%	8	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	1%	45x45	1%	6	420/500	$M_1 < M_2$
35x35	2%	45x45	2%	6	420/500	$M_1 < M_2$
35x35	1%	55x55	1%	6	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	2%	55x55	2%	6	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	1%	65x65	1%	6	420/500	$M_1 << M_2$
35x35	2%	65x65	2%	6	420/500	$M_1 << M_2$

Not: Tip3 binalarda beton sınıfı (fc) 30 N/mm<sup>2</sup> alınmıştır.

### 5.3.1 Birleşim Bölgelerinin Kesme Kapasitesinin Belirlenmesi

Önceki bölümlerde mevcut prefabrik sanayi yapılarında kullanılan pim detayları verilmiştir. Birleşim bölgesinde kullanılan bu pimlerin sağlayacağı kesme kapasitesi Paulay vd., 1974 [27] tarafından önerilen Denklem 5.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Yazarlar bu ifade ile hesaplanan kesme dayanımlarının üst limit olarak algılanması gerektiğini ve daha emniyetli tarafta kalmak için Denklem 5.1 ile bulunan kesme dayanımının azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Bu yüzden yürütülen bu çalışmada Denklem 5.1'den elde edilen sonuçlar emniyet faktörü olarak alınan 1.5 ile bölünmüş, birleşimlerin kesme kapasitesi bu şekilde hesaplanmıştır. Kullanılan donatı çapları, adetleri ve bunlara karşılık gelen kesme taşıma kapasiteleri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

$$V_b = \frac{A_s f_y}{\sqrt{3}}$$

Denklem 5.1

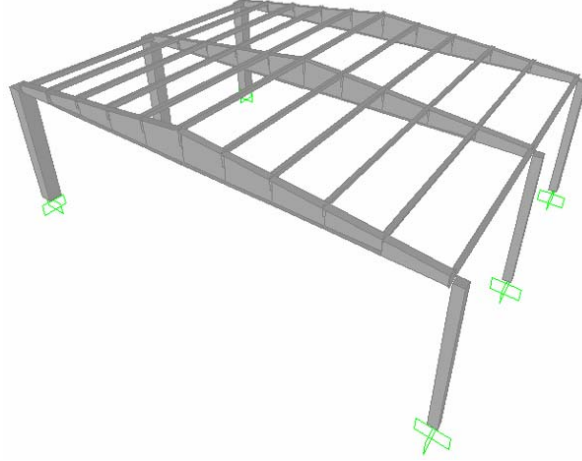
Çizelge 5.5. Yaygın kullanılan birleşim pimleri ve kesme kapasiteleri

Çap	Adet	%	Tek/Çift	Dayanım (ton)
Ø16	1	1%	Tek	3,25
Ø18	4	3%	Tek	4,11
Ø20	38	27%	Tek	5,08
Ø22	5	4%	Tek	6,15
Ø24	0	0%	Tek	7,31
Ø26	2	1%	Tek	8,58
Ø16	2	1%	Çift	6,50
Ø18	1	1%	Çift	8,23
Ø20	73	53%	Çift	10,16
Ø22	4	3%	Çift	12,29
Ø24	1	1%	Çift	14,63
Ø26	8	6%	Çift	17,17

### 5.4 Birleşim Bölgelerinin Devrilme Güvenliğinin Hesabı İçin Hazırlanan Yapısal Analiz Modelleri

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen Adana-Ceyhan (1998) ve Kocaeli ve Düzce (1999) depremleri sebebiyle oluşan tipik birleşim bölgesi hasarları örnek şekiller yardımıyla açıklanmıştır. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi makasın düzlem dışı hareketi sebebiyle meydana gelen devrilme momentleri, birleşim bölgesinde kullanılan pimler aracılığıyla karşılanmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla bu hasar oluşumunun ve birleşim bölgesinin güvenliğinin sorgulanabilmesi için 3 boyutlu analiz modellerinin hazırlanması gerekmektedir. 20m makas açıklığına ve 7.5m aks aralıklarına sahip 3 boyutlu bina modelinin görünüşü

Şekil 5.11’de verilmektedir. Yapısal özellikleri çeşitlendirilerek hazırlanan bütün modellere ait bilgiler ise Çizelge 5.6’da verilmiştir. 3 boyutlu analiz modellerine ait yapısal parametrelere karar verilirken, binaya ait dayanım ve rijitlik özelliklerinin birleşim bölgelerinde meydana gelecek devrilme momenti talebini nasıl etkileyeceği sorusuna cevap verebilmek hedeflenmiştir.



Şekil 5.11. Analizler Sırasında Kullanılan 3 Boyutlu Çerçeve Modeli

Çizelge 5.6. Bina Modellerinin Özellikleri

1.Kolon boyutu BxH (cm)	1. Kolon boy. don. oranı ( $\rho_1$ ) %	2.Kolon boyutu BxH (cm)	2. Kolon boy. don. oranı ( $\rho_2$ ) %	Bina Yüksekliği (m)	Moment Kapasiteleri $M_1 - M_2$
35x35	1%	35x35	1%	8	$M_1=M_2=M$
35x35	2%	35x35	2%	8	$M_1=M_2=M$
45x45	1%	45x45	1%	8	$M_1=M_2=M$
45x45	2%	45x45	2%	8	$M_1=M_2=M$
55x55	1%	55x55	1%	8	$M_1=M_2=M$
55x55	2%	55x55	2%	8	$M_1=M_2=M$
65x65	1%	65x65	1%	8	$M_1=M_2=M$
65x65	2%	65x65	2%	8	$M_1=M_2=M$
35x35	1%	35x35	1%	6	$M_1=M_2=M$
35x35	2%	35x35	2%	6	$M_1=M_2=M$
45x45	1%	45x45	1%	6	$M_1=M_2=M$
45x45	2%	45x45	2%	6	$M_1=M_2=M$
55x55	1%	55x55	1%	6	$M_1=M_2=M$
55x55	2%	55x55	2%	6	$M_1=M_2=M$
65x65	1%	65x65	1%	6	$M_1=M_2=M$
65x65	2%	65x65	2%	6	$M_1=M_2=M$

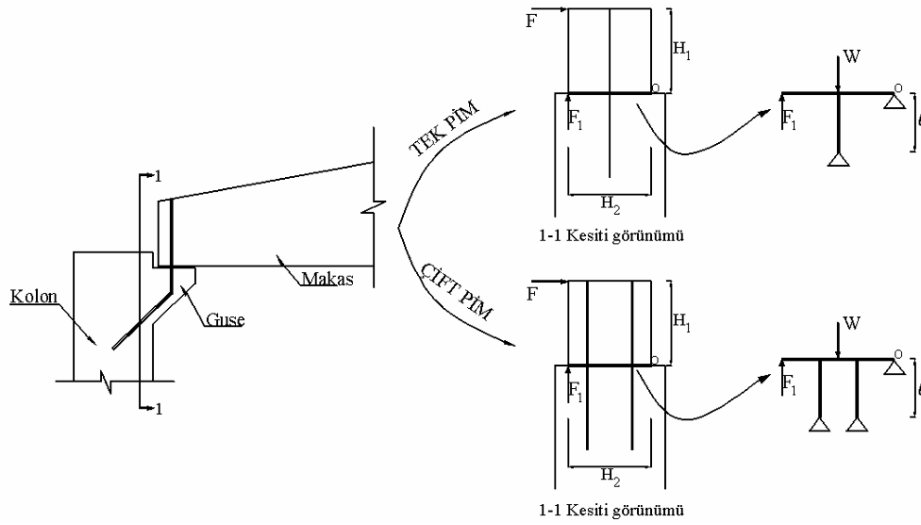
Devrilme kapasitesinin hesabı yapılırken Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan envanter çalışmalarının sonuçlarından yararlanılmış ve analiz modellerinde kullanılan pim çapı ve adetleri buna göre belirlenmiştir. Şekil 5.8'den de görüldüğü gibi bölgede sıklıkla kullanılan pim çapı 20 mm'dir ve birleşim bölgeleri tek veya çift pimden oluşmaktadır. Yapılan literatür taramaları bu türden birleşimlerin devrilme güvenliğinin hesabı için önerilen somut bir yaklaşımın bulunmadığını göstermiştir. Bu yüzden çalışmanın bu aşamasında devrilme güvenliğinin hesabı için gereken ifadelerin türetilmesi ile ilgili çalışmalara geçilmiştir.

#### **5.4.1 Birleşim Bölgesinde Devrilme Kapasitesinin Belirlenmesi**

Birleşimlerin devrilme güvenliği ile ilgili tahkikler yapılırken aynı kesme güvenliği tahkiklerinde olduğu gibi kuvvet tabanlı bir hesap yöntemi takip edilmiştir. Başka bir ifade ile makasların ve kolonların birleştiği noktalara atanan devrilme momenti ( $M_t$ )-dönme ( $\theta_t$ ) mafsalları tarif edilirken bu mafsalların sünek davranmadığı, hesaplanan devrilme momenti kapasitesine ulaşıldığı anda mafsalın devrilme güvenliğinin aşıldığı kabul edilmiştir. Birleşim noktalarında tanımlanan söz konusu mafsallara ait özellikler belirlenirken iki durum göz önüne alınmış ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

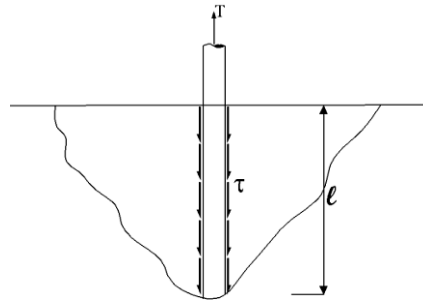
1. Mafsalların tek veya çift pimden oluşması devrilme güvenliği üzerinde ne kadar etkilidir?
2. Makas içine uzanan pimlerin aderans kapasiteleri davranış üzerinde ne kadar etkilidir?

Yukarıda belirtilen sorulara cevap verebilmemize imkan verecek birleşim bölgesi mafsallarının hesabı için takip edilen yöntem aşağıda açıklanmıştır. Tek ve çift pimden oluşan birleşim bölgesinin tipik gösterimi Şekil 5.12' de verilmiştir. Bu şekle yakından bakıldığında düzlem dışı kuvvet sebebiyle makasın "O" noktası etrafında dönmeye zorlandığı görülecektir. Deprem sebebiyle makas seviyesinde meydana gelecek F kuvveti kesit üzerinde gösterilmiştir. Söz konusu bu kuvvetin tek ve çift pimden oluşan idealize edilmiş sistem üzerindeki gösterimleri ise kesitlerin sağında verilmektedir.



Şekil 5.12. Birleşim bölgesi tipik görünüşü ve devrilme mekanizmasının görünümü

Mafsallara ait özellikler belirlenirken O noktası etrafında makasın dönerek devrilmesi için gereken  $F_1$  kuvveti, bu  $F_1$  kuvvetinin sebep olduğu momenti ve bu momentin oluştuğu sırada birleşimde meydana gelen dönme değerinin hesabı yapılmıştır. Hesaplamalar sırasında makas ağırlığının etkisi de göz önüne alınmıştır. Moment kapasitesine ulaşıldığı andaki dönme miktarının hesabı devrilme davranışını temsil eden mafsalın tarifi için önemlidir. Söz konusu dönme miktarının hesabı ise modelde göz önüne alınan 20mm çapındaki tek veya çift pimden oluşan donatının ne kadar uzayacağı ile ilgilidir. Pim üzerinde devrilme talebi sebebiyle oluşan aksenal çekme kuvveti ve bu kuvvet sebebiyle pim donatısının etrafında aderansa bağlı oluşan gerilmeler Şekil 5.13'de sembolik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Beton ile pim arasında meydana gelen aderans gerilmelerinin gösterimi

Beton içine gömülen pimde meydana gelen aksenal kuvvetin değeri sürtünme yüzeyinde oluşan kayma gerilmeleri ile sürtünme alanının çarpımına eşit olmalıdır ve bu eşitlik Denklem 5.2 ile ifade edilebilir. Beton ile donatı arasında herhangi bir aderans çözülmesi oluşmadığı kabul edilir ve donatının pekleşme davranışı ihmal edilir ise, pim tarafından taşınabilecek maksimum çekme kuvveti Denklem 5.3'de gösterildiği gibi tarif edilebilir.

$$T = \tau \cdot l \cdot \phi \cdot \pi$$

Denklem 5.2

$$\sigma_s \frac{\pi \phi^2}{4} = \tau.l.\phi.\pi$$

Denklem 5.3

Denklem 5.3'de yer alan ifadenin sadeleştirilmesi ve gerekli işlemlerin yapılması ile kolon içerisine gömülü olan ve aderans gerilmeleri ile zorlanan pim uzunluğunun bir katsayıya (c), donatıda oluşan gerilme seviyesine ve donatının çapına bağlı olduğunu söylemek mümkündür. Sözü edilen bu sadeleştirmenin yapılmış hali Denklem 5.4'de gösterilmektedir. Söz konusu bu uzunluğun hesabı daha önce belirtilen mafsallın dönme kapasitesinin belirlenmesi açısından önemlidir.

$$l = c \sigma_s \phi$$

Denklem 5.4

Literatürde bununla ilgili yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Konu ile ilgili Priestley v.d, 2007 [29] tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Yazarlar plastik mafsalların boyunu araştırdıkları çalışmalar sırasında gömülü olan donatıda meydana gelen şekil değiştirmelerin hesabı için Denklem 5.5'te verilen ifadeyi önermektedirler. Söz konusu bağintıda şekil değiştirmelerin meydana geldiği gömülü uzunluk Denklem 5.4'de verilen ifadeye benzer bir biçimde donatının akma dayanımına ( $f_{yk}$ ) ve çapına ( $d_{bl}$ ) bağlı olarak ifade edilmektedir.

$$l_{sp} = 0.022 f_{yk} d_{bl} \quad (\text{MPa})$$

Denklem 5.5

Birleşim bölgelerindeki dönme mafsalların hesabı için Priestley v.d, 2007 [29] tarafından önerilen bu yaklaşım benimsenmiş ve tek veya çift pimden oluşan donatılarda meydana gelen deformasyonlar buna göre hesaplanmıştır. Prefabrik bina birleşimlerinde kullanılan yaygın pim çapının 20mm olması ve S420 sınıfı donatı çeliğinin kullanılması hesaplamalar sırasında göz önüne alınmıştır. Burulma hesabında kullanılan mafsalların hesabı için donatının gerilme-şekil değiştirme ilişkisinden yararlanılmış, aksenal kuvvet ve yerdeğiştirme kapasiteleri Denklem 5.6 - Denklem 5.8 kullanılarak belirlenmiştir

$$P = A_s f_{yk}$$

Denklem 5.6

$$\delta_y = \varepsilon_{sy} l_{sp}$$

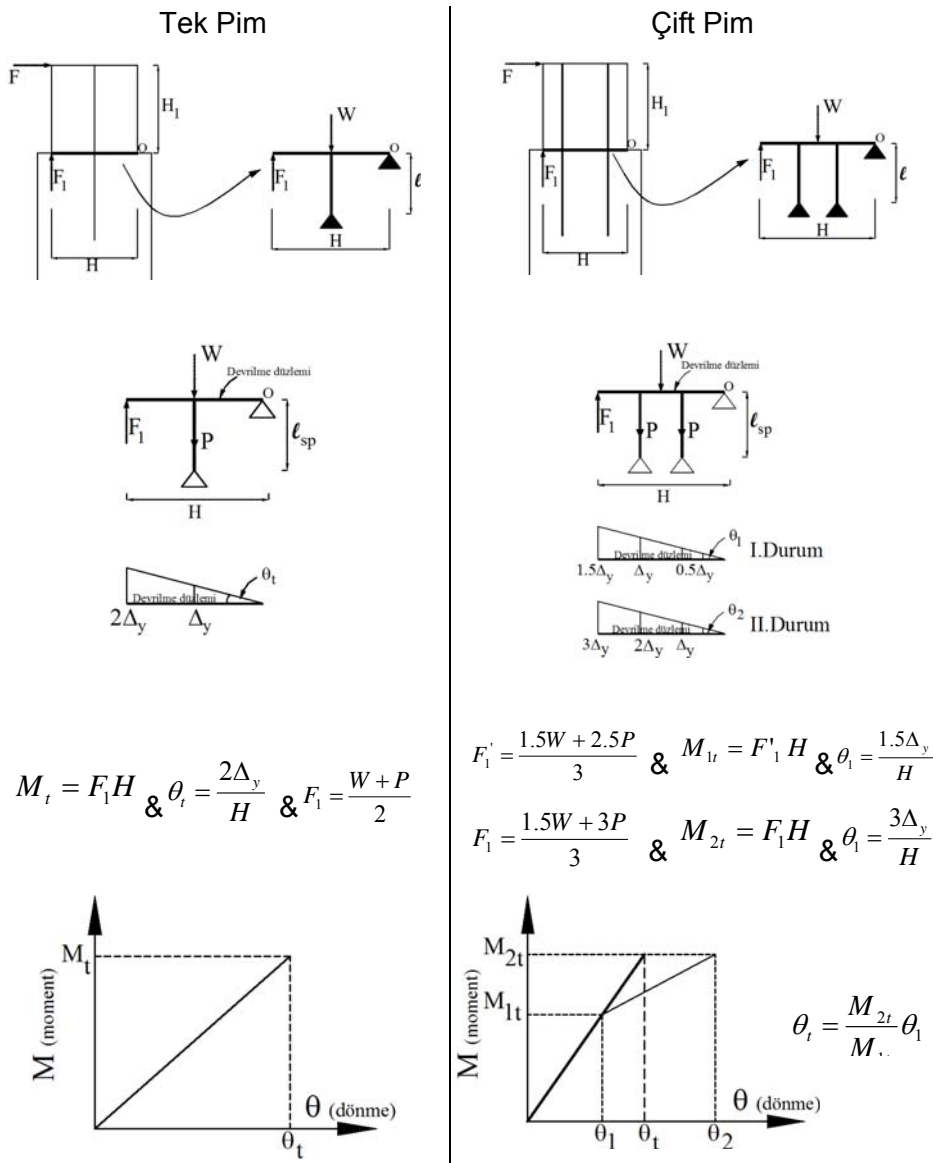
Denklem 5.7

$$\delta_u = \varepsilon_{su} l_{sp}$$

Denklem 5.8

Yukarıda yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi yapılan bu tarifler en ideal durumu, yani donatının taşıma kapasitesine ulaşması ile devrilme kapasitesine ulaşılması durumunu temsil etmektedir. Geçmiş depremlerden sonra yapılan incelemeler bu üst sınıra ulaşamadığını ve makas içindeki donatı etrafındaki harcın veya yapıştırıcının çözülmesi ile aderansın kaybolduğunu ve makasların devrildiğini göstermektedir. Söz konusu birleşim kusurlarını

hesaba yansıtılabilmek amacıyla donatının akma anına karşılık gelen “tam bağ” durumunun  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{2}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  ve  $\frac{1}{10}$  'unu esas alan mafsallı modelleri hazırlanmıştır. Söz konusu mafsallar hazırlanırken tek veya çift pim durumları ayrı ayrı ele alınmış ve her iki durum için mafsallar hesaplanmıştır. Hesaplanan mafsalların Şekil 5.11’de gösterilen 3 boyutlu analiz modelinde kolonlar ve makaslar arasında tarif edilen elemanlara tanımlanması ile yapısal modeller hazır hale getirilmiştir. Seçilen 40 adet ivme kaydı altında her bir modelin zaman tanım alanında analizleri yapılmış ve söz konusu mafsallı kapasitelerinin aşılmış aşılmadığı kontrol edilmiştir. Birleşimde tek ve çift pim durumlarını temsil eden mafsalların hesabı sırasında takip edilen işlem adımları Şekil 5.14’de kısaca gösterilmiştir. Tek veya çift pim durumları ve 5 ayrı aderans seviyesi olmak üzere toplam 10 ayrı durum için yapılan hesaplamalardan elde edilen dayanım ve dönme değerleri Çizelge 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.14. Tek ve çift pimli birleşimlerde devrilme ve dönme kapasitesinin hesabı



Çizelge 5.7. Aderans ve Pim Adedine Göre Kapasite Hesap Sonuçları

Aderans	Tek Pim		Çift Pim	
	$M_t$	$\theta_t$	$M_{2t}$	$\theta_t$
Tam	208.75	0.311%	373.75	0.273%
0.75	167.50	0.233%	291.25	0.204%
0.50	126.25	0.155%	208.75	0.134%
0.25	85.00	0.078%	126.25	0.065%
0.10	60.25	0.031%	76.75	0.025%

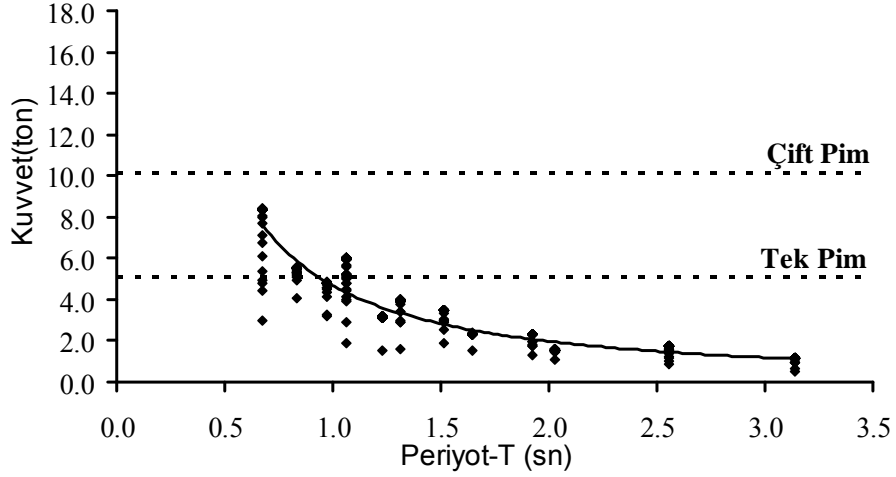
## 5.5 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde 2 ve 3 boyutlu bina modellerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizinden elde edilen sonuçlar, kesme ve devrilme güvenliği açısından değerlendirilmiştir.

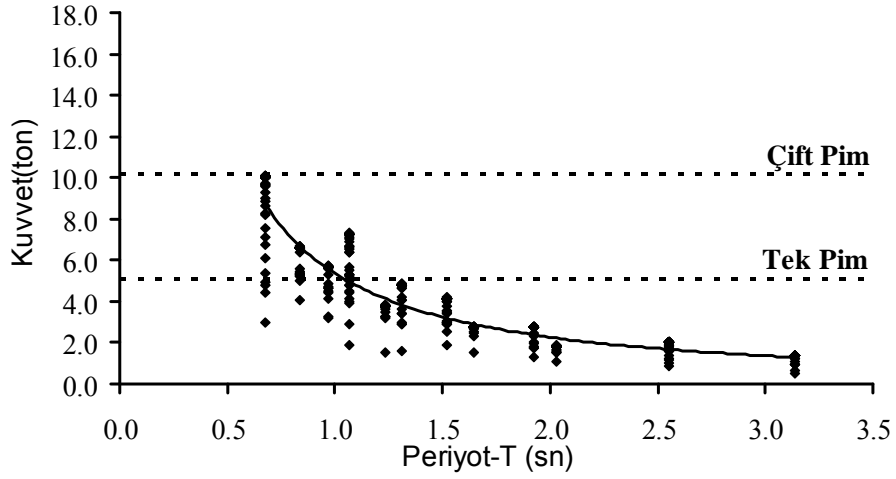
### 5.5.1 Mafsallı Birleşimlerin Kesme Güvenliğinin Araştırılması

Birleşim bölgelerinin kesme kapasiteleri hesaplanırken envanter çalışmasından elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulmuş ve birleşimlerin büyük çoğunluğunu temsil eden 20mm çapındaki pim donatılarının tek veya çift olarak kullanılması durumu için kesme kapasiteleri hesaplanmıştır. Kesme talebinin hangi durumlarda hesaplanan bu kapasiteleri aştığı ve kritik hale geldiği araştırılmıştır.

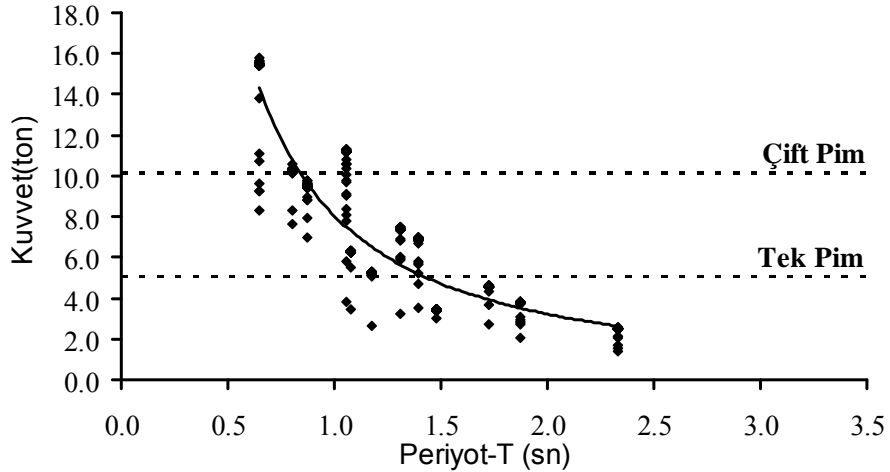
Birleşim bölgelerinde meydana gelen kesme kuvveti taleplerinin Tip1, Tip 2 ve Tip 3 binaları için titreşim periyoduna bağlı olarak değişimi Şekil 5.15 - Şekil 5.17'de gösterilmiştir. Seçilen pim donatısının tek ve çift olarak uygulanması durumunda taşıyabileceği kesme kuvveti kapasiteleri de grafikler üzerinde gösterilmiştir. Bu şekillerden anlaşılacağı gibi birleşim bölgelerinin kesme kuvveti talebi periyot azaldıkça (bina rijitliği arttıkça) artmaktadır. Çerçeve sistemi oluşturan kolonların birbirlerine göre farklı rijitlik ve dayanıma sahip olduğu Tip 2 ve Tip 3 modellerinde bu durum biraz daha bariz hale gelmekte ve birleşimlere gelen kesme kuvvetleri daha da artmaktadır.



Şekil 5.15. Tip 1 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi



Şekil 5.16. Tip 2 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi

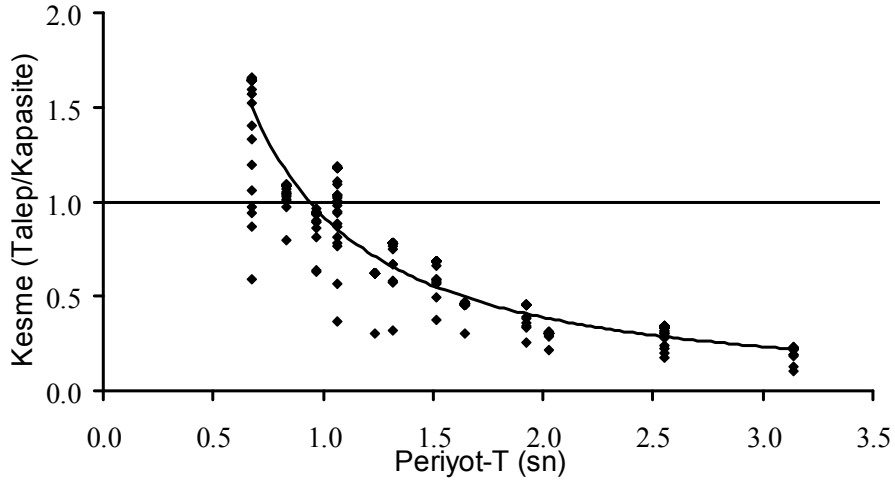


Şekil 5.17. Tip 3 modellerinde oluşan kesme kuvveti taleplerinin periyoda göre değişimi

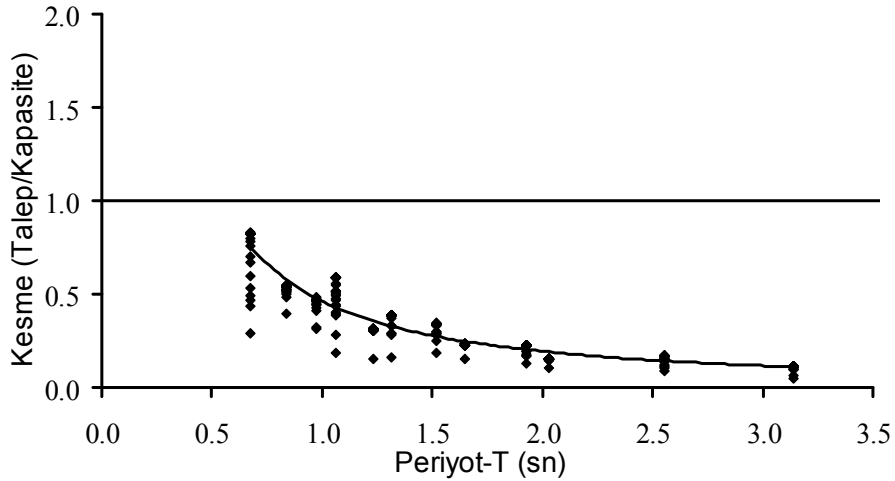
Bu raporun 3. bölümünde verilen sonuçlar gerek tek katlı, gerekse de çok katlı prefabrik binaların titreşim periyotlarının genellikle 1sn'nin üzerinde olduğunu göstermektedir. Bu durum bina stoğunun çoğunluğunu oluşturan ve özellikle uzun periyodlara sahip prefabrik binaların riskini göreceli de olsa azaltmaktadır. Bununla birlikte çerçeveyi oluşturan kolonların

farklı dayanım ve rijitlik kapasitelerine sahip olduğu Tip 2 ve Tip 3 durumlarında özellikle tek pim kullanılarak oluşturulan birleşimlerin riskli durumda olduğunu söylemek mümkündür.

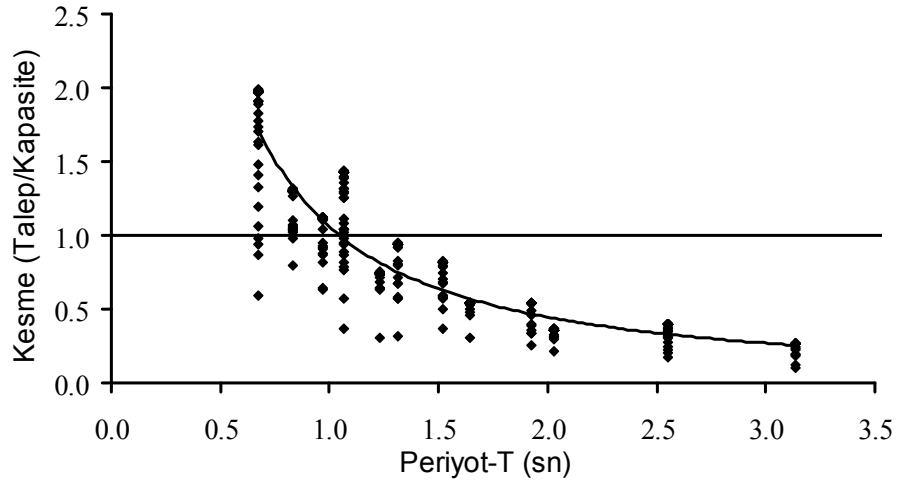
Bulunan sonuçların daha somut bir biçimde anlaşılabilmesini sağlamak amacıyla tek ve çift pimli birleşimlerde oluşan kesme kuvvetleri, birleşimleri meydana getiren pimler tarafından sağlanan kesme kapasitelerine bölünmüş ve talep / kapasite ( $V_p/V_b$ ) oranları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların Tip1, Tip 2 ve Tip 3 modelleri için periyoda göre değişimleri Şekil 5.18 - Şekil 5.23'te verilmiştir. Tüm sonuçların bir arada gösterimi ise Şekil 5.24 - Şekil 5.25'de görülmektedir.



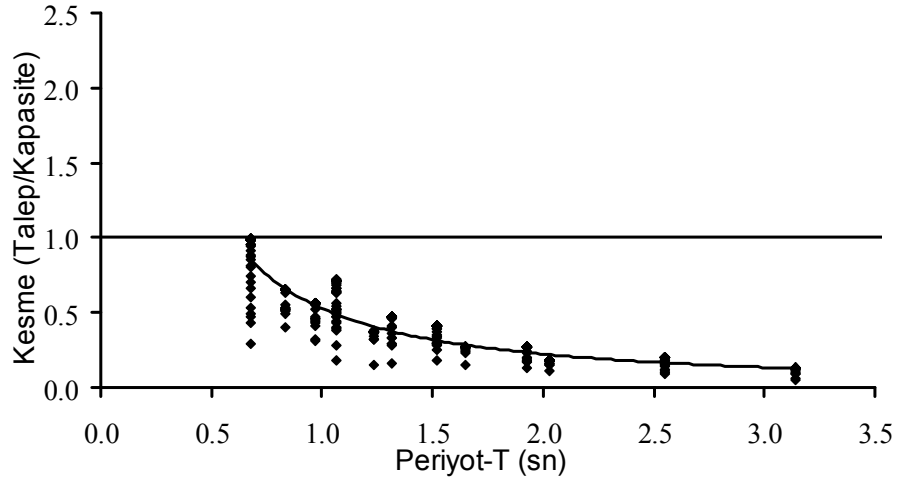
Şekil 5.18. Tip 1 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları



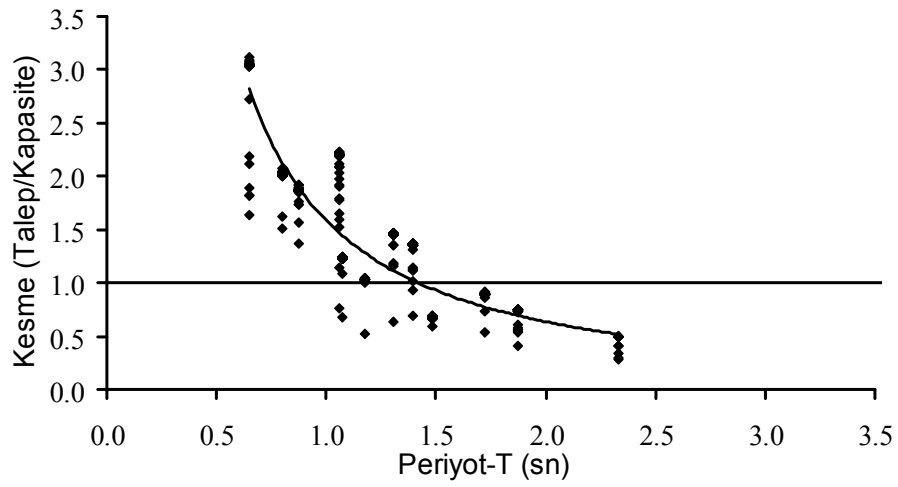
Şekil 5.19. Tip 1 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları



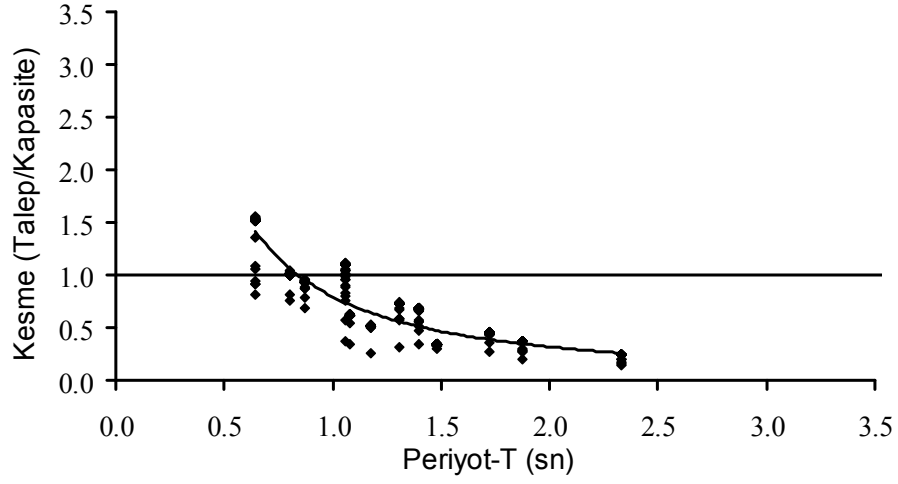
Şekil 5.20. Tip 2 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları



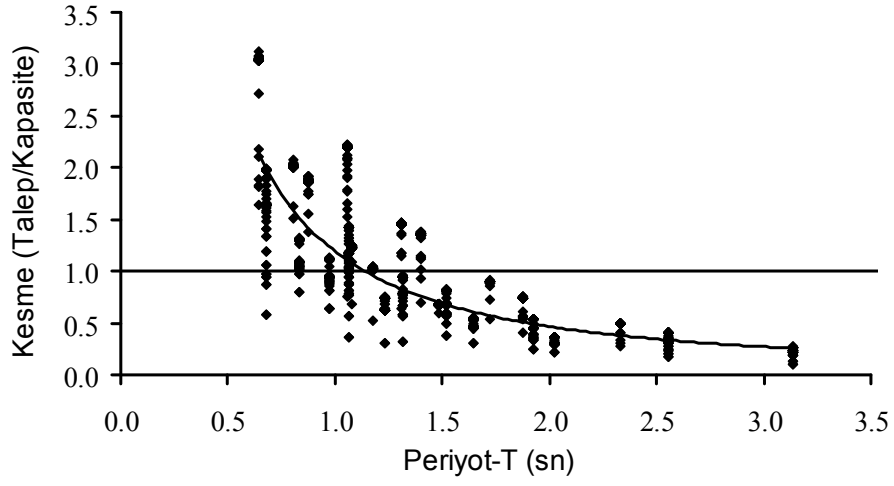
Şekil 5.21. Tip 2 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları



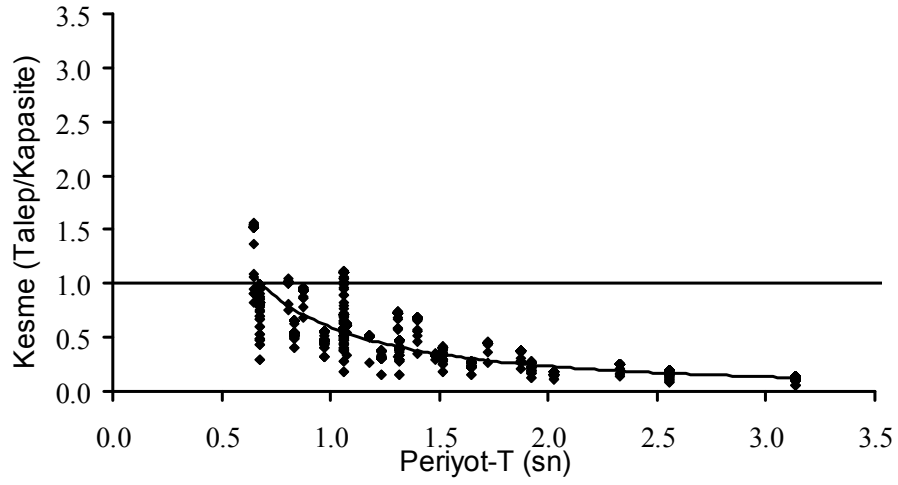
Şekil 5.22. Tip 3 modellerinde 20mm çapındaki tek pim donatısı için talep/kapasite oranları



Şekil 5.23. Tip 3 modellerinde 20mm çapındaki çift pim donatısı için talep/kapasite oranları



Şekil 5.24. Bütün modellerde tek pim donatısı için talep/kapasite oranları



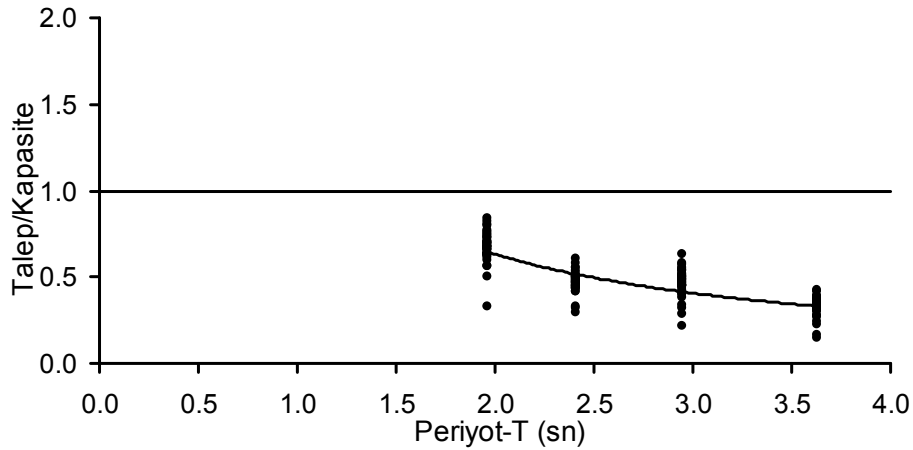
Şekil 5.25. Bütün modellerde çift pim donatısı için talep/kapasite oranları

Birleşimlerin kesme güvenliği üzerine yapılan analizler, özellikle tek pim kullanılarak teşkil edilen ve çatlamış kesit rijitlikleri göz önüne alınarak hesaplanan titreşim periyodlarının 1 s'den az olduğu binalarda (göreceli olarak rijit binalar) kesme güvenliği açısından problem çıkabileceğini göstermektedir. Bu durum, özellikle kolonları farklı dayanım ve rijitlik kapasitesine sahip binalarda daha belirgin şekilde görülmektedir. Bununla birlikte çift pimli birleşimler için elde edilen sonuçlar, bu tür birleşimlerin kesme açısından yeterli güvenliğe sahip olduğunu göstermektedir.

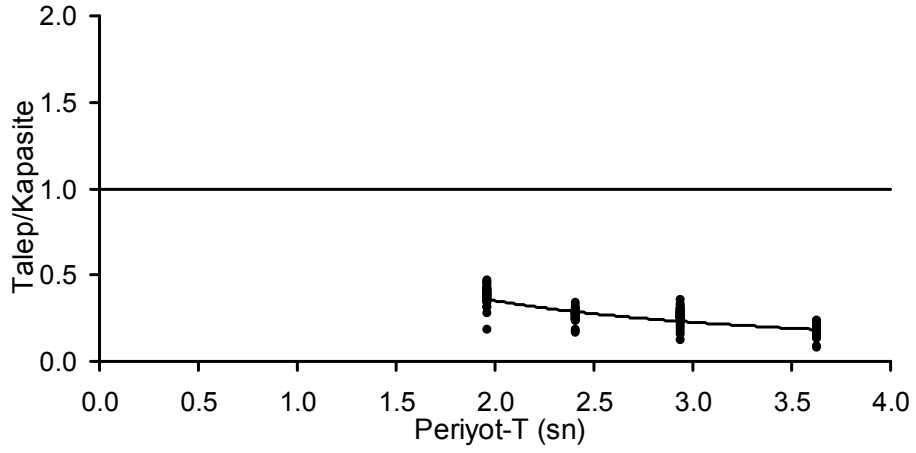
### 5.5.2 Mafsallı Birleşimlerin Devrilme Güvenliğinin Araştırılması

Birleşimlerin kesme güvenliğinin sorgulanması sırasında talep/kapasite oranlarını kullanarak yapılan değerlendirme yöntemi, birleşimlerin devrilme güvenliği kontrol edilirken de kullanılmıştır. Devrilme güvenliğinin kontrolü sırasında üç farklı durumun etkisi değerlendirilmiştir.

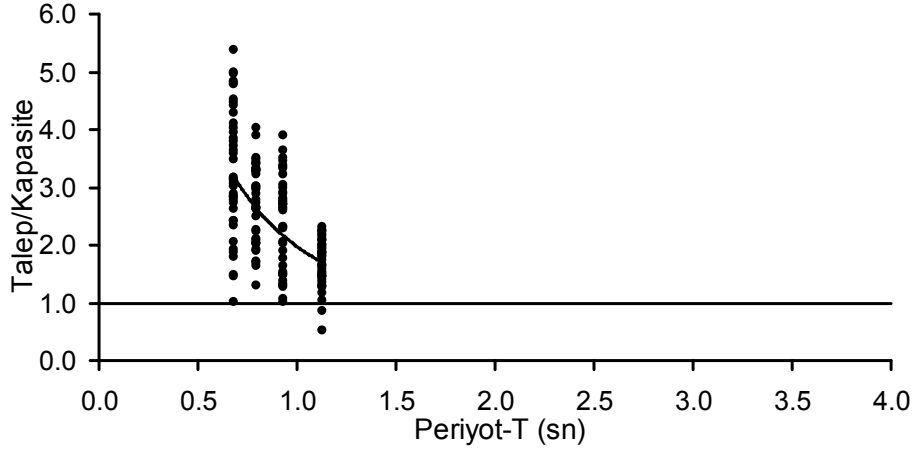
Bunlardan ilkinde pim adedinin devrilme güvenliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar birleşim bölgesinde çift pim kullanımının devrilmeye karşı güvenliği arttırdığını göstermektedir. Pim adedinin etkisini gösterebilmek amacıyla 35x35 ve 65x65 kolon kesitlerine sahip olan ve tam aderans durumunun geçerli olduğu modeller için hesaplanan talep/kapasite oranları sırasıyla tek ve çift pim durumları için Şekil 5.26 - Şekil 5.29'da gösterilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi bina periyodlarının artışıyla birlikte devrilme momenti talepleri azalmaktadır. Bu durum, bina periyodu arttıkça depremin sebep olduğu taban kesme kuvveti talebinin azalmasından kaynaklanmaktadır.



