



**MEVCUT PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM  
PERFORMANSININ BİNA ENVANTERLERİNE  
DAYALI TAHMİNİ**

**Mehmet PALANCI**

**Temmuz 2010  
DENİZLİ**

**MEVCUT PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM  
PERFORMANSININ BİNA ENVANTERLERİNE  
DAYALI TAHMİNİ**

**Pamukkale Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

---

**Mehmet PALANCI**

**Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ş.Murat ŞENEL**

**Temmuz, 2010**

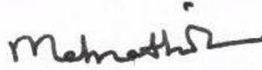
**DENİZLİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU**

Mehmet PALANCI tarafından Yrd. Doç. Dr. Ş. Murat ŞENEL yönetiminde hazırlanan “**Mevcut Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Bina Envanterlerine Dayalı Tahmini**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Ş. Murat ŞENEL  
(Jüri Başkanı, Danışman)



Doç. Dr. Mehmet İNEL  
(Jüri Üyesi)



Doç. Dr. Fuat DEMİR  
(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

~~11.08.2010~~ tarih ve ~~21/18~~ sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Halil KARAHAN

Müdür

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında her anlamda desteğini yanımda hissettiğim, üretme ve paylaşma felsefesinin akademik ortamda da var olmasına önem veren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL, kendisine sıklıkla başvurduğum ve her zaman iyi niyet ve özveri ile bana yardımcı olan hocam Doç. Dr. Mehmet İNEL, değerli çalışma arkadaşlarım Araş. Gör. Engin NACAROĞLU, Orhan Alp ÇETİN, Mehmet BUCAKLI, Burak YEŞİL, Emrah MERAL ve İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün tüm akademik personeline teşekkürlerimi bir borç biliyorum.

Ayrıca, lisans dönemimden bu yana kendisiyle sürekli olarak görüştüğüm, sohbet ettiğim ve hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan sevgili arkadaşım Wanne SOMPHONG'a teşekkür ediyorum.

Büyük özveri ve fedakarlıkla hiçbir zaman desteklerini eksik etmeyen sevgili babam Şeyh Davut, annem Sabahat, canım kardeşlerim Süleyman ve Emine Buşra'ya ne kadar teşekkür etsem az gelir. İyi ki varsınız ...

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

İmza

:

Öğrencinin Adı Soyadı

:

Mehmet PALANCI

## ÖZET

### MEVCUT PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM PERFORMANSININ BİNA ENVANTERLERİNE DAYALI TAHMİNİ

PALANCI, Mehmet  
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği ABD  
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Ş. Murat ŞENEL

Temmuz 2010, 125 Sayfa

Yoğun deprem hareketinin yaşandığı, Türkiye'nin batısındaki ege bölgesinde inşa edilmiş 98 tek katlı, mafsallı prefabrik binanın kapsamlı envanter çalışması yapılmış, binaların yapısal özellikleri ve çeşitliliği belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel çalışmalar, son zamanlardaki depremlerde prefabrik binaların hasarlarıyla ilişkili problemlerin bu envanter binaları içinde geçerli olduğunu göstermiştir. Yüksek titreşim periyotları ve kolonlardaki düşük enine donatı oranı, rijitlik ve süneklilik problemi yaşayan mevcut bina stoğunun bölgesel özellikli olmadığını, aksine yaygın ve ortak olduğunu göstermektedir.

Envanterde yer alan binaların deprem performansı, yapılan saha çalışmalarıyla belirlenen bölge zemini ve yumuşak zemin özelliklerini yansıtan iki deprem senaryosu kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmalar sırasında "Eş-Yer değiştirme Yaklaşımı" kullanılmıştır. İki farklı deprem spektrumu ile bulunan sonuçlar hasar dağılımlarının kötü zemin sınıfından önemli derecede etkilendiğini ve hasarları arttırabildiğini göstermiştir. Yüksek elastik ötelenme oranı ve düşük süneklilik mevcut prefabrik binaların plastik şekil değiştirme kapasitesini düşürmektedir. Bu durum talepteki küçük artışların bile değerlendirme çalışmasının hassasiyetini arttırmaktadır. Sonuç olarak, elde edilen veriler kullanılarak hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Prefabrik binalar, doğrusal olmayan davranış, hızlı değerlendirme, deprem performansı, hasar tahmini

Yrd. Doç. Dr. Ş. Murat ŞENEL

Doç. Dr. Fuat DEMİR

Doç. Dr. Mehmet İNEL

**ABSTRACT****SEISMIC PERFORMANCE ESTIMATION OF EXISTING INDUSTRIAL  
PRECAST STRUCTURES BASED ON BUILDING INVENTORIES**

PALANCI, Mehmet  
M. Sc. Thesis in Civil Engineering  
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Ş. Murat ŞENEL

July 2010, 125 Pages

**Extensive inventory study based on 98 one storey, pin connected precast buildings constructed in high seismicity Aegean region of western Turkey was performed and structural properties of buildings and their variations were determined. Statistical investigations have shown that problems associated with the precast buildings damages in recent earthquakes are also valid in the inventory buildings. Higher vibration periods and lower transverse reinforcement content of columns indicates that stiffness and ductility problems of existing precast building stock are not site specific, but wider and common.**

**Seismic performance of inventory buildings was estimated by using two different demand scenarios, which reflect the site specific properties of investigated region and the properties of weak soil sites. Assessment study was performed “Equal Displacement Approach”. Comparison of results based on different demand spectrums have revealed that damage distributions can greatly be affected and amplified by the weak soil properties. Higher elastic drift and lower ductility capacity of existing precast buildings decreases the plastic deformation capacity. This situation increases the sensitivity of assessment study to even smaller changes in displacement demand. Consequently, rapid evaluation method is developed by using obtained datas.**

**Keywords : Precast buildings, non-linear behaviour, rapid evaluation, seismic performance, damage estimation**

**Asst. Prof. Dr. Ş. Murat ŞENEL**

**Assoc. Prof. Dr. Fuat DEMİR**

**Assoc. Prof. Dr. Mehmet İNEL**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU</b> .....	<b>i</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>

1. GİRİŞ .....	1
1.1. Problemin Tanımı.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Çalışmanın Kapsamı .....	3
1.4. Çalışmanın Düzeni .....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Hızlı Değerlendirme Yöntemleri.....	5
2.1.1. Japon Sismik İndeks Yöntemi.....	5
2.1.2. ATC 21.....	6
2.1.3. FEMA 310.....	6
2.1.4. P25 Yöntemi .....	7
2.2. Prefabrik Yapılarla İlgili Çalışmalar .....	7
3. MEVCUT PREFABRİK YAPILARIN DURUMU .....	9
3.1. Prefabrik Yapıların Tercih Nedenleri.....	9
3.2. Depremler ve Yönetmelikler Açısından Prefabrik Yapılar.....	10
3.3. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde Bulunan Prefabrik Yapıların İncelenmesi. 12	12
3.3.1. Bina Bilgilerinin Toplanması.....	14
3.3.2. Saha Çalışmaları .....	15
3.3.3. Yapısal Bilgilerin İstatistiksel Değerlendirmesi .....	17
4. PREFABRİK YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ.....	22
4.1. Doğrusal Analiz Yöntemleri .....	22
4.1.1. Eşdeğer Statik Analiz Yöntemi.....	22
4.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi .....	23
4.1.3. Doğrusal Dinamik Analiz .....	23
4.2. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri.....	23
4.2.1. Statik İtme Analizi (Pushover).....	23
4.2.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz .....	24
4.3. Doğrusal Olmayan Davranış Kabülleri.....	24
4.4. Plastik Mafsallık Kavramı.....	27
4.4.1. Plastik Mafsallık Bölgeleri.....	30
4.4.2. Plastik Mafsallık Boyu .....	30
4.5. Eğilme Mafsallık Kriterleri .....	31



4.6. Prefabrik Binalarda Yük ve Yer Değiştirme Kapasitenin Belirlenmesi .....	32
4.6.1. Kolonların Yatay Dayanım ve Yer Değiştirme Kapasitesinin Hesabı.....	34
4.6.2. Bina Hasar Sınırlarının Tarifi .....	36
4.7. Prefabrik Binalarda Deprem Talebinin Belirlenmesi.....	37
4.7.1. Doğrusal Olmayan Yer Değiştirme Talebinin Hesabı .....	39
4.8. Seçilen Örnek Binalarda Deprem Performansının Hesabı.....	46
4.8.1. Bina #2 İçin Performans Hesabı .....	46
4.8.2. Bina #69 İçin Performans Hesabı .....	51
4.9. Mevcut Binalara Ait Yapısal Özelliklerin Değerlendirilmesi.....	55
5. HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ .....	60
5.1. Kuramsal Kolon Kesit Modellerine Ait Analizlerin Yapılması.....	61
5.2. Yapı Yatay Dayanım (Taban Kesmesi) Hesabı .....	61
5.3. Yer Değiştirme Kapasitelerinin Hesabı .....	64
5.3.1. Akma Yer Değiştirme Hesabı .....	64
5.3.2. Bina Yer Değiştirme Kapasitesinin Hesabı .....	67
5.3.2.1. Maksimum Beton Şekil Değiştirmesinin Tahmini.....	71
5.3.2.2. Tarafsız Eksen Derinliğinin Tahmini.....	74
5.4. Deprem Talebinin Hesabı .....	77
5.4.1. Bina Kütlesinin Hesabı .....	78
5.4.2. Bina Periyodunun Hesabı.....	80
5.4.3. Yer Değiştirme Talebinin Hesabı .....	82
5.5. Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulaması .....	88
5.5.1. Bina #2 için Hızlı Değerlendirme Yöntemi Performans Hesabı.....	88
5.5.2. Bina #69 için Hızlı Değerlendirme Yöntemi Performans Hesabı.....	90
5.6. Hızlı Değerlendirme Yöntemi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	91
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	93
6.1. Yapılması Önerilen Ek Çalışmalar.....	96
7. KAYNAKLAR .....	98

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1 Mafsallı prefabrik sanayi yapısının tipik görünüşü .....	11
Şekil 3.2 Denizli Organize Sanayi Bölgesinin havadan görünüşü.....	14
Şekil 3.3 Sahadan çekilmiş prefabrik yapının kullanım amacını gösteren fotoğraf .....	16
Şekil 3.4 Prefabrik yapı elemanına ait detay.....	16
Şekil 3.5 Tek katlı prefabrik yapıların örnek gösterimi .....	17
Şekil 3.6 Çok katlı prefabrik yapıların örnek gösterimi.....	17
Şekil 3.7 Karma prefabrik yapıların örnek gösterimi.....	18
Şekil 3.8 İncelenen binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı .....	19
Şekil 3.9 İncelenen binalardaki kolon boyutları (mm) .....	19
Şekil 3.10 İncelenen binalara ait yükseklikler (m).....	19
Şekil 3.11 Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı .....	20
Şekil 3.12 İncelenen prefabrik yapılara ait açıklık uzunlukları (m).....	20
Şekil 3.13 İncelenen prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranı dağılımı ..	21
Şekil 3.14 İncelenen prefabrik yapılardaki kolonların etriye oranı dağılımı .....	21
Şekil 4.1 İtme şekli ve tipik bir yatay dayanım-çatı yer değiştirme grafiği.....	24
Şekil 4.2 Eşdeğer yer değiştirme yaklaşımı .....	25
Şekil 4.3 Eşdeğer enerji yaklaşımı .....	26
Şekil 4.4 Konsol kolonda mafsal oluşumu ile moment ve eğrilik değişimi .....	28
Şekil 4.5 Betonarme kesite ait iki doğrulu hale getirilmiş moment-eğrilik ilişkisi .....	29
Şekil 4.6 Tek açıklıklı mafsallı örnek bir prefabrik yapıya ait kolonların moment eğrilik hesaplarının gösterimi.....	33
Şekil 4.7 Prefabrik kolonlarda moment eğrilik analizleri .....	34
Şekil 4.8 Prefabrik kolonlarda yer değiştirme hesabı .....	35
Şekil 4.9 Prefabrik binalarda göz önüne alınan performans seviyelerinin tarifi.....	37
Şekil 4.10 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi .....	39
Şekil 4.11 Elastik ivme spektrumu (%5 sönümlü).....	40
Şekil 4.12 Elastik tepki spektrumundan talep spektrumunun elde edilmesi.....	40
Şekil 4.13 Deprem talep hesabı için kullanılan ivme tepki spektrumu.....	41
Şekil 4.14 Deprem kayıtlarının dinamik analizi sonucu elde edilen ortalama spektrumu .....	42
Şekil 4.15 Ortalama spektruma göre normalize edilmiş AY2007 ve NEHRP spektrumları .....	42
Şekil 4.16 Doğrusal olmayan yer değiştirme talebinin hesabı ( $T_1 \geq T_B$ ) .....	44
Şekil 4.17 $C_{R1}$ hesabının ilk adımı .....	45
Şekil 4.18 $C_{R1}$ hesabı ikinci adımı ve talep yer değiştirmesinin bulunması .....	45
Şekil 4.19 Bina #2 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm) .....	47
Şekil 4.20 Bina #2'ye ait kapasite eğrisi .....	49
Şekil 4.21 Bina #2'ye ait talep yer değiştirmesinin kapasite eğrisi üzerinde gösterimi	50
Şekil 4.22 Bina #69 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm) .....	51
Şekil 4.23 Bina #69'a ait kapasite eğrisi .....	53
Şekil 4.24 Bina #69'a ait talep yer değiştirmesinin kapasite eğrisi üzerinde gösterimi	54
Şekil 4.25 98 binaya ait belirlenen periyotların dağılımı (T-saniye) .....	56
Şekil 4.26 98 binanın belirlenen yatay dayanım oranlarının dağılımı ( $V_t/W$ ) .....	56
Şekil 4.27 98 binanın belirlenen ötelenme kapasite oranlarının dağılımı ( $\Delta_{G\check{C}}/L$ ) .....	56

Şekil 4.28 98 binanın belirlenen süneklilik kapasitelerinin dağılımı ( $\Delta_{GC}/\Delta_y$ ).....	57
Şekil 4.29 98 binaya ait tespit edilen hasar dağılımları .....	57
Şekil 4.30 Birinci ve ikinci deprem senaryosuna göre bina hasarlarının dağılımı .....	59
Şekil 5.1 9720 adet kuramsal betonarme kesiti oluşturan parametreler.....	61
Şekil 5.2 Mevcut Prefabrik yapılarda kolonların aksenal kuvvet oranı dağılımı.....	62
Şekil 5.3 Analiz ve formül sonucu bulunan moment oranlarının dağılımı.....	63
Şekil 5.4 Mevcut yapıların hesap ve formül sonucu bulunan yatay dayanımlarının karşılaştırılması (kN).....	64
Şekil 5.5 Hesap ve denklem sonucu bulunan akma eğriliklerinin karşılaştırılması (rad/m).....	66
Şekil 5.6 Bir ucu açık betonarme kolonun akma anı eğriliği.....	66
Şekil 5.7 Mevcut binaların hesap ve denklem sonucu bulunan akma yer değiştirmelerinin karşılaştırılması (mm).....	67
Şekil 5.8 Örnek kapasite eğrisi.....	68
Şekil 5.9 Bir ucu açık betonarme kolona ait tipik eğrilik ve yer değiştirme şekli .....	68
Şekil 5.10 Tarafsız eksen derinliğinin eğrilik ile ilişkisi.....	70
Şekil 5.11 Betonarme elemana ait şekil değiştirme .....	71
Şekil 5.12 Göçmenin beton tarafından kontrol edildiği kesitlerdeki çekirdek beton şekil değiştirmesinin sargı donatısına miktarına göre değişimi.....	72
Şekil 5.13 Göçmenin çelik tarafından kontrol edildiği kesitlerdeki çekirdek beton şekil değiştirmesinin sargı donatısına miktarına göre değişimi.....	72
Şekil 5.14 Kolonlarda göçme davranışı belirleyen malzeme belirlenmesi.....	73
Şekil 5.15 Sargı donatısı oranına göre sınıflandırmanın grafiksel gösterimi.....	73
Şekil 5.16 Tarafsız eksen derinliği oranlarının dağılımı ( $\kappa=5.20$ ).....	76
Şekil 5.17 Mevcut binaların hesaplanan ve tahmin edilen yer değiştirme kapasitelerinin karşılaştırılması (mm) .....	77
Şekil 5.18 Örnek sanayi yapısı ve çerçeve görünüşü.....	79
Şekil 5.19 Mevcut binaların hesaplanan ve tahmin edilen kütlelerinin karşılaştırılması ( $kNs^2/m$ ).....	80
Şekil 5.20 Prefabrik bir binaya ait tipik kapasite eğrisi .....	80
Şekil 5.21 Mevcut binaların hesaplanan ve formül ile bulunan periyotların karşılaştırılması (s).....	82
Şekil 5.22 Periyot-talep yer değiştirme oranı ilişkisi .....	83
Şekil 5.23 Yatay Dayanım oranı-periyot ilişkisi.....	83
Şekil 5.24 Periyot-yatay dayanım oranı ilişkisi .....	84
Şekil 5.25 Yüksek titreşim periyotlarında doğrusal olmayan talep yer değiştirmesinin hesabı .....	84
Şekil 5.26 Maksimum yer ivmesinin spektrum üzerinde gösterimi.....	86
Şekil 5.27 Mevcut binaların talep yer değiştirmeleri ile tahmini talep yer değiştirmelerinin karşılaştırılması (mm).....	88
Şekil 5.28 Birinci deprem senaryosu, analiz ve yöntemle göre belirlenen hasarların karşılaştırılması .....	92

## TABLOLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 3.1 Denizli Organize Sanayi Bölgesi Sanayi Tesisleri Sayısı .....	12
Tablo 3.2 2003 yılı itibariyle üretime geçmiş firmaların çalışma alanları.....	12
Tablo 3.3 DOSB’de yer alan bütün sanayi yapılarının dağılımları.....	18
Tablo 4.1 AY2007 Hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğişiklikler.....	31
Tablo 4.2 Bina #2’ye ait makas, aşık bilgileri .....	46
Tablo 4.3 Bina #2’ye ait taşıyıcı eleman bilgileri .....	47
Tablo 4.4 Bina #2 ait kolonların kesme ve yer değiştirme kapasite hesap sonuçları.....	48
Tablo 4.5 Bina #2’ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları.....	49
Tablo 4.6 Bina #2’ye ait talep ve performans sonuçları .....	50
Tablo 4.7 Bina #69’a ait makas ve aşık bilgileri.....	51
Tablo 4.8 Bina #69’a ait taşıyıcı eleman bilgileri .....	52
Tablo 4.9 Bina #69’a ait kolonların kesme ve yer değiştirme kapasite hesap sonuçları.....	53
Tablo 4.10 Bina #69’a ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları.....	53
Tablo 4.11 Bina #69’a ait talep ve performans sonuçları .....	54
Tablo 4.12 Birinci deprem senaryosuna göre 98 binanın belirlenen hasar ve oranları..	55
Tablo 4.13 İkinci deprem senaryosuna göre 98 binanın belirlenen hasar ve oranları....	58
Tablo 5.1 Sargı donatı oranına göre çekirdek beton şekil değiştirme değerleri.....	74
Tablo 5.2 Tarafsız eksen derinliğinin belirlenen parametrelere göre formülize edilmesi .....	74
Tablo 5.3 Göçme durumuna göre tarafsız eksen derinliğinin formülize edilmesi.....	75
Tablo 5.4 Deprem bölgesine göre maksimum yer ivme değerleri.....	87
Tablo 5.5 Bina #2’nin taşıyıcı eleman parametre hesapları (HDY’ye göre) .....	89
Tablo 5.6 Bina #2 sistem kapasite parametreleri (HDY’ye göre).....	89
Tablo 5.7 Bina #2 talep-performans sonuçları (HDY’ye göre) .....	90
Tablo 5.8 Bina #69’un taşıyıcı eleman parametre hesapları (HDY’ye göre) .....	90
Tablo 5.9 Bina #69 sistem kapasite parametreleri (HDY’ne göre).....	91
Tablo 5.10 Bina #69 talep-performans sonuçları (HDY’ne göre) .....	91
Tablo 5.11 Birinci deprem senaryosu, hızlı değerlendirme yöntemine göre 98 binanın belirlenen hasar ve oranları .....	92

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

B	Kesit genişliği
BDO	Boyuna donatı oranı
$C_u$	Tarafsız eksen derinliği mesafesi
$d'$	Paspayı
DOSB	Denizli organize sanayi bölgesi
$f_{ck}$	Beton basınç dayanımı
$f_{yk}$	Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
$f_{ywk}$	Enine donatı karakteristik akma dayanımı
$g$	Yer çekim ivmesi
G	Ölü yük
H	Kesit derinliği
HDO	Hacimsel donatı oranı
HDY	Hızlı değerlendirme yöntemi
İYTS	İvme yer değiştirme tepki spektrumu
k	Rijitlik
L	Kolon boyu
$L_{ort}$	Ortalama bina yüksekliği
$L_p$	Plastik mafsal boyu
m	Bina kütlesi
MYİ	Maksimum yer ivmesi
$M_y$	Akma moment kapasitesi
n	Hareketli yük azaltım katsayısı
N	Eksenel kuvvet
$N_{\%}$	Katsayı (beton ve eksenel kuvvete bağlı)
Q	Hareketli yük
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
s	Etriye aralığı
$S_a$	Spektral ivme
$S_{ael}$	Birinci moda ait elastik spektral ivme

$S_d$	Spektral yer değiştirme
$S_{dil}$	İnelastik spektral yer değiştirme talebi
$S_{dy}$	Akma spektral yer değiştirmesi
$T_A, T_B$	Zemin karakteristik periyodu
$T_1$	Birinci doğal titreşim periyodu
$v_{ti}$	i. kolona ait kesme kapasitesi
$V_t$	Bina yatay dayanımı (Taban kesme kapasitesi)
$V_{te}$	Bina elastik dayanımı
$V_t/W$	Yatay Dayanım Oranı
$W$	Bina ağırlığı
$w_1$	Birinci titreşim moduna ait doğal ağsal frekans
$Z_2$	Zemin cinsi
$\rho_l$	Boyuna donatı oranı
$\rho_t$	Enine donatı oranı
$\Delta_{el}$	Elastik yer değiştirme
$\Delta_y$	Akma yer değiştirmesi
$\Delta_u$	Nihai (maksimum) yer değiştirme
$\Delta_p$	Plastik yer değiştirme
$\% \Delta_p$	Plastik yer değiştirme yüzdesi
$\Delta/L$	Ötelenme oranı
$\phi_y$	Akma eğriliği
$\phi_u$	Nihai (maksimum) eğrilik
$\theta_y$	Akma dönmesi
$\theta_u$	Nihai (maksimum) dönme
$\epsilon_{cu}$	Maksimum şekil değiştirme
$\epsilon_y$	Akma şekil değiştirmesi
$\epsilon_{cç}$	Çekirdek beton şekil değiştirmesi
$\mu$	Süneklik
$\chi$	Katsayı (Eleman türüne göre)

## 1. GİRİŞ

Prefabrik sanayi yapılarının, 1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Marmara depremlerinde büyük hasar görmeleri, dikkatlerin bu yapı türüne çevrilmesine neden olmuştur. Bu depremlerin ardından prefabrik yapıların davranışları, bu yapı türlerinde meydana gelen hasarlar ve bunların nedenleri konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, taşıyıcı sistem ve detaylandırma ile ilgili yeni öneriler ortaya atılmıştır. Bunun sonucunda, 1975 yönetmeliği yenilenerek “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998 (AY1998)” adıyla yürürlüğe girmiştir. 2007 yılında, AY1998 bir kere daha yenilenerek, (AY2007) olarak yürürlüğe girmiştir.

Ülkemizde prefabrik yapılarla ilgili esaslar TS500, TS9967 ve son olarak AY2007 ile tanımlanmıştır. TS500, betonarme yapı sistemlerinin ve elemanlarının kullanım amaç ve süresine uygun güvenilir şekilde tasarlanması ve yapımı ile ilgili kuralları içerirken, TS9967 prefabrik yapı elemanlarının hesap esasları, imalat ve montaj kurallarını içermektedir. AY2007 ise yer hareketine maruz kalacak bina ve bina türü yapıların depreme dayanıklı tasarımı, yapımı ve güçlendirilmesi ile ilgili hesap ve tasarım koşullarını içermektedir.

Yukarıda bahsedilen süreçten de anlaşılacağı gibi, prefabrik yapıların deprem güvenliğinin artırılmasında önemli yer tutan 1998 ve 2007 tarihli yönetmelikler oldukça yenidir ve mevcut prefabrik sanayi yapılarının büyük bir kısmı bu düzenlemelerden önce inşa edilmiştir. Dolayısı ile üzerinde tartışılması gereken asıl sorun yeni yapılacak binalardan ziyade, mevcut yapı stoğunun muhtemel bir deprem felaketine ne ölçüde hazır olduğu ile ilgilidir.

### 1.1. Problemin Tanımı

Ülkemizde yer alan mevcut prefabrik yapılar dahil pek çok yapı “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975 (AY1975)” dikkate alınarak yapılmıştır. Zamanın koşullarına yerine getirebilen bu yönetmelik, yapılan yeni çalışmalarla ve ortaya atılan yeni fikirlerle yerini daha yeni ve gelişmelerin büyük çoğunluğunu

kapsayan AY2007'e bırakmıştır. Dolayısı ile AY2007 öncesi yapılan bu yapılar, bu yönetmeliğin ön gördüğü güvenlik düzeylerine sahip değillerdir. Bu sebeple mevcut yapı stoğunun hızla incelenerek deprem performanslarının detaylı olarak tespit edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Fakat büyük bir kısmı deprem riski altında olan ülkemizde, mevcut yapı stoku düşünüldüğünde her yapı için detaylı yapısal analiz yapılması hem ekonomik hem de pratik açıdan zor bir işlemdir. Bu nedenle, yapıların deprem güvenliğinin kontrolü ve değerlendirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bunun için kullanılan dünyaca kabul görmüş bazı hızlı değerlendirme yöntemlerine örnek olarak Japon Sismik İndeks Yöntemi (1990), ATC-21 (1988) ve FEMA-310 (1998) gösterilebilir. Bu yöntemlerde amaç, binanın mevcut durumu ile kullanılıp kullanılmayacağına veya hangi binanın detaylı olarak incelenmesi gerektiğine karar verebilmektir. Bahsi yapılan hızlı değerlendirme yöntemleri genelde moment aktarabilen (monolitik) betonarme taşıyıcı sistemler için yapılmıştır.

Ülkemizdeki yapı stoğunun büyük bir bölümünü oluşturan tek katlı, birleşimleri mafsallı mevcut prefabrik yapılarıdır. Dolayısı ile bu yapıları durumuna cevap verebilecek için değerlendirme yöntemi geliştirilmesi önem arz etmektedir. Fakat bu binaların envanterlerinin yapılması ve istatistiksel değerlendirilmeleriyle ilgili henüz kapsamlı bir çalışma olmamıştır.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, 2007 yılında yürürlüğe giren mevcut deprem yönetmeliği esas alınarak Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) yer alan tek katlı, birleşimleri mafsallı mevcut sanayi yapılarının doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Daha sonra AY2007, bölüm Ek7C kullanılarak yapıların deprem performansları tespit edilmiştir. Yapılan bu analizler sonucunda DOSB'de yer alan mevcut yapıların hasar tespiti ve bu yapı performanslarının değerlendirilerek hızlı değerlendirme yöntemi geliştirmek amaçlanmıştır.



### 1.3. Çalışmanın Kapsamı

Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) yer alan tek katlı, birleşimleri mafsallı olan mevcut prefabrik yapılar incelenmiştir. Bu yapılara ait kat yükseklikleri, kolon ebatları, kolon boyuna donatı oranları, yanal donatı oranları ve beton sınıfı bilgileri DOSB arşivinde bulunan projelerden ve yapılan saha çalışmalarından elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde DOSB’de tek katlı, birleşimleri mafsallı olan 98 adet prefabrik yapı tespit edilmiştir. Prefabrik yapılara ait tespit edilen eleman bilgileri kullanılarak bu yapılara ait çerçeve modeller oluşturulmuştur. Yapılar ait analizlere başlamadan önce bu 98 adet prefabrik yapıyı oluşturan çerçevelere ait kolonların moment-eğrilik analizleri yapılmış ve daha sonra statik itme analizi neticesinde yapılara ait kapasite eğrileri elde edilmiştir.

Prefabrik yapıların deprem performansının belirlenmesi sırasında elemanların doğrusal olmayan davranışını göz önüne alan, AY2007 ve Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) kullanılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda mevcut prefabrik yapılara ait hesaplanan deprem hasarları konusunda bilgi verilmiş, ve performansa dayalı tasarıma ilkeler açıklanmıştır.

Elde edilen veriler kullanılarak mevcut binaların yatay dayanım, rijitlik, periyot ve süneklik gibi karakteristikleri belirlenmiş ve deprem performans noktaları hesaplanmıştır. Daha sonra, belirlenen tüm parametreler arasındaki ilişkilerin istatistiksel çalışmaları yapılmıştır. Son aşamada ise istatistiksel çalışmaların verileri de kullanılarak hızlı değerlendirme yöntemi geliştirmek amaçlanmıştır.

### 1.4. Çalışmanın Düzeni

İkinci bölümde hızlı değerlendirme yöntemleri ve yapılan çalışmalar ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde DOSB yer alan mevcut prefabrik sanayi yapılarının durumu ve çalışma kapsamında yapılan büro ve saha çalışmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde tek katlı, birleşimleri mafsallı prefabrik yapıların doğrusal olmayan analizinden bahsedilmiştir. Ayrıca bu binalar deprem performanslarının

belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Sonuç olarak, Denizli Organize Sanayi bölgesinde yer alan iki örnek binanın kapasite ve hasar oranları belirlenmiştir.

Beşinci bölümde hızlı değerlendirme yöntemi için önerilen bağıntılar açıklanmış ve yöntemin uygulanması sırasında yapılacak olan adımlardan bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde ise Denizli Organize Sanayi Bölgesinde yer alan prefabrik binaların genel değerlendirmesi ve geliştirilen hızlı değerlendirme yöntemi ile ilgili yapılabilecek ek çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde prefabrik yapılarla ilgili bazı çalışmalar ile yapıların deprem performanslarının hızlı değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan yöntemlere ait önceki çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1. Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

#### 2.1.1. Japon Sismik İndeks Yöntemi

Japonya’da mevcut binaların güvenliklerini değerlendirmek için kullanılan hızlı değerlendirme yöntemleri 1968 Tokachi-oki depreminden sonra geliştirilmeye başlanmıştır. Kullanılan yöntem 1975’de Architectural Institute of Japan (AIJ) tarafından “Seismic Capacity Evaluation Method for R/C School Building” adlı projede test edilmiş ve sonuçları yayınlanmıştır. Sismik indeks adı verilen bu hızlı değerlendirme yöntemi daha sonra 1977’de Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA) tarafından “Standart for Seismic Safety Evaluation and Guideline for Retrofitting of Existing R/C Buildings” ismi ile yönetmelik haline getirilmiştir. 1977 yılında JBDPA tarafından yayınlanan standart 1990 yılında Tokyo Üniversitesi Endüstriyel Bilimler Kurumu’na başkanlık yapan Prof. Dr. T. Okada tarafından revize edilmiştir. 2001 senesinde ise tekrar revize edilerek, standardın ilk ingilizce basımı yapılmıştır.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için bina geometrisi, taşıyıcı sistemi ve yaşı belirlenmelidir. Taşıyıcı sistemi 30 yıldan daha yaşlı, malzeme kalitesi düşük binalara, yangından zarar görmüş yapılara uygulanmaması önerilmektedir. Yöntem, düşük ve orta yükseklikteki (6 kattan daha az) perdeli-çerçeve ve çerçeve binalara uygulanabilir.

Bu yöntemde taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan sistem elemanlarının deprem indeksi belirlenmektedir. Deprem indeksi her kat ve her doğrultuda hesaplanmakta, elde edilen

indeks, bir belirlenmiş karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak binanın deprem davranışı güvenilir yada belirsiz olduğuna karar verilmektedir.

Birinci seviyede beton kesme dayanımı dikkate alınarak, kolon ve perdelerin kesit alanları ile çerçevelerin kapasiteleri hesaplanmaktadır. İkinci seviyede kolon ve perdelerin süneklik kapasiteleri, taşıma gücü ilkeleri kullanılarak hesaplanmakta, kirişlerin rijit olduğu kabul edilmektedir. Üçüncü seviyede yapının tüm göçme mekanizmaları dikkate alınmaktadır.

### **2.1.2. ATC 21**

Bu yöntemde binaların binaların depreme karşı hassasiyetlerinin belirlenmesi amacıyla her binaya değerlendirme puanı verilmektedir. Yöntem, depremde ciddi hasar görebilecek binaların tahmin edilmesini amaçlamaktadır.

Yapı ile ilgili toplanacak bilgilere değerlendirme yapılarak puanlama yapılmaktadır. Puanlama için malzeme kalitesi, düşey düzensizlik, yumuşak kat, burulma, planda düzensizlik, kısa kolon gibi bilgiler hızlı değerlendirme formuna işlendikten sonra bu bilgiler gözönüne alınarak bir puan elde edilir. Bu yöntemle göre, puanın yüksek olması yapıya ait deprem davranışının iyi olduğunu yansıtmaktadır.

Yöntem ile betonarme perdeli yapılar, betonarme çerçeveli yapılar, prefabrik yapılar ve yığma binaların değerlendirilmesi yapılabilir.

### **2.1.3. FEMA 310**

Yapıların bu yöntem ile değerlendirilebilmesi için üç aşama önerilmiştir. Birinci aşamada binaya ait yapısal ve yapısl olmayan elemanları ve binanın bulunduğu bölgenin depremselliği gibi konularda gözlemlere dayanan hızlı bir değerlendirme yapılmaktadır. Eğer herhangi bir yetersizlik ile karşılaşılıyorsa ikinci aşamaya geçilmektedir. İkinci aşama için yapının doğrusal statik veya doğrusal dinamik analizi öngörülmekte ve eğer gerekli ise yapının doğrusal olmayan yöntemlerden herhangi biri ile analiz edilmesi önerilmektedir.

Yöntem her türlü yapıya uygulanabilmektedir. Ancak bu yöntem içerisinde yer alan prefabrik yapıların birleşimleri moment aktaran perdeli veya perdesiz yapılardır.

Yöntemde değerlendirme amacıyla dikkate alınan performans seviyeleri can güvenliği ve hemen kullanım performans seviyeleridir. Bu performans seviyelerine ait detaylı bilgiye FEMA-356'dan ulaşılabilmektedir.

#### **2.1.4. P25 Yöntemi**

Bahsi yapılan yöntemde yapıdaki mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak temel yapısal puanı hesaplanmaktadır. Daha sonra binanın değişik göçme modlarını da gözönüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Son olarak, bu puanların birbirleri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de gözönüne alan bir sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında ya kesin bir bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir.

## **2.2. Prefabrik Yapılarla İlgili Çalışmalar**

Prefabrik konusuyla ilgili olarak yapılan en kapsamlı çalışmalardan birisi PRESS programıdır (Priestley 1996). Programın amacı, değişik deprem bölgelerinde yer alan prefabrik/öngerilmeli betonarme yapılar için yönetmeliklerde yer alacak yol gösterici bilgileri geliştirmektir. Dünyadaki prefabrik yapı modellerine bakıldığında zaman bu yapılardaki birleşimlerin moment aktaran sistemler olarak tasarlandığı görülmektedir. Ülkemizde uygulanış şekline baktığımız zaman birleşim bölgelerinin mafsallı olduğu görülmektedir. Bu sebeple bu program ülkemizdeki tek katlı, birleşimleri mafsallı prefabrik sanayi yapılarını temsil etmemektedir.

Ersoy vd (1993) prefabrik elemanların birleşimlerinin performansı ile ilgili deneysel çalışmaları yapmışlardır. Çalışmada, kullanılan birleşim detaylarının yetersizliği ortaya konmuş ve birleşimlerle ilgili öneriler sunulmuştur.

Özden (1997) yeni yönetmelik taslağında prefabrik yapılarla ilgili olarak, yapıya ve birleşim bölgelerine etkiyecek yatay yük, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve birleşim bölgesi detayı ile ilgili maddeler için görüş ve önerilerini belirtmiştir. Yazar,

AY97'nin tasarımı aşamasındaki metninde yer alan kar yükünün tamamının deprem hesabında gözönüne alınması hükmünden vazgeçilmesini önermiştir. Ayrıca tek katlı, birleşimleri moment aktarmayan prefabrik yapılarda kullanılacak taşıyıcı sistem davranış katsayısına ilişkin öneride bulunmuştur (Süneklik düzeyi yüksek ise  $R=4$ , süneklik düzeyi normal ise  $R=1$ ).

Ersoy (1997) mafsallı ve moment aktaran prefabrik çerçeveli taşıyıcı sistemlerin deprem davranışını irdelemiş ve özellikle tasarım konusunda yanal ötelenme sorununa dikkat çekmiştir. Ayrıca uygulama aşamasındaki olası hataların yol açacağı yetersizlikleri vurgulamıştır.

Özmen ve Zorbozan (1998) AY97'nin yürürlüğe girmesi ile prefabrik yapıların uygulanmasına örnek olarak deprem yönetmeliğinin uygulanması ile ilgili bilgiler vermiştir.

Posada ve Wood (2002) tek katlı prefabrik sanayi yapılarındaki deprem hasarlarını ve bunların sebeplerini incelemişler, özellikle kolon rijitliğinin prefabrik yapıların deprem performansı üzerinde çok etkili olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, sadece kolon boyutlarını arttırmanın bile ilerde oluşabilecek hasarların azalmasına sebep olacağını ileri sürmüştür.

Yılmaz (2004) yüksek lisans tez çalışmasında, AY97'ye göre tasarlanmış tek katlı prefabrik sanayi yapılarının makas birleşimine gelen kuvvetleri ve yatay ötelenme açısından bu yapıların davranışını incelemiştir. Analizler için doğrusal ötesi zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar açısından AY97'nin prefabrik yapılar ile ilgili koşulları değerlendirilmiştir.

Kayhan (2004) yüksek lisans tezinde prefabrik sanayi yapılarının yatay ötelenme açısından davranışında kolon boyutu, boyuna donatı oranı, beton dayanımı, çatı makası uzunluğu, kolon yüksekliği, zemin sınıfı parametrelerinin etkisini, doğrusal ötesi statik itme analizi yöntemini kullanarak incelemiştir. Aynı çalışmada AY97'de tanımlanmış zemin sınıflarına bağlı olarak, tek katlı mafsallı prefabrik sanayi yapılarının maksimum kat ötelenmesinin hızlı bir şekilde tahmini için üstel denklemler önerilmiştir.

### 3. MEVCUT PREFABRİK YAPILARIN DURUMU

Bu bölümde prefabrik yapıların önemi, tercih nedenleri ve Türkiye’de yer alan prefabrik yapılarla ilgili genel bilgiler verilmiş, sonrasında ise DOSB bölgesinde yer alan prefabrik yapıların durumu ve bu yapıların yapılan incelemeler neticesinde yapılan istatistik ve değerlendirilmelerine yer verilmiştir.

#### 3.1. Prefabrik Yapıların Tercih Nedenleri

Fransız kökenli olan ”prefabrikasyon” sözcüğü, ”önceden üretilen” anlamına gelmektedir. Başka bir yerde önceden hazırlanan yapı elemanlarının, belli bir standarda bağlı olarak üretilip yerinde monte edilmesi işlemine prefabrikasyon denir.

Prefabrikasyonun üretiminin fabrika koşullarında yapılması, beton kalitesinin yüksek olmasında önemli bir etkidir. Önceden üretimin belli standartlar çerçevesinde yapılması da inşaat kalitesinin yüksek olmasında ve hata payının azaltılmasında önem arz etmektedir. Aynı zamanda üretim sırasına teknolojiden faydalanılması üretimin süresini kısaltmaktadır.

İnşaat süresinin kısa olması, fabrikasyon sebebiyle kalite kontrolünün daha iyi yapılabilmesi, inşaat faaliyetinin mevsim şartlarından etkilenmemesi gibi avantajlar sebebiyle, prefabrik betonarme yapılar ülke çapında yaygın biçimde tercih edilmiş ve kullanılmıştır.

Ayrıca prefabrikasyon sektörünün deneyimli temsilcilerinin bir araya gelmesi ile 1984 yılında kurulan “Türkiye Prefabrik Birliği”, kendi üyeleri arasında oluşturduğu bir yapılanma ile kalite denetimi ve güvencesini sağlamayı hedefleyen çalışmalar yapmıştır. Birliğin bu konudaki faaliyetleri günümüzde de devam etmektedir.

### 3.2. Depremler ve Yönetmelikler Açısından Prefabrik Yapılar

Büyük bir kısmı deprem bölgesi olan ülkemizde meydana gelen şiddetle depremler sebebiyle özellikle yerleşim birimlerinde önemli miktarda can ve mal kayıpları yaşanmıştır. 1998 yılında Adana-Ceyhan depremi ise geçmiş depremlerden farklı olarak sadece konut türü yapılardan oluşan yerleşim birimlerini değil, çoğu prefabrik yapılardan oluşan sanayi bölgelerini de vurmuştur. Bundan sadece bir yıl sonra meydana gelen Kocaeli ve Düzce depremleri (1999), bölge ve ülke sanayisi üzerinde tamiri ve telafisi mümkün olmayan zararlara sebep olmuştur.

Pek çok kişiye iş imkanı veren, bölgeye ve ülkeye para kazandıran, istihdam yaratan firmaların faaliyet gösterdiği pek çok sanayi tesisi, bu depremler sonucunda yıkılmış veya hasar görmüştür. Depremlerden sonra bu bölgelerde yapılan çok sayıda hasar tespit çalışması bulunmaktadır (Ersoy ve diğ. 2000). Hasar oranlarının bölgeler arasında büyük farklılıklar gösterebilmesi, bölgeye özel deprem talebinin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların önemine işaret etmektedir.

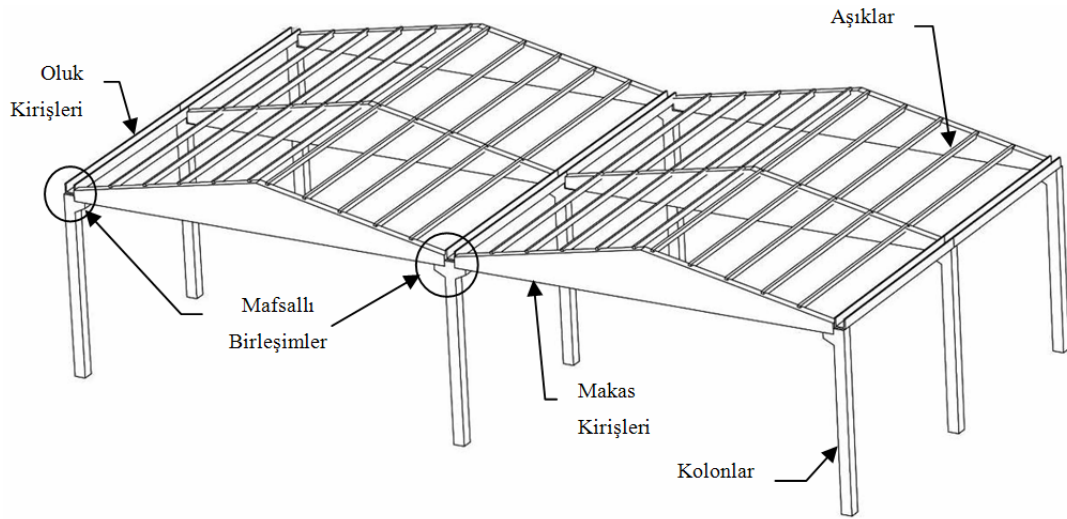
Ayrıca yapılan çalışmalar, Türkiye Prefabrik Birliğine üye olan ve olmayan firmalar tarafından yapılan binalarda oluşan hasar oranlarının da oldukça farklı olabildiğini göstermektedir (Ataköy. 1999).

Yaşanan deprem felaketleri sebebiyle tartışmaların hedefi haline gelen prefabrik yapıların hesabı ve tasarımı ile ilgili düzenleme çalışmalarına ise bir taraftan devam edilmiştir. 1998 yılında yürürlüğe giren Afet Yönetmeliği ile prefabrik binaların hesabında göz önüne alınan deprem kuvvetleri arttırılmış, oluşacak yer değiştirmelere sınır getirilmiş, kullanılacak malzemenin sınıfı ve detaylandırması ile ilgili kurallar ağırlaştırılmıştır. 2007 yılında söz konusu yönetmelik bir kere daha yenilenmiş, mafsallı prefabrik yapıların tasarımında esas alınacak deprem yükleri daha da arttırılmış ve halen yürürlükte olan 2007 yönetmeliğine son şekli verilmiştir.

Yukarda bahsedilen süreçten de anlaşılacağı gibi, prefabrik yapıların deprem güvenliğinin arttırılmasında önemli yer tutan 1998 ve 2007 tarihli yönetmelikler oldukça yenidir ve mevcut prefabrik sanayi yapılarının büyük bir kısmı bu düzenlemelerden önce inşa edilmiştir. Dolayısı ile üzerinde tartışılması gereken asıl sorun yeni yapılacak binalardan ziyade, mevcut yapı stoğunun muhtemel bir deprem felaketine ne ölçüde hazır olduğu ile ilgilidir.



Mafsallı birleşimlerden oluşan 1 ve 2 katlı prefabrik sanayi yapılarının hesabı, kullanılan taşıyıcı sistemin son derece basit oluşundan kaynaklanan kolaylıklar içermektedir. Bina çerçeveleri, mafsallı birleşimleri sebebiyle uçlarında moment oluşmayan kiriş veya makasların kolonlara oturtulması ile elde edilmekte, genellikle benzer özelliklere sahip bu çerçevelerin tekrarlanması ile Şekil 3.1’de gösterilen yapı sistemi oluşmaktadır.



**Şekil 3.1** Mafsallı prefabrik sanayi yapısının tipik görünüşü

Mafsallı birleşimler sebebiyle konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonlar, sadece kolon tabanlarında oluşan plastik mafsallar yardımı ile yer değiştirmekte ve hasar görmektedir.

Yapılan incelemeler sonucunda tek katlı prefabrik sanayi yapılarında aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

- Yetersiz yanıl rijitlik,
- Yönetmelik hükümlerini sağlamayan tasarımlar,
- Yerel zemin koşullarının dikkate alınmaması,
- Birleşim bölgelerinde meydana gelen hasarlar,

- Tasarımda göz önüne alınan dayanım seviyesinin yetersizliği (R),
- Tek katlı ve mafsallı binalarda daha büyük hasar oluşumu

### 3.3. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde Bulunan Prefabrik Yapıların İncelenmesi

Denizli Organize Sanayi Bölgesi, 24.01.1975 tarihinde, Denizli – Afyon karayolu üzerinde kurulmuştur. Bölgede büyüklükleri değişen toplam 141 adet sanayi parseli planlanmıştır. 1996 yılında ilave imar planı yapılarak parsel sayısı 159'a ulaşmıştır.

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde toplam 159 adet muhtelif büyüklükte sanayi parseli bulunmakta ve parsel büyüklükleri 5000 m<sup>2</sup> ile 110.000 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. 1988 yılı Haziran ayında 14 adet tesis inşaatlarını tamamlayarak üretime geçmiştir. 2003 yılı itibari ile Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde inşaatını tamamlayan ve üretime geçen sanayi tesislerinin yıllara göre dağılımı aşağıdaki Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Tablo 3.2'de ise 2003 yılı itibari ile üretime geçen ve inşa halinde bulunan firmalar faaliyet alanlarına göre yapılan guruplandırma esas alınarak verilmektedir. Tablo 3.2'den anlaşılacağı üzere, sanayi sitesinde üretim faaliyetinde bulunan firmaların büyük çoğunluğunu tekstil sanayi ve sonra da kimya sanayi oluşturmaktadır.

**Tablo 3.1** Denizli Organize Sanayi Bölgesi Sanayi Tesisleri Sayısı

YIL	Üretime Geçen Sanayi Tesisleri Sayısı	YIL	Üretime Geçen Sanayi Tesisleri Sayısı
1986	5	1995	9
1987	5	1996	19
1988	4	1997	10
1989	11	1998	4
1990	19	1999	4
1991	15	2000	5
1992	7	2002	1
1993	5	2003	4
1994	8	Toplam	135

**Tablo 3.2** 2003 yılı itibariyle üretime geçmiş firmaların çalışma alanları

ÜRETİMDE OLAN FİRMALAR				
			ÜRETİM	İNŞAAT
1	.GRUP	TEKSTİL		
	A-)	Dokuma ve Giyim Sanayi	80	12
	B-)	İplik Sanayi	7	
2	.GRUP	KİMYA		
	A-)	Tekstil-Boya-Apre	12	4
	B-)	Diğer Kimya	1	
3	.GRUP	PLASTİK SANAYİ	2	
4	.GRUP	TARIM ALETLERİ MAKİNA SANAYİ	4	2
5	.GRUP	DEMİR DIŞI METAL SANAYİ	5	1
6	.GRUP	CAM SANAYİ	3	
7	.GRUP	KAĞIT SANAYİ	1	2
8	.GRUP	DEMİR-ÇELİK SANAYİ	5	3
9	.GRUP	MADENİ EŞYA SANAYİ	3	
10	.GRUP	ELEKTRİK-ELEKTRONİK SANAYİ	1	
11	.GRUP	ELEKTRİK ÜRETİM SANAYİ	2	
12	.GRUP	MERMER SANAYİ	3	
13	.GRUP	GIDA SANAYİ	1	1
14	.GRUP	MESLEK-BİLİM-ÖLÇÜ- KONTROL	1	1
		TOPLAM	131	26
		GENEL TOPLAM	156	

Denizli Organize Sanayi Bölgesi müdürlüğüyle yapılan iş birliği çerçevesinde bölgede faaliyet gösteren firmalar hakkında bilgiler alınmıştır. Alınan bilgiler 2009 yılı itibari ile 154 adet firmanın toplam 203 adet sanayi yapısında faaliyetlerine devam ettiğini göstermektedir. Bu binaların 49 adeti monolitik betonarme, betonarme veya çelik sistem olarak yapılmıştır. Bu durumda geri kalan prefabrik sanayi yapılarının genel toplam içindeki oranının %76 gibi çok önemli bir yer tuttuğu gözlenmektedir. Denizli Organize Sanayi (DOSB) bölgesinin havadan görünüşü ve söz konusu fabrikaların yerleşimi Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



**Şekil 3.2** Denizli Organize Sanayi Bölgesinin havadan görünüşü

DOSB’de yer alan prefabrik yapılara ait verilerin toplanması sırasındaki aşamalar ve bu prefabrik yapıların incelenmesine ilişkin yapılan çalışmalara bir alt bölümde değinilmiştir.

### **3.3.1. Bina Bilgilerinin Toplanması**

Denizli’de bulunan organize sanayi bölgelerinin en büyüğü olan, bölge ve ülke üretimi açısından önemli yere sahip Denizli Organize Sanayi Bölgesi’ndeki yapı stoğunun büyük bir bölümü betonarme prefabrik yapılardan oluşmaktadır. Yapılan

tespitler doğrultusunda Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü ile görüşülmüş, bölgede bulunan prefabrik yapı stoğunun deprem performansının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılması önerilmiştir.

Bölge Müdürlüğünün ve yönetim kurulunun olumlu yaklaşımları ve sağlamış oldukları destek ile bölgede bulunan prefabrik yapılar incelenmiştir. Böylece ilk olarak bölge müdürlüğü arşivinde bulunan binalara ait betonarme projeler tek tek incelenmiş, binalara ait envanter bilgilerini içeren veri tabanları hazırlanmıştır.

İncelenen binaların kolon yükseklikleri, kolon ebatları, kolon boyuna donatı oranları, yanal donatı oranları ve beton sınıfı bilgileri elde edilmiştir. Bu bilgilerin verilerin dijital ortama aktarılması sırasında Excel ve binalara ait taşıyıcı sistemlerinin çizimleri için ise AutoCAD programı kullanılmıştır.

### **3.3.2. Saha Çalışmaları**

Veri toplanması çalışmalarında sonra Pamukkale Üniversitesi ve bölge müdürlüğünden gelen teknik personelin katılımı ile fabrikalarda hızlı tarama çalışmaları yapılmış, eleman, bina boyutlarının ve proje envanterlerinin doğruluğu kontrol edilmiş sonuçta veri tabanı güncel hale getirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında incelenen binalarının kullanımı amacını, prefabrik yapı elemanlara ait detayları içeren resimler ve vidyolar çekilmiştir. Saha çalışmaları sırasında incelenen prefabrik bir yapı ait çekilen fotoğraflar Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.3** Sahadan çekilmiş prefabrik yapının kullanım amacını gösteren fotoğraf



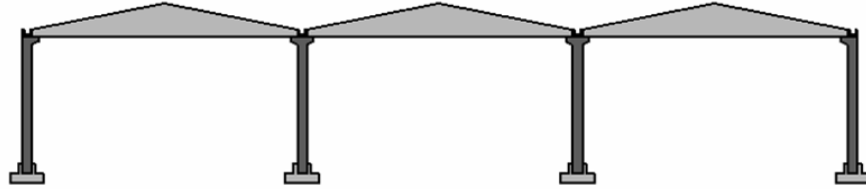
**Şekil 3.4** Prefabrik yapı elemanına ait detay

### 3.3.3. Yapısal Bilgilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

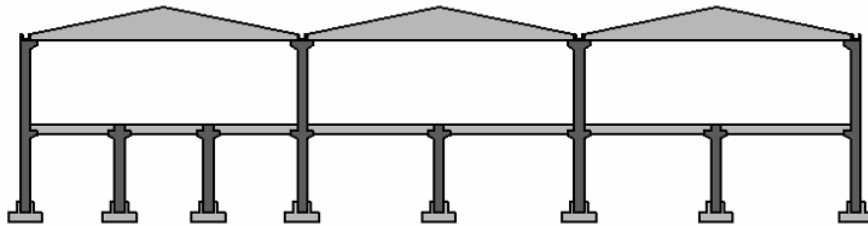
Bu bölümde toplanan bilgilerin kullanılması ile prefabrik binaları temsil eden taşıyıcı sistem modelleri hazırlanmıştır.

Veri toplama faaliyeti kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi arşivinden toplamda 154 adet prefabrik yapıya ait projeler alınmış ve incelenmiştir. Bu projelerin tamamı taranmış ve toplanan bilgiler veri tabanlarına eklenmiştir. İncelemesi yapılan prefabrik yapılardan çıkarılan veriler üzerinde bazı istatistiksel çalışmalar yapılmış (kat sayısı, kolon boyutlarının dağılımı, bina yükseklikleri, donatı oranları, v.b.) tablolar halinde verilmiştir.

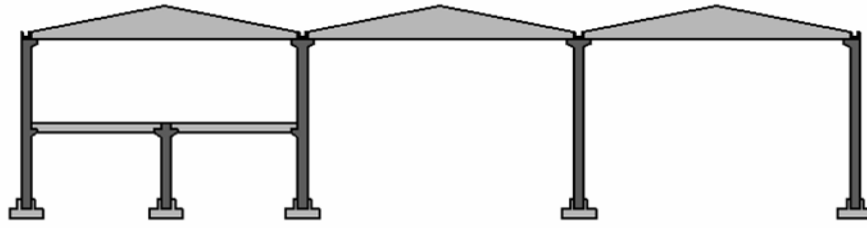
Proje ve saha çalışmaları ile incelenen 154 adet prefabrik yapı tek katlı, iki katlı ve karma (hem tek hem çok katlı) olmak üzere 3 başlık altında toplanmıştır. Üç ve üzeri katlı yapılar ise bina stoğu içinde çok küçük bir miktarı temsil ettiği için ayrıca gösterilmiştir. DOSB’de yer alan yapıların kat dağılımları ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 3.3’de verilmiştir. Ayrıca incelenen 154 adet binada tespit edilen yapısal parametrelerin dağılımı Şekil 3.8~Şekil 3.14’te verilmektedir.



Şekil 3.5 Tek katlı prefabrik yapıların örnek gösterimi



Şekil 3.6 Çok katlı prefabrik yapıların örnek gösterimi



Şekil 3.7 Karma prefabrik yapıların örnek gösterimi

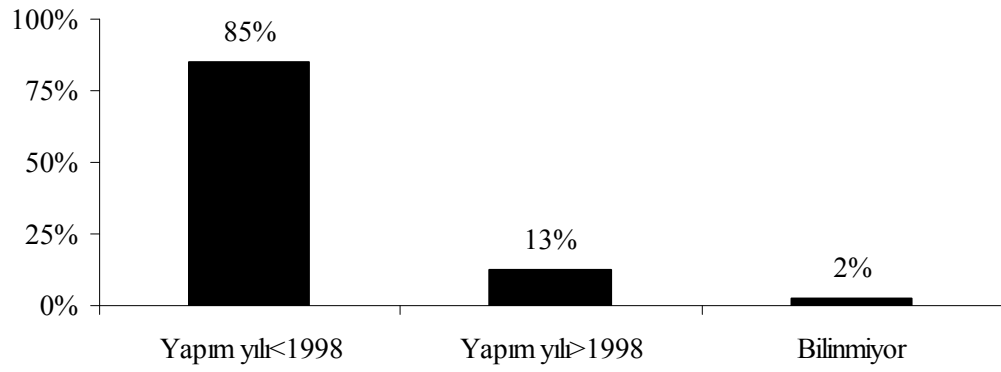
Tablo 3.3 DOSB’de yer alan bütün sanayi yapılarının dağılımları

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%	

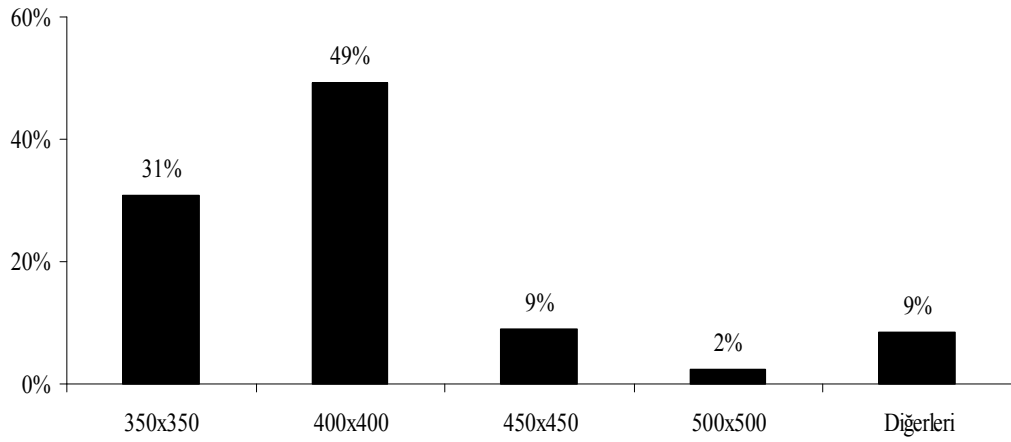
Tablo 3.3’den anlaşılacağı üzere DOSB’de yer alan prefabrik yapıların %66 gibi büyük bir çoğunluğunu tek katlı prefabrik yapı stoğu oluşturmaktadır.

Şekil 3.8’de incelenen binaların yapım yıllarının dağılımı verilmektedir ve tahmin edileceği gibi mevcut prefabrik sanayi yapılarının büyük bir çoğunluğu, 1998 yılında yürürlüğe giren yönetmelik hükümlerinden önce inşaa edilmiş binalardan oluşmaktadır. Şekil 3.9’da verilen dağılım ise kolonların büyük bir kısmının 35 ve 40 cm’lik boyutlara sahip kare kesitli kolonlardan oluştuğunu göstermektedir. Şekil 3.10’da ise incelenen bina yüksekliklerinin çoğunlukla 6-7m seviyelerinde olduğunu göstermektedir. Bu bilgi ise depremlerden sonra yapılan ve yetersiz yanal rijitlik sorununa işaret eden çalışmaları desteklemektedir.

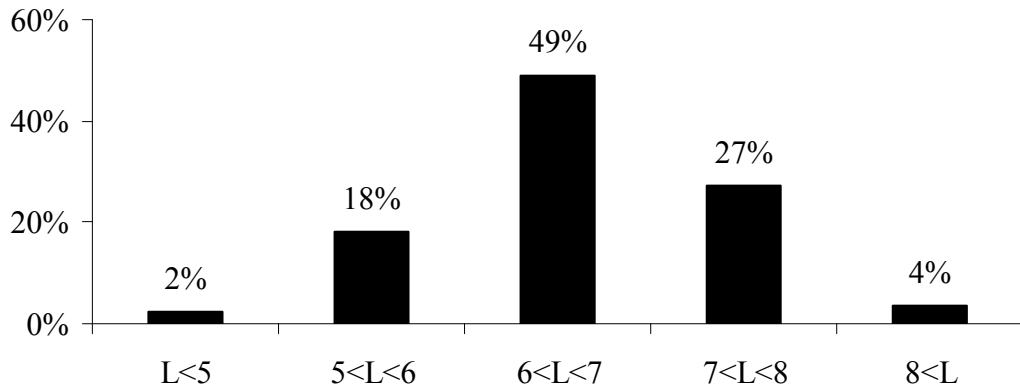




**Şekil 3.8** İncelenen binalara ait yapım tarihlerinin dağılımı

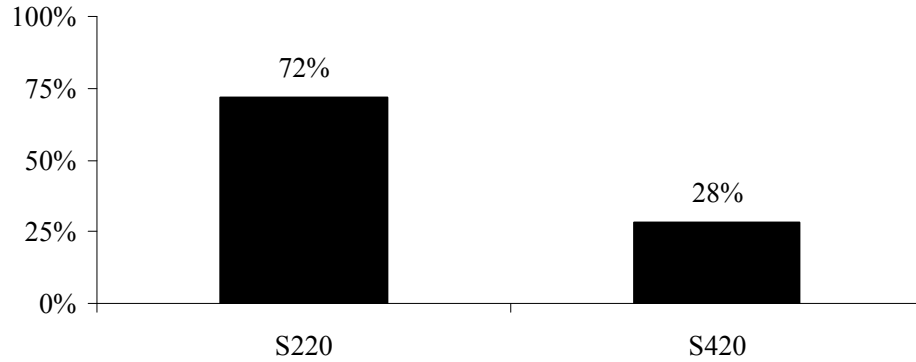


**Şekil 3.9** İncelenen binalardaki kolon boyutları (mm)

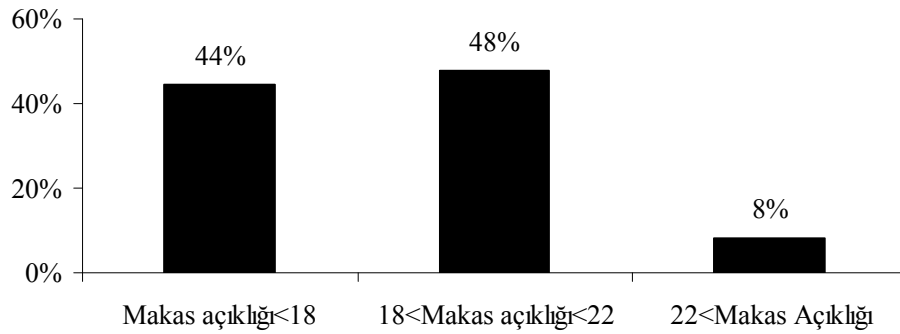


**Şekil 3.10** İncelenen binalara ait yükseklikler (m)

Envanter çalışması sırasında incelenen kolonların tamamında kullanılan boyuna donatı sınıfı S420'dir. Bununla birlikte enine donatılarda hem S220 hem de S420 sınıfı çelik kullanıldığı belirlenmiştir. Envanterde yer alan kolonlardaki enine donatı sınıfının değişimi Şekil 3.11'de verilmiştir. Prefabrik yapıların makas uzunluklarının ise genelde 18-22 m arasında değiştiği gözlenmiş ve Şekil 3.12'de verilmiştir.



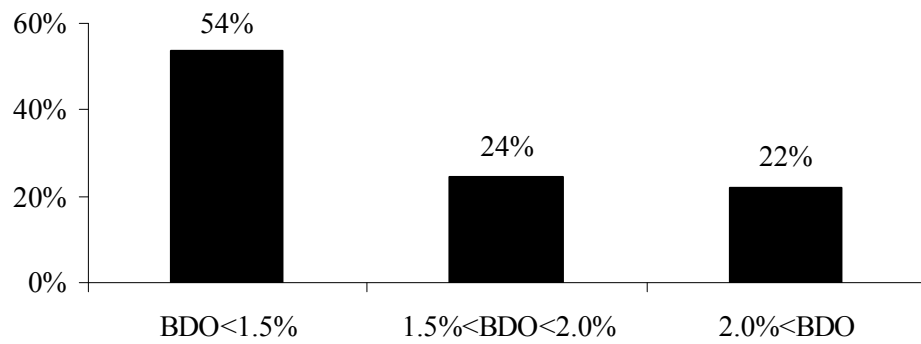
**Şekil 3.11** Kolonlarda kullanılan enine donatı sınıfının dağılımı



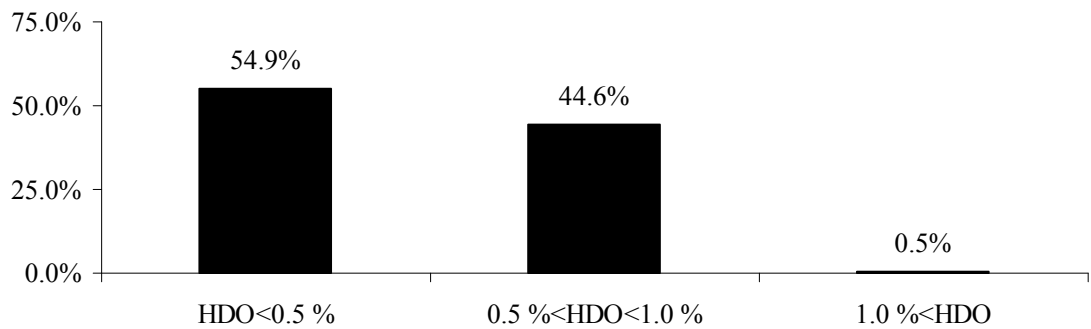
**Şekil 3.12** İncelenen prefabrik yapılara ait açıklık uzunlukları (m)

Boyuna ve enine donatı oranlarının dağılımı Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Şekil 3.13'ten anlaşılacağı gibi kolonların çoğunda bulunan boyuna donatı miktarı yönetmelikte verilen minimum donatı oranına yakındır. Şekil 3.14'te görüldüğü gibi enine donatının hacimsel oranları 1975, 1998 ve 2007 tarihli

yönetmeliklerde verilen koşulları sağlamaktan uzak görünmektedir. 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. Yetersiz enine donatı oranı, hesapta göz önüne alınacak şekilde değiştirme kapasitesini ve dolayısıyla da yer değiştirme kapasitesini belirlediği için, doğrusal elastik olmayan yöntem ile performans hesabını etkileyen en önemli faktörlerdendir.



**Şekil 3.13** İncelenen prefabrik yapılardaki kolonların boyuna donatı oranı dağılımı



**Şekil 3.14** İncelenen prefabrik yapılardaki kolonların etriye oranı dağılımı

#### 4. PREFABRİK YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ

Bu bölümde DOSB’de yer alan tek katlı mafsallı prefabrik yapıların doğrusal olmayan analizi ve deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili aşamalardan bahsedilmiştir. Bu aşamalardan önce doğrusal olmayan analiz ve analiz yöntemleri hakkında genel ve teorik bilgiler verilmiştir. Bölüm sonunda uygulanana hesap yönteminin daha iyi anlaşılabilmesi için ise bölgede bulunan örnek 2 binanın doğrusal olmayan analizi yapılmıştır.

Sınıflandırma yapmak gerekirse analiz yöntemleri genel olarak iki sınıfa ayrılabilir.

- Doğrusal analiz yöntemleri,
- Doğrusal olmayan analiz yöntemleri

##### 4.1. Doğrusal Analiz Yöntemleri

Bu analiz yönteminde doğrusal ötesi davranışı dikkate almadan malzemenin sadece doğrusal ve elastik davrandığı kabul edilerek yapının çeşitli yük kombinasyonları altında çözümü yapılmaktadır. Bu yöntemde yapı düşey ve yatay yükler altında ayrı ayrı çözülmekte, muhtemel yük kombinasyonlarına göre bulunan sonuçlar süperpoze edilmekte ve yapının maruz kalacağı düşünülen kesit tesirleri hesaplanmaktadır.

##### 4.1.1. Eşdeğer Statik Analiz Yöntemi

Bu yöntem en eski ve en basit analiz yöntemidir ve inşaat mühendisliği teknik şartnamelerinde dikkate alınan temel yöntemdir. Yapıya uygulanan yüklerin, elemanların rijitlikleri oranında dağılması esasına dayanan bir yöntem olması sebebiyle günümüz bilgisayar teknolojisi yardımıyla rahatlıkla çözümlenebilmektedir. Fakat bu yöntem düzensiz ve birinci doğal titreşim periyodu (1. mod) katkısının az olduğu yüksek periyotlu yapılarda doğru sonuçlar vermemektedir. Bu sebeple bu yöntemin uygulanabilmesi için bazı kısıtlamalara gidilmiştir.

#### 4.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi farklı modların katkılarının birleştirilmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde de malzeme ve yapı sisteminin doğrusal elastik davrandığı kabulü yapılır.

#### 4.1.3. Doğrusal Dinamik Analiz

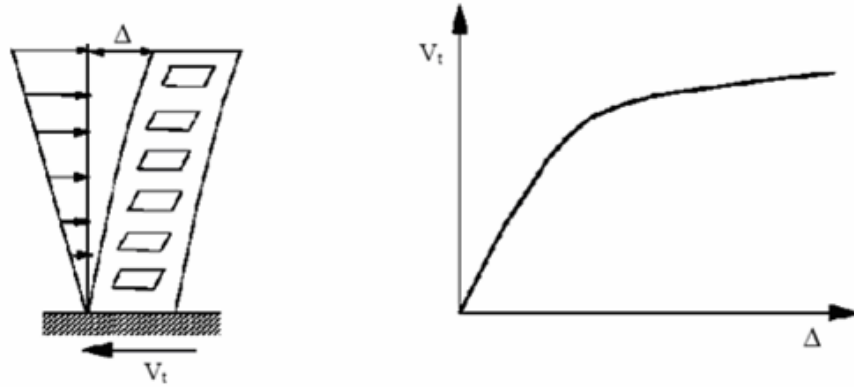
Bu analiz yönteminde yapı gerçek yada gerçeğine benzetilmiş deprem kaydı altında küçük zaman aralıkları boyunca sistemin dinamik denge denklemlerinin nümerik integrasyonu yapılarak çözümlenir. Bu işlem her zaman aralığı (adımı) için uygulanarak sonuca ulaşılır. Bu yöntem ile yapıda çeşitli depremler sonucunda meydana gelebilecek elastik talep belirlenebilir.

### 4.2. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Yapıların tasarım yükleri ve deprem etkisi altında, doğrusal olarak davrandığını kabul etmek çok gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bu nedenle yapının dayanım ve şekil değiştirme kapasitesi, kritik yüklemelerin yapı elemanları arasında nasıl paylaşılacağıının belirlenmesi ancak doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle mümkündür.

#### 4.2.1. Statik İtme Analizi (Pushover)

Bu yöntem öngörülen bir yük dağılımı altında, yapı stabilitesi bozulana kadar itilerek gerçekleştirilir. Bina belirlenen bir yer değiştirme seviyesine yada satibilite kaybolana kadar itilirken analizin her safhasında taban kesmesi ( $V_t$ ) ve yer değiştirme değeri (genellikle çatı ötelenmesi) ( $\Delta$ ) kaydedilir. Böylelikle Şekil 4.1'dekine benzer bir grafik elde edilir.



**Şekil 4.1** İtme şekli ve tipik bir yatay dayanım-çatı yer değiştirme grafiği

Böylece yöntem yapıda oluşacak hasarın belirlenmesi ve muhtemel göçme mekanizmasının nasıl oluşacağını anlamak için önemli bilgiler verir.

#### 4.2.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Bu yöntemde ivme kaydı küçük zaman dilimlerine bölünerek her zaman dilimindeki hız ve yer değiştirme değerleri bulunur. Yapısal elemanların herhangi birinde akma sınırına veya göçme sınırına ulaşıldığında yapı rijitlik matrisi yenilenerek analize devam edilir. Bu analiz türü için geliştirilmiş birkaç farklı yöntem var olmakla birlikte bu yöntemlerin detayları yapı dinamiği kitaplarında bulunabilir (Chopra, 2000).

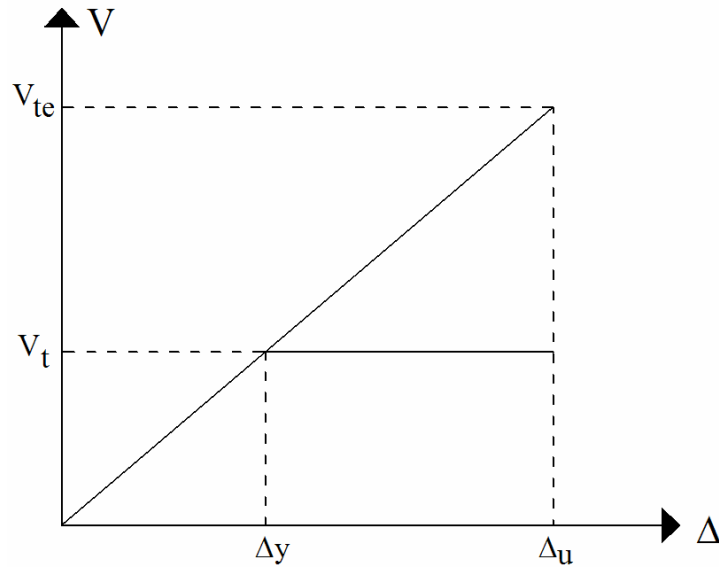
#### 4.3. Doğrusal Olmayan Davranış Kabülleri

Yapıları deprem yükü gibi büyük ve ani etkiler karşısında elastik sınırlar içinde kalacak şekilde tasarlamak ekonomik olmayacaktır. Bu sebeple tasarımda kullanılan deprem kuvvetleri, elastik deprem yükünün bir katsayıya bölünmesi ile hesaplanmakta, böylece yapının plastik şekil değiştirme yapmasına imkan verilmektedir. AY2007’de elastik deprem yükü, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ile bölünerek tasarım deprem yükleri elde edilmektedir.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısının artışı, yapıda hedeflenen enerji tüketme kapasitesinin yüksek olduğuna işaret etmekte ve tasarım yüklerinin azaltılmasını gerektirmektedir. Bu durumun tersi ise plastik şekil değiştirme ile enerji tüketiminin az olduğu ve tasarım yüklerinin arttırıldığı duruma karşılık gelmektedir. Bu durum aslında

yapıların dinamik (deprem) yükler altında yer değiştirme yaparak hasar göreceği felsefesine dayanmaktadır. Bu yer değiştirmenin hangi seviyede olduğu konusunda iki yaklaşımdan bahsedilebilir : Eşdeğer yer değiştirme ve eşdeğer enerji yaklaşımı.

Binalarda, elastik ve maksimum yer değiştirmenin birbirine eşit olduğunu kabul eden yaklaşıma eşdeğer yer değiştirme yaklaşımı denir. Bu yaklaşımı ifade eden gösterim Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2** Eşdeğer yer değiştirme yaklaşımı

Yaklaşımına göre en büyük yer değiştirmelerin eşitliğinden yola çıkılarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı,

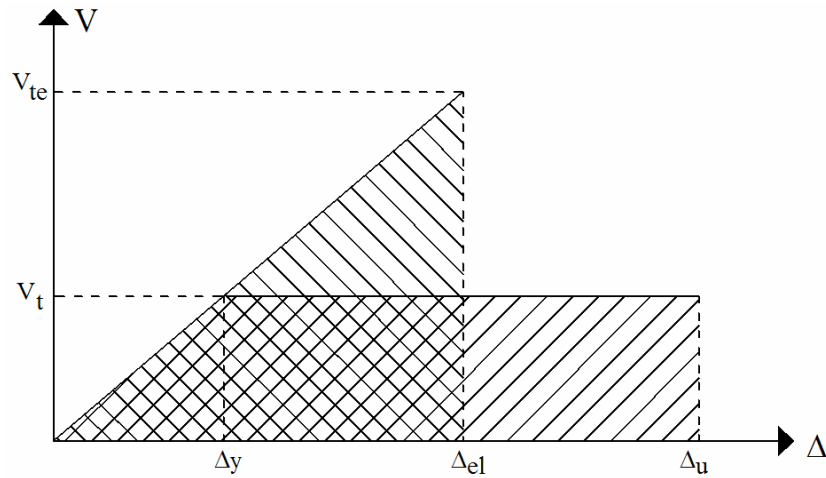
$$R = \frac{V_{te}}{V_t} \quad (4.1)$$

Denklem (4.1) ile ifade edilmektedir. Yer değiştirme sünekliliği ise denklem (4.2)’de verilmiştir.

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (4.2)$$

Denklemlerde yer alan  $V_{te}$  ve  $V_t$  sırasıyla yapı elastik ve yatay dayanımını,  $\Delta_u$  ve  $\Delta_y$  ise elastik yer değiştirme ve nihai yer değiştirmesini ifade etmektedir. Bu duruma göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı yer değiştirme sünekliğine eşittir.

Bir diğer davranış yaklaşımı ise eşdeğer enerji yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre elastik ve elastik olmayan sistemlerin şekil değiştirme enerjilerinin eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu durum Şekil 4.3’de gösterildiği gibi ifade edilmektedir. Bu hesap yaklaşımının daha çok kısa periyotlu yapılar için uygun olduğu bilinmektedir.



**Şekil 4.3** Eşdeğer enerji yaklaşımı

Buna göre yapılan işlerin eşitliğinden,

$$\frac{1}{2}V_{te}\Delta_{el} = V_t \left( \Delta_u - \frac{\Delta_y}{2} \right) \quad (4.3)$$

Denklem (4.3) düzenlenerek R, yer değiştirme sünekliğine bağlı olarak yazılırsa denklem (4.4) elde edilir.

$$R = \sqrt{2\mu - 1} \quad (4.4)$$

Denklem (4.4)’ten yararlanarak akma anındaki kuvvet denklem (4.5) ve elastoplastik sistemin toplam yer değiştirmesi ise denklem (4.6) ile hesaplanmaktadır.



$$V_t = \frac{V_{te}}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (4.5)$$

$$\Delta_u = \frac{\mu}{\sqrt{2\mu - 1}} \Delta_{el} \quad (4.6)$$

Bu iki yaklaşım yapıların depremlerde göstereceği doğrusal olmayan davranışları hakkında ipucu vermektedir. Fakat hangi binanın eşenerji veya eş yer değiştirme yaklaşımına uygun davranış göstereceği sorusu akla gelmektedir. Bu konuda literatürde benimsenen yaklaşım, birinci doğal titreşim periyodu 0.5 saniyeden küçük olan binaların eş-enerji yaklaşımına uygun bir davranış göstereceği, periyodu 0.7 saniyeden büyük olan binaların ise eş yer değiştirme yaklaşımına uygun bir davranış göstereceği benimsenmiştir (Atımtay, 2000a).

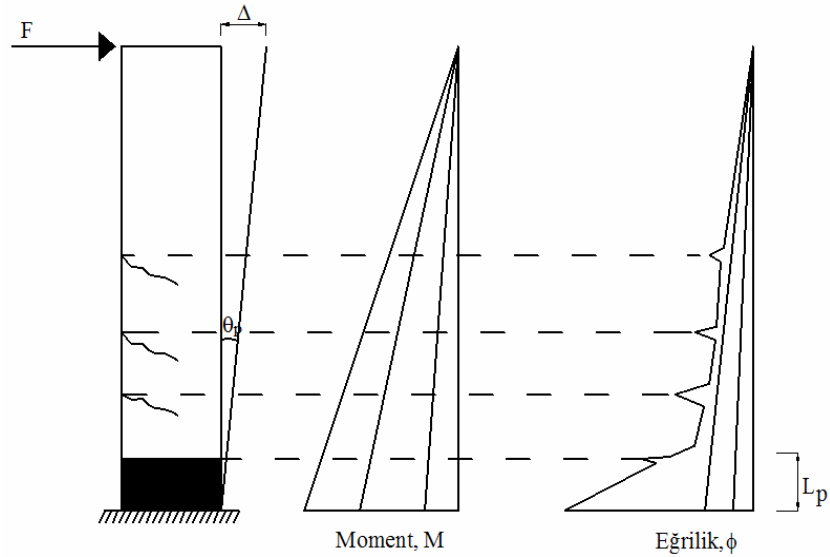
#### 4.4. Plastik Mafsal Kavramı

Bir kesitteki plastik mafsal oluşumu, o bölgenin taşıma kapasitesine ulaşmasıyla başlamaktadır. Şekil 4.4'de yanal F yükünün artırılmasıyla konsol kolonun yer değiştirme yapması sağlandığında kolonun alt bölgesinde çatlakların giderek yoğunlaştığı gözlemlenir. Eleman boyunca moment diyagramından da görüldüğü gibi, kolon alt bölgesinde moment akma momentine ulaşıncaya dek büyür. Bu aşamadan itibaren moment değerinde çok büyük bir artış gözlemlenmez. Artık, kesit taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Bundan sonra taşıma kapasitesinde çok büyük artışlar gözlenmezken eğrilikte ve dolayısıyla plastik şekil değiştirmelerde büyük artışlar meydana gelir. Bu sebeple, bu bölgede plastik şekil değiştirmeler başlamıştır ve bu bölge plastik mafsal bölgesi olarak adlandırılır.

Bu bölgelerde, betonarme kesit taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra bir miktar daha plastik şekil değiştirme yapmaktadır. Esasen betonarme bir kesitteki şekil değiştirme kapasitesini etkileyen pek çok faktör bulunmakla birlikte bunların en önemlileri şunlardır :

- Aksenal kuvvet,
- Beton kalitesi,

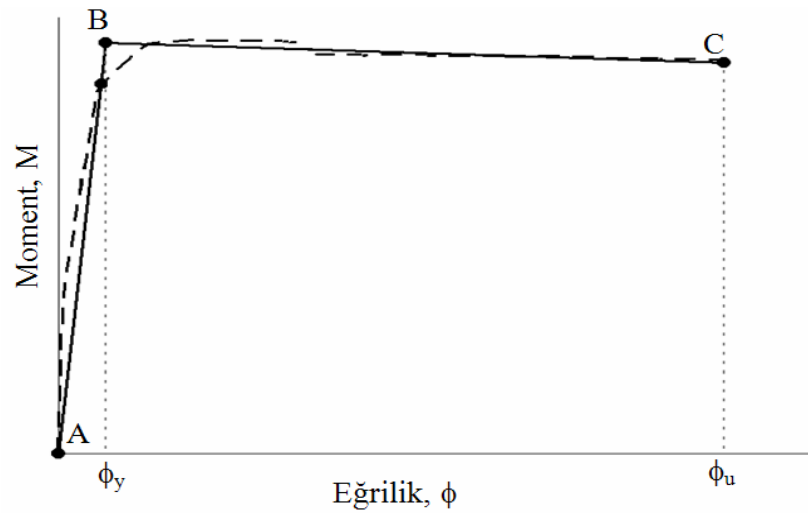
- Boyuna donatı oranı,
- Sargılama.



**Şekil 4.4** Konsol kolonda mafsall oluşumu ile moment ve eğrilik değişimi

Şekil 4.5'te verilen betonarme kesitin moment-eğrilik ilişkisi incelendiği zaman, davranışın elastik ve plastik bölgelerden oluştuğu görülür. Momentin küçük değerleri için, moment-eğrilik bağıntısı yaklaşık olarak doğrusal ve elastik olarak kabul edilebilir. Bu bölgede kesitteki beton ve donatı esas olarak doğrusal davranış bölgesinde kaldığı için, moment-eğrilik bağıntısı da benzer özelliktedir. Bununla birlikte, kesitte gerilmelerin artmasıyla çekme bölgesindeki betonun çatlaması, beton ve çelikte elastik sınırların doğrusal olmayan şekil değiştirmeler hızla aşılmaya başlaması ile artar.

Bu bölge (B-C arası) eğri yataya yakındır ve doğrusal olmayan plastik davranış etkilidir. Kesitin taşıyacağı momentte az bir artış meydana gelirken, eğrilik belirgin şekilde artar ve kesitin eğrilik kapasitesine ulaşması ile son bulur.



**Şekil 4.5** Betonarme kesite ait iki doğrusal hale getirilmiş moment-eğrilik ilişkisi

Her iki doğrusal davranış birbirinden kesin bir nokta ile ayrılmaz. Ancak, çekme donatısının akmaya erişmesi veya beton şekildeğişirmesinin 0.002'ye ulaşması bu iki aralığı ayıran önemli bir nokta olarak kabul edilebilir. Herhangi bir plastik mafsal bölgesinin başlangıç ve bitiş noktası arasındaki plastik şekil değiştirme farklarından kaynaklanan dönme farkına plastik dönme, akma anındaki elastik şekil değiştirmelerden kaynaklanan dönmeye ise elastik dönme denir. Bu dönme değerleri sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\theta_y = \phi_y L_p \quad (4.7)$$

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) L_p \quad (4.8)$$

$\theta_y$  : Akma dönmesi,

$\theta_p$  : Plastik dönme,

$\phi_y$  : Akma eğriliği,

$\phi_u$  : Nihai eğrilik,

$L_p$  : Plastik mafsal boyu.

#### 4.4.1. Plastik Mafsallık Bölgeleeri

Betonarme elemanlarda en büyük kesit tesirlerine uç bölgeler maruz kalmaktadır. Hasar ve doğrusal olmayan davranış bu bölgelerde görülmektedir. Plastik mafsallar, yönetmeliğimizde etriye sıklaştırması yapılması şartı bulunmasından dolayı sargı bölgesi olarak da adlandırılan bu bölgelerde tanımlanmıştır.

Plastik mafsalların tanımlanmasında, sözü edilen etriye aralıkları bu bölgeler için göz önüne alınmaktadır. Betonarme elemanların orta bölgelerinin elastik kalacağı varsayıldığından bu bölgelerde bulunan yanal donatı miktarının analizlerde önemi yoktur. Bu bölgelerde hasar beklenmesi durumunda bu noktalarda da plastik mafsal tanımlanabilir. Fakat bu çalışmada ele alınan tek katlı mafsallı prefabrik kolonların konsol şeklinde davranması sebebiyle mafsallaşmanın sadece kolon sarılma bölgesinde olduğu kabul edilmiş ve analizler buna göre yapılmıştır.

#### 4.4.2. Plastik Mafsallık Boyu

Süneklik üzerinde önemli bir etkisi olan plastik mafsal boyunun uzunluğu ile ilgili olarak pek çok parametre yer almakla birlikte bunlardan bazıları şunlardır :

- Aksenal yük düzeyi,
- Boyuna ve enine donatı çapı,
- Sargı etkisi,
- Mafsallık ve moment sıfır noktası arası mesafe,
- Boyuna donatısının kenetlenme dayanımı,
- Plastik mafsal bölgesinde kayma gerilme seviyesi.

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir.

Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, kolonun plastik kapasitesine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğişirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır.

Plastik mafsal uzunluğu ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur (Baker ve Amarakone 1964, Mattock 1967, Park vd 1982, Paulay and Priestley 1992, Sheikh and Khoury 1993).

Ancak, çalışma kapsamında prefabrik yapılarda yer alan narin kolonların plastik mafsal boyunun uzunluğu ile ilgili (Park R., Paulay T. 1975, Fischinger vd 2008) tarafından önerilen ve AY2007, Bölüm 7’de yer alan yığılı plastik davranış modeli esas alınmış ve denklem (4.9) kullanılmıştır.

$$L_p = 0.5H \quad (4.9)$$

Denklemden görüldüğü üzere plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi’nin uzunluğu ( $L_p$ ), eğilme doğrultusundaki kesit yüksekliğinin ( $H$ ) yarısına eşit alınmıştır.

#### 4.5. Eğilme Mafsalı Kriterleri

Betonarme projeleri incelenen, yapısal özellikleri belirlenen prefabrik bina çerçeveleri, 2007 Deprem Yönetmeliğinde verilen doğrusal olmayan hesap yönteminden faydalanarak analiz edilmiştir. 2007 yönetmeliğinde beton ve donatının şekil değiştirme kapasitelerini tarif eden ifadeler Tablo 4.1’de verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi betonda izin verilen maksimum şekildeğiştirme kapasitesi ile kesitin sargı donatısı miktarı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.

**Tablo 4.1** AY2007 Hasar sınırlarına karşılık gelen şekildeğiştirmeler

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

Tablo 4.1’de verilen :

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

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

$\epsilon_{cu}$  : İlgili hasar sınırı için maksimum şekildeğiştirme.

$\rho_{sm}$  değeri ile ilgili olarak çalışmada aşağıda yer alan kriterler göz önüne alınmıştır.

$$\rho_{sm} \geq 0.6 \left( \frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (4.10)$$

$$\rho_{sm} \geq 0.15 \left( \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (4.11)$$

$A_c$  : Beton kesit alanı,

$A_{ck}$  : Paspayı çıkarılmış çekirdek beton alanı,

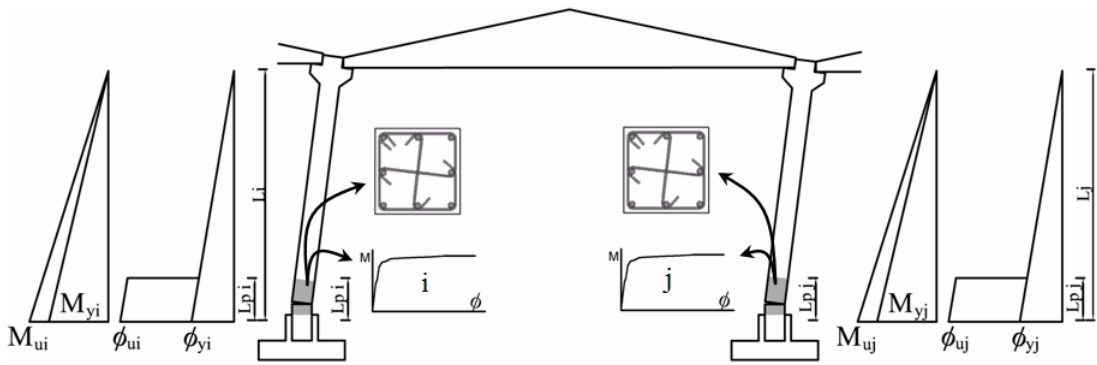
$f_{ck}$  : Beton karakteristik basınç dayanımı,

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

Yukarıda verilen koşulların en elverişsiz olanı seçilerek yönetmelik tarafından önerilen şekil değiştirmeler hesaplanarak eğilme mafsalları oluşturulmuştur.

#### 4.6. Prefabrik Binalarda Yük ve Yer Değiştirme Kapasitenin Belirlenmesi

Yapının yük taşıma ve yer değiştirme kapasitesi statik itme analizi sonucu elde edilen eğri ile temsil edilir. Bu eğrinin çizimi için taban kesme kuvveti ile yapının en üst katında oluşan (çatı katı) yer değiştirme göz önüne alınır. Yapıya yatay yükün uygulanması sırasında yönetmeliğimizde belirtilen G+n.Q düşey yük kombinasyonu dikkate alınarak taşıyıcı sistem çözümlemesi yapılmaktadır. Bu çalışmada n (hareketli yük katsayısı) 0.3 olarak alınmış ve kolonların aksenal kuvvetleri elde edilmiştir. Tek açıklı bir çerçeveyi oluşturan kolonların her birine ait moment-eğrilik analizlerinin gösterimi Şekil 4.6’da şematik olarak gösterilmiştir.



**Şekil 4.6** Tek açıklıklı mafsallı örnek bir prefabrik yapıya ait kolonların moment eğrilik hesaplarının gösterimi

Prefabrik kolonların dayanım ve yer değiştirme kapasitelerinin elde edilmesi için Tablo 4.1’de beton ve çelik için verilen şekil değiştirme sınırları kullanılmıştır. Hesapların daha kolay yapılabilmesi amacıyla moment-eğrilik grafiği çift doğrulu hale getirilmiş ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Kesit akma momentleri hesaplanırken ( $\phi_{ny}$ ), betondaki birim kısalmanın 0.004 olduğu seviye göz önüne alınmıştır. Donatının akma anına ( $\epsilon_y$ ) veya betonun 0.002 şekildeğiştirmesine ulaştığı noktadan ( $\phi_e, M_e$ ) geçirilen doğrunun, hesaplanan bu moment kapasitesine ulaştığı noktadaki eğrilik ise kesitin nominal akma eğriliği ( $\phi_{ny}$ ) olarak göz önüne alınmıştır.

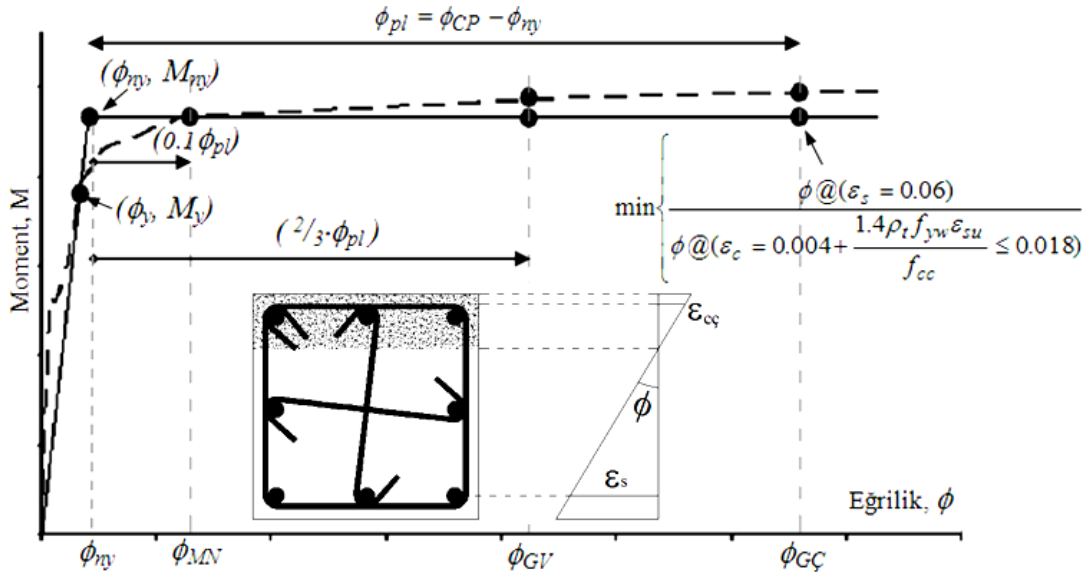
Moment-eğrilik analizi sırasında çekirdek beton veya çelik için verilen şekil değiştirmelerin herhangi birine ulaşıldığı andaki eğrilik taşıyıcı elemanın kesit göçme eğriliği (GÇ) olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalar sırasında sargılı beton davranışı geliştirilmiş Kent-Park yöntemi ile temsil edilmiştir.

Ara değerler karşılık gelen kesit minimum hasar sınırı (MN) ve kesit güvenlik sınırı (GV) değerleri ise denklem (4.13) ve denklem (4.14) kullanılarak elde edilmiştir. Takip edilen yöntem ile ilgili ayrıntılar Priestley ve diğ. tarafından yapılan çalışmada bulunabilir. Yapılan hesaplamalara ait detaylar Şekil 4.7’de verilmiştir.

$$\phi_{pl} = \phi_{GC} - \phi_{ny} \quad (4.12)$$

$$\phi_{MN} = \phi_{ny} + 0.1\phi_{pl} \quad (4.13)$$

$$\phi_{GV} = \phi_{ny} + \left(\frac{2}{3}\right)\phi_{pl} \quad (4.14)$$



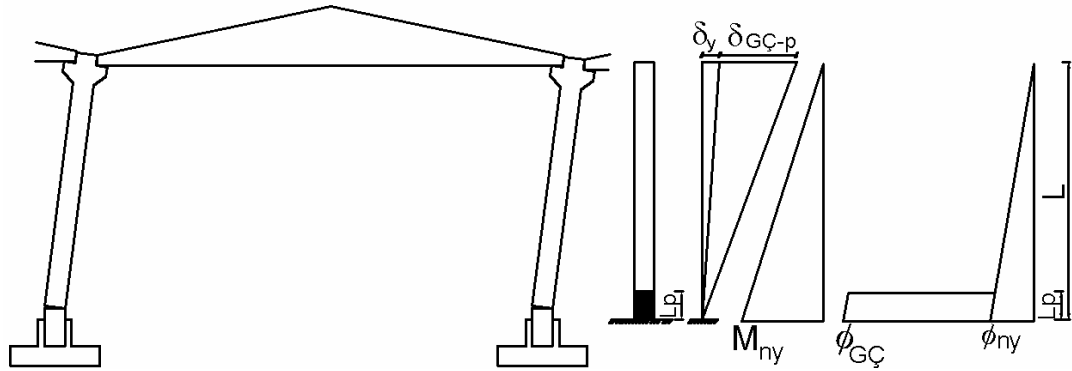
Şekil 4.7 Prefabrik kolonlarda moment eğrilik analizleri

#### 4.6.1. Kolonların Yatay Dayanım ve Yer Değiştirme Kapasitesinin Hesabı

Çalışma sırasında prefabrik binaya ait geometri ve binaya ait elemanlar belirlendikten sonra deprem sırasında yapının performansını belirleyecek bir veya birden fazla çerçeve seçilmiştir. Seçilen çerçevede yer alan elemanlara ait moment-eğrilik analizleri yapıldıktan sonra yapının yatay dayanım ve yer değiştirme hesabı yapılmıştır.

Prefabrik binada çerçeveyi oluşturan kolonların herbirinin tepe noktasında akma anındaki ( $y$ ) ve maksimuma ulaşıldığında (GÇ) oluşan yer değiştirmeler Şekil 4.8'de şematik olarak gösterilmiştir.





**Şekil 4.8** Prefabrik kolonlarda yer değiştirme hesabı

Konsol şeklinde çalışan prefabrik kolonların moment eğrilik analizinden elde edilen moment kapasitelerine bağlı olarak her kolonun kesme kapasitesi denklem (4.15)'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Kolonların kapasite hesapları ilgili diğer detaylar ise denklem (4.16)~(4.19)'da verilmiştir.

$$v_{t_i} = \frac{M_{ny_i}}{L_i} \quad (4.15)$$

$$\delta_{y_i} = \frac{\phi_{ny_i} L_i^2}{3} \quad (4.16)$$

$$\delta_{GÇ_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{GÇ_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad (4.17)$$

$$\delta_{GV_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{GV_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad (4.18)$$

$$\delta_{MN_i} = \delta_{y_i} + (\phi_{MN_i} - \phi_{ny_i}) L_{p_i} \left( L_i - \frac{L_{p_i}}{2} \right) \quad (4.19)$$

#### 4.6.2. Bina Hasar Sınırlarının Tarifi

2007 deprem yönetmeliğinde binaların performansları tarif edilirken hemen kullanım, can güvenliği, göçme öncesi performans seviyelerinden de bahsedilmektedir. Yapının bu performans hedeflerinden hangisini sağladığı ise kolon ve kirişlerde oluşan ve Tablo 4.1’de tarif edilen kesit hasarlarının bina içindeki durumuna ve dağılımına bakılarak belirlenmektedir. Performans hedefleri ile ilgili bu yaklaşım, yönetmeliğin 7. bölümünde verilmektedir.

Yapılan çalışmada prefabrik binaların performanslarını belirlerken, göçmeden önceki performans hedefleri (hemen kullanım, can güvenliği, göçme öncesi) ile ilgili yönetmelik yaklaşımına iki nedenden ötürü uyulmamıştır.

Bunlardan ilki performans belirleme işleminin, bu çalışmada zaten iki boyutlu çerçeve modeller ile yapılmasından kaynaklanmaktadır. Sınırlı sayıdaki betonarme kolonlardan oluşan çerçevelerin ele alındığı hesaplamalar sırasında yönetmeliğin getirdiği yaklaşımı uygulayabilmek pratik olmayan sonuçlar vermiştir.

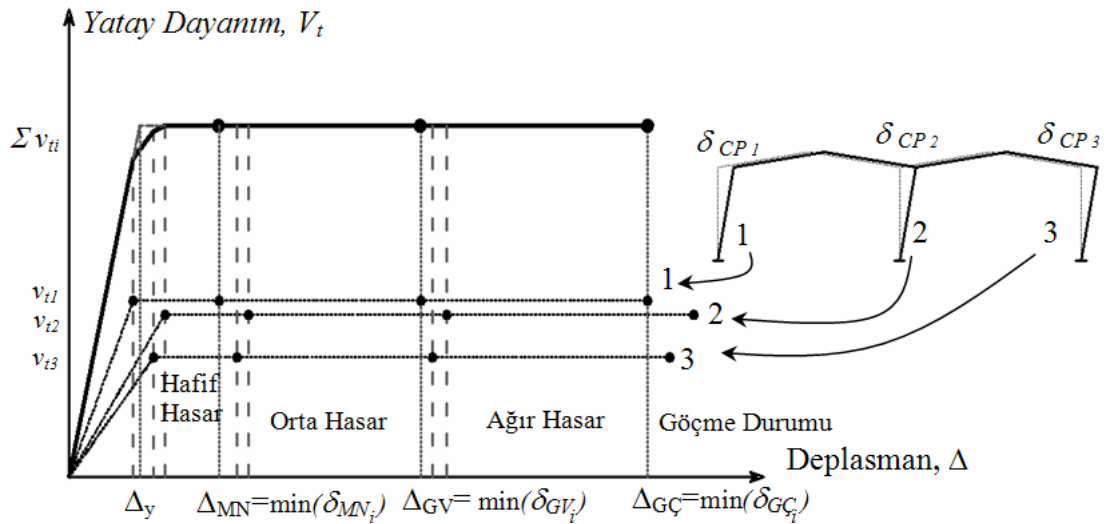
İkinci sebep ise yönetmelikte verilen ve beton için tarif edilen şekildeğiştirme sınırlarından kaynaklanmaktadır. Yapılan hesaplamalar, enine donatı açısından yetersiz durumda bulunan prefabrik kolonlarda minimum hasar bölgesinin kesitin toplam plastik yer değiştirme kapasitesinin %40’ına çıkabildiğini göstermiştir. GV sınırı ile tarif edilen belirgin hasar bölgesinde ise bu oran %80 seviyelerine çıkmaktadır ki bu durum elemanda GV ve GÇ seviyelerinin çok yakın olmasına ve ileri hasar bölgesinin çok sınırlı bir aralık ile temsil edilmesine sebep olmaktadır.

Bütün bu gerekçeler göz önünde bulundurularak bina performans seviyeleri belirlenirken Şekil 4.9’da gösterilen yaklaşımdan yararlanılmıştır.  $\Delta_{MN}$ ,  $\Delta_{GV}$ ,  $\Delta_{GÇ}$  noktaları ile gösterilen sınır yer değiştirmeler yardımı ile binaların hafif, orta, ağır hasar ve göçme durumları belirlenmiştir.

Şekil üzerinde ayrıca kolonların kesme kapasitelerinin toplamı ile binaya ait toplam taban kesme kapasitesi hesabı gösterilmiştir (Bkz. Denklem (4.20)). Bina sistemini temsil eden plastik yer değiştirme kapasitesi ise kolonların plastik yer değiştirme kapasitelerinin en küçüğü ile temsil edilmiştir.

$$V_t = \sum_{i=1}^{N_k} v_{ti} \quad (4.20)$$

$$\Delta_{G\check{C}} = \min(\delta_{G\check{C}i}) \quad (4.21)$$



Şekil 4.9 Prefabrik binalarda göz önüne alınan performans seviyelerinin tarifi

AY2007 yönetmeliğinden farklı olarak prefabrik yapılarda kalıcı hasar oluşumunun plastik bölgede (kalıcı hasar bölgesi) olacağı varsayılmıştır. Bu sebeple akma yer değiştirmesinden önce var olan şekil değiştirmelerin elastik bölgede olduğu ve yapının hasar almayacağı düşünülmüştür. Dolayısıyla hasar sınıflandırması yapılırken bu kriterler baz alınarak hasar bölgelerinin tarifi yapılmıştır (Bkz. Şekil 4.9).

#### 4.7. Prefabrik Binalarda Deprem Talebinin Belirlenmesi

Prefabrik yapıya ait hem kuvvet hem de yer değiştirme kapasitenin belirlenmesinden sonra elde edilen kapasite eğrisinin ( $\Delta$ ,  $V_t$ ) kapasite spektrumuna dönüştürülebilmesi için spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) ve spektral ivme ( $S_a$ ) cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm işlemi için denklem (4.22)~(4.25) kullanılmaktadır.

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^r (W_i \Phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^r (W_i \Phi_{i1}^2) / g} \quad (4.22)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left( \sum_{i=1}^r (W_i \Phi_{i1}) / g \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^r (W_i) / g \right) \left( \sum_{i=1}^r (W_i \Phi_{i1}^2) / g \right)} \quad (4.23)$$

$$S_a = \left( \frac{V_t}{W} \right) \left( \frac{1}{\alpha_1} \right) \quad (4.24)$$

$$S_d = \frac{\Delta_{\text{çati}}}{PF_1 \Phi_{\text{çati},1}} \quad (4.25)$$

Burada ;

$PF_1$  : Birinci moda ait katılım katsayısı,

$\alpha_1$  : Modal kütle katsayısı,

$\Phi_{i1}$  : Birinci moda ait yer değıştirme,

$r$  : Kat adeti,

$V_t$  : Taban kesme kuvveti,

$W$  : Yapı ağırlığı,

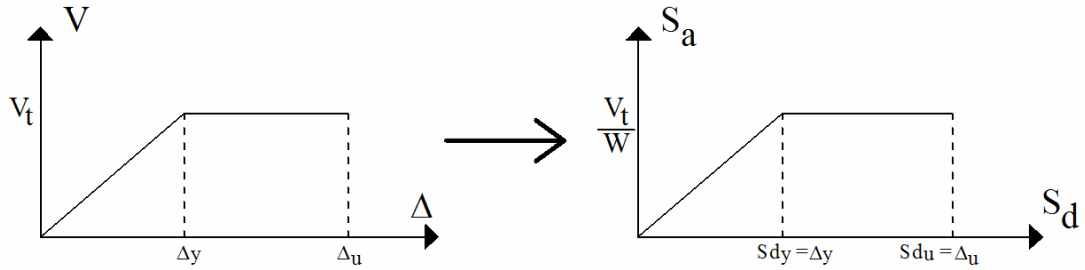
$\Delta_{\text{çati}}$  : Çatı yer değıştirmesi,

$S_a, S_d$  : Spektral ivme , Spektral yer değıştirme.

Verilen denklem sıralaması takip edildiği takdirde çok serbestlik dereceli binanın kapasite eğrisi hem ivme yer değıştirme tepki spektrumu (İYTS) formatına hem de bu sistemi temsil ettiği düşünölen eşdeğer tek dereceli sisteme çevirilmiş olacaktır.

Çalışmada DOSB’de yer alan prefabrik binaların davranışlarını temsil eden iki boyutlu çerçeveler ele alınmıştır. Tek katlı, birleşimleri mafsallı binaların zaten tek dereceli sistem olduğu bilinmektedir. Buna göre iki boyutlu çerçevelerde modal analiz sonucu elde edilen çatı ve kat yer değiştirmesi eşit olacaktır. Bundan dolayı denklem (4.23)’teki modal kütle katsayısı ve denklem (4.25)’in böleni olan modal katılım katsayısı ile çatı yer değiştirmelerinin çarpımı 1’e eşit olacaktır.

Dolayısıyla, kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi için sadece spektral ivme ve spektral yer değiştirmenin belirlenmesi yeterlidir. Tek katlı, birleşimleri mafsallı bir binanın kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna çeviriminin şematik gösterimi Şekil 4.10’de verilmiştir.

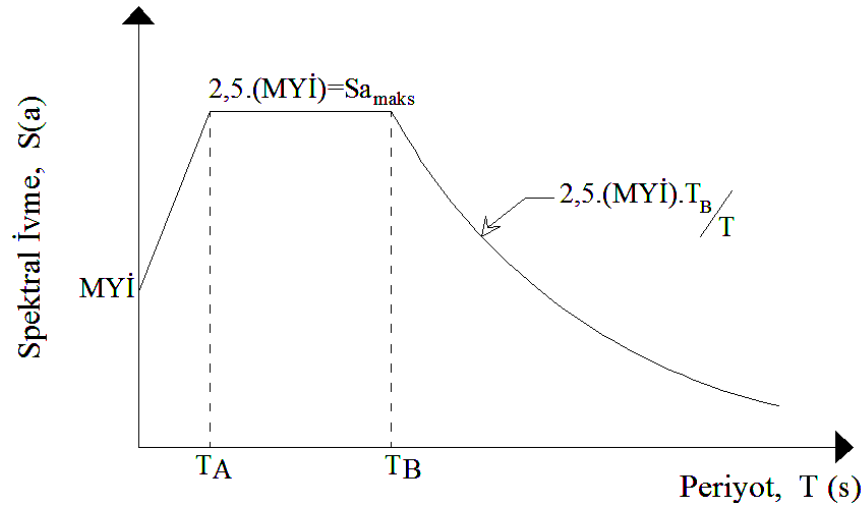


**Şekil 4.10** Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

#### 4.7.1. Doğrusal Olmayan Yer Değiştirme Talebinin Hesabı

Herhangi bir yapı için deprem hareketi sırasında, yapıda zamanla değişen karmaşık yatay yer değiştirmeler oluşmaktadır. Yer hareketinin her anı izlenerek yapı tasarımının yapılması pratik bir yol değildir. Bu nedenle yapıların tasarımı için birçok yönetmelik tarafından elastik ivme tasarım spektrumları tasarım için önerilmiştir (ATC-40, NEHRP, EC8).

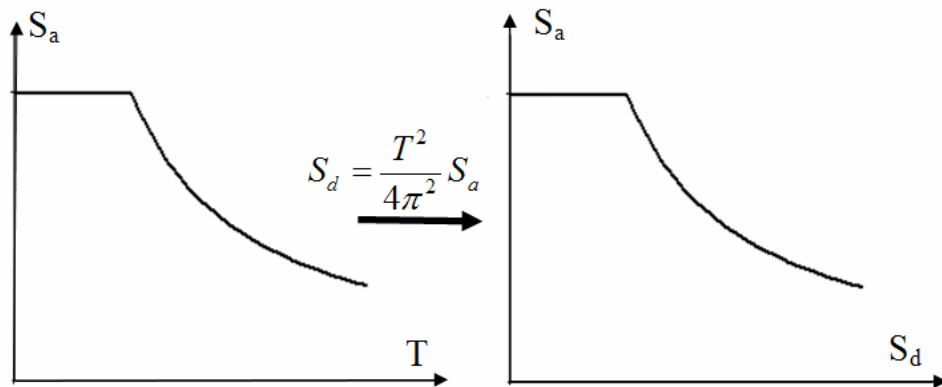
Bahsi geçen yönetmeliklerde tarif edilen elastik spektrum (%5 sönümlü) Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Şekilde yer alan  $T_A$  ve  $T_B$  katsayıları zeminin karakteristik periyotlarını göstermektedir. Deprem talebinin belirlenebilmesi için bu spektrumun ivme yer değiştirme tepki spektrumu (İYTS) formatına dönüştürülmesi gerekmektedir.



**Şekil 4.11** Elastik ivme spektrumu (%5 sönümlü)

Elastik ivme spektrumunun İDMS formatına dönüştürülebilmesi için denklem (4.26) kullanılmaktadır. Yapılan işlemin şematik gösterimi Şekil 4.12’de verilmiştir.

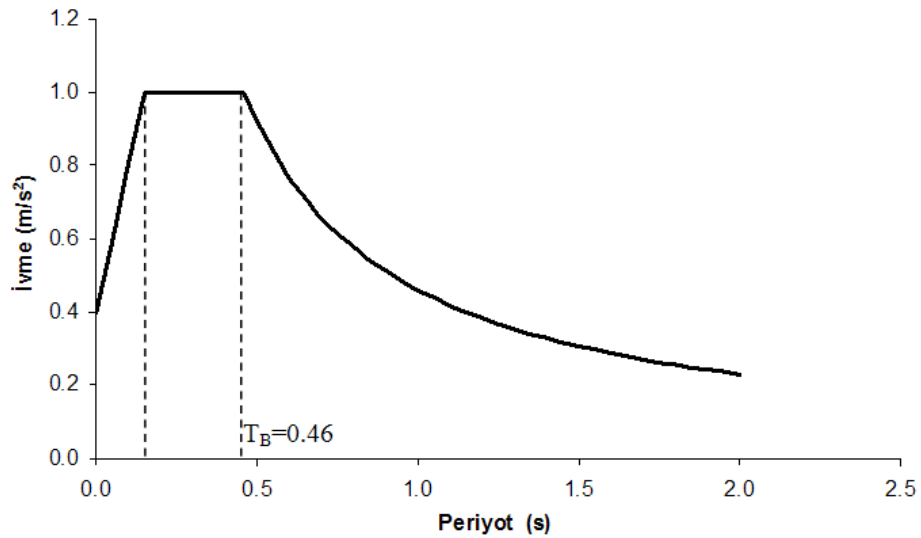
$$S_d = \frac{T^2}{4\pi^2} S_a \quad (4.26)$$



**Şekil 4.12** Elastik tepki spektrumundan talep spektrumunun elde edilmesi

Çalışma kapsamında kullanılan ivme tepki spektrumu belirlenirken 2 deprem senaryosu belirlenmiştir. İlk deprem senaryosu için, Denizli Organize Sanayi Bölge müdürlüğü tarafından yaptırılan zemin etüd çalışmalarından faydalanılmıştır. 1. Derece

deprem bölgesinde bulunan Denizli Organize Sanayi Bölgesinde yapılan etüd çalışmaları sonucunda yerel zemin sınıfının Z2 olduğu, ve “ $T_B$ ” köşe periyodunun 0.46s olduğu belirlenmiştir (Kılıncarslan N.&Kılıncarslan E.). Çalışmalar sırasında maksimum yer ivmesi ( $S_{a_{maks}}$ )  $1g$  olarak alınmıştır. Sonuç olarak DOSB’deki prefabrik sanayi yapılarının deprem talebi hesabı için kullanılan birinci deprem senaryosuna ait ivme tepki spektrumu Şekil 4.13’te verilmiştir.



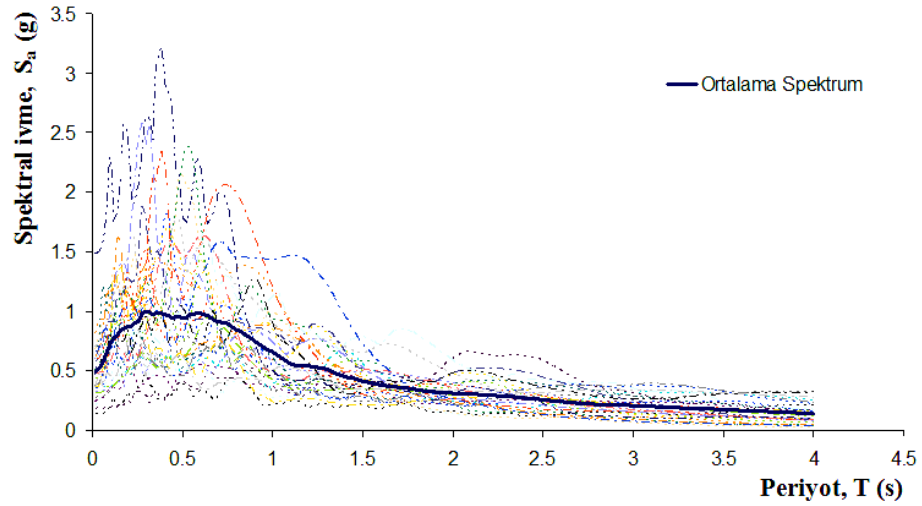
**Şekil 4.13** Deprem talep hesabı için kullanılan ivme tepki spektrumu

Literatürde, kötü zemin sınıfının doğrusal olmayan deprem talebi üzerinde çok ciddi etkilerinin olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır (Ataköy 1999). Bu sebeple, zemin özelliklerinin talep üzerindeki etkisinin araştırılabilmesi amacıyla ikinci bir deprem senaryosu oluşturulmuştur.

İkinci deprem senaryosu oluşturulurken yumuşak zeminlerden alınmış çok sayıda ivme kaydına ait spektrumların ortalaması hesaplanmıştır. Deprem kayıtlarının seçimi ile ilgili göz önüne alınan kriterler ise aşağıda verilmiştir.

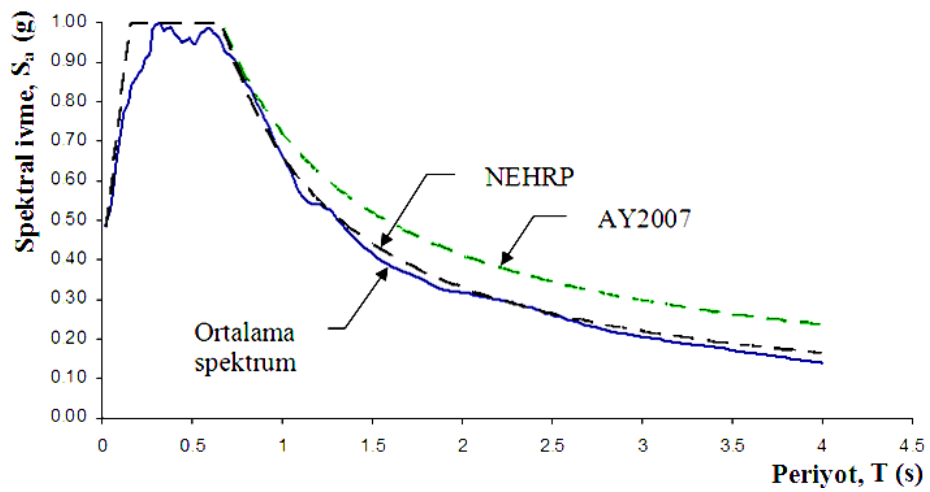
- Moment büyüklüğü 6.0 dan büyük olan depremler seçilmiştir ( $M_w > 6.0$ ),
- Zemin kayma dalga hızının 180 m/s’den küçük olduğu deprem kayıtları ( $V_s < 180$  m/s) seçilmiştir.

Verilen kriterleri sağlayan 30 adet deprem kaydı bulunmuştur. Elde edilen kayıtlara ait bilgiler Ek-1’de verilmiştir. Bulunan kayıtlara ait ivme tepki spektrumları ve ortalama spektrumun görünüşü Şekil 4.14’te verilmiştir.



Şekil 4.14 Deprem kayıtlarının dinamik analizi sonucu elde edilen ortalama spektrumu

Ortalama spektrum, Şekil 4.11’de verilen hesap yöntemi kullanılarak normalize edilmiş ve köşe periyodu elde edilmiştir. Daha sonra bu köşe periyodu kullanılarak AY2007 ve NEHRP spektrumları aynı grafik üzerinde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Ortalama spektruma göre normalize edilmiş AY2007 ve NEHRP spektrumları



Normalize edilmiş spektrumların maksimum ivmesi ( $S_a = 1g$ ) ve köşe periyotları ise ( $T_B = 0.66s$ ) olarak belirlenmiştir. Şekil 4.15'ten de görüldüğü üzere deprem kayıtlarından elde edilen ortalama spektruma en iyi, Şekil 4.11'de verilen hesap yöntemi ile elde edilen spektrumunun uyduğu görülmüştür. Böylece kötü zemin sınıfının deprem performansı üzerinde ne derece etkili olduğu araştırılmıştır.

Deprem talep spektrumlarının belirlenmesinden sonra talep hesabının yapılması için hangi yöntemler kullanılacağına belirlenmesi gerektiğine gelmiştir. Bu çalışma kapsamında ele alınan prefabrik binalarda deprem sebebiyle oluşan yer değiştirme talepleri belirlenirken, 2007 Deprem yönetmeliği Ek.7C'de verilen yöntem esas alınmıştır. Buna göre yönetmelikte deprem talebinin hesabı, birinci doğal titreşim periyodu zemin karakteristik periyodundan kısa olan binalar için eş-enerji, uzun periyotlu olan binalar için ise eş-yer değiştirme kuralı ile belirlenmektedir.

➤  $T_1 \geq T_B$  olması (Eş-yer değiştirme) :

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme, “ $S_{dil}$ ” itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait  $T_1$  başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (linear) spektral yer değiştirme  $S_{del}$  'e bağlı olarak denklem (4.27) ile elde edilir:

$$S_{dil} = C_{R1} S_{del} \quad (4.27)$$

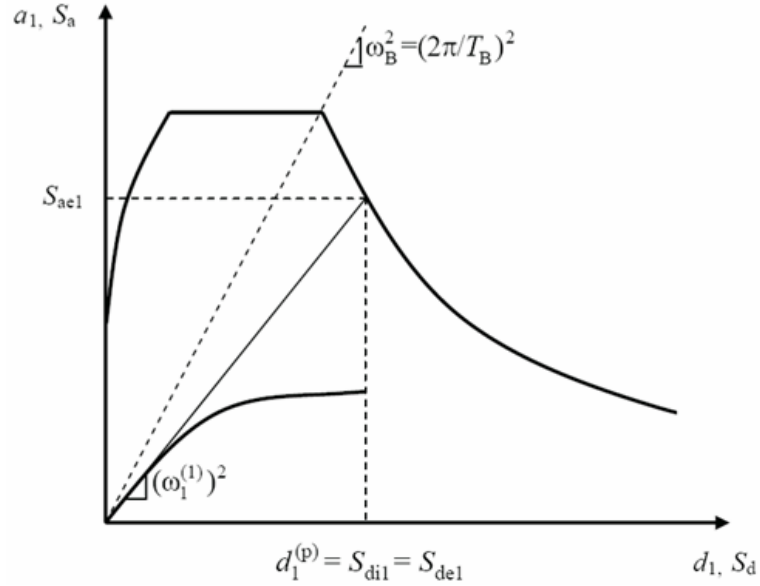
Doğrusal elastik (linear) spektral yer değiştirme  $S_{del}$ , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme  $S_{ael}$  'den hesaplanır :

$$S_{del} = \frac{S_{ael}}{(w_1)^2} \quad (4.28)$$

Denklem (4.27)'de yer alan spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , başlangıç periyoduna göre iki şekilde belirlenir .

Bu durumda doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme  $S_{dil}$ , eşit yer değiştirme kuralı (eş-yer değiştirme) uyarınca doğal periyodu yine  $T_1$  olan eşlenik doğrusal elastik sistem'e ait linear elastik spektral yer değiştirme  $S_{del}$  'e eşit alınacaktır. Buna göre denklem (4.27)'deki spektral yer değiştirme oranı ( $C_{R1}$ ) 1 eşit alınacaktır. Bu

duruma göre performans yer değiştirme hesabı şematik olarak şekil 4.16'da gösterilmiştir.



**şekil 4.16** Doğrusal olmayan yer değiştirme talebinin hesabı ( $T_1 \geq T_B$ )

➤  $T_1 < T_B$  olması (Eş-enerji) :

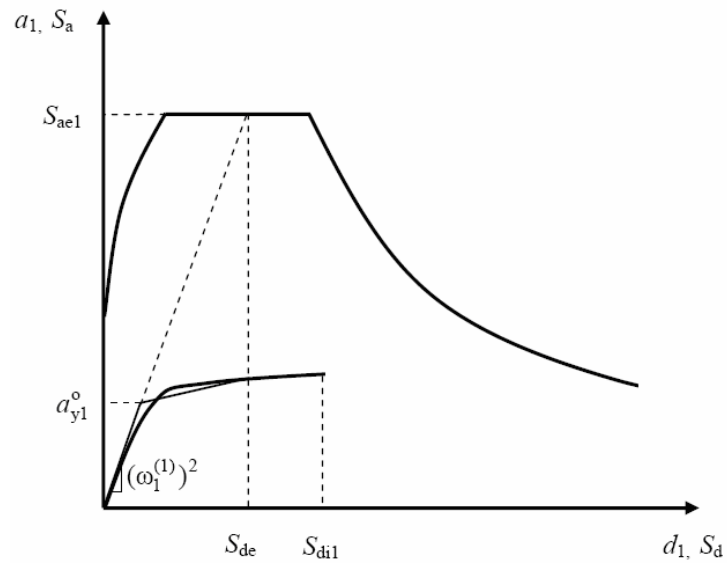
$T_1$  başlangıç periyodunun, tanımlanan ivme spektrumundaki karakteristik periyod  $T_B$ 'den daha kısa olması durumunda ise, denklem (4.27)'teki spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

İlk adımında  $C_{R1} = 1$  kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktası'nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. şekil 4.17'de görülen  $a_{y1}^0$  esas alınarak  $C_{R1}$  aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.29)$$

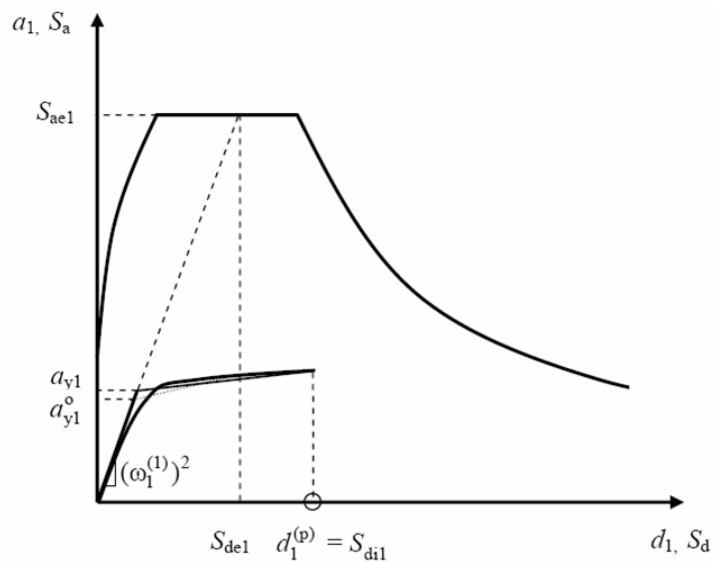
Bağantıda yer alan  $R_{y1}$ , birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir,

$$R_{y1} = \frac{S_{ael}}{a_{y1}} \quad (4.30)$$



**Şekil 4.17**  $C_{R1}$  hesabının ilk adımı

Denk.(4.29)'dan bulunan  $C_{R1}$  kullanılarak Denk.(4.27)'e göre hesaplanan  $S_{di1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 4.18'de gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



**Şekil 4.18**  $C_{R1}$  hesabı ikinci adımı ve talep yer değiştirmesinin bulunması

#### 4.8. Seçilen Örnek Binalarda Deprem Performansının Hesabı

Bundan bölümde Denizli Organize Sanayi Bölgesinde yer alan örnek 2 prefabrik binanın hesabına yer verilmiştir. Binaların kapasite hesapları gösterilmiş ve deprem talepleri birinci deprem senaryosuna kullanılarak elde edilmiştir. Hesabı yapılacak olan binalar veri tabanına göre bina #2 ve bina #69 şeklinde isimlendirilmiştir.

Binaların incelemesi sırasında yapının kullanım amacını ve genel görünüşünü içeren fotoğraflar ve tespit edilen taşıyıcı sistem planları tezin sonunda yer alan ekler bölümünde verilmiştir.

##### 4.8.1. Bina #2 İçin Performans Hesabı

Veri tabanında yer alan bina #2'ye ait makas, aşık, kolon bilgileri ve yapılan moment-eğrilik analizlerinin sonucunda elde edilen performans seviyeleri tablolar halinde verilmiştir.

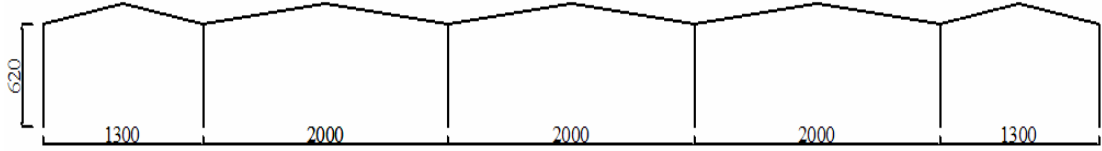
**Tablo 4.2** Bina #2'ye ait makas, aşık bilgileri

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

Bina bilgilerinin toplanması sırasında bina #2'ye ait betonarme projeler DOSB arşivinde bulunmuştur. Projedeki makas ve aşık bilgileri Tablo 4.2'de gösterildiği gibi veri tabanına işlenmiştir. Saha çalışmaları kapsamında bina yerinde incelenmiş ve projede yer alan bilgilerin inşa aşamasında da aynen uygulandığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.2'de görüldüğü üzere bina toplam 5 makasa sahiptir. İlk ve son makas uzunlukları 13'er metre ve ara makasların uzunlukları ise 20'şer metre olan binanın toplam uzunluğu 86m dir. Binanın makas yönüne dik olan uzunluğu ise (aşık uzunluğu)

7.5m dir. Tabloda yer alan aşık ve makas elamanlarına ait veriler binanın betonarme projesinde bulunan bilgilere dayanmaktadır.



**Şekil 4.19** Bina #2 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm)

Binanın saha çalışmaları sırasında tespit edilen taşıyıcı elemanlarına ait bilgiler ise Tablo 4.3'te verilmiştir. Bina #2'yi temsil eden çerçevenin görünüşü Şekil 4.19'da verilmiştir.

**Tablo 4.3** Bina #2'ye ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon No	L	B	H	Etriye Çapı	Etr. fywd	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

Verilen tabloda bina #2'nin taşıyıcı elemanlarının tespit edilen kolon boyutları, kolon uzunlukları, boyuna donatı oranları ve etriye bilgilerine yer verilmiştir. Yapıda yer alan bütün kolonların 35x35 cm olduğu saha çalışmaları sırasında yerinde tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan G+n.Q lineer düşey statik analizi sonucunda kolonların üzerinde oluşan aksenal kuvvetler hesaplanmış ve tabloda gösterilmiştir. Tabloda yer alan bilgiler içerisinde dikkati çeken önemli noktalardan biri de kullanılan etriye sınıfıdır. Binanın betonarme projesinde, enine donatı sınıfının S220 ve yapım tarihinin ise 1995 yılı olduğu tespit edilmiştir. Projeden enine donatı olarak elde edilen bilgiler,

1998 tarihli yönetmelikten önceki binalarda S420 donatı sınıfının kullanımının çok yaygın olmadığına işaret etmektedir.

Tablo 4.3'te detayları verilen her kolonun moment-eğrilik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elemanların moment ve yer değiştirme kapasiteleri hesaplanmıştır. Yer değiştirme kapasitelerinin hesabına ilişkin bilgilere bölüm 4.6.1 ve 4.6.2 de yer verilmiştir. Böylece kolonlara ait hesaplar tamamlanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4** Bina #2 ait kolonların kesme ve yer değiştirme kapasite hesap sonuçları

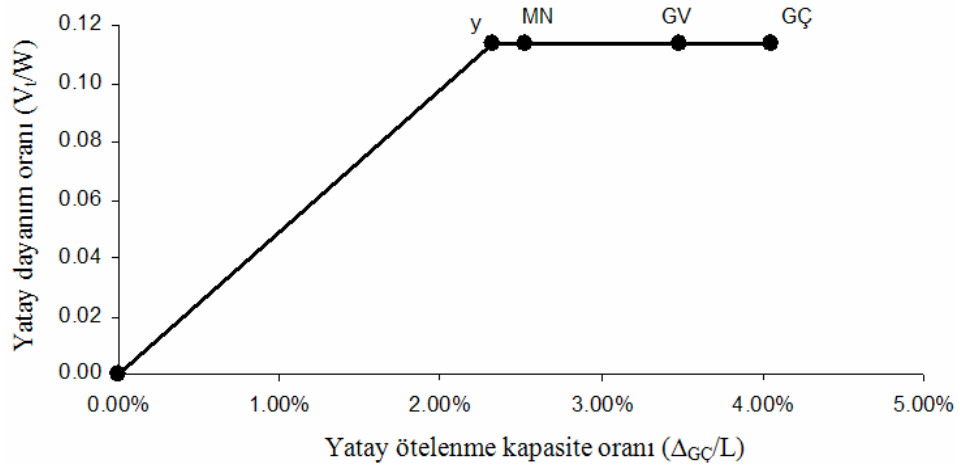
Kolon No	$V_t$	$\delta_y$	$\delta_{MN}$	$\delta_{GV}$	$\delta_{GÇ}$	$\delta_y / L$	$\delta_{MN} / L$	$\delta_{GV} / L$	$\delta_{GÇ} / L$
-	kN	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%
1	16.21	141.48	160.50	268.36	331.71	2.28%	2.59%	4.33%	5.35%
2	18.65	144.69	156.59	224.04	263.66	2.33%	2.53%	3.61%	4.25%
3	19.50	146.16	156.67	216.26	251.26	2.36%	2.53%	3.49%	4.05%
4	19.50	146.16	156.67	216.26	251.26	2.36%	2.53%	3.49%	4.05%
5	18.61	144.51	156.49	224.45	264.35	2.33%	2.52%	3.62%	4.26%
6	16.16	141.62	160.78	269.43	333.23	2.28%	2.59%	4.35%	5.37%

Tablo 4.4'de verilen kesme kapasite değerleri analiz sonucunda bulunan kolon moment kapasitelerinin kendi boylarına bölünmesiyle elde edilmiştir (Bkz. Denklem (4.15)). Kolonlara ait performans seviyelerinin hesabının ayrıntıları ise bölüm 4.6.1'de verilmiştir. Kolonların her performans seviyesine karşılık gelen yer değiştirme kapasiteleri elde edildikten sonra bu yer değiştirme değerleri kolonların kendi boylarına bölünmüş ve ötelenme kapasiteleri elde edilmiştir. Kapasite eğrisinin hesabı ile ilgili ayrıntılar ise bölüm 4.6 ve 4.7'de tarif edilmiştir. Böylece binaya ait kapasite parametreleri elde edilmiş ve Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.5** Bina #2'ye ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\Delta_y / L$	$\Delta_{MN} / L$	$\Delta_{GV} / L$	$\Delta_{GÇ} / L$
	kN.	%	%	%	%
	108.63	2.32%	2.52%	3.49%	4.05%

Tablodan görüldüğü üzere sisteme ait toplam taban kesmesi ve her bir performans noktasına karşılık gelen ötelenmeler elde edilmiştir. Çerçeveye ait kapasite eğrisi ise Şekil 4.20'de verilmiştir.

**Şekil 4.20** Bina #2'ye ait kapasite eğrisi

Bir sonraki adımda deprem talebinin hesabı yapılacaktır. Deprem talebinin hesabı ve kullanılacak olan tasarım spektrumu bölüm 4.8'de ayrıntılı olarak anlatılmış ve gerekli bilgiler verilmiştir.

Bina talep hesabı üzerinde son derece önemli etkisi olan bina periyodunun hesabı için Şekil 4.20'de görülen grafiğin elastik eğimden faydalanılmıştır ve bina rijitliği buna göre belirlenmiştir. Seçilen senaryo depremler sebebiyle oluşan yer değiştirme talebi ve bina performansı ile ilgili ayrıntılar Tablo 4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.6** Bina #2'ye ait talep ve performans sonuçları

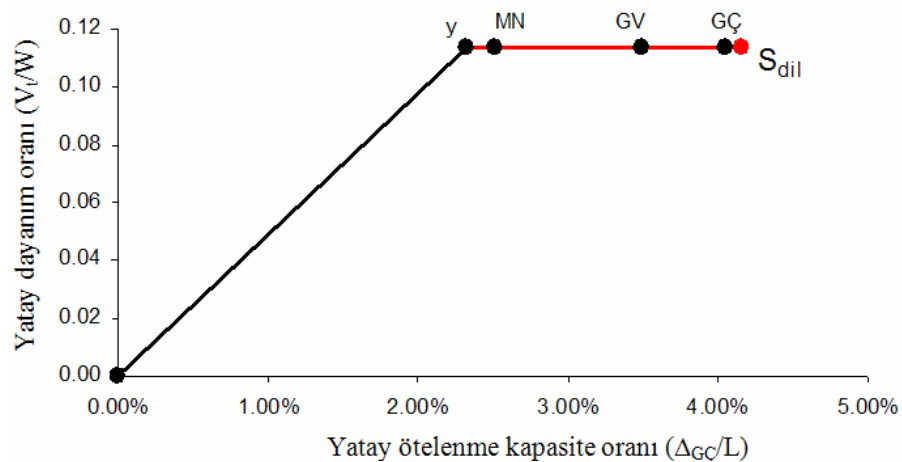
TALEP & PERFORMANS	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
	sn.	sn.	%	%	
Senaryo -1	2.26	0.46	4.16%	106.39%	GÖÇME
Senaryo -2	2.26	0.66	5.97%	211.11%	GÖÇME

Yapı periyoduna bakıldığı zaman, bu periyodun her iki senaryoda da zemin karakteristik periyodunun çok üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sebeple yönetmelikte belirtilen ve bölüm 4.8'de izah edilen eş-yer değiştirme kuralına göre talep yer değiştirme hesabı yapılmıştır. Elde edilen talep yer değiştirmesi bina yüksekliğine bölünerek ötelenme oranı hesaplanmış ve binanın performans seviyesi belirlenmiştir.

Tablo 4.5'te yer alan ötelenme kapasitelerine bakıldığında, yapının göçme ötelenme oranının deprem tarafından talep edilenden daha az olduğu görülmektedir. Bu sebeple binanın performans düzeyi “göçme” olarak belirlenmiştir. Tablo 4.6'da yer alan “%Δ<sub>p</sub>” ise aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \Delta_p = \left( \frac{S_{dil} - \Delta_y}{\Delta_{GÇ} - \Delta_y} \right) \quad (4.31)$$

Birinci deprem senaryosu için elde edilen talep yer değiştirmesi kapasite eğrisi üzerinde işaretlenmiş ve Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

**Şekil 4.21** Bina #2'ye ait talep yer değiştirmesinin kapasite eğrisi üzerinde gösterimi



Sonuç olarak, DOSB’de yer alan tek katlı mafsallı prefabrik bina#2’nin kapasite hesabı ve deprem talep hesapları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda binanın “göçme” performans düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Bina #2’ye ait sahadan çekilen fotoğraflar ve taşıyıcı sistem planı Ek-2~3’te verilmiştir.

#### 4.8.2. Bina #69 İçin Performans Hesabı

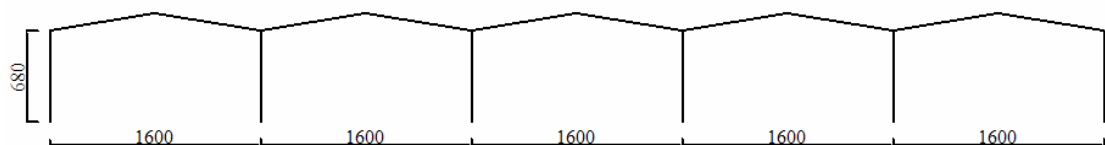
Bina #69’a ait bilgiler proje çalışmaları sırasında DOSB arşivinden elde edilmiştir. Yapıya ait genel bilgileri içeren detaylar ise Tablo 4.7’de verilmiştir.

**Tablo 4.7** Bina #69’a ait makas ve 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	9	0.016	0.1	0.161
2	16	7	9	0.016	0.1	0.161
3	16	7	9	0.016	0.1	0.161
4	16	7	9	0.02	0.1	0.161
5	16	7	9	0.02	0.1	0.161

Tablo 4.7’de görüldüğü üzere bina #69, 16’şar metre uzunluğunda 5 makasa sahiptir ve toplam uzunluğu, 80m dir. Binanın birbirine dik olan makasları arasındaki mesafenin ise (aşık uzunluğu) saha çalışmaları sırasında 7m olduğu tespit edilmiştir. Tabloda yer alan diğer veriler binanın projesinin incelemesi sırasında tespit edilmiştir.

Binanın tespit edilen taşıyıcı elemanlarına ait bilgiler Tablo 4.8’de verilmiştir. Bina #69’un deprem davranışını temsil eden çerçevenin görünüşü Şekil 4.22’de verilmiştir.



**Şekil 4.22** Bina #69 için seçilen çerçevenin görünüşü (cm)

Tablo 4.8’de bina #69’un taşıyıcı elemanlarına ait tespit edilen kolon boyutları, kolon uzunlukları, kolon boyuna donatı oranları ve etriye bilgileri verilmiştir. Yapıda yer alan soldan sağa doğru ilk üç kolonun 40x40 cm, diğer kolonların ise 350x350 mm olduğu saha çalışmaları sırasında yerinde tespit edilmiştir.

**Tablo 4.8** Bina #69’a ait taşıyıcı eleman bilgileri

Kolon No	L	B	H	Etriye Çapı	Etr. fywd	S	$\rho_L$	$\rho_s$	N	Yapım Yılı
-	mm	mm	mm	mm	MPa	mm	%	%	kN	yıl
1	6800	400	400	8	420	100	1.77%	0.84%	127.9	1998
2	6800	400	400	8	420	100	1.77%	0.84%	228.5	1998
3	6800	400	400	8	420	100	1.77%	0.84%	228.5	1998
4	6800	350	350	8	420	100	3.14%	0.65%	233.7	1997
5	6800	350	350	8	420	100	3.14%	0.65%	236.8	1997
6	6800	350	350	8	420	100	3.14%	0.65%	124.6	1997

Ayrıca G+n.Q doğrusal düşey statik analizi sonucunda kolonların aksenal kuvvetleri hesaplanmış ve tabloda verilmiştir. Bina #69’un betonarme projesinde etriye sınıfının S420 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca binanın yapım tarihinin 1997-1998 tarihleri arasında olması dikkati çeken diğer bir unsurdur.

Bina projesinin hazırlandığı tarihlerde 1997 tarihli yönetmeliğin yayımlanması ve daha sonra aynı yönetmeliği 1998 tarihinde revize edilmesi ile yönetmelik hükümleri biraz daha ağırlaştırılmıştır. Dolayısıyla 1997 ve 1998 tarihli yönetmeliklerin binada kullanılan donatı sınıfına ve donatı oranlarına yansımış olabileceği düşüncesini uyandırmaktadır.

Tablo 4.8’de detayları verilen her kolon için moment-eğrilik analizleri tekrarlanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen kolon moment ve yer değiştirme kapasiteleri ise Tablo 4.9’da verilmiştir.

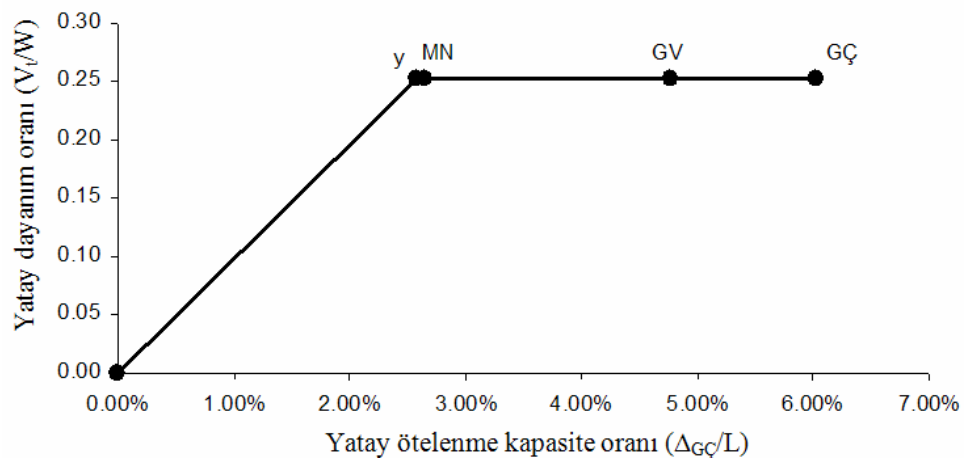
**Tablo 4.9** Bina #69'a ait kolonların kesme ve yer değiştirme kapasite hesap sonuçları

Kolon No	$V_{ti}$	$\delta_{yi}$	$\delta_{MN}$	$\delta_{GV}$	$\delta_{GÇ}$	$\delta_y / L$	$\delta_{MN} / L$	$\delta_{GV} / L$	$\delta_{GÇ} / L$
-	kN	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%
1	31.73	155.17	180.65	325.11	409.96	2.28%	2.66%	4.78%	6.03%
2	33.54	158.08	184.73	335.81	424.54	2.32%	2.72%	4.94%	6.24%
3	33.54	158.08	184.73	335.81	424.54	2.32%	2.72%	4.94%	6.24%
4	36.15	195.89	220.87	362.47	445.63	2.88%	3.25%	5.33%	6.55%
5	36.19	196.00	220.87	361.86	444.66	2.88%	3.25%	5.32%	6.54%
6	34.47	191.18	219.99	383.32	479.24	2.81%	3.24%	5.64%	7.05%

Hesaplar sonucunda binanın kapasite parametreleri ile ilgili bilgiler Tablo 4.10'da verilmiş ve sistemin kapasite eğrisi ise Şekil 4.23'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.10** Bina #69'a ait yatay dayanım ve kapasite sonuçları

BİNA KAPASİTE PARAMETRELERİ	$\Sigma V_t$	$\Delta_y / L$	$\Delta_{MN} / L$	$\Delta_{GV} / L$	$\Delta_{GÇ} / L$
	kN	%	%	%	%
	205.62	2.58%	2.66%	4.78%	6.03%

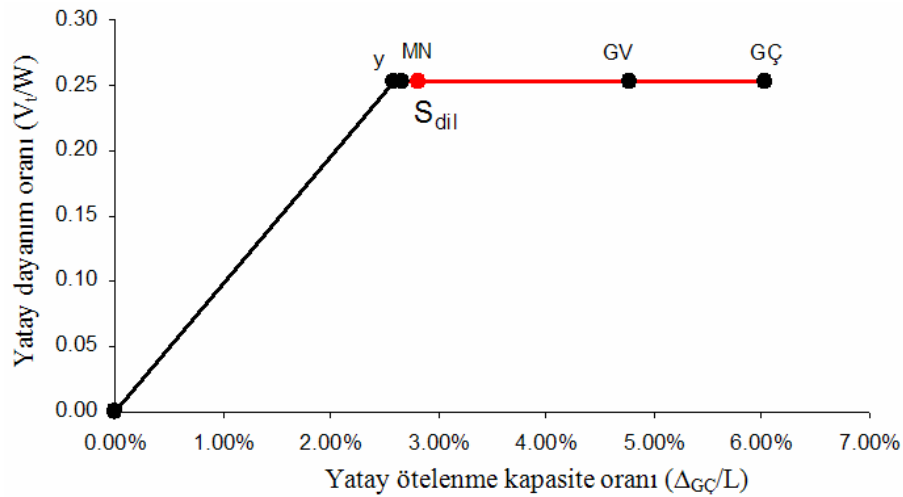
**Şekil 4.23** Bina #69'a ait kapasite eğrisi

Deprem talep yer değiştirmesinin hesabında önem arz eden bina periyodu bu bölümde hesaplanmıştır. Yapının talep ve deprem performansı ile ilgili ayrıntılar Tablo 4.11’de verilmiştir.

**Tablo 4.11** Bina #69’a ait talep ve performans sonuçları

TALEP & PERFORMANS	$T_1$	$T_B$	$S_{dil} / L$	$\% \Delta_p$	SONUÇ
	s	s	%	%	
Senaryo -1	1.67	0.46	2.81%	6.61%	ORTA HASAR
Senaryo -2	1.67	0.66	4.03%	42.11%	ORTA HASAR

Deprem talep yer değiştirmesi bina yüksekliğine bölünerek ötelenme oranı %2.84 olarak hesaplanmıştır. Birinci deprem senaryosu için talep ötelenme oranı ile bina ötelenme kapasitesi ile karşılaştırılmış ve talebin akma ( $y$ ) ile MN performans seviyeleri arasında olduğu gözlenmiştir. Bu durumda yapı performans düzeyinin “orta hasar” olduğu tespit edilmiştir. Talep yer değiştirmesinin kapasite eğrisi üzerinde gösterilmiş hali ise Şekil 4.24’te verilmiştir.



**Şekil 4.24** Bina #69’a ait talep yer değiştirmesinin kapasite eğrisi üzerinde gösterimi

Sonuç olarak, DOSB’de yer alan tek katlı mafsallı bina#69’un kapasite hesabı ve deprem talebi belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar neticesinde binanın “orta hasar”

performans düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Bina #69'a ait saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğraflar ve taşıyıcı sistem planı Ek 4~5'te verilmiştir.

#### 4.9. Mevcut Binalara Ait Yapısal Özelliklerin Değerlendirilmesi

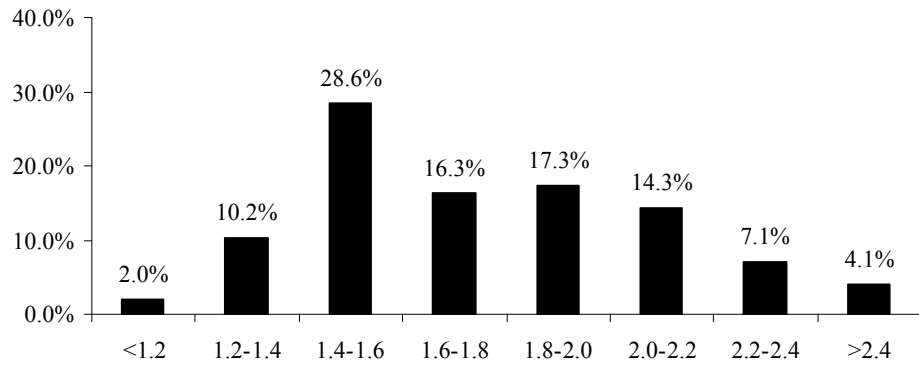
Bina #2 ve bina #69 için yapılan hesaplamalar (yatay dayanım, yer değiştirme kapasitesi, deprem talebi ve deprem performansı) veri tabanında yer alan 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsallı binalar için tekrarlanmıştır.

Bölüm 3.3.2, Tablo 3.3'te 102 adet tek katlı prefabrik binanın olduğu tespit edilmiştir. Fakat saha çalışmaları sırasında 4 adet prefabrik binanın kapalı olmasından dolayı bu binalara ait veriler doğrulanamamıştır. Bu nedenle 4 adet binanın performans hesapları tez kapsamından çıkartılmıştır. İncelenen sanayi yapılarının tespit edilen hasarları Tablo 4.12'de verilmiştir. Şekil 4.25'da bina periyotlarının 1s. den uzun olduğunu göstermektedir. 98 binanın belirlenen yatay dayanım oranları Şekil 4.26'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bina yatay dayanım oranlarının büyük bir çoğunluğunun %15'ten büyük olduğu görülmektedir.

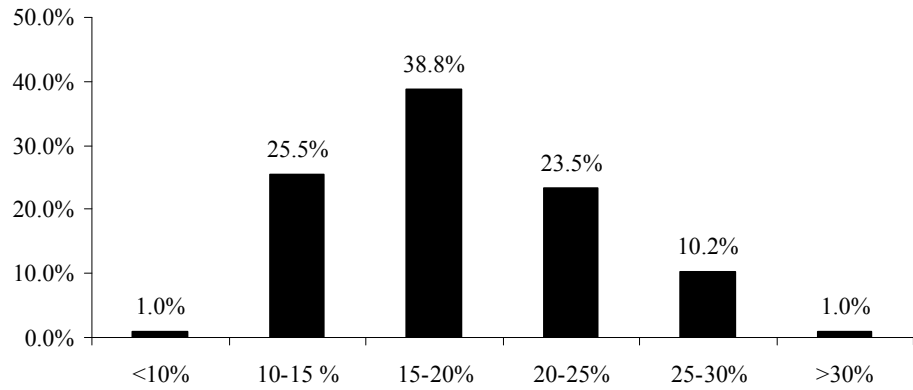
Şekil 4.27'de 98 binanın belirlenen ötelenme kapasiteleri göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi binaların büyük çoğunluğunun ötelenme kapasite oranları %3.5 ile %5.5 arasındadır. Bu değerler göz önüne alındığında bina kapasitelerinin yeterli olabileceği düşünülebilir. Fakat yüksek ötelenme oranları doğrudan binaların plastik şekildeğiştirme kapasitelerinin yüksek olduğunu göstermemektedir. Çünkü çatlamış kesit ve konsol kolon davranışı elastik şekil değiştirme (elastik yer değiştirme) kapasitesinin artmasına sebep olmaktadır.

**Tablo 4.12** Birinci deprem senaryosuna göre 98 binanın belirlenen hasar ve oranları

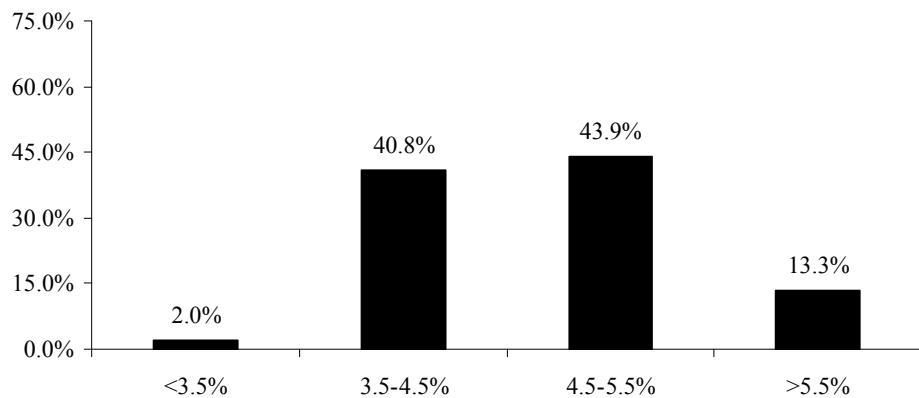
Hasar Tipi	Hasar Gören Bina Sayısı	Oranlar (%)
Hasarsız	0	0.0%
Hafif Hasar	3	3.1%
Orta Hasar	74	75.5%
Ağır Hasar	19	19.4%
Göçme Durumu	2	2.0%
$\Sigma$ Toplam	98	100.0%



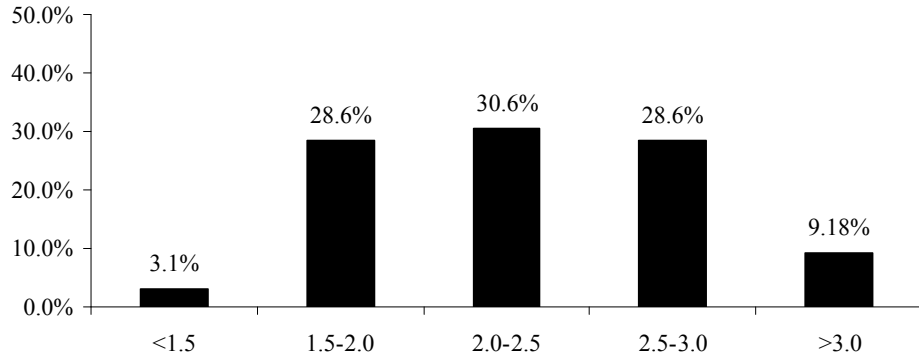
**Şekil 4.25** 98 binaya ait belirlenen periyotların dağılımı (T-saniye)



**Şekil 4.26** 98 binanın belirlenen yatay dayanım oranlarının dağılımı (V<sub>t</sub>/W)

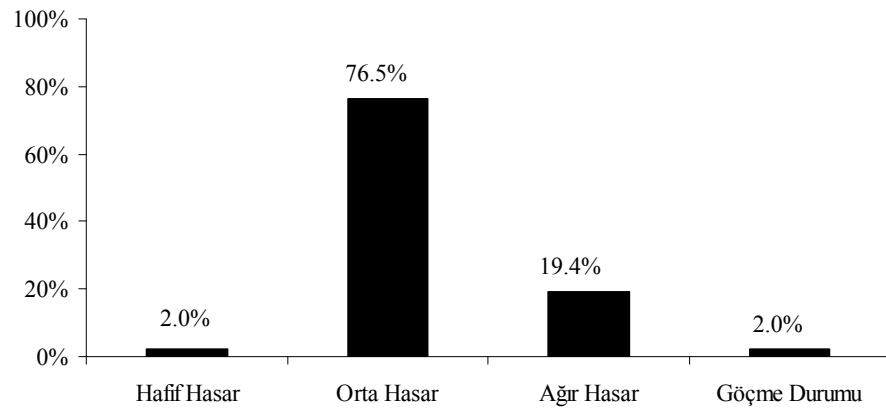


**Şekil 4.27** 98 binanın belirlenen ötelenme kapasite oranlarının dağılımı (ΔG<sub>c</sub>/L)



**Şekil 4.28** 98 binanın belirlenen süneklik kapasitelerinin dağılımı ( $\Delta_{G\check{C}}/\Delta_y$ )

DOSB’de yer alan binaların süneklik kapasitelerine bakıldığında büyük bir çoğunluğunun 2.0 ile 2.5 arasında olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.28). Bu durum hem bahsedilen elastik yer değiştirme kapasitesinin yüksek olduğuna hem de plastik şekil değiştirme kapasitenin düşük olduğuna işaret etmektedir. Bundan dolayı deprem talep yer değiştirmesinin çok az bile artması plastik bölgede ciddi mesafenin alınmasına ve hasar seviyesinin sıçramasına sebep olabilmektedir. Sonuçta, DOSB’de yer alan binaların hasarları tespit edilmiş ve hasarların dağılımı Şekil 4.29’da verilmiştir.



**Şekil 4.29** 98 binaya ait tespit edilen hasar dağılımları

Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan tek katlı mafsallı prefabrik binaların incelenmesi ile hazırlanan envanterler, çoğunluğu 1998 tarihli yönetmelik düzenlemelerinden önce yapılan binaların yanal rijitlik açısından bazı sorunları

olduğunu göstermektedir. İncelenen prefabrik binaların çoğunluğunda kolonların yeterli oranda sarılmaması ise binaların süneklik kapasitesinin yeterli olmadığını göstermektedir. Envanter bilgilerine göre hazırlanan bina modellerinin doğrusal olmayan analizleri sonucunda, binaların yaklaşık %22'sinde ağır hasar ve göçme oluşacağı, %77'nin ise orta derecede hasar göreceği belirlenmiştir. Analizler neticesinde DOSB'de yer alan diğer binalara ait kapasite ve performans sonuçları tezin ekler sayfasındaki Ek 6~7'de verilmiştir.

Birinci deprem senaryosuna için yapılan hesaplar, ikinci deprem senaryosu içinde tekrarlanmış ve 98 binanın performansları elde edilmiştir. Elde edilen hasar ve oranların dağılımı Tablo 4.13'te verilmiştir.

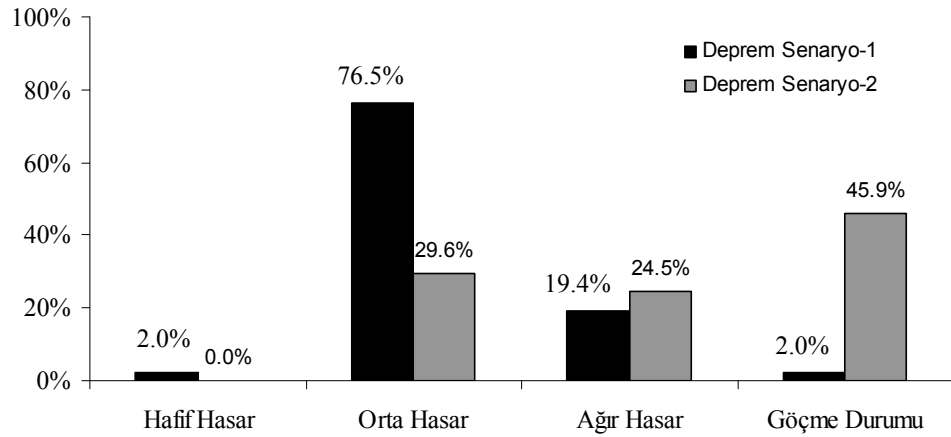
**Tablo 4.13** İkinci deprem senaryosuna 98 binanın göre belirlenen hasar ve oranları

Hasar Tipi	Hasar Gören Bina Sayısı	Oranlar (%)
Hasarsız	0	0.0%
Hafif Hasar	0	0.0%
Orta Hasar	29	29.6%
Ağır Hasar	24	24.5%
Göçme Durumu	45	45.9%
$\Sigma$ Toplam	98	100.0%

İkinci deprem senaryosu için elde edilen hasarlara bakıldığında hasarsız ve hafif hasar durumunda olan binanın olmadığı görülmektedir. Orta hasar oranının birinci deprem senaryosunda yaklaşık %76 olduğu görülürken, aynı hasar oranının ikinci deprem senaryosunda %30 civarına düştüğü gözlenmiştir. Bu düşüşün sebebi artan deprem talebi sebebiyle orta hasar seviyesindeki binaların daha ileri (ağır hasar veya göçme durumu) hasar seviyelerine geçiş yapmalarından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak ikinci senaryodan elde edilen performans seviyeleri ile birinci senaryodan elde edilen performans seviyeleriyle karşılaştırılmış ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir.





**Şekil 4.30** Birinci ve ikinci deprem senaryosuna göre bina hasarlarının dağılımı

Şekilden de görüldüğü üzere zemin karakteristiklerinin yapı performansı üzerinde çok ciddi etkilerinin olduğu görülmektedir. Birinci senaryoya göre binaların yaklaşık %21’inde ağır ve göçme olduğu görülürken, ikinci deprem senaryosunda bu oranın yaklaşık %70’e yükseldiği görülmektedir.

İkinci deprem senaryosuna göre DOSB’de yer alan 98 binanın tespit edilen talep ve performans sonuçları tezin arkasında yer alan Ek-8’de verilmiştir.

## 5. HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Denizli Organize Sanayi bölgesinde yer alan sanayi yapıların durumu ile ilgili bilgilere 3. Bölümde yer verilmiştir. Elde edilen bilgiler DOSB’de yer alan sanayi yapılarının büyük bir çoğunluğunu tek katlı prefabrik binaların oluşturduğunu göstermektedir (Bkz. Tablo 3.3). Ayrıca litaretürde yer alan önceki çalışmalar mevcut sanayi yapı stoğunun büyük bir çoğunluğunu prefabrik binaların oluşturduğunu dile getirmektedir (Ersoy vd.). Sonuç olarak sanayi yapı stoğunun büyük bir kısmını prefabrik yapılarının oluşturması ve bu yapıların ülke ekonomisi açısından önemli yapılar olması hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmesini gerekli hale getirmektedir.

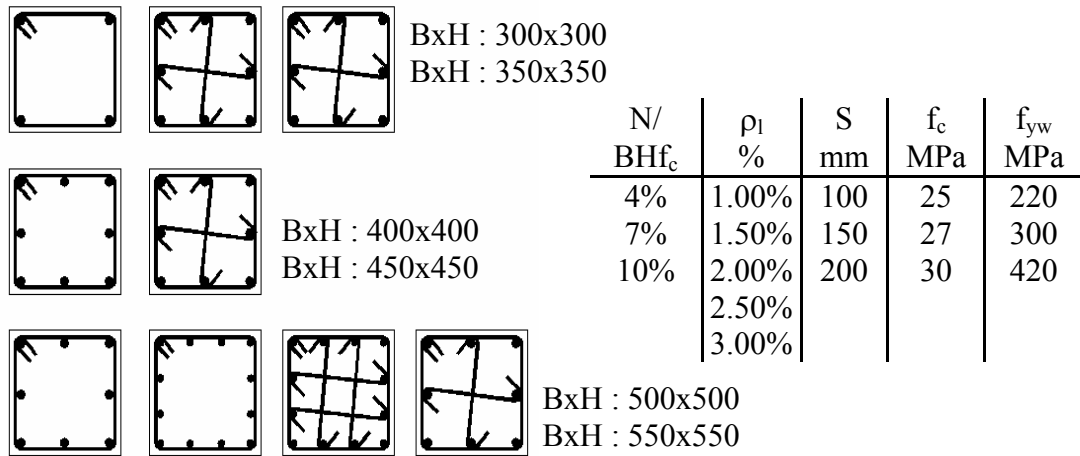
Geliştirilen hızlı değerlendirme yöntemi eş-yer değiştirme yöntemi ile performans belirlemeyi hedeflemektedir. Bu sebeple performansın belirlenmesi için eş-yer değiştirme prensibi esas alınmıştır. Ayrıca yöntemde talebi ve kapasiteyi içeren birtakım bilinmeyenlerin tahmin edilmesini gerektirmektedir. Bu bilinmeyenler değerler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- Yapı yatay dayanım hesabı,
- Bina akma yer değiştirme hesabı,
- Bina maksimum yer değiştirme kapasitesinin hesabı,
- Bina kütle hesabı,
- Bina periyodunun hesabı,
- Deprem talebinin hesabı

yöntemin izah edilebilmesi için gösterilen değişkenlerin tahmininde izlenen yol ve yapılan işlemler açıklanmıştır.

### 5.1. Kuramsal Kolon Kesit Modellerine Ait Analizlerin Yapılması

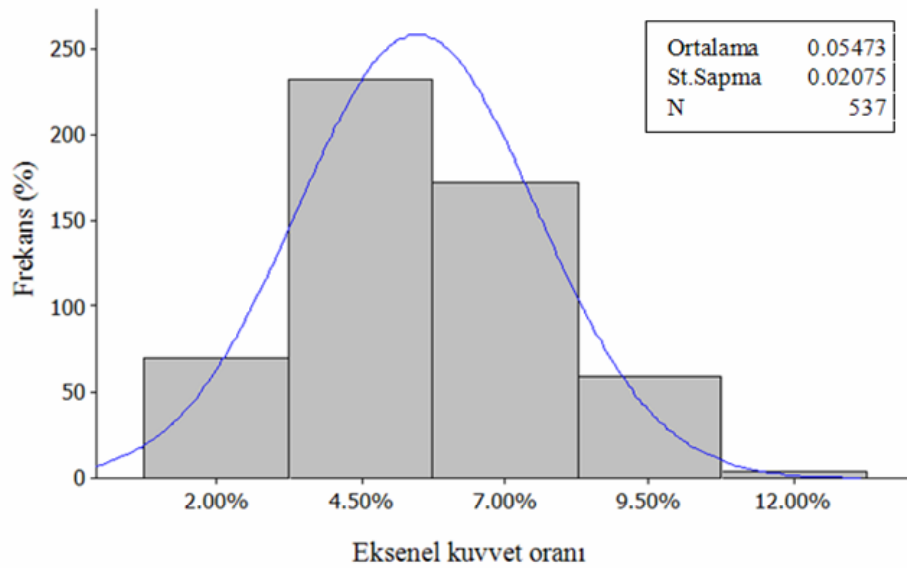
Bina parametrelerinin hesabı için iki ayrı yöntemle istatistiksel inceleme yapılmıştır. Bunlardan ilkinde DOSB’de yer alan 98 adet binayı oluşturan 537 kolonların doğrudan istatistiklerine bakılmıştır. İkincisinde ise daha ayrıntılı ve daha fazla sayıda analizin gerekebileceği göz önünde bulundurularak aksel kuvvet, boyuna donatı, enine donatı özelliklerini yansıtan çok fazla sayıda kolon kesiti türetilerek ayrıca 9720 adet moment-eğrilik analizinin istatistiklerine bakılmıştır. DOSB’de yer alan 98 binada bulunan kolonların tamamında boyuna donatı sınıfının S420 olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple oluşturulan bütün kolon modellerinde de boyuna donatı sınıfı S420 dir. Kuramsal olarak oluşturulan kolon kesit modellerinin özellikleri Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 9720 adet kuramsal betonarme kesiti oluşturan parametreler

### 5.2. Yapı Yatay Dayanım (Taban Kesmesi) Hesabı

DOSB’deki 98 adet tek katlı binanın analizi sonrasında kolonlar üzerinde oluşan aksel kuvvet oranlarına bakılmıştır. Elde edilen veriler kolon aksel kuvvet oranlarının ortalama %5 civarında olduğunu göstermektedir (Bkz. Şekil 5.2).



**Şekil 5.2** Mevcut Prefabrik yapılarda kolonların eksenel kuvvet oranı dağılımı

Oluşturulan 9720 adet modelin moment-eğrilik analizleri ve kolon eksenel kuvvet oranının %5 olduğu dikkate alınarak incelemeler yapılmıştır. Sonuçta boyuna donatı sınıfı **S420** olan betonarme bir kolonun moment kapasitesinin Denklem (5.1) kullanılarak hesaplanabileceği belirlenmiştir.

$$M_y = 34.7 N_{\%}^{0.22} B H^2 \rho_l^{0.6} \quad (5.1)$$

B , kesit genişliği (mm),

H , kesit derinliği (mm),

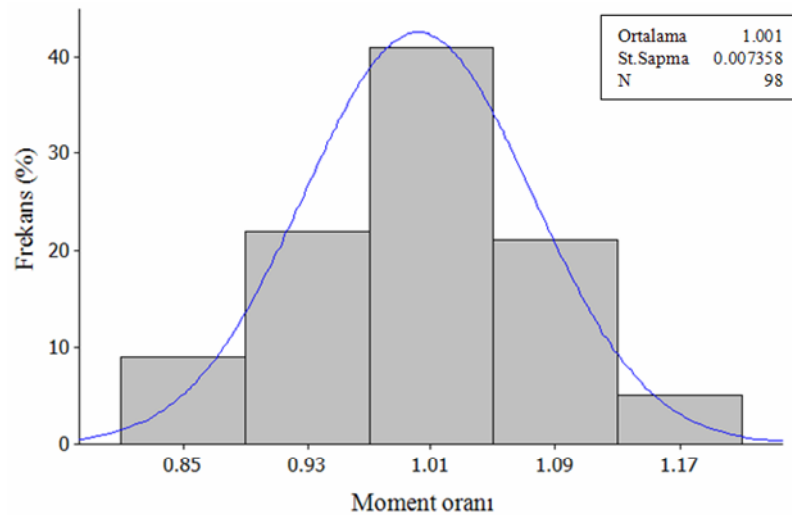
$\rho_l$  , boyuna donatı oranı,

$N_{\%}$  , eksenel kuvvet ve beton basınç dayanımına bağlı katsayı

Yapılan proje incelemelerinde DOSB’de yer alan binalarda kullanılan beton sınıfının C25-C30 arasında olduğu tespit edilmiştir. Binaların prefabrikasyon tekniği ile üretilmesi kullanılan malzemenin kalitesinin yüksek olduğunu işaret etmektedir. Ancak yöntemde, güvenli tarafta kalabilmek için kullanılan mevcut beton dayanımının C25 olduğu kabul edilmiş ve ( $f_c=f_{ck}$ ) alınmıştır. Bu durumda denklem (5.1)’de yer alan  $N_{\%}$  değeri için denklem (5.1) kullanılabilir.

$$N_{\%} = \left( \frac{1}{f_c} \right) \left( \frac{N}{BH} \right) \quad (5.2)$$

Son durumda mevcut prefabrik binaların analizinden elde edilen moment kapasiteleri ile denklem (5.1) kullanılarak elde edilen moment değerleri karşılaştırılmış ve Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.3** Analiz ve formül sonucu bulunan moment oranlarının dağılımı

Sistemin yatay dayanımın bulunabilmesi için her bir elemana ait kesme kapasitesinin bulunması gerekir. Buna göre prefabrik binanın davranışını yansıtan çerçevede yer alan bütün kolonların kesme kapasitesi bulunup toplanırsa sisteme ait yatay dayanım (denklem (5.3)) hesaplanmış olur.

$$V_t = \sum_{i=1}^{N_k} vt_i = \frac{M_{y,i}}{L_i} + \frac{M_{y,i+1}}{L_{i+1}} + \dots + \frac{M_{y,N_k}}{L_{N_k}} \quad (5.3)$$

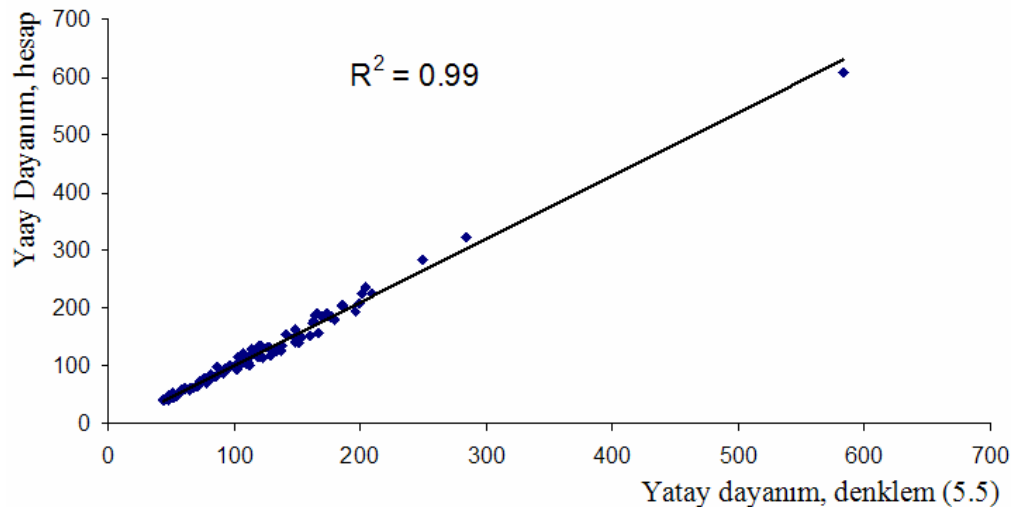
Yapılan incelemelerde prefabrik yapıyı oluşturan prefabrik kolon boylarının arasında büyük farklılıklar bulunmadığını göstermiştir. Bu durumda denklem (5.3)'te yer alan her kolona ait yükseklik yerine, sistemin bina yüksekliğini yansıtan tek bir  $L_{ort}$  değeri ile ifade edilebilir. Buna göre  $L_{ort}$  ilgili çerçevedeki bütün kolon uzunluklarının ağırlıklı ortalaması olarak alınabilir. O halde denklem (5.3) yeni haliyle aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} M_{yi}}{L_{ort}} \quad (5.4)$$

Sonuç olarak denklem (5.4)'deki her bir moment kapasitesi yerine denklem (5.1) konursa denklem (5.5) elde edilmiş olur.

$$V_t = \frac{34.7 N_{\%}^{0.22} \left( \sum_{i=1}^{N_k} B_i H_i^2 \rho_{l_i}^{0.6} \right)}{L_{ort}} \quad (5.5)$$

Son olarak, yatay dayanımları hesaplanmış 98 bina ile Denklem (5.5) kullanılarak elde edilen yatay dayanımlar karşılaştırılmış ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.4** Mevcut yapıların hesap ve formül sonucu bulunan yatay dayanımlarının karşılaştırılması (kN)

### 5.3. Yer Değiştirme Kapasitelerinin Hesabı

#### 5.3.1. Akma Yer Değiştirme Hesabı

Akma eğriliğinin hesabı için, Priestley'in betonarme kolon ve kirişler için önermiş olduğu yaklaşımdan yararlanılmıştır. Buna göre betonarme elemana ait akma eğriliği

kesitin boyuna donatı akma şekil değiştirmesiyle doğru orantılı olup kesitin eğilme yönündeki kesit yüksekliği ile ters orantılıdır (Bkz. Denklem (5.6)).

$$\phi_y = \chi \left( \frac{\varepsilon_y}{H} \right) \quad (5.6)$$

$\phi_y$  : Akma eğriliği,

$\chi$  : Katsayı (betonarme elemanın türüne göre ifade edilmiştir),

$\varepsilon_y$  : Boyuna donatı akma şekil değiştirmesi,

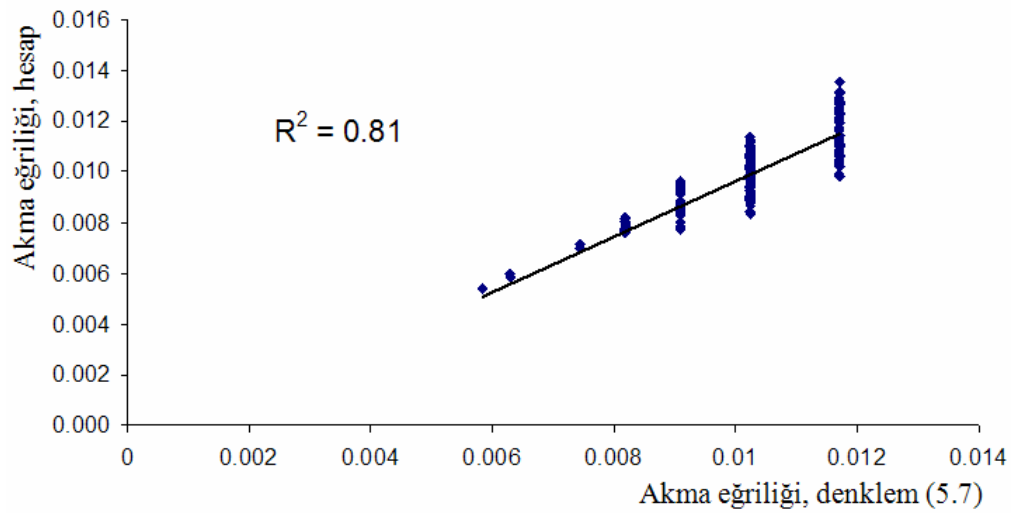
$H$  : Eğilme yönündeki kesit yüksekliği

Bu durumda akma eğriliği hesabının yapılabilmesi için  $\chi$  katsayısının belirlenmesi gereklidir. Priestley ve diğerleri tarafından kolonlar için ( $\chi=2.12$ ), kirişler için, ( $\chi=1.7$ ) alınabileceğini önerilmiştir.

Buna göre 537 mevcut prefabrik kolon ve kuramsal modeller sonuçları incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde  $\chi=1.95$  alınabileceği öngörülmüştür. Denklem (5.6)'da yer alan ( $\chi=1.95$ ) olarak alınmış ve 537 adet mevcut kolonun akma eğrilikleri hesaplanmıştır. Daha sonra bulunan eğrilikler ile analiz sonucunda elde edilen eğrilikler karşılaştırılmış ve Şekil 5.5'te verilmiştir.

Şekilden de görüldüğü üzere denklemin akma eğriliğini tahmin etmede yeterli olduğu söylenebilir. Bu durumda denklemin elde edilen katsayı ile gösterilmiş hali denklem (5.7)'de verilmiştir.

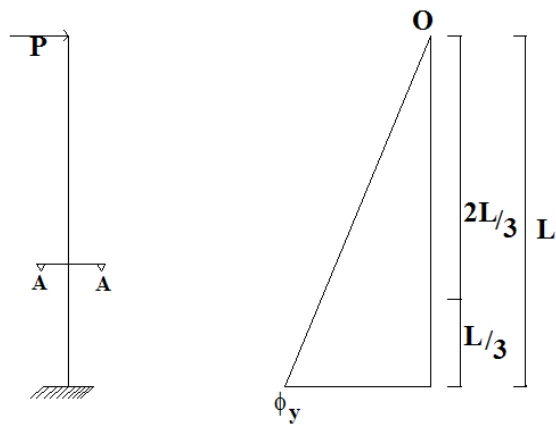
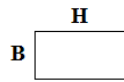
$$\phi_y = 1.95 \left( \frac{\varepsilon_y}{H} \right) \quad (5.7)$$



**Şekil 5.5** Hesap ve denklem sonucu bulunan akma eğriliğinin karşılaştırılması (rad/m)

Tek katlı prefabrik betonarme kolonların akma yer değiştirmesi ile ilgili hesabın nasıl yapılacağını gösteren şekil aşağıda verilmiştir (Bkz. Şekil 5.6).

**A-A KESİTİ**



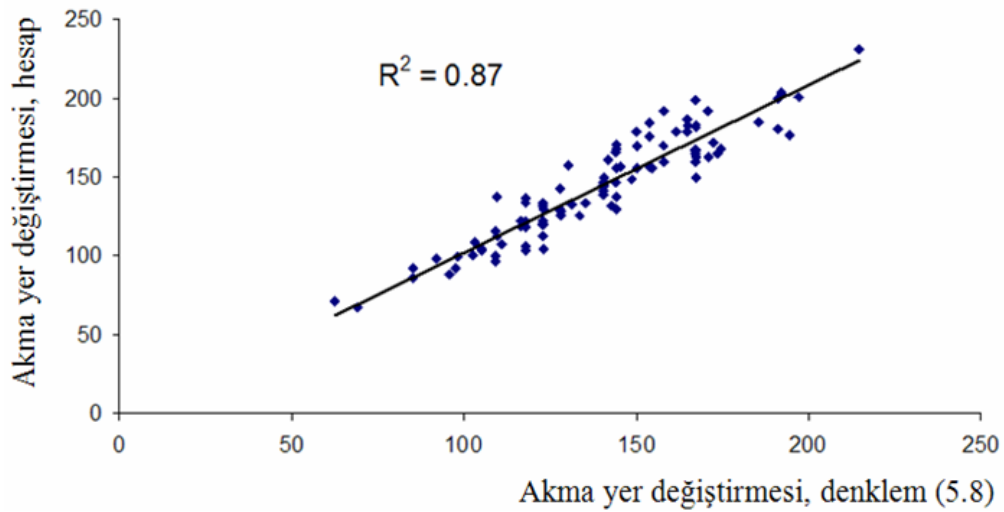
**Şekil 5.6** Bir ucu açık betonarme kolonun akma anı eğriliği



Akma eğriliği denklem (5.7) gibi alınıp moment-alan teoremine göre “O” noktasına göre moment alınırsa akma yer değıştirmesi denklem (5.8) ile hesaplanabilir.

$$\delta_y = 1.95 \left( \frac{\varepsilon_y L^2}{3H} \right) \quad (5.8)$$

Sonuç olarak, çerçeve de yer alan her kolon için denklem (5.8) kullanılmış ve elde edilen en küçük yer değıştirme binanın akma yer değıştirmesi olarak kabul edilmiştir. Daha sonra elde edilen akma yer değıştirmeleri ile 98 binanın hesaplanan akma yer değıştirmeleri ile karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.7).

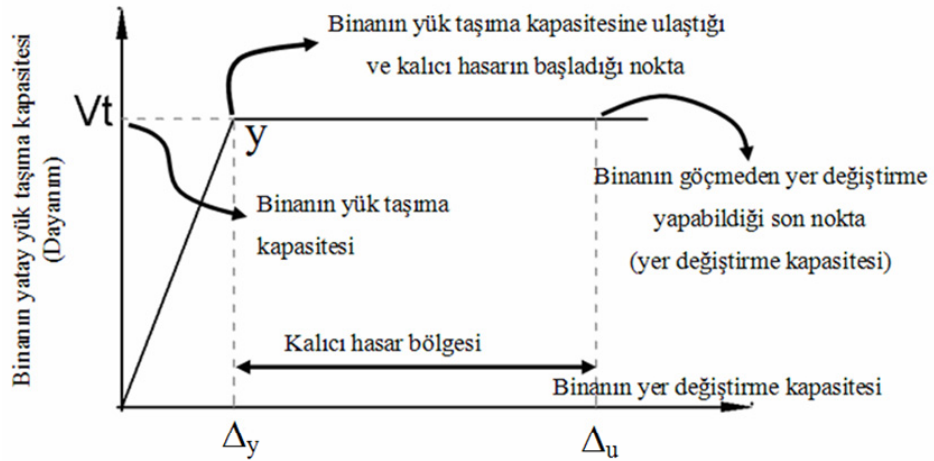


**Şekil 5.7** Mevcut binaların hesap ve denklem sonucu bulunan akma yer değıştirmelerinin karşılaştırılması (mm)

### 5.3.2. Bina Yer Değıştirme Kapasitesinin Hesabı

Bu bölümde göçmenin başladığı nokta olarak kabul edilen yapı nihai yer değıştirme kapasitesinin hesabına ait bilgilere yer verilmiştir.

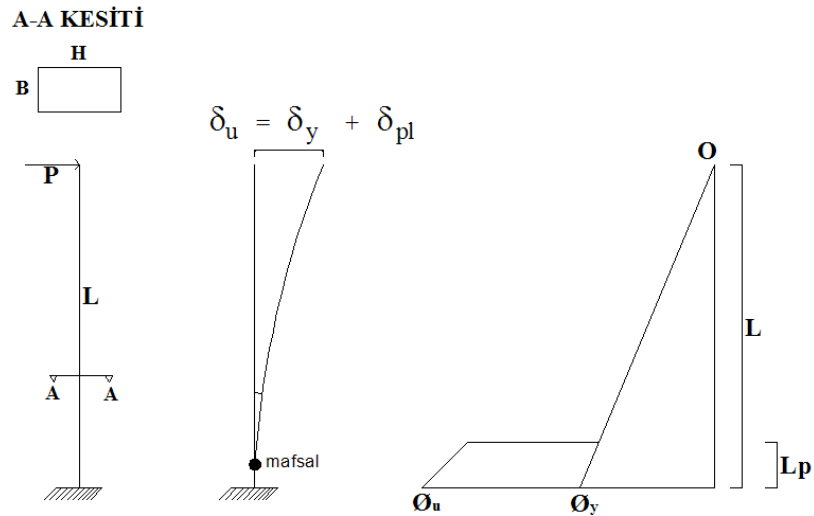
Mevcut bir binaya ait örnek kapasite eğrisi Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bir binanın maksimum yer değıştirme kapasitesi binanın göçmeden önce yapabildiği son nokta olarak ifade edilebilir.



Şekil 5.8 Örnek kapasite eğrisi

Tek katlı, birleşimleri mafsallı prefabrik bir yapıya ait betonarme kolonun akma ve maksimum yer değiştirmesinin nasıl bulunacağı ile ilgili hesaplar Şekil 5.9’de gösterilmiştir.

Şekil 5.9’da görülen üçgen ve yamuk alanlarının “O” noktasına göre ayrı ayrı momentleri alınırsa kolona ait akma ve plastik yer değiştirme değerleri bulunmuş olacaktır. Daha sonra elde edilen bu değerler toplanarak kolonun nihai yer değiştirme değeri hesaplanacaktır.



Şekil 5.9 Bir ucu açık betonarme kolona ait tipik eğrilik ve yer değiştirme şekli

$$\delta_y = \frac{\phi_y L^2}{3} \quad (5.9)$$

$$\delta_{pl} = (\phi_u - \phi_y) L_p \left( L - \frac{L_p}{2} \right) \quad (5.10)$$

$$\delta_u = \delta_y + \delta_{pl} \quad (5.11)$$

$$\delta_u = \frac{\phi_y L^2}{3} + (\phi_u - \phi_y) L_p \left( L - \frac{L_p}{2} \right) \quad (5.12)$$

Son durumda bulunan denklem (5.12) üzerinde birtakım düzenlemeler yapmak mümkündür. Prefabrik yapılarda kullanılan kolon boyları düşünüldüğünde L'nin  $L_p$ 'ye göre çok yüksek olduğu bilinmektedir. Denklem (5.12)'e bakıldığında kolon boyundan, plastik mafsal boyunun yarısı alınarak çıkarıldığı görülmektedir. Bu durumda plastik mafsal boyunun işleme olan etkisini ihmal ederek denklem basitleştirilebilir.

$$\delta_u = \frac{\phi_y L^2}{3} + (\phi_u - \phi_y) L_p L \quad (5.13)$$

Denklemde yer alan L (kolon boyu) değeri, daha önce bölüm 5.2'de belirtildiği gibi  $L_{ort}$  (ağırlıklı kolon boyu ortalaması) olarak kullanılabilir. Aynı zamanda plastik mafsal boyu uzunluğu ile ilgili bilgiler bölüm 4.4.2'de verilmiştir. Buna göre gerekli düzeltmenin ardından denklem (5.7), denklem (5.13)'te yerine konulduktan sonra denklemin yeni hali aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{\delta_u}{L_{ort}} = \left( \frac{1.95 \varepsilon_y}{3H} \right) L_{ort} + \phi_u L_p - \left( \frac{1.95 \varepsilon_y}{3} \right) \frac{1}{2} \quad (5.14)$$

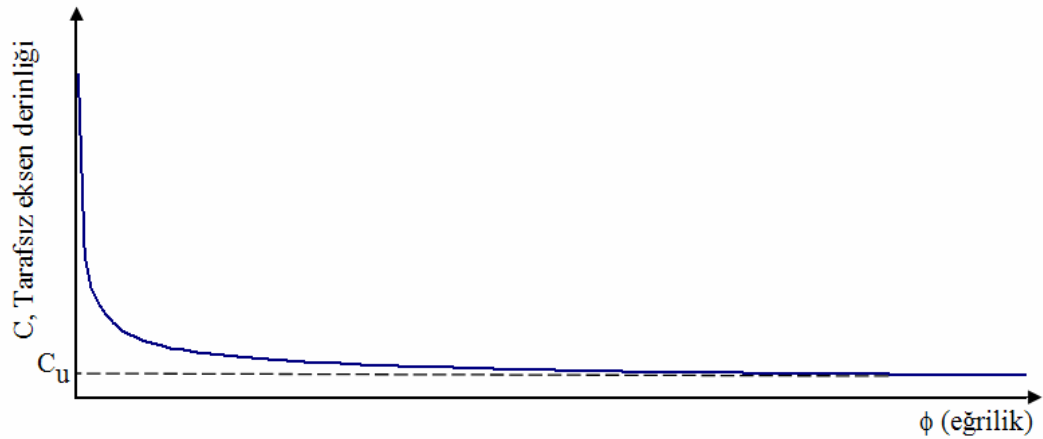
Son olarak denklem (5.14)'de yer alan şekil değiştirme ( $\varepsilon_y$ ) değeri sırasıyla her iki boyuna donatı sınıfı (S420, S220) için yerine yazılırsa ;

$$\frac{\delta_u}{L_{ort}} = \phi_u \frac{H}{2} + 0.004 \left( \frac{L_{ort}}{3H} \right) - 0.002 \quad (5.15)$$

$$\frac{\delta_u}{L_{ort}} = \phi_u \frac{H}{2} + 0.002 \left( \frac{L_{ort}}{3H} \right) - 0.001 \quad (5.16)$$

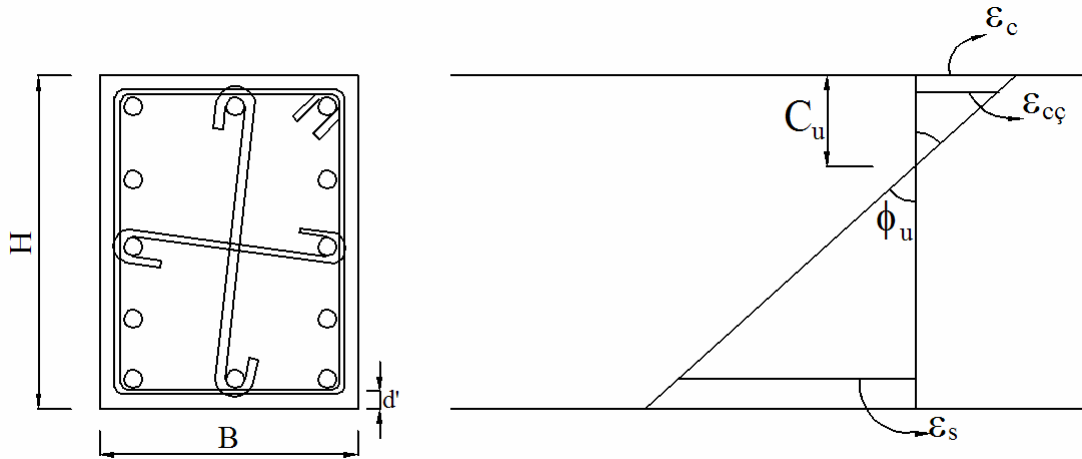
Denklem (5.15) ve denklem (5.16)'de yer alan tek bilinmeyen değerin nihai eğrilik olduğu görülmektedir. Buna göre, bu değerin hesaplanması maksimum yer değiştirmesinin hesaplanmasına imkan verecektir.

Nihai eğriliğin hesaplanabilmesi için 9720 kolonun moment-eğrilik analiz sonuçlarından yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tarafsız eksen derinliği ile eğrilik arasındaki ilişkinin Şekil 5.10'daki gibi olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 5.10** Tarafsız eksen derinliğinin eğrilik ile ilişkisi

Bölüm 4.5'de yer alan Tablo 4.1 incelendiğinde kesit göçme sınırı basınç bölgesindeki çekirdek beton şekil değiştirmesi ve çekme bölgesindeki donatının şekil değiştirmesi üzerinden tarif edilmiştir. Söz konusu şekil değiştirmelerin ve eğriliğin şematik olarak gösterimi Şekil 5.11'de verilmiştir. Göçme anındaki eğriliği temsil eden  $\phi_u$  ifadesi ise denklem (5.17)'de verilmiştir.



**Şekil 5.11** Betonarme elemana ait şekil değiştirme

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{cç}}{C_u - d'} \quad (5.17)$$

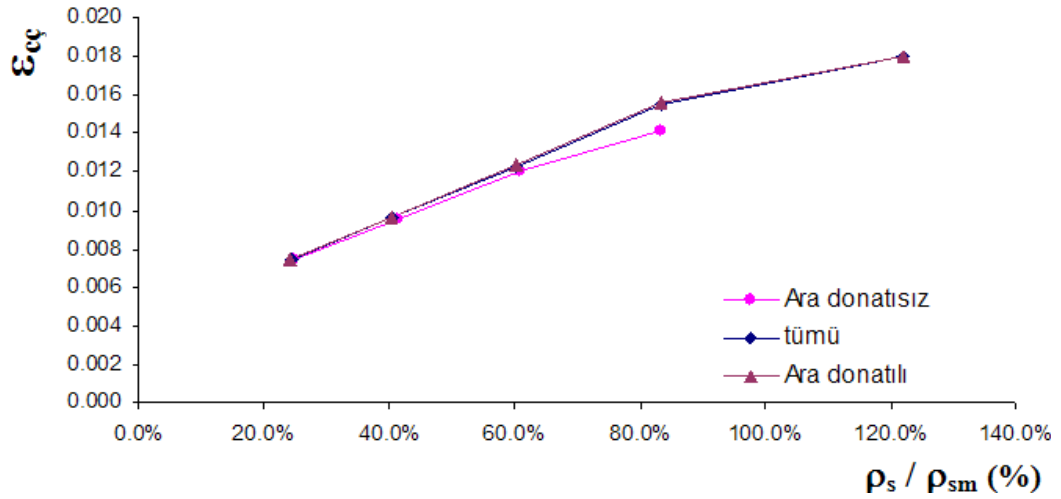
Denklem (5.17)'den nihai eğriliğin, çekirdek beton şekil değiştirmesi ve tarafsız eksen derinliğine bağlı olduğu görülmektedir. Yapılan moment-eğrilik analizlerinden yararlanılarak tarafsız eksen derinliğini etkileyen parametreler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bu parametrelerin en önemlilerinin boyuna donatı oranı, kesit derinliği, ara donatının varlığı ve eksenel kuvvet olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda nihai eğriliğin bulunması için tarafsız eksen derinliğinin hesap edilmesi gerekmektedir. Tarafsız eksen derinliğine ilişkin çalışmalar yapılırken ise eksenel kuvvet oranının %5 olduğu dikkate alınmıştır.

### 5.3.2.1. Maksimum Beton Şekil Değiştirmesinin Tahmini

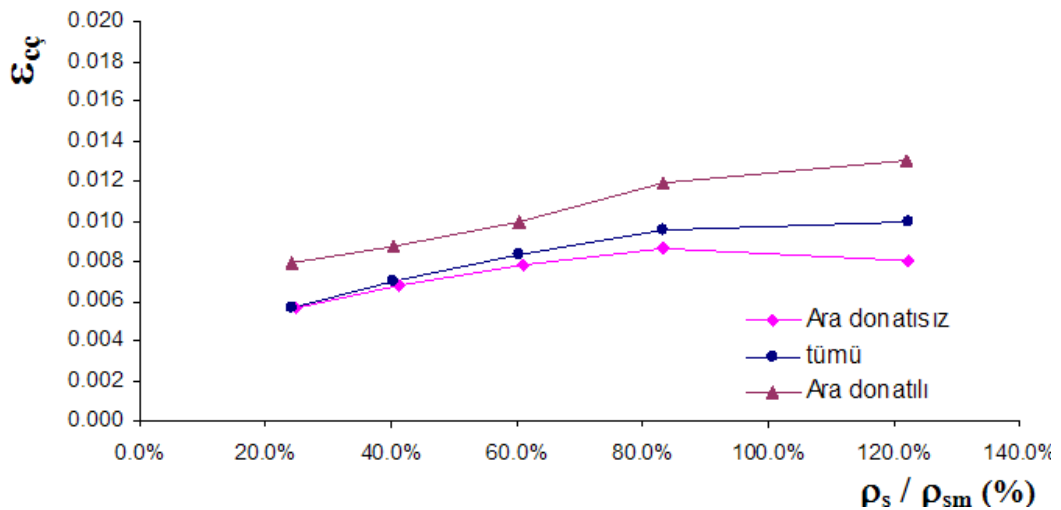
Prefabrik kolonların moment-eğrilik analizleri yapılırken AY2007'de tarif edilen beton ve donatının şekil değiştirme ifadeleri kullanılmıştır (Bkz. Tablo 4.1). Buna göre betonda izin verilen maksimum şekil değiştirme kapasitesi ile kesitin sargı donatısı miktarı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.

Bu sebeple daha ayrıntılı hesabın yapılabilmesi için 9720 adet kuramsal kolonun moment-eğrilik sonuçlarından yararlanılmıştır. Aynı zamanda yapılan analizlerden şekil değiştirmeler üzerinde etkili olan diğer parametrelerin (enine donatı sınıfı, ara donatının

varlığı, göçmenin hangi malzemeden gerçekleştiği v.s.) etkileri araştırılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda kesit sargı donatısı oranı ile çekirdek beton şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişkilere bakılmış ve Şekil 5.12-Şekil 5.13'te verilmiştir.

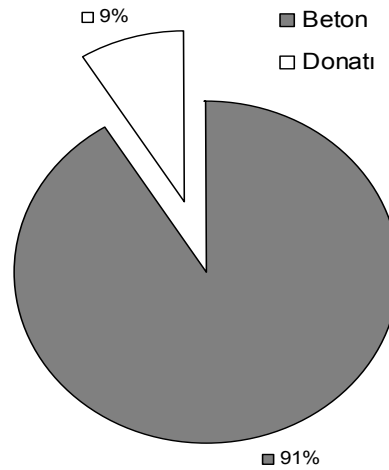


**Şekil 5.12** Göçmenin beton tarafından kontrol edildiği kesitlerdeki çekirdek beton şekil değiştirmesinin sargı donatısına miktarına göre değişimi



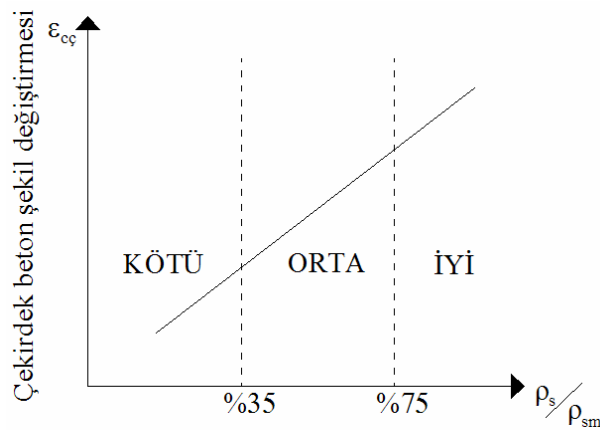
**Şekil 5.13** Göçmenin çelik tarafından kontrol edildiği kesitlerdeki çekirdek beton şekil değiştirmesinin sargı donatısına miktarına göre değişimi

Ayrıca 9720 kolonun moment-eğrilik analiz sonucunda davranışı belirleyen malzemenin hangisi olduğu konusunda inceleme yapılmıştır. Yapılan incelemeler sırasında aksenal kuvvet oranının %5 olduğu dikkate alınmış ve sonuçta göçme davranışının %90 gibi büyük bir oranla beton tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir (Bkz Şekil 5.14).



**Şekil 5.14** Kolonlarda göçme davranışı belirleyen malzeme belirlenmesi

Böylece şekil değiştirmelerin tarifi çekirdek beton şekil değiştirmeleri üzerinden verilebilir. Bu durumda yapılan analizlerden yararlanarak sargı donatısı oranına göre kesitler iyi, orta ve kötü olmak üzere 3 gruba ayrılmış ve şekil üzerinde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 5.15).



**Şekil 5.15** Sargı donatısı oranına göre sınıflandırmanın grafiksel gösterimi

Sonuç olarak mevcut bina kolonlarından elde edilen bulgular ile analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde iyi, orta ve kötü sınıf kesitler için sargı donatı oranına göre çekirdek beton şekildeğiştirme değerleri elde edilmiştir (Bkz. Tablo 5.1).

**Tablo 5.1** Sargı donatı oranına göre çekirdek beton şekil değiştirme değerleri

İYİ	$\rho_s/\rho_{sm} \geq \%75$	$\epsilon_{cc} = \%1.30$
ORTA	$\%35 < \rho_s/\rho_{sm} < \%75$	$\epsilon_{cc} = \%1.00$
KÖTÜ	$\rho_s/\rho_{sm} \leq \%35$	$\epsilon_{cc} = \%0.70$

### 5.3.2.2. Tarafsız Eksen Derinliğinin Tahmini

Moment-eğrilik analizleri sonucunda elde edilen tarafsız eksen derinlikleri incelenmiş ve tarafsız eksen derinliği üzerinde etkili olan parametreler araştırılmıştır. Yapılan gözlemler, tarafsız eksen derinliği üzerinde en etkili parametrelerin aksenal kuvvet oranı, kesit yüksekliği, ara donatının varlığı, boyuna donatı oranının olduğunu göstermiştir. Ara donatının var olduğu kesitlerde yer değiştirme kapasitesinin, var olmayan kesitlere göre daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Günümüz koşullarına bakıldığı zaman, yönetmeliğin getirdiği minimum kesit boyutlarına ilişkin kurallar ara donatının kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Mevcut kesitlerde ise yöntemin güvenli tarafta kalmasını sağlayacak ara donatının var olmadığı kesitler göz ardı edilmiştir. Böylece ara donatının var olduğu tüm kesitlerdeki tarafsız eksen derinliğinin bulunması için çalışmalar yapılmış ve Tablo 5.2'deki sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 5.2** Tarafsız eksen derinliğinin belirlenen parametrelere göre formülize edilmesi

$f_{yk} / f_{yw}$	Kesit Sayısı: Beton / Çelik / $\Sigma$	$C_u$	CoV
420 / 420	2369 / 331 / 2700	$5.30\rho_l^{0.36}H^{0.75}$	%17.20
420 / 220	2572 / 128 / 2700	$4.60\rho_l^{0.35}H^{0.75}$	%14.00
420 / hepsi	7410 / 690 / 8100	$4.82\rho_l^{0.35}H^{0.75}$	%16.00

Tablo incelendiğinde tarafsız eksen derinliğinin, seçilen parametrelere bağlı olarak değiştii fakat elde edilen denklemlerde, katsayıların dışında benzerliklerin olduğu



görülmektedir. Denklemlerde yer alan “ $\rho_l^{0,35} \cdot H^{0,75}$ ” değeri sabit tutularak katsayıların değişimleri incelenmiştir. Buna göre bu katsayı “ $\kappa$ ” ile ifade edilirse :

$$C_{u,formül} = \kappa \rho_l^{0,35} H^{0,75} \quad (5.18)$$

$$\frac{C_{u,analiz}}{C_{u,formül}} = 1 \quad (5.19)$$

$$\kappa = \frac{C_{u,analiz}}{\rho_l^{0,35} H^{0,75}} \quad (5.20)$$

Bölüm 5.2’de ortalama eksenel kuvvet oranının %5 ve üzeri olduğu verilmektedir (Bkz. Şekil 5.2). Bu sebeple Denklem (5.20), eksenel kuvvet oranının %5 ve üzeri olduğu ara donatılı kesitlere uygulanmış ve katsayının bulunması işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, boyuna donatı sınıfı S420 olan ve eksenel kuvvet oranı %5 üzeri olan ara donatılı bütün kesitler için ( $\kappa=5.20$ ) elde edilmiştir. Elde edilen diğer değerler ise Tablo 5.3’te gösterilmiştir.

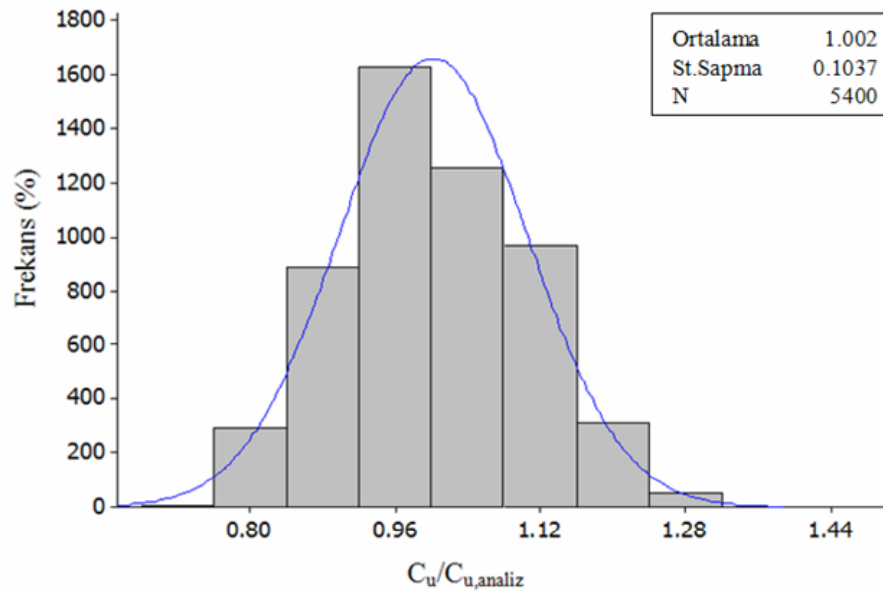
**Tablo 5.3** Göçme durumuna göre tarafsız eksen derinliğinin formülize edilmesi

$f_{yk} / f_{yw}$	Kesit Sayısı: Beton / Çelik / $\Sigma$	$C_u$	CoVar
420 / 420	1700 / 100 / 1800	$5.54 \rho_l^{0,35} H^{0,75}$	%11.00
420 / 220	1778 / 22 / 1800	$5.00 \rho_l^{0,35} H^{0,75}$	%10.00
420 / hepsi	5217 / 183 / 5400	$5.20 \rho_l^{0,35} H^{0,75}$	%10.37

Yöntemin pratikliği ve uygulanabilirliği açısından tarafsız eksen derinliğinin tek bir denklem ile ifade edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple bütün kesitler için bulunan  $C_u$  değeri analiz sonucunda bulunan değerler ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 5.16’da gösterilmiştir.

Buna göre tarafsız eksen derinliğinin hesabı için denklem (5.21) kullanılmıştır.

$$C_u = 5.20 \rho_l^{0,35} H^{0,75} \quad (5.21)$$



**Şekil 5.16** Tarafsız eksen derinliği oranlarının dağılımı ( $\kappa=5.20$ )

Sonuç olarak, denklem (5.21) ile tarafsız eksen derinliği ve Tablo 5.1’de verilen çekirdek beton şekil değiştirme değerleri kullanılarak nihai eğrilik değeri hesap edilebilir.

Buna göre, nihai (maksimum) eğriliğin hesaplanması için elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir :

$$\text{Kötü sargı donatısına sahip kesitler için, } \phi_u = \frac{\%0.70}{5.20 \rho_i^{0.35} H^{0.75} - d'} \quad (5.22)$$

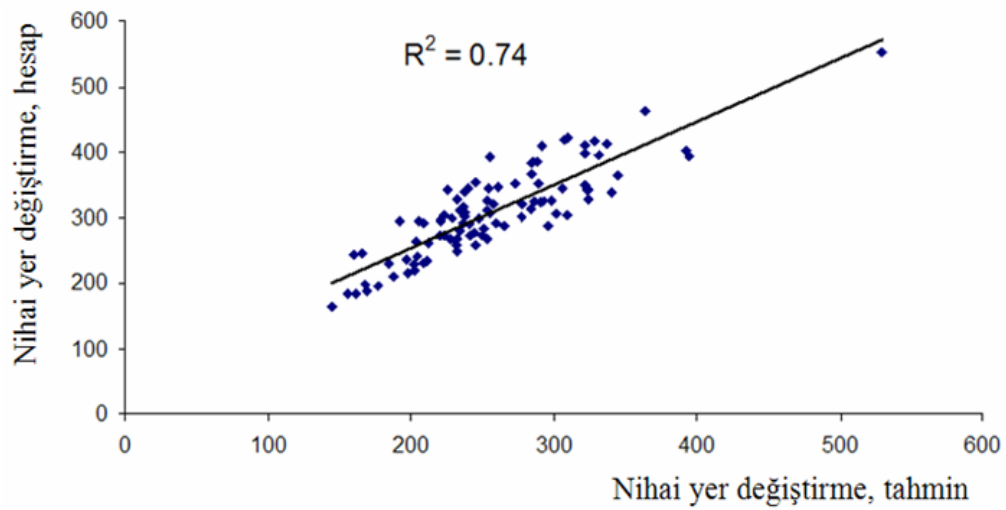
$$\text{Orta sargı donatısına sahip kesitler için, } \phi_u = \frac{\%1.00}{5.20 \rho_i^{0.35} H^{0.75} - d'} \quad (5.23)$$

$$\text{İyi sargı donatısına sahip kesitler için, } \phi_u = \frac{\%1.30}{5.20 \rho_i^{0.35} H^{0.75} - d'} \quad (5.24)$$

Maksimum yer değiştirmesinin tahmini için takip edilecek işlemler ise aşağıda adım adım anlatılmıştır :

- Kolona ait sargı donatı oranı elde edilir ( $\rho_s/\rho_{sm}$ ) ve şekil değıştirme değeri Tablo 5.1'den alınır,
- Denklem (5.22)~(5.24) kullanılarak kesitin nihai eğriliği hesaplanır,
- Denklem (5.15) veya denklem (5.16) kullanılarak kesitin nihai yer değıştirmesi hesaplanır,
- Adım 1-4 çerçeve de yer alan her kolon için tekrarlanır. Her kolon için bulunan nihai yer değıştirmelerin en küçüğü, sisteme ait göçme yer değıştirmesi olarak alınır.

Sonuç olarak, mevcut prefabrik yapıların nihai yer değıştirmeleri ile yukarıda yer alan adımların takip edilmesiyle bulunan nihai yer değıştirmeler karşılaştırılmış ve Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.17** Mevcut binaların hesaplanan ve tahmin edilen yer değıştirme kapasitelerinin karşılaştırılması (mm)

#### 5.4. Deprem Talebinin Hesabı

Geliştirilen hızlı değeriendirme yönteminde eş-yer değıştirme prensibi ile deprem talebinin hesabı yapılmaktadır. Talebin hesaplanabilmesi için bina periyodunun da tahmin edilmesi gerekmektedir. Periyodun tahmin edilebilmesi için ise öncelikle bina

kütlesinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple bu bölümde bahsedilen parametrelerin tahmini için yapılan çalışmalardan bahsedilmiş ve gerekli açıklamalar yapılmıştır.

#### 5.4.1. Bina Kütlesinin Hesabı

Deprem talebinin belirlenebilmesi için tahmin edilmesi gereken değerlerden biri de bina kütesidir. Dolayısıyla bu bölümde prefabrik binaları kapsayan yüklemelerden ve bina kütesinin tahminini içeren parametrelerden bahsedilmiştir.

DOSB'de yer alan mevcut prefabrik binaların kütleleri hesaplanırken binanın ölü ve hareketli yüklerini içeren G+n.Q düşey yük kombinasyonu kullanılmıştır. Aynı zamanda saha çalışmaları sırasında binaların projeleri dışında ek imalatların yapıp yapılmadığı kontrol edilmiş ve böylece prefabrik kolonlar üzerinde eksenel yük oluşturan bütün parametrelerin göz önüne alınması sağlanmıştır.

Sonuç olarak yapılan saha çalışmaları ve proje incelemeleri ile prefabrik binalarda yer alan esas yükler belirlenmiş ve aşağıda sıralanmıştır

- Prefabrik bina eleman yükleri (aşık, makas, kaplama, oluk v.b.),
- Kar yükü,
- Asma Tavan,
- Kren giriş yükleri.

Buna göre bina kütesinin hesabı yapılırken, yukarıdaki yüklemeler göz önüne alınmıştır. DOSB'de yer alan mevcut binaların verileri kullanılarak, prefabrik binalardaki makas, aşık uzunlukları elde edilmiş ve bu elemanlara ait kesit alanları incelenerek, prefabrik bir binanın ortalama özelliklerini yansıtan bina modeli oluşturulmuştur. Böylece binaların kütleleri tahmin edilirken bu model kullanılmış ve denklem (5.25) elde edilmiştir.

DOSB'de yer alan tek katlı, birleşimleri mafsallı binaların geometrik özelliklerinin yani bina çerçevelerinin benzer (homojen) olması ve çerçevede kullanılan makas özelliklerinin benzer olması kütle hesabının yapılmasını kolaylaştırmıştır. Bu sebeple kütle hesabı yapılırken bu etkenler göz önünde bulundurulmalı aksi takdirde kütle

hesabı için ayrı bir düşey yük analizi yapılmalıdır. Denklem (5.25) te yer alan ifadelerin gösterilmesi için örnek bir sanayi yapısı verilmiştir (Bkz. Şekil 5.18).

$$m = \left[ 1.16 + 0.46 \left( \frac{L_{kren}}{L_{toplaml}} \right) \right] L_{toplaml} C_{aşıkk} + 2.1 N_k \quad (5.25)$$

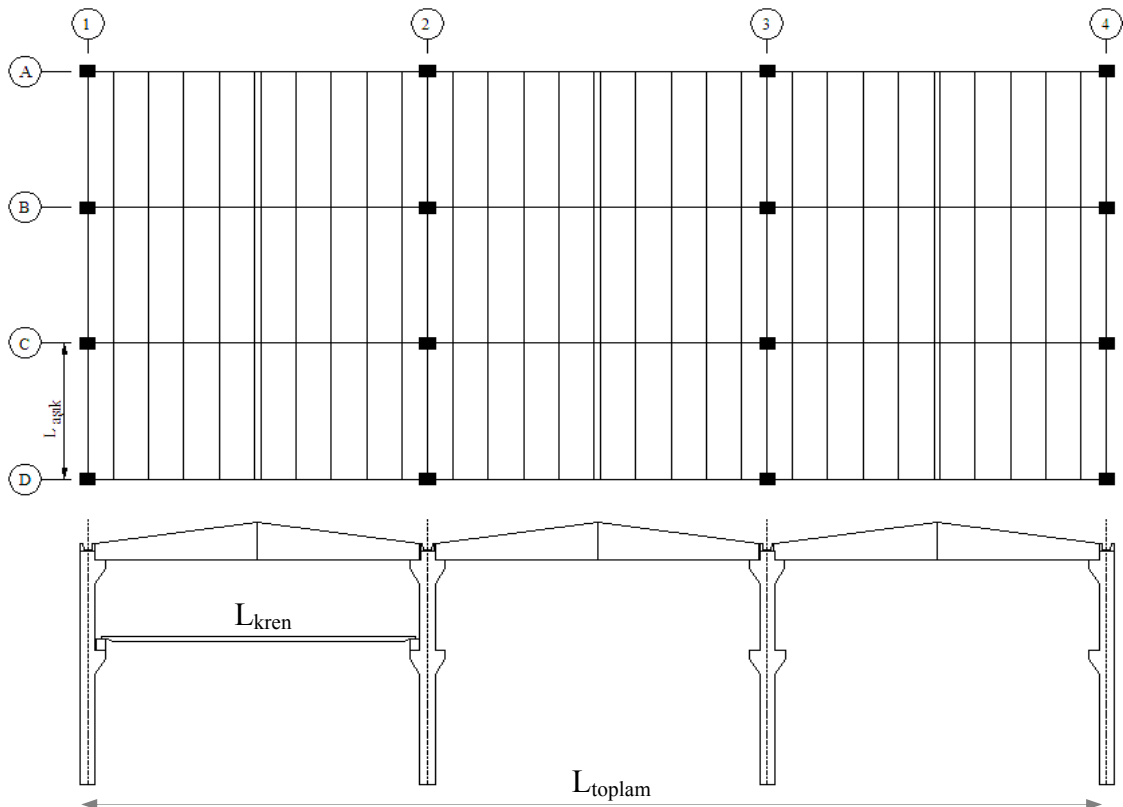
$L_{kren}$  : Çerçeve de yer alan kren kirişli toplam makas uzunluğu,

$L_{toplaml}$  : Çerçevenin toplam uzunluğu,

$N_k$  : Çerçeve de yer alan toplam kolon sayısı,

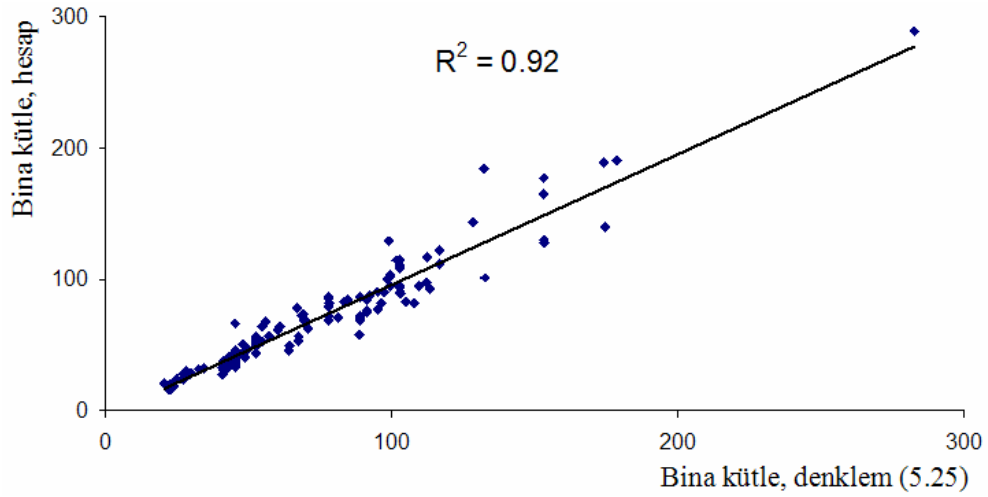
$$\text{Eğer } (L_{aşıkk} > 8) \text{ ise; } C_{aşıkk} = 1.65 \left( \frac{L_{aşıkk}}{8} \right)$$

$$\text{Eğer } (L_{aşıkk} \leq 8) \text{ ise; } C_{aşıkk} = 1$$



Şekil 5.18 Örnek sanayi yapısı ve çerçeve görünüşü

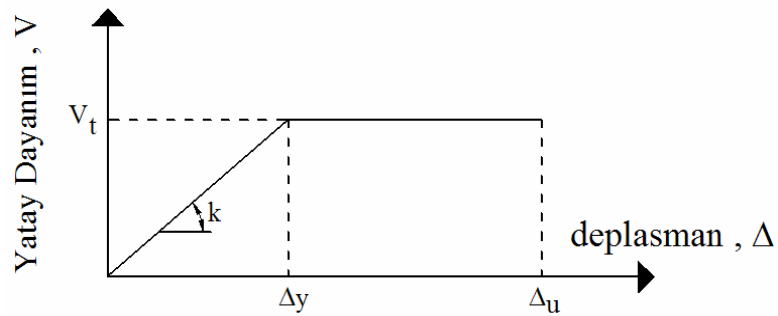
Sonuçta, mevcut bina kütleleriyle tahmini kütleler karşılaştırılmış ve Şekil 5.19'da verilmiştir.



**Şekil 5.19** Mevcut binaların hesaplanan ve tahmin edilen kütlelerinin karşılaştırılması (kNs<sup>2</sup>/m)

#### 5.4.2. Bina Periyodunun Hesabı

Herhangi bir yapının periyodu, o binanın kütlesiyle doğru orantılı fakat rijitliği ile ters orantılıdır. Bölüm 5.4.1'de bina kütlelerinin hesabı izah edilmiştir. Dolayısıyla periyodun belirlenebilmesi için bina rijitliğinin de tahmin edilmesine ihtiyaç vardır. Bu sebeple prefabrik bir yapıya ait tipik kapasite Şekil 5.20'de verilmiş ve rijitlik (k) ifadesi şekil üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 5.20** Prefabrik bir binaya ait tipik kapasite eğrisi

Şekil 5.20'den görüldüğü üzere binaya ait rijitlik :

$$k = \frac{V_t}{\Delta_y} \quad (5.26)$$

şeklinde ifade edilebilir. Herhangi bir yapıya ait periyot ise denklem (5.27) kullanılarak hesaplanabilir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5.27)$$

ile hesaplanabilir. Bu durumda denklem (5.27)'daki rijitlik ifadesinin yerine, denklem (5.26) yazılırsa :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m \Delta_y}{V_t}} \quad (5.28)$$

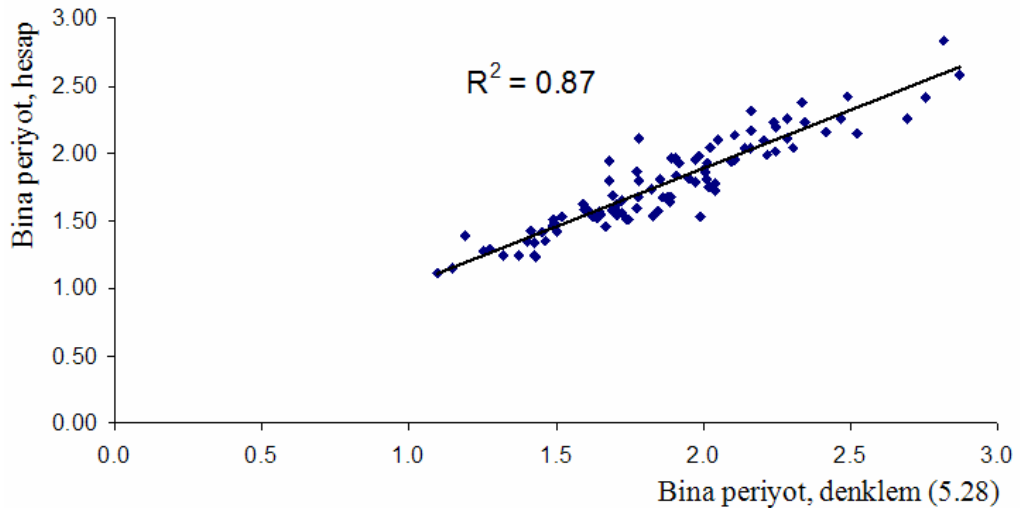
m : Bina kütlesi,

$\Delta_y$  : Bina akma yer değiştirmesi,

$V_t$  : Toplam taban kesme kuvvet kapasitesi,

Denklem (5.28)'de yer alan yatay dayanım, akma yer değiştirmesi ve bina kütlelerinin hesabı sırasıyla bölüm 5.2, 5.3.1 ve 5.4.1'de açıklanmıştır. Böylece denklemde yer alan ifadelerin önceden belirlenmesiyle periyot hesabı tamamlanmış olacaktır.

Sonuç olarak, mevcut prefabrik binaların hesaplanan periyotları ile denklem (5.28)'e göre bulunan tahmini periyotlar analiz sonucunda bulunan periyotlarla karşılaştırılmış ve Şekil 5.21'de verilmiştir.



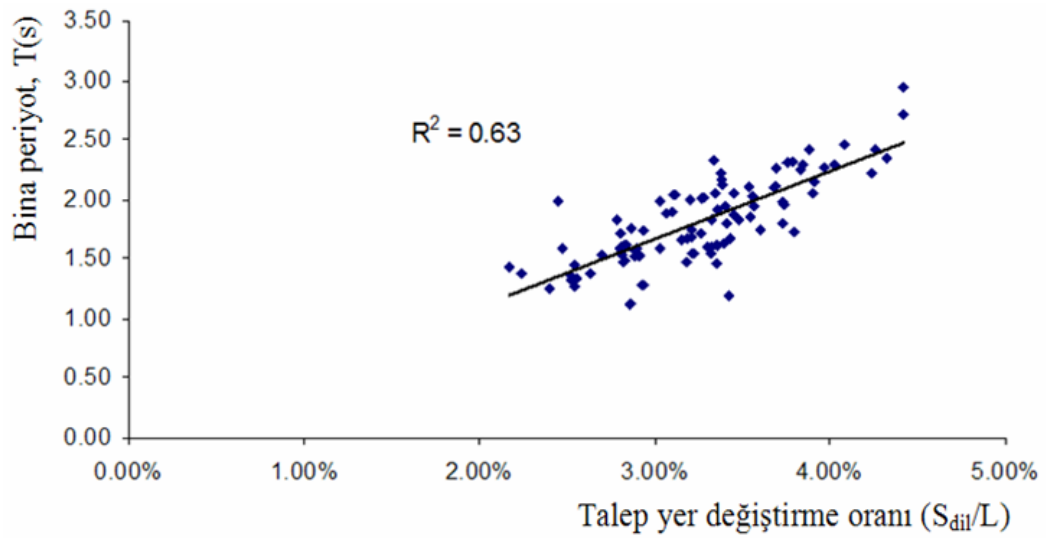
**Şekil 5.21** Mevcut binaların hesaplanan ve formül ile bulunan periyotların karşılaştırılması (s)

#### 5.4.3. Yer Değiştirme Talebinin Hesabı

Mevcut prefabrik binaların analizlerinin tamamlanmasından sonra elde edilen kapasite, performans gibi bina parametreleri kullanılmış ve bu parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri araştırılmıştır.

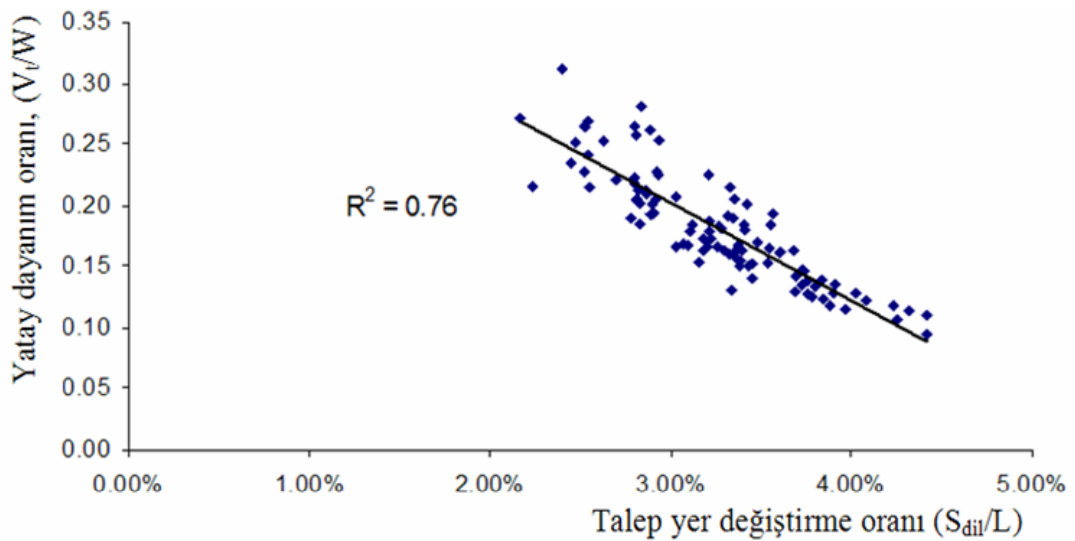
Binaların performans yer değiştirmeleri hesaplanırken, 2007 deprem yönetmeliğinde uzun periyotlu binalar için önerilen eş yer değiştirme kuralı kullanılmıştır. 98 adet bina için yapılan hesaplamalar, binaların titreşim periyotlarının 1s'den uzun olduğunu göstermektedir. Yüksek titreşim periyotları ise artan yer değiştirme talebine işaret etmektedir. Bu sebeple elde edilen veriler kullanılarak talep yer değiştirmeleri ile periyotlar arasındaki ilişki incelenmiş ve Şekil 5.22'de verilmiştir.





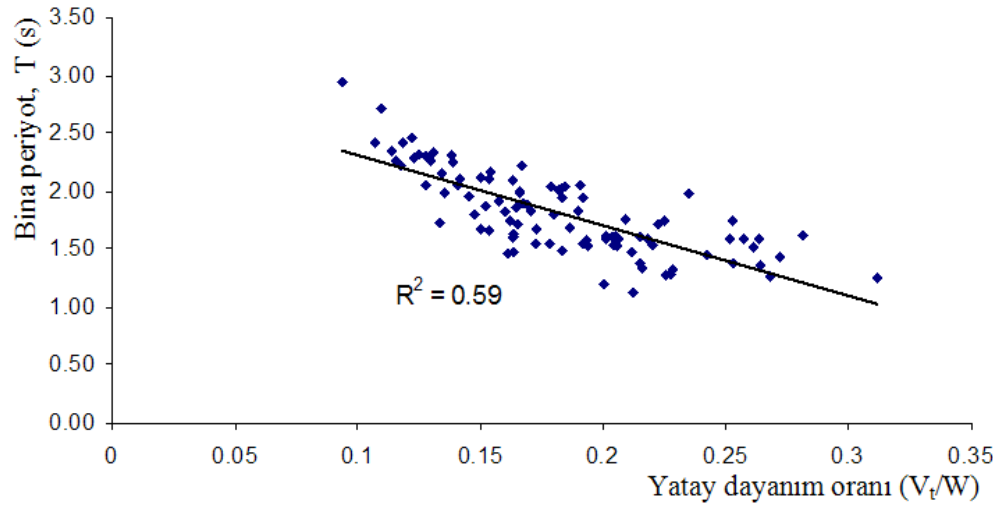
**Şekil 5.22** Periyot-talep yer değiştirme oranı ilişkisi

Şekilden de görüldüğü üzere artan periyot aynı zamanda talep artışını da beraberinde getirmektedir. Aynı şekilde, yatay dayanım oranı ile talep yer değiştirme oranı arasında ilişki incelenmiştir. Bulgulara göre yatay dayanım oranının düşük olması talep yer değiştirmelerinin artışına sebep olmaktadır (Bkz. Şekil 5.23).



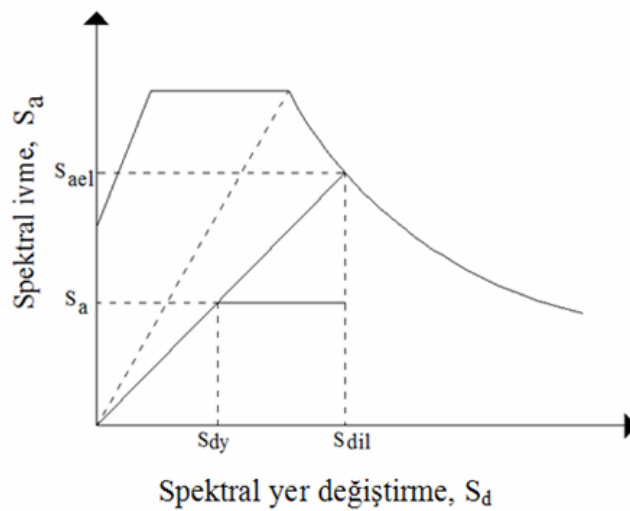
**Şekil 5.23** Yatay Dayanım oranı-periyot ilişkisi

Binanın rijit olması, yani yatay dayanımın (yatay dayanım oranının) yüksek olması ile bina periyodu arasında ters ilişki bulunmaktadır. Nitekim elde edilen sonuçlar incelendiğinde bahsi geçen durumun gerçeği yansıttığı gözlenmiştir.



**Şekil 5.24** Periyot-yatay dayanım oranı ilişkisi

Yüksek titreşim periyotlarında eş yer değiştirme kuralı kullanılarak talep yer değiştirmesinin hesabı Şekil 5.25'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.



**Şekil 5.25** Yüksek titreşim periyotlarında doğrusal olmayan talep yer değiştirmesinin hesabı

Bu duruma göre üçgenler arasındaki benzerlik kullanılarak :

$$\frac{S_{ael}}{S_a} = \frac{S_{dil}}{S_{dy}} \quad (5.29)$$

Denklem (5.29) yazılabilir. Eğer

$$R = \frac{S_{ael}}{S_a} \quad (5.30)$$

$$\mu = \frac{S_{dil}}{S_{dy}} \quad (5.31)$$

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı,

$\mu$  : Bina sünekliği,

şeklinde yazılırsa ( $\mu = R$ ) olacaktır. Tek katlı, birleşimleri mafsallı prefabrik binalar göz önüne alındığında spektral ivmenin yatay dayanım cinsinden, spektral yer değiştirme değerinin ise yer değiştirme cinsinden yazılabilir. O halde denklem (5.30) ve denklem (5.31) yeniden düzenlenip yazılırsa :

$$R = \frac{V_{te}}{V_t} \quad (5.32)$$

$$\mu = \frac{S_{dil}}{\Delta_y} \quad (5.33)$$

O halde binanın deprem talep sünekliği ile bina taşıyıcı sistem davranış katsayısı arasındaki bu doğrusal ilişki kullanılarak doğrusal olmayan deprem talebi, denklem (5.32) ve denklem (5.33) kullanılarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$S_{dil} = \Delta_y \frac{V_{te}}{V_t} \quad (5.34)$$

Denklem (5.34)'da görüldüğü üzere bir binanın deprem talebinin bulunabilmesi için o binanın elastik dayanımına, yatay dayanım kapasitesine ve akma yer değiştirmesine

ihtiyaç vardır. Bölüm 5.4.2, denklem (5.28)'daki eşitliğin her iki tarafının karesi alınıp gerekli düzenlemeler yapılırsa :

$$\frac{\Delta_y}{V_t} = \frac{T^2}{4.\pi^2 m} \quad (5.35)$$

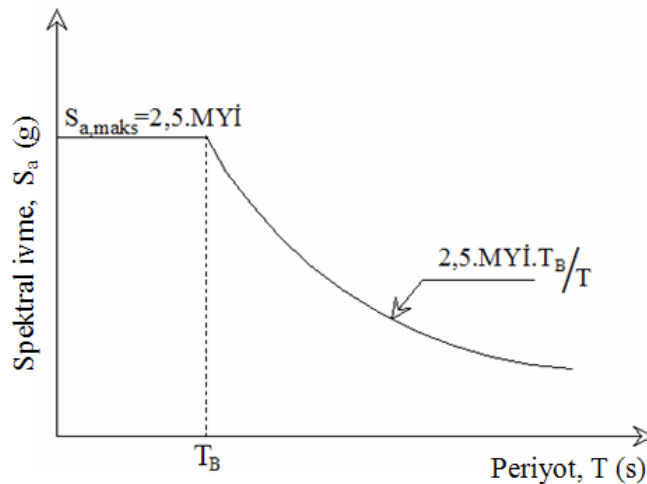
denklem (5.35) elde edilir. Bu durumda denklem (5.34), denklem (5.35)'de yerine yazılırsa denklem (5.36) elde edilir.

$$S_{dil} = V_{te} \cdot \left( \frac{T^2}{4.\pi^2 m} \right) \quad (5.36)$$

Sonuç olarak, doğrusal olmayan deprem yer değiştirmesinin hesabı için binanın kütlesine ve elastik dayanımına ihtiyaç vardır. Bir binanın elastik dayanımını bulmak için o binanın kütlesine ve o binaya etkiyecek maksimum yer ivmesinin (MYİ) bilinmesi gerekmektedir. Buna göre elastik kuvvet aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$V_{te} = W (MYİ) \quad (5.37)$$

Bölüm 4.7'de verilen spektrum kullanılarak MYİ hesaplanabilir. Buna göre MYİ Şekil 5.26'da gösterildiği gibi hesaplanabilir.



**Şekil 5.26** Maksimum yer ivmesinin spektrum üzerinde gösterimi

Buna göre bina periyodunun  $T_B$ 'den büyük veya küçük olması durumuna göre maksimum yer ivmesi farklı şekilde hesaplanabilir :

- $T > T_B$  ise,

$$MY\ddot{I} = \frac{2.5 (MY\ddot{I}) T_B}{T} \quad (5.38)$$

- $T < T_B$  ise,

$$MY\ddot{I} = 2.5 (MY\ddot{I}) \quad (5.39)$$

olarak alınabilir. Bina ağırlığı ise :

$$W = m g \quad (5.40)$$

Şeklinde yazılabilir. Hesaplar sonucunda mevcut binaların titreşim periyotlarının zemin karakteristik ( $T_1 > T_B$ )'den yüksek olması sebebiyle, denklem (5.38) ve denklem (5.40) önce denklem (5.37) daha sonra da denklem (5.36)'da yerine yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa doğrusal olmayan yer değiştirme talebi aşağıdaki gösterildiği şekilde hesaplanabilir.

$$S_{dil} = 0.621 (MY\ddot{I}) T_B T \quad (5.41)$$

AY2007, Bölüm 2'de maksimum yer ivme değerleri deprem bölgesine göre verilmiştir. Buna göre MYİ değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

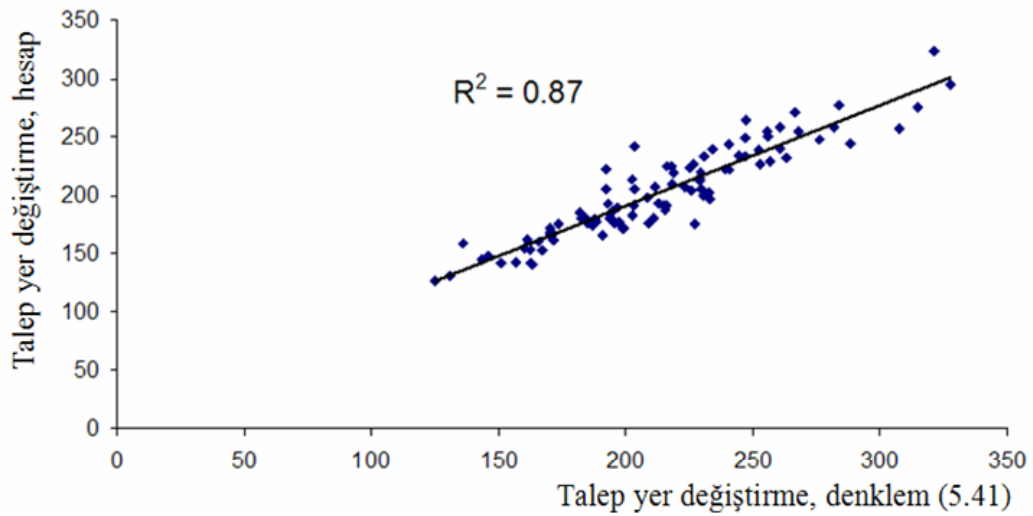
**Tablo 5.4** Deprem bölgesine göre maksimum yer ivme değerleri

Deprem Bölgesi	MYİ
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Denizli Organize Sanayi Bölgesi 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer aldığından maksimum yer ivmesinin değeri ( $MY\ddot{I} = 0.4$ ) ve karakteristik zemin periyodu ise ( $T_B=0.46$ ) alınmıştır (Bkz. Bölüm 4.7). Tahmini talep yer değiştirmeleri belirlenirken

Denklem (5.41)'te yer alan periyot için, bölüm 5.4.2'de anlatılan ve elde edilen tahmini periyotlar kullanılacaktır.

Sonuçta, denklem (5.41) kullanılarak elde edilen tahmini yer değiştirmeler, mevcut binaların hesap yer değiştirmeleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.27'de gösterilmiştir. Yapılan incelemelerden anlaşıldığı üzere tahmini yer değiştirmelerin doğru (kesin, tam) olarak belirlenmesi doğrudan tahmin edilen periyot ile orantılıdır.



**Şekil 5.27** Mevcut binaların talep yer değiştirmeleri ile tahmini talep yer değiştirmelerinin karşılaştırılması (mm)

### 5.5. Hızlı Değerlendirme Yönteminin Uygulaması

Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) bulunan bina #2 ve bina #69'a ait bilgi ve hesaplar bölüm 4 gösterilmiştir. Bu bölümde ise aynı binaların hızlı değerlendirme yöntemi ile çözümlerine yer verilmiş ve yöntemin uygulaması yapılmıştır.

#### 5.5.1. Bina #2 için Hızlı Değerlendirme Yöntemi Performans Hesabı

Bina #2 kolonlarının enine donatı oranları, denklem (4.10) ve denklem (4.11)'e göre bulunan en elverişsiz donatı hacimsel oranına bölünmüştür. Yöntem, kolonların eksenel kuvvet oranının %5 olduğunun kabul etmesi sebebiyle denklemlere göre bulunan donatı hacimsel oranının 2/3'ü alınmıştır.

Buna göre göre çerçevenin ağırlıklı ortalama yüksekliği, kolon akma yer değiştirmeleri, tarafsız eksen derinlikleri, çekirdek beton şekil değiştirmeleri ve göçme yer değiştirmeleri hesaplanmış ve Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.5** Bina #2'nin taşıyıcı eleman parametre hesapları (HDY'ye göre)

Bina #2	L <sub>ort</sub>	H	$\rho_L$	$\rho_s / \rho_{sm}$	$\delta_y$	$\varepsilon_{cc}$	C <sub>u</sub>	$\delta_{gç}$
Kolon No								
-	mm	mm	%	%	mm	%	mm	mm
1	6200	350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02
2		350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02
3		350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02
4		350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02
5		350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02
6		350	1.16%	23.61%	149.92	0.7%	88.44	245.02

Tabloda kolonların akma ve göçme yer değiştirmeleri değerleri verilmiştir. Bina yer değiştirme kapasitesi bulunurken her kolon için akma ve göçme yer değiştirmelerinin en küçüğü alınmış daha sonra ortalama bina yüksekliğine bölünmüştür. Binanın MN ve GV yer değiştirmeleri ise sistem için elde edilen plastik yer değiştirme kapasitesinin %10 ve %67'si alınarak bulunmuştur (Bkz. Bölüm 4.6.2). Sonuç olarak, tablodan yararlanarak sisteme ait kapasite parametreleri elde edilmiştir (Bkz. Tablo 5.6)

**Tablo 5.6** Bina #2 sistem kapasite parametreleri (HDY'ye göre)

$\Sigma V_t$	$\Delta_y$	$\Delta_{MN}$	$\Delta_{GV}$	$\Delta_{Gç}$	$\Delta_y / \Delta_{ort}$	$\Delta_{MN} / L_{ort}$	$\Delta_{GV} / L_{ort}$	$\Delta_{Gç} / L_{ort}$
kN	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%
108.55	149.92	159.43	213.35	245.02	2.42%	2.57%	3.44%	3.95%

Sistemin kapasite parametre hesaplarından sonra talep ve performans hesapları yapılmış ve çerçevenin deprem performansı belirlenmiştir. Ayrıca sistemin birinci doğal titreşim periyodu (Bkz. Denklem (5.28)) hesaplanmış ve Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.7** Bina #2 talep-performans sonuçları (HDY'ye göre)

TALEP & PERFORMANS	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L <sub>ort</sub>	% Δ <sub>P</sub>	SONUÇ
	s	s	%	%	
	2.47	0.46	4.5%	138.70%	

Sonuç olarak bina #2'nin performans düzeyinin “göçme” olduğu belirlenmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemine göre belirlenen performans düzeyinin yapılan hesaplar sonucunda bulunan performans düzeyi ile aynı olduğu gözlenmiştir.

### 5.5.2. Bina #69 için Hızlı Değerlendirme Yöntemi Performans Hesabı

Bina #69 için seçilen çerçevedeki bilgiler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve elde edilen bilgiler Tablo 5.8'de verilmiştir.

**Tablo 5.8** Bina #69'un taşıyıcı eleman parametre hesapları (HDY'ye göre)

Bina #69 Kolon No	L <sub>ort</sub>	H	ρ <sub>L</sub>	ρ <sub>s</sub> / ρ <sub>sm</sub>	δ <sub>y</sub>	ε <sub>cc</sub>	C <sub>u</sub>	δ <sub>gc</sub>
-	mm	mm	%	%	mm	%	mm	mm
1	6800	400	1.77%	127.95%	157.79	1.3%	113.29	330.04
2		400	1.77%	127.95%	157.79	1.3%	113.29	330.04
3		400	1.77%	127.95%	157.79	1.3%	113.29	330.04
4		350	3.14%	90.15%	180.34	1.3%	125.28	309.49
5		350	3.14%	90.15%	180.34	1.3%	125.28	309.49
6		350	3.14%	90.15%	180.34	1.3%	125.28	309.49

Elde edilen verilerden yararlanarak kapasite hesapları yapılmış ve Tablo 5.9'da gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi yapının göçme ve akma yer değiştirmesi her kolon için elde edilen yer değiştirmelerin en küçüğü olarak alınmıştır. Böylece yapının akma ve göçme yer değiştirmesi kapasiteleri elde edilmiştir.



**Tablo 5.9** Bina #69 sistem kapasite parametreleri (HDY'ne göre)

$\Sigma V_t$	$\Delta_y$	$\Delta_{MN}$	$\Delta_{GV}$	$\Delta_{GÇ}$	$\Delta_y / L_{ort}$	$\Delta_{MN} / L_{ort}$	$\Delta_{GV} / L_{ort}$	$\Delta_{GÇ} / L_{ort}$
kN	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%
185.03	157.79	172.96	258.98	309.49	2.32%	2.54%	3.81%	4.55%

Son olarak deprem talep yer değiştirmeleri belirlenmiş ve binanın performans seviyesi tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 5.10).

**Tablo 5.10** Bina #69 talep-performans sonuçları (HDY'ne göre)

TALEP & PERFORMANS	$T_1$	$T_B$	$S_{dil} / L_{ort}$	$\% \Delta_p$	SONUÇ
	s.	s.	%	%	
	1.88	0.46	3.2%	37.38%	<b>ORTA HASAR</b>

Yapılan hesaplamalar sonucunda binanın performans seviyesinin ‘‘Orta Hasar’’ olduğu belirlenmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemine göre bulunan plastik hasar yüzdesi ‘‘%37.38’’ iken bu oran analizler sonucunda ‘‘%4’’ olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre yöntemin biraz daha (konservatif) güvenli tarafta kaldığı belirlenmiştir.

DOSB’de yer alan diğer binaların hızlı değerlendirme yöntemine göre elde edilen kapasite ve performans sonuçları ise tezin ekler sayfasında, Ek-9~10’de verilmiştir.

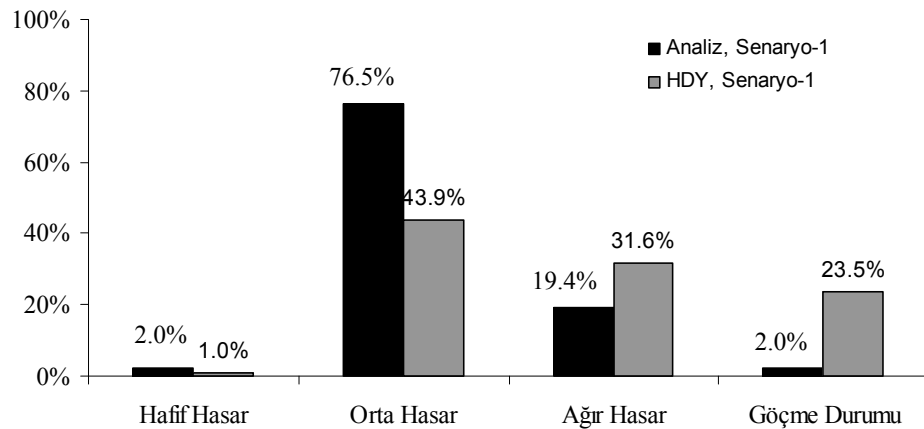
## 5.6. Hızlı Değerlendirme Yöntemi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bina #2 ve bina #69’un uygulması sırasında takip edilen işlemler DOSB’de yer alan tek katlı, birleşimleri mafsallı mevcut tüm prefabrik yapılar için tekrarlanmıştır. Sonuç olarak, birinci deprem senaryosu için tüm binaların kapasite ve yer değiştirme parametreleri belirlenip daha sonra binaların hasarları tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 5.11).

**Tablo 5.11** Birinci deprem senaryosu, hızlı değerlendirme yöntemine göre 98 binanın belirlenen hasar ve oranları

Hasar Tipi	Hasar Gören Bina Sayısı	Oranlar (%)
Hasarsız	0	0.0%
Hafif Hasar	1	1.0%
Orta Hasar	43	43.9%
Ağır Hasar	31	31.6%
Göçme Durumu	23	23.5%
$\Sigma$ Toplam	98	100.0%

Tablodan da görüldüğü analiz sonrasında orta hasar seviyesinin oranı %76 civarında iken yöntemle göre belirlenen orta hasar yüzdesinin %44 civarındadır. Aynı şekilde analiz sonucunda ağır hasar için %20 ve göçme için %2 iken yöntemle göre ağır hasar %32 ve göçme ise %24 civarındadır. Sonuçlar daha detaylı incelendiğinde, genel olarak yöntemle göre bulunan hasarların analiz sonucunda bulunan hasarlara göre bir üst seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, birinci deprem senaryosu için yöntemle göre bulunan hasarlar analiz sonucunda bulunanlar hasarlar ile karşılaştırılmış ve Şekil 5.28’de verilmiştir.



**Şekil 5.28** Birinci deprem senaryosu, analiz ve yöntemle göre belirlenen hasarların karşılaştırılması

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan mevcut prefabrik sanayi yapılarının bilgilerini içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanını kullanarak bilgisayar ortamında mevcut binaların taşıyıcı sistem modelleri hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle DOSB'de yer alan ve çoğu 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden önce inşa edilen prefabrik binaların yapısal özellikleri istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Daha sonra iki boyutlu çerçeve sistemler ile temsil edilen prefabrik binaların deprem performansları doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmiştir.

Prefabrik binaları temsil eden çerçeve sistemlerin hesabı yapılırken, ayrımları 2007 tarihli deprem yönetmeliğinde verilen doğrusal olmayan hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Analizler sırasında kullanılan deprem spektrumları belirlenirken iki farklı senaryo göz önüne alınmıştır. Bunlardan ilkinde Denizli Organize Sanayi Bölgesi tarafından yaptırılan zemin etüt çalışmalarından faydalanılmış, ikincisinde ise seçilen çok sayıda deprem kaydına ait ivme spektrumlarının ortalaması alınarak deprem talebi hesaplanmıştır. Özellikle ikinci senaryo oluşturulurken seçilen kayıtların yumuşak zeminlerden alınmasına özen gösterilmiş ve böylelikle kötü zemin özelliklerinin prefabrik binaların deprem performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Farklı senaryolar altında envanteri çıkarılan 98 adet prefabrik binanın deprem performanslarının belirlenmesi ve değerlendirilmesinden sonra, yapısal parametreler ve deprem performansı arasındaki ilişkileri inceleyerek bir hızlı değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemin sonuçları ile analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve geliştirilen yöntemin güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Mafsal birleşimli, tek katlı mevcut prefabrik binaların ele alındığı bu çalışma sırasında tespit edilen bazı önemli noktalar ve ulaşılan sonuçlar aşağıda kısaca maddeler halinde verilmiştir.

- Prefabrik binaların yapım yıllarının dağılımı, bu binaların büyük bir çoğunluğunun 1998 yılından önce inşaa edildiğini göstermektedir. Bu durum 1998 tarihli yönetmelik ile getirilen özellikle rijitlik şartlarının mevcut bina stoğunun çoğunda bulunmadığını göstermektedir.
- Yapılan incelemeler neticesinde Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mevcut binaların tümünde C25 ve üzeri beton sınıfının kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan binaların büyük bir kısmının 1998 tarihli yönetmelikten önce yapılmış olmasına rağmen, bütün binalarda kullanılan boyuna donatı sınıfının S420 olduğu tespit edilmiştir. Mevcut prefabrik binalarda kullanılan boyuna donatı oranının yönetmelikte verilen minimum donatı oranına yakın olduğu gözlenmiştir.
- Mevcut binalarda kullanılan etriye sınıfının büyük bir çoğunluğunun S220 olduğu belirlenmiştir. Bölgede bulunan binaların çoğu 1975 tarihli yönetmelik koşulları dikkate alınarak inşa edilmiştir. Fakat eldeki verileri kullanarak yapılan istatistiksel değerlendirmeler, bu binaların ne 1975 ne de sonraki yönetmeliklerde verilen minimum enine donatı koşulunu sağlamadığını göstermiştir. Yetersiz enine donatı oranı hesaplar sırasında göz önüne alınan şekil değiştirme kapasitelerini azaltmakta ve dolayısıyla da binaların yer değiştirme kapasitesini düşürmektedir. Bu yüzden, doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile belirlenen bina performansları bu durumdan kötü yönde etkilenmektedir.
- Prefabrik binaların yüksek olmasına rağmen bu binalarda kullanılan kesit boyutlarının yeterli olmaması prefabrik binaların yanal rijitliğinin düşmesine sebep olmaktadır. Binalarda yanal rijitliğin düşük olması, düşey taşıyıcı elemanlardaki elastik yer değiştirmelerin artmasına sebep olmaktadır. Bina yüksekliklerinin fazla olması ve birleşimlerin mafsallı olması da rijitliği düşürmekte ve titreşim periyotlarının yükselmesine neden olmaktadır. Yapılan hesaplamalar incelenen binalardan elde edilen titreşim periyotlarının 1s'nin üzerinde olduğunu göstermektedir. Yüksek titreşim periyotları ise artan yer değiştirme talebine işaret etmektedir.
- Yüksek titreşim periyotları eş-yer değiştirme yönteminin kullanılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Yüksek titreşim periyotları doğrusal olmayan deprem talebini de

arttırdığından bu durum bina performanslarına yansımış ve talebin karşılanamadığı pek çok binada ağır hasar ve göçme seviyesinde hasar oluşmuştur.

➤ Denizli Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan zemin etüt çalışmaları zemin sınıfının Z2 ve zemin köşe periyodunun 0.46s olduğunu göstermiştir. Bölgedeki zemin sınıfının iyi olması seçilen ilk senaryo açısından bina performanslarını olumlu yönde etkilemiştir. Kötü zemin sınıfını yansıtan kayıtların kullanıldığı ikinci bir deprem senaryosu oluşturulmuş ve bu senaryo depreme göre hesaplanan ortalama spektrumun köşe periyodu 0.66s olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar üzerinde yapılan karşılaştırmalar, kötüleşen zemin özellikleri sebebiyle artan yer değiştirme taleplerinin prefabrik binaların deprem performanslarını oldukça kötü yönde etkilediğini göstermiştir. Yapılan hesaplamalar ağır hasar görecektir ve yıkılacak binaların zemin özelliklerine de bağlı olarak, toplam bina stoğunun %20-%75 arasında değişebileceğini göstermektedir.

➤ Zemin özelliklerinin deprem performansı üzerinde bu derece etkili olmasının birkaç temel sebebi bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalar incelenen prefabrik binaların elastik yer değiştirme kapasitelerinin büyük, kalıcı yer değiştirme kapasitelerinin ise küçük olduğunu göstermektedir. Kolonların üstten mafsallı olması ve narin kolonlar elastik yer değiştirmelerin büyümesine sebep olmaktadır. Artan elastik yer değiştirmeler azalan yanal rijitliğe, bu ise artan periyot sebebiyle büyüyen yer değiştirme ihtiyacına sebep olmaktadır. Bina envanterlerine dayanan hesaplamalar binaların süneklik kapasitelerinin 1.5 civarında olduğunu göstermektedir. Başka bir ifade ile binaların hasar durumlarının belirlendiği kalıcı şekil değiştirme bölgesi, elastik şekil değiştirme kapasitesi ile karşılaştırıldığında göreceli olarak oldukça kısa kalmaktadır. Bu durum yer değiştirme talebinde meydana gelen küçük artışların bile binanın deprem performansını önemli ölçüde düşürmesine sebep olmaktadır. Seçilen ikinci deprem senaryosu ile yer değiştirme talepleri ortalama olarak 1.5 kat artarken, ağır hasar görecektir ve yıkılacak bina sayısının 3 kat artmasının altında yatan temel sebep te budur.

➤ Analizler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak bir hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmiş ve mevcut binaların performansları bu yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemine göre elde edilen yatay dayanımların analizler neticesinde bulunan mevcut bina dayanımlarını başarılı bir

şekilde tahmin ettiği gözlenmiştir. Geliştirilen yöntem, akma yer değiştirme kapasitelerinin belirlenmesi konusunda da tatminkar sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, nihai yer değiştirmenin hesabı sırasında emniyetli tarafta kalabilmek amacıyla yer değiştirme kapasiteleri biraz daha düşük hesaplanmaktadır.

➤ Elde edilen deprem talebi sonuçlarının, bina parametreleriyle (yatay dayanım, süneklik v.b.) olan ilişkisi istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve deprem talebinin hesabı için bir ifade önerilmiştir. Bu ifadeye göre bulunan yer değiştirmeler hesap sonucunda bulunan yer değiştirmeler ile karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar deprem talebinin başarılı bir biçimde tahmin edilebilmesinin, bina periyodunun başarılı bir biçimde tahmin edilmesine bağlı olduğunu, bina periyodunun ise bina kütlesi, yatay dayanım (taban kesmesi) kapasitesi ve akma yer değiştirmelerine bağlı olduğunu göstermiştir. Bu yüzden hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilirken bu parametrelerin her birini başarılı bir biçimde tahmin etmeye imkan veren ifadeler önerilmiş ve bu ifadelerin güvenilirliği 98 adet binadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak gösterilmiştir.

➤ Hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilirken, performans seviyelerini hesaplamada biraz daha güvenli tarafta kalmaya özen gösterilmiştir. Bu yüzden geliştirilen yöntem deprem performanslarını muhafazakar bir gözle tahmin etmektedir. Bununla birlikte elde edilen sonuçların uyumu hızlı bir değerlendirme yapmak için yeterlidir. Elde edilen yöntemin kullanılması ile birlikte en azından hangi binaların ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiğine, hangi binaların ise kullanılmaya devam edilebileceğine karar verilebilecektir. Bu ise acilen incelenmesi gereken bina sayısının azaltılmasına, önemli ölçüde zaman, işgücü ve para tasarrufu sağlanmasına imkan verecektir.

### **6.1. Yapılması Önerilen Ek Çalışmalar**

Çalışma kapsamında olmayan çok katlı ve karma prefabrik sistemler için yöntem geliştirilerek bütün prefabrik yapı türlerine uygulanması sağlanabilir.

Binaların göçme yer değiştirmelerinin elde edilmesinde kullanılan çekirdek beton şekil değiştirmelerinin daha hassas sonuçlar vermesi için kesit sayısı arttırılarak kapsamı genişletilebilir.

Yapılan hesaplamalar sırasında birleşim bölgelerinin devrilme ve kesme güvenliği göz önüne alınmamış, bütün prefabrik kolonların eğilme etkileri ile hasar gördüğü kabul edilmiştir. Birleşim bölgelerini de ele alan çalışmaların yapılması ile geliştirilen yöntemlere ilaveler yapılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

- ABYYHY-1975, (1975). “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara.
- ABYYHY-1998, (1998). “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara.
- Arslan M.H., Korkmaz, H.H., Gulay, F.G. (2005) Damage and Failure Pattern of Prefabricated Structures after Major Earthquakes in Turkey and Shortfalls of The Turkish Earthquake Code, *Engineering Failure Analysis*, 13:537-557.
- Ataköy, H. (1999) 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi ve Türkiye Prefabrik Birliği Üyelerince Yapılan Prefabrike Yapılar, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, 52: 5-14.
- ATC-21, (1988), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook, *Applied Technology Council*, Redwood City, CA.
- ATC-40 (1996) Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, Redwood City, CA.
- Atımtay, E. (2000a) “Açıklamalarla Ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) Cilt 1”, *Bizim Büro Basımevi*, Ankara, 544 s.
- Baker, A.L.L. and Amarakone, A.M.N. (1964) Inelastic Hyperstatic Frame Analysis, *Proceedings International Symposium on the Flexural Mechanics of Reinforced Concrete*, ACI SP-12, Miami, pp. 85-142.
- Bal, İ. E., Tezcan S. S. ve Gülay, F. Gülten (2007) “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi için P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi”, *VI. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, s. 661-674.
- Chopra, A. K., (2000). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering (2nd Edition), *Pearson Education*, ISBN: 0130869732, 844s.



Çolakoğlu, H. K. (2001) Seismic Resistant Design of Precast Industrial Buildings, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi*, İstanbul, 81s.

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

DOSB (2008) [www.dosb.org.tr](http://www.dosb.org.tr), 25.06.2008.

Ersoy, U., (1997) Prefabrik Yapıların Deprem Etkileri Altında Davranışı, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, *Türkiye Deprem Vakfı*, TDV/KT 97-002, İstanbul.

Ersoy, U., Tankut, T., Özcebe, G., Yağcı, S. (1993) Önüretimli Betonarme Yapılardaki Kolon Kiriş Birleşimlerinin Deprem Davranışı, *7. Prefabrikasyon Sempozyumu*, İstanbul, 1-18.

Ersoy, U., Özcebe, G., Tankut, T. (2000) 1999 Marmara ve Düzce Depremlerinde Gözlenen Önüretimli Yapı Hasarları, *10. Prefabrikasyon Sempozyumu*, İstanbul, Bildiri No:1, 1-10.

Eurocode 8 (1998) Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures. European Union, *European Prestandarts*, Brussel.

FEMA-310 (1998) Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandart, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.

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

FEMA-440 (2006) Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.

Fischinger M, Kramar M, Isakovic T. (2008). Cyclic Response Of Slender RC Columns Typical Of Precast Industrial Buildings, *B Earthquake Engineering*, 6: 519-534.

Japon Sismik İndeks Yöntemi (1990) Standart for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings, *Japan Building Disaster Prevention Association*, Tokyo, 26s.

- Kahraman, S., Şakar, G. ve Işıklıdağ, Ç. (1999) Yeni Deprem Yönetmeliğinin Prefabrike Yapılara Etkisi, *Türkiye İnşaat Mühendisleri 15.Teknik Kongre ve Sergisi*, Ankara.
- Karaesmen, E. (2001) Prefabrication in Turkey: Facts and Figures, Department of Civil Engineering, *Middle East Technical University*, Ankara.
- Kayhan, A.H. (2004) Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Hızlı Değerlendirme Yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 114s.
- Kent, D.C. and Park R. (1971) Flexural Members with Confined Concrete. *Journal of the Structural Division, ASCE*, 97 : (ST7), 1969-1990.
- Kılınçarslan N, Kılınçarslan E. (2008), “Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nin Jeoloji, Jeoteknik ve Depremsellik Raporu”, *Zemin Mühendislik Ltd. Şti.*, Denizli, s. 84-88.
- Kowalsky, M.J. (1997) Direct Displacement-Based Design: A Seismic Design Methodology and its Application to Concrete Bridges, PhD Dissertation, *University of California*, San Diego, 441s.
- Mattock, A.H., (1967). Discussion of “Rotational Capacity of Hinging Regions in Reinforced Concrete Beams,” by Corley, W.G., *Journal of the Structural Division, ASCE*, No. ST2, Apr., 93: pp. 519-522.
- Özden, K. (1997) “Prefabrike İnşaat Şartname Hükümleri ve Hesap Esasları”, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, *Türkiye Deprem Vakfı*, TDV/KT 97-002, İstanbul.
- Özmen, G., Yüzügüllü, O, ve Zorbozan, M. (1997) Yeni Deprem Yönetmeliğinin Prefabrike Yapılar Bakımından İrdelenmesi, *Türkiye Deprem Vakfı*, TDV/TR 97-006, İstanbul.
- 2007, PEER, <http://peer.berkeley.edu> (30.12.2009).
- Park, R., Kent, D. C. and Sampson, R. A. (1972), “Reinforced Concrete Member with Cyclic Loading,” *J. Struct.Div., ASCE*, Vol. 98, No. 7, pp. 1341-1360.

- Park, R. and Paulay, T. (1975). Reinforced Concrete Structures, New York. **John Wiley & Sons**; 769s.
- Park R, Priestley MJN, Gill WD (1982) Ductility of square-confined concrete columns. **Journal of Structural Divisin-ASCE**, 108 : (ST4), s. 929–950.
- Paulay, T., and M. J. N. Priestley, (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Buildings, **John Willey & Sons**, New York, NY, USA, 744p.
- Posada, M. and Wood, S., L. (2002) Seismic Performance of Precast Industrial Buildings in Turkey, **7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering**, Boston.
- Priestley MJN, Calvi MC, Kowalsky MJ. (2007) Displacement-Based Seismic Design of Structures. **IUSS Press**, Pavia, Italy; 720s.
- Priestley, M. J. (1996) The PRESSSS Program, Current Status and Proposed Plans for Phase III, Special Report, **Precast Concrete Institute**, March-April.
- Priestley MJN, Seible F, Calvi GMS (1996) Seismic Design and Retrofit of Bridges, **John Wiley & Sons**, Kanada, 667s.
- Şenel Ş.M., İnel M., Toprak S., Manav Y. (2007) “Depremde Oluşacak Bina Hasarlarının Envanter Bilgilerine Dayalı Tahmini”, **6.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul, s. 245-256.
- TS500 (2000) Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 67s.
- TS9967 (1992) Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar (Prefabrikte Betonarme ve Öngerilmeli Betondan) Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 137s.
- Uniform Building Code (1997) International Conference of Building Officials, **Whittier**, California, USA
- Yılmaz, S. (2004) Tek Katlı Prefabrik Yapıların Deprem Davranışı ve Türk Deprem Yönetmeliğinin Prefabrik Yapılar Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Denizli, 137s.

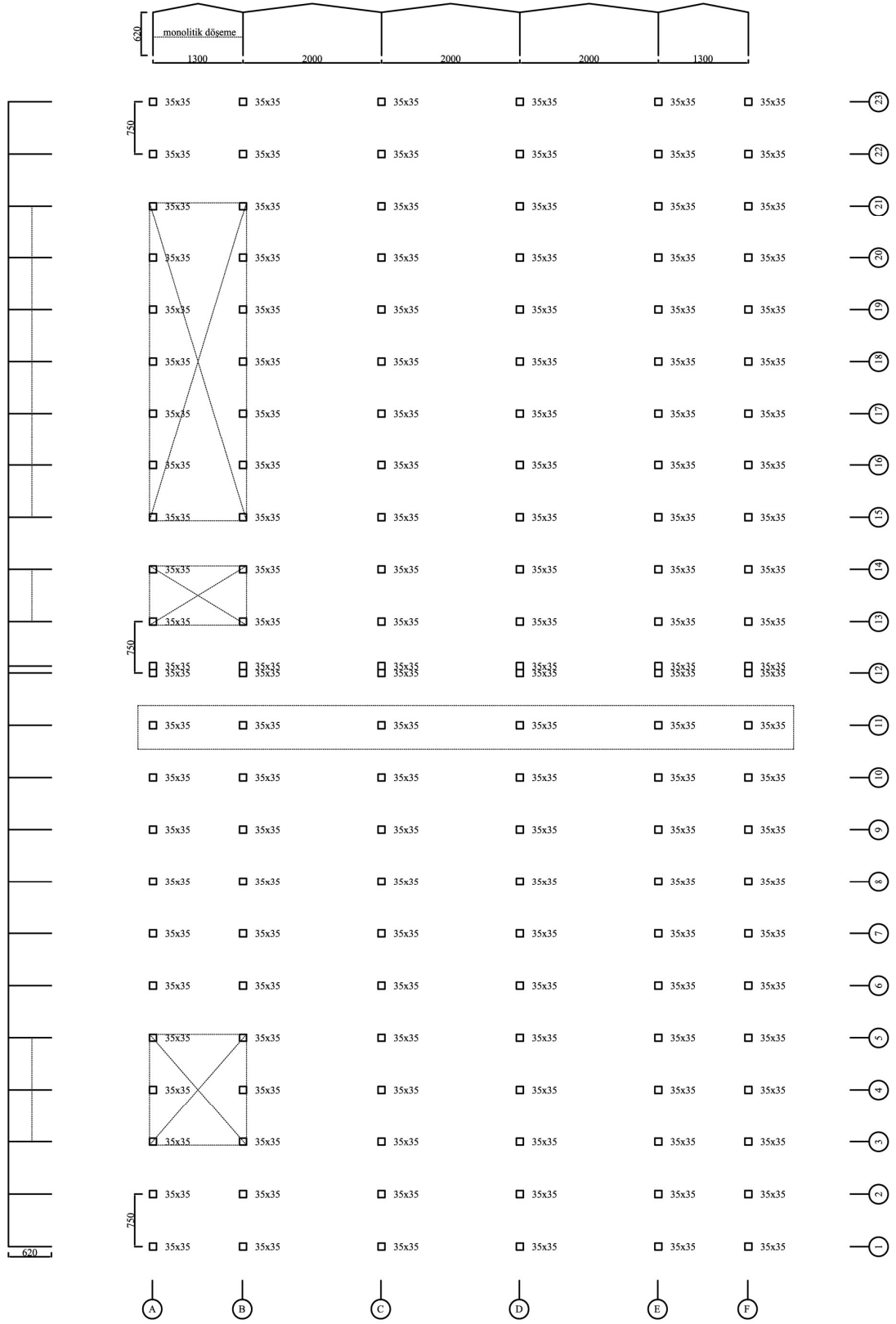
**EKLER**

**EK-1** İkinci deprem senaryosu için seçilen deprem kayıtları

Deprem Adı	Kayıt İstasyonu	Kayıt Bileşeni	PGA (g)	PGV	Uzaklık (km)
Chi-Chi	TCU036	CHICHI/TCU036-W	0.139	59.6	19.84
Chi-Chi	TCU101	CHICHI/TCU101-W	0.202	67.9	2.13
Chi-Chi	TCU110	CHICHI/TCU110-W	0.180	67.5	11.60
Chi-Chi	WGK	CHICHI/WGK-E	0.334	69.0	9.96
Chi-Chi	CHY101	CHICHI/CHY101-W	0.353	70.6	9.96
Chi-Chi	WGK	CHICHI/WGK-N	0.484	74.4	9.96
Chi-Chi	TCU065	CHICHI/TCU065-N	0.603	78.8	0.59
Coalinga	1162 Pleasant Valley P.P. - yard	COALINGA/H-PVY045	0.592	60.2	58.78
Duzce	Duzce	DUZCE/DZC180	0.348	60.0	6.58
Duzce	Bolu	DUZCE/BOL090	0.822	62.1	12.04
Erzincan	95 Erzincan	ERZIKAN/ERZ-EW	0.496	64.3	4.38
Imperial Valley	5154 EC County Center FF	IMPVALL/H-ECC092	0.235	68.8	7.31
Imperial Valley	942 El Centro Array #6	IMPVALL/H-E06140	0.410	64.9	93.22
Imperial Valley	5155 EC Meloland Overpass FF	IMPVALL/H-EMO000	0.314	71.7	0.07
Imperial Valley	5165 El Centro Differential Array	IMPVALL/H-EDA270	0.352	71.2	5.09
Imperial Valley	955 El Centro Array #4	IMPVALL/H-E04230	0.360	76.6	20.43
Kobe	0 Takarazuka	KOBE/TAZ000	0.693	68.3	0.27
Kobe	0 KJMA	KOBE/KJM090	0.599	74.3	0.96
Kocaeli	Yarimca	KOCAELI/YPT330	0.349	62.1	4.83
Kocaeli	Yarimca	KOCAELI/YPT060	0.268	65.7	4.83
N. Palm Springs	5070 North Palm Springs	PALMSPR/NPS210	0.594	73.3	20.01
Northridge	90053 Canoga Park - Topanga Can	NORTHR/CNP196	0.420	60.8	59.44
Northridge	90003 Northridge - 17645 Saticoy St	NORTHR/STC180	0.477	61.5	9.95
Northridge	90013 Beverly Hills - 14145 Mulhol	NORTHR/MUL279	0.516	62.8	11.85
Northridge	90056 Newhall - W. Pico Canyon Rd.	NORTHR/WPI316	0.325	67.4	5.48
Northridge	77 Rinaldi Receiving Sta	NORTHR/RRS318	0.472	73.0	18.04
Northridge	24279 Newhall - Fire Sta	NORTHR/NWH090	0.583	75.5	14.62
Northridge	0 Pardee - SCE	NORTHR/PAR--L	0.657	75.2	9.00
Northridge	24436 Tarzana, Cedar Hill	NORTHR/TAR360	0.990	77.6	9.08
Parkfield	1013 Cholame #2	PARKF/C02065	0.476	75.1	6.28

**EK-2** Bina #2'nin saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları

### EK-3 Bina #2'ye ait taşıyıcı sistem planı (Ölçüler cm)

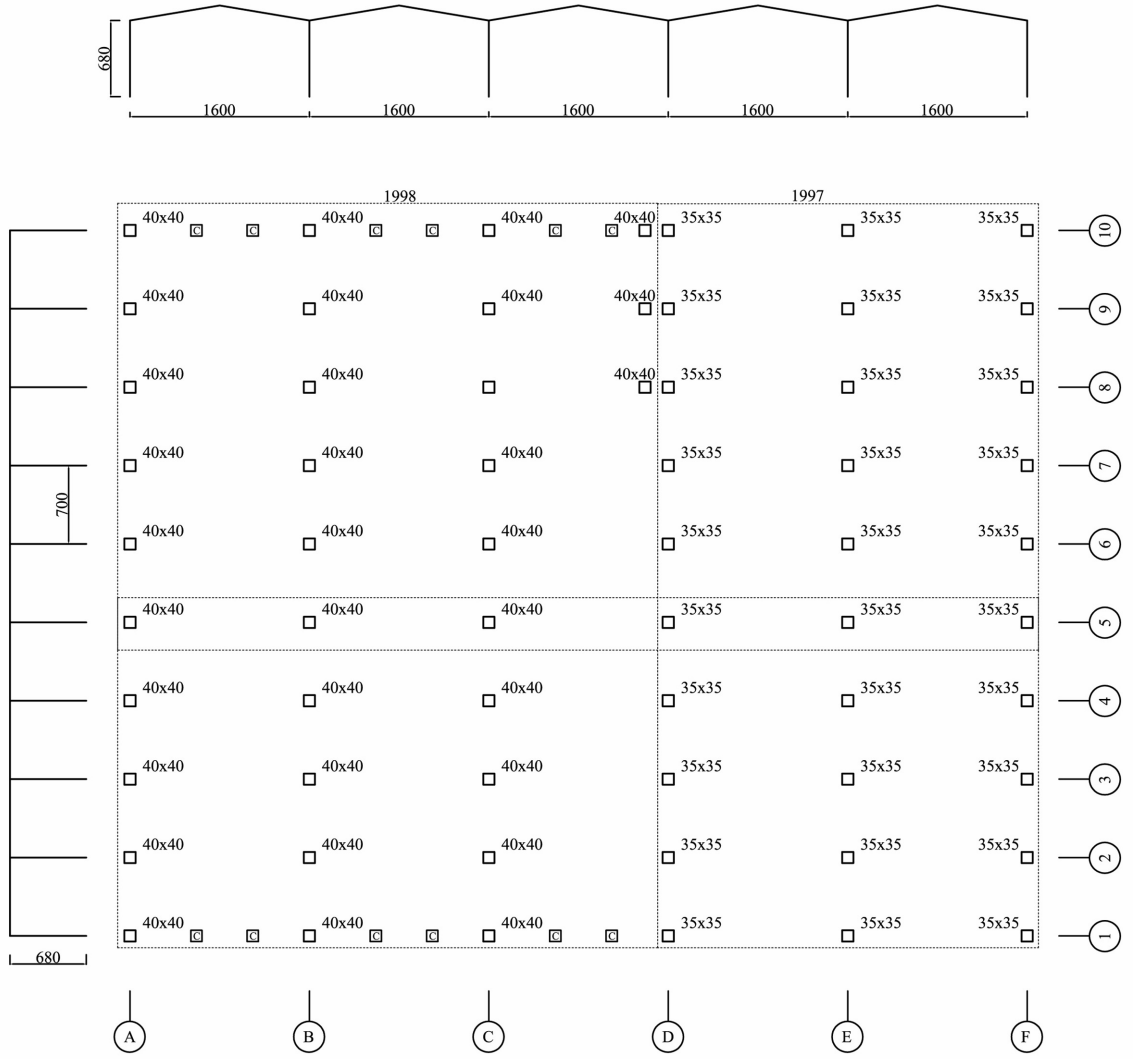


**EK-4** Bina #69'un saha çalışmaları sırasında çekilen fotoğrafları

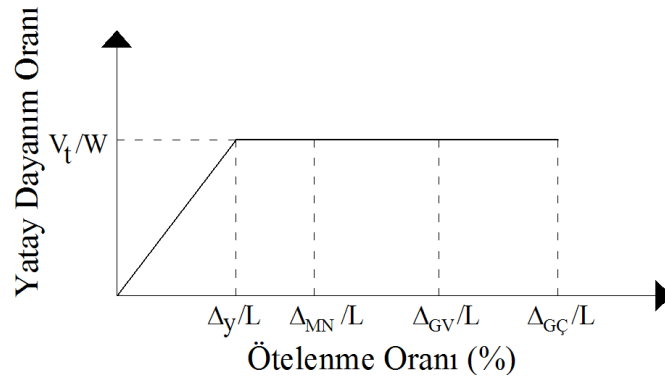




**EK-5** Bina #69'a ait taşıyıcı sistem planı (Ölçüler cm)



**EK-6** Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) yer alan 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsallı binanın kapasite sonuçları



Bina Adı	Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L$	$\Delta_{MN} / L$	$\Delta_{GV} / L$	$\Delta_{GÇ} / L$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #1	7.0	0.215	1.39%	1.75%	3.67%	4.82%
Bina #2	6.2	0.114	2.32%	2.52%	3.49%	4.05%
Bina #3	6.2	0.193	1.81%	2.18%	4.09%	5.26%
Bina #4	6.2	0.205	1.77%	2.13%	4.19%	5.39%
Bina #5	6.2	0.264	1.77%	2.12%	4.14%	5.33%
Bina #6	6.2	0.192	2.66%	2.80%	3.35%	3.68%
Bina #7	8.0	0.131	2.39%	2.74%	4.40%	5.45%
Bina #8	6.5	0.204	1.84%	2.16%	3.69%	4.61%
Bina #9	6.0	0.261	2.29%	2.54%	4.00%	4.85%
Bina #10	5.7	0.268	1.79%	2.15%	4.17%	5.36%
Bina #11	7.0	0.128	2.24%	2.50%	3.64%	4.34%
Bina #12	7.0	0.110	2.60%	2.83%	3.81%	4.39%
Bina #13	6.5	0.184	2.76%	2.90%	3.61%	4.02%
Bina #14	6.0	0.194	1.86%	2.19%	3.88%	4.88%
Bina #15	5.5	0.164	1.85%	2.04%	2.91%	3.43%
Bina #16	6.5	0.220	1.84%	2.17%	4.02%	5.10%
Bina #17	7.5	0.167	2.58%	2.76%	3.71%	4.26%
Bina #18	7.0	0.167	2.10%	2.46%	4.49%	5.67%
Bina #19	7.5	0.190	2.03%	2.25%	3.28%	3.90%
Bina #20	5.6	0.163	1.81%	2.04%	3.07%	3.68%
Bina #21	6.8	0.141	2.00%	2.27%	3.56%	4.36%
Bina #22	5.6	0.150	1.78%	2.03%	3.12%	3.78%
Bina #23	5.5	0.215	2.30%	2.56%	3.84%	4.59%
Bina #24	7.6	0.094	2.46%	2.67%	3.67%	4.26%
Bina #25	6.8	0.123	2.22%	2.45%	3.41%	3.99%

Bina Adı	Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L$	$\Delta_{MN} / L$	$\Delta_{GV} / L$	$\Delta_{GÇ} / L$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #26	6.0	0.216	1.60%	1.94%	3.83%	4.91%
Bina #27	6.0	0.212	1.74%	2.10%	4.07%	5.25%
Bina #28	6.0	0.118	2.25%	2.46%	3.46%	4.06%
Bina #29	6.6	0.142	2.24%	2.48%	3.52%	4.23%
Bina #30	5.5	0.148	2.04%	2.27%	3.40%	4.07%
Bina #31	5.5	0.162	2.06%	2.28%	3.30%	3.91%
Bina #32	7.5	0.272	1.73%	2.07%	3.53%	4.61%
Bina #33	5.3	0.163	1.62%	1.93%	3.44%	4.35%
Bina #34	5.3	0.192	2.03%	2.25%	3.05%	3.38%
Bina #35	6.3	0.160	2.01%	2.27%	3.50%	4.24%
Bina #36	5.5	0.178	1.89%	2.24%	4.16%	5.30%
Bina #37	7.0	0.182	2.49%	2.67%	3.34%	3.68%
Bina #38	6.5	0.116	2.09%	2.32%	3.32%	3.93%
Bina #39	6.0	0.207	2.07%	2.32%	3.24%	3.83%
Bina #40	5.0	0.161	1.61%	1.88%	2.97%	3.64%
Bina #41	6.0	0.173	1.96%	2.20%	3.20%	3.80%
Bina #42	6.0	0.206	1.92%	2.21%	3.60%	4.44%
Bina #43	7.5	0.166	2.28%	2.60%	3.95%	4.85%
Bina #44	7.0	0.190	2.72%	2.96%	3.97%	4.49%
Bina #45	6.5	0.258	2.34%	2.68%	4.42%	5.45%
Bina #46	6.2	0.152	1.99%	2.29%	3.65%	4.48%
Bina #47	4.0	0.200	1.64%	1.96%	3.47%	4.36%
Bina #48	7.0	0.138	2.49%	2.81%	4.39%	5.33%
Bina #49	4.5	0.213	1.44%	1.69%	2.89%	3.62%
Bina #50	7.1	0.166	2.17%	2.54%	4.53%	5.73%
Bina #51	6.0	0.153	1.70%	2.05%	4.04%	5.22%
Bina #52	7.3	0.154	2.29%	2.56%	3.60%	4.23%
Bina #53	6.0	0.183	1.61%	1.97%	3.86%	5.02%
Bina #54	6.8	0.154	2.34%	2.56%	3.64%	4.28%
Bina #55	7.0	0.125	2.27%	2.57%	4.03%	4.92%
Bina #56	6.5	0.264	2.41%	2.58%	3.42%	3.92%
Bina #57	6.2	0.225	2.54%	2.71%	3.67%	4.24%
Bina #58	6.0	0.171	2.21%	2.48%	3.67%	4.38%
Bina #59	7.0	0.169	1.97%	2.33%	4.31%	5.49%
Bina #60	7.5	0.185	2.36%	2.74%	4.63%	5.85%
Bina #61	6.5	0.201	1.95%	2.30%	4.17%	5.26%
Bina #62	7.2	0.150	2.29%	2.55%	3.75%	4.47%
Bina #63	6.1	0.135	2.11%	2.46%	4.17%	5.17%

Bina Adı	Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L$	$\Delta_{MN} / L$	$\Delta_{GV} / L$	$\Delta_{GÇ} / L$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #64	6.0	0.146	2.23%	2.48%	3.58%	4.24%
Bina #65	6.5	0.281	2.65%	2.87%	3.86%	4.43%
Bina #66	6.5	0.218	2.06%	2.36%	4.04%	5.03%
Bina #67	5.5	0.172	1.84%	2.19%	4.11%	5.21%
Bina #68	6.3	0.134	2.35%	2.60%	3.65%	4.28%
Bina #69	6.8	0.253	2.58%	2.66%	4.78%	6.03%
Bina #70	5.0	0.228	1.75%	2.10%	3.86%	4.89%
Bina #71	6.3	0.201	1.99%	2.28%	3.93%	4.89%
Bina #72	6.0	0.312	1.94%	2.31%	4.35%	5.56%
Bina #73	6.0	0.253	1.89%	2.20%	3.95%	4.98%
Bina #74	7.0	0.209	2.22%	2.52%	4.21%	5.20%
Bina #75	6.0	0.186	1.92%	2.29%	4.33%	5.54%
Bina #76	6.5	0.129	2.19%	2.59%	4.74%	6.02%
Bina #77	7.0	0.222	2.21%	2.53%	4.33%	5.39%
Bina #78	6.5	0.242	1.86%	2.22%	4.18%	5.31%
Bina #79	9.3	0.235	2.19%	2.54%	4.51%	5.68%
Bina #80	5.5	0.205	2.31%	2.46%	3.11%	3.51%
Bina #81	6.5	0.157	1.93%	2.30%	4.24%	5.43%
Bina #82	5.0	0.225	1.73%	2.07%	3.82%	4.84%
Bina #83	6.9	0.122	2.57%	2.81%	3.92%	4.59%
Bina #84	6.5	0.107	2.20%	2.49%	3.75%	4.50%
Bina #85	6.0	0.228	1.53%	1.89%	3.86%	5.04%
Bina #86	7.0	0.183	2.47%	2.63%	3.40%	3.84%
Bina #87	7.5	0.179	2.23%	2.58%	4.39%	5.37%
Bina #88	6.5	0.164	2.59%	2.96%	4.92%	6.06%
Bina #89	6.5	0.184	2.34%	2.72%	4.72%	5.93%
Bina #90	6.0	0.127	1.95%	2.34%	4.39%	5.62%
Bina #91	6.0	0.180	2.21%	2.48%	3.92%	4.74%
Bina #92	6.7	0.139	2.34%	2.70%	4.57%	5.67%
Bina #93	6.0	0.165	2.21%	2.48%	3.67%	4.38%
Bina #94	7.1	0.119	2.33%	2.63%	3.97%	4.82%
Bina #95	7.3	0.251	1.93%	2.28%	4.17%	5.33%
Bina #96	6.0	0.165	1.95%	2.18%	3.16%	3.75%
Bina #97	5.2	0.133	1.69%	2.07%	4.13%	5.36%
Bina #98	7.0	0.130	2.22%	2.58%	4.57%	5.78%

**EK-7** Birinci deprem senaryosuna göre 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsallı binanın talep&performans sonuçları

Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #1	1.35	0.46	2.20%	23.73%	Orta Hasar
Bina #2	2.26	0.46	4.16%	106.39%	Göçme
Bina #3	1.53	0.46	2.82%	29.31%	Orta Hasar
Bina #4	1.47	0.46	2.71%	25.86%	Orta Hasar
Bina #5	1.29	0.46	2.38%	17.29%	Orta Hasar
Bina #6	1.86	0.46	3.43%	75.78%	Ağır Hasar
Bina #7	2.43	0.46	3.47%	35.14%	Orta Hasar
Bina #8	1.54	0.46	2.70%	31.18%	Orta Hasar
Bina #9	1.46	0.46	2.77%	18.85%	Orta Hasar
Bina #10	1.24	0.46	2.48%	19.37%	Orta Hasar
Bina #11	2.22	0.46	3.63%	66.29%	Orta Hasar
Bina #12	2.58	0.46	4.22%	90.39%	Ağır Hasar
Bina #13	1.98	0.46	3.49%	57.72%	Orta Hasar
Bina #14	1.52	0.46	2.90%	34.43%	Orta Hasar
Bina #15	1.58	0.46	3.29%	90.98%	Ağır Hasar
Bina #16	1.48	0.46	2.60%	23.31%	Orta Hasar
Bina #17	2.16	0.46	3.29%	42.32%	Orta Hasar
Bina #18	1.88	0.46	3.07%	27.21%	Orta Hasar
Bina #19	1.80	0.46	2.74%	37.98%	Orta Hasar
Bina #20	1.57	0.46	3.24%	76.48%	Ağır Hasar
Bina #21	1.98	0.46	3.32%	55.88%	Orta Hasar
Bina #22	1.63	0.46	3.36%	78.74%	Ağır Hasar
Bina #23	1.54	0.46	3.20%	39.18%	Orta Hasar
Bina #24	2.83	0.46	4.25%	99.59%	Ağır Hasar
Bina #25	2.22	0.46	3.74%	85.76%	Ağır Hasar
Bina #26	1.34	0.46	2.55%	28.63%	Orta Hasar
Bina #27	1.41	0.46	2.68%	26.78%	Orta Hasar
Bina #28	2.15	0.46	4.09%	101.58%	Göçme
Bina #29	2.04	0.46	3.56%	66.45%	Ağır Hasar
Bina #30	1.75	0.46	3.63%	78.36%	Ağır Hasar
Bina #31	1.68	0.46	3.49%	77.25%	Ağır Hasar
Bina #32	1.39	0.46	2.11%	13.30%	Orta Hasar
Bina #33	1.46	0.46	3.14%	55.49%	Orta Hasar

Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	s.	s.	%	%	
Bina #34	1.50	0.46	3.24%	89.75%	Ağır Hasar
Bina #35	1.79	0.46	3.24%	55.05%	Orta Hasar
Bina #36	1.53	0.46	3.18%	38.00%	Orta Hasar
Bina #37	1.97	0.46	3.21%	60.49%	Orta Hasar
Bina #38	2.17	0.46	3.82%	94.29%	Ağır Hasar
Bina #39	1.56	0.46	2.96%	50.89%	Orta Hasar
Bina #40	1.42	0.46	3.24%	80.12%	Ağır Hasar
Bina #41	1.65	0.46	3.15%	64.96%	Orta Hasar
Bina #42	1.50	0.46	2.86%	37.24%	Orta Hasar
Bina #43	2.04	0.46	3.10%	31.88%	Orta Hasar
Bina #44	2.01	0.46	3.28%	31.28%	Orta Hasar
Bina #45	1.53	0.46	2.72%	12.31%	Orta Hasar
Bina #46	1.81	0.46	3.33%	53.87%	Orta Hasar
Bina #47	1.15	0.46	3.28%	60.11%	Orta Hasar
Bina #48	2.25	0.46	3.68%	41.94%	Orta Hasar
Bina #49	1.11	0.46	2.81%	63.03%	Orta Hasar
Bina #50	1.94	0.46	3.11%	26.25%	Orta Hasar
Bina #51	1.64	0.46	3.12%	40.31%	Orta Hasar
Bina #52	2.09	0.46	3.27%	50.57%	Orta Hasar
Bina #53	1.46	0.46	2.78%	34.09%	Orta Hasar
Bina #54	2.04	0.46	3.43%	56.34%	Orta Hasar
Bina #55	2.26	0.46	3.69%	53.48%	Orta Hasar
Bina #56	1.55	0.46	2.72%	20.54%	Orta Hasar
Bina #57	1.68	0.46	3.09%	32.62%	Orta Hasar
Bina #58	1.77	0.46	3.37%	53.49%	Orta Hasar
Bina #59	1.81	0.46	2.95%	28.06%	Orta Hasar
Bina #60	1.97	0.46	3.00%	18.12%	Orta Hasar
Bina #61	1.59	0.46	2.80%	25.74%	Orta Hasar
Bina #62	2.10	0.46	3.35%	48.55%	Orta Hasar
Bina #63	1.95	0.46	3.68%	51.36%	Orta Hasar
Bina #64	1.92	0.46	3.66%	71.09%	Ağır Hasar
Bina #65	1.57	0.46	2.76%	6.06%	Hafif Hasar
Bina #66	1.57	0.46	2.76%	23.66%	Orta Hasar

Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #67	1.54	0.46	3.19%	40.07%	Orta Hasar
Bina #68	2.11	0.46	3.82%	76.37%	Ağır Hasar
Bina #69	1.67	0.46	2.81%	6.61%	Orta Hasar
Bina #70	1.24	0.46	2.84%	34.79%	Orta Hasar
Bina #71	1.58	0.46	2.89%	30.79%	Orta Hasar
Bina #72	1.23	0.46	2.33%	10.94%	Orta Hasar
Bina #73	1.34	0.46	2.56%	21.67%	Orta Hasar
Bina #74	1.73	0.46	2.82%	20.32%	Orta Hasar
Bina #75	1.58	0.46	3.00%	29.92%	Orta Hasar
Bina #76	2.11	0.46	3.71%	39.66%	Orta Hasar
Bina #77	1.67	0.46	2.73%	16.48%	Orta Hasar
Bina #78	1.42	0.46	2.49%	18.31%	Orta Hasar
Bina #79	1.87	0.46	2.29%	3.08%	Hafif Hasar
Bina #80	1.58	0.46	3.28%	81.11%	Ağır Hasar
Bina #81	1.79	0.46	3.15%	34.85%	Orta Hasar
Bina #82	1.24	0.46	2.84%	35.67%	Orta Hasar
Bina #83	2.42	0.46	4.00%	70.87%	Ağır Hasar
Bina #84	2.32	0.46	4.08%	81.35%	Ağır Hasar
Bina #85	1.27	0.46	2.42%	25.48%	Orta Hasar
Bina #86	1.95	0.46	3.19%	52.23%	Orta Hasar
Bina #87	1.94	0.46	2.95%	23.08%	Orta Hasar
Bina #88	2.03	0.46	3.58%	28.40%	Orta Hasar
Bina #89	1.83	0.46	3.21%	24.24%	Orta Hasar
Bina #90	1.92	0.46	3.66%	46.60%	Orta Hasar
Bina #91	1.72	0.46	3.28%	42.26%	Orta Hasar
Bina #92	2.13	0.46	3.63%	38.73%	Orta Hasar
Bina #93	1.80	0.46	3.43%	56.19%	Orta Hasar
Bina #94	2.37	0.46	3.82%	59.61%	Orta Hasar
Bina #95	1.50	0.46	2.35%	12.41%	Orta Hasar
Bina #96	1.69	0.46	3.21%	69.98%	Ağır Hasar
Bina #97	1.63	0.46	3.58%	51.51%	Orta Hasar
Bina #98	2.19	0.46	3.58%	38.37%	Orta Hasar

**EK-8** İkinci deprem senaryosuna göre 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsallı binanın talep&performans sonuçları

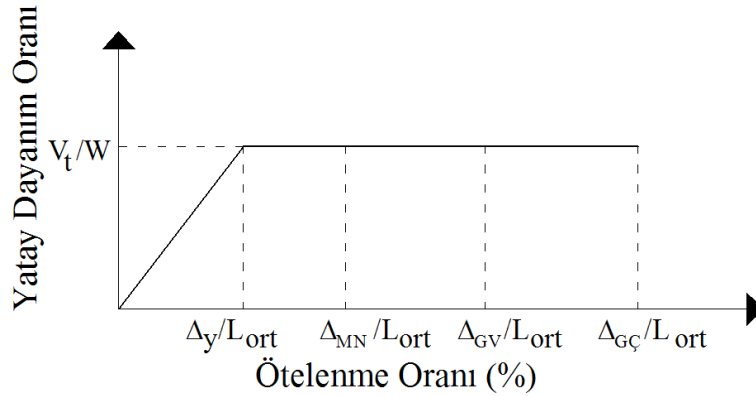
Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #1	1.35	0.66	3.16%	52.75%	Orta Hasar
Bina #2	2.26	0.66	5.97%	221.50%	Göçme
Bina #3	1.53	0.66	4.05%	66.59%	Orta Hasar
Bina #4	1.47	0.66	3.88%	58.63%	Orta Hasar
Bina #5	1.29	0.66	3.42%	46.34%	Orta Hasar
Bina #6	1.86	0.66	4.92%	217.71%	Göçme
Bina #7	2.43	0.66	4.97%	94.81%	Ağır Hasar
Bina #8	1.54	0.66	3.88%	73.98%	Ağır Hasar
Bina #9	1.46	0.66	3.98%	67.93%	Orta Hasar
Bina #10	1.24	0.66	3.56%	49.77%	Orta Hasar
Bina #11	2.22	0.66	5.21%	143.36%	Göçme
Bina #12	2.58	0.66	6.05%	193.42%	Göçme
Bina #13	1.98	0.66	5.01%	180.64%	Göçme
Bina #14	1.52	0.66	4.16%	75.99%	Ağır Hasar
Bina #15	1.58	0.66	4.72%	183.23%	Göçme
Bina #16	1.48	0.66	3.74%	58.25%	Orta Hasar
Bina #17	2.16	0.66	4.72%	130.13%	Göçme
Bina #18	1.88	0.66	4.41%	64.96%	Orta Hasar
Bina #19	1.80	0.66	3.93%	104.93%	Göçme
Bina #20	1.57	0.66	4.64%	151.88%	Göçme
Bina #21	1.98	0.66	4.76%	119.84%	Göçme
Bina #22	1.63	0.66	4.82%	151.98%	Göçme
Bina #23	1.54	0.66	4.59%	100.27%	Ağır Hasar
Bina #24	2.83	0.66	6.10%	199.89%	Göçme
Bina #25	2.22	0.66	5.36%	189.58%	Göçme
Bina #26	1.34	0.66	3.65%	62.85%	Orta Hasar
Bina #27	1.41	0.66	3.84%	60.21%	Orta Hasar
Bina #28	2.15	0.66	5.86%	213.33%	Göçme
Bina #29	2.04	0.66	5.11%	143.03%	Göçme
Bina #30	1.75	0.66	5.21%	159.88%	Göçme
Bina #31	1.68	0.66	5.01%	166.73%	Göçme
Bina #32	1.39	0.66	3.03%	46.60%	Orta Hasar
Bina #33	1.46	0.66	4.50%	109.78%	Göçme



Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #34	1.50	0.66	4.65%	199.46%	Göçme
Bina #35	1.79	0.66	4.65%	119.56%	Göçme
Bina #36	1.53	0.66	4.57%	78.35%	Ağır Hasar
Bina #37	1.97	0.66	4.60%	180.03%	Göçme
Bina #38	2.17	0.66	5.48%	185.12%	Göçme
Bina #39	1.56	0.66	4.25%	121.83%	Göçme
Bina #40	1.42	0.66	4.64%	153.08%	Göçme
Bina #41	1.65	0.66	4.52%	137.91%	Göçme
Bina #42	1.50	0.66	4.10%	86.79%	Ağır Hasar
Bina #43	2.04	0.66	4.45%	131.74%	Ağır Hasar
Bina #44	2.01	0.66	4.70%	112.30%	Göçme
Bina #45	1.53	0.66	3.90%	51.54%	Orta Hasar
Bina #46	1.81	0.66	4.78%	119.09%	Göçme
Bina #47	1.15	0.66	4.70%	112.53%	Göçme
Bina #48	2.25	0.66	5.28%	96.20%	Ağır Hasar
Bina #49	1.11	0.66	4.03%	120.96%	Göçme
Bina #50	1.94	0.66	4.46%	64.66%	Orta Hasar
Bina #51	1.64	0.66	4.47%	79.33%	Ağır Hasar
Bina #52	2.09	0.66	4.70%	132.83%	Göçme
Bina #53	1.46	0.66	3.98%	70.48%	Ağır Hasar
Bina #54	2.04	0.66	4.92%	136.06%	Göçme
Bina #55	2.26	0.66	5.29%	119.07%	Göçme
Bina #56	1.55	0.66	3.90%	102.02%	Ağır Hasar
Bina #57	1.68	0.66	4.44%	113.16%	Göçme
Bina #58	1.77	0.66	4.84%	125.49%	Göçme
Bina #59	1.81	0.66	4.24%	64.97%	Orta Hasar
Bina #60	1.97	0.66	4.30%	52.85%	Orta Hasar
Bina #61	1.59	0.66	4.02%	62.88%	Orta Hasar
Bina #62	2.10	0.66	4.80%	114.07%	Göçme
Bina #63	1.95	0.66	5.28%	102.26%	Göçme
Bina #64	1.92	0.66	5.25%	152.24%	Göçme
Bina #65	1.57	0.66	3.96%	71.48%	Ağır Hasar
Bina #66	1.57	0.66	3.97%	66.11%	Orta Hasar

Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #67	1.54	0.66	4.58%	80.33%	Ağır Hasar
Bina #68	2.11	0.66	5.48%	155.82%	Göçme
Bina #69	1.67	0.66	4.03%	41.16%	Orta Hasar
Bina #70	1.24	0.66	4.08%	76.68%	Ağır Hasar
Bina #71	1.58	0.66	4.14%	76.62%	Ağır Hasar
Bina #72	1.23	0.66	3.35%	38.30%	Orta Hasar
Bina #73	1.34	0.66	3.67%	58.12%	Orta Hasar
Bina #74	1.73	0.66	4.05%	61.75%	Orta Hasar
Bina #75	1.58	0.66	4.31%	66.18%	Orta Hasar
Bina #76	2.11	0.66	5.32%	84.71%	Ağır Hasar
Bina #77	1.67	0.66	3.92%	54.00%	Orta Hasar
Bina #78	1.42	0.66	3.57%	50.52%	Orta Hasar
Bina #79	1.87	0.66	3.29%	29.62%	Orta Hasar
Bina #80	1.58	0.66	4.71%	204.92%	Göçme
Bina #81	1.79	0.66	4.52%	76.57%	Ağır Hasar
Bina #82	1.24	0.66	4.07%	78.49%	Ağır Hasar
Bina #83	2.42	0.66	5.74%	159.07%	Göçme
Bina #84	2.32	0.66	5.85%	165.18%	Göçme
Bina #85	1.27	0.66	3.48%	56.96%	Orta Hasar
Bina #86	1.95	0.66	4.57%	152.83%	Göçme
Bina #87	1.94	0.66	4.24%	66.52%	Orta Hasar
Bina #88	2.03	0.66	5.13%	71.37%	Ağır Hasar
Bina #89	1.83	0.66	4.61%	65.81%	Orta Hasar
Bina #90	1.92	0.66	5.26%	92.83%	Ağır Hasar
Bina #91	1.72	0.66	4.71%	100.66%	Ağır Hasar
Bina #92	2.13	0.66	5.21%	91.97%	Ağır Hasar
Bina #93	1.80	0.66	4.92%	129.53%	Göçme
Bina #94	2.37	0.66	5.48%	124.61%	Göçme
Bina #95	1.50	0.66	3.38%	42.13%	Orta Hasar
Bina #96	1.69	0.66	4.61%	141.06%	Göçme
Bina #97	1.63	0.66	5.14%	97.76%	Ağır Hasar
Bina #98	2.19	0.66	5.14%	81.14%	Ağır Hasar

**EK-9** Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) yer alan 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsallı binanın hızlı değerlendirme yöntemine (HDY) göre hesaplanan kapasite eğrisi parametreleri



Bina Adı	Ort. Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L_{ort}$	$\Delta_{MN} / L_{ort}$	$\Delta_{GV} / L_{ort}$	$\Delta_{GÇ} / L_{ort}$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #1	7.0	0.210	1.47%	1.81%	3.74%	4.87%
Bina #2	6.2	0.099	2.42%	2.57%	3.44%	3.95%
Bina #3	6.2	0.203	1.88%	2.21%	4.11%	5.22%
Bina #4	6.2	0.210	1.88%	2.21%	4.11%	5.22%
Bina #5	6.2	0.288	1.88%	2.21%	4.11%	5.22%
Bina #6	6.2	0.150	2.42%	2.51%	3.00%	3.29%
Bina #7	8.0	0.126	2.43%	2.68%	4.10%	4.93%
Bina #8	6.5	0.194	1.97%	2.14%	3.10%	3.66%
Bina #9	6.0	0.202	2.34%	2.47%	3.24%	3.69%
Bina #10	5.7	0.255	1.95%	2.19%	3.61%	4.44%
Bina #11	7.0	0.122	2.39%	2.56%	3.50%	4.05%
Bina #12	7.0	0.093	2.73%	2.88%	3.75%	4.26%
Bina #13	6.5	0.135	2.54%	2.63%	3.18%	3.50%
Bina #14	6.0	0.184	2.05%	2.19%	2.97%	3.43%
Bina #15	5.5	0.161	1.88%	2.01%	2.76%	3.21%
Bina #16	6.5	0.232	1.97%	2.14%	3.10%	3.66%
Bina #17	7.5	0.132	2.56%	2.68%	3.40%	3.81%
Bina #18	7.0	0.168	2.39%	2.61%	3.86%	4.59%
Bina #19	7.5	0.218	2.05%	2.19%	2.99%	3.47%
Bina #20	5.6	0.156	1.89%	2.04%	2.88%	3.38%
Bina #21	6.8	0.144	2.06%	2.23%	3.19%	3.75%
Bina #22	5.6	0.145	1.89%	2.06%	3.01%	3.57%
Bina #23	5.5	0.163	2.15%	2.30%	3.19%	3.70%
Bina #24	7.6	0.100	2.59%	2.76%	3.70%	4.25%

Bina Adı	Ort. Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L_{ort}$	$\Delta_{MN} / L_{ort}$	$\Delta_{GV} / L_{ort}$	$\Delta_{GÇ} / L_{ort}$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #25	6.8	0.127	2.32%	2.46%	3.22%	3.67%
Bina #26	6.0	0.217	1.82%	2.03%	3.23%	3.93%
Bina #27	6.0	0.208	1.82%	2.03%	3.19%	3.87%
Bina #28	6.0	0.089	2.34%	2.49%	3.36%	3.88%
Bina #29	6.6	0.114	1.99%	2.16%	3.11%	3.67%
Bina #30	5.5	0.117	2.15%	2.30%	3.17%	3.69%
Bina #31	5.5	0.137	2.15%	2.30%	3.17%	3.69%
Bina #32	7.5	0.310	1.46%	1.72%	3.21%	4.08%
Bina #33	5.3	0.172	1.81%	1.98%	2.93%	3.49%
Bina #34	5.3	0.145	2.07%	2.15%	2.65%	2.94%
Bina #35	6.3	0.140	2.15%	2.32%	3.26%	3.82%
Bina #36	5.5	0.120	2.15%	2.28%	3.05%	3.50%
Bina #37	7.0	0.185	2.39%	2.48%	3.00%	3.30%
Bina #38	6.5	0.124	2.22%	2.38%	3.33%	3.89%
Bina #39	6.0	0.166	2.05%	2.17%	2.87%	3.28%
Bina #40	5.0	0.152	1.71%	1.87%	2.83%	3.39%
Bina #41	6.0	0.166	2.05%	2.19%	3.01%	3.49%
Bina #42	6.0	0.164	2.05%	2.21%	3.16%	3.72%
Bina #43	7.5	0.147	2.28%	2.44%	3.39%	3.95%
Bina #44	7.0	0.133	2.39%	2.52%	3.25%	3.69%
Bina #45	6.5	0.217	2.20%	2.36%	3.27%	3.80%
Bina #46	6.2	0.138	2.12%	2.28%	3.23%	3.79%
Bina #47	4.0	0.191	1.56%	1.81%	3.20%	4.02%
Bina #48	7.0	0.106	2.73%	2.86%	3.63%	4.07%
Bina #49	4.5	0.231	1.54%	1.70%	2.66%	3.22%
Bina #50	7.1	0.159	2.43%	2.65%	3.88%	4.60%
Bina #51	6.0	0.139	2.05%	2.24%	3.31%	3.94%
Bina #52	7.3	0.155	2.21%	2.31%	2.88%	3.21%
Bina #53	6.0	0.197	1.82%	2.15%	4.05%	5.16%
Bina #54	6.8	0.155	2.32%	2.45%	3.20%	3.65%
Bina #55	7.0	0.129	2.39%	2.52%	3.28%	3.72%
Bina #56	6.5	0.213	2.22%	2.32%	2.92%	3.27%
Bina #57	6.2	0.190	2.42%	2.53%	3.18%	3.55%
Bina #58	6.0	0.136	2.34%	2.49%	3.36%	3.88%
Bina #59	7.0	0.174	2.12%	2.39%	3.87%	4.74%
Bina #60	7.5	0.192	2.28%	2.53%	3.99%	4.84%
Bina #61	6.5	0.184	2.22%	2.36%	3.20%	3.69%

Bina Adı	Ort. Bina Yüksekliği	$\Sigma V_t / W$	$\Delta_y / L_{ort}$	$\Delta_{MN} / L_{ort}$	$\Delta_{GV} / L_{ort}$	$\Delta_{GÇ} / L_{ort}$
-	m	-	%	%	%	%
Bina #62	7.2	0.144	2.44%	2.61%	3.55%	4.10%
Bina #63	6.1	0.130	2.36%	2.58%	3.84%	4.59%
Bina #64	6.0	0.140	2.34%	2.49%	3.36%	3.88%
Bina #65	6.5	0.195	2.54%	2.63%	3.19%	3.51%
Bina #66	6.5	0.202	2.22%	2.38%	3.33%	3.89%
Bina #67	5.5	0.142	2.15%	2.31%	3.24%	3.79%
Bina #68	6.3	0.120	2.46%	2.61%	3.48%	3.99%
Bina #69	6.8	0.180	2.32%	2.54%	3.81%	4.55%
Bina #70	5.0	0.194	1.95%	2.09%	2.86%	3.31%
Bina #71	6.3	0.210	2.13%	2.30%	3.25%	3.80%
Bina #72	6.0	0.242	2.05%	2.22%	3.19%	3.76%
Bina #73	6.0	0.230	2.05%	2.21%	3.16%	3.72%
Bina #74	7.0	0.203	2.39%	2.56%	3.50%	4.05%
Bina #75	6.0	0.172	2.05%	2.38%	4.26%	5.36%
Bina #76	6.5	0.183	2.22%	2.51%	4.19%	5.18%
Bina #77	7.0	0.188	2.39%	2.56%	3.50%	4.05%
Bina #78	6.5	0.258	1.97%	2.17%	3.26%	3.91%
Bina #79	9.3	0.275	2.31%	2.65%	4.57%	5.69%
Bina #80	5.5	0.164	2.15%	2.24%	2.75%	3.06%
Bina #81	6.5	0.162	1.97%	2.31%	4.20%	5.31%
Bina #82	5.0	0.182	1.71%	1.86%	2.70%	3.20%
Bina #83	6.9	0.099	2.69%	2.84%	3.71%	4.22%
Bina #84	6.5	0.124	2.22%	2.42%	3.58%	4.26%
Bina #85	6.0	0.252	1.64%	1.98%	3.90%	5.02%
Bina #86	7.0	0.173	2.39%	2.50%	3.12%	3.48%
Bina #87	7.5	0.219	2.05%	2.23%	3.28%	3.89%
Bina #88	6.5	0.125	2.54%	2.78%	4.15%	4.95%
Bina #89	6.5	0.159	2.22%	2.39%	3.35%	3.92%
Bina #90	6.0	0.134	2.05%	2.30%	3.71%	4.54%
Bina #91	6.0	0.136	2.34%	2.47%	3.24%	3.69%
Bina #92	6.7	0.139	2.29%	2.49%	3.63%	4.29%
Bina #93	6.0	0.140	2.34%	2.49%	3.36%	3.88%
Bina #94	7.1	0.127	2.42%	2.59%	3.53%	4.09%
Bina #95	7.3	0.264	1.99%	2.33%	4.25%	5.37%
Bina #96	6.0	0.173	2.05%	2.19%	3.03%	3.52%
Bina #97	5.2	0.146	1.77%	2.11%	3.99%	5.10%
Bina #98	7.0	0.134	2.39%	2.59%	3.72%	4.39%

**EK-10** Birinci deprem senaryosu, hızlı değerlendirme yöntemine (HDY) göre Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde (DOSB) yer alan 98 adet tek katlı, birleşimleri mafsalı binanın talep&performans sonuçları

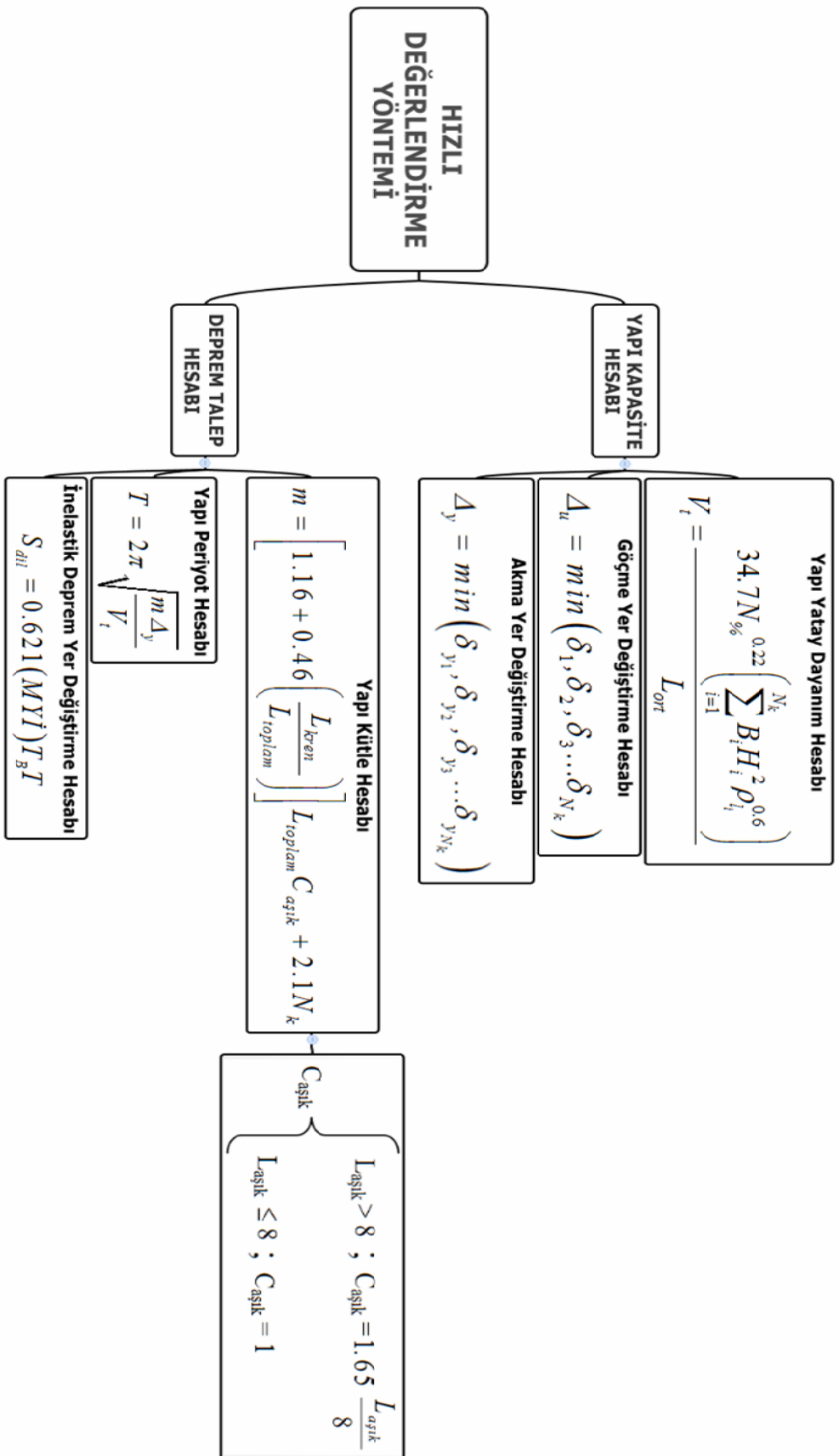
Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L <sub>ort</sub>	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	s.	s.	%	%	
Bina #1	1.40	0.46	2.29%	24.02%	Orta Hasar
Bina #2	2.47	0.46	4.55%	138.70%	Göçme
Bina #3	1.52	0.46	2.80%	27.40%	Orta Hasar
Bina #4	1.49	0.46	2.75%	25.99%	Orta Hasar
Bina #5	1.28	0.46	2.35%	14.02%	Orta Hasar
Bina #6	2.00	0.46	3.69%	145.13%	Göçme
Bina #7	2.49	0.46	3.55%	44.79%	Orta Hasar
Bina #8	1.63	0.46	2.86%	52.85%	Orta Hasar
Bina #9	1.67	0.46	3.18%	62.15%	Orta Hasar
Bina #10	1.32	0.46	2.65%	28.08%	Orta Hasar
Bina #11	2.34	0.46	3.82%	86.07%	Ağır Hasar
Bina #12	2.87	0.46	4.68%	127.60%	Göçme
Bina #13	2.22	0.46	3.89%	139.69%	Göçme
Bina #14	1.64	0.46	3.12%	77.28%	Ağır Hasar
Bina #15	1.61	0.46	3.34%	109.92%	Göçme
Bina #16	1.49	0.46	2.62%	38.37%	Orta Hasar
Bina #17	2.42	0.46	3.68%	89.05%	Ağır Hasar
Bina #18	2.00	0.46	3.26%	39.78%	Orta Hasar
Bina #19	1.68	0.46	2.56%	36.11%	Orta Hasar
Bina #20	1.65	0.46	3.38%	100.16%	Göçme
Bina #21	1.98	0.46	3.33%	75.15%	Ağır Hasar
Bina #22	1.71	0.46	3.51%	96.36%	Ağır Hasar
Bina #23	1.71	0.46	3.55%	89.77%	Ağır Hasar
Bina #24	2.81	0.46	4.22%	98.37%	Ağır Hasar
Bina #25	2.24	0.46	3.76%	106.34%	Göçme
Bina #26	1.42	0.46	2.71%	42.01%	Orta Hasar
Bina #27	1.45	0.46	2.77%	46.01%	Orta Hasar
Bina #28	2.53	0.46	4.80%	160.25%	Göçme
Bina #29	2.14	0.46	3.73%	103.28%	Göçme
Bina #30	2.02	0.46	4.18%	132.32%	Göçme

Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L <sub>ort</sub>	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	sn.	sn.	%	%	
Bina #31	1.86	0.46	3.86%	111.56%	Göçme
Bina #32	1.19	0.46	1.81%	13.46%	Orta Hasar
Bina #33	1.50	0.46	3.22%	84.20%	Ağır Hasar
Bina #34	1.75	0.46	3.76%	194.70%	Göçme
Bina #35	1.98	0.46	3.58%	85.59%	Ağır Hasar
Bina #36	1.99	0.46	4.13%	146.20%	Göçme
Bina #37	1.91	0.46	3.11%	78.83%	Ağır Hasar
Bina #38	2.16	0.46	3.80%	94.64%	Ağır Hasar
Bina #39	1.73	0.46	3.28%	100.04%	Göçme
Bina #40	1.50	0.46	3.43%	102.47%	Göçme
Bina #41	1.72	0.46	3.28%	85.50%	Ağır Hasar
Bina #42	1.74	0.46	3.31%	75.30%	Ağır Hasar
Bina #43	2.17	0.46	3.29%	60.67%	Orta Hasar
Bina #44	2.25	0.46	3.66%	98.16%	Ağır Hasar
Bina #45	1.62	0.46	2.87%	41.87%	Orta Hasar
Bina #46	1.95	0.46	3.60%	88.63%	Ağır Hasar
Bina #47	1.15	0.46	3.27%	69.56%	Ağır Hasar
Bina #48	2.69	0.46	4.39%	123.50%	Göçme
Bina #49	1.10	0.46	2.78%	74.18%	Ağır Hasar
Bina #50	2.10	0.46	3.36%	42.50%	Orta Hasar
Bina #51	1.89	0.46	3.59%	81.07%	Ağır Hasar
Bina #52	2.05	0.46	3.21%	99.44%	Ağır Hasar
Bina #53	1.49	0.46	2.84%	30.41%	Orta Hasar
Bina #54	2.02	0.46	3.40%	81.19%	Ağır Hasar
Bina #55	2.29	0.46	3.72%	100.39%	Göçme
Bina #56	1.65	0.46	2.90%	64.69%	Orta Hasar
Bina #57	1.78	0.46	3.28%	75.59%	Ağır Hasar
Bina #58	2.04	0.46	3.88%	100.19%	Göçme
Bina #59	1.85	0.46	3.02%	34.25%	Orta Hasar
Bina #60	1.89	0.46	2.88%	23.53%	Orta Hasar
Bina #61	1.78	0.46	3.12%	61.15%	Orta Hasar
Bina #62	2.21	0.46	3.52%	65.02%	Orta Hasar
Bina #63	2.11	0.46	3.97%	72.38%	Ağır Hasar
Bina #64	2.01	0.46	3.83%	96.70%	Ağır Hasar
Bina #65	1.85	0.46	3.24%	72.03%	Ağır Hasar

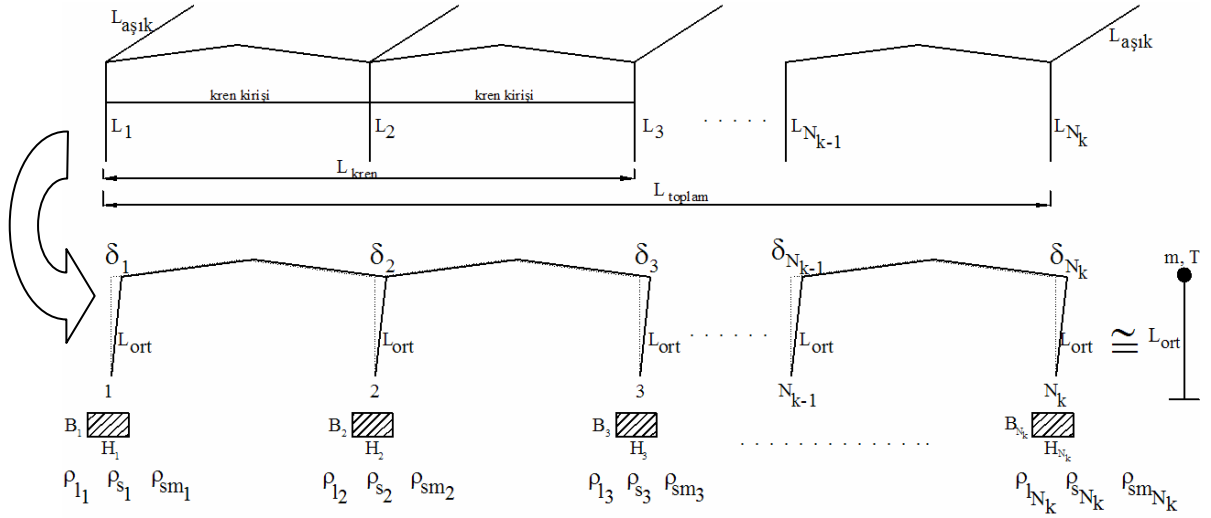
Bina Adı	T <sub>1</sub>	T <sub>B</sub>	S <sub>dil</sub> / L <sub>ort</sub>	% Δ <sub>p</sub>	SONUÇ
-	s.	s.	%	%	
Bina #66	1.69	0.46	2.97%	45.29%	Orta Hasar
Bina #67	1.83	0.46	3.80%	100.70%	Göçme
Bina #68	2.28	0.46	4.13%	109.44%	Göçme
Bina #69	1.88	0.46	3.15%	37.38%	Orta Hasar
Bina #70	1.42	0.46	3.25%	95.31%	Ağır Hasar
Bina #71	1.60	0.46	2.92%	46.89%	Orta Hasar
Bina #72	1.43	0.46	2.72%	39.16%	Orta Hasar
Bina #73	1.47	0.46	2.79%	44.22%	Orta Hasar
Bina #74	1.82	0.46	2.97%	35.02%	Orta Hasar
Bina #75	1.70	0.46	3.22%	35.51%	Orta Hasar
Bina #76	1.78	0.46	3.13%	30.73%	Orta Hasar
Bina #77	1.89	0.46	3.09%	41.89%	Orta Hasar
Bina #78	1.41	0.46	2.48%	26.38%	Orta Hasar
Bina #79	1.77	0.46	2.17%	0.00%	Hafif Hasar
Bina #80	1.70	0.46	3.53%	151.50%	Göçme
Bina #81	1.78	0.46	3.13%	34.63%	Orta Hasar
Bina #82	1.37	0.46	3.13%	95.28%	Ağır Hasar
Bina #83	2.75	0.46	4.55%	121.97%	Göçme
Bina #84	2.16	0.46	3.80%	77.23%	Ağır Hasar
Bina #85	1.25	0.46	2.38%	22.03%	Orta Hasar
Bina #86	1.97	0.46	3.22%	75.72%	Ağır Hasar
Bina #87	1.68	0.46	2.56%	27.68%	Orta Hasar
Bina #88	2.31	0.46	4.05%	62.65%	Orta Hasar
Bina #89	1.91	0.46	3.35%	66.51%	Orta Hasar
Bina #90	1.92	0.46	3.65%	64.15%	Orta Hasar
Bina #91	2.04	0.46	3.88%	114.02%	Göçme
Bina #92	2.11	0.46	3.58%	64.53%	Orta Hasar
Bina #93	2.01	0.46	3.83%	96.70%	Ağır Hasar
Bina #94	2.33	0.46	3.75%	79.72%	Ağır Hasar
Bina #95	1.49	0.46	2.33%	10.00%	Orta Hasar
Bina #96	1.69	0.46	3.21%	79.18%	Ağır Hasar
Bina #97	1.59	0.46	3.49%	51.78%	Orta Hasar
Bina #98	2.24	0.46	3.66%	63.50%	Orta Hasar



## EK-11 Hızlı değerlendirme yöntemi akış şeması

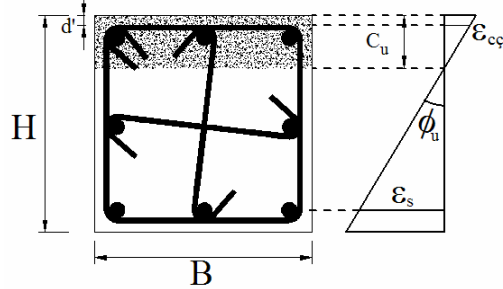


### EK-12 Hızlı değerlendirme yöntemi hesap şeması



$$L_{ort} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{N_k}}{N_k}$$

i.'ci taşıyıcı eleman için :



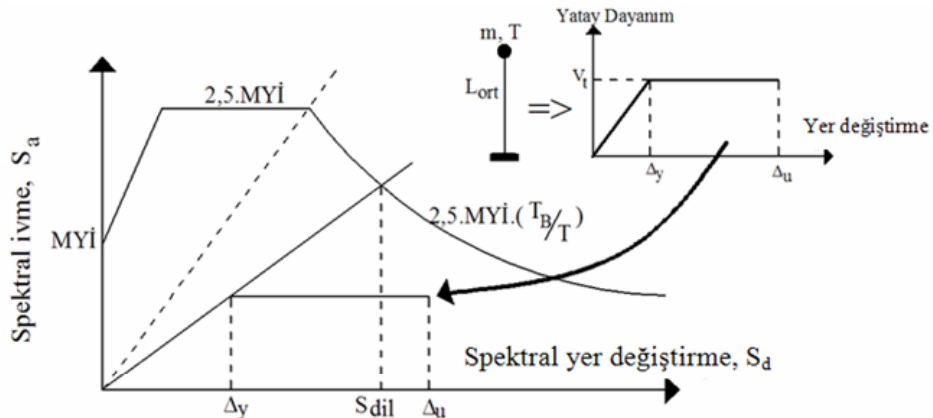
$$\phi_{u_i} = \frac{\epsilon_{c\phi_i}}{C_{u_i} - d'}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{İYİ} ; \epsilon_{c\phi_i} = \%1.30 \\ \text{ORTA} ; \epsilon_{c\phi_i} = \%1.00 \\ \text{KÖTÜ} ; \epsilon_{c\phi_i} = \%0.70 \end{array} \right.$$

$$C_{u_i} = 5.20 \rho_{li}^{0.35} H_i^{0.75}$$

$$\delta_i = \left( \phi_{u_i} L_{p_i} + 0.004 \left( \frac{L_{ort}}{3H_i} \right) - 0.002 \right) L_{ort}$$

$$\delta_{y_i} = 1.95 \left( \frac{\epsilon_{y_i} L_{ort}^2}{3H_i} \right)$$



## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Mardin’de doğdu. İlk öğrenimini Noter Cevdet Altun İköğretim Okulu, orta öğrenimini Cumhuriyet Orta Okulu ve lise öğrenimini ise Mardin Anadolu Lisesi’nde 2002 yılında tamamladı. 2002 yılında lisans öğrenimine Denizli, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde başladı ve 2006 yılında lisans öğrenimini tamamladı. 2006-2008 yılları arasında Denizli’de yer alan mühendislik şirketlerinde çeşitli görevlerde yer aldı. 2008 yılından bu yana Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği A.B.D.’nda yüksek lisans öğremine devam etmektedir. Arapça ve İngilizce dillerini bilmektedir.