

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



**MEVCUT YAPILARIN LİFLİ POLİMER KOMPOZİTLERLE  
GÜÇLENDİRME TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HALİL UYSAL**

**BALIKESİR, TEMMUZ-2017**

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



**MEVCUT YAPILARIN LİFLİ POLİMER KOMPOZİTLERLE  
GÜÇLENDİRİME TASARIMI**

**YÜKSEK LISANS TEZİ**

**HALİL UYSAL**

**Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Perihan EFE (Tez Danışmanı)**

**Yrd. Doç. Dr. Fehmi ÇİVİCİ**

**Yrd. Doç. Dr. Uğur ALBAYRAK**

**BALIKESİR, TEMMUZ-2017**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Halil UYSAL** tarafından hazırlanan “**MEVCUT YAPILARIN LİFLİ POLİMER KOMPOZİTLERLE GÜÇLENDİRME TASARIMI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 03.07.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Perihan EFE

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Fehmi ÇİVİCİ

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Uğur ALBAYRAK

  
.....  
  
.....  
  
.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

**Bu tez çalışması Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) tarafından Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında desteklenmiştir.**

## ÖZET

**MEVCUT YAPILARIN LİFLİ POLİMER KOMPOZİTLERLE  
GÜÇLENDİRME TASARIMI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
HALİL UYSAL  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. PERİHAN EFE)  
BALIKESİR, TEMMUZ, 2017**

Büyük çoğunluğu 1.derece deprem bölgesinde bulunan mevcut yapıların deprem performansları belirlenerek, yeterli dayanım, rijitlik ve sünekliğe sahip olmayan yapıların güçlendirilmesine ya da yeniden inşasına gerek duyulmaktadır. İstenilen deprem performans hedefini sağlamayan mevcut betonarme yapıların güçlendirilmesinde, çelik ve betonarme malzemeler ile gerçekleştirilen geleneksel yöntemlere ek olarak lifli polimer (LP) kompozit malzemelerin kullanıldığı güçlendirme yöntemleri TDY-2007’de yer almıştır. Bu çalışmada, değişken malzeme dayanımlarına sahip 4, 6 ve 8 katlı betonarme çerçeve olarak türetilen yapıların, farklı zemin sınıflarında yer alması durumu gözetilerek Riskli Yapıların Tespitine İlişkin Esaslara (RYTİE) göre önce risk durumları belirlemiş, sonra türetilen bu 192 adet yapı için TDY-2007’de yer alan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans durumları belirlenmiştir. Her bir yapının risk ve deprem performanslarının karşılaştırılması, mevcut yanıl donatısının özel deprem etriyesi olarak düzenlenmesi ve düzenlenmemesi durumları için yapılmıştır. Performans değerlendirilmesi sonucu istenen hedefi karşılamayan binalarda, LP kompozit ile güçlendirme tasarımları gerçekleştirilmiştir. LP kompozit sargılama ile güçlendirme yönteminin ekonomikliği ile etkinliği, kullanılacak malzeme miktarı üzerinden farklı zemin koşulları ile değişen mevcut malzeme dayanımları dikkate alınarak araştırılmıştır. Ayrıca, TDY-2007’ye göre LP kompozit malzemeler ile güçlendirilmiş 4 katlı yapılar için tekrar performans değerlendirmesi yapılarak zemin sınıfına göre değişen hedefler için ihtiyaç duyulan sünek davranışı fazlasıyla sağladığı ortaya konmuştur.