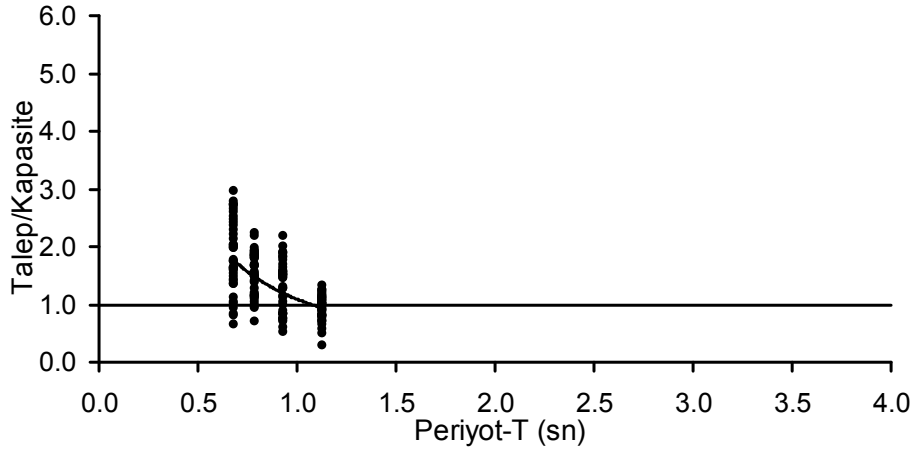
Şekil 5.26. 35x35 kesitli, aderansın %100 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları



Şekil 5.27. 35x35 kesitli, aderansın %100 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları



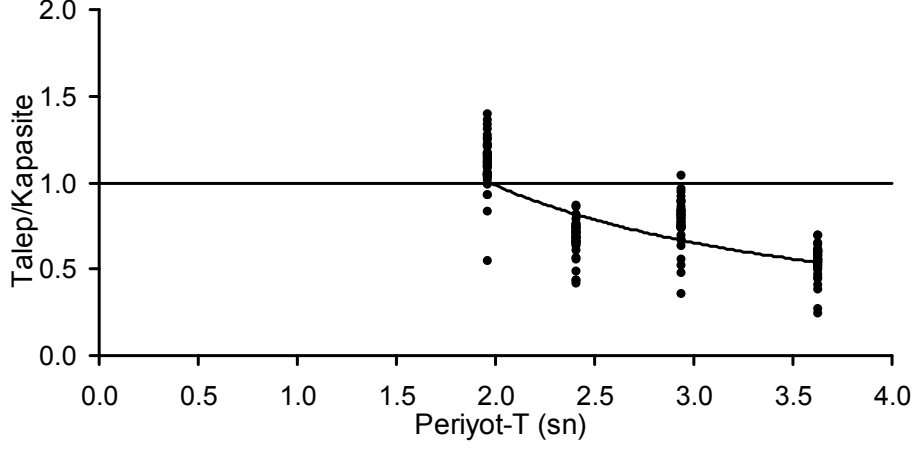
Şekil 5.28. 65x65 kesitli, aderansın %100 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları



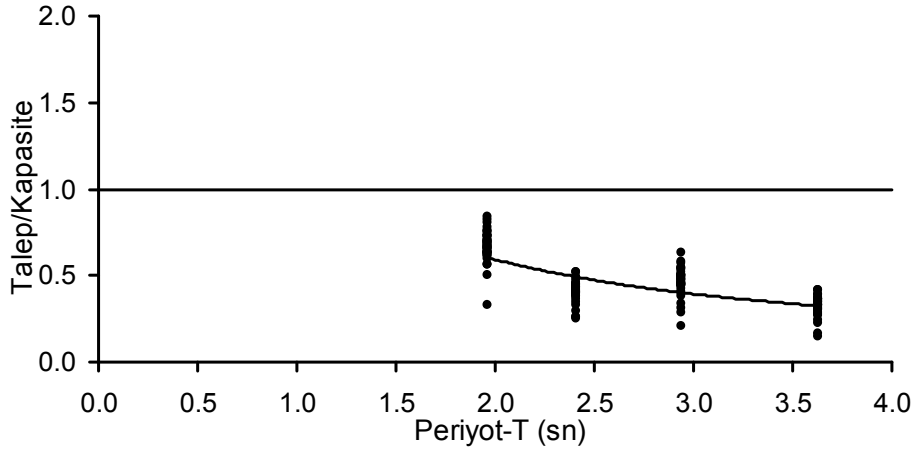
Şekil 5.29. 65x65 kesitli, aderansın %100 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları

İkinci durumda, bina rijitliğinin birleşim bölgesinin devrilme güvenliğine olan etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar rijitliğin artmasıyla birlikte birleşimlerde oluşan devrilme momenti talebinin ve dolayısı ile devrilme riskinin arttığını göstermiştir. Şekil 5.30 - Şekil

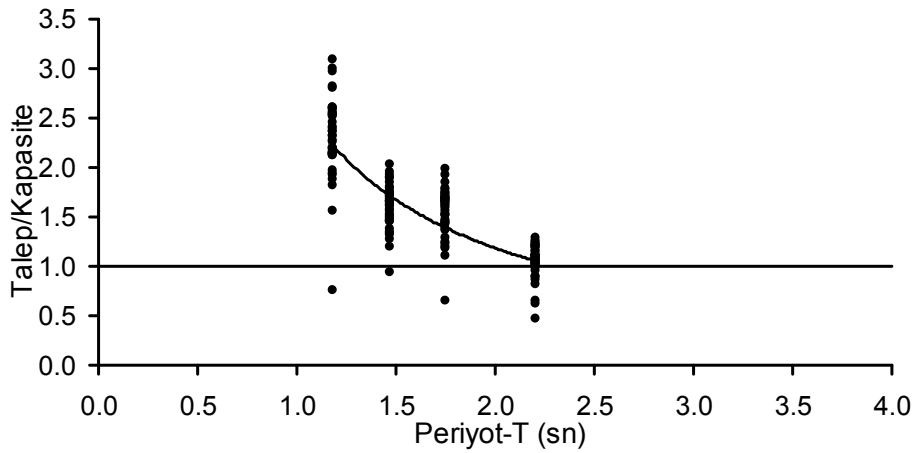
5.37’de birleşim bölgesinde %50 aderans kapasiteye sahip, 35x35, 45x45, 55x55 ve 65x65 kare kesitli kolonları olan binalar için hesaplanan talep/kapasite oranları verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi rijitlik artışı devrilme güvenliğini ciddi oranda düşürmektedir.



Şekil 5.30. 35x35 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları

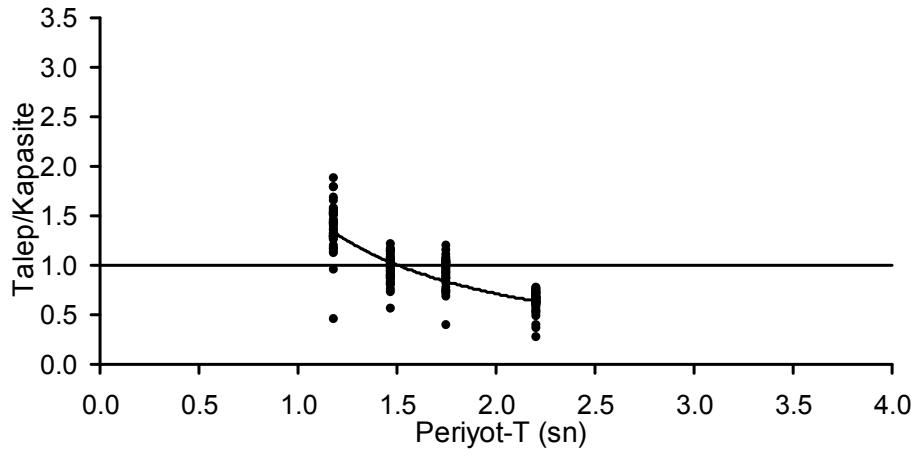


Şekil 5.31. 35x35 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları

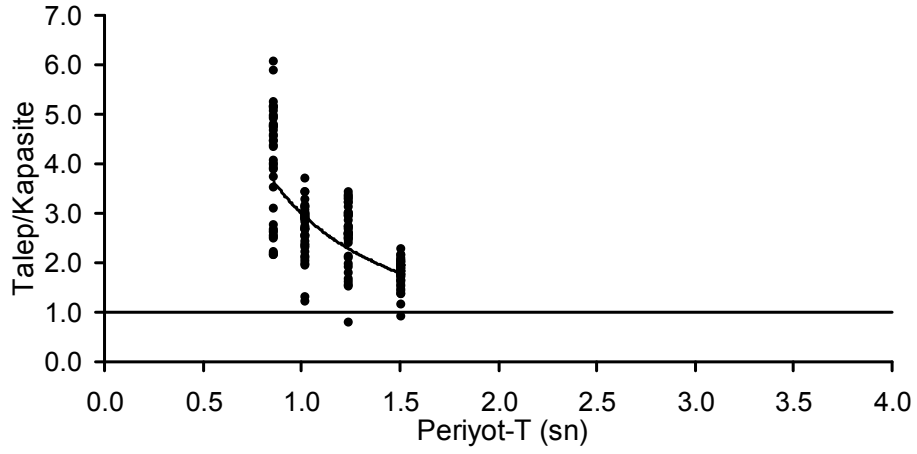


Şekil 5.32. 45x45 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modellerde talep/kapasite oranları

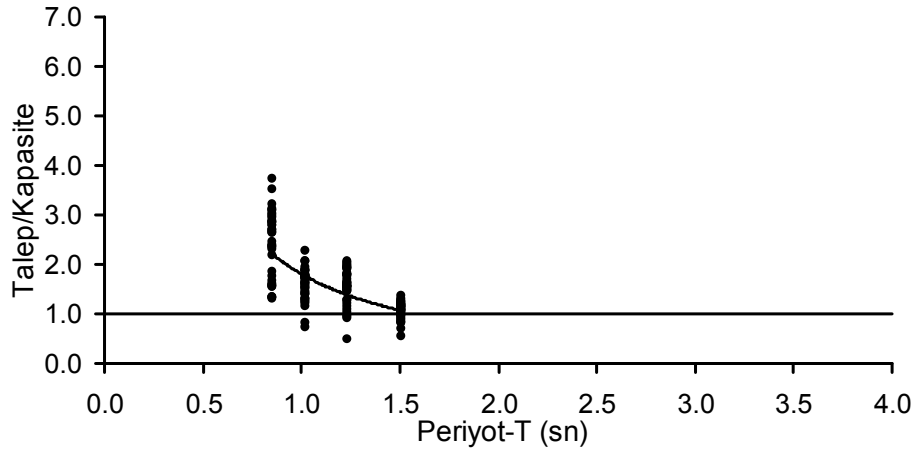




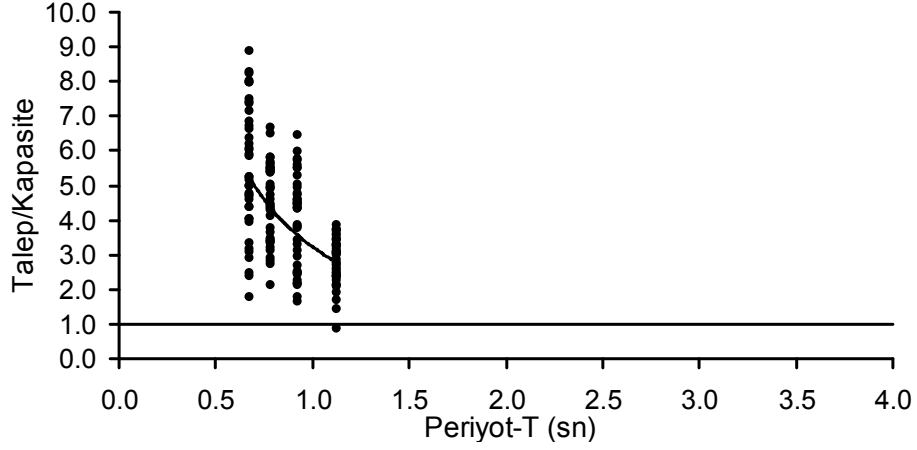
Şekil 5.33. 45x45 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları



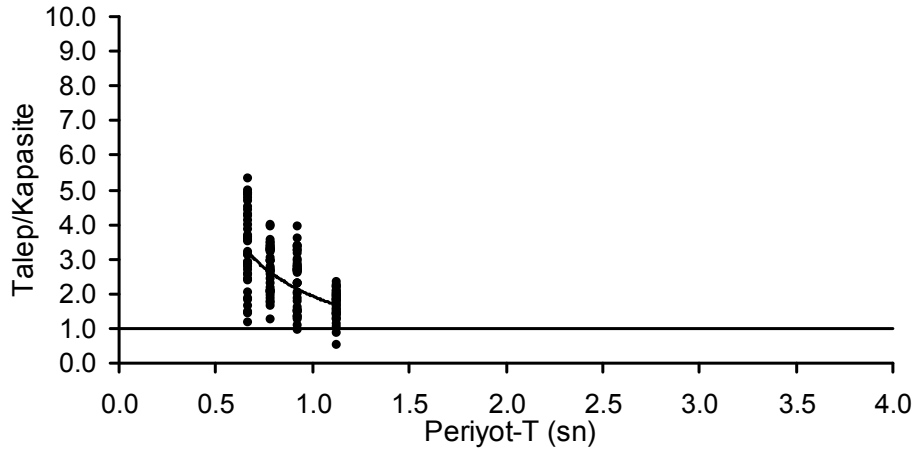
Şekil 5.34. 55x55 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modelin talep/kapasite oranları



Şekil 5.35. 55x55 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları

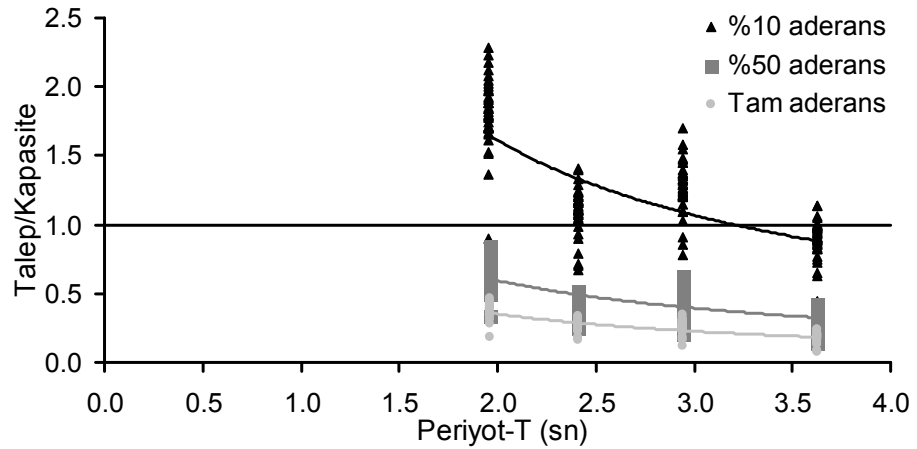


Şekil 5.36. 65x65 kesitli, aderansın %50 olduğu tek pimli modelin talep/kapasite oranları



Şekil 5.37. 65x65 kesitli, aderansın %50 olduğu çift pimli modelin talep/kapasite oranları

Son olarak ise birleşimdeki aderansın devrilme güvenliğine etkisi incelenmiş ve farklı aderans kapasiteleri için devrilme güvenliği kontrol edilmiştir. Şekil 5.38'de görüldüğü gibi kapasitenin tam olması durumu ile 1/10 olması durumu arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır.



Şekil 5.38. 35x35 kesitli, aderansın Tam, %50 ve %10 olduğu çift pimli modellerde talep/kapasite oranları

Devrilme güvenliği üzerine yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar, kesme güvenliği ile ilgili yapılan tahkiklerden elde edilen bulgulara benzer sonuçlar vermiştir. Elde edilen bulgular artan pim adedinin devrilme güvenliği üzerinde son derece önemli katkı sağladığını göstermektedir. Kolon kesitleri büyüdükçe ve bina rijitliği arttıkça mafsallı birleşimlerdeki devrilme riski artmaktadır. Bulunan sonuçlar aderans kapasitesinin devrilme güvenliği üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Tam aderans durumunda mafsallı birleşimlerde devrilme güvenliği açısından risk oluşmadığı, aderansın azalması ile birlikte devrilme güvenliğinin önemli ölçüde azaldığı analiz sonuçları ile gösterilmiştir. Yapılan envanter çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelenen binaların büyük çoğunluğunun narin kolon kesitlerine sahip olduğunu ve çift pimli birleşimlerden oluştuğunu göstermektedir. Bulunan sonuçlar envanterdeki türden yapısal özelliklere sahip prefabrik binalarda devrilme açısından sorun oluşabilmesi için aderansın oldukça yetersiz olması gerektiğini göstermiştir. %50 pim aderansı durumunda dahi narin kolonlara sahip binalarda devrilme açısından sorun çıkarmıyor oluşu bu durumun işaretidir (Şekil 5.38).

## **6 TEK ve ÇOK KATLI PREFABRİK BİNALARDA YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN HESABI**

Projenin 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 envanterde bulunan binalara uygulayarak yerdeğıştirmeler cinsinden deprem taleplerini belirleyebilmektir. Birleşim bölgelerinin güvenliği ile ilgili yapılan hesaplamalar sırasında kullanılan az sayıdaki nispeten şiddetli depremlerden alınan kayıtların kullanılması hasar görülebilirlik eğrilerinin hesabı açısından yeterli görülmemiştir. Bu yüzden detaylı çalışmalar yapılarak yerdeğıştirme talebinin hesabında kullanılacak ivme kayıtlarının sayısı önemli ölçüde artırılmıştır. Toplamda irili ufaklı çok sayıda depremden elde edilen üçyüze yakın kayıt tespit edilmiştir. Seçilen bu kayıtların ölçeklendirilmesi ile birlikte 350'den fazla kayıt kullanılarak envanterde bulunan bütün binalara ait yerdeğıştirme talepleri hesaplanmıştır.

### **6.1 Yerdeğıştirme Talebinin Hesabı için Kullanılan İvme Kayıtlarının Seçimi**

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan prefabrik binalarda oluşan yerdeğıştirme talepleri tek ve çok katlı binalar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tek katlı prefabrik binalar yapısal özelliklerinden kaynaklanan basitlik sebebiyle doğrudan tek serbestlik dereceli sistemler olarak temsil edilmiştir. İki katlı binalar ise literatürde bulunan yöntemler kullanılarak tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmüşlerdir. İncelenen binalarda deprem sebebiyle oluşan yerdeğıştirme taleplerinin hesabı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yönteminden yararlanılmış ve analizler Bispec programı 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.

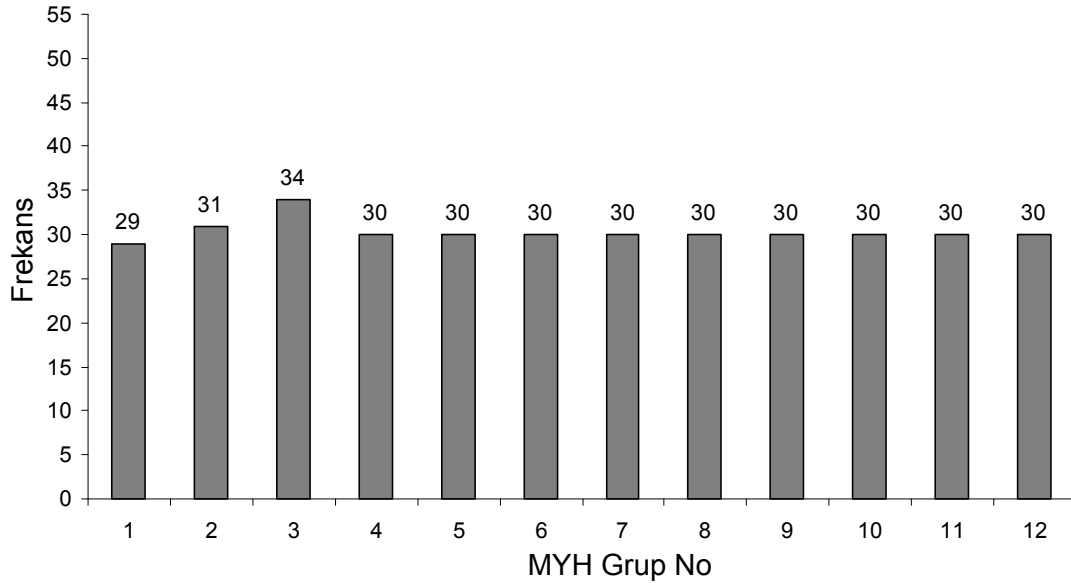
Literatürde bulunan bazı çalışmalar [5, 6] özellikle periyodu 1.0 saniyenin üzerinde olan yapılarda doğrusal olmayan yer değıştirme talebi ile maksimum yer hızı (MYH) arasında iyi bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bu sebeple hasar görülebilirlik eğrileri hazırlanırken depremin parametresi olarak MYH göz önüne alınmış, yer hızları 20 ile 80 cm/s arasında değışen 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 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.

Çizelge 6.1'de ivme gruplarına ait kayıtların sayısı ile MYH değerlerinin ortalama ve standart sapması (cm/s), Şekil 6.1'de ise MYH ortalamalarının frekans dağılımı verilmiştir. Çizelge ve şekilden de görüldüğü her aralığa yaklaşık olarak eşit sayıda MYH değeri karşılık gelmektedir.

Çizelge 6.1. 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)	21.6	27.3	32.0	37.3	41.7	47.1	52.16	57.18	62.0	67.5	72.5	77.3
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



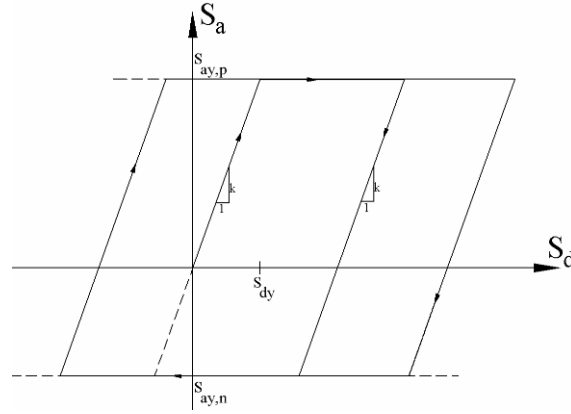
Şekil 6.1. Seçilen Kayıtların maksimum yer hızlarına göre sınıflandırılması

İvme kayıtlarının seçimi sırasında benimsenen bu yöntem, daha sonraki aşamalarda hasar görülebilirlik 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 raporun sonundaki Ek-5'te verilmiştir.

## 6.2 Prefabrik Binalarda Oluşacak Yerdeğiştirme Taleplerinin Hesabı

Binaların zaman tanım alanında dinamik analizleri yapılırken doğrusal olmayan bina davranışı elastoplastik çevrim modeli ile temsil edilmiştir. Kullanılan çevrim modelinin tipik görünümü Şekil 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Prefabrik binanın elastoplastik çevrimsel davranış modelinin tipik görünümü

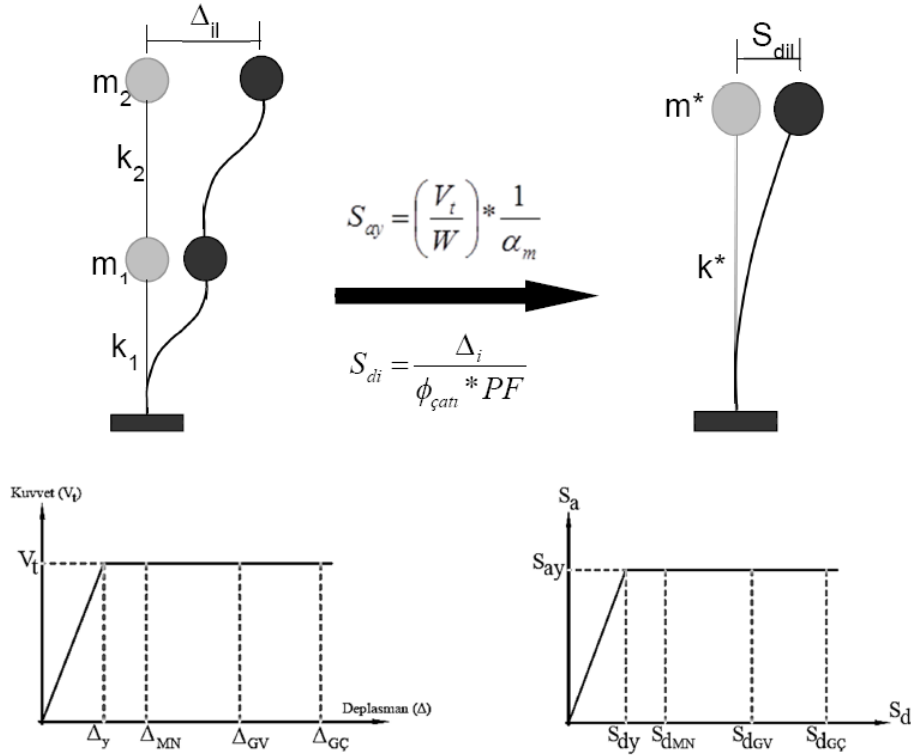
Tek katlı ve iki katlı prefabrik yapılara ait yatay dayanım oranları bilindiğinden Bispec programı ile analizler yapılırken her bina yatay dayanım oranları ve periyotları ile temsil edilmiş ve binalarda oluşan yerdeğiştirme talepleri buna göre hesaplanmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analiz işlemleri tek serbestlik dereceli sistemler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tek katlı prefabrik yapıların zaten tek serbestlik dereceli olması sebebiyle bu yapılar için elde edilen talep yerdeğiştirmeleri hesabı için herhangi bir çevirime gerek yoktur. Ancak iki katlı prefabrik yapıların eşdeğer tek dereceli sistemlere çevrilmesi gerekmektedir. 2 katlı prefabrik binaların eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmesi için takip edilen işlem adımları Şekil 6.3' de gösterilmiştir. Denklemde yer alan  $PF$  modal katılım katsayısını,  $g$  yer çekimi ivmesini,  $\phi_i$  i. kattaki modal yerdeğiştirme değerini,  $w_i$  ise i. katın ağırlığını temsil etmektedir.

$$PF = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_i) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_i^2) / g} \right] \& \Delta_{il} = S_{dil} * PF * \phi_{\zeta_{at},1} \quad \text{Denklem 6.1}$$

$$\alpha_m = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_i) / g \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_i^2) / g \right]}$$

Denklem 6.2



Şekil 6.3. Çok serbestlik dereceli sistemden tek serbestlik dereceliye geçiş

Prefabrik binalarda yer değiştirme talebi hesabının nasıl yapıldığı, Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan tek ve iki katlı binalardan seçilen örnekler üzerinde gösterilmiştir. İki adet tek katlı (Bina T64 ve Bina T77) ve iki adet de iki katlı (Bina Ç7, 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.

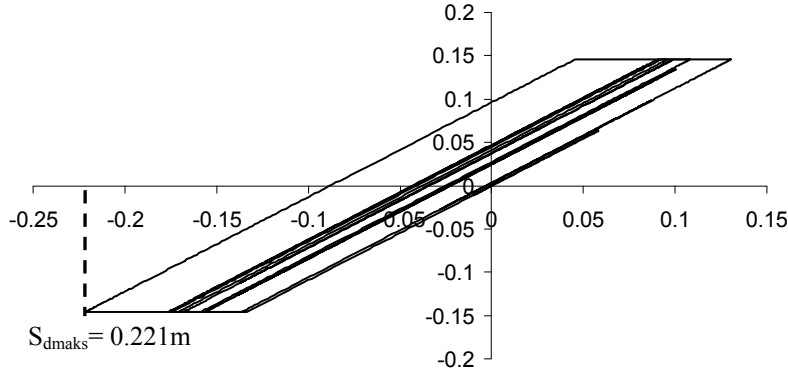
### 6.2.1 Tek Katlı T64 ve T77 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi

Tek katlı prefabrik yapılarda deprem talebinin hesabının gösterilmesi amacıyla DOSB'de bulunan T64 ve T77 binaları örnek olarak seçilmiş ve söz konusu binaları temsil eden bilgiler ve deprem talebi sonuçları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

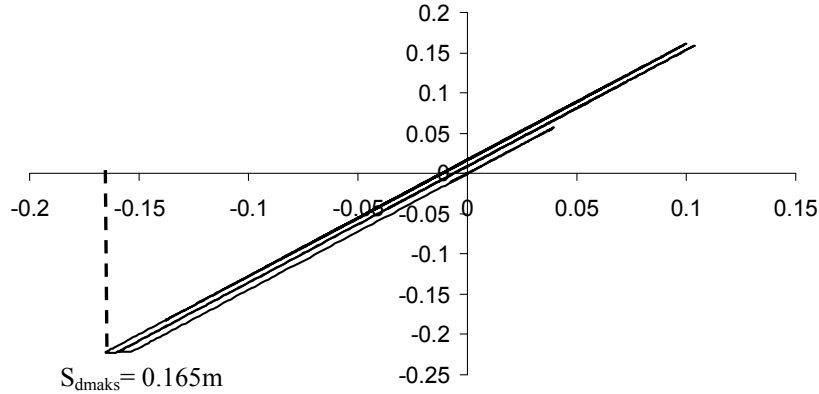
Çizelge 6.2. Bina T64 ve T77'ye ait yapısal bilgilerin durumu

Model	$V_t/W$	$T_1$ (s)	$S_{dy}$ (m)	$S_{dMN}$ (m)	$S_{dGV}$ (m)	$S_{dGÇ}$ (m)	$S_{dmaks}$ (m)
Bina T64	14.557%	1.92	0.134	0.162	0.236	0.255	0.221
Bina T77	22.214%	1.67	0.155	0.187	0.322	0.377	0.165

Zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda bina T64 ve bina T77'de meydana gelen spektral ivme ve spektral yerdeğiştirme değerlerinin görünüşleri Şekil 6.4 ve Şekil 6.5' de sırasıyla gösterilmiştir. Bu şekillerden de anlaşılacağı gibi söz konusu binalarda meydana gelen en büyük yerdeğiştirme talepleri sırasıyla 22.1cm ve 16.5cm. seviyesindedir. Elde edilen sonuçlar T64 binasında orta hasar oluşacağını, T77 binasının ise hafif hasar alacağını göstermektedir.



Şekil 6.4. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina T64'e ait histerisis eğrisi



Şekil 6.5. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina T77'e ait histerisis eğrisi

### 6.2.2 İki Katlı Ç7 ve Ç12 Binalarında Deprem Talebinin Belirlenmesi

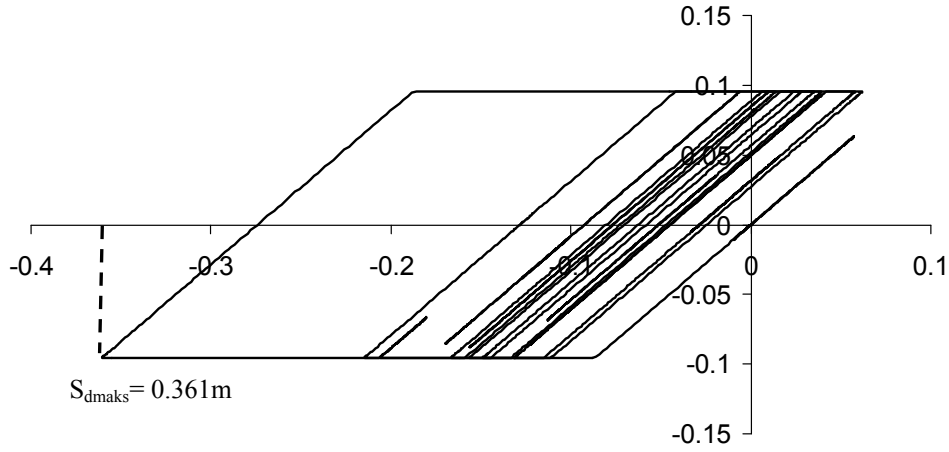
Tek katlı bina modellerinden farklı olarak iki katlı binaların hesabı yapılırken Bölüm 6.2'de bahsedilen yöntem kullanılarak binalar eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmüştür. Dolayısıyla elde edilen yerdeğiştirmelerin Çizelge 6.3'de gösterilen yerdeğiştirmelerle kıyaslanması binanın hasar seviyesinin tespiti için yeterlidir.



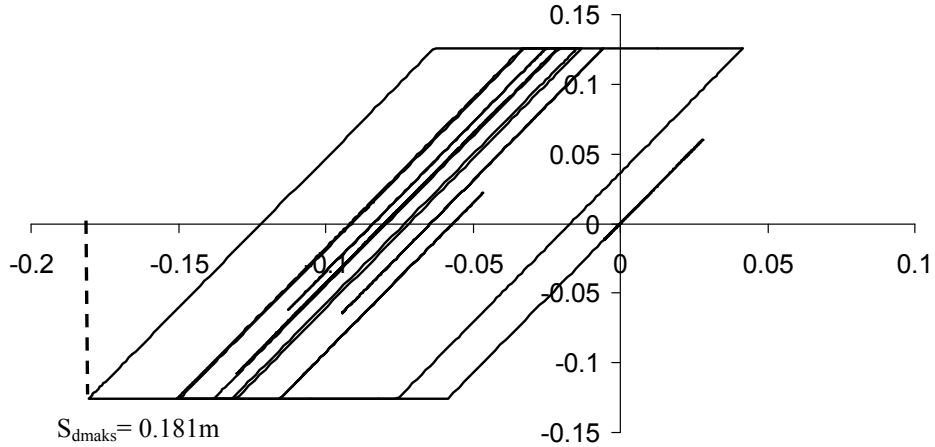
Dolayısıyla 2 katlı Ç7 ve Ç12 binaları için hesaplanan yerdeğiştirmeler bu binaları temsil eden eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlerin yerdeğiştirmeleridir. Seçilen bu binaların kapasite eğrilerini tarif eden dayanım ve ötelenme değerleri Çizelge 6.3'te verilmiştir. Söz konusu binalarda oluşan maksimum yerdeğiştirme talepleri ise Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. İki Katlı Bina Ç7 ve Ç12'ye ait yapısal bilgilerin durumu

Model	Vt/W	T <sub>1</sub> (s)	α <sub>m</sub>	PF <sub>φ<sub>çatı,1</sub></sub>	S <sub>dy</sub> (m)	S <sub>dMN</sub> (m)	S <sub>dGV</sub> (m)	S <sub>dGÇ</sub> (m)	S <sub>dp</sub> (m)
Bina Ç7	%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



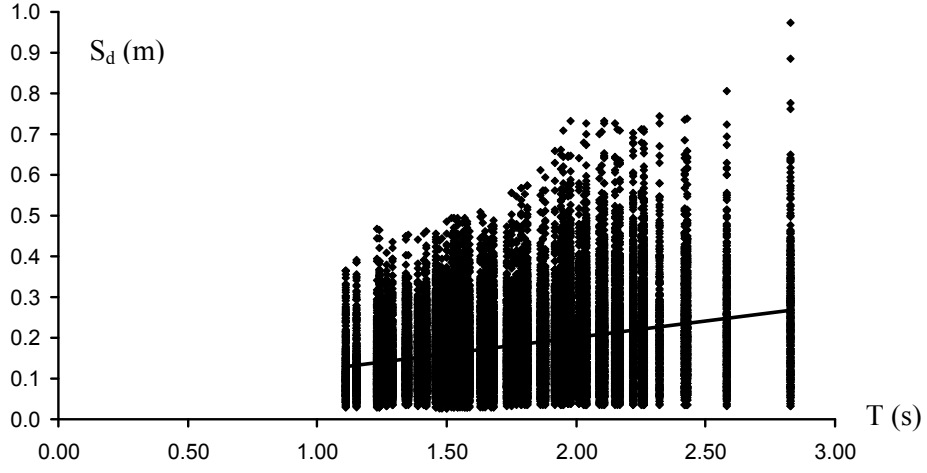
Şekil 6.6. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina Ç7'e ait histeresis eğrisi



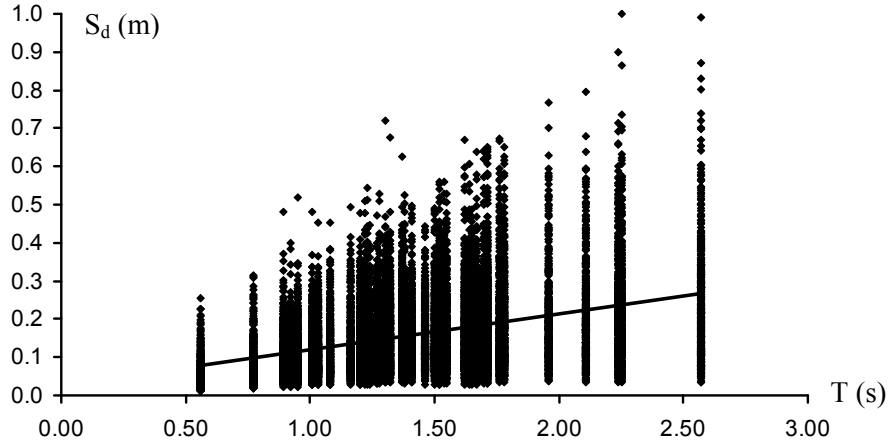
Şekil 6.7. Dinamik analiz sonucu elde edilen Bina Ç12'e ait histeresis eğrisi

Tek ve çift katlı örnek binalar için yukarıda gösterilen işlem adımları, 98 adet tek katlı ve 41 adet iki katlı bina için 364 deprem kaydının her biri göz önüne alınarak tekrarlanmış ve

toplamda 50596 adet yerdeşiftirme talebi hesaplanmıştır. Elde edilen bu taleplerin tek ve çok katlı binalarda periyoda göre değişimleri şekil 6.8 ve şekil 6.9'da gösterilmiştir.



şekil 6.8. Tek katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğişirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi



şekil 6.9. İki katlı binalarda dinamik analiz sonucu elde edilen yerdeğişirme taleplerinin bina periyodlarına göre değişimi

## 7 PREFABRİK SANAYİ YAPILARI İÇİN HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ

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 7.1'de olduğu gibi ifade edilebilir.

$$\text{Hasar Görebilirlik} = P[R \geq r|I] \quad \text{Denklem 7.1}$$

Denklem 7.1' 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 [20] köprüler için önerdikleri çalışmada hasar parametresi olarak Park-Ang,1985 [24] modelini 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 [23], İstanbul'daki orta yükseklikteki binalar için hasar parametresi olarak görel kat ötelenmesi oranını kullanmıştır. Çalışmada lognormal dağıldığı kabul edilen maksimum yer ivmesi, spektral ivme ve spektral yerdeğiştirme ( $S_a$ ,  $S_d$ ) parametrelerine bağlı olarak hasar görebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Kayhan ve Şenel, 2010 [22] tarafından Türkiye'deki tek katlı prefabrik yapıları temsil eden kuramsal modeller için hasar görebilirlik eğrileri elde edilmiş 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. Tek ve çift katlı binalara ait kapasite eğrileri ve hasar bölgeleri DBYBHY-2007'de [12] 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 parametrelili lognormal dağılım kabülü ile hasar görebilirlik eğrisi parametreleri olan ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) değerleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

İki parametrelili lognormal dağılım kabülü için, belirli bir hasar seviyesine karşılık gelen birikimli aşılma olasılığı Denklem 7.2 kullanılarak belirlenmiştir. Denklemde yer alan  $\Phi$  standart normal birikimli dağılım fonksiyonunu, MYH ise lognormal dağıldığı kabul edilen yer hareketi parametresini göstermektedir.

$$Pr = \Phi \left[ \frac{\ln MYH - \mu}{\sigma} \right] \quad \text{Denklem 7.2}$$

Hasar görebilirlik eğrilerinin hesabı için gereken hasar sınırları ve bu sınırlar arasında kalan hasar bölgelerinin hesabı ile ilgili ayrıntılı bilgiler raporun 4. Bölümünde verilmiştir. Çok sayıda deprem kaydını kullanarak prefabrik binalarda yerdeğiştirme taleplerinin hesabına ilişkin takip edilen yöntem ise raporun 6. Bölümünde yer almaktadır. Sözü edilen bu bilgileri kullanarak hasar görebilirlik eğrilerinin nasıl hesaplandığını daha net bir biçimde tarif edebilmek amacıyla envanterde bulunan tek ve çok katlı prefabrik binalardan örnekler seçilmiştir. Takip edilen işlem adımlarının bu örnek binalar üzerinde gösterilmesi ile uygulanan yöntem açıklanmıştır.

## 7.1 Seçilen Örnek Binalar İçin Hasar Görebilirlik Eğrilerinin Hesabı

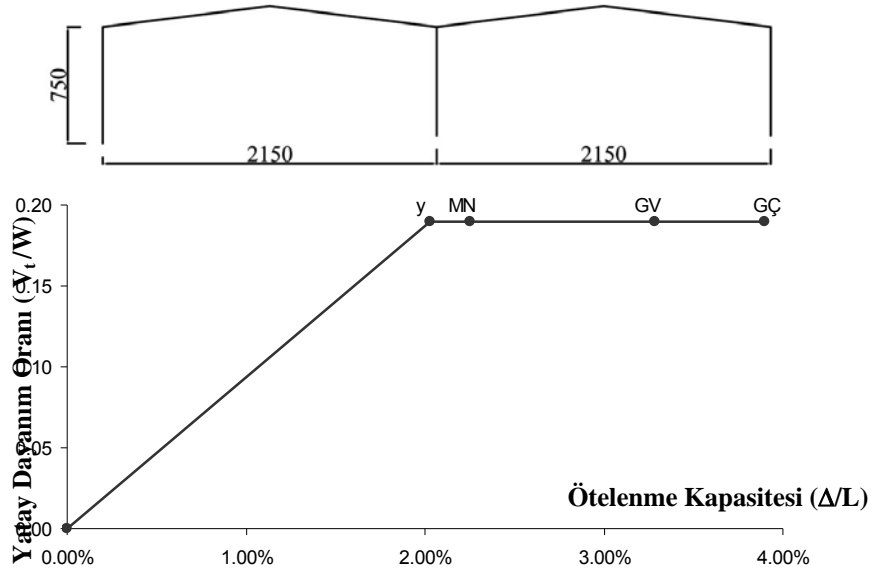
Hasar görebilirlik eğrilerinin hesabının nasıl yapıldığını açıklayabilmek için tek katlı T19 ve iki katlı Ç7 binaları örnek olarak seçilmiştir. Hesap sırasında izlenen yöntem aşağıda açıklanmıştır.

### 7.1.1 Tek Katlı T19 Binası İçin Hasar Görebilirlik Eğrilerinin Hesabı

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan Bina T19'un saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları Şekil 7.1'de, binayı şematik olarak temsil eden çerçeve sistemin görünüşü ve kapasite eğrisi ise Şekil 7.2'de verilmiştir. Ayrıca binaya ait kapasite parametreleri Çizelge 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1. Bina T19'a ait sahadan çekilen fotoğraflar



Şekil 7.2. Bina T19 için seçilen çerçeve görünüşü ve binaya ait kapasite eğrisi

Çizelge 7.1. Bina T19'a ait kapasite parametre bilgileri

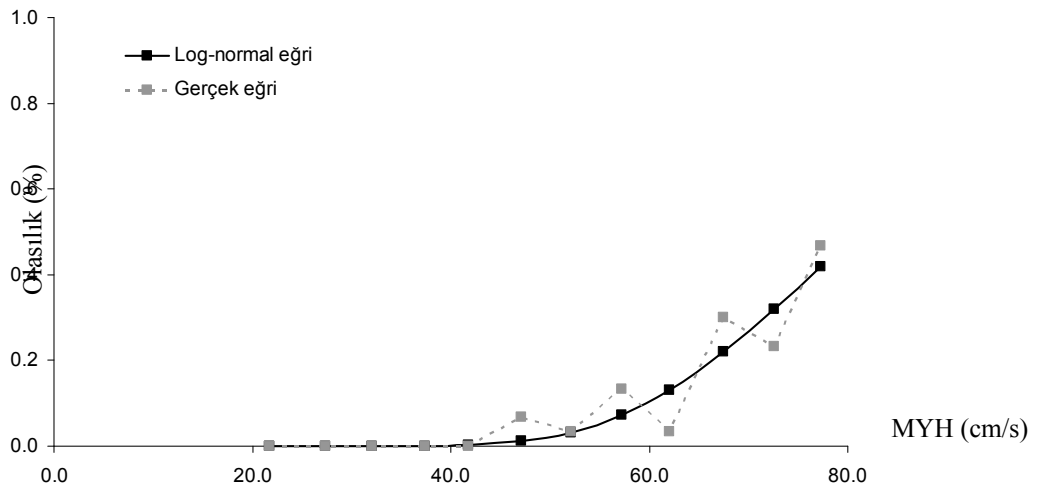
Model	Vt/W	T <sub>1</sub> (s)	Δ <sub>y</sub> (m)	Δ <sub>MN</sub> (m)	Δ <sub>GV</sub> (m)	Δ <sub>GÇ</sub> (m)
Bina T19	18.967%	1.8	0.152	0.186	0.270	0.292

T19 binasının dayanım ve yerdeğiştirme kapasiteleri ile depremin sebep olduğu yerdeğiştirme talepleri hesaplanmış ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Binaya ait hasar sınırlarını aşmanın birikimli olasılıkları bütün MYH grupları için hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2. Bina T19 için aşılma sayıları ve oranları

MYH	Aşılma Sayıları				Aşılma Oranları			
	Grup No	Akma	MN	GV	GÇ	Akma	MN	GV
1	1	0	0	0	0.034	0.000	0.000	0.000
2	4	2	0	0	0.129	0.065	0.000	0.000
3	8	6	1	0	0.235	0.176	0.029	0.000
4	10	5	0	0	0.333	0.167	0.000	0.000
5	17	13	1	0	0.567	0.433	0.033	0.000
6	14	8	4	2	0.467	0.267	0.133	0.067
7	22	14	3	1	0.733	0.467	0.100	0.033
8	22	16	5	4	0.733	0.533	0.167	0.133
9	26	20	5	1	0.867	0.667	0.167	0.033
10	29	24	10	9	0.967	0.800	0.333	0.300
11	29	26	13	7	0.967	0.867	0.433	0.233
12	29	27	19	14	0.967	0.900	0.633	0.467

Her hasar bölgesi için (Hafif Hasar, Orta Hasar, Ağır Hasar ve Göçme) elde edilen aşılma olasılıkları kullanılarak hasar görebilirlik eğrilerine en yakın lognormal dağılım eğrisini temsil eden ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sırasında en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Bina T19'un göçme durumu (>GÇ) için elde edilen aşılma oranları ve en küçük kareler yöntemiyle gerçek eğriye en yakın lognormal dağılım eğrisinin görünüşü Şekil 7.3'de verilmiştir.

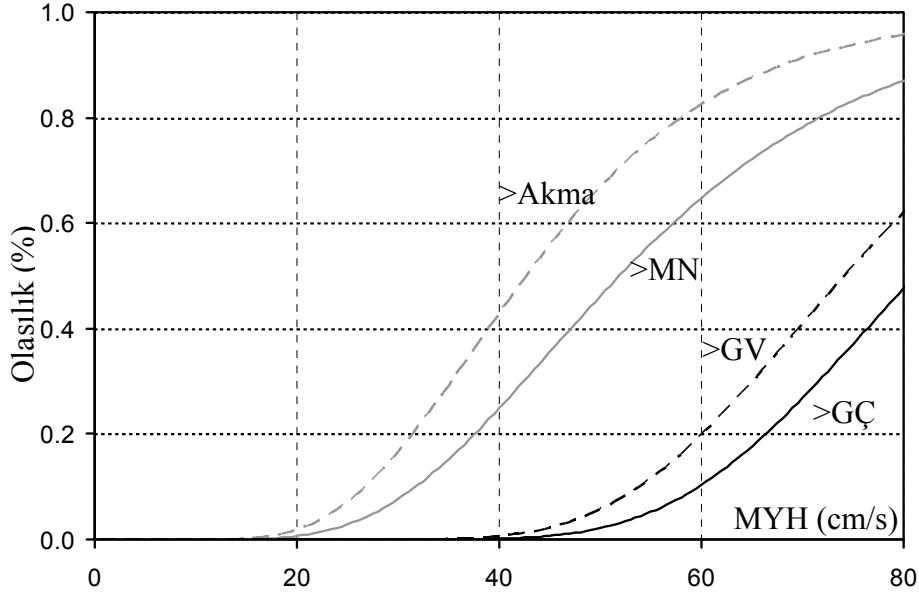


Şekil 7.3. Bina T19'un GÇ seviyesini aşma olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri. Elde edilen gerçek eğri ile lognormal eğri arasındaki hatanın MYH değerleri için minimizasyonu yapılmış ve bütün MYH değerleri için hesaplanan hataların toplanmasıyla toplam hata elde edilmiştir. Bina T19'un göçme olasılığı için elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla 4.396 ve 0.239 cm/s'dir. GÇ sınırı için yapılan bu işlemler diğer

bütün hasar sınırları için tekrarlanmış ve böylelikle bu sınırları aşma olasılıklarını tarif eden eğrilere ait ortalama ve standart sapma değerleri de hesaplanmıştır. Bina T19'un tüm hasar sınırları için elde edilen değerler Çizelge 7.3'de ve hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 7.4'de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Bina T19 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri

Bina T19		
	Ortalama	Std. Sapma
Akma	3.754	0.364
MN	3.949	0.384
GV	4.306	0.249
GÇ	4.396	0.239



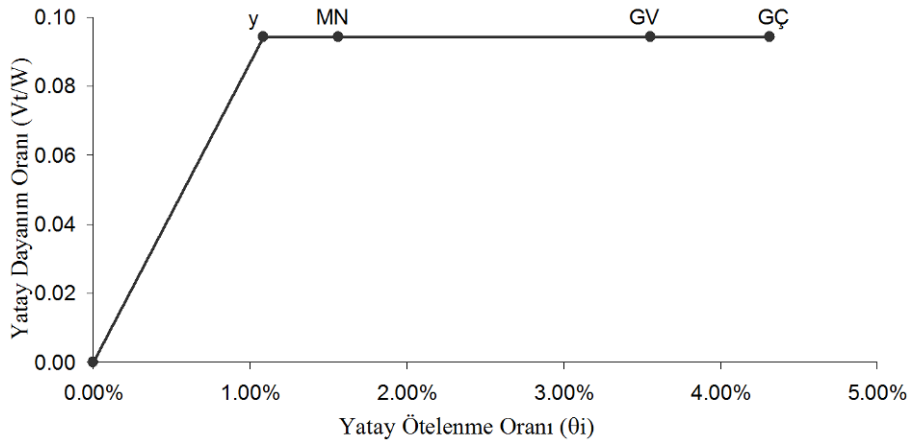
Şekil 7.4. Bina T19'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri

### 7.1.2 İki katlı Ç7 Binası için Hasar Görebilirlik Eğrisilerinin Hesabı

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan Bina Ç7'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları Şekil 7.5'te ve kapasite eğrisi ise Şekil 7.6'de verilmiştir. Binanın kapasite eğrisini tarif eden yapısal parametreler Çizelge 7.4'de verilmiştir.



Şekil 7.5. Bina Ç7'ye ait sahadan çekilen fotoğraflar



Şekil 7.6. Bina Ç7'ye ait kapasite eğrisi

Çizelge 7.4. Bina Ç7'ye ait kapasite parametre bilgileri

Model	$V_t/W$	$T_1$ (s)	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
Bina Ç7	9.44%	1.78	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%

Çok katlı prefabrik binalara ait hasar görebilirlik eğrilerinin hesabı sırasında takip edilen yöntem tek katlı binaların eğrilerinin hesabı için takip edilen yöntemin hemen hemen aynıdır. Tek ve çift katlı binaların hesabını birbirinden ayıran husus, çok katlı binaların eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere dönüştürülmesi sırasında takip edilen işlem adımlarından kaynaklanmaktadır. Hesap detayları ile ilgili olan bu farklılık raporun 4. bölümünde açıklanmıştır. Tek serbestlik dereceli sisteme dönüştükten sonra her takip edilen işlem adımları tümüyle aynıdır. Bu yüzden Ç7 binasına ait hasar görebilirlik eğrileri ile ilgili hesaplamalara yer verilirken gereksiz tekrarlardan kaçınılmaya çalışılmıştır.

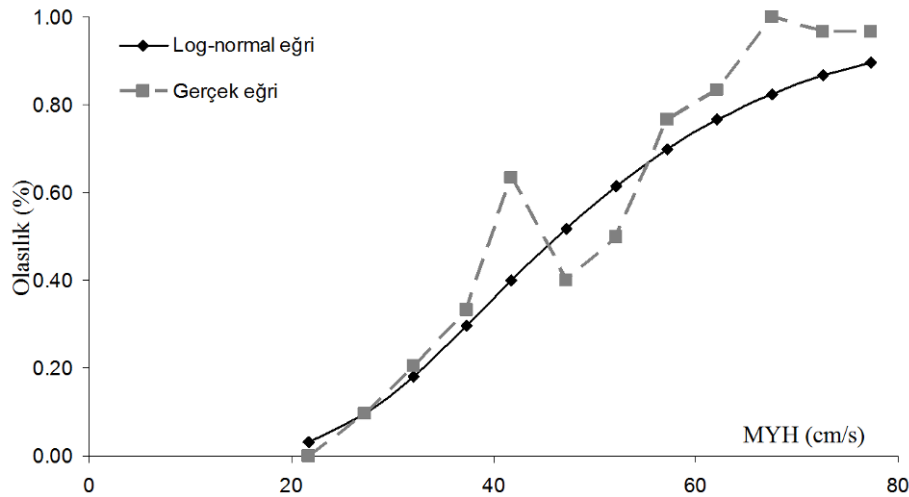


Talep ve kapasite değerleri kıyaslanarak Ç7 binası için her hız gurubunda oluşan aşılma sayıları elde edilmiştir. Bu sayıların ilgili hız gurubundaki kayıt sayısına bölünmesi ile birlikte aşılma olasılıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.5. Bina Ç7 için aşılma sayıları ve oranları

MYH	Aşılma Sayıları				Aşılma Oranları			
	Akma	MN	GV	GÇ	Akma	MN	GV	GÇ
1	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2	3	0	0	0	0.097	0.000	0.000	0.000
3	7	2	0	0	0.206	0.059	0.000	0.000
4	10	5	0	0	0.333	0.167	0.000	0.000
5	19	11	0	0	0.633	0.367	0.000	0.000
6	12	6	0	0	0.400	0.200	0.000	0.000
7	15	7	0	0	0.500	0.233	0.000	0.000
8	23	14	0	0	0.767	0.467	0.000	0.000
9	25	20	2	0	0.833	0.667	0.067	0.000
10	30	27	4	1	1.000	0.900	0.133	0.033
11	29	27	5	2	0.967	0.900	0.167	0.067
12	29	27	8	5	0.967	0.900	0.267	0.167

Bina Ç7'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 7.7'de verilmiştir.

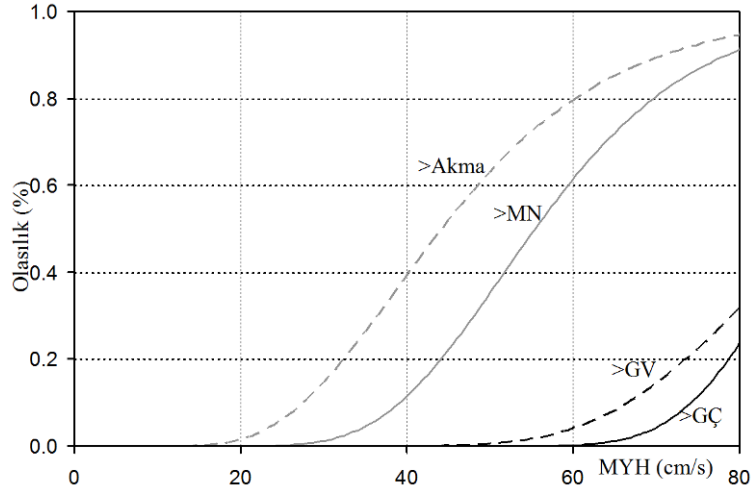


Şekil 7.7. Bina Ç7 akma seviyesini geçme olasılığı için hesaplanan gerçek ve lognormal eğri

Bina Ç7'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 Çizelge 7.6'da gösterilmiştir. Söz konusu eğriler ise Şekil 7.8'de verilmiştir.

Çizelge 7.6. Bina Ç7 için hasar görebilirlik eğrilerinin parametreleri

Bina Ç7		
	Ortalama	Std. Sapma
Akma	3.790	0.369
MN	4.015	0.272
GV	4.491	0.229
GÇ	4.478	0.134

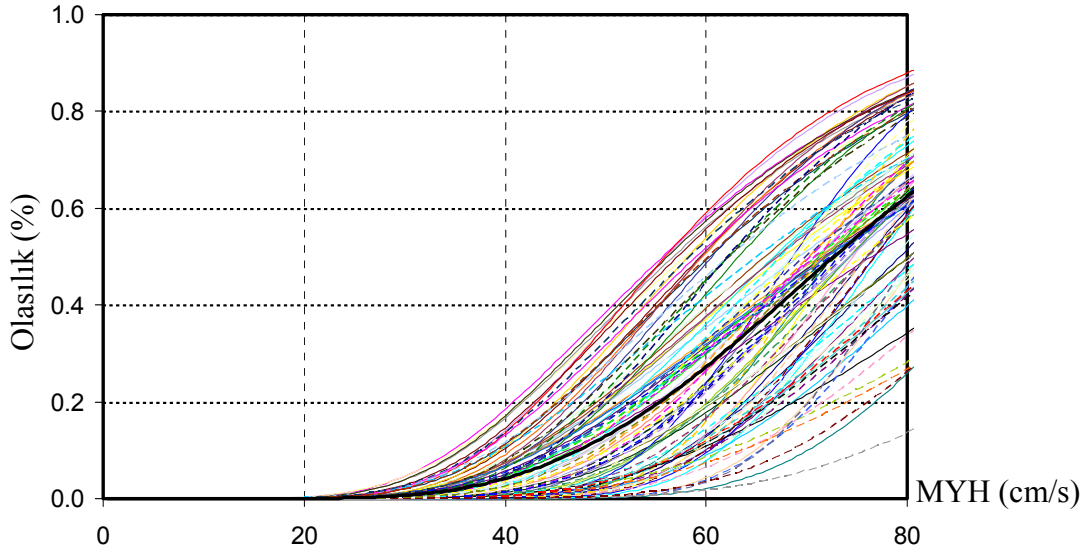


Şekil 7.8. Bina Ç7'a ait MYH bağlı analitik hasar görebilirlik eğrileri

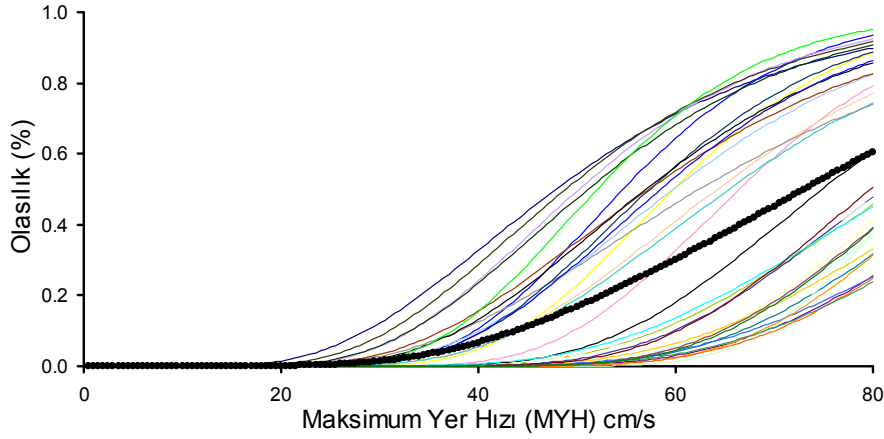
## 7.2 Tüm Prefabrik Binaların İçin Hasar Görebilirlik Eğrileri

Örnek olarak seçilen tek ve iki katlı binalar için yapılan bu işlemler envanterde bulunan tek ve 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 raporun sonundaki Ek-6 ve Ek-7'de verilmiştir.

Bilindiği gibi bu çalışma kapsamında 98 adet tek katlı ve 41 adet de 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 tek ve çok katlı binaların tümü için benzer hasar sınırlarını aşma durumunda oluşan hasar görebilirlik eğrileri hesaplanmış ve toplu halde gösterilmiştir. 98 adet tek katlı binada GV sınırının aşılması ile ağır hasar ve üzerinde hasar görme riskini tarif eden eğriler Şekil 7.9'da verilmiştir. Benzer durum çok katlı binalar için de geçerlidir. 41 adet çok katlı binada MN sınırının aşılması ile birlikte Orta hasar ve üzerinde hasar görme riskini tarif eden eğriler ise Şekil 7.10'da gösterilmiştir.



Şekil 7.9. Tek katlı prefabrik yapılarda güvenlik sınırının (GV) aşılması olasılığını gösteren hasar görebilirlik eğrileri



Şekil 7.10. Çok katlı prefabrik binalarda güvenlik sınırının (GV) 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 yapılabilirse 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.

## 8 HASAR GÖREBİLİRLİK EĞRİLERİ İLE YAPISAL PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI

Prefabrik sanayi yapılarında hasar görebilirlik eğrileri ile yapısal parametreler arasındaki ilişkinin araştırılması sırasında tek ve çok katlı binalar ayrı ayrı ele alınmıştır. 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.

$V_f/W$  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. Yapısal parametrelerin hasar görebilirlik eğrileri üzerindeki etkileri incelenirken tek ve çok katlı binalar ayrı ayrı ele alınmıştır.

## 8.1 Tek Katlı Prefabrik Yapılarda Hasar Görebilirlik İle Yapısal Parametreler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Yapısal parametreler ile hasar görebilirlik eğrileri arasındaki ilişkinin araştırılması sonucunda yatay dayanım oranının hasar görebilirlik eğrileri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yatay dayanım oranının, özellikle tek katlı prefabrik binalarda kolay bir biçimde hesaplanabilmesi, önerilecek hızlı değerlendirme yönteminin uygulanabilirliği açısından avantajdır. Tek katlı mafsallı prefabrik binalar yatay dayanım oranlarına göre sınıflandırılırken, Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan envanter çalışmalarından faydalanılmış ve tek katlı binalar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

$$\text{Düşük Yatay Dayanım} = V_t/W \leq 15\% \quad \text{Denklem 8.1}$$

$$\text{Orta Yatay Dayanım} = 15\% < V_t/W < 25\% \quad \text{Denklem 8.2}$$

$$\text{Yüksek Yatay Dayanım} = V_t/W \geq 25\% \quad \text{Denklem 8.3}$$

Tek katlı binalar üzerinde yapılan çalışmalar bina periyodunun hasar görebilirlik eğrilerinin ayrıştırılması konusunda sanıldığı kadar etkili bir parametre olmadığını göstermiştir. Bu yüzden bina periyoduna bağlı bir sınıflandırma işlemi yapılmamıştır.

Bulunan sonuçlar yatay dayanım oranının ( $V_t/W$ ) yanı sıra, binalara ait süneklik kapasitelerinin de hasar görebilirlik eğrileri üzerinde (özellikle ağır hasar ve göçme durumları için) oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte süneklik kapasitelerini ayrıntılı bir biçimde hesaplamaya çalışmanın ve bu hesap sonucundan elde edilecek süneklik değerini önerilecek olan yöntem girdi olarak tanımlamanın hızlı değerlendirme perspektifi açısından pratik bir yöntem olmadığı açıktır. Süneklik kapasitesi ile en yüksek ilişkiyi veren yapısal parametrenin belirlenebilmesi amacıyla envanterde bulunan prefabrik binalardan faydalanılmıştır. Yapılan çalışmalar süneklik kapasitesi ile en iyi korelasyonu veren ve en kolay şekilde tespit edilebilecek olan parametrenin etriye sıklaştırması olduğunu göstermiştir.

Denklem 8.1 - Denklem 8.3'de gösterilen sınıflandırma işlemine ilave olarak süneklik üzerinden yapılan sınıflandırmayı tarif eden etriye aralığı değerleri Denklem 8.4 ve Denklem 8.5'de gösterilmiştir.

$$\text{Etriye aralığı} = S \leq 100 \text{ (mm)} \quad \text{Denklem 8.4}$$

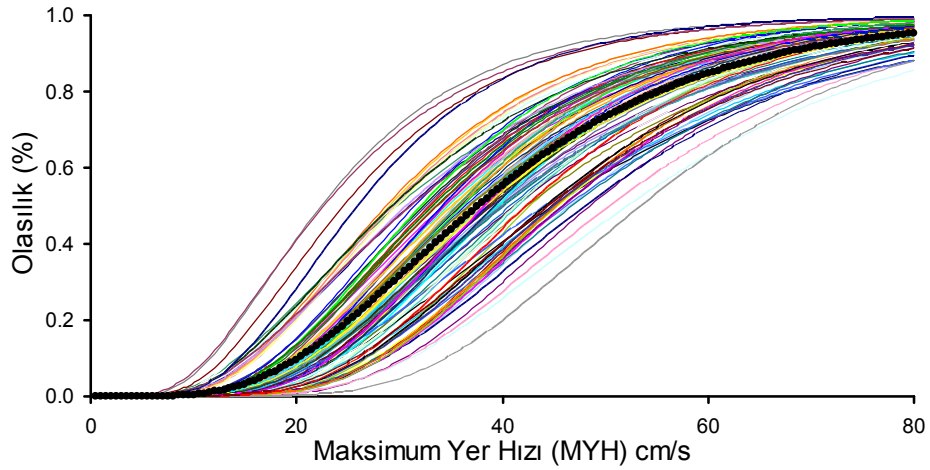
$$\text{Etriye aralığı} = S > 100 \text{ (mm)} \quad \text{Denklem 8.5}$$

Yapılan bu tariflerden de anlaşılacağı gibi incelenen binaların dayanım açısından 3, süneklik açısından ise 2 olmak üzere toplamda 6 ayrı sınıfa ait olduğu kabul edilmektedir. Çalışmanın

bundan sonraki aşamalarında bu gruplardan her birini temsil eden hasar görebilirlik eğrilerinin belirlenmesi ile ilgili hesaplamalara yer verilmektedir.

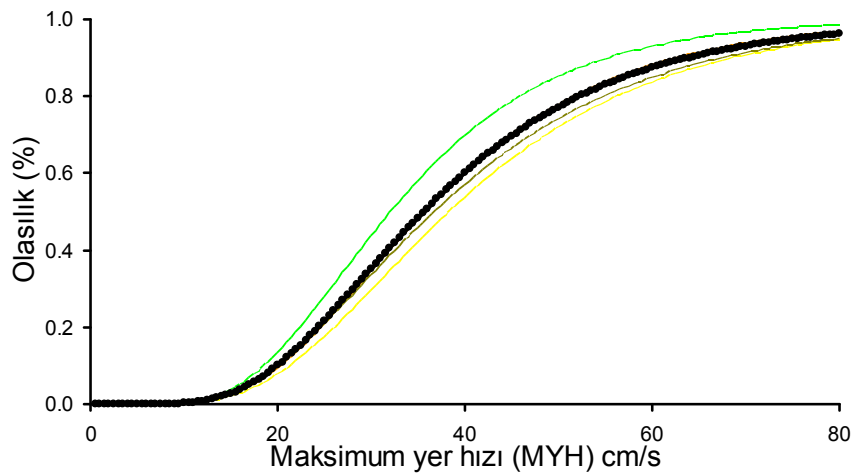
### 8.1.1 Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Hafif hasar durumu için 98 adet tek katlı prefabrik binanın tümünden elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.1'de verilmiştir. Şekilde yer alan koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalardaki hasar görebilirlik eğrilerinin ortalamasını temsil etmektedir.

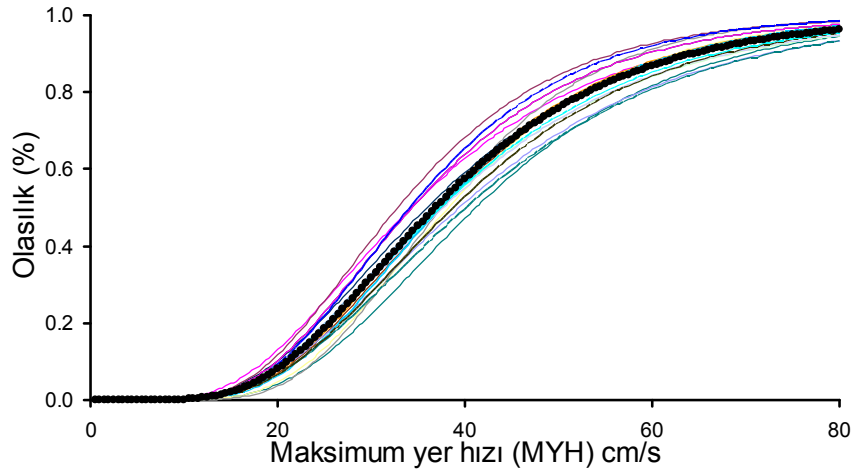


Şekil 8.1. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar sınırını aşma olasılıkları

Yatay dayanım oranının düşük olduğu ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.2'de, yeterli etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalara ait hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.3'de verilmiştir.



Şekil 8.2.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

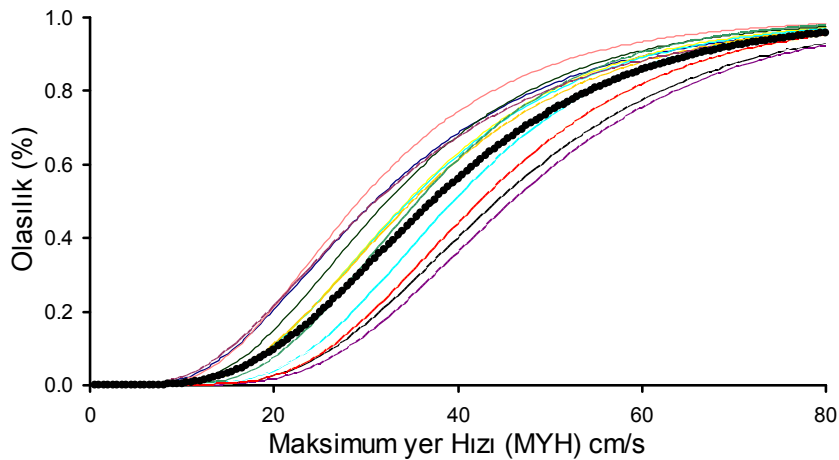


Şekil 8.3.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

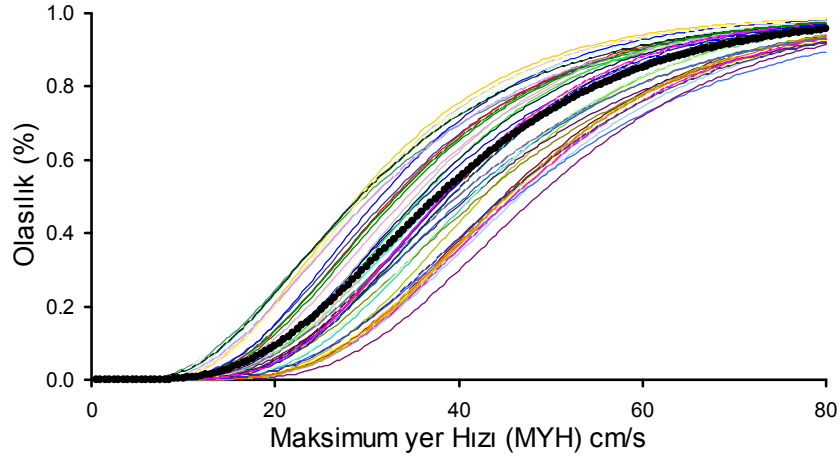
Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'de görüleceği gibi süneklik ve yatay dayanım oranı üzerinden yapılan sınıflandırmalar sayesinde hasar görebilirlik eğrilerinin saçılımı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Başka bir ifade ile yatay dayanım oranı ve süneklik açısından aynı grupta bulunan binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ortalama olarak benzer hasar olasılıklarına işaret etmektedir.

Orta seviyede yatay dayanıma sahip olan ve etriye sıklaştırmalarının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.4'de, yeterli etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalar için hesaplanan hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.5'de verilmiştir.

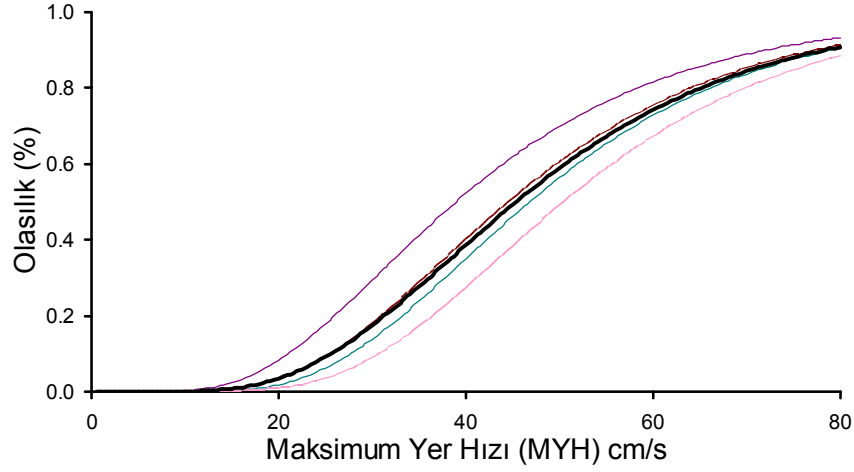
Yatay dayanım oranının yüksek, etriye sıklaştırmalarının yapıldığı binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.6'da, yeterli etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalar için hesaplanan hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.7'de verilmiştir.



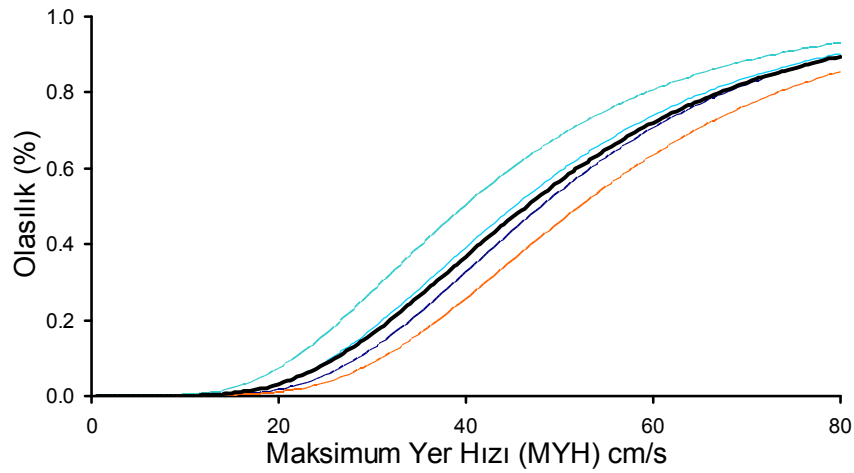
Şekil 8.4.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.5.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.6.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

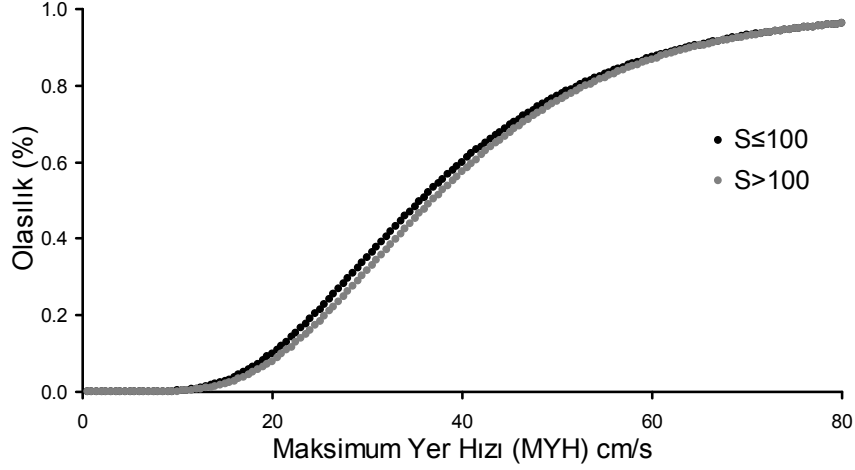


Şekil 8.7.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

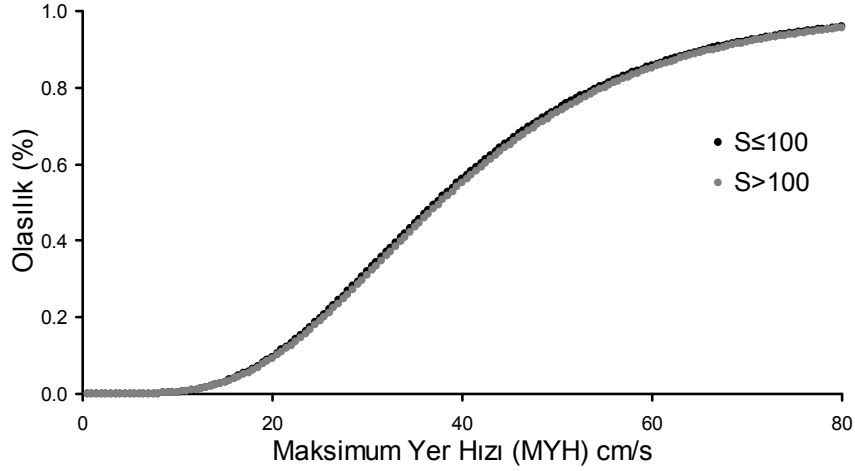
Hafif hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubu için sırasıyla ( $S \leq 100$  ve  $S > 100$ ) gruplarını temsil eden ortalama hasar görülebilirlik eğrileri



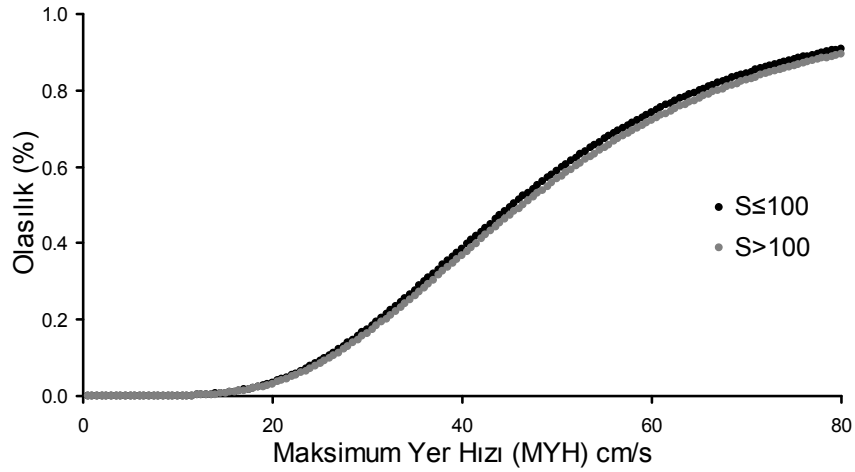
karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.8 -Şekil 8.10). Söz konusu şekillerde gösterilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi hafif hasar durumu için elde edilen ortalama eğriler birbirine oldukça benzerdir. Başka bir ifade ile hafif hasar durumu için hasar olasılıklarını belirleyen esas parametre yatay dayanım oranıdır ve süneklik parametresinin bu hasar durumu üzerindeki etkisi son derece sınırlıdır.



Şekil 8.8.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

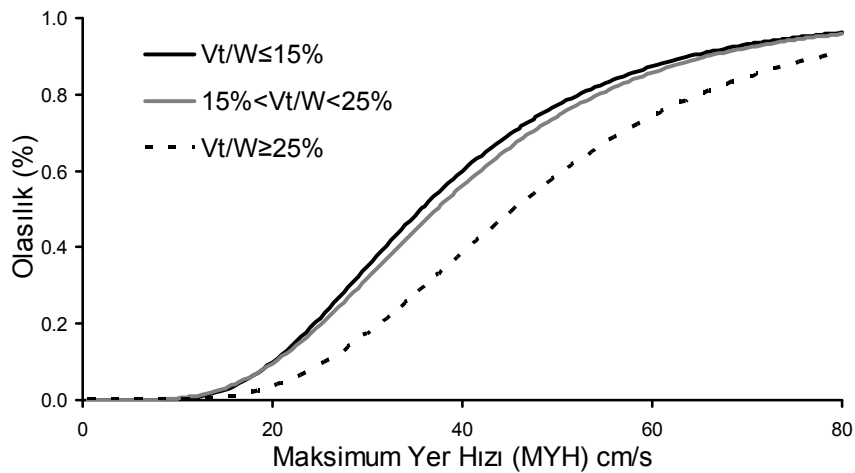


Şekil 8.9.  $15\% < V_t/W < 25\%$  binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

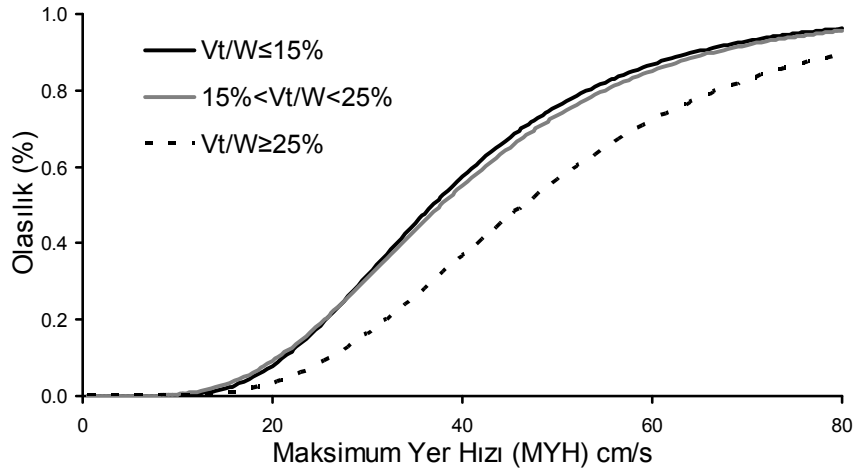


Şekil 8.10.  $V_t/W \geq 25\%$  binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Benzer bir karşılaştırma bütün dayanım gruplarındaki binalar için de yapılmış ve bulunan sonuçlar Şekil 8.11 ve Şekil 8.12'de gösterilmiştir. Ortaya çıkan durum düşük ve orta dayanım grubundaki binaların hafif hasar sınırını aşma olasılıklarının oldukça benzer olduğunu, yüksek dayanım grubundaki binaların fark edilebilir derecede daha düşük hasar olasılıklarına sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 8.11 ve Şekil 8.12'de gösterilen eğriler süneklik parametresinin hafif hasar durumu için etkili olmadığını göstermektedir. Verilen bu şekillere bakılarak düşük ve orta dayanım gruplarını birleştirmenin daha mantıklı olacağı sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, ileriki bölümlerde de gösterileceği gibi daha yüksek hasar seviyeleri göz önüne alındığında orta ve düşük dayanım grubuna sahip binaların hasar olasılıkları birbirinden ayrılmaktadır. Bütün hasar oranları göz önüne alınarak bir arada değerlendirildiğinde, bu türden bir sınıflandırmanın daha mantıklı olacağı anlaşılmıştır.



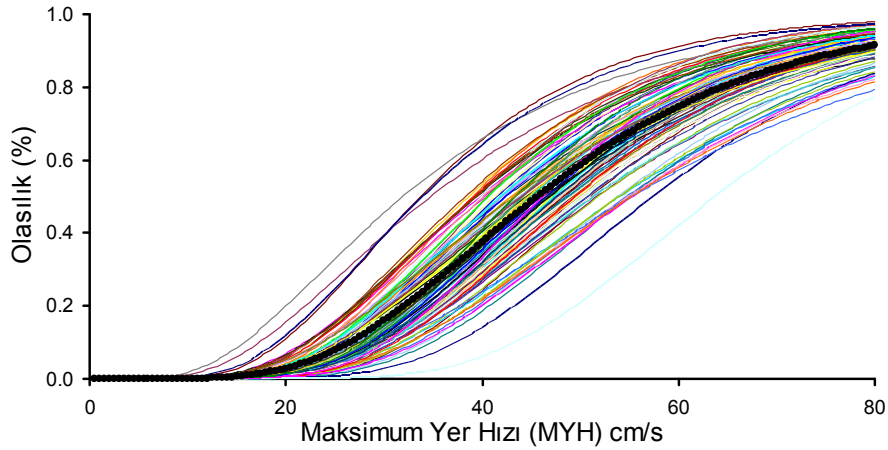
Şekil 8.11. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S \leq 100$  için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 8.12. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S > 100$  için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

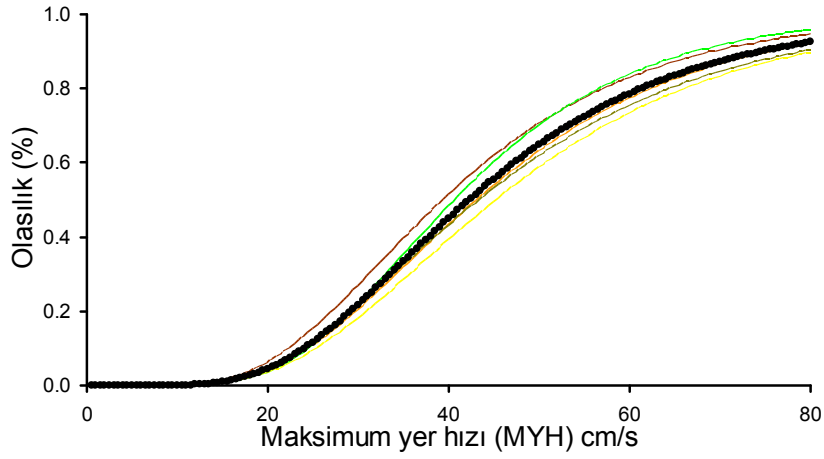
### 8.1.2 Orta Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Orta hasar durumu için 98 adet tek katlı prefabrik yapıdan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.13'de verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.

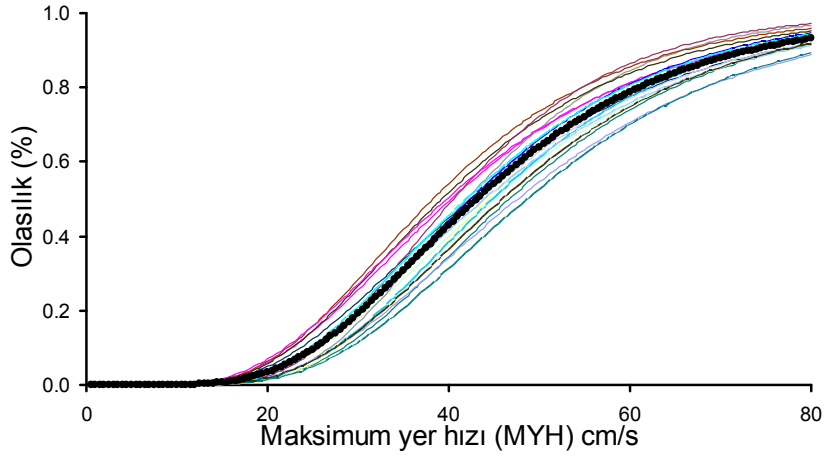


Şekil 8.13. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların orta hasar sınırını aşma olasılıkları

Orta hasar durumu için yatay dayanım oranının düşük, etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.14'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 8.15'de verilmiştir.



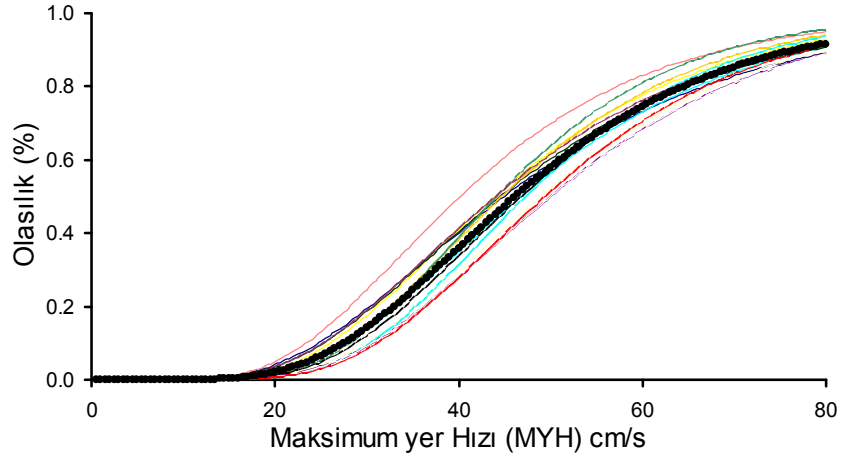
Şekil 8.14.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları



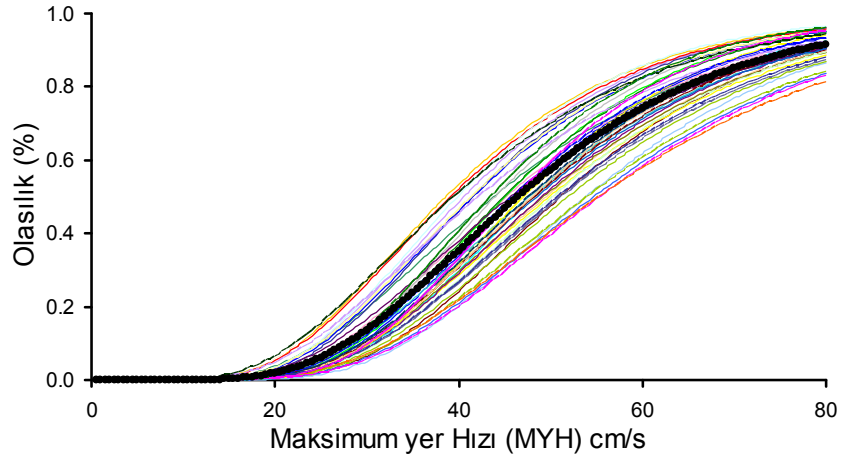
Şekil 8.15.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

Orta seviyede yatay dayanım oranına sahip olan ve etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.16'da, etriye sıklaştırmalarının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.17'de verilmiştir. Şekil 8.13'de oldukça dağınık bir durumda bulunan bu eğrilerin, seçilen yapısal parametreler söz konusu iken birbirine yaklaşmaları seçilen parametrelerin yerinde ve etkili olduğunun göstergesidir.

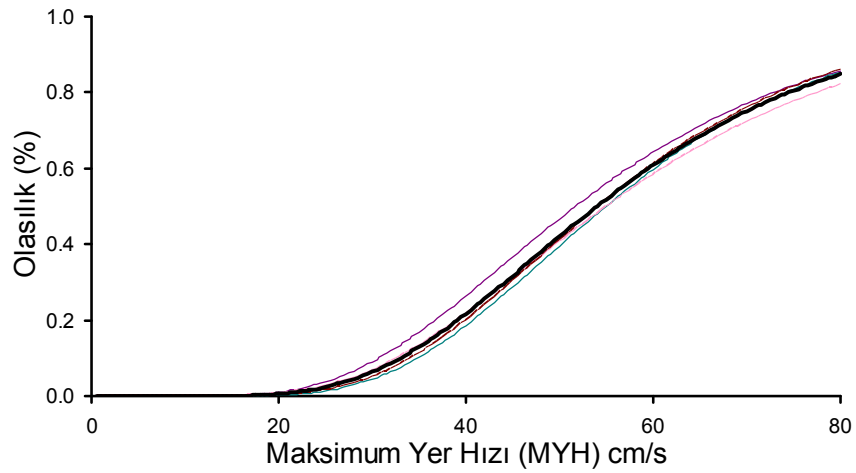
Yüksek yatay dayanım oranına sahip olan ve etriye sıklaştırmalarının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.18'de, etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.19'da verilmiştir.



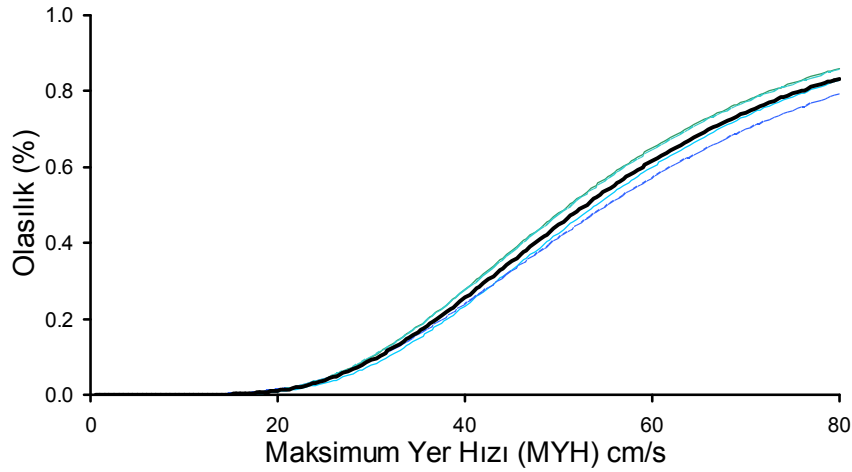
Şekil 8.16.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.17.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

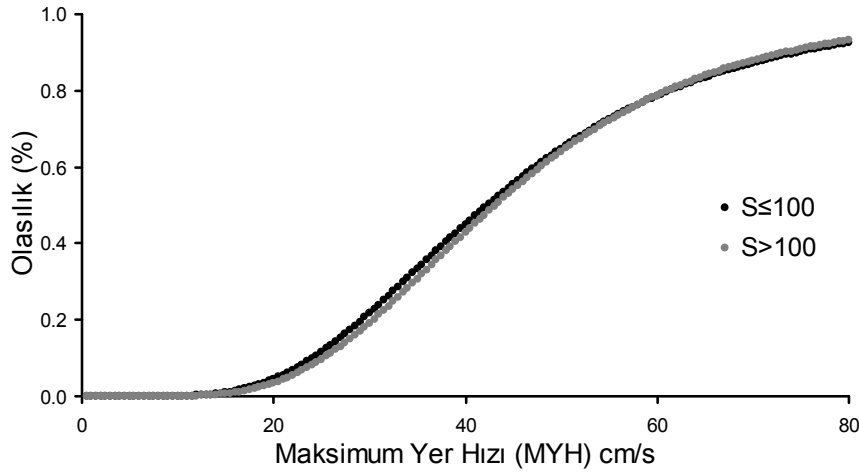


Şekil 8.18.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

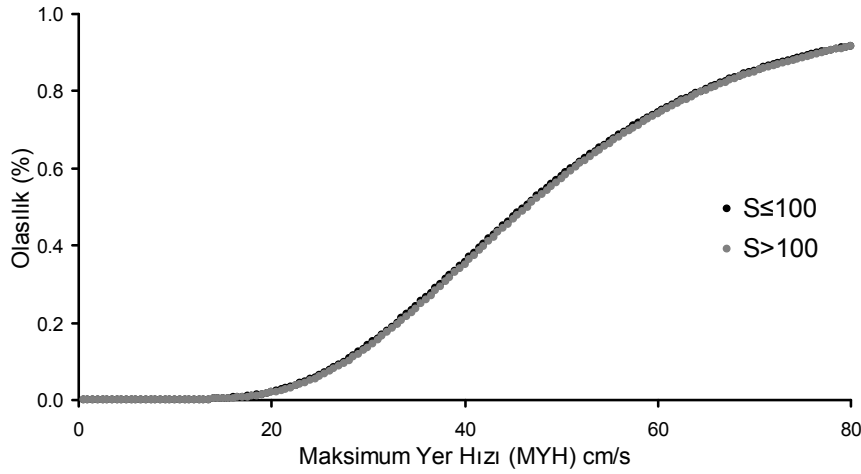


Şekil 8.19.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

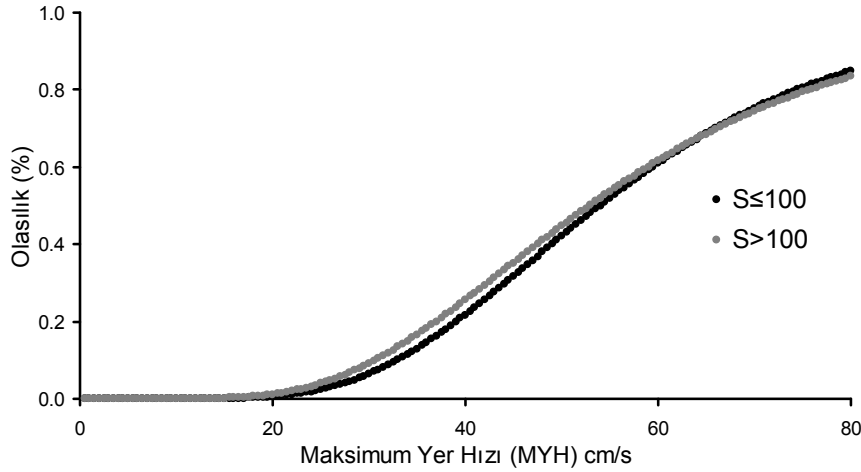
Orta hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubu için sırasıyla ( $S \leq 100$  ve  $S > 100$ ) durumlarından elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.20 - Şekil 8.22). Elde edilen eğrilerden de görüldüğü gibi bu hasar durumuna karşılık gelen ortalama eğriler birbirine oldukça benzemektedir. Şekil 8.20 – Şekil 8.22’de gösterilen eğriler, hafif hasar durumunda olduğu gibi orta hasar durumunda da süneklik parametresinin etkili olmadığını göstermektedir.



Şekil 8.20.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması



Şekil 8.21.  $15\% < V_t/W < 25\%$  binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

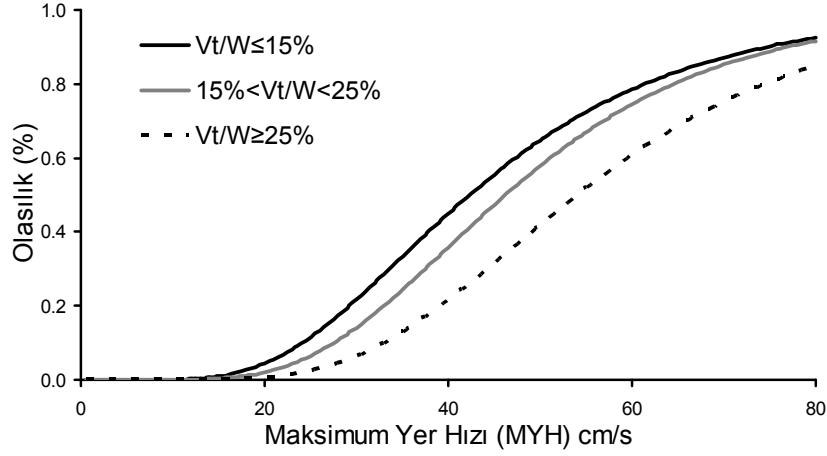


Şekil 8.22.  $V_t/W \geq 25\%$  binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

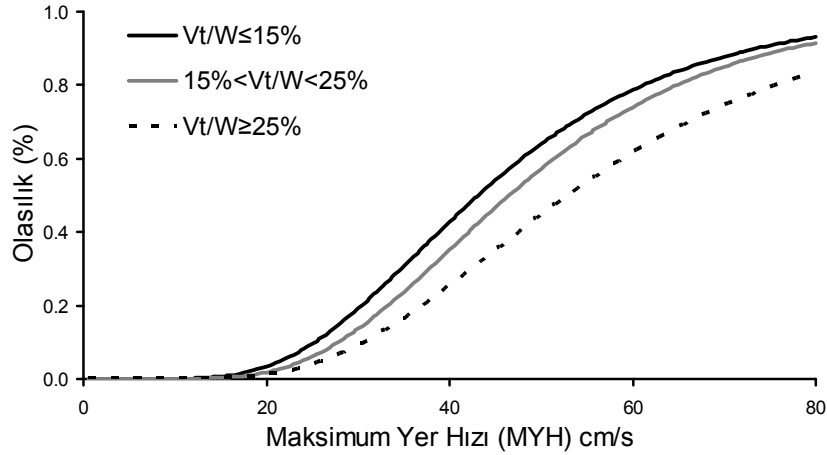
Elde edilen grafiklerden de görüldüğü gibi orta hasar durumu için sünekliğin, benzer yatay dayanım oranlarına sahip binalar üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır. Orta hasarı tarif eden bu sonuçların, deprem yönetmeliğinde minimum hasar sınırı için verilen ve beton için tarif edilen sabit bir şekil değiştirme değerinin ( $(\epsilon_{cu})MN=0.0035, (\epsilon_s)MN=0.01$ ) aşılmasına bağlı olarak hesaplandığı unutulmamalıdır. Minimum hasar sınırı için yapılan bu tarifi yatay donatı oranına bağlı olarak tanımlanması durumunda (Yönetmelikte verilen GV ve GÇ sınırlarında olduğu gibi) elde edilecek hasar görebilirlik eğrilerinin etriye sıklaştırmasına bağlı olarak değişmesi beklenmelidir.

Orta hasar durumu için hesaplanan hasar görebilirlik eğrileri üzerinde yatay dayanım oranının etkilerini gösteren grafikler Şekil 8.23 ve Şekil 8.24'de verilmektedir. Farklı yatay dayanım gruplarına sahip olan binaların orta hasar görme olasılıkları (minimum hasar sınırını aşmanın birikimli olasılıkları) birbirinden ayrılmaktadır. Bu şekillere bakıldığında yüksek

yatay dayanım oranına sahip binaların orta hasar görme olasılıklarının daha düşük olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 8.23. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S \leq 100$  için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

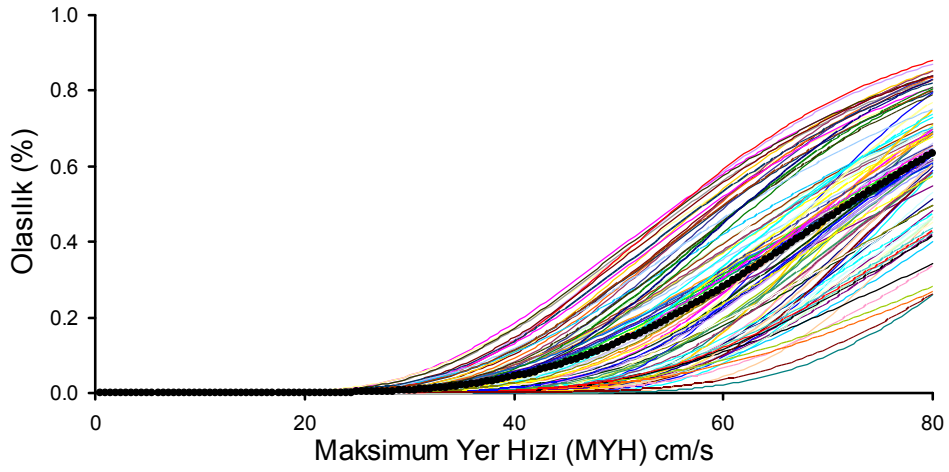


Şekil 8.24. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S > 100$  için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

### 8.1.3 Ağır Hasar Durumu İçin Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

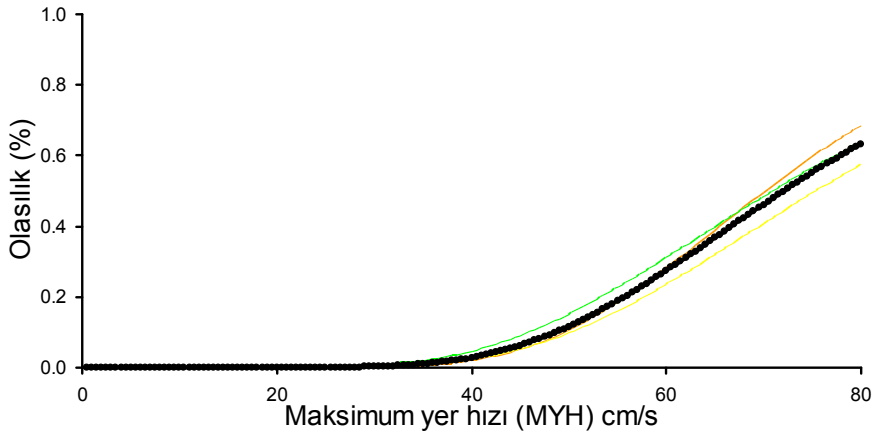
Ağır hasar durumu için 98 adet tek katlı prefabrik binaya ait hasar görebilirlik eğrilerinin tamamı Şekil 8.25'de verilmiştir. Söz konusu dağılımların ortalamasına karşılık gelen eğri de yine bu şekil üzerinde koyu siyah renkli çizgi ile gösterilmiştir.



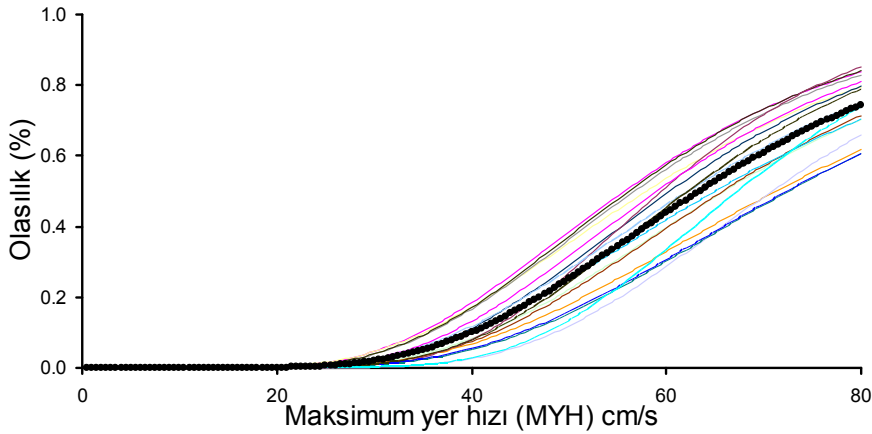


Şekil 8.25. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar sınırını aşma olasılıkları

Yatay dayanım oranının düşük ( $Vt/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalarda ağır hasar durumuna karşılık gelen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 8.26'da, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardaki hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 8.27'de verilmiştir.

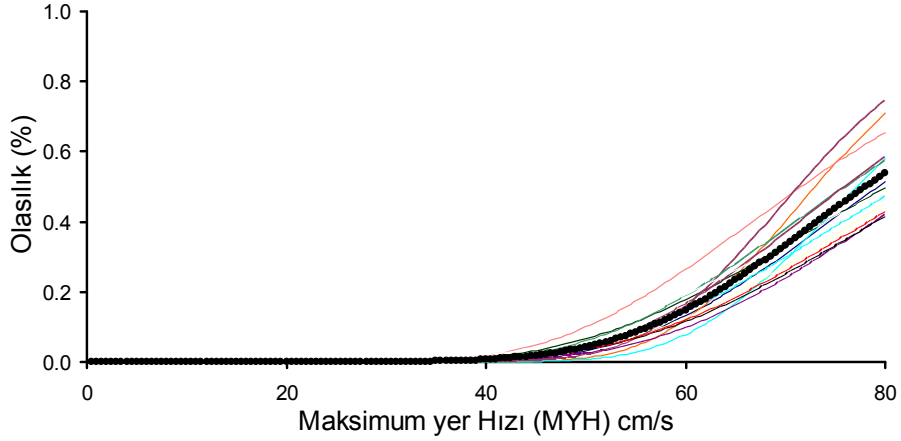


Şekil 8.26.  $Vt/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

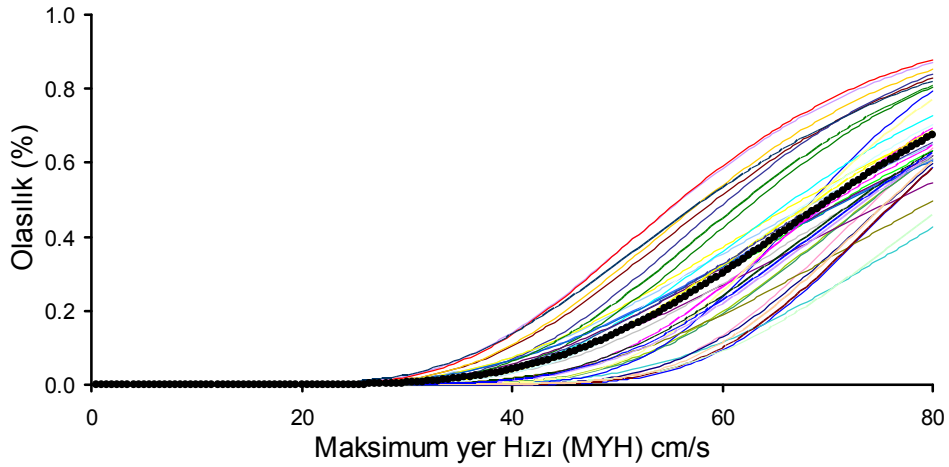


Şekil 8.27.  $Vt/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

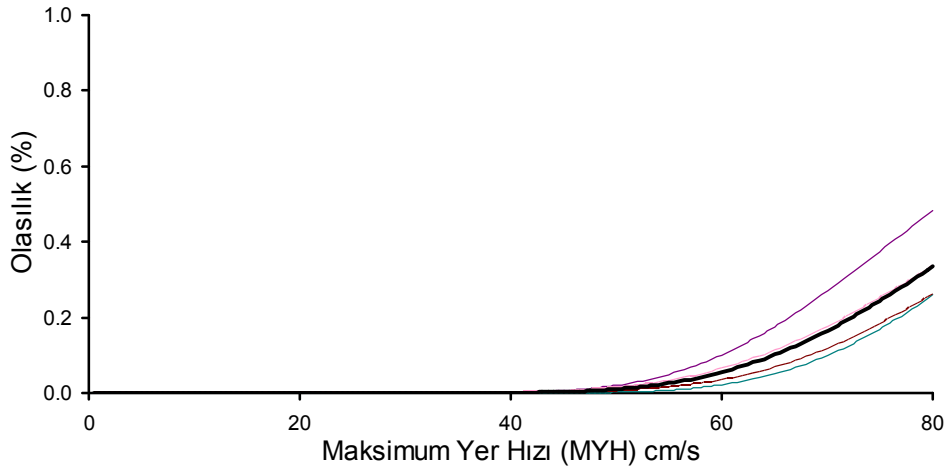
Orta yatay dayanım grubunda ( $15\% < V_t/W < 25\%$ ) bulunan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.28'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardaki hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.29'da verilmiştir. Benzer biçimde yatay dayanım oranı yüksek olan binalardan elde edilen sonuçlar ise Şekil 8.30 - Şekil 8.31'de gösterilmiştir.



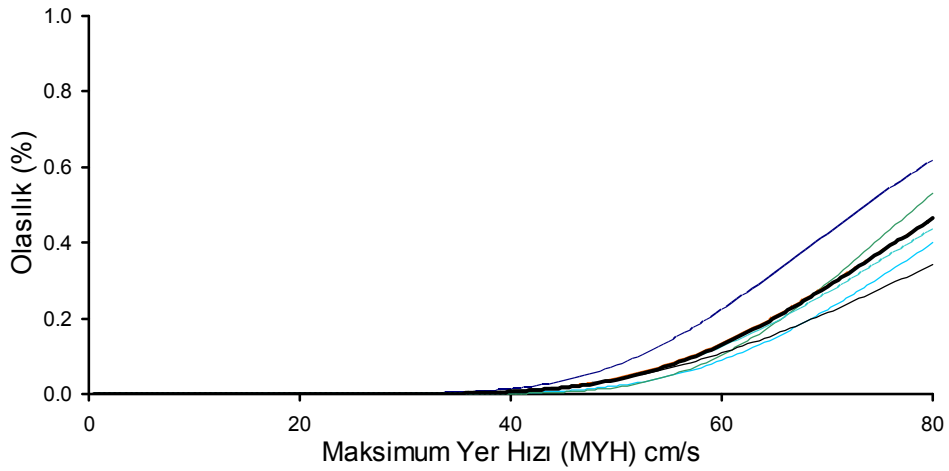
Şekil 8.28.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.29.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

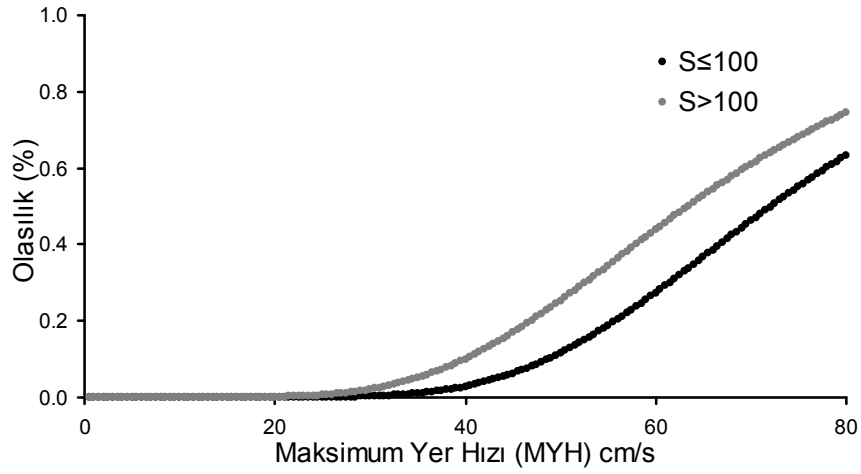


Şekil 8.30.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

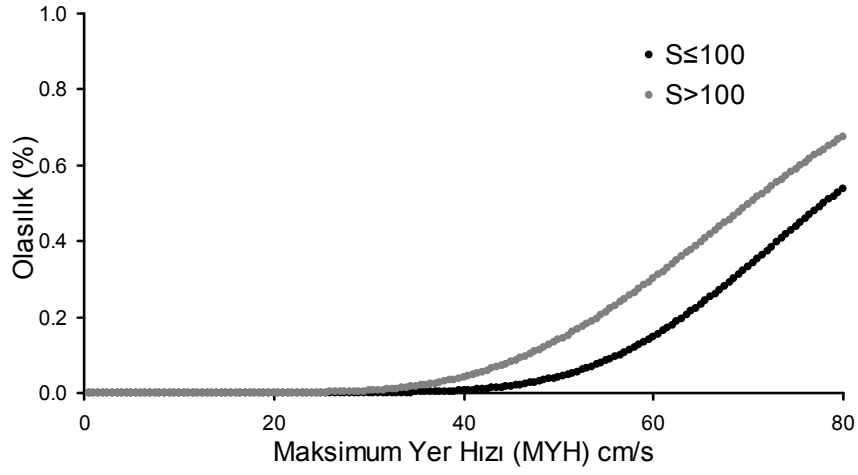


Şekil 8.31.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

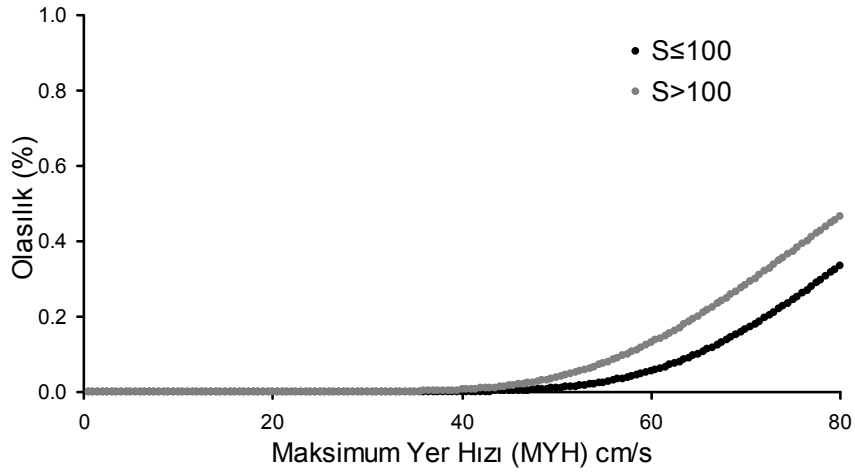
Ağır hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubu için sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.32 - Şekil 8.34). Bu şekillere bakıldığında ağır hasar durumunda sünekliğin etkili bir parametre olduğunu söylemek mümkündür. Deprem yönetmeliğinde kesit güvenlik sınırı (GV) için önerilen şekil değiştirme ifadesinin sargı donatısına bağlı olarak tanımlanması, farklı enine donatı oranları için hesaplanan hasar görülebilirlik eğrilerinin de farklılaşmasına sebep olmaktadır. Doğal olarak bu durum daha ileri hasar düzeyleri için enine donatının etkinliğinin artmasına sebep olmaktadır.



Şekil 8.32.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

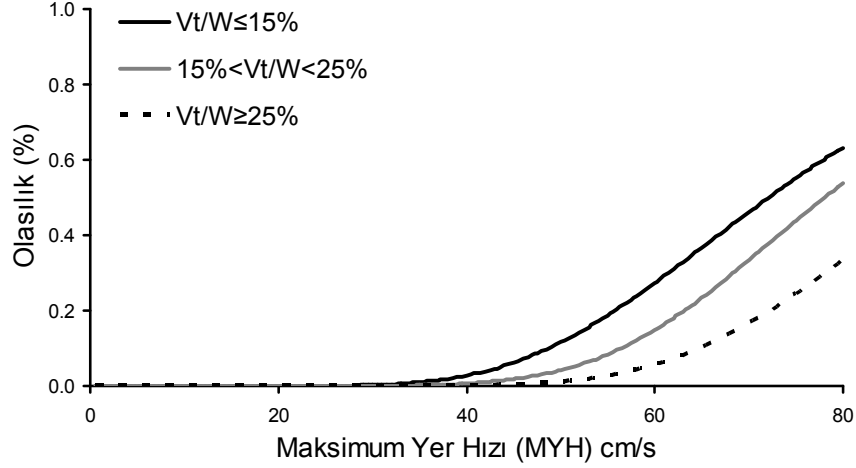


Şekil 8.33.  $15\% < V_t/W < 25\%$  binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

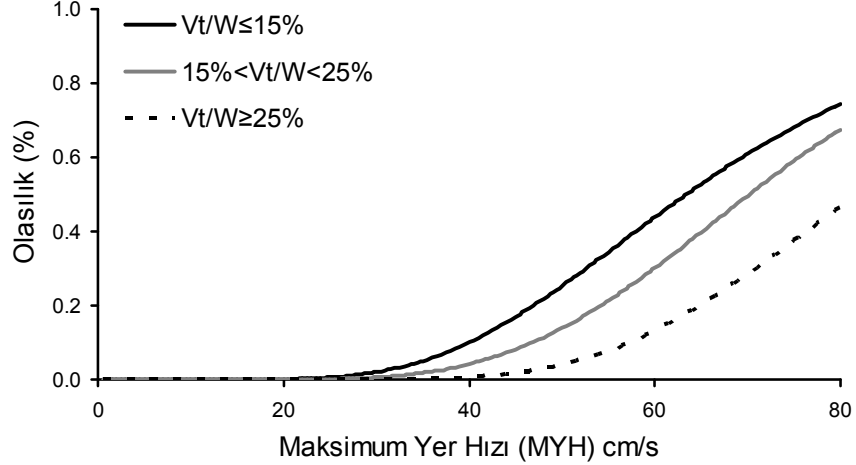


Şekil 8.34.  $V_t/W \geq 25\%$  binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Süneklik ile ilgili bu irdelemenin ardından her yatay dayanım grubu kendi içerisinde ayrıca incelenmiştir. Böylece yatay dayanım oranının ağır hasar durumuna olan etkisini görebilmek mümkün olmuştur. Şekil 8.35 ve Şekil 8.36'da görüldüğü gibi yatay dayanım oranının düşük, orta ve yüksek olduğu binalarda ağır hasar olasılığı farklılaşmaktadır. Yatay dayanım oranının yüksek olması söz konusu binanın hasar görme olasılığını düşürmektedir.



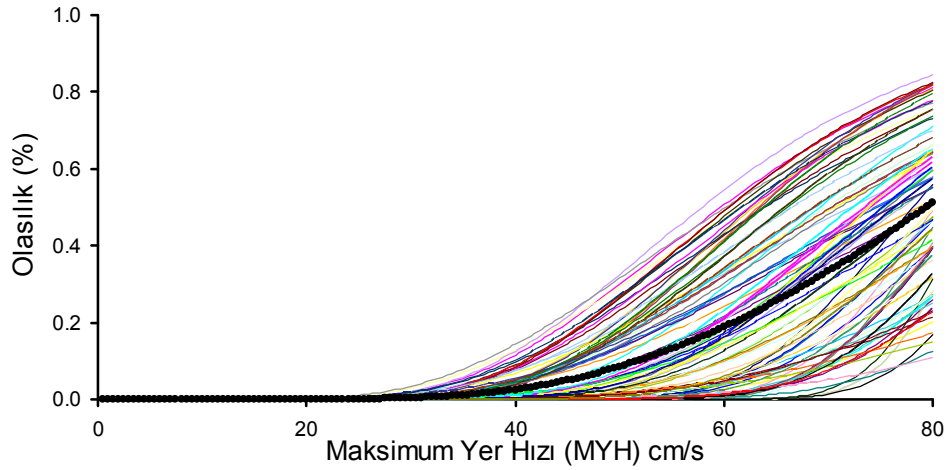
Şekil 8.35. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S \leq 100$  için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 8.36. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S > 100$  için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

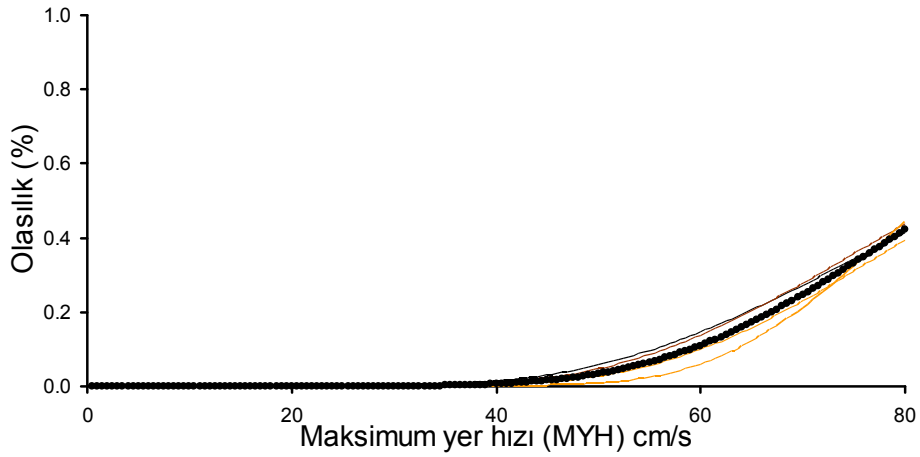
#### 8.1.4 Göçme Durumu İçin Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Göçme durumuna ait hasar görebilirlik eğrileri 98 adet tek katlı prefabrik için elde edilmiştir. Elde edilen eğrilerin tamamı Şekil 8.37'de verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.

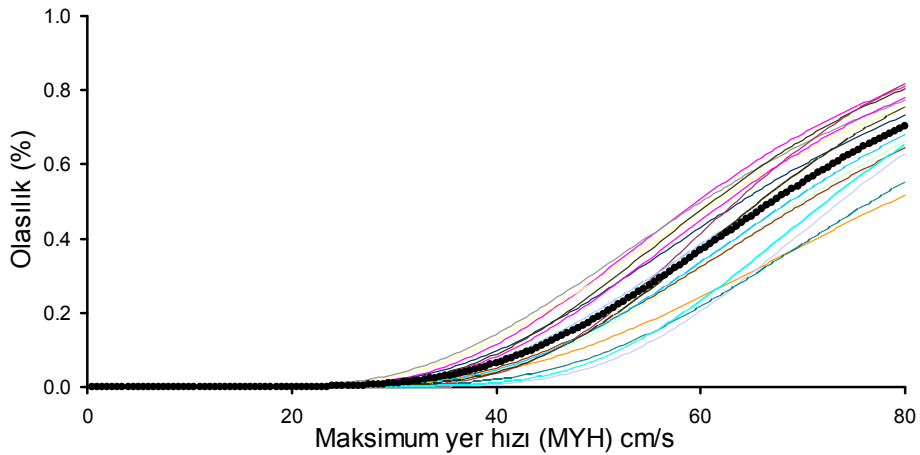


Şekil 8.37. 98 adet tek katlı tüm prefabrik binaların göçme sınırını aşma olasılıkları

Göçme durumunda yatay dayanım oranının düşük olduğu ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 8.38'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardaki hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 8.39'da verilmiştir.

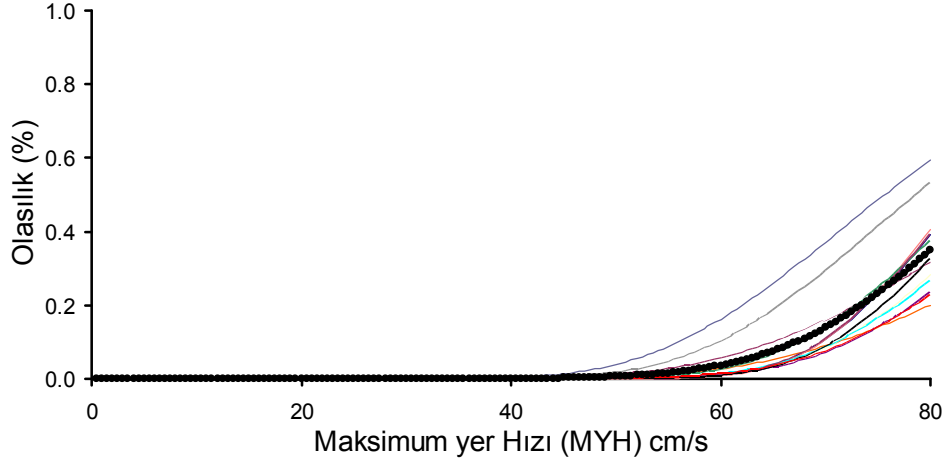


Şekil 8.38.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları

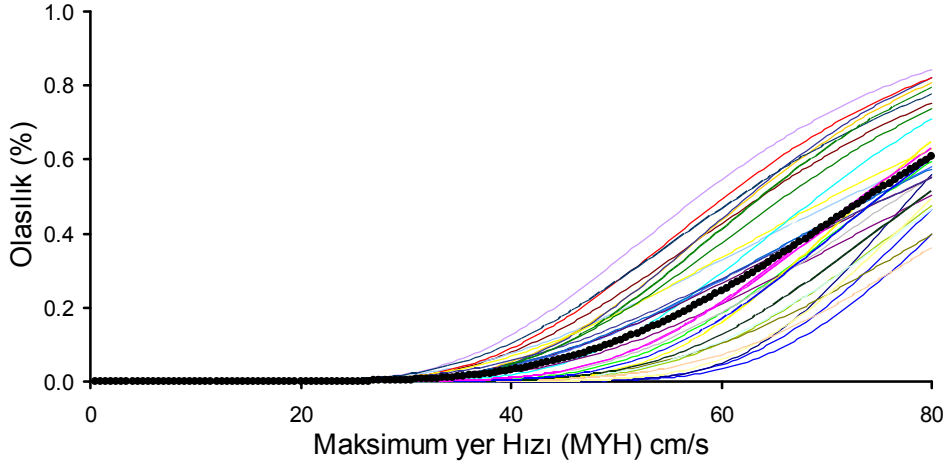


Şekil 8.39.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları

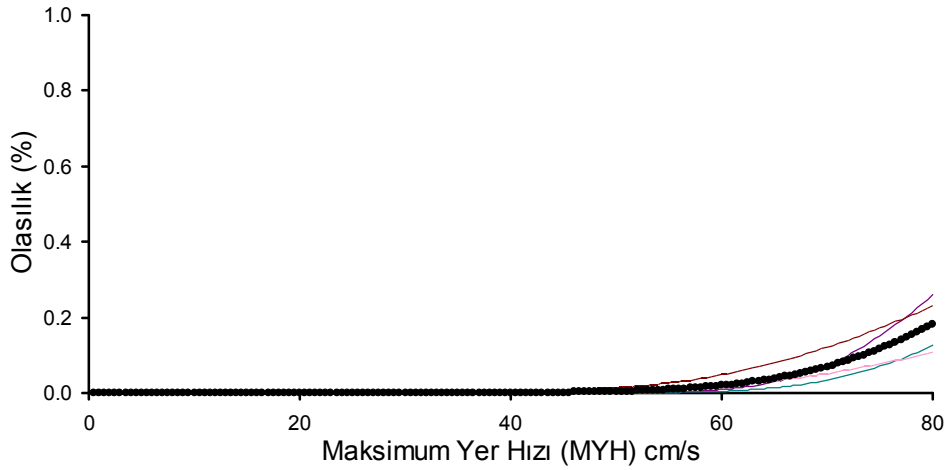
Orta seviyede yatay dayanım oranına ( $15\% < V_t/W < 25\%$ ) sahip olan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.40'ta, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.41'de verilmiştir. Benzer şekilde yüksek yatay dayanım oranına sahip binalar için hesaplanan hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.42 ve Şekil 8.43'de gösterilmiştir.



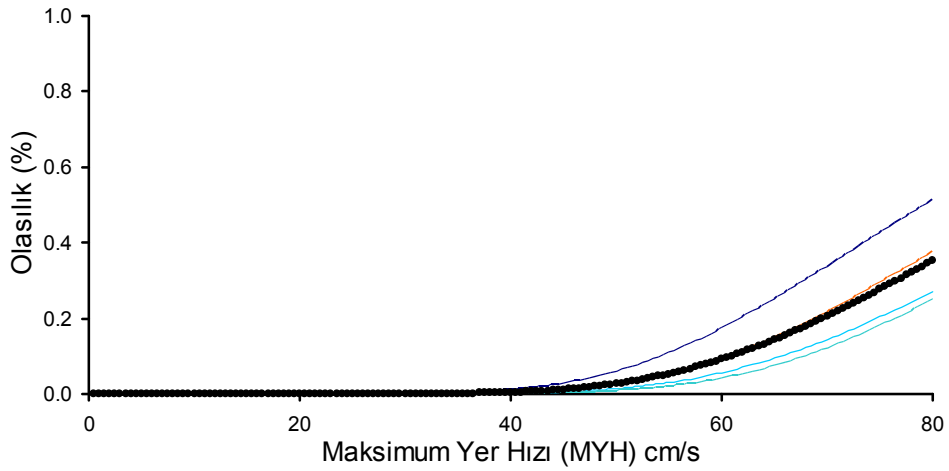
Şekil 8.40.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.41.  $15\% < V_t/W < 25\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları



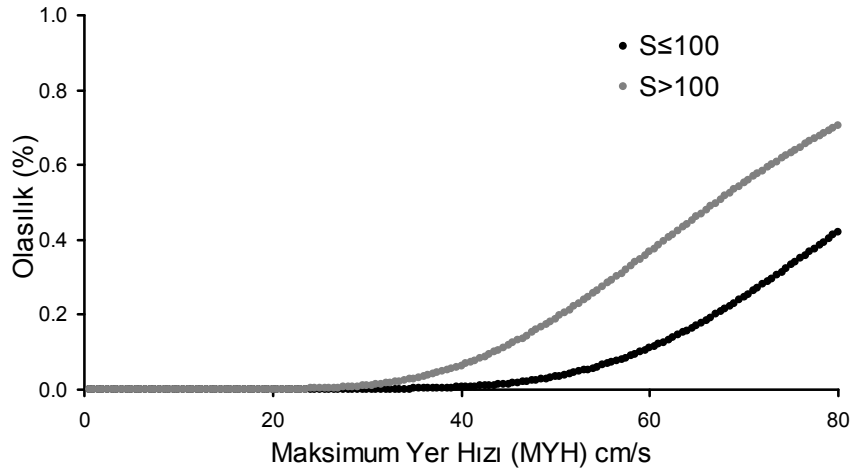
Şekil 8.42.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları



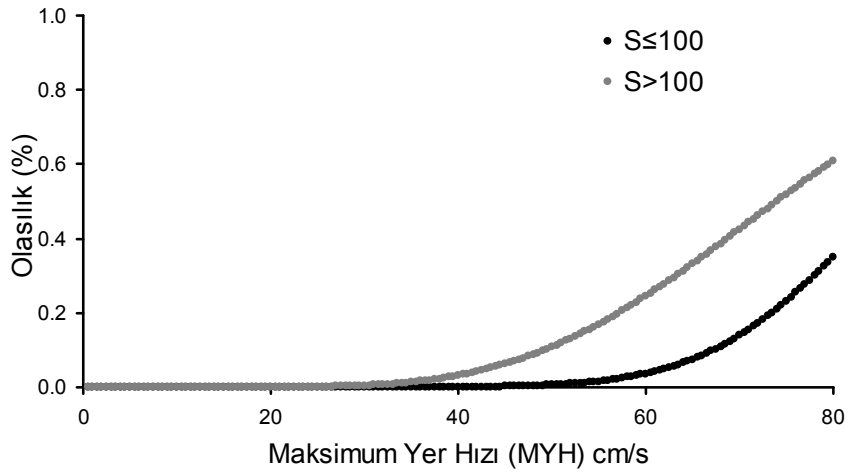
Şekil 8.43.  $V_t/W \geq 25\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları

Sünekliğin göçme üzerindeki etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubunda sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.44 - Şekil 8.46). Şekiller incelendiğinde göçme durumu için sünekliğin etkili bir parametre olduğu, hatta daha düşük hasar seviyelerine (hafif hasar, orta hasar) kıyasla etkinliğini daha da arttırdığı görülmektedir. Ağır hasar sınırı için yönetmelikte tarif edilen şekil değiştirme sınırının da yine enine donatıya bağlı olması, hasar görebilirlik eğrilerinin enine donatı oranına duyarlı hale gelmesine sebep olmaktadır.

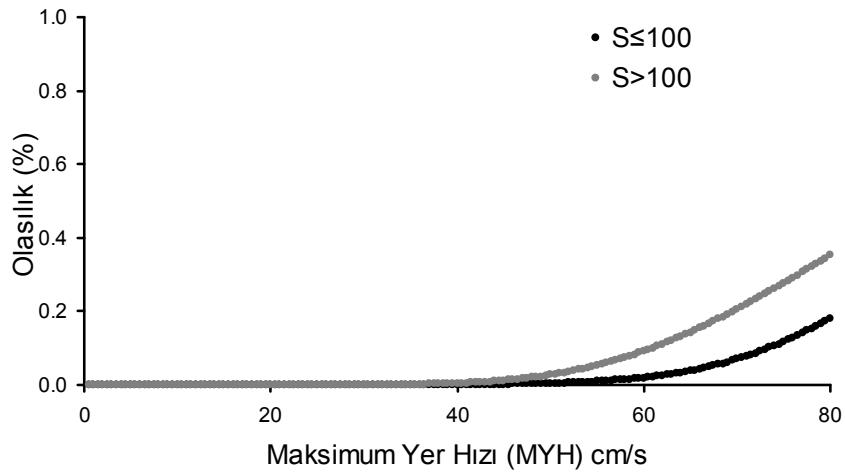




Şekil 8.44.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

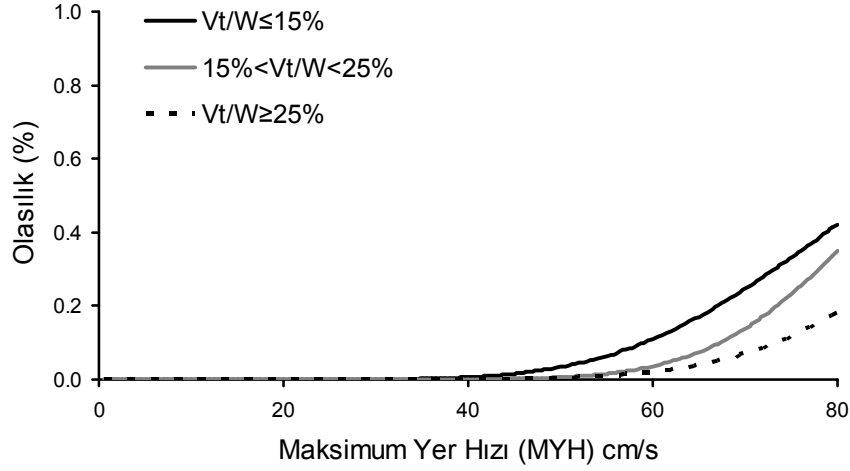


Şekil 8.45.  $15\% < V_t/W < 25\%$  binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

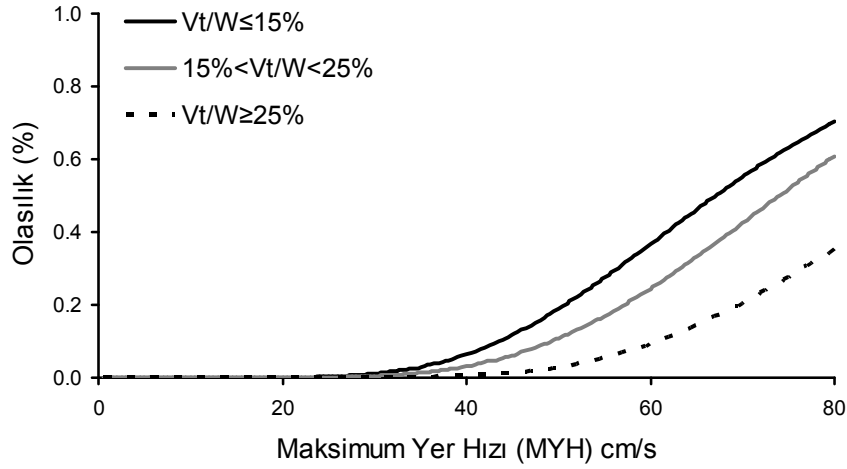


Şekil 8.46.  $V_t/W \geq 25\%$  binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Süneklik ile ilgili irdelemenin ardından her yatay dayanım grubu kendi içerisinde ayrıca incelenmiştir. Şekil 8.47 ve Şekil 8.48'de gösterilen sonuçlar hem yatay dayanım oranının, hem de etriye sıklaştırmasının hasar görebilirlik eğrileri üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir.



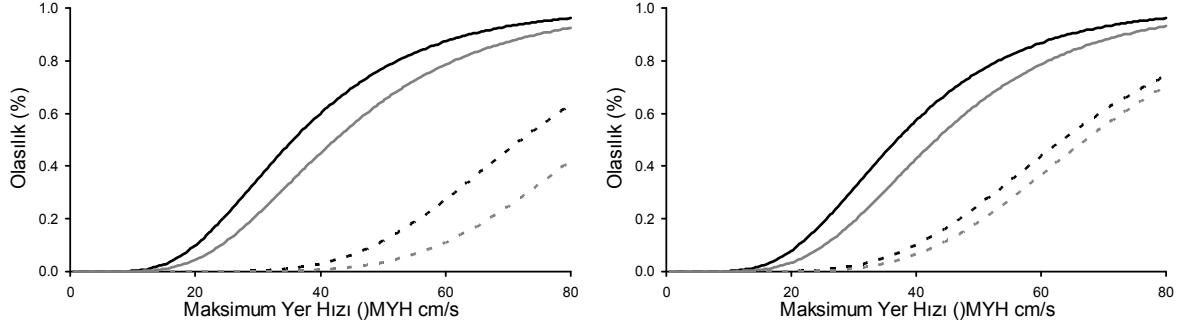
Şekil 8.47. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S \leq 100$  için ortalama göçme hasarı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



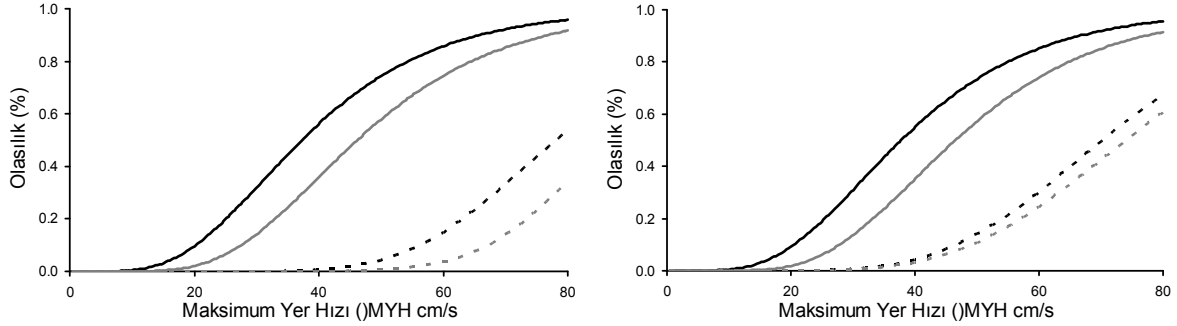
Şekil 8.48. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı binalarda  $S > 100$  için ortalama göçme hasarı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

Elde edilen sonuçlar yatay dayanım oranının bütün hasar seviyeleri üzerindeki en etkili yapısal parametre olduğunu göstermiştir. Süneklik ise özellikle yönetmelikte verilen (enine donatıya bağlı olan ve olmayan hasar sınırları yüzünden) ancak ağır hasar ve göçme durumlarında etkili olmaktadır. Yapılan bu değerlendirmeler ışığında yatay dayanım oranının hafif ve orta hasar durumlarını tarif etmek için tek başına yeterli bir parametre olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür. Bununla birlikte ağır hasar ve göçme durumlarını tarif etmek için yatay dayanım oranının tek başına yeterli olmadığı ve süneklik üzerinden bir

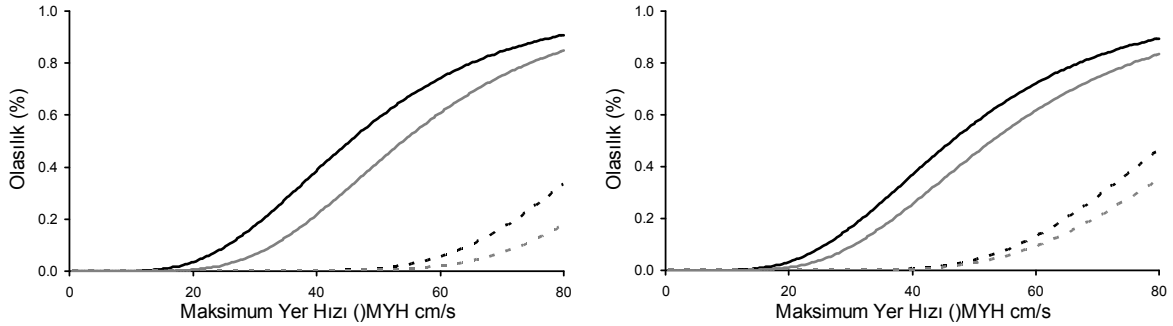
sınıflandırmaya ihtiyaç duyulacağı açık bir biçimde görülmektedir. Düşük, orta ve yüksek yatay dayanım oranlarına, yeterli ve yetersiz süneklik kapasitelerine sahip (toplamda 6 alt grup) bina gruplarının farklı hasar sınırlarını aşmalarının birikimli olasılıklarını gösteren hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.49 - Şekil 8.51’de verilmiştir.



Şekil 8.49.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol,  $S \leq 100$ ; sağ,  $S > 100$ )



Şekil 8.50.  $15\% < V_t/W \leq 25\%$  binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol,  $S \leq 100$ ; sağ,  $S > 100$ )



Şekil 8.51.  $V_t/W > 25\%$  binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol,  $S \leq 100$ ; sağ,  $S > 100$ )

## 8.2 Çok Katlı Prefabrik Yapılarda Hasar Görebilirlik İle Yapısal Parametreler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Yapılan araştırmalar sonucunda tek katlı binalarda olduğu gibi yatay dayanım oranının çok katlı binaların hasar görebilirlik eğrileri üzerinde de oldukça önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. Çok katlı prefabrik binalara ait yatay dayanım oranları tek katlı prefabrik yapılardan farklı olarak 3 değil 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.

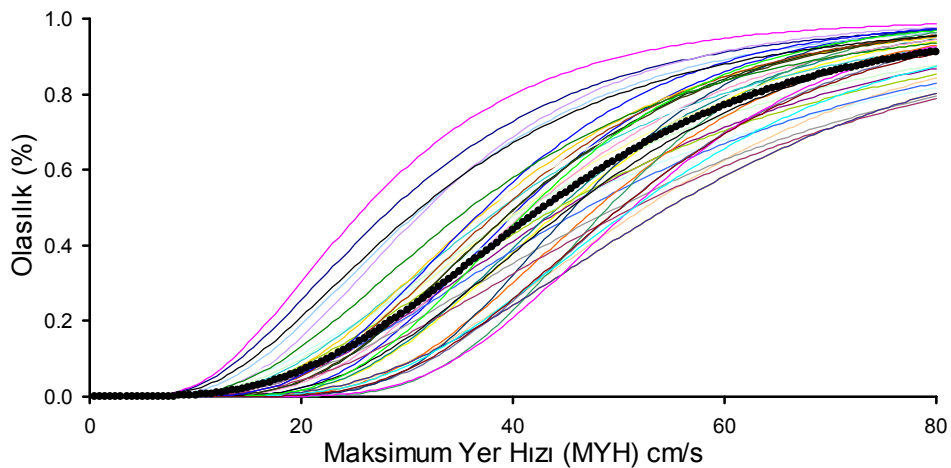
Düşük,Orta Yatay Dayanım =  $V_t/W \leq 15\%$  Denklem 8.6

Yüksek Yatay Dayanım =  $V_t/W \geq 15\%$  Denklem 8.7

Tek katlı prefabrik yapılarda olduğu gibi sünekliğin bir göstergesi olan etriye sıklaştırmasının ( $S \leq 100$ ,  $S > 100$ ) yapılması ve yapılmaması durumlarının hasar görebilirlik 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.

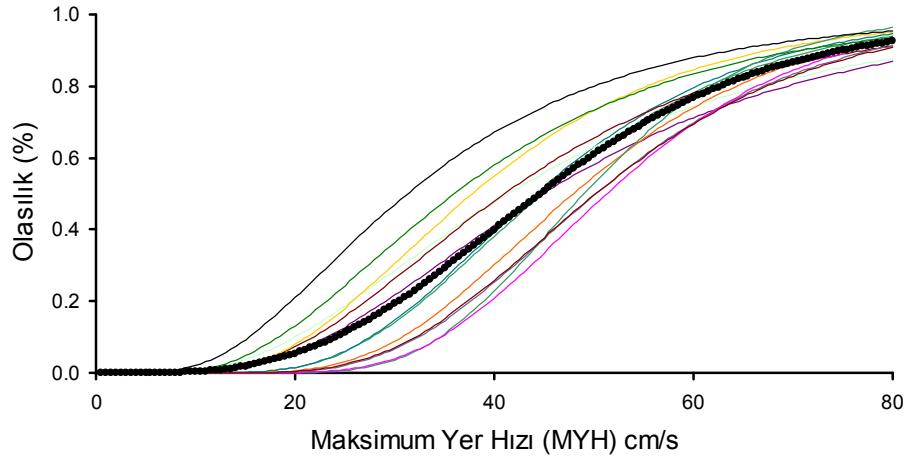
### 8.2.1 Hafif Hasar Durumu için Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren 41 adet 2 katlı prefabrik yapının tamamında hafif hasar durumu için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.52'de verilmiştir. Şekilde yer alan koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalardaki hasar görebilirlik eğrilerinin ortalamasını temsil etmektedir.

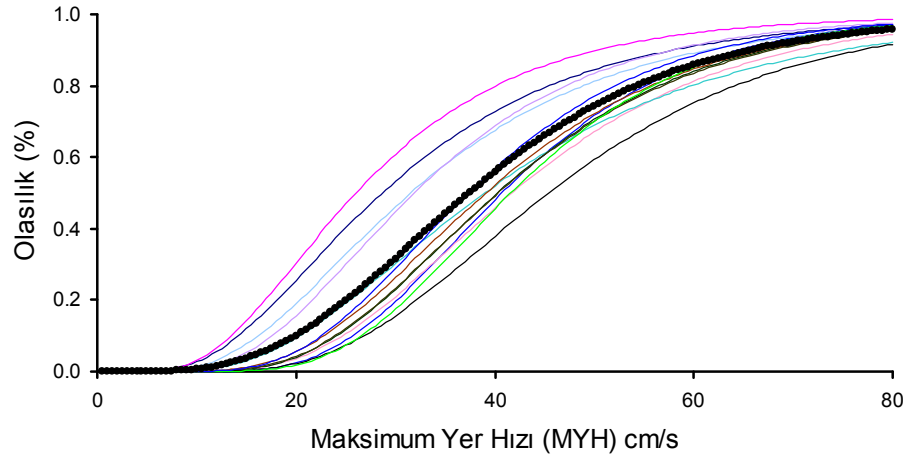


Şekil 8.52. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların hafif hasar sınırını aşma olasılıkları

Yatay dayanım oranının 15%'den düşük ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen eğriler Şekil 8.53'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 8.54'te verilmiştir.

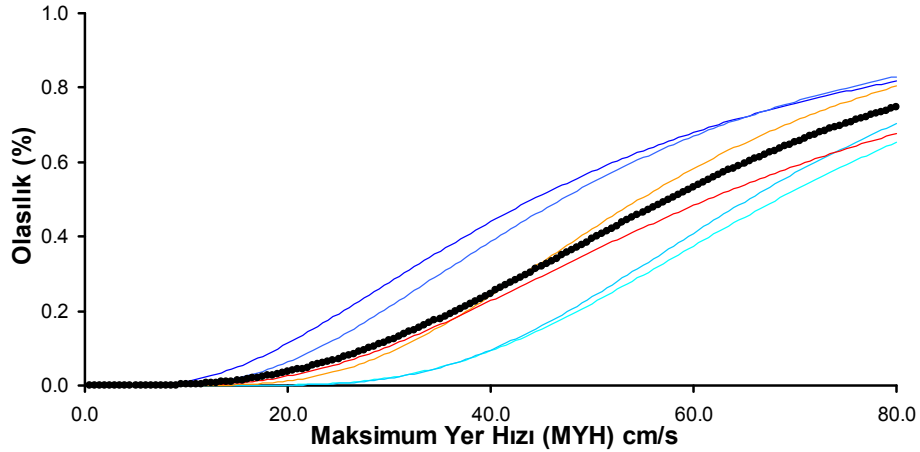


Şekil 8.53.  $V_i/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

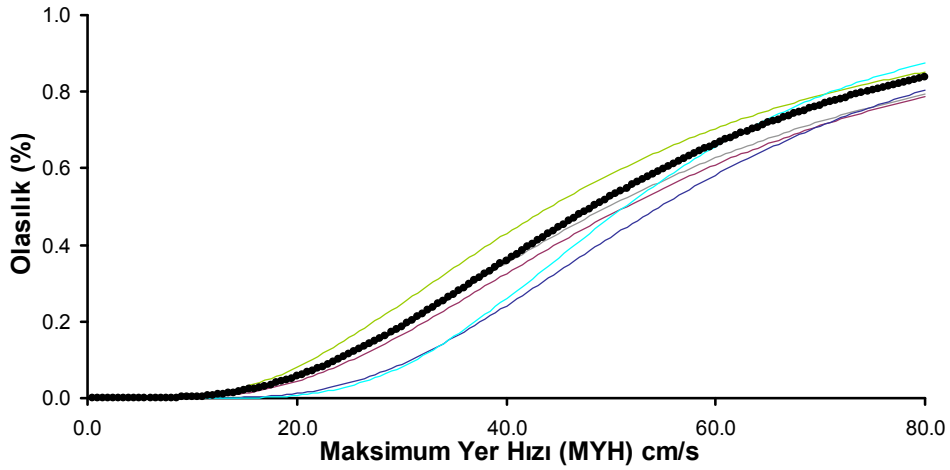


Şekil 8.54.  $V_i/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

Yatay dayanım oranının 15%'den büyük olduğu ve etriye sıklaştırmalarının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 8.55'te, etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 8.56'da verilmiştir.

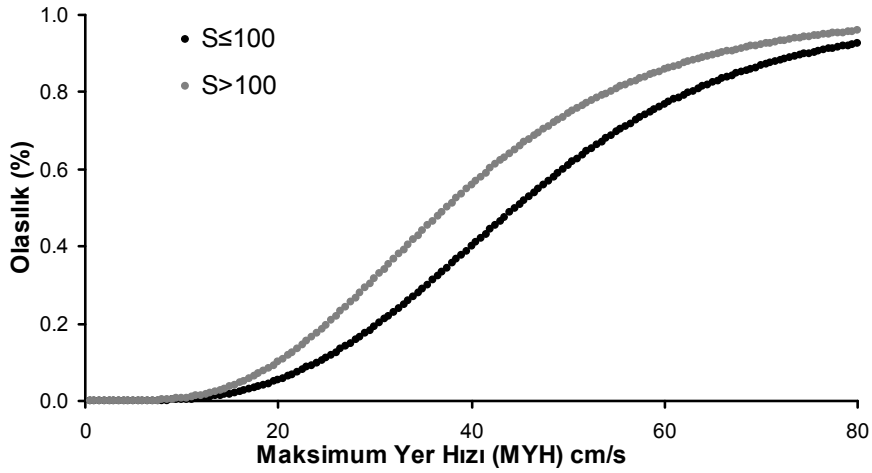


Şekil 8.55.  $V_i/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

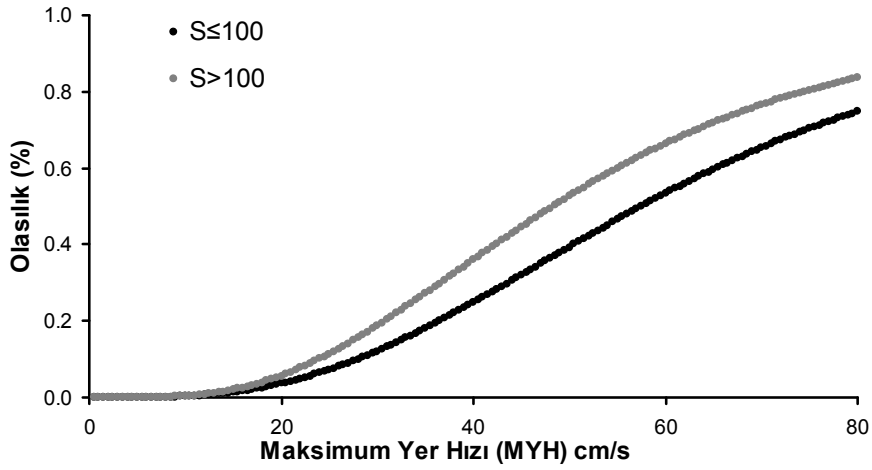


Şekil 8.56.  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda hafif hasar sınırının aşılma olasılıkları

Hafif hasar durumunda süneklüğün etkisini incelemek amacıyla her iki yatay dayanım oranı altında sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.57-Şekil 8.58). 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.

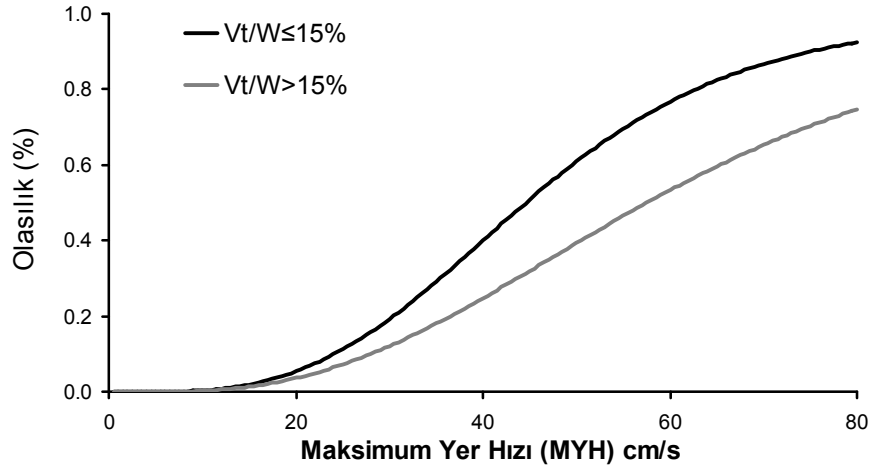


Şekil 8.57.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

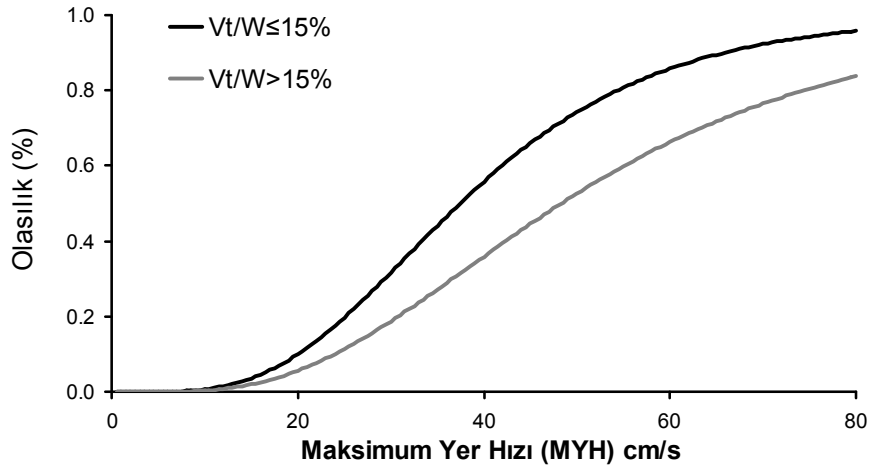


Şekil 8.58.  $V_t/W > 15\%$  binalarda hafif hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Süneklik ile ilgili yapılan bu değerlendirmenin ardından yatay dayanımın hasar görebilirlik eğrileri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Şekil 8.59 ve Şekil 8.60'ta 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.



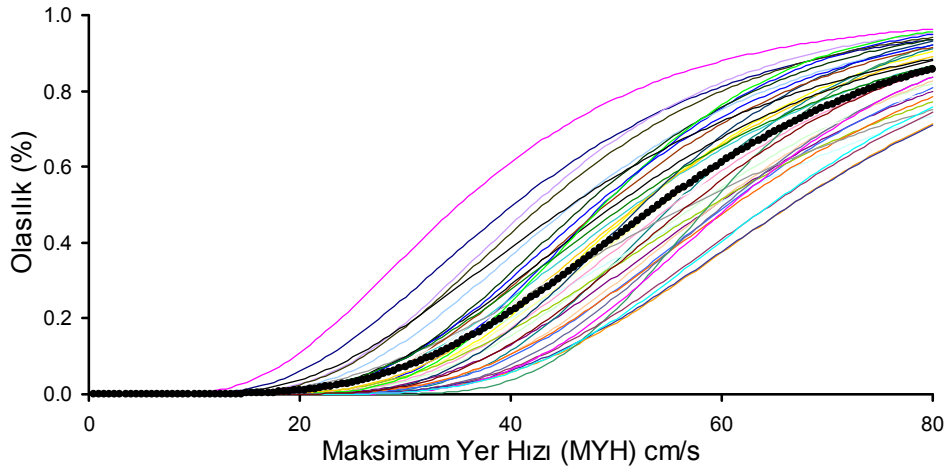
Şekil 8.59. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 8.60. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama hafif hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

### 8.2.2 Orta Hasar Durumu İçin Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

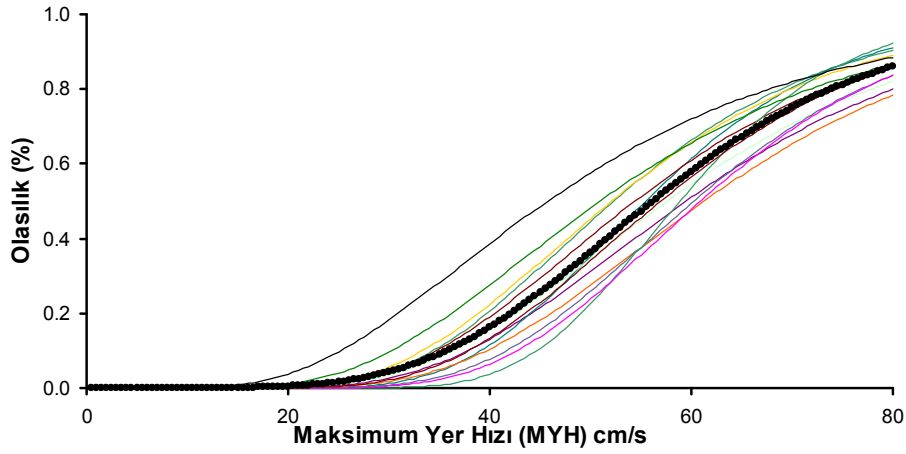
41 adet 2 katlı prefabrik binanın MN sınırını aşarak orta hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarını gösteren hasar görebilirlik eğrilerinin tamamı Şekil 8.61'de verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.



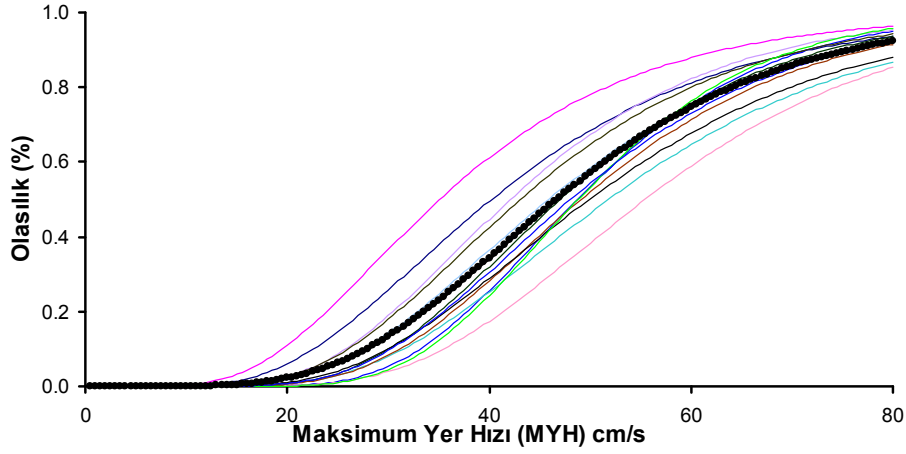
Şekil 8.61. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların orta hasar sınırını aşma olasılıkları

Bu hasar durumunda etriye sıklaştırmalarının yapıldığı ve yatay dayanım oranının 15% den az olduğu binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.62'de, etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.63'te verilmiştir.





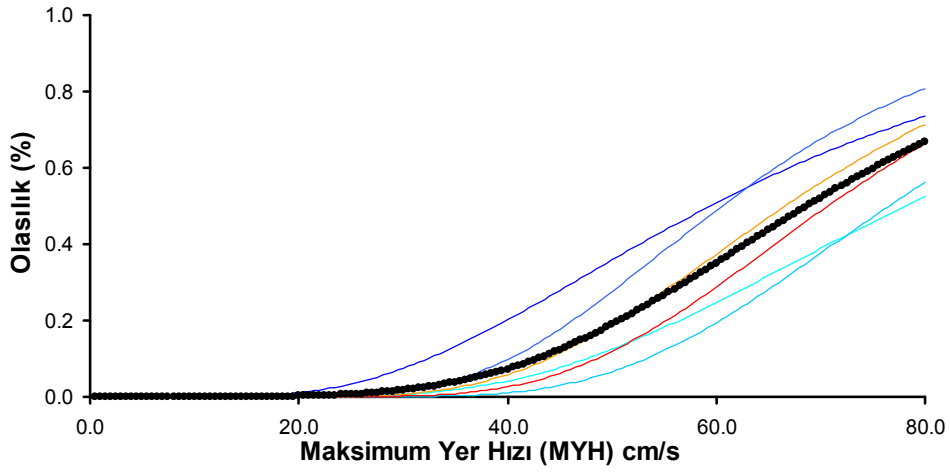
Şekil 8.62.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları



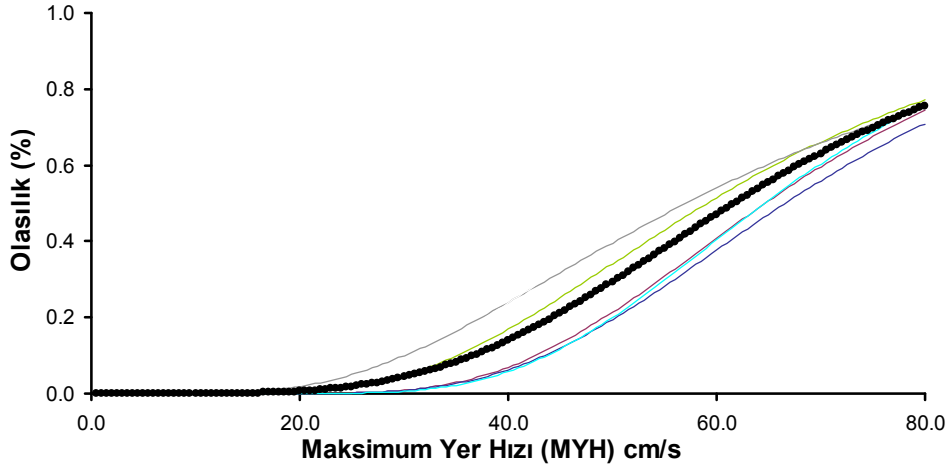
Şekil 8.63.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

Yatay dayanım oranının 15%'den yüksek ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 8.64'te, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 8.65'te verilmiştir.

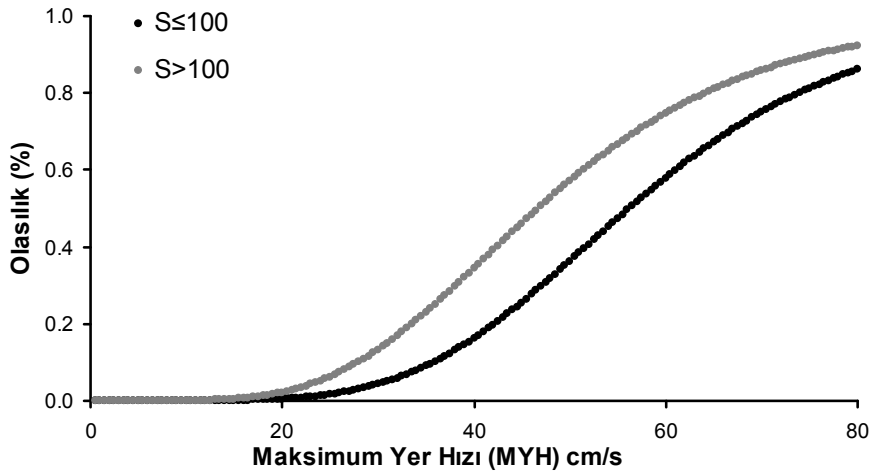
Orta hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım ve süneklik grupları için elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.66-Şekil 8.67). Elde edilen eğrilerden de görüldüğü gibi farklı yatay dayanım ve süneklik kapasitelerine sahip binalarda orta hasar durumu için elde edilen ortalama hasar eğrileri birbirinden farklıdır. Yüksek yatay dayanım oranına ve etriye sıklaştırmasına sahip binaların orta hasar görme olasılıkları azalırken, düşük yatay dayanıma ve yetersiz enine donatıya sahip olan binalarda bu olasılık artmaktadır.



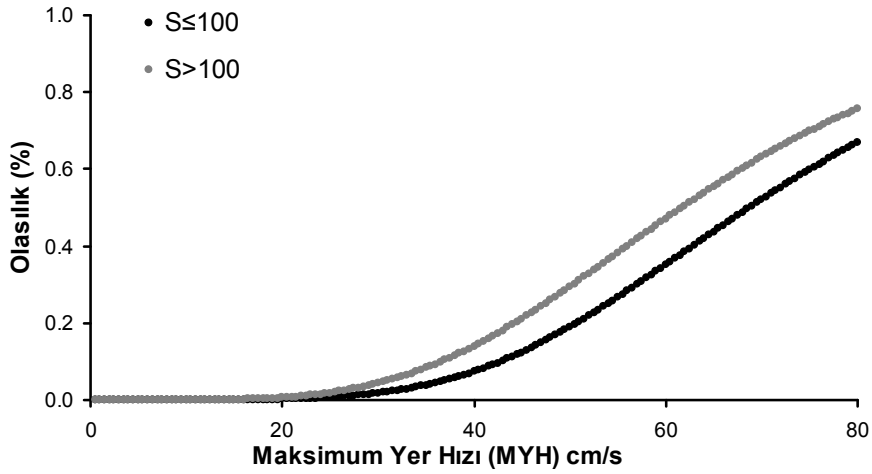
Şekil 8.64.  $V_t/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.65.  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda orta hasar sınırının aşılma olasılıkları

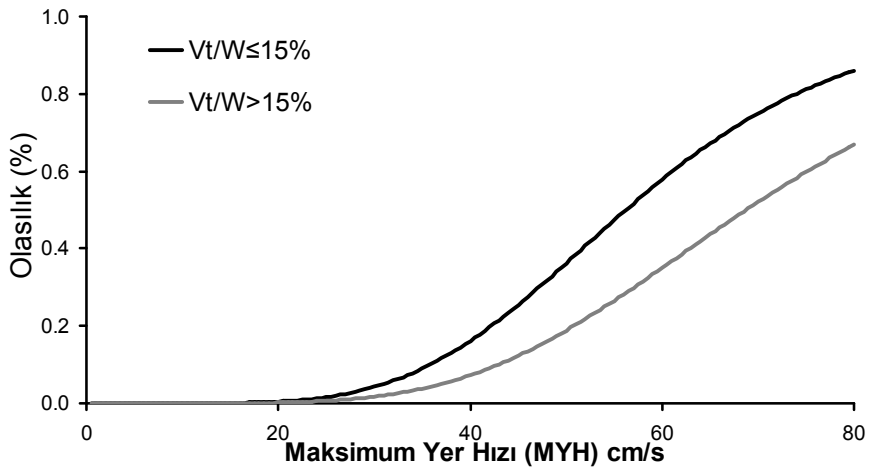


Şekil 8.66.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

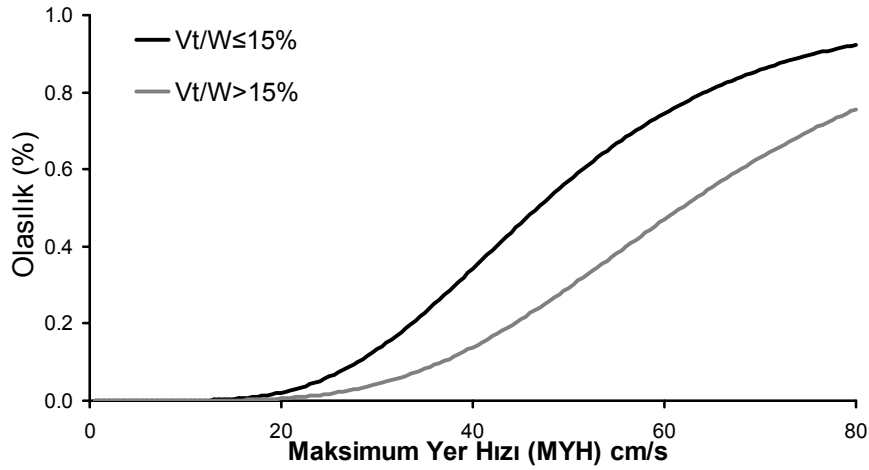


Şekil 8.67.  $V_t/W > 15\%$  binalarda orta hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Şekil 8.68 ve Şekil 8.69'da 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.



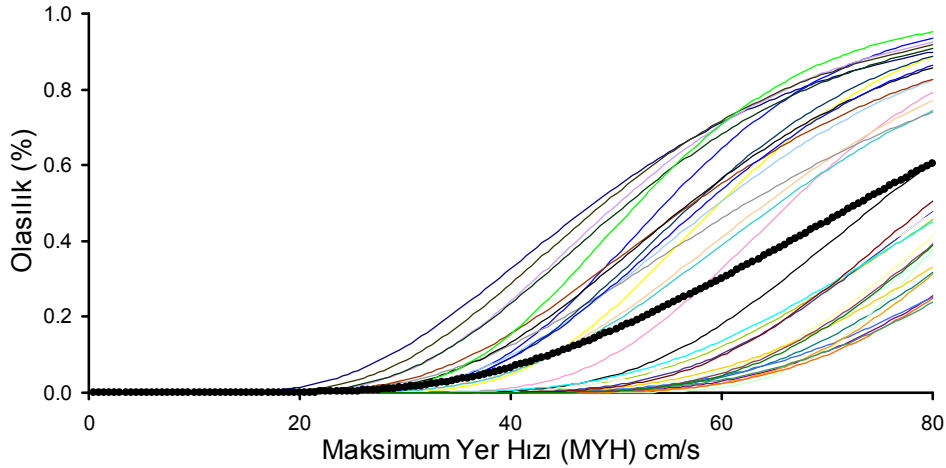
Şekil 8.68. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 8.69. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama orta hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

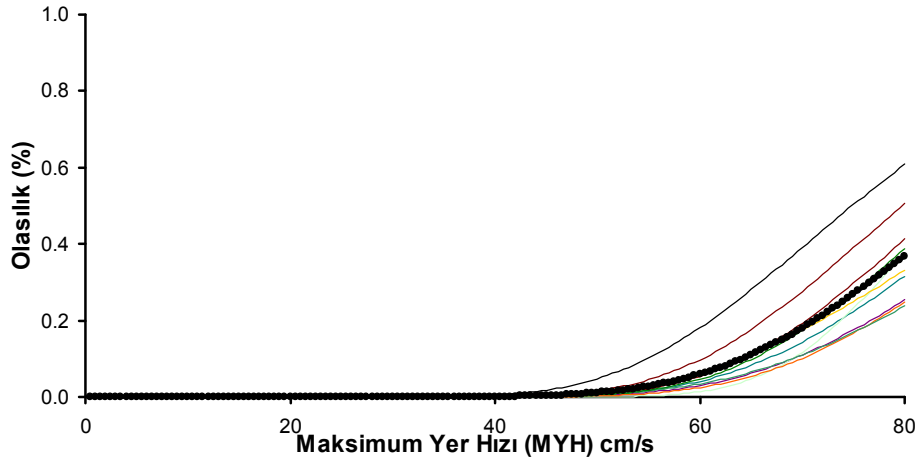
### 8.2.3 Ağır Hasar Durumu İçin Hasar Görebilirlik Eğrileri ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Çok katlı binaların GV sınırını aşarak ağır hasar ve üzerinde hasar görme olasılıklarını tarif eden hasar görebilirlik eğrilerinin tümü Şekil 8.70'te verilmiştir. Şekildeki koyu siyah renkli çizgi ise tüm binalar için elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrisini temsil etmektedir.

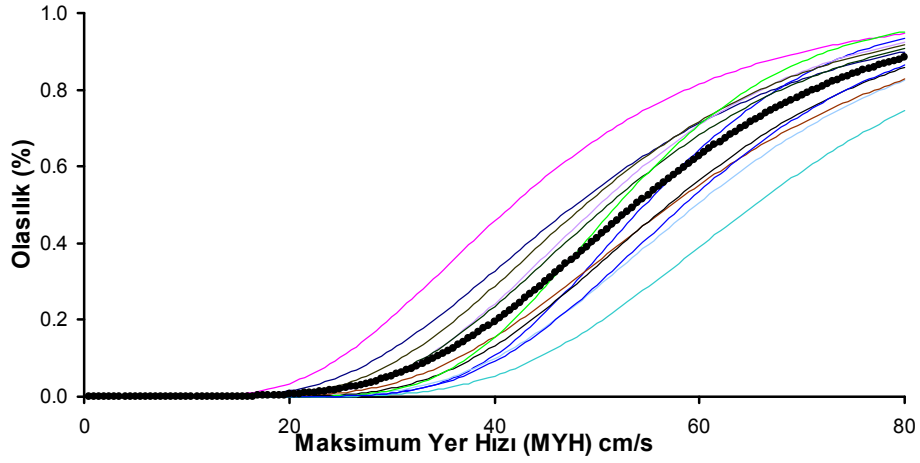


Şekil 8.70. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların ağır hasar sınırını aşma olasılıkları

Ağır hasar durumunda yatay dayanım oranının düşük olduğu ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.71'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen eğriler ise Şekil 8.72'de verilmiştir.



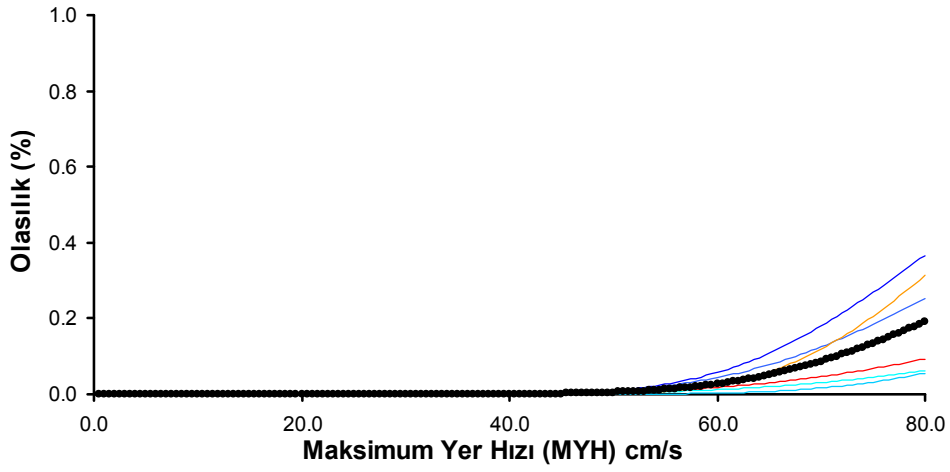
Şekil 8.71.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları



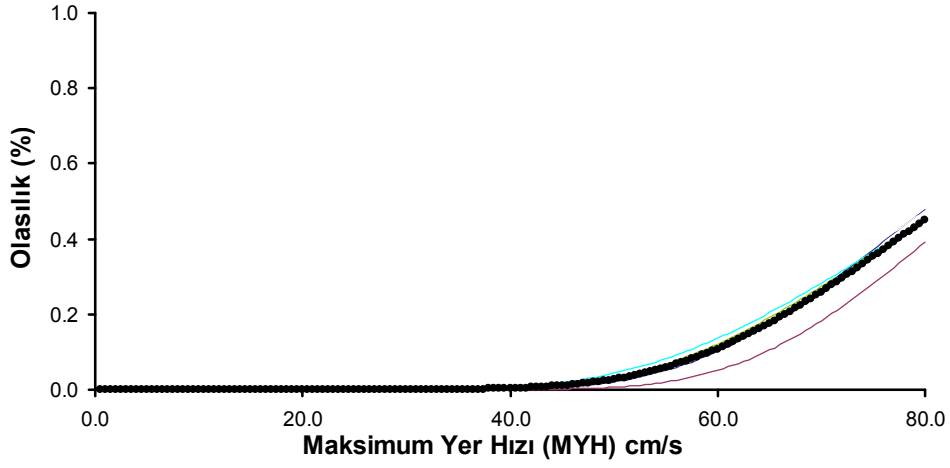
Şekil 8.72.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

Yatay dayanım oranı 15%'den yüksek olan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri Şekil 8.73'te, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görülebilirlik eğrileri ise Şekil 8.74'te verilmiştir.

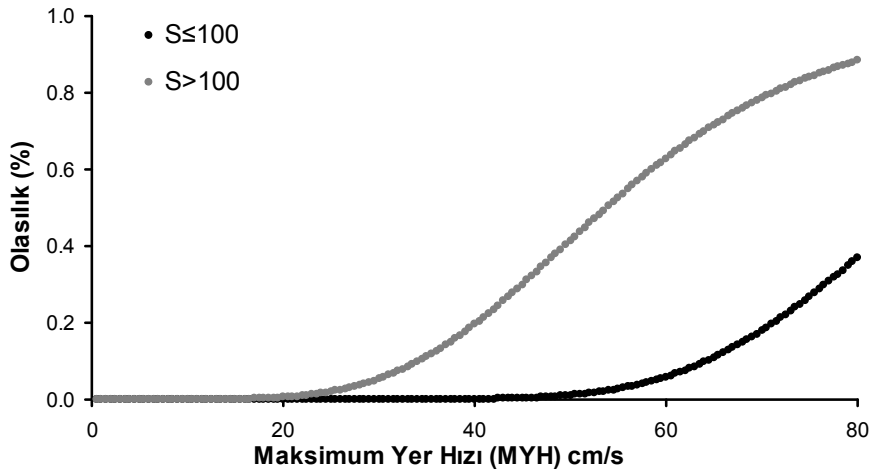
Ağır hasar durumunda sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubunda sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.75-Şekil 8.76). Şekiller incelendiğinde ağır hasar durumunda sünekliğin etkili bir parametre olduğu görülmektedir. Özellikle yatay dayanım oranının %15 den küçük olduğu binalarda sünekliğin etkisi daha belirgin bir şekilde görülmektedir.



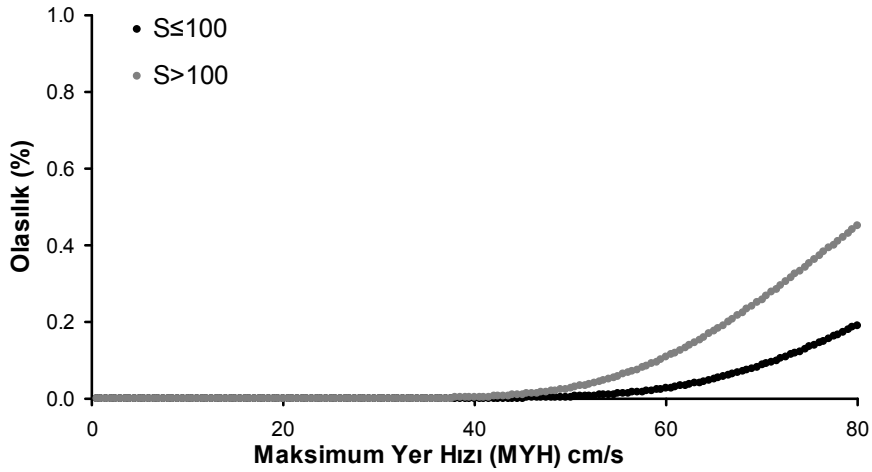
Şekil 8.73.  $V_t/W > 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.74.  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda ağır hasar sınırının aşılma olasılıkları

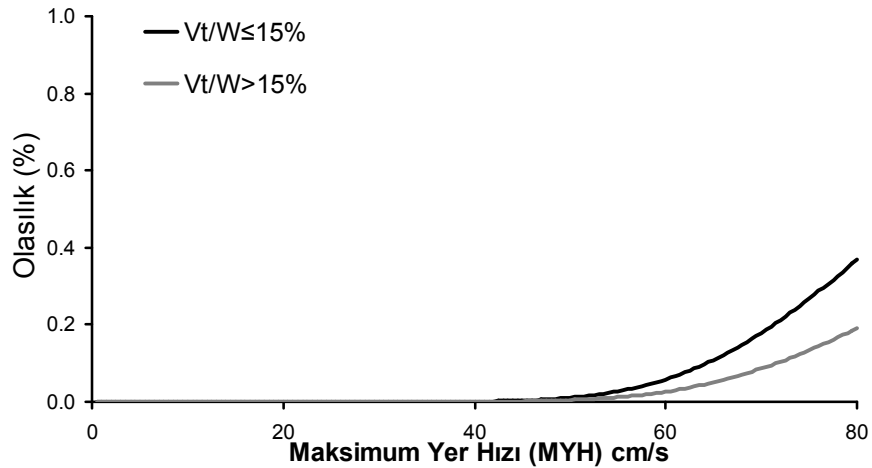


Şekil 8.75.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

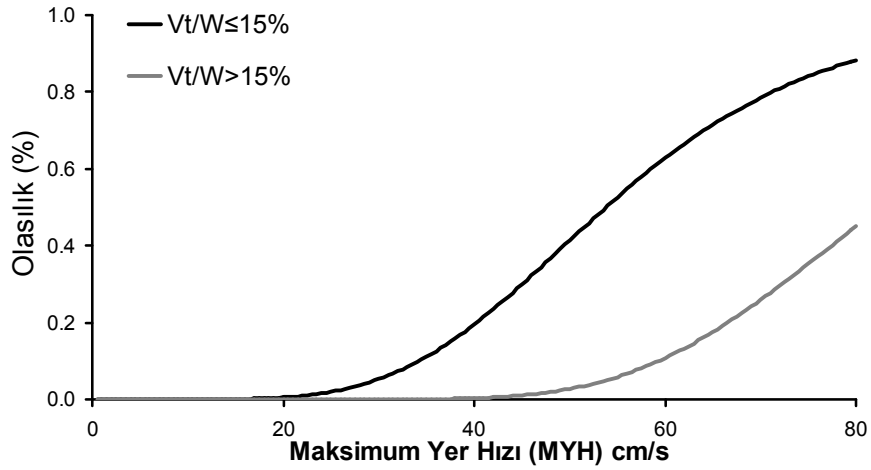


Şekil 8.76.  $V_t/W > 15\%$  binalarda ağır hasar aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Benzer süneklik seviyelerine fakat farklı dayanım kapasitelerine sahip bina grupları için hesaplanan ortalama hasar görülebilirlik eğrilerinin görünüşü ise Şekil 8.77 - Şekil 8.78'de verilmiştir. Şekil 8.77'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 8.78'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.



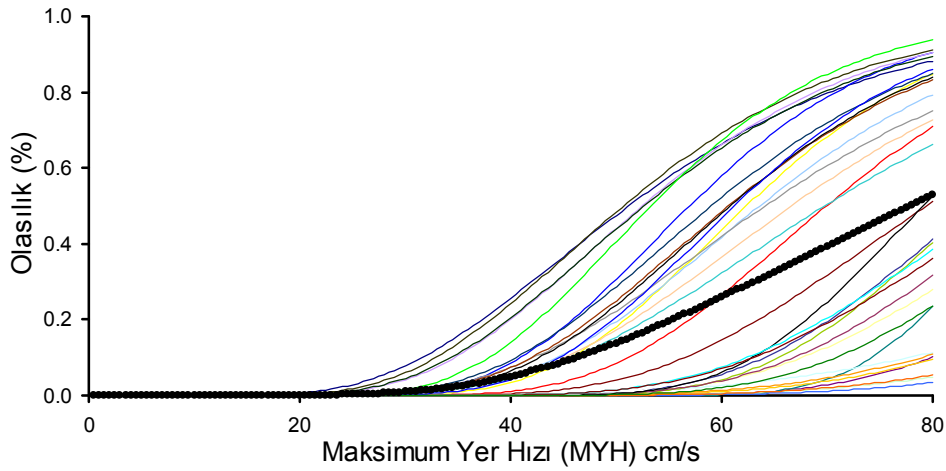
Şekil 8.77. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması



Şekil 8.78. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S > 100$  için ortalama ağır hasar aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

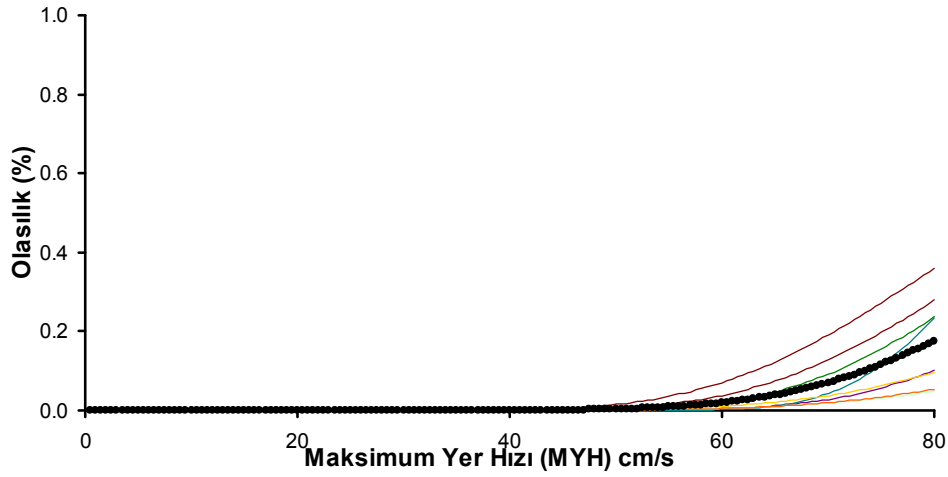
#### 8.2.4 Göçme Durumu için Hasar Görebilirlik ile Yapısal Parametreler Arasındaki İlişki

Çok katlı binaların tümünün GÇ sınırını aşarak göçme durumuna ulaşması durumunu temsil eden hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.79'da verilmiştir. Yatay dayanım oranının düşük ( $V_t/W \leq 15\%$ ) ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.80'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.81'de verilmiştir.

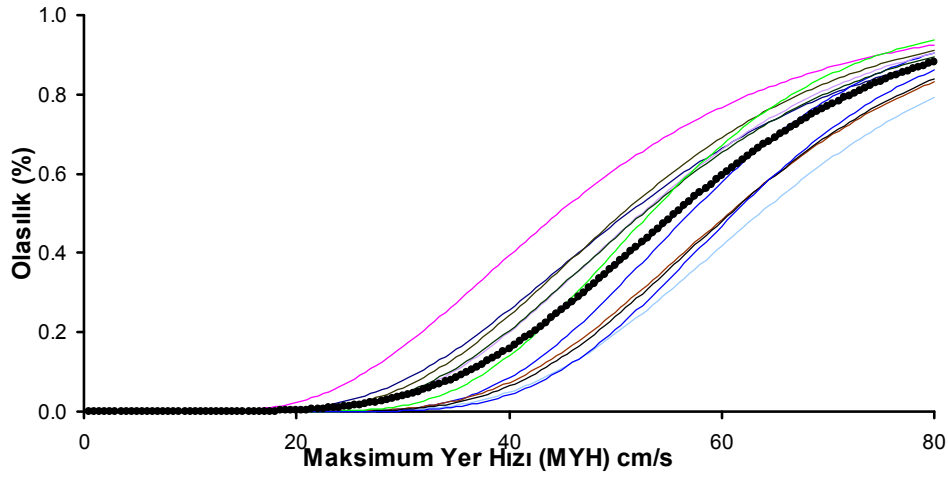


Şekil 8.79. 41 adet 2 katlı tüm prefabrik binaların göçme sınırını aşma olasılıkları





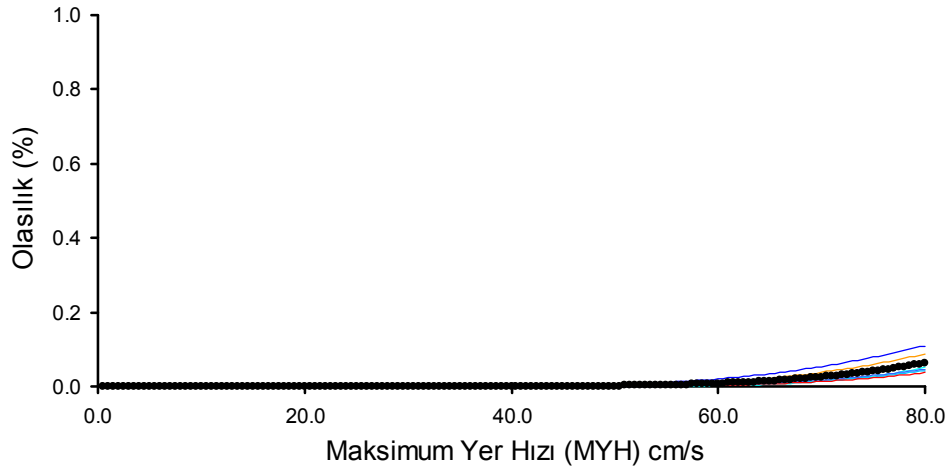
Şekil 8.80.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları



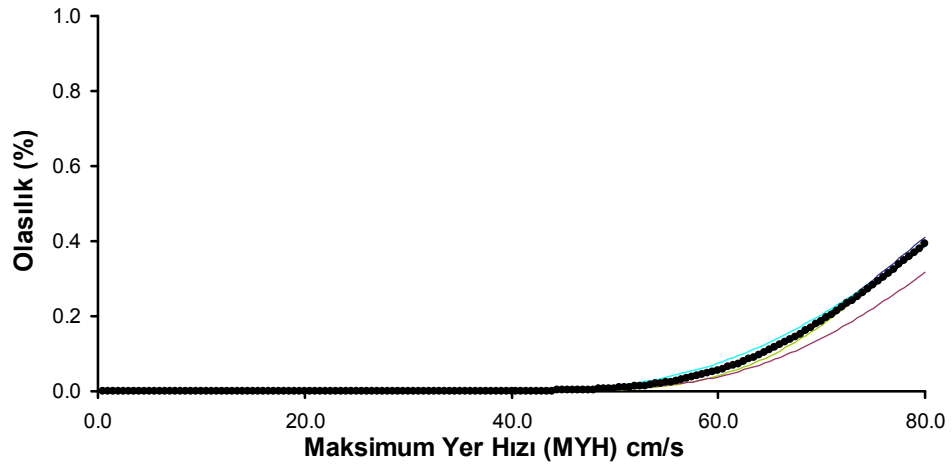
Şekil 8.81.  $V_t/W \leq 15\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları

Yatay dayanım oranı 15%'den yüksek olan ve etriye sıklaştırmasının yapıldığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri Şekil 8.82'de, etriye sıklaştırmasının yapılmadığı binalardan elde edilen hasar görebilirlik eğrileri ise Şekil 8.83'te verilmiştir.

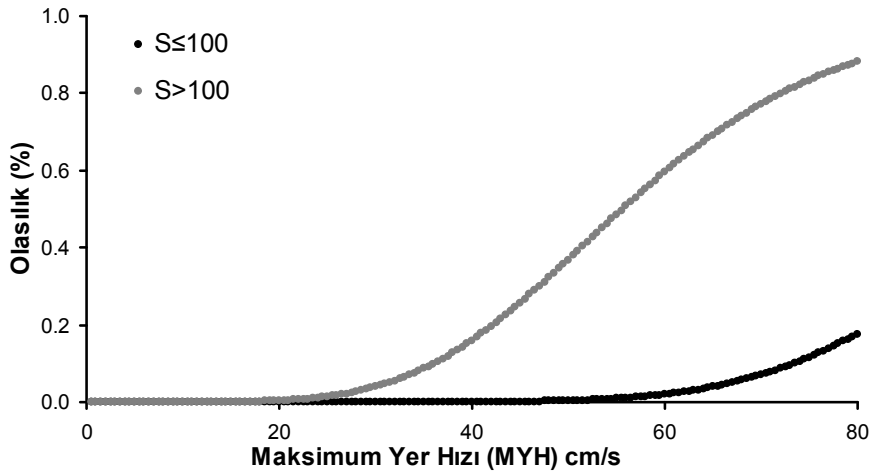
Göçme durumu için sünekliğin etkisini incelemek amacıyla her yatay dayanım grubunda sırasıyla  $S \leq 100$  ve  $S > 100$  durumlarından elde edilen ortalama hasar görebilirlik eğrileri karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 8.84-Şekil 8.85). Söz konusu şekillere bakarak göçme durumunda sünekliğin etkili bir parametre olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle yatay dayanım oranının %15'den küçük olduğu binalarda sünekliğin etkisi daha belirgin bir şekilde görülebilmektedir.



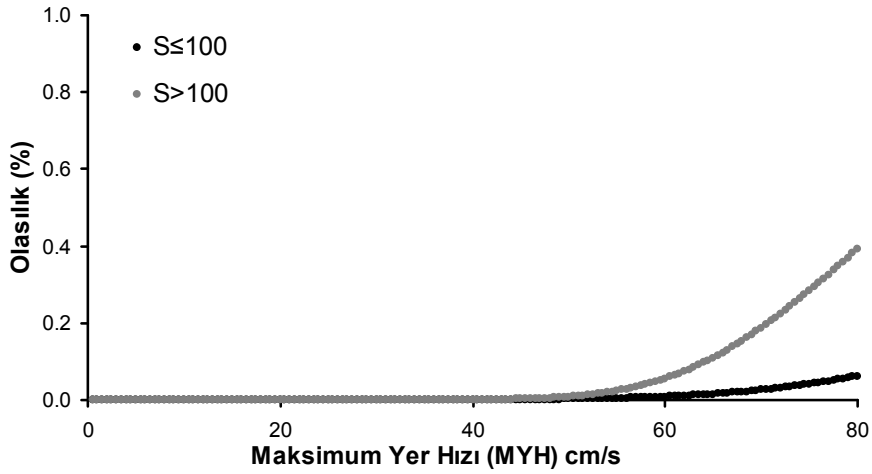
Şekil 8.82.  $V_t/W < 15\%$  &  $S \leq 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları



Şekil 8.83.  $V_t/W > 15\%$  &  $S > 100$  binalarda göçme sınırının aşılma olasılıkları

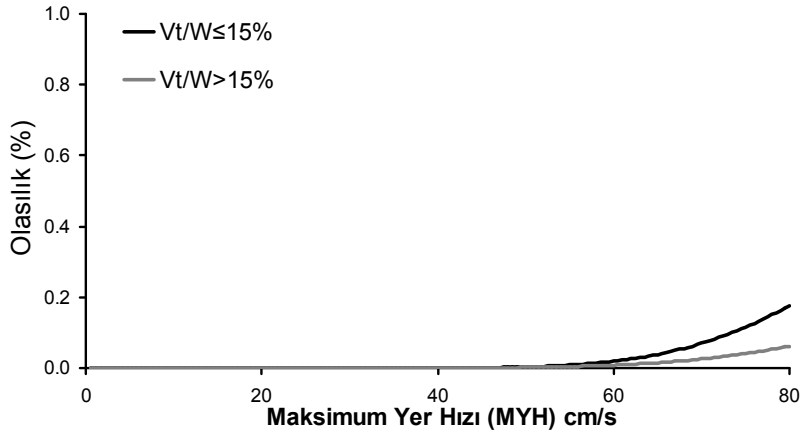


Şekil 8.84.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

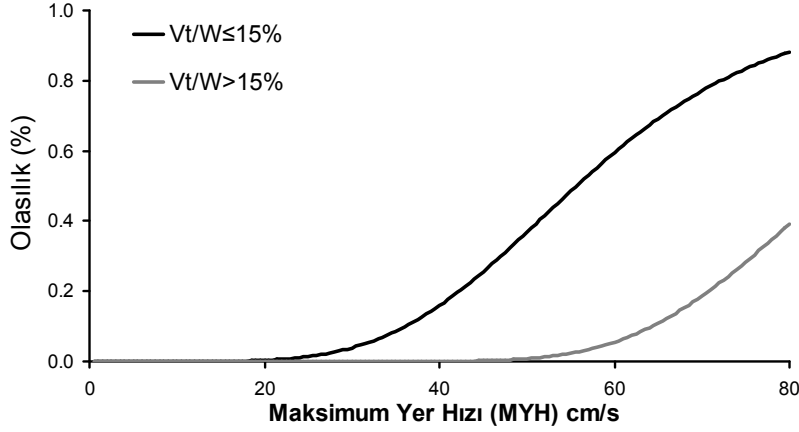


Şekil 8.85.  $V_t/W > 15\%$  binalarda göçme sınırı aşılma olasılığı ortalamalarının karşılaştırılması

Süneklik ile ilgili incelemenin ardından her yatay dayanım grubu kendi içerisinde ayrıca incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 8.86 ve Şekil 8.87'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.

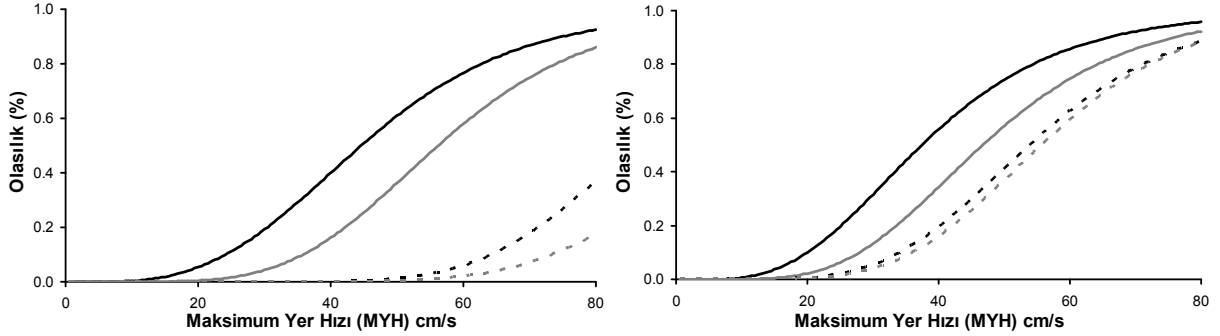


Şekil 8.86. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S \leq 100$  için ortalama göçme sınırı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

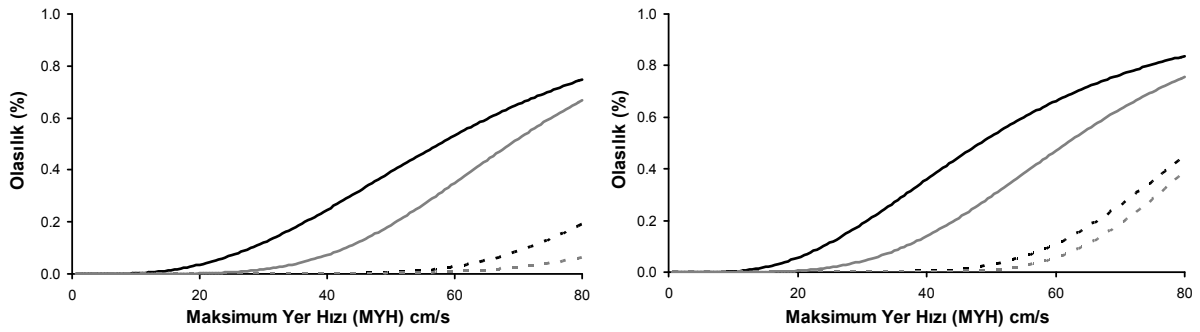


Şekil 8.87. Farklı yatay dayanım oranına sahip binalarda  $S>100$  için ortalama göçme sınırı aşılma olasılıklarının karşılaştırılması

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 8.88 - Şekil 8.89'da 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 8.88.  $V_t/W \leq 15\%$  binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol,  $S \leq 100$ ; sağ,  $S > 100$ )



Şekil 8.89.  $V_t/W > 15\%$  binalarda ortalama hasar görebilirlik eğrileri (sol,  $S \leq 100$ ; sağ,  $S > 100$ )

## 9 PREFABRİK YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ TAHMİNİ İÇİN OLASILIK TABANLI HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Tek ve iki katlı prefabrik binaların hasar görebilirlik eğrilerinin hesaplanması oldukça yoğun bir hesap sürecini gerektirmiştir. 98 adet tek katlı, 41 adet de iki katlı olmak üzere toplam 139 binanın 364 adet ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve 50596 adet yerdeğiştirme talebi hesaplanmıştır. Söz konusu 139 adet binada akma, MN, GV ve GÇ ile tarif edilen 4 ayrı yerdeğiştirme sınırını aşmanın olasılıkları, maksimum yer hızlarına göre ifade eden 556 adet hasar görebilirlik eğrisi ile gösterilmiştir. Bu eğriler arasında kalan bölgelere bakılarak hafif hasar, orta hasar, ağır hasar ve göçme şeklinde tarif edilen hasar bölgeleri elde edilmiştir. Raporun 8. bölümünde yapılan çalışmalar ile oldukça geniş bir saçılıma sahip olan hasar görebilirlik eğrilerinin esas itibari ile hangi yapısal parametrelerden daha çok etkilendiği sorusuna cevap aranmış ve en etkili parametrelerin süneklik ve yatay dayanım seviyesi olduğu belirlenmiştir. Başka bir ifade ile benzer yatay dayanım ve süneklik guruplarında bulunan binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrilerinin birbirine daha yakın seyrettiği ve gruplaşmaya başladığı tespit edilmiştir. Yapılan bu tespit, benzer özelliklere sahip olduğu için özdeş guruplar içinde toplanabilecek prefabrik binaları ortalama hasar görebilirlik eğrileri ile temsil etmenin mümkün olacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu hedefe ulaşılması durumunda yapısal özellikleri itibari ile hangi guruba girdiği belirlenebilen bir yapının, değişen deprem talepleri altında hangi hasar sınırını hangi olasılıkla aşacağını hızlı bir biçimde tahmin edebilmek mümkün olacaktır.

Okumakta olduğunuz raporun 9. bölümünde yapısal özelliklerine göre sınıflandırılan bina guruplarını temsil eden ve hızlı bir değerlendirme yapmaya imkan veren ortalama hasar görebilirlik eğrilerinin hesabı ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Yapısal özelliklerine göre bina sınıflarının tarifi ile ilgili olarak tek ve iki katlı binalar için raporun 8.bölümünde verilen ve yatay dayanım ile süneklik üzerinden yapılan sınıflandırma mantığı esas alınmıştır. Sınıflandırma işlemi sırasında göz önüne alınan yapısal parametrelerin sayısını arttırmak ve/veya daha detaylı hesapları gerektiren (enine donatı hacimsel oranı gibi) parametreler kullanmak mümkündür. Hatta bu türden parametreleri kullanarak alt bina gurupları için hesaplanan eğrilerin saçılımı daha da düşürülebilir. Yürütülen çalışma sırasında bu türden alternatifler göz önüne alınmış ve denenmiştir. Elde edilen sonuçlar basitlikten uzaklaşmak pahasına da olsa bir takım iyileşmeler sağlanabileceğini göstermiştir. Fakat harcanan emek karşılığında sağlanan iyileşme yeterli görülmemiştir. Bina guruplarının sayısını arttırdığı ve sınıflandırma sırasında kullanılan parametrelerin belirlenmesini zorlaştırdığı için bu tür yaklaşımlardan vazgeçilmiştir.

Her şeyden önce önerilen yaklaşımın kolay uygulanabilir olması hedeflenmektedir. Çalışmanın 4. Bölümünde açıklanan hesap yöntemlerini kullanarak tek ve çok katlı binaların yatay dayanım oranlarını detaylı bilgisayar programlarına ihtiyaç duymaksızın hesaplayabilmek mümkündür. Envanter çalışması sırasında toplanan bilgiler prefabrik kolonların 350~400 mm boyutunda kare kesitli elemanlar olduğunu, kolonların büyük çoğunluğunda kanca, çiroz donatılarının bulunmadığını, etriye sıklaştırması yapılmadığını, kolonların çoğunda yönetmelikte verilen minimum sınıra yakın miktarlarda boyuna donatı bulunduğunu ve kolon eksenel kuvvet seviyelerinin çok yüksek olmadığını göstermiştir. Bu bilgiler ışığında etriye sıklaştırması yapılan ( $S \leq 100$  mm) ve yapılmayan ( $S > 100$  mm) kolonları ayırmanın sınıflandırma açısından etkili bir yöntem olacağını söylemek mümkündür. 2007 tarihli deprem yönetmeliğinde tarif edilen GV ve GÇ hasar sınırlarının enine donatının hacimsel oranına bağlı olarak ifade edilmesi, etriye aralığının süneklik parametresi olarak kullanılabileceğini gösteren bir diğer önemli husustur.

Lognormal dağılıma uyduğu kabul edilen hasar görülebilirlik eğrileri hesaplanırken gerçek dağılıma en çok yaklaşan dağılım en küçük kareler yöntemi ile belirlenmişti. Takip edilen yöntem ile ilgili detaylı bilgiler raporun 7.Bölümünde zaten verilmiştir (Bkz. Şekil 7.7). Aynı yatay dayanım ve süneklik gurubunda bulunan binaları temsil etmek ve hızlı değerlendirme çalışmalarında kullanmak amacıyla hesaplanacak olan ortalama eğrilerin belirlenmesinde de aynı yöntem kullanılmıştır. Öncelikle bina gruplarını temsil eden ortalama hasar görülebilirlik eğrileri elde edilmiş, sonrasında ise bu ortalama eğrilere en yakın lognormal dağılım eğrisini veren ortalama ve standart sapma değerleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar tek ve 2 katlı prefabrik binalar için ayrı ayrı olmak üzere **Hata! Yer işareti başvurusu geçersiz.** ve

Çizelge 9.2'de verilmiştir.

Çizelge 9.1. Tek katlı prefabrik yapılarında hızlı değerlendirme için hasar görülebilirlik eğrisi parametreleri

Hasar Sınırı	Etriye aralığı (cm)	Yatay Dayanım Oranı					
		$Vt/W < \%15$		$\%15 < Vt/W < \%25$		$Vt/W \geq \%25$	
		Ort	Std Sap.	Ort	Std Sap.	Ort	Std Sap.
>Akma	$S \leq 100$	3.564	0.457	3.615	0.452	3.813	0.433
	$S > 100$	3.608	0.435	3.628	0.451	3.836	0.441
>MN	$S \leq 100$	3.745	0.441	3.833	0.398	3.989	0.383
	$S > 100$	3.764	0.415	3.839	0.395	3.969	0.426
>GV	$S \leq 100$	4.278	0.306	4.358	0.253	4.488	0.246
	$S > 100$	4.149	0.357	4.251	0.309	4.407	0.277
>GÇ	$S \leq 100$	4.441	0.283	4.464	0.200	4.607	0.244

	S>100	4.206	0.334	4.308	0.315	4.497	0.302
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Çizelge 9.2. İki katlı prefabrik yapılarında hızlı değerlendirme için hasar görülebilirlik eğrisi parametreleri

Hasar Sınırı	Etriye aralığı (cm)	Yatay Dayanım Oranı			
		Vt/W<%15		Vt/W≥%15	
		Ort	Std Sap.	Ort	Std Sap.
>Akma	S≤100	3.789	0.419	4.047	0.527
	S>100	3.618	0.448	3.874	0.523
>MN	S≤100	4.026	0.333	4.231	0.361
	S>100	3.842	0.382	4.120	0.389
>GV	S≤100	4.463	0.234	4.618	0.271
	S>100	3.983	0.338	4.416	0.260
>GÇ	S≤100	4.619	0.252	4.898	0.334
	S>100	4.015	0.319	4.442	0.217

Çizelgelerden de görüldüğü gibi tek katlı prefabrik binalar yatay dayanım oranları bakımından 3, etriye sıklaştırması bakımından 2 alt gruba bölünmüş ve böylelikle toplamda 6 ayrı bina gurubu için her bir hasar sınırını aşma durumlarını tarif eden eğrilere ait değerler elde edilmiştir. 2 katlı prefabrik binalarda 3 yerine 2 farklı yatay dayanım sınıfı tarif edildiği için toplamda 4 adet bina gurubu bulunmaktadır.

Önerilen değerlendirme yönteminin daha iyi anlaşılabilmesi için Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan tek ve 2 katlı iki bina örnek olarak seçilmiştir. Farklı hasar sınırlarını aşma olasılıkları için hesaplanan gerçek eğriler ile ortalama eğriler karşılaştırılmıştır.

### 9.1 Tek Katlı T2 ve T19 Binalarında Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulanması

T2 ve T19 binaları, gerek kapasite eğrilerinin, gerekse de hasar görülebilirlik eğrilerinin hesabı ile ilgili bölümlerde örnek olan seçilmiş binalardır. Söz konusu binalar ile ilgili takip edilen hesap süreçleri daha önceki bölümlerde zaten açıklanmıştır. Yatay dayanım oranları raporun 4. bölümünde açıklanan yöntem kullanılarak Bina T2 ve Bina T19 için sırasıyla %11.37 ve %18.97 olarak elde edilmiştir. Bu durum her iki binanın farklı yatay dayanım guruplarında olduğuna işaret etmektedir (Bkz. Tek ve iki katlı prefabrik binaların hasar görülebilirlik eğrilerinin hesaplanması oldukça yoğun bir hesap sürecini gerektirmiştir. 98 adet tek katlı, 41 adet de iki katlı olmak üzere toplam 139 binanın 364 adet ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve 50596 adet yerdeğiştirme talebi hesaplanmıştır. Söz konusu 139 adet binada akma, MN, GV ve GÇ ile tarif edilen 4 ayrı yerdeğiştirme sınırını aşmanın olasılıkları, maksimum yer hızlarına göre ifade eden 556 adet

hasar görebilirlik eğrisi ile gösterilmiştir. Bu eğriler arasında kalan bölgelere bakılarak hafif hasar, orta hasar, ağır hasar ve göçme şeklinde tarif edilen hasar bölgeleri elde edilmiştir. Raporun 8. bölümünde yapılan çalışmalar ile oldukça geniş bir saçılıma sahip olan hasar görebilirlik eğrilerinin esas itibari ile hangi yapısal parametrelerden daha çok etkilendiği sorusuna cevap aranmış ve en etkili parametrelerin süneklik ve yatay dayanım seviyesi olduğu belirlenmiştir. Başka bir ifade ile benzer yatay dayanım ve süneklik guruplarında bulunan binalar için elde edilen hasar görebilirlik eğrilerinin birbirine daha yakın seyrettiği ve gruplaşmaya başladığı tespit edilmiştir. Yapılan bu tespit, benzer özelliklere sahip olduğu için özdeş guruplar içinde toplanabilecek prefabrik binaları ortalama hasar görebilirlik eğrileri ile temsil etmenin mümkün olacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu hedefe ulaşılması durumunda yapısal özellikleri itibari ile hangi guruba girdiği belirlenebilen bir yapının, değişen deprem talepleri altında hangi hasar sınırını hangi olasılıkla aşacağını hızlı bir biçimde tahmin edebilmek mümkün olacaktır.

Okumakta olduğunuz raporun 9. bölümünde yapısal özelliklerine göre sınıflandırılan bina guruplarını temsil eden ve hızlı bir değerlendirme yapmaya imkan veren ortalama hasar görebilirlik eğrilerinin hesabı ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Yapısal özelliklerine göre bina sınıflarının tarifi ile ilgili olarak tek ve iki katlı binalar için raporun 8.bölümünde verilen ve yatay dayanım ile süneklik üzerinden yapılan sınıflandırma mantığı esas alınmıştır. Sınıflandırma işlemi sırasında göz önüne alınan yapısal parametrelerin sayısını arttırmak ve/veya daha detaylı hesapları gerektiren (enine donatı hacimsel oranı gibi) parametreler kullanmak mümkündür. Hatta bu türden parametreleri kullanarak alt bina gurupları için hesaplanan eğrilerin saçılımı daha da düşürülebilir. Yürütülen çalışma sırasında bu türden alternatifler göz önüne alınmış ve denenmiştir. Elde edilen sonuçlar basitlikten uzaklaşmak pahasına da olsa bir takım iyileşmeler sağlanabileceğini göstermiştir. Fakat harcanan emek karşılığında sağlanan iyileşme yeterli görülmemiştir. Bina guruplarının sayısını arttırdığı ve sınıflandırma sırasında kullanılan parametrelerin belirlenmesini zorlaştırdığı için bu tür yaklaşımlardan vazgeçilmiştir.

Her şeyden önce önerilen yaklaşımın kolay uygulanabilir olması hedeflenmektedir. Çalışmanın 4. Bölümünde açıklanan hesap yöntemlerini kullanarak tek ve çok katlı binaların yatay dayanım oranlarını detaylı bilgisayar programlarına ihtiyaç duymaksızın hesaplayabilmek mümkündür. Envanter çalışması sırasında toplanan bilgiler prefabrik kolonların 350~400 mm boyutunda kare kesitli elemanlar olduğunu, kolonların büyük çoğunluğunda kanca, çiroz donatılarının bulunmadığını, etriye sıklaştırması yapılmadığını, kolonların çoğunda yönetmelikte verilen minimum sınıra yakın miktarlarda boyuna donatı bulunduğunu ve kolon eksenel kuvvet seviyelerinin çok yüksek olmadığını göstermiştir. Bu

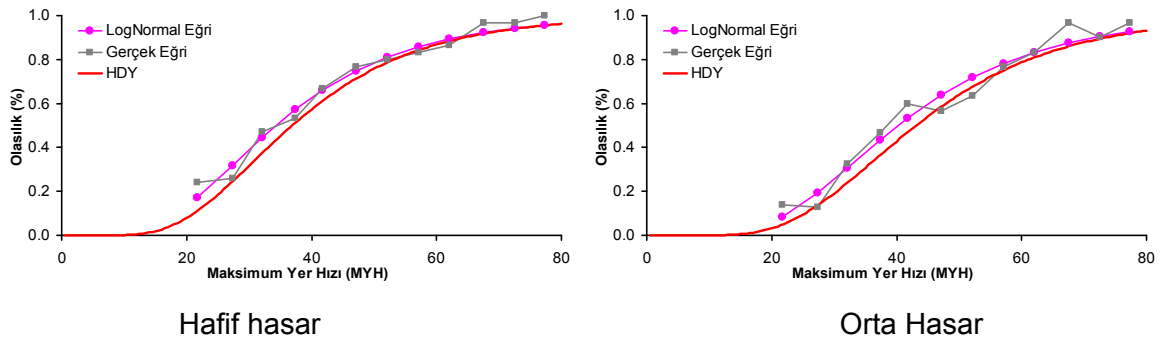


bilgiler ışığında etriye sıkılaştırması yapılan ( $S \leq 100$  mm) ve yapılmayan ( $S > 100$  mm) kolonları ayırmanın sınıflandırma açısından etkili bir yöntem olacağını söylemek mümkündür. 2007 tarihli deprem yönetmeliğinde tarif edilen GV ve GÇ hasar sınırlarının enine donatının hacimsel oranına bağlı olarak ifade edilmesi, etriye aralığının süneklik parametresi olarak kullanılabileceğini gösteren bir diğer önemli husustur.

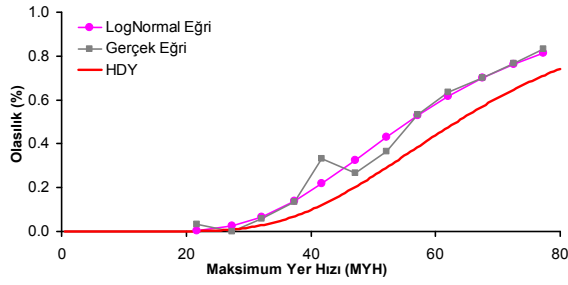
Lognormal dağılıma uyduğu kabul edilen hasar görebilirlik eğrileri hesaplanırken gerçek dağılıma en çok yaklaşan dağılım en küçük kareler yöntemi ile belirlenmişti. Takip edilen yöntem ile ilgili detaylı bilgiler raporun 7.Bölümünde zaten verilmiştir (Bkz. Şekil 7.7). Aynı yatay dayanım ve süneklik gurubunda bulunan binaları temsil etmek ve hızlı değerlendirme çalışmalarında kullanmak amacıyla hesaplanacak olan ortalama eğrilerin belirlenmesinde de aynı yöntem kullanılmıştır. Öncelikle bina gruplarını temsil eden ortalama hasar görebilirlik eğrileri elde edilmiş, sonrasında ise bu ortalama eğrilere en yakın lognormal dağılım eğrisini veren ortalama ve standart sapma değerleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar tek ve 2 katlı prefabrik binalar için ayrı ayrı olmak üzere **Hata! Yer işareti başvurusu geçersiz. ve**

Çizelge 9.2'de verilmiştir.

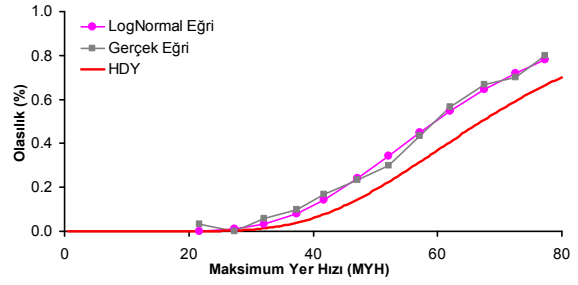
Çizelge 9.1). Envanter çalışmaları incelenen binaların ikisinde de etriye aralığının 100mm üzerinde ( $S > 100$ ) olduğunu göstermiştir. Her hasar durumu için Hızlı Değerlendirme Yönteminde (HDY) kullanılan ortalama eğri ile yapısal analizler sonucunda bulunan lognormal dağılım eğrisi ve gerçek aşılma olasılıkları seçilen binalar için hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 9.1-Şekil 9.4).



Şekil 9.1. Tek Katlı T2 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları



Ağır hasar

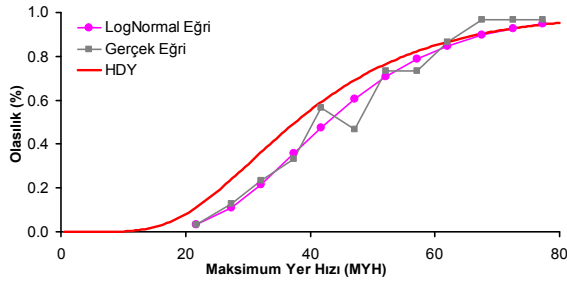


Göçme

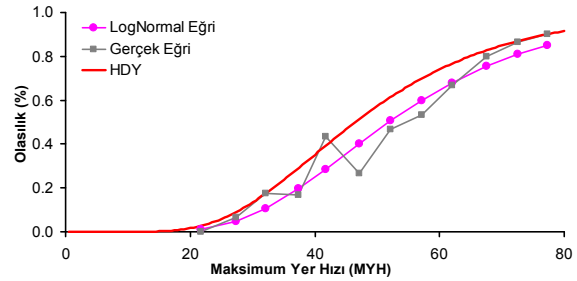
Şekil 9.2. Tek Katlı T2 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları

Bu şekiller yakından incelendiğinde HDY ile tahmin edilen hasar görebilirlik eğrilerinin analizler sonucunda bulunan eğrilere yakın seyrettiği görülmektedir. Elde edilen sonuçları farklı seviyedeki deprem talepleri altında birbiri ile karşılaştırabilmek amacıyla

Çizelge 9.3 hazırlanmıştır. Bu çizelgede verilen maksimum yer hızı değerlerinin (30, 50, 70 cm/s) orta ve üzeri şiddetteki depremleri temsil ettiği düşünülmüştür. Elde edilen grafikler hızlı değerlendirme için önerilen hasar görebilirlik eğrileri ile diğer eğrilerin bir kısım farklılıklara rağmen benzer hasar seviyelerine işaret ettiğini göstermektedir.

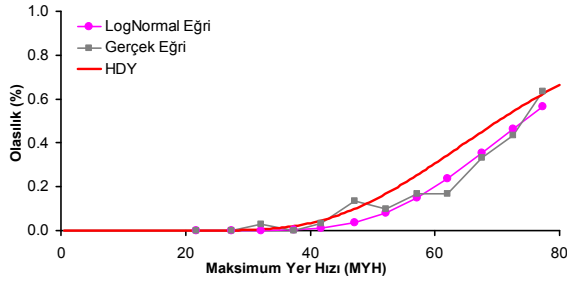


Hafif hasar

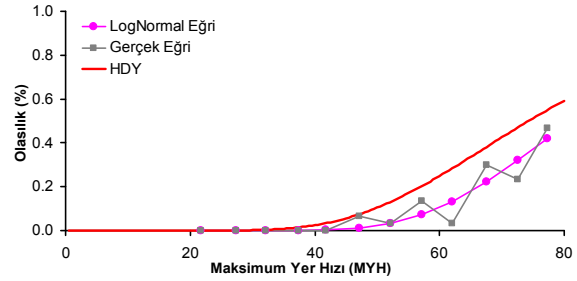


Orta Hasar

Şekil 9.3. Tek Katlı T19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları



Ağır hasar



Göçme

Şekil 9.4. Tek Katlı T19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları

Çizelge 9.3. Bina T2 ve Bina T19 için HDY ve Lognormal Sonuçların Karşılaştırılması

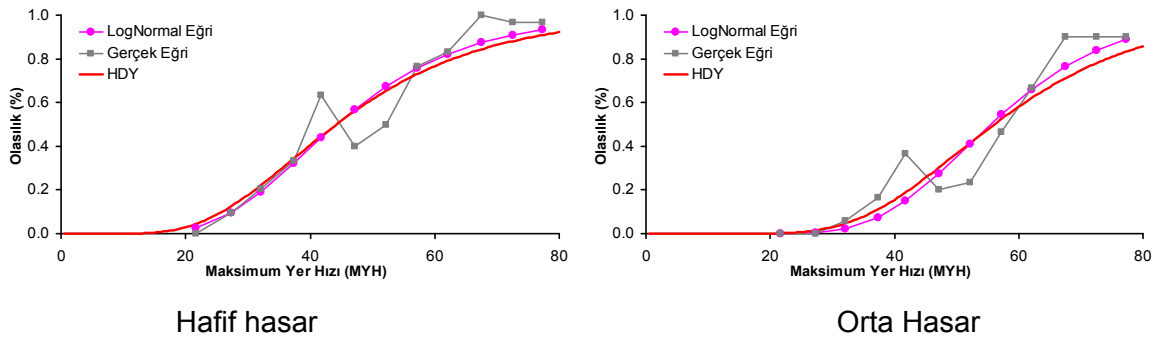
Bina No	MYH (cm/s)	Ağır Hasar		Göçme	
		HDY	Lognormal	HDY	Lognormal
Bina T2	30	1.80%	4.94%	0.79%	2.21%
	50	25.29%	38.46%	18.89%	29.93%
	70	60.93%	73.10%	55.05%	68.21%
Bina T19	30	0.30%	0.02%	0.20%	0.00%
	50	13.64%	6.00%	10.46%	2.34%
	70	49.68%	40.84%	42.53%	26.99%

## 9.2 İki Katlı Ç7 ve Ç19 için Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulanması

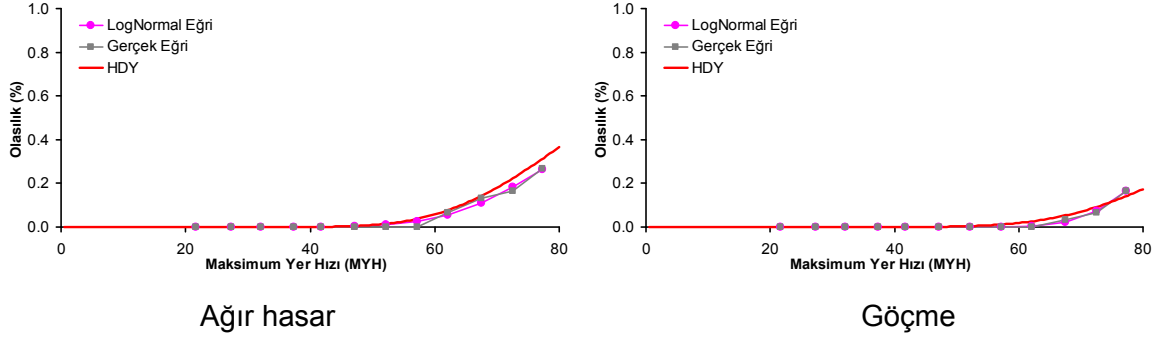
Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan ve proje ve saha çalışmalarını ile incelenen Ç7 ve Ç19 binaları önerilen hızlı değerlendirme yönteminin uygulanması seçilmiştir. 2 katlı prefabrik yapılarda yatay dayanım oranının hesabını için önerilen yöntem bu raporun 4.2 bölümünde detaylı olarak verilmiştir. Ç7 ve Ç19 binaları için yatay dayanım oranları sırasıyla %9.44 ve %16.91 (Bkz. Ek-4) olarak elde edilmiştir. Envanter çalışmalarından elde edilen sonuçlar etriye aralığının Bina Ç7 'de 100mm ( $S \leq 100$ ), Bina Ç19'da ise 100mm'nin üzerinde ( $S > 100$ ) olduğunu göstermiştir. Dolayısı ile her iki bina da hem yatay dayanım hem de süneklik bakımından farklı gruplar içinde yer almaktadır (Bkz.

Çizelge 9.2). Söz konusu 2 katlı binalar için hesaplanan hasar görebilirlik eğrileri aşağıda verilmiştir (Hafif hasar Orta Hasar

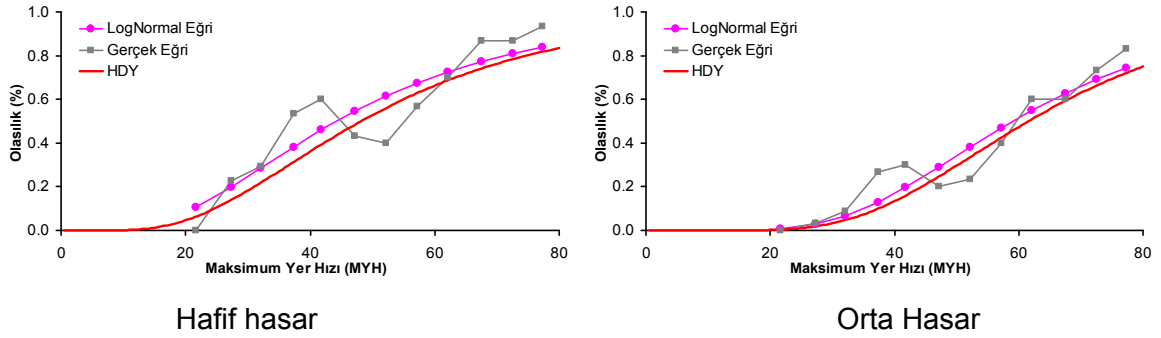
Şekil 9.5-Şekil 9.8).



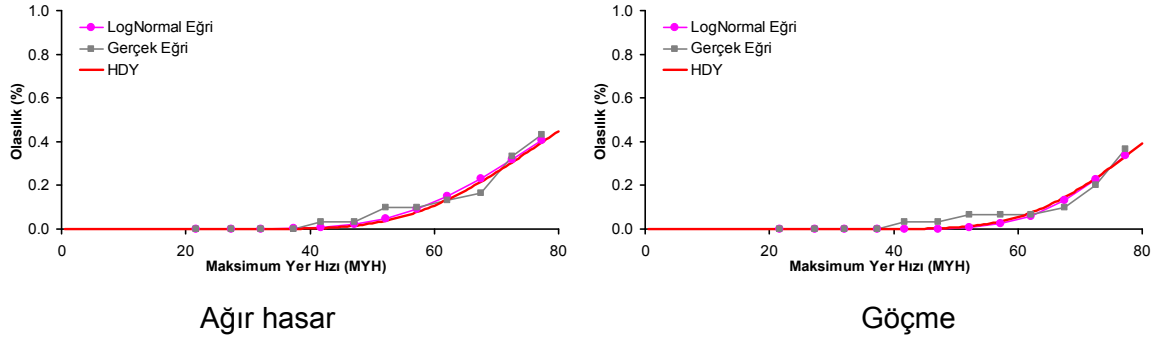
Şekil 9.5. İki Katlı Ç7 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları



Şekil 9.6. İki Katlı Ç7 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları



Şekil 9.7. İki Katlı Ç19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları



Şekil 9.8. İki Katlı 19 binası için gerçek, lognormal ve HDY aşılma olasılıkları

Verilen bu şekiller incelendiğinde HDY ile bulunan aşılma olasılıklarının analizler sonucunda bulunan eğrilere oldukça yakın olduğu görülmüştür. Farklı deprem seviyelerine karşılık geldiği düşünülen maksimum yer hızları için ağır hasar ve göçme durumlarında oluşan aşılma olasılıkları Çizelge 9.4'te verilmiştir. Gerek şekiller, gerekse de çizelgede verilen rakamsal değerler önerilen ortalama hasar görülebilirlik eğrileri yardımıyla yapılan hızlı değerlendirme işleminin oldukça başarılı bir biçimde hasar olasılıklarını tahmin edebildiğini göstermektedir.

Bina No	MYH (cm/s)	Ağır Hasar		Göçme	
		HDY	Lognormal	HDY	Lognormal
Bina Ç7	30	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	50	0.94%	0.65%	0.25%	0.00%
	70	18.03%	14.63%	7.08%	4.82%
Bina Ç19	30	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%
	50	2.63%	3.52%	0.74%	0.47%
	70	25.96%	27.49%	18.66%	17.90%

Raporun 8. bölümünde verilen şekiller, tek ve 2 katlı yapılar için oluşturulan bina gruplarının aynı sayıda binalardan oluşmadığını, her bina gurubunu meydana getiren hasar görülebilirlik eğrilerinin saçılımının, değişkenliğinin gruplar arasında farklılık gösterdiğini anlatmaktadır. Ortaya çıkan bu durum ortalama bir eğriyi kullanarak bütün binaları aynı doğruluk derecesinde değerlendirmenin mümkün olamayacağını göstermektedir. Seçilen örnek binalar üzerinde yapılan denemeler de zaten bu durumu net bir biçimde ortaya koymuştur. Hızlı değerlendirme için önerilen ortalama eğriler ile seçilen binalar için hesaplanan gerçek eğriler arasındaki değişkenlikler, önerilen yöntemin etkinliğinin binadan binaya değişebileceğini göstermektedir. Hatta aynı binanın farklı hasar sınırları için dahi bu türden durumlar ile karşılaşmanın mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Geliştirilen yöntemin hızlı değerlendirme yöntemi olması sebebiyle, bu türden sorunların oluşabileceği zaten en baştan kabul edilmesi gereken bir durumdur. Daha öncede belirtildiği gibi hızlı değerlendirme yöntemlerinin temel amacı hangi binanın çürük, hangi binanın sağlam olduğuna kesin olarak karar vermek değildir. Bu yöntemlerin kullanılmasındaki esas amaç hangi binanın mevcut hali ile kullanılabileceğine, hangi binanın ise daha ayrıntılı yöntemler ile incelenmesi gerektiğine karar vermektir.

## 10 SONUÇLAR

Mevcut prefabrik binaların yapısal özelliklerinin ve deprem performanslarının belirlenmesi için yürütülen bu çalışma kapsamında pek çok konuya değinilmiştir ve değinilen konuların fazlalığı elde edilen sonuçların kapsamının artmasına sebep olmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara değinilirken bu durum göz önüne alınmış ve değinilen konu başlıkları altında ulaşılan sonuçlara ve uygulama açısından getirilen önerilere yer verilmiştir.

### **Proje ve saha incelemelerinden oluşan envanter çalışmaları;**

Yürütülen proje çalışması kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren 98 adet tek katlı, 41 adet çok katlı ve karma prefabrik binanın yapısal özellikleri proje ve saha çalışmaları ile belirlenmiştir. Tek katlı ve mafsallı prefabrik binaların tüm sanayi yapısı stoğu içinde oldukça büyük bir paya ve öneme sahip olduğu, yapılan envanter çalışmasından elde edilen sonuçlar ile de görülmüştür. Bulunan sonuçlar, geçmiş depremler sonrasında prefabrik bina stoğumuzun önemli zayıflıkları arasında gösterilen yetersiz yanal rijitlik, yetersiz sargı donatısı gibi hususların incelenen binalar için de geçerli olduğunu göstermiştir. Bu durum söz konusu problemlerin belli bir bölgeye ait olmadığını, tüm Türkiye'de yaygın biçimde kullanılan prefabrik binaların genel sorunu olduğunu göstermiştir.

Bulunan sonuçların uygulamaya da katkı sağlaması beklenmektedir. Ülkemizdeki genel problemleri yansıtan ve çok sayıda binadan elde edilen yapısal özelliklerin bilinmesi, mevcut prefabrik binalar hakkında bundan sonra yapılacak çalışmalar sırasında gerek modelleme, gerekse de değerlendirme açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

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

Envanterde bulunan tek ve 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 tek ve 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 eksenel kuvvet seviyelerine rağmen binaların yerdeğiştirme sünekliği kapasitelerinin ( $\mu_{\Delta} \approx 1.5 \sim 3.5$ ) 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 ( $V_f/W$ ) prefabrik binalarda dayanım kapasitelerinin çok düşük seviyelerde olmadığını göstermektedir.

Yapılan hesaplamalar sayesinde mevcut 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 prefabrik binaların doğrusal olmayan davranışlarını temsil etmeyi gerektiren çalışmalarda bu bilgilerin kullanılması zaman ve emek açısından kolaylık sağlayacaktır.

### **Mafsallı birleşimlerin kesme ve devrilme güvenliği;**

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan envanter çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelenen binaların neredeyse tamamının mafsallı birleşimlerden oluştuğunu göstermektedir. Bulunan sonuçlar birleşimlerin çok büyük bir çoğunluğunun tek veya çift pimli olarak teşkil edildiğini ve kullanılan pim donatısının çapının ise 20 mm olduğunu göstermiştir.

Kesme tahkiki üzerine yapılan incelemeler,  $\phi 20$  mm çapındaki çift pimlerden oluşan birleşimlerin genel itibari ile yeterli kesme güvenliğine sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte tek pimli birleşimlere sahip binaların analizinden elde edilen sonuçlar, dayanım ve rijitlik kapasitesi arttıkça kesme güvenliğinin azaldığını göstermiştir.

Devrilme tahkiki üzerine yapılan araştırmalar sırasında dayanım, rijitlik ve birleşimdeki pim sayısı ile birlikte imalat kusurları v.b. olumsuzlukların etkilerini yansıtan farklı aderans kapasiteleri göz önüne alınmıştır. Elde edilen sonuçlar bina rijitliğinin ve dayanımının devrilme güvenliği üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Rijitlik ve dayanımın artması, binaya gelen deprem kuvvetlerini arttırmakta, bu da birleşimlerde oluşan devrilme taleplerini büyütmektedir.

Devrilme tahkiklerinden elde edilen bir diğer önemli sonuç ise aderans kapasitesinin etkisi ile ilgilidir. Aderans kapasitesinin azalması, makasın devrilme güvenliğini önemli oranda düşürmektedir. Yapılan değerlendirmeler, devrilme güvenliğinin kesmeye göre daha kritik sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde uygulama açısından önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır. Birleşim bölgelerinde aderansın sağlanması için kullanılan bağlayıcı malzemelerden ve uygulama hatalarından kaynaklanan problemler, devrilme güvenliğini ciddi şekilde düşürmektedir. Bu türden problemlerin önlenmesi için sadece şerbetleme ve epoksi enjeksiyonu gibi uygulamalar ile yetinilmemeli, cıvata ve somun gibi detaylar ile devrilme güvenliği sağlanmalıdır.

Hesap sonuçları genel uygulamayı yansıtan 20 mm çapındaki tek pimli birleşimlerin hem kesme, hem de devrilme açısından yetersiz olduğunu göstermiştir. Bu durum tek pimden oluşan birleşimlerin kullanılmaması gerektiğini ve bu türden birleşimlere sahip mevcut binalarda makas kirişinin kesme ve devrilme riski ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

Mevcut prefabrik bina kolonlarının tamamının veya bir kısmının dayanımını ve rijitliğini arttırmaya yönelik güçlendirme çalışmaları yapılırken birleşimlerin performansı da göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde makas kirişlerinin kesme ve devrilme riskinin artabileceği, yapılan işlemin faydadan çok zarar getirebileceği unutulmamalıdır.

### **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. 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 tarihli 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.

Tek ve iki katlı 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 gerek tek, gerekse de iki katlı binalar için hesaplanan hasar görülebilirlik eğrilerini sınıflandırabilmek için kullanılabilecek en etkin yapısal parametrelerin süneklik ve yatay dayanım oranı olduğunu göstermiştir. Bina rijitliğinin bir göstergesi durumundaki bir diğer parametre olan titreşim periyodunun sınıflandırma açısından süneklik ve dayanım kadar etkin olmadığı belirlenmiştir.

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.



### **Deprem performanslarının tahmini için olasılık tabanlı hızlı değerlendirme yaklaşımı;**

Yatay dayanım ve süneklik üzerinden yapılan sınıflandırma işlemi, benzer dayanım ve süneklik grubunda bulunan binaların performanslarının (veya hasar olasılıklarının) söz konusu grubu temsil eden ortalama hasar görebilirlik eğrileri ile tahmin edilebileceğini göstermektedir. Dile getirilen bu yaklaşımın mevcut prefabrik binaların deprem performanslarının belirlenmesi açısından bir hızlı değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Bu noktadan hareket edilmiş, tek ve iki katlı binalar için ayrı ayrı olmak üzere, her bir hasar sınırını aşmanın birikimli olasılıklarını tarif eden log-normal hasar görebilirlik eğrilerine ait ortalama ve standart sapma değerlerine ulaşılmıştır. Yapılan denemeler önerilen bu olasılıksal yaklaşımın mevcut prefabrik binaların değerlendirilmesi çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Sanayi yapısı stoğumuzun büyük bir kısmını temsil eden prefabrik binaların deprem performanslarının hızlı ve etkin bir biçimde belirlenmesi konusu ülkemiz açısından oldukça önemlidir. Risk altında olan ve ivedilikle müdahale edilmesi gereken binaların hızlı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada önerilen hızlı değerlendirme yöntemlerinin uygulanması sayesinde detaylı şekilde incelenmeye ihtiyacı olan daha az sayıdaki binayı ayıklayabilmek mümkün olacaktır. Bu ise zaman, iş gücü ve parasal kaynakların etkin bir biçimde kullanılmasına imkan verecek ve uygulamaya katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, sigorta şirketleri tarafından yapılan ve binalara ait risk pirimlerinin belirlenebilmesine yönelik çalışmalar sırasında da kullanılabilecek bilgiler içermektedir. Bu perspektiften yapılacak yeni çalışmalar ile sigorta sektöründe konuyla ilgili faaliyet gösteren kuruluşlara katkı sağlanabilecektir.

Ülkemizde olasılık tabanlı hızlı değerlendirme konularında yapılan yaygın ve kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır. Afet zararlarını azaltmayı ve kenstel dönüşümü sıklıkla konuştuğumuz şu günlerde bu türden çalışmalara ihtiyaç vardır. Yürütülen proje çalışmasında takip edilen yöntemin ve elde edilen sonuçların bu alanadaki çalışmalara katkı sağlayacağına ve yeni bakış açılarının geliştirilmesine imkan vereceğine inanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. ADALİER K, Aydingun O., Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana–Ceyhan (Turkey) earthquake, *Engineering Structures*, 23(4),343-355, 2001.
2. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY)-1975, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 1975.
3. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY)-1998, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 1998.
4. AKKAR, S., SUCUOGLU, H., YAKUT, A., Displacement based fragility functions for low- and mid-rise ordinary concrete buildings, *Earthquake Spectra*, 21(4),901-927, 2005.
5. AKKAR, S., KÜÇÜKDOĞAN, B., Direct use of PGV for estimating peak nonlinear oscillator displacements, *Earthquake Eng. Struct. Dyn.*, 37, 1411–1433, 2008.
6. AKKAR, S., OZEN, O., *Effect of peak ground velocity on deformation demands for SDOF systems*, *Earthquake Eng. Struct. Dyn.*, 37, 1411–1433, 2008.
7. ATAÖY, H., 17 Ağustos Marmara Depremi ve TPB Üyelerince Yapılan Binalar, Beton Prefabrikasyon, 52-53, Pp: 5-14, 1999.
8. BAKER, A.L.L, and AMARAKONE, A.M.N., Inelastic Hyperstatic Frame Analysis, Proceedings International Symposium on the Flexural Mechanics of Reinforced Concrete, ACI SP-12, Miami, (1964), Pp: 85-142.
9. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kamu Araştırma Programı (BİKAP), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Kasım 2009, Ankara.
10. BAYÜLKE, N., 27 haziran 1998 Adana Ceyhan Depreminde Prefabrike Yapı Hasarı ve Değerlendirmeler, Çözümler, Öneriler, <http://angora.deprem.gov.tr/AdanaPref.htm>, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.
11. CHOPRA, A.K., Dynamics of Structures, Prentice Hall, N.J., (1995), Pp: 729.
12. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik- 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
13. Denizli Organize Sanayi Bölgesi (DOSB), <http://www.dosb.org.tr>,
14. ERSOY, U., Prefabrike Yapıların Deprem Etkileri Altında Davranışı, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul, (1997), Pp: 57-71.
15. ERSOY, U., Tankut, T., Özcebe, G., Prefabrike Betonarme Yapı Birleşimlerinin Deprem Davranışı, (Proje No: INTAG-504). TUBİTAK, 1995.
16. Federal Emergency Management Agency (FEMA), HAZUS. Earthquake loss estimation methodology technical manual. National Institute of Building Sciences for FEMA; 1999.
17. FISCHINGER M., KRAMAR, M., ISAKOVIC, T., Cyclic Response Of Slender RC Columns Typical Of Precast Industrial Buildings, *B Earthquake Engineering*, 6, 519-534, (2008).
18. JOHNSON, G. H., ASCHHEIM, M., and SEZEN, H., Industrial facilities, *Earthquake Spectra*, 16 Suppl. A, 311–350, (2000).
19. KARAESMEN, E., Prefabrication in Turkey: Facts and Figures, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, 2001,Ankara, Turkey.
20. KARİM, K.R., and YAMAZAKİ, F., Effect of Earthquake Ground Motions on Fragility Curves of Highway Bridge Piers Based on Numerical Simulation, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 30,1839-1856, (2001).

21. KAYHAN, A.H., Mafsallı Prefabrik Yapılar İçin Hasar ve Ekonomik Kayıp Tahmini, (Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (2008).
22. KAYHAN, A.H., ŞENEL, Ş. M., Tek Katlı Prefabrik Sanayi Yapıları İçin Hasar Görebilirlik Eğrileri, IMO Teknik Dergi, (Yayın için kabul edildi)
23. KİRÇİL, M.S. and POLAT, Z., Fragility Analysis of Mid-Rise RC Frame Buildings, *Engineering Structures*, 28(9), 1335-1345, (2006).
24. PARK, Y.J. and ANG, A., WEN, Y., Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings, *Journal of Structural Engineering*, 111(4), 740-757, (1985).
25. PARK, R., PRIESTLEY, M.J.N., GILL, W.D., Ductility of square-confined concrete columns, *Journal of Structural Divisin-ASCE*, 108: (ST4), 929-950, (1982).
26. PARK, R. and PAULAY, T., *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley & Sons, New York, (1975), Pp: 769.
27. PAULAY, T., PARK, R. and PHILLIPS, M.H., Horizontal construction joints in cast-in-place reinforced concrete, *Shear in Reinforced Concrete*, ACI SP-42, 2, 599-616, (1974).
28. PAULAY, T., and PRIESTLEY M.J.N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Buildings*, John Willey & Sons, New York, (1992), Pp: 744.
29. PRIESTLEY, M.J.N., CALVI, M.C., KOWALSKY, M.J., *Displacement Based Seismic Design of Structures*, IUSS Press, Pavia, (2007), Pp: 721.
30. PRIESTLEY, M.J.N, SEIBLE, F., CALVI, G.M.S., *Seismic Design and Retrofit of Bridges*, John Wiley & Sons, Canada, (1996), Pp: 667.
31. POSADA, M., WOOD, S.L., *Seismic Performance Of Precast Industrial Buildings In Turkey, Proceedings of the 7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Boston, 2002, Paper: 542.*
32. SAATÇIOĞLU, M., et al., The August 17, 1999, Kocaeli Turkey Earthquake- Damage to structures, *Canadian Journal Civ. Eng.*, 28, 715-737, 2000
33. SEZEN H., WHITTAKER, A.S., Seismic Performance of Industrial Facilities Affected by the 1999 Turkey Earthquake, *Journal Of Performance Of Constructed Facilities, ASCE*, 28-36, (2006).
34. Structural Anylisis Program (SAP2000), CSI (Computers and Structures Inc.) Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, CSI, Berkeley, (2011).
35. SUCUOĞLU, H., Ön Dökümlü Beton Yapı Birleşimlerinin Deprem Dayanımı (Proje No: INTAG-501). TUBİTAK-1995
36. SUCUOĞLU, H., Başaran, E., Özcebe, G., Birdöküm ve Öndökümlü Betonarme Çerçevelerde Deprem Enerjisinin Kontrollü Plastik Mafsall Oluşumu İle Tüketilmesi, (Proje No: INTAG-545). TUBİTAK-1997.
37. ŞENEL, Ş.M., Kayhan, A.H., "Fragility Based Damage Assesment in Existing Precast Industrial Buildings: A Case Study for Turkey", *Journal of Structural Engineering and Mechanics*, Vol:34, No:1, (2010).
38. ŞENEL Ş.M., Palanci M., Kayhan, A.H., Mevcut Betonarme Prefabrik Yapıların Deprem Performanslarının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi, Sakarya International Symposium of Earthquake Engineering, SISEE-2009, Sakarya, (2009).
39. TEZCAN, S, ÇOLAKOĞLU, H.K., Betonarme Prefabrike Yapılar Yönetmeliğimizin Zayıflıkları, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (2003).

40. TS9967, (1992) Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar (Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan) Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1992).
41. 1. Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı (TÜDAP), TÜBİTAK, Eylül, 2005, ([http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/ARDEB/kamaq/Turkiye\\_Ulusal\\_Deprem\\_Arastirmalari\\_Programi.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/kamaq/Turkiye_Ulusal_Deprem_Arastirmalari_Programi.pdf))
42. Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP)- Strateji, Araştırma Alanları Ve Ar-Ge Konuları, Hazırlık Raporu, Ulusal Deprem Konseyi, Şubat, (2005).
43. ZORBOZAN, M., BARKA, G., SARIFAKIOGLU, F., Ceyhan Depreminde Prefabrik Yapılarda Görülen Hasarlar, Nedenleri ve Çözüm Önerileri”, Beton ve Prefabrikasyon, 48, Pp: 20-24,(1998).
44. Earthquake Risk Assessment for the Istanbul Metropolitan Area, Final Report, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 2003, Istanbul, Turkey.
45. 1. İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı, Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü,<http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/izmir/izmirrapor2002.htm>, (2000).
46. 1. Pacific Earthquake Engineering Research (PEER), Strong Ground Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>.

## EKLER

**EK-1** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 98 adet tek katlı prefabrik binanın taşıyıcı elemanlarının plastik mafsallık özellikleri

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GÇ}$
Bina T1	1	658.5	0.00585	0.020	0.076	0.115
	2	735.4	0.00600	0.020	0.080	0.122
	3	735.4	0.00600	0.020	0.080	0.122
	4	735.4	0.00600	0.020	0.080	0.122
	5	735.4	0.00600	0.020	0.080	0.122
	6	658.5	0.00585	0.020	0.076	0.115
Bina T2	1	100.5	0.01104	0.039	0.155	0.189
	2	115.6	0.01129	0.041	0.107	0.123
	3	120.9	0.01141	0.041	0.095	0.110
	4	120.9	0.01141	0.041	0.095	0.110
	5	115.4	0.01128	0.040	0.108	0.123
	6	100.2	0.01105	0.039	0.154	0.190
Bina T3	1	187.5	0.00853	0.029	0.111	0.167
	2	212.5	0.00857	0.029	0.116	0.175
	3	225.7	0.00866	0.030	0.118	0.181
	4	212.6	0.00857	0.030	0.116	0.175
	5	131.4	0.00958	0.033	0.128	0.192
Bina T4	1	205.8	0.00855	0.029	0.114	0.173
	2	205.8	0.00855	0.029	0.114	0.173
Bina T5	1	197.2	0.00855	0.029	0.113	0.170
	2	197.2	0.00855	0.029	0.113	0.170
Bina T6	1	186.4	0.01292	0.042	0.076	0.087
	2	197.4	0.01308	0.036	0.060	0.069
	3	198.3	0.01308	0.036	0.060	0.069
	4	253.3	0.01248	0.043	0.126	0.144
Bina T7	1	135.4	0.00951	0.033	0.131	0.201
	2	213.9	0.00852	0.030	0.119	0.156
	3	218.2	0.00860	0.030	0.121	0.151
	4	218.2	0.00860	0.030	0.121	0.151
	5	139.6	0.00961	0.033	0.132	0.211
Bina T8	1	195.8	0.00852	0.029	0.113	0.169
	2	213.5	0.00851	0.030	0.117	0.134
	3	213.5	0.00851	0.030	0.117	0.134
	4	194.6	0.00842	0.029	0.113	0.173
Bina T9	1	123.2	0.01144	0.040	0.138	0.160
	2	123.2	0.01144	0.040	0.138	0.160
Bina T10	1	134.0	0.00944	0.033	0.131	0.191
	2	134.0	0.00944	0.033	0.131	0.191
Bina T11	1	136.8	0.00957	0.033	0.132	0.183
	2	152.1	0.00964	0.034	0.105	0.119
	3	153.3	0.00961	0.034	0.100	0.118
	4	154.5	0.00967	0.034	0.099	0.115
	5	138.1	0.00958	0.033	0.132	0.155
Bina T12	1	105.8	0.01103	0.039	0.138	0.161
	2	119.9	0.01139	0.041	0.097	0.112
	3	105.8	0.01103	0.039	0.138	0.161

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{G\check{C}}$
Bina T13	1	209.8	0.01252	0.043	0.096	0.110
	2	222.2	0.01283	0.040	0.073	0.085
	3	222.2	0.01283	0.040	0.073	0.085
	4	221.3	0.01286	0.040	0.074	0.086
	5	220.4	0.01285	0.041	0.076	0.087
	6	221.3	0.01286	0.040	0.074	0.086
	7	209.8	0.01252	0.043	0.096	0.110
Bina T14	1	135.2	0.00950	0.033	0.131	0.161
	2	202.7	0.00922	0.034	0.131	0.183
	3	202.7	0.00922	0.034	0.131	0.183
	4	202.7	0.00922	0.034	0.131	0.183
	5	202.7	0.00922	0.034	0.131	0.183
	6	135.2	0.00950	0.033	0.131	0.161
Bina T15	1	203.7	0.01004	0.035	0.109	0.123
	2	206.8	0.01016	0.036	0.078	0.090
	3	206.8	0.01016	0.036	0.078	0.090
	4	206.8	0.01016	0.036	0.078	0.090
	5	203.7	0.01004	0.035	0.109	0.123
Bina T16	1	199.8	0.00851	0.029	0.115	0.156
	2	199.8	0.00851	0.029	0.115	0.156
Bina T17	1	212.9	0.01020	0.035	0.106	0.120
	2	228.4	0.01038	0.036	0.082	0.095
	3	228.4	0.01038	0.036	0.082	0.095
	4	228.4	0.01038	0.036	0.082	0.095
	5	228.4	0.01038	0.036	0.082	0.095
	6	228.4	0.01038	0.036	0.082	0.095
	7	212.9	0.01020	0.035	0.106	0.120
Bina T18	1	173.3	0.00897	0.033	0.129	0.192
	2	178.7	0.00915	0.034	0.132	0.188
	3	171.9	0.00893	0.033	0.129	0.192
Bina T19	1	303.0	0.00806	0.027	0.093	0.106
	2	332.3	0.00824	0.028	0.071	0.083
	3	303.0	0.00806	0.027	0.093	0.106
Bina T20	1	138.4	0.00957	0.033	0.132	0.154
	2	182.6	0.00998	0.035	0.089	0.103
	3	182.6	0.00998	0.035	0.089	0.103
	4	138.4	0.00957	0.033	0.132	0.154
Bina T21	1	142.1	0.00957	0.033	0.125	0.140
	2	225.7	0.00864	0.030	0.100	0.117
	3	225.7	0.00864	0.030	0.100	0.117
	4	200.0	0.00851	0.029	0.115	0.156
Bina T22	1	138.4	0.00957	0.033	0.132	0.154
	2	155.9	0.00971	0.034	0.097	0.111
	3	155.9	0.00971	0.034	0.097	0.111
	4	138.4	0.00957	0.033	0.132	0.154
Bina T23	1	200.0	0.01231	0.042	0.157	0.189
	2	213.7	0.01270	0.044	0.120	0.144
	3	213.7	0.01270	0.044	0.120	0.144
	4	212.7	0.01271	0.044	0.122	0.146
	5	199.0	0.01237	0.042	0.161	0.192

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GÇ}$
Bina T24	1	142.3	0.00957	0.033	0.125	0.140
	2	162.4	0.00978	0.035	0.088	0.100
	3	162.4	0.00978	0.035	0.088	0.100
	4	162.4	0.00978	0.035	0.088	0.100
	5	142.3	0.00957	0.033	0.125	0.140
Bina T25	1	155.9	0.00956	0.034	0.126	0.144
	2	202.9	0.01016	0.036	0.083	0.096
	3	177.4	0.00986	0.035	0.087	0.099
	4	219.3	0.00996	0.035	0.112	0.130
	5	140.9	0.00953	0.033	0.126	0.145
Bina T26	1	209.1	0.00781	0.029	0.112	0.166
	2	272.0	0.00832	0.030	0.116	0.155
	3	209.1	0.00781	0.029	0.112	0.166
Bina T27	1	181.3	0.00848	0.029	0.113	0.170
	2	272.3	0.00912	0.031	0.123	0.174
	3	181.3	0.00848	0.029	0.113	0.170
Bina T28	1	105.2	0.01109	0.039	0.139	0.164
	2	118.9	0.01133	0.041	0.098	0.115
	3	118.9	0.01133	0.041	0.098	0.115
	4	118.9	0.01133	0.041	0.098	0.115
	5	105.2	0.01109	0.039	0.139	0.164
Bina T29	1	138.0	0.00958	0.033	0.132	0.155
	2	153.3	0.00961	0.034	0.101	0.118
	3	213.2	0.00849	0.030	0.117	0.134
	4	209.3	0.00856	0.029	0.118	0.142
	5	111.1	0.01120	0.040	0.120	0.137
	6	112.2	0.01126	0.040	0.118	0.134
	7	112.9	0.01124	0.040	0.115	0.132
	8	112.9	0.01124	0.040	0.115	0.132
	9	101.8	0.01100	0.039	0.156	0.181
Bina T30	1	102.4	0.01106	0.039	0.155	0.173
	2	114.1	0.01118	0.040	0.111	0.129
	3	114.1	0.01118	0.040	0.111	0.129
	4	114.1	0.01118	0.040	0.111	0.129
	5	102.4	0.01106	0.039	0.155	0.173
Bina T31	1	103.5	0.01112	0.039	0.150	0.170
	2	116.2	0.01133	0.041	0.107	0.122
	3	118.0	0.01130	0.041	0.102	0.118
Bina T32	1	281.3	0.00769	0.026	0.101	0.152
	2	586.4	0.00540	0.018	0.071	0.101
	3	266.8	0.00765	0.026	0.099	0.149
Bina T33	1	137.7	0.00907	0.032	0.128	0.192
	2	156.5	0.00914	0.033	0.129	0.149
	3	156.5	0.00914	0.033	0.129	0.149
	4	153.2	0.00892	0.033	0.130	0.177
	5	136.8	0.00957	0.033	0.132	0.158
Bina T34	1	110.0	0.01024	0.039	0.151	0.224
	2	114.8	0.01124	0.040	0.109	0.127
	3	254.7	0.01358	0.035	0.061	0.070
	4	114.0	0.01121	0.040	0.112	0.129
	5	102.3	0.01105	0.039	0.156	0.173

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T35	1	136.3	0.00955	0.033	0.131	0.159
	2	150.2	0.00966	0.034	0.108	0.122
	3	149.1	0.00964	0.034	0.110	0.124
	4	149.1	0.00964	0.034	0.110	0.124
	5	135.0	0.00949	0.033	0.131	0.161
Bina T36	1	122.9	0.01038	0.039	0.152	0.225
	2	134.3	0.01070	0.040	0.153	0.214
	3	104.7	0.01030	0.039	0.152	0.208
	4	104.7	0.01030	0.039	0.152	0.208
	5	93.2	0.00985	0.038	0.149	0.223
Bina T37	1	252.1	0.01060	0.036	0.087	0.099
	2	360.6	0.01137	0.032	0.054	0.063
	3	267.7	0.01076	0.037	0.068	0.079
	4	201.2	0.01000	0.035	0.135	0.160
Bina T38	1	141.7	0.00955	0.033	0.126	0.143
	2	161.9	0.00977	0.035	0.088	0.102
	3	161.9	0.00977	0.035	0.088	0.102
	4	141.7	0.00955	0.033	0.126	0.143
Bina T39	1	109.8	0.01024	0.039	0.151	0.224
	2	122.7	0.01060	0.040	0.155	0.191
	3	231.5	0.01037	0.036	0.089	0.102
	4	232.7	0.01033	0.036	0.087	0.100
	5	219.2	0.01019	0.035	0.110	0.124
Bina T40	1	137.1	0.00957	0.033	0.132	0.157
	2	153.6	0.00962	0.034	0.100	0.117
	3	155.3	0.00970	0.034	0.098	0.113
	4	158.3	0.00976	0.034	0.139	0.172
	5	139.8	0.00955	0.033	0.131	0.198
Bina T41	1	153.0	0.00964	0.034	0.130	0.152
	2	190.7	0.01007	0.035	0.088	0.101
	3	153.0	0.00964	0.034	0.130	0.152
Bina T42	1	132.5	0.00956	0.033	0.130	0.176
	2	143.8	0.00961	0.034	0.122	0.138
	3	143.8	0.00961	0.034	0.122	0.138
	4	132.5	0.00956	0.033	0.130	0.176
Bina T43	1	183.6	0.01003	0.034	0.133	0.202
	2	215.7	0.00857	0.030	0.113	0.131
	3	213.2	0.00850	0.030	0.117	0.134
	4	210.0	0.00854	0.029	0.118	0.139
	5	181.2	0.01001	0.034	0.132	0.200
Bina T44	1	144.0	0.01070	0.040	0.153	0.227
	2	206.1	0.01250	0.043	0.090	0.104
	3	206.1	0.01250	0.043	0.090	0.104
	4	206.1	0.01250	0.043	0.090	0.104
	5	206.1	0.01250	0.043	0.090	0.104
	6	157.1	0.01103	0.041	0.157	0.177
	7	203.1	0.00987	0.034	0.132	0.189



Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T45	1	288.7	0.01066	0.036	0.138	0.214
	2	305.8	0.01085	0.037	0.147	0.183
	3	313.4	0.01096	0.037	0.138	0.168
	4	313.4	0.01096	0.037	0.138	0.168
	5	312.7	0.01095	0.037	0.139	0.169
	6	295.7	0.01079	0.036	0.141	0.206
Bina T46	1	130.8	0.00949	0.033	0.128	0.196
	2	148.6	0.00964	0.034	0.133	0.158
	3	156.4	0.00966	0.034	0.117	0.136
	4	156.4	0.00966	0.034	0.117	0.136
	5	150.9	0.00964	0.034	0.130	0.149
	6	133.5	0.00960	0.033	0.129	0.197
Bina T47	1	147.2	0.01194	0.041	0.161	0.253
	2	165.3	0.01233	0.043	0.167	0.195
	3	172.8	0.01250	0.041	0.146	0.170
	4	172.8	0.01250	0.041	0.146	0.170
	5	155.6	0.01212	0.042	0.170	0.230
Bina T48	1	126.0	0.01038	0.039	0.152	0.226
	2	139.6	0.01084	0.040	0.157	0.184
	3	140.7	0.01080	0.040	0.156	0.173
	4	140.7	0.01080	0.040	0.156	0.173
	5	127.1	0.01047	0.039	0.152	0.226
Bina T49	1	135.8	0.00953	0.033	0.131	0.160
	2	151.4	0.00966	0.034	0.106	0.121
	3	151.4	0.00966	0.034	0.106	0.121
	4	135.8	0.00953	0.033	0.131	0.160
Bina T50	1	181.1	0.00906	0.033	0.129	0.192
	2	198.5	0.00937	0.034	0.132	0.199
	3	175.9	0.00897	0.033	0.129	0.191
Bina T51	1	116.3	0.00838	0.032	0.126	0.189
	2	132.6	0.00869	0.033	0.128	0.187
	3	115.1	0.00844	0.032	0.126	0.188
Bina T52	1	204.2	0.00845	0.029	0.116	0.151
	2	499.5	0.00958	0.032	0.082	0.095
	3	161.7	0.00974	0.035	0.106	0.126
	4	152.1	0.00971	0.034	0.126	0.146
	5	131.8	0.00956	0.033	0.129	0.196
Bina T53	1	196.3	0.00853	0.029	0.113	0.169
	2	206.4	0.00801	0.029	0.113	0.170
	3	208.3	0.00800	0.029	0.113	0.170
	4	184.4	0.00772	0.029	0.111	0.165
Bina T54	1	192.9	0.01012	0.034	0.133	0.157
	2	209.1	0.01035	0.035	0.104	0.120
	3	215.3	0.01041	0.036	0.095	0.111
	4	218.0	0.01042	0.036	0.092	0.108
	5	218.0	0.01042	0.036	0.092	0.108
	6	198.6	0.01022	0.035	0.099	0.116

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T55	1	173.7	0.00974	0.034	0.133	0.203
	2	193.7	0.00996	0.035	0.131	0.156
	3	194.9	0.01001	0.035	0.128	0.154
	4	229.8	0.00965	0.035	0.127	0.145
	5	229.8	0.00965	0.035	0.127	0.145
	6	206.5	0.00927	0.034	0.130	0.194
Bina T56	1	282.9	0.01103	0.037	0.090	0.106
	2	297.9	0.01122	0.037	0.074	0.087
	3	296.8	0.01116	0.037	0.075	0.088
	4	281.7	0.01106	0.037	0.092	0.108
Bina T57	1	163.2	0.01229	0.042	0.096	0.111
	2	163.2	0.01229	0.042	0.096	0.111
Bina T58	1	101.4	0.01097	0.039	0.155	0.184
	2	112.0	0.01125	0.040	0.118	0.135
	3	101.4	0.01097	0.039	0.155	0.184
Bina T59	1	291.2	0.00830	0.030	0.114	0.169
	2	322.3	0.00868	0.031	0.120	0.188
	3	291.2	0.00830	0.030	0.114	0.169
Bina T60	1	256.2	0.00960	0.035	0.132	0.195
	2	281.5	0.01005	0.036	0.138	0.215
	3	325.2	0.00871	0.030	0.115	0.174
Bina T61	1	171.0	0.00889	0.033	0.129	0.192
	2	188.5	0.00922	0.034	0.131	0.175
	3	171.0	0.00889	0.033	0.129	0.192
Bina T62	1	136.7	0.00956	0.033	0.131	0.158
	2	151.8	0.00965	0.034	0.105	0.120
	3	136.7	0.00956	0.033	0.131	0.158
Bina T63	1	113.0	0.01032	0.039	0.151	0.225
	2	128.7	0.01079	0.040	0.162	0.184
	3	113.0	0.01032	0.039	0.151	0.225
Bina T64	1	102.9	0.01110	0.039	0.154	0.172
	2	114.6	0.01123	0.040	0.109	0.127
	3	102.9	0.01110	0.039	0.154	0.172
Bina T65	1	206.9	0.01215	0.042	0.129	0.147
	2	217.6	0.01245	0.043	0.098	0.113
	3	206.9	0.01215	0.042	0.129	0.147
Bina T66	1	135.6	0.00952	0.033	0.131	0.160
	2	135.6	0.00952	0.033	0.131	0.160
Bina T67	1	93.3	0.00986	0.038	0.149	0.223
	2	104.9	0.01031	0.039	0.152	0.203
	3	93.3	0.00986	0.038	0.149	0.223
Bina T68	1	103.8	0.01113	0.039	0.149	0.169
	2	116.5	0.01134	0.041	0.106	0.121
	3	103.8	0.01113	0.039	0.149	0.169
Bina T69	1	215.8	0.01007	0.035	0.132	0.200
	2	228.1	0.01026	0.035	0.137	0.209
	3	228.1	0.01026	0.035	0.137	0.209
	4	245.8	0.01271	0.043	0.176	0.225
	5	246.1	0.01272	0.044	0.176	0.224
	6	234.4	0.01240	0.043	0.163	0.258

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T70	1	125.6	0.01033	0.039	0.152	0.226
	2	138.4	0.01083	0.040	0.155	0.190
	3	125.6	0.01033	0.039	0.152	0.226
Bina T71	1	137.3	0.00957	0.033	0.132	0.157
	2	137.3	0.00957	0.033	0.132	0.157
Bina T72	1	233.8	0.00959	0.035	0.131	0.195
	2	250.4	0.00987	0.035	0.133	0.210
	3	233.8	0.00959	0.035	0.131	0.195
Bina T73	1	134.4	0.00946	0.033	0.131	0.167
	2	134.4	0.00946	0.033	0.131	0.167
Bina T74	1	135.2	0.00950	0.033	0.131	0.161
	2	135.2	0.00950	0.033	0.131	0.161
Bina T75	1	137.3	0.00955	0.033	0.129	0.194
	2	152.5	0.00971	0.034	0.134	0.205
	3	137.3	0.00955	0.033	0.129	0.194
Bina T76	1	173.3	0.01003	0.034	0.135	0.206
	2	195.8	0.01025	0.036	0.145	0.224
	3	173.3	0.01003	0.034	0.135	0.206
Bina T77	1	133.8	0.00946	0.033	0.131	0.171
	2	133.8	0.00946	0.033	0.131	0.171
Bina T78	1	283.7	0.00881	0.030	0.119	0.163
	2	183.8	0.00835	0.029	0.115	0.181
Bina T79	1	356.5	0.00703	0.023	0.091	0.136
	2	381.0	0.00710	0.024	0.093	0.139
	3	356.5	0.00703	0.023	0.091	0.136
Bina T80	1	178.3	0.01235	0.043	0.094	0.108
	2	192.0	0.01270	0.040	0.070	0.081
	3	191.1	0.01266	0.040	0.071	0.082
	4	250.2	0.01279	0.044	0.088	0.101
	5	237.0	0.01247	0.043	0.120	0.136
Bina T81	1	199.8	0.00858	0.029	0.113	0.170
	2	224.4	0.00862	0.030	0.118	0.181
	3	144.1	0.00958	0.033	0.131	0.198
Bina T82	1	142.6	0.01065	0.040	0.153	0.227
	2	123.0	0.01062	0.040	0.156	0.189
	3	134.4	0.00978	0.033	0.131	0.197
Bina T83	1	103.0	0.01110	0.039	0.153	0.172
	2	114.5	0.01122	0.040	0.109	0.128
	3	114.5	0.01122	0.040	0.109	0.128
	4	103.0	0.01110	0.039	0.153	0.172
Bina T84	1	206.1	0.01001	0.035	0.138	0.181
	2	233.8	0.01034	0.037	0.102	0.125
	3	233.8	0.01034	0.037	0.102	0.125
	4	206.1	0.01001	0.035	0.138	0.181
Bina T85	1	278.2	0.00759	0.026	0.100	0.151
	2	307.4	0.00773	0.027	0.104	0.158
	3	275.3	0.00766	0.026	0.100	0.151

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T86	1	213.5	0.01018	0.035	0.105	0.119
	2	283.6	0.01074	0.037	0.073	0.084
	3	286.7	0.01086	0.037	0.070	0.081
	4	289.1	0.01083	0.037	0.067	0.078
	5	217.0	0.01029	0.035	0.098	0.111
Bina T87	1	439.5	0.00942	0.032	0.122	0.180
	2	466.2	0.00961	0.032	0.118	0.144
	3	466.2	0.00961	0.032	0.118	0.144
	4	316.8	0.00778	0.027	0.105	0.161
	5	305.6	0.00769	0.026	0.104	0.158
	6	430.4	0.00929	0.031	0.120	0.184
Bina T88	1	151.3	0.01164	0.041	0.157	0.242
	2	165.1	0.01202	0.042	0.173	0.228
	3	169.2	0.01214	0.042	0.179	0.211
	4	169.2	0.01214	0.042	0.179	0.211
	5	155.8	0.01178	0.041	0.161	0.253
Bina T89	1	101.6	0.01107	0.039	0.152	0.231
	2	118.0	0.01141	0.041	0.167	0.246
	3	285.6	0.01058	0.036	0.144	0.195
	4	285.6	0.01058	0.036	0.144	0.195
	5	268.1	0.01040	0.035	0.136	0.208
Bina T90	1	143.0	0.00965	0.033	0.131	0.197
	2	163.8	0.00987	0.035	0.139	0.213
	3	163.8	0.00987	0.035	0.139	0.213
	4	143.0	0.00965	0.033	0.131	0.197
Bina T91	1	123.9	0.01143	0.040	0.135	0.154
	2	107.6	0.01029	0.039	0.154	0.193
	3	123.9	0.01143	0.040	0.135	0.154
Bina T92	1	201.4	0.01025	0.035	0.137	0.209
	2	221.3	0.01055	0.036	0.144	0.179
	3	221.3	0.01055	0.036	0.144	0.179
	4	221.3	0.01055	0.036	0.144	0.179
	5	220.7	0.01054	0.036	0.147	0.180
	6	219.6	0.01052	0.036	0.146	0.221
	7	200.3	0.01029	0.035	0.137	0.208
Bina T93	1	101.4	0.01097	0.039	0.155	0.184
	2	111.9	0.01125	0.040	0.118	0.135
	3	101.4	0.01097	0.039	0.155	0.184
Bina T94	1	174.7	0.00978	0.034	0.133	0.203
	2	195.6	0.01003	0.035	0.126	0.153
	3	195.7	0.01003	0.035	0.125	0.153
	4	143.0	0.00960	0.034	0.123	0.139
Bina T95	1	193.8	0.00845	0.029	0.112	0.169
	2	285.4	0.00771	0.026	0.101	0.153
	3	267.6	0.00764	0.026	0.099	0.149
Bina T96	1	172.2	0.00968	0.034	0.125	0.140
	2	191.8	0.00986	0.035	0.088	0.100
	3	172.2	0.00968	0.034	0.125	0.140

Bina No	Kolon No	My (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina T97	1	143.3	0.00967	0.033	0.132	0.201
	2	164.9	0.00985	0.035	0.143	0.200
	3	164.7	0.00985	0.035	0.143	0.200
	4	165.3	0.00984	0.035	0.140	0.215
	5	143.6	0.00962	0.033	0.131	0.198
Bina T98	1	208.7	0.00920	0.034	0.130	0.193
	2	232.6	0.00961	0.035	0.135	0.198
	3	232.6	0.00961	0.035	0.135	0.198
	4	232.6	0.00961	0.035	0.135	0.198
	5	232.6	0.00961	0.035	0.135	0.198
	6	232.6	0.00961	0.035	0.135	0.198
	7	208.7	0.00920	0.034	0.130	0.193

**EK-2** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan karma ve iki katlı prefabrik binaların taşıyıcı elemanlarının plastik mafsalsal özellikleri

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GÇ}$
Bina Ç1	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 Ç2	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 Ç3	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
4		204.84	0.0103	0.0294	0.0474	0.0549	
Bina Ç4	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
		9	332.44	0.0094	0.0312	0.1261	0.1649
Bina Ç5	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

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	M <sub>ny</sub> (kN.m)	φ <sub>y</sub>	φ <sub>MN</sub>	φ <sub>GV</sub>	φ <sub>GC</sub>
Bina Ç6	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
		3	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
		4	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
		5	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
		6	324.72	0.0111	0.0332	0.0639	0.0749
Bina Ç7	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
Bina Ç8	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 Ç9	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 Ç10	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
		4	285.88	0.0093	0.0311	0.1263	0.1964
Bina Ç11	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 Ç12	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
		3	194.99	0.0102	0.0360	0.1167	0.1362
Bina Ç13	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 Ç14	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

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	M <sub>ny</sub> (kN.m)	φ <sub>v</sub>	φ <sub>MN</sub>	φ <sub>GV</sub>	φ <sub>GC</sub>
Bina Ç15	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 Ç16	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 Ç17	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 Ç18	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 Ç19	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 Ç20	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 Ç21	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 Ç22	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

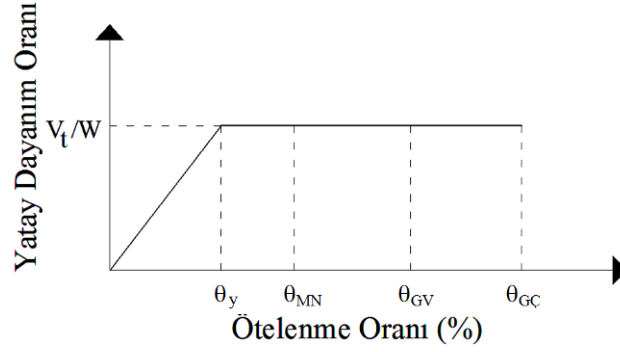


Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_V$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina Ç23	Ana Kolon	1	250.01	0.0090	0.0306	0.1233	0.1905
		2	361.24	0.0082	0.0276	0.1124	0.1702
		3	208.81	0.0086	0.0293	0.1148	0.1731
	Ara Kolon	1	265.57	0.0091	0.0313	0.1296	0.1810
Bina Ç24	Ana Kolon	1	186.58	0.0120	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 Ç25	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 Ç26	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 Ç27	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 Ç28	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 Ç29	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 Ç30	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 Ç31	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 Ç32	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

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_V$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{GC}$
Bina Ç33	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 Ç34	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 Ç35	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
		4	276.05	0.0089	0.0314	0.0483	0.0558
Bina Ç36	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 Ç37	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 Ç38	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

Bina No	Kolon Tipi	Kolon No	$M_{ny}$ (kN.m)	$\phi_y$	$\phi_{MN}$	$\phi_{GV}$	$\phi_{G\zeta}$
Bina Ç39	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 Ç40	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 Ç41	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-3** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 98 adet tek katlı prefabrik binaların kapasite sonuçları

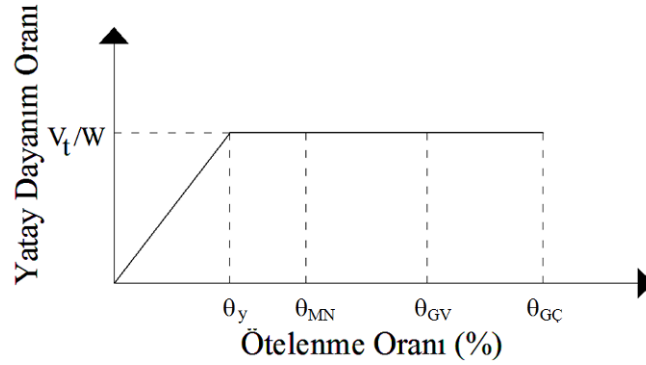


Bina Adı	Bina Yüksekliği	$V_t/W$	$\theta_y$	$\theta_{MN}$	$\theta_{GV}$	$\theta_{GÇ}$
-	m	-	%	%	%	%
Bina T1	7.0	0.215	1.39%	1.81%	3.60%	4.82%
Bina T2	6.2	0.114	2.32%	2.76%	3.80%	4.05%
Bina T3	6.2	0.193	1.81%	2.21%	4.03%	5.26%
Bina T4	6.2	0.205	1.77%	2.23%	4.11%	5.39%
Bina T5	6.2	0.264	1.77%	2.22%	4.07%	5.33%
Bina T6	6.2	0.192	2.66%	3.10%	3.52%	3.68%
Bina T7	8.0	0.131	2.39%	2.74%	4.72%	5.45%
Bina T8	6.5	0.204	1.84%	2.28%	4.14%	4.61%
Bina T9	6.0	0.261	2.29%	2.78%	4.46%	4.85%
Bina T10	5.7	0.268	1.79%	2.26%	4.17%	5.36%
Bina T11	7.0	0.128	2.24%	2.70%	4.01%	4.34%
Bina T12	7.0	0.110	2.60%	3.06%	4.13%	4.39%
Bina T13	6.5	0.184	2.76%	3.24%	3.82%	4.02%
Bina T14	6.0	0.194	1.86%	2.33%	4.23%	4.88%
Bina T15	5.5	0.164	1.85%	2.33%	3.20%	3.43%
Bina T16	6.5	0.220	1.84%	2.30%	4.20%	5.10%
Bina T17	7.5	0.167	2.58%	3.04%	4.00%	4.26%
Bina T18	7.0	0.167	2.10%	2.56%	4.45%	5.67%
Bina T19	7.5	0.190	2.03%	2.48%	3.59%	3.90%
Bina T20	5.6	0.163	1.81%	2.24%	3.39%	3.68%
Bina T21	6.8	0.141	2.00%	2.39%	3.99%	4.36%
Bina T22	5.6	0.150	1.78%	2.24%	3.52%	3.78%
Bina T23	5.5	0.215	2.30%	2.78%	4.17%	4.59%
Bina T24	7.6	0.094	2.46%	2.90%	4.02%	4.26%
Bina T25	6.8	0.123	2.22%	2.63%	3.74%	3.99%
Bina T26	6.0	0.216	1.60%	2.03%	3.85%	4.91%
Bina T27	6.0	0.212	1.74%	2.15%	4.00%	5.25%
Bina T28	6.0	0.118	2.25%	2.70%	3.77%	4.06%
Bina T29	6.6	0.142	2.24%	2.32%	3.89%	4.23%
Bina T30	5.5	0.148	2.04%	2.51%	3.77%	4.07%
Bina T31	5.5	0.162	2.06%	2.52%	3.64%	3.91%
Bina T32	7.5	0.272	1.73%	1.79%	3.58%	4.61%
Bina T33	5.3	0.163	1.62%	2.05%	3.93%	4.35%

Bina Adı -	Bina Yüksekliği m	$V_t/W$ -	$\theta_y$ %	$\theta_{MN}$ %	$\theta_{GV}$ %	$\theta_{GÇ}$ %
Bina T34	5.3	0.192	2.03%	2.30%	3.21%	3.38%
Bina T35	6.3	0.160	2.01%	2.46%	3.96%	4.24%
Bina T36	5.5	0.178	1.89%	2.29%	4.21%	5.30%
Bina T37	7.0	0.182	2.49%	2.82%	3.48%	3.68%
Bina T38	6.5	0.116	2.09%	2.54%	3.66%	3.93%
Bina T39	6.0	0.207	2.07%	2.53%	3.58%	3.83%
Bina T40	5.0	0.161	1.61%	2.06%	3.35%	3.64%
Bina T41	6.0	0.173	1.96%	2.40%	3.55%	3.80%
Bina T42	6.0	0.206	1.92%	2.37%	4.12%	4.44%
Bina T43	7.5	0.166	2.28%	2.59%	4.46%	4.85%
Bina T44	7.0	0.190	2.72%	2.78%	4.26%	4.49%
Bina T45	6.5	0.258	2.34%	2.79%	4.80%	5.45%
Bina T46	6.2	0.152	1.99%	2.42%	4.11%	4.48%
Bina T47	4.0	0.200	1.64%	2.09%	3.95%	4.36%
Bina T48	7.0	0.138	2.49%	2.92%	4.87%	5.33%
Bina T49	4.5	0.213	1.44%	1.89%	3.33%	3.62%
Bina T50	7.1	0.166	2.17%	2.61%	4.50%	5.73%
Bina T51	6.0	0.153	1.70%	2.14%	3.99%	5.22%
Bina T52	7.3	0.154	2.29%	2.52%	3.94%	4.23%
Bina T53	6.0	0.183	1.61%	2.01%	3.82%	5.02%
Bina T54	6.8	0.154	2.34%	2.77%	3.97%	4.28%
Bina T55	7.0	0.125	2.27%	2.65%	4.55%	4.92%
Bina T56	6.5	0.264	2.41%	2.90%	3.67%	3.92%
Bina T57	6.2	0.225	2.54%	3.05%	3.98%	4.24%
Bina T58	6.0	0.171	2.21%	2.68%	4.09%	4.38%
Bina T59	7.0	0.169	1.97%	2.41%	4.27%	5.49%
Bina T60	7.5	0.185	2.36%	2.66%	4.53%	5.85%
Bina T61	6.5	0.201	1.95%	2.40%	4.29%	5.26%
Bina T62	7.2	0.150	2.29%	2.75%	4.18%	4.47%
Bina T63	6.1	0.135	2.11%	2.57%	4.51%	5.17%
Bina T64	6.0	0.146	2.23%	2.70%	3.93%	4.24%
Bina T65	6.5	0.281	2.65%	3.15%	4.17%	4.43%
Bina T66	6.5	0.218	2.06%	2.53%	4.46%	5.03%
Bina T67	5.5	0.172	1.84%	2.29%	4.21%	5.21%
Bina T68	6.3	0.134	2.35%	2.82%	4.02%	4.28%
Bina T69	6.8	0.253	2.58%	2.76%	4.69%	6.03%
Bina T70	5.0	0.228	1.75%	2.22%	4.16%	4.89%
Bina T71	6.3	0.201	1.99%	2.46%	4.40%	4.89%
Bina T72	6.0	0.312	1.94%	2.41%	4.31%	5.56%
Bina T73	6.0	0.253	1.89%	2.36%	4.28%	4.98%
Bina T74	7.0	0.209	2.22%	2.68%	4.61%	5.20%
Bina T75	6.0	0.186	1.92%	2.37%	4.26%	5.54%
Bina T76	6.5	0.129	2.19%	2.65%	4.63%	6.02%
Bina T77	7.0	0.222	2.21%	2.67%	4.60%	5.39%
Bina T78	6.5	0.242	1.86%	2.27%	4.17%	5.31%
Bina T79	9.3	0.235	2.19%	2.62%	4.44%	5.68%

Bina Adı -	Bina Yüksekliği m	$V_t / W$ -	$\theta_v$ %	$\theta_{MN}$ %	$\theta_{GV}$ %	$\theta_{GÇ}$ %
Bina T80	5.5	0.205	2.31%	2.78%	3.32%	3.51%
Bina T81	6.5	0.157	1.93%	2.31%	4.17%	5.43%
Bina T82	5.0	0.225	1.73%	2.09%	4.00%	4.84%
Bina T83	6.9	0.122	2.57%	3.04%	4.27%	4.59%
Bina T84	6.5	0.107	2.20%	2.66%	4.05%	4.50%
Bina T85	6.0	0.228	1.53%	1.97%	3.79%	5.04%
Bina T86	7.0	0.183	2.47%	2.86%	3.64%	3.84%
Bina T87	7.5	0.179	2.23%	2.39%	4.29%	5.37%
Bina T88	6.5	0.164	2.59%	3.02%	5.04%	6.06%
Bina T89	6.5	0.184	2.34%	2.75%	4.72%	5.93%
Bina T90	6.0	0.127	1.95%	2.40%	4.32%	5.62%
Bina T91	6.0	0.180	2.21%	2.55%	4.42%	4.74%
Bina T92	6.7	0.139	2.34%	2.78%	4.79%	5.67%
Bina T93	6.0	0.165	2.21%	2.68%	4.10%	4.38%
Bina T94	7.1	0.119	2.33%	2.74%	4.51%	4.82%
Bina T95	7.3	0.251	1.93%	2.30%	4.10%	5.33%
Bina T96	6.0	0.165	1.95%	2.41%	3.51%	3.75%
Bina T97	5.2	0.133	1.69%	2.13%	4.05%	5.36%
Bina T98	7.0	0.130	2.22%	2.63%	4.53%	5.78%

**EK-4** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 41 adet karma ve iki katlı prefabrik binaların kapasite sonuçları



Bina Adı -	Bina Yüksekliği (m)	$V_t/W$ -	$\theta_y$ ( $\Delta_{1y}/h_1$ ) %	$\theta_{MN}$ ( $\Delta_{1MN}/h_1$ ) %	$\theta_{GV}$ ( $\Delta_{1GV}/h_1$ ) %	$\theta_{GC}$ ( $\Delta_{1GC}/h_1$ ) %
Bina Ç1	7.35	0.105	0.85%	1.27%	1.60%	1.75%
Bina Ç2	7.00	0.100	0.82%	1.21%	1.55%	1.70%
Bina Ç3	7.60	0.100	1.26%	1.62%	1.99%	2.13%
Bina Ç4	8.00	0.290	0.95%	1.39%	3.21%	4.36%
Bina Ç5	8.80	0.143	0.77%	1.22%	3.07%	3.91%
Bina Ç6	7.50	0.157	1.83%	2.13%	2.57%	2.75%
Bina Ç7	8.70	0.094	1.09%	1.56%	3.56%	4.32%
Bina Ç8	9.80	0.087	0.95%	1.33%	1.66%	1.80%
Bina Ç9	8.50	0.168	1.31%	1.78%	3.76%	4.76%
Bina Ç10	6.50	0.210	0.63%	1.08%	2.96%	4.22%
Bina Ç11	7.35	0.136	0.82%	1.29%	3.24%	4.36%
Bina Ç12	7.50	0.124	0.88%	1.34%	2.96%	3.34%
Bina Ç13	5.80	0.106	0.79%	1.27%	1.95%	2.16%
Bina Ç14	7.50	0.112	1.00%	1.46%	2.02%	2.21%
Bina Ç15	6.00	0.091	0.97%	1.34%	1.70%	1.84%
Bina Ç16	6.80	0.138	1.18%	1.45%	1.66%	1.78%
Bina Ç17	6.50	0.185	0.61%	1.06%	2.88%	4.12%
Bina Ç18	6.10	0.122	0.91%	1.38%	1.98%	2.18%
Bina Ç19	6.80	0.169	0.62%	1.07%	2.15%	2.43%
Bina Ç20	7.00	0.113	0.81%	1.27%	3.18%	4.48%
Bina Ç21	6.50	0.173	0.89%	1.34%	2.92%	3.37%
Bina Ç22	7.80	0.128	1.04%	1.51%	3.38%	4.57%
Bina Ç23	10.80	0.090	0.89%	1.35%	3.25%	4.55%
Bina Ç24	5.55	0.180	0.79%	1.05%	1.28%	1.40%
Bina Ç25	10.20	0.059	1.06%	1.43%	1.69%	1.83%
Bina Ç26	10.00	0.085	1.21%	1.66%	3.50%	4.09%
Bina Ç27	6.63	0.100	1.14%	1.43%	1.66%	1.78%
Bina Ç28	7.00	0.095	1.10%	1.26%	1.56%	1.67%
Bina Ç29	7.20	0.116	0.73%	1.21%	1.63%	1.80%
Bina Ç30	7.30	0.181	0.59%	1.04%	2.00%	2.25%
Bina Ç31	6.30	0.176	1.02%	1.48%	2.51%	2.77%
Bina Ç32	5.50	0.127	1.14%	1.35%	1.76%	1.95%
Bina Ç33	6.15	0.162	0.58%	1.02%	2.33%	2.59%
Bina Ç34	5.85	0.313	0.49%	0.93%	2.73%	4.00%
Bina Ç35	10.50	0.071	1.08%	1.39%	1.59%	1.70%

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 Ç36	7.50	0.106	0.74%	1.21%	1.62%	1.79%
Bina Ç37	6.90	0.116	0.82%	1.28%	3.14%	3.63%
Bina Ç38	11.40	0.086	0.90%	1.36%	3.28%	3.84%
Bina Ç39	7.50	0.159	0.93%	1.39%	2.30%	2.54%
Bina Ç40	7.20	0.120	1.34%	1.66%	3.15%	3.56%
Bina Ç41	7.20	0.121	0.79%	1.25%	3.20%	3.82%



**EK-5 Doğrusal olmayan Zaman Tanım Analizinde Kullanılan İvme Kayıtları ve Özellikleri**

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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	Irpina, 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	Superstint 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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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	Superstittn 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	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-IVW090	29.90	6.54
87	1.00	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-IVW360	34.50	6.54
88	1.00	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-KRN360	31.10	6.54
89	1.00	Superstittn 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
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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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	Superstittn 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	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-ICC090	40.90	6.54
139	1.00	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-PTS315	43.90	6.54
140	1.00	Superstittn Hills(B) 1987/11/24 13:16	SUPERST/B-SUP135	42.20	6.54
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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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
188	1.00	Landers 1992/06/28 11:58	LANDERS/YER270	51.50	7.28
189	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/A02043	53.60	6.93
190	1.00	Loma Prieta 1989/10/18 00:05	LOMAP/LGP090	51.00	6.93
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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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
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

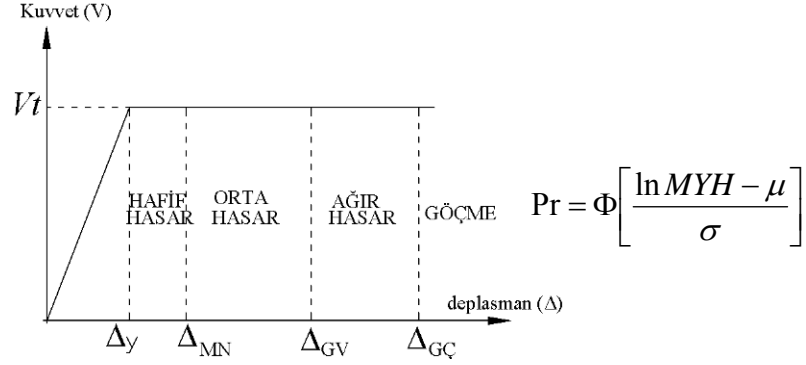
Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
244	1.14	Kocaeli, Turkey 1999/08/17	KOCAELI/GBZ000	57.50	7.51
245	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU049-N	61.20	7.62
246	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU070-N	62.30	7.62
247	1.00	Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	CHICHI/TCU076-N	64.20	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	Irpinia, 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
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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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
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

Ad.	Ölçek Kat.	Deprem Adı	Kayıt/ Bileşen	MYH (cm/s)	Mw
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-6** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 98 adet tek katlı prefabrik binanın hasar görülebilirlik eğrisi parametreleri

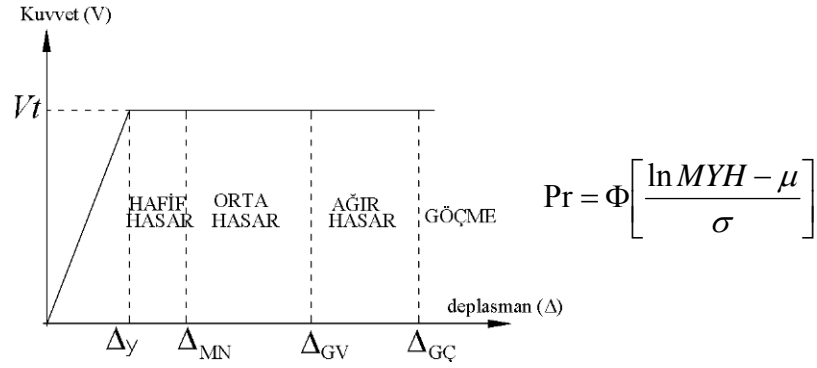


Bina NO	Hafif Hasar		Orta Hasar		Ağır Hasar		Göçme	
	Ort.( μ)	Std. sap (σ)	Ort.( μ)	Std. Sap (σ)	Ort.( μ)	Std. Sap (σ)	Ort.( μ)	Std. Sap (σ)
Bina T1	3.432	0.532	3.805	0.468	4.373	0.249	4.420	0.138
Bina T2	3.534	0.478	3.695	0.449	4.020	0.368	4.089	0.334
Bina T3	3.542	0.442	3.783	0.409	4.290	0.168	4.606	0.267
Bina T4	3.546	0.448	3.845	0.406	4.346	0.177	4.432	0.086
Bina T5	3.662	0.480	3.946	0.408	4.392	0.233	4.489	0.166
Bina T6	3.802	0.372	3.933	0.351	4.085	0.313	4.156	0.331
Bina T7	3.718	0.416	3.843	0.390	4.283	0.195	4.394	0.174
Bina T8	3.593	0.454	3.838	0.361	4.341	0.187	4.430	0.183
Bina T9	3.810	0.442	3.989	0.414	4.449	0.264	4.561	0.295
Bina T10	3.637	0.478	3.934	0.415	4.365	0.215	4.444	0.135
Bina T11	3.621	0.474	3.798	0.429	4.189	0.361	4.246	0.326
Bina T12	3.643	0.384	3.792	0.364	4.059	0.391	4.119	0.380
Bina T13	3.842	0.383	3.987	0.357	4.237	0.380	4.278	0.411
Bina T14	3.539	0.448	3.812	0.399	4.312	0.196	4.384	0.130
Bina T15	3.387	0.469	3.703	0.389	4.027	0.315	4.058	0.321
Bina T16	3.637	0.435	3.901	0.379	4.398	0.177	4.432	0.086
Bina T17	3.835	0.436	4.002	0.388	4.274	0.392	4.310	0.359
Bina T18	3.727	0.390	3.864	0.400	4.436	0.285	4.497	0.188
Bina T19	3.754	0.364	3.949	0.384	4.306	0.249	4.396	0.239
Bina T20	3.367	0.464	3.653	0.415	4.064	0.304	4.140	0.279
Bina T21	3.605	0.414	3.761	0.410	4.266	0.388	4.365	0.387
Bina T22	3.357	0.474	3.663	0.387	4.088	0.300	4.147	0.259
Bina T23	3.677	0.425	3.865	0.381	4.266	0.243	4.326	0.235
Bina T24	3.624	0.348	3.739	0.350	4.038	0.361	4.097	0.383
Bina T25	3.582	0.462	3.747	0.457	4.100	0.340	4.158	0.362
Bina T26	3.394	0.574	3.780	0.443	4.308	0.245	4.398	0.119
Bina T27	3.475	0.463	3.796	0.443	4.384	0.313	4.427	0.092
Bina T28	3.537	0.427	3.669	0.429	4.028	0.357	4.113	0.315
Bina T29	3.622	0.421	3.644	0.425	4.187	0.346	4.253	0.347
Bina T30	3.491	0.416	3.702	0.357	4.086	0.284	4.150	0.257
Bina T31	3.482	0.469	3.725	0.376	4.103	0.280	4.135	0.270
Bina T32	3.805	0.486	3.831	0.471	4.522	0.346	4.485	0.108
Bina T33	3.232	0.475	3.601	0.379	4.174	0.269	4.247	0.244
Bina T34	3.494	0.450	3.666	0.417	4.024	0.305	4.101	0.306
Bina T35	3.584	0.404	3.808	0.346	4.269	0.333	4.321	0.252

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 T36	3.449	0.443	3.727	0.395	4.228	0.188	4.397	0.180
Bina T37	3.816	0.391	3.909	0.392	4.214	0.364	4.257	0.382
Bina T38	3.537	0.427	3.683	0.465	4.078	0.348	4.135	0.321
Bina T39	3.642	0.442	3.874	0.352	4.201	0.299	4.237	0.263
Bina T40	3.202	0.500	3.518	0.425	4.046	0.339	4.101	0.301
Bina T41	3.514	0.450	3.804	0.357	4.147	0.273	4.191	0.301
Bina T42	3.578	0.426	3.838	0.412	4.330	0.208	4.358	0.160
Bina T43	3.748	0.448	3.896	0.388	4.385	0.330	4.457	0.288
Bina T44	3.882	0.365	3.893	0.373	4.336	0.391	4.379	0.352
Bina T45	3.846	0.409	4.007	0.356	4.517	0.209	4.606	0.196
Bina T46	3.562	0.406	3.784	0.352	4.290	0.323	4.344	0.281
Bina T47	3.110	0.515	3.463	0.553	4.203	0.342	4.264	0.329
Bina T48	3.674	0.472	3.863	0.428	4.307	0.293	4.336	0.231
Bina T49	3.121	0.544	3.548	0.545	4.206	0.357	4.253	0.341
Bina T50	3.745	0.386	3.892	0.385	4.416	0.281	4.479	0.168
Bina T51	3.373	0.514	3.686	0.381	4.227	0.288	4.404	0.252
Bina T52	3.719	0.467	3.820	0.432	4.272	0.369	4.332	0.381
Bina T53	3.377	0.478	3.692	0.422	4.271	0.280	4.414	0.133
Bina T54	3.708	0.441	3.880	0.385	4.278	0.391	4.312	0.368
Bina T55	3.629	0.461	3.770	0.437	4.260	0.295	4.300	0.249
Bina T56	3.875	0.408	4.052	0.335	4.302	0.270	4.373	0.296
Bina T57	3.830	0.374	4.015	0.386	4.255	0.251	4.305	0.261
Bina T58	3.651	0.381	3.854	0.340	4.235	0.302	4.303	0.209
Bina T59	3.679	0.383	3.859	0.346	4.403	0.289	4.495	0.181
Bina T60	3.829	0.387	3.915	0.382	4.437	0.263	4.512	0.180
Bina T61	3.654	0.405	3.878	0.375	4.341	0.192	4.658	0.346
Bina T62	3.695	0.463	3.887	0.401	4.286	0.364	4.341	0.314
Bina T63	3.533	0.401	3.750	0.397	4.284	0.370	4.411	0.318
Bina T64	3.625	0.405	3.806	0.384	4.176	0.389	4.232	0.321
Bina T65	3.957	0.405	4.157	0.300	4.409	0.284	4.474	0.289
Bina T66	3.725	0.395	3.918	0.372	4.407	0.233	4.538	0.253
Bina T67	3.394	0.469	3.724	0.397	4.232	0.204	4.386	0.186
Bina T68	3.603	0.446	3.786	0.442	4.132	0.372	4.200	0.351
Bina T69	3.923	0.386	4.009	0.408	4.494	0.263	4.789	0.328
Bina T70	3.426	0.521	3.743	0.448	4.302	0.266	4.373	0.244
Bina T71	3.630	0.427	3.873	0.365	4.331	0.195	4.474	0.259
Bina T72	3.791	0.505	4.014	0.454	4.411	0.178	4.755	0.285
Bina T73	3.687	0.474	3.941	0.417	4.429	0.289	4.564	0.270
Bina T74	3.816	0.366	3.990	0.391	4.593	0.364	4.782	0.385
Bina T75	3.560	0.459	3.803	0.376	4.268	0.173	4.506	0.258
Bina T76	3.578	0.438	3.765	0.440	4.253	0.271	4.458	0.282
Bina T77	3.814	0.375	4.014	0.413	4.600	0.349	4.747	0.384
Bina T78	3.689	0.466	3.936	0.390	4.387	0.160	4.363	0.232
Bina T79	3.981	0.343	4.185	0.244	4.691	0.281	4.365	0.213
Bina T80	3.671	0.390	3.865	0.373	4.068	0.344	4.124	0.342
Bina T81	3.576	0.400	3.790	0.350	4.332	0.268	4.438	0.175
Bina T82	3.381	0.531	3.677	0.449	4.290	0.275	4.373	0.244
Bina T83	3.660	0.436	3.830	0.400	4.133	0.312	4.188	0.282

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 T84	3.519	0.468	3.674	0.442	4.100	0.338	4.230	0.328
Bina T85	3.440	0.556	3.788	0.433	4.331	0.243	4.420	0.138
Bina T86	3.810	0.408	3.929	0.386	4.248	0.338	4.333	0.402
Bina T87	3.793	0.402	3.849	0.378	4.445	0.291	4.449	0.148
Bina T88	3.741	0.430	3.912	0.385	4.390	0.339	4.484	0.237
Bina T89	3.749	0.382	3.903	0.359	4.435	0.288	4.527	0.193
Bina T90	3.471	0.425	3.707	0.393	4.263	0.339	4.458	0.344
Bina T91	3.653	0.390	3.829	0.367	4.296	0.269	4.321	0.235
Bina T92	3.648	0.456	3.814	0.450	4.324	0.316	4.432	0.308
Bina T93	3.647	0.383	3.834	0.329	4.262	0.323	4.297	0.256
Bina T94	3.624	0.453	3.739	0.414	4.211	0.269	4.283	0.255
Bina T95	3.799	0.431	3.993	0.362	4.537	0.242	4.611	0.308
Bina T96	3.505	0.456	3.774	0.347	4.132	0.287	4.157	0.275
Bina T97	3.259	0.449	3.528	0.447	4.131	0.264	4.336	0.244
Bina T98	3.606	0.475	3.771	0.471	4.277	0.300	4.412	0.203

**EK-7** Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 41 adet karma ve iki katlı prefabrik binanın hasar görülebilirlik eğrisi parametreleri



Bina NO	Hafif Hasar		Orta Hasar		Ağır Hasar		Göçme	
	Ort.( μ)	Std. sap (σ)	Ort.( μ)	Std. sap (σ)	Ort.( μ)	Std. sap (σ)	Ort.( μ)	Std. sap (σ)
Bina Ç1	3.356	0.548	3.695	0.451	3.869	0.402	3.935	0.377
Bina Ç2	3.259	0.514	3.558	0.458	3.732	0.405	3.798	0.404
Bina Ç3	3.802	0.374	3.957	0.327	4.091	0.242	4.133	0.243
Bina Ç4	4.223	0.403	4.358	0.387	4.996	0.400	4.766	0.235
Bina Ç5	3.805	0.516	4.085	0.353	4.538	0.236	4.647	0.208
Bina Ç6	4.211	0.342	4.259	0.276	4.337	0.273	4.374	0.266
Bina Ç7	3.789	0.369	4.015	0.272	4.491	0.229	4.478	0.134
Bina Ç8	3.707	0.359	3.887	0.300	4.001	0.252	4.043	0.258
Bina Ç9	4.181	0.377	4.338	0.282	4.780	0.250	4.900	0.300
Bina Ç10	3.789	0.656	4.084	0.474	4.461	0.233	4.853	0.390
Bina Ç11	3.723	0.568	4.053	0.358	4.429	0.152	4.910	0.318
Bina Ç12	3.714	0.493	3.997	0.352	4.428	0.207	4.523	0.242
Bina Ç13	3.451	0.520	3.826	0.396	4.090	0.312	4.152	0.281
Bina Ç14	3.731	0.409	4.016	0.349	4.196	0.227	4.247	0.244
Bina Ç15	3.463	0.463	3.740	0.383	3.916	0.325	3.960	0.323
Bina Ç16	3.960	0.418	4.084	0.317	4.162	0.298	4.198	0.303
Bina Ç17	3.849	0.559	4.103	0.321	4.565	0.276	4.910	0.290
Bina Ç18	3.663	0.507	3.948	0.389	4.180	0.306	4.245	0.328
Bina Ç19	3.790	0.568	4.079	0.407	4.412	0.273	4.429	0.194
Bina Ç20	3.632	0.453	3.953	0.348	4.498	0.266	4.755	0.285
Bina Ç21	4.002	0.445	4.199	0.325	4.476	0.194	4.754	0.301
Bina Ç22	3.870	0.348	4.115	0.339	4.533	0.223	4.861	0.298
Bina Ç23	3.917	0.343	4.099	0.288	4.404	0.090	4.910	0.300
Bina Ç24	3.907	0.578	4.044	0.501	4.134	0.386	4.161	0.327
Bina Ç25	3.824	0.290	3.960	0.285	4.050	0.273	4.077	0.294
Bina Ç26	3.892	0.274	4.075	0.216	4.567	0.259	4.402	0.064
Bina Ç27	3.696	0.401	3.852	0.349	3.934	0.339	3.963	0.333
Bina Ç28	3.697	0.407	3.763	0.393	3.889	0.357	3.925	0.338
Bina Ç29	3.666	0.420	3.894	0.355	4.048	0.355	4.105	0.287
Bina Ç30	3.940	0.554	4.170	0.324	4.440	0.212	4.489	0.224
Bina Ç31	4.002	0.445	4.199	0.333	4.395	0.236	4.429	0.211
Bina Ç32	3.816	0.410	3.911	0.399	4.043	0.317	4.108	0.276
Bina Ç33	3.622	0.568	4.006	0.445	4.399	0.268	4.414	0.209
Bina Ç34	4.119	0.575	4.258	0.294	4.873	0.372	4.911	0.265
Bina Ç35	3.729	0.350	3.889	0.287	3.952	0.259	3.975	0.266

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 Ç36	3.621	0.394	3.873	0.360	4.069	0.285	4.114	0.247
Bina Ç37	3.443	0.556	3.823	0.466	4.316	0.242	4.371	0.179
Bina Ç38	3.938	0.307	4.109	0.277	4.422	0.103	4.367	0.018
Bina Ç39	3.939	0.386	4.169	0.304	4.419	0.296	4.455	0.251
Bina Ç40	3.916	0.350	4.042	0.318	4.379	0.219	4.474	0.259
Bina Ç41	3.583	0.525	3.931	0.407	4.441	0.205	4.538	0.217

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No: 110 M 255</b>
<b>Proje Başlığı:</b> Türkiye'de Bulunan Mevcut Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Tahmini
<b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b> <b>Doç. Dr. Şevket Murat Şenel (Yürütücü)</b> <b>Prof. Dr. Mehmet İnel (Araştırmacı)</b> <b>Doç. Dr. Ali Haydar Kayhan (Araştırmacı)</b> <b>Mehmet Palanci (Burslu öğrenci-Doktora)</b> <b>Ali Kalkan (Burslu öğrenci-Y.Lisans)</b> <b>Yasin Yılmaz (Burslu öğrenci- Y.Lisans)</b>
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> <b>Pamukkale Ünivesitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü, 20070, Kınıklı / DENİZLİ</b>
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:--</b>
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> <b>01.10.2010-01.04.2013</b>
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> <p>110M255 numaralı proje kapsamında pilot olarak seçilen Denizli Organize Sanayi Bölgesindeki bütün prefabrik binaların yapısal özellikleri belirlenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile envanterdeki binaların kapasite eğrileri elde edilmiş ve binaların deprem performansları zaman tanım alanında analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Bölgede bulunan bütün binalara ait hasar görebilirlik eğrileri maksimum yer hızına bağlı olarak çizdirilmiş ve prefabrik binaların deprem performansları olasılıksal yöntemler ile irdelenmiştir. Farklı yapısal özelliklere sahip binaları temsil eden ortalama hasar görebilirlik eğrilerine dayanan hızlı değerlendirme yöntemi önerilmiştir.</p>
<b>Anahtar Kelimeler:</b> <b>Mevcut Prefabrik Sanayi Yapıları, Deprem performansı, Hasar Görebilirlik Eğrileri</b>
<b>Fikri Ürün Bildirim Formu</b> Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> <small>Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.</small>
<b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Şenel Ş.M, Palanci M., Structural Aspects and Seismic Performance of One Story Precast Buildings in Turkey, Journal of Performance of Constructed Facilities doi:http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000316</li><li>• SCI Kapsamındaki dergilerde değerlendirilmekte olan 2 makale daha bulunmaktadır</li></ul>