**ANAHTAR KELİMELER:** LP kompozit, riskli yapı, itme analizi, zemin sınıfı, yanıl donatı.

## **ABSTRACT**

### **THE STRENGTHENING DESIGN OF EXISTING BUILDINGS USED FIBER REINFORCED POLYMERS**

**MSC THESIS**

**HALİL UYSAL**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. PERİHAN EFE )**

**BALIKESİR, JULY 2017**

It is required that strengthening or rebuilding of exist structures mostly in seismic zone 1 which have no enough strength, rigidty and ductile behavior with determining their current seismic performances. In strengthening of exist buildings which has no required seismic performance, additionally to traditional methods as used steel and reinforcement concrete, the retrofiting methods with fiber reinforced polymers (FRP) take place at Turkish Seismic Code-2007 (TSC-2007). In this study, firstly according to The Basis for Determination of Risky Structures (BDRS), the reinforced concrete frame structures derived from different three stories and varied material strength were determined their risky states with regarding each building placed at four soil types, then the performance assessments of every each building were carried out with pushover analysis based on TSC-2007. The comparison of risky situation and performances of each structure were performed whether considering the situations that transverse reinforcement exists in rule or not. Retrofitting designs with FRP were performed at the structures not met required performance level after evaluation. The economic efficiency and effectiveness of the retrofit method with FRP were investigated by taking into consideration the material strengths and different soil conditions regarding the amount of material to be used. By reevaluating of 4 stories structures strengthened with FRP based on TSC-2007, it was revealed that the needed seismic performances and ductile behavior depend on soil types could be provided considerably.

**KEYWORDS:** FRP, risky structure, pushover analysis, soil type, transverse reinforcement.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 LP Kompozitlerin Malzeme Özellikleri .....	3
1.1.1 Lif Çeşitleri .....	5
1.1.2 LP Kompozitlerin Mekanik Özellikleri .....	7
1.2 Amaç ve Kapsam.....	9
<b>2. LP KOMPOZİTLER İLE GÜÇLENDİRİLEN KOLON VE BİNALARIN SİSMİK PERFORMANSI</b> .....	<b>11</b>
2.1 LP Kompozitler ile Sargılanmış Kolonlar için Beton Modelleri.....	11
2.2 LP Kompozitler ile Güçlendirme Yönteminin Bina Sismik Davranışına Katkısı .....	16
<b>3. RİSKLİ YAPILARIN TESPİTİNE İLİŞKİN ESASLARA GÖRE DEĞERLENDİRME</b> .....	<b>21</b>
3.1 RYTİE Kapsamı .....	21
3.2 Riskli Yapı Tespitinde Röleve .....	22
3.3 RYTİE’de Bina Bilgi Seviyeleri ve Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi	22
3.4 RYTİE Göre Deprem Analizi.....	24
3.4.1 Doğrusal Elastik Yöntem ile Hesap .....	24
3.5 Mevcut Elemanların Sınıflandırılması ve Risk Durumlarının Tespiti .....	25
3.5.1 Kolonların Sınıflandırılması.....	26
3.5.2 Kolonların Risk Durumları .....	27
3.5.3 Perde Elemanların Risk Durumlarının Belirlenmesi .....	28
3.6 Riskli Binanın Belirlenmesi .....	29

<b>4. MEVCUT BETONARME YAPILARIN TDY-2007'YE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>30</b>
4.1 Bilgi Toplama Aşaması ve Bilgi Düzeyleri .....	30
4.1.1 Betonarme Yapılarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	31
4.1.2 Betonarme Yapılarda Orta Bilgi Düzeyi.....	32
4.1.3 Betonarme Yapılarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi .....	33
4.2 TDY-2007 Göre Deprem Hesabı .....	34
4.2.1 Bina Performans Hedefleri.....	34
4.2.2 Deprem Seviyeleri.....	34
4.2.3 Performans Hedefleri .....	35
4.2.4 Deprem Hesabında Uyulacak Genel İlkeler.....	36
4.2.5 Doğrusal Elastik Yöntem .....	38
4.2.6 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem .....	39
4.3 Performans Değerlendirmesi.....	43
4.3.1 Birim Şekil değiştirme İstemleri ve Hasar Durumları .....	43
4.3.2 Kesit Hasar Sınır ve Bölgeleri .....	44
4.3.3 Birim Şekil değiştirme Hasar Sınır Değerleri .....	45
4.3.4 Değerlendirme.....	46
4.4 TDY-2007'ye Göre LP Kompozitler ile Güçlendirme Esasları .....	48
<b>5. ANALİTİK ÇALIŞMA .....</b>	<b>51</b>
5.1 Yapı Bilgileri ve Analiz Modelleri.....	51
5.2 Yapıların Risk ve Performans Durumlarının Karşılaştırılması .....	57
5.2.1 Yapıların Risk Durum Değerlendirilmesi .....	57
5.2.2 Deprem Performanslarının Belirlenmesi.....	65
5.2.3 Risk ve Performans Durumlarının Karşılaştırılması .....	73
5.3 LP Kompozitler ile Güçlendirme Tasarımları.....	77
5.4 LP Kompozitler ile Güçlendirilmiş Yapıların Tekrar Performans Değerlendirilmesi .....	86
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>97</b>
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>99</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: LP kompozit uygulamaları. ....	4
Şekil 1.2: LP kompozit bileşenleri ve kumaş örnekleri. ....	5
Şekil 2.1: Etkili donatı ve LP sargılama alanları. ....	14
Şekil 2.2: Jiang ve Teng (2007) modelinde gerilme-şekil değiştirme ilişkisi[21]. ....	15
Şekil 4.1: Deprem seviyelerine ait spektral ivme değerleri (Z4 için). ....	35
Şekil 4.2: Plastik mafsalsal yaklaşımı [44]. ....	40
Şekil 4.3: Kapasite eğrisinden modal kapasite eğrisine dönüşüm. ....	42
Şekil 4.4: a) 1.moda ait titreşim periyodunun $T_B$ 'den büyük, b) $T_B$ 'den küçük olma durumu [1]. ....	42
Şekil 4.5: Kesit hasar sınırları [1]. ....	44
Şekil 4.6: Şekil katsayısı hesabında dikkate alınan kesitler [1]. ....	50
Şekil 4.7: Farklı sargılama kat adedi için iki doğrulu beton davranış modeli. ....	50
Şekil 5.1: İki farklı plana sahip yapıların kat kalıp planları a) PLAN1, b) PLAN2. .	52
Şekil 5.2: Farklı malzeme ve özelliklere sahip yapıların türetilme şekli. ....	53
Şekil 5.3: 4-6-8 katlı yapılarda dikkate alınan kolon ve giriş kesitleri. ....	55
Şekil 5.4: SAP2000 hesap modelleri a) 4 KATLI, b) 6 KATLI, c) 8 KATLI. ....	56
Şekil 5.5: 4 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları. ....	61
Şekil 5.6: 6 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları. ....	61
Şekil 5.7: 8 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları. ....	62
Şekil 5.8: Köşe, kenar ve orta kolonların tanımı. ....	66
Şekil 5.9: KİRİŞ1 ve KİRİŞ2 moment-eğrilik ilişkileri. ....	67
Şekil 5.10: 4 katlı binalarda elde edilen +x deprem doğrultusu kapasite eğrileri. ....	67
Şekil 5.11: 4 katlı binalarda elde edilen +x deprem doğrultusu kapasite eğrileri. ....	68
Şekil 5.12: 4-1-10-220-Z1 binasına ait kolonların hasar durumları. ....	72
Şekil 5.13: Risk ve performans durumları arasındaki ilişki. ....	73
Şekil 5.14: LP ile sargılanmış KOLON1'in göçme sınır $N-\phi$ ilişkisi. ....	81
Şekil 5.15: LP ile sargılanmış KOLON2'nin göçme sınır $N-\phi$ ilişkisi. ....	82
Şekil 5.16: LP ile sargılanmış KOLON3'ün göçme sınır $N-\phi$ ilişkisi. ....	82
Şekil 5.17: Pekleşmeli moment-eğrilik ilişkisi a) XTRACT, b)SAP2000. ....	87
Şekil 5.18: 4-1-10-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	88
Şekil 5.19: 4-1-10-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	89
Şekil 5.20: 4-1-13-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	90
Şekil 5.21: 4-1-13-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	91
Şekil 5.22: 4-1-17-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	92
Şekil 5.23: 4-1-17-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	93
Şekil 5.24: 4-1-20-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	94
Şekil 5.25: 4-1-20-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri. ....	95

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> LP kompozit malzemelerin birim ağırlık değerleri (kN/m <sup>3</sup> ). .....	7
<b>Tablo 1.2:</b> LP kompozitler için ısıl genleşme katsayılarının aralık değerleri (10 <sup>-6</sup> ). ..	7
<b>Tablo 1.3:</b> LP kompozitlerde kullanılan liflerin mekanik özellikleri.....	8
<b>Tablo 1.4:</b> LP kompozitlerin avantaj ve dezavantajları.....	9
<b>Tablo 3.1:</b> Bilgi Düzeyi Katsayıları [2].....	23
<b>Tablo 3.2:</b> Kolon sınıfları için etki/kapasite oranları [2].....	26
<b>Tablo 3.3:</b> Perde sınıfları için etki/kapasite oranları [2].....	26
<b>Tablo 3.4:</b> A grubu kolonlar için sınır m ve ( $\delta$ /h) değerleri [2]. .....	27
<b>Tablo 3.5:</b> B grubu kolonlar için sınır m ve ( $\delta$ /h) değerleri [2].....	27
<b>Tablo 3.6:</b> C grubu kolonlar için sınır m ve ( $\delta$ /h) değerleri [1].....	27
<b>Tablo 3.7:</b> A grubu perdeler için sınır m ve ( $\delta$ /h) değerleri [2].....	28
<b>Tablo 3.8:</b> B grubu perdeler için sınır m ve ( $\delta$ /h) değerleri [2].....	28
<b>Tablo 3.9:</b> Perde ve kolonlar için kat kesme kuvveti oranının sınır değerleri [2].....	29
<b>Tablo 4.1:</b> Bilgi Düzey Katsayı Değerleri [1].....	33
<b>Tablo 4.2:</b> Bina türüne bağlı performans hedefleri [1]. .....	36
<b>Tablo 4.3:</b> Etkin eğilme rijitlikleri [1].....	37
<b>Tablo 4.4:</b> Birim şekil değiştirme hasar sınırları [1]. .....	45
<b>Tablo 4.5:</b> Performans hedeflerinde elemanlar için izin verilen hasar oranları (%).	47
<b>Tablo 5.1:</b> Beton malzemelerin karakteristik özellikleri. ....	53
<b>Tablo 5.2:</b> Donatı çeliği sınıflarının karakteristik özellikleri.....	53
<b>Tablo 5.3:</b> TDY-2007’de yer alan zemin sınıfları için karakteristik periyotları [1].	54
<b>Tablo 5.4:</b> Z1 zemin sınıfı için taban kesme kuvveti değerleri. ....	58
<b>Tablo 5.5:</b> Diğer zemin sınıflarına göre taban kesme kuvveti oranları. ....	59
<b>Tablo 5.6:</b> Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağılımının hesabı. ....	59
<b>Tablo 5.7:</b> PLAN1 4-6-8 katlı yapılarda eşdeğer deprem yükü dağılımları.....	60
<b>Tablo 5.8:</b> PLAN2 4-6-8 katlı yapılarda eşdeğer deprem yükü dağılımları.....	60
<b>Tablo 5.9:</b> Kritik katta yer alan kolonların malzeme ve geometrik özellikleri. ....	63
<b>Tablo 5.10:</b> Kolonların sınıflandırılması. ....	63
<b>Tablo 5.11:</b> Kolonların risk durumlarının belirlenmesi. ....	64
<b>Tablo 5.12:</b> 4 katlı yapılarda etkin eğilme rijitlik oranları. ....	66
<b>Tablo 5.13:</b> 4 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.....	69
<b>Tablo 5.14:</b> 6 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.....	70
<b>Tablo 5.15:</b> 8 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.....	71
<b>Tablo 5.16:</b> 4 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması. ....	74
<b>Tablo 5.17:</b> 6 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması. ....	75
<b>Tablo 5.18:</b> 8 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması. ....	76
<b>Tablo 5.19:</b> Karbon lifin mekanik ve geometrik özellikleri.....	77
<b>Tablo 5.20:</b> KOLON1 LP kompozit sargılaması sonucu $\epsilon_{cc}$ ve $f_{cc}$ değerleri. ....	78
<b>Tablo 5.21:</b> KOLON2 LP kompozit sargılaması sonucu $\epsilon_{cc}$ ve $f_{cc}$ değerleri. ....	79
<b>Tablo 5.22:</b> KOLON3 LP kompozit sargılaması sonucu $\epsilon_{cc}$ ve $f_{cc}$ değerleri. ....	80
<b>Tablo 5.23:</b> 4 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları. ....	83

<b>Tablo 5.24:</b> 6 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları. ....	84
<b>Tablo 5.25:</b> 8 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları. ....	85
<b>Tablo 5.26:</b> 4 katlı binalarda LP güçlendirme sargı adedi. ....	86
<b>Tablo 5.27:</b> Tepe deplasman istem değerleri [m]. ....	96
<b>Tablo 5.28:</b> Tepe deplasman talep değerleri [m]. ....	96

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana karşı sonsuz sabır ve anlayışı gösteren, tezimin konusunun belirlenmesinde ve tamamlanmasında her türlü desteği veren, mesleki ve akademik hayatımda bana her zaman yol gösterici olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Perihan EFE' ye minnet ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans tez projesi konusu seçiminde görüşlerinden yararlandığım, çalışmam boyunca bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, karşılaştığım problemlerin çözümünde sağladığı katkılardan dolayı değerli arkadaşım Arş. Gör. Erkan TÖRE ile tez çalışmam sırasındaki yardımlarından dolayı değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Umut OKKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yapılması ve yazılması sırasında yapmış oldukları değerli katkı ve desteklerinden dolayı arkadaşlarım Muhammet ÖZSOY, Fatih BALIKOĞLU ve Oğuzcan İNAL'a teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca desteğini, güvenini ve yardımlarını benden esirgemeyen başta annem, babam, ablam ile tüm aileme ve arkadaşlarıma minnettarlığım sonsuzdur.

Halil UYSAL

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünya ülkelerinde meydana gelen şiddetli depremlerin etkisiyle insanlar büyük acılar yaşamıştır. Bu depremlerin bir kaçı nedeniyle birçok mevcut bina yıkılmış ve birçoğunda ise ağır hasar meydana gelerek kullanılamaz hale gelmiştir. Kapasite tasarım ilkesinin yer aldığı yönetmeliklerin yürürlüğe girişi öncesi inşa edilmiş birçok betonarme yapı, dayanım bazlı olan tasarımları nedeniyle yeterli sünek davranışa ve enerji yutma kapasitesine sahip olmadığından büyük yer hareketleri etkisi altında ayakta kalamamıştır. Uygun donatı miktarı ve detayıyla teşkil etmemiş bu tür yapıların kolon, kiriş elemanları ve birleşimleri, kesme dayanımı bakımından yetersiz kalıp, gevrek kırılma biçimlerinde davranış gösterdiğinden yapılar yıkılmıştır. Ayrıca daha düşük deprem etkisi altında sünek davranış göstererek ayakta kalan yapılarda meydana gelen hasar seviyeleri dikkate alındığında, gelecekte oluşabilecek daha büyük yer hareketlerine karşı dayanıklı olmadıkları açıktır. Bu yüzden bu tür yapılarında performans değerlendirmesi yapılarak güçlendirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizin büyük deprem hareketlerinin meydana geldiği bir coğrafya da bulunması ve birçok mevcut yapının yeterli detay ile yönetmelik ilkelerinden uzak inşa edilmiş olması sebebiyle deprem performans değerlendirme ve güçlendirme çalışmaları büyük önem kazanmaktadır. Bu kapsamda yapılan birçok bilimsel çalışmayla birlikte Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) 2007 yılında yürürlüğe girmiş ve mevcut yapıların değerlendirmesi ve güçlendirilmesiyle ilgili ilkeler bu yönetmeliğin 7.Bölümünde yer almıştır [1]. Bu yönetmeliğe ek olarak özellikle 1.derecede deprem bölgesinde bulunan yapıların kentsel dönüşüm çalışmalarında daha hızlı karar alabilme süreci için Riskli Yapıların Tespitine İlişkin Esaslar (RYTİE) 2013 yılında yürürlüğe girmiştir [2]. Değerlendirme, TDY-2007'ye göre doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile mümkünken, RYTİE'de sadece doğrusal elastik olmayan yöntem ile yapılmaktadır. Her iki

yönetmelik de deprem sonrası hasar almış yapıların değerlendirmesinde kullanılmamaktadır. Ülkemizde güçlendirme tasarımları ise TDY-2007'deki esaslar çerçevesinde gerçekleştirilmektedir.

TDY-2007'ye göre güçlendirme tasarımları eleman ve sistem bazında olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Eleman güçlendirmesi kolon, kiriş ve dolgu duvar gibi elemanlarda sağlanan süneklik artışı ile elastik ötesi davranış sergileyemeyen binaların performans iyileştirmesi için uygulanırken, sistem güçlendirme tasarımları ise yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmayan yapılar için uygulanmaktadır. Yönetmelikte yer almayan ama yapılan bilimsel çalışmalar ile etkinliği ortaya konulmuş diğer yöntemlerde TS500 [3] ile yönetmeliğin genel tasarım ilkeleri göz önüne alınarak uygulanabilir. Elemanların betonarme ve çelik malzemeler ile sargılanarak sünek davranışa katkıda bulunan geleneksel yöntemlere ek olarak lifli polimer (LP) kompozit malzemeler ile sargılama tasarımları, kullanılan malzemenin üretim hacminin artışı ile kolay temini ve uygulamada yapının kullanımına engel teşkil etmediği için son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca güçlendirme tasarımlarında LP kompozitlere artan bu talep nedeniyle, LP kompozitlerin davranışı ve etkisi hakkında birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiş ve etkinliği ortaya konmuştur [4-6].

Sistem güçlendirmesi olarak ise taşıyıcı sisteme perde veya yeni taşıyıcı sistem ekleme ile çelik çapraz çubuklar kullanılarak gerçekleştirilen geleneksel yöntemler, TDY-2007'deki esaslar ile ilgili literatür çalışmaları çerçevesinde uygulanabilir. Dayanım ve rijitlik bakımından yetersiz olan yapılarda uygulanan bu yöntemlerle ilgili hem deneysel hem de yapının sismik davranışına olumlu katkısını ortaya koyan birçok çalışma yapılmıştır [7-9]. Bu yöntemlere ek olarak yapı rijitliğini arttırmak amaçlı, yapının mevcut dolgu duvarları üzerinde gerçekleştirilecek LP kompozit güçlendirme metotlarına, TDY-2007'nin maksimum 3 kat sınır şartı ile uygulanmasına izin verilmektedir.

Geleneksel güçlendirme yöntemleri ile karşılaştırıldığında LP kompozit ile güçlendirme yöntemleri kolay ve efektif uygulanması, hafif olması, binanın dış görünüşünü etkilememesi ve yapının dinamik karakteristik özellikleri üzerine etkisi olmaması nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu tez kapsamında öncelikle ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler çerçevesinde performans ve risk durum değerlendirme

yöntemleri karşılaştırılmış, sonra etkinliği birçok bilimsel çalışma ile ortaya konmuş olan LP kompozit malzemeler ile elemanlarda süneklik artışı amaçlı güçlendirme yönteminde, yapının artan sünek davranış kapasitesi ile mevcut yapının malzeme özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır.

## 1.1 LP Kompozitlerin Malzeme Özellikleri

Yüksek dayanımlı malzeme olarak kullanılan LP kompozitler yaklaşık altmış yıllık geçmişiyle havacılık ve uzay mühendisliği alanlarında yaygın kullanılmakta olup, inşaat mühendisliği uygulamalarında da en az otuz yıllık geçmişe sahiptirler. LP kompozitler, sahip oldukları yüksek dayanım, rijitlik ve dayanıklılık özellikleri nedeniyle güçlendirme ile yapısal elemanların onarım çalışmaları gibi inşaat mühendisliği uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat mühendisliği uygulamalarında diğer alanlara göre daha yeni olduğu ve hem güçlendirme hem de yapısal eleman olarak kullanımına ilişkin birçok bilimsel çalışma yapılmış olmasına rağmen günümüzde gelişime açık olan bir alandır.

LP'ler, lif ve polimerlerin birbirine bağlı şekilde teşkil ettirilerek üretilen yüksek dayanım değerlerine sahip kompozitlerdir. Genel kullanım itibari lifler aramid, karbon, cam ve yüksek dayanımlı malzemeler, polimerler ise reçine ve epoksi yapıştırıcılarıdır. İnorganik polimerlerde yangına karşı dayanıklılığı nedeniyle kullanılmaktadır. Çelik gibi inşaat mühendisliği uygulamalarında sıklıkla kullanılan klasik malzemelere göre önemli derecede üstün olan hafiflik, korozyona karşı dayanıklılık ve kolay uygulanabilme gibi özellikleri nedeniyle LP kompozit malzemelere sıklıkla başvurulmaktadır.

Çıkış noktası uzay ve havayolu araçları olan LP kompozit malzemeler uçak ve gemi gövdelerinde, kargo konteynirlerinde, yüksek hızlı trenlerde ve rüzgar türbinlerinin kanatlarında kullanıldığı birçok başarılı uygulama alanı vardır. Malzeme olarak hafif oluşu, düşük maliyetler ile üretilmesi ve hafif ekipmanla kolay uygulanması nedeniyle LP kompozitlerin, öngerilmeli ile normal betonarme elemanlarda özellikle güçlendirme ve onarım amaçlı kullanımı çok uygundur. LP kompozitler plaka olarak uygulanabileceği gibi tabaka olarak da kullanılmaktadır. LP

kompozit malzemelerin inşaat mühendisliği uygulamalarının 1980’lerde başlamasına rağmen, betonarme ve öngerilmeli elemanlarda gerçekleştirilen birçok uygulama ile etkinliği ortaya konmuştur [10-12]. LP kompozitler kiriş, kolon, döşeme ve perde elemanların güçlendirilmelerinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Ek olarak, baca ve depolama tankı gibi yapıların güçlendirilmesinde efektif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu gelişmiş kompozitlerin mevcut yapılara uygulanması durumunda;

- Eksenel, eğilme ve kesme kapasitelerinde artış,
- Taşıyıcı sistemin sünek davranış kapasitesinde artış,
- Çevresel dış etkilere karşı dayanıklılık,
- Malzemenin yorulma bakımından sınırlanmaması,
- Ayrıca taşıyıcı sistemin rijitlik ile deplasman kapasitelerinde artış sağlanabilmektedir.

Şekil 1.1’de örneklenen liflerin polimerler (ıslak yapıştırma) ile gerçekleştirilen güçlendirme yöntemi uygulamalarının sayısı dünya çapında binlere ulaşmış durumdadır. Örnek olarak Amerika’da dairesel kesitli köprü ayaklarında ve bir binada gerçekleştirilen LP kompozit uygulamaları Şekil 1.1’de yer almaktadır.

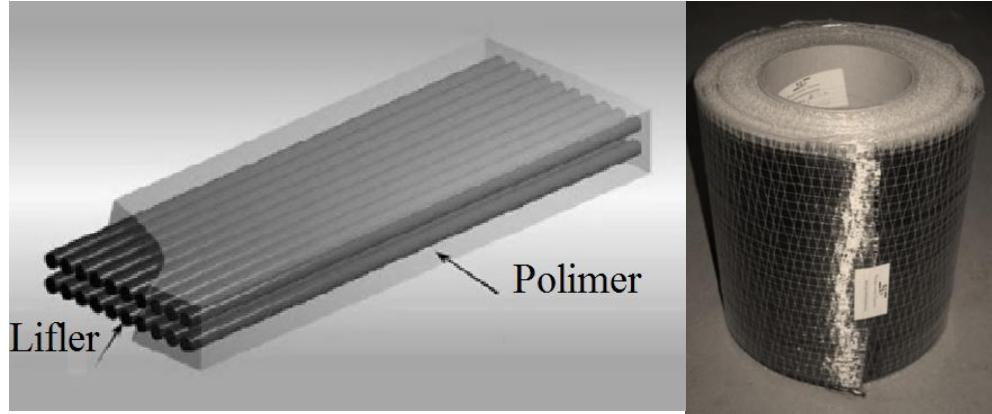


**Şekil 1.1:** LP kompozit uygulamaları.

LP kompozitlerin iki ana bileşenden biri yüksek dayanıma sahip malzemeler olan lifler, diğeri ise bu lifleri birbirine bağlayan yapıştırıcı olarak kullanılan polimerlerdir. Lifler kompozitteki dayanım ve rijitliği sağlarken, polimerlerde lifler



arasındaki gerilmeleri aktaran bağlayıcı olarak görev yaparlar (Şekil 1.2). Kompozitin bir bütün olarak çalışması içinse liflerin yüzeyleri polimerlere doymuş olması gerekmektedir. Tek bir lif çeşidi ile farklı özelliklere sahip kompozitlerin üretimi mümkün olmadığından farklı yapı ve malzemeye sahip lifler birlikte kullanılabilir. Örnek olarak elastisitesi, dayanımı ve yorulma performansı az olan cam elyafların karbon elyafla birlikte üretilerek camın düşük olan performans özellikleri artırılabilir. Aynı şekilde karbon elyafların dış ortama karşı düşük direnci, cam elyaf ya da aramid kullanılarak iyileştirilebilir. Birkaç farklı lif türünün farklı oran ve şekillerde kullanılarak optimize edilen hibrid kompozit malzemelerde kontakt lens, sensör, membran ve su tutucu şeklinde uygulanabilir.



**Şekil 1.2:** LP kompozit bileşenleri ve kumaş örnekleri.

### 1.1.1 Lif Çeşitleri

Liflerin kompozit içinde birinci rolü gelen yükün büyük çoğunluğunu taşımaktır. Polimer ve lif çeşitlerinin farklı konfigürasyonlara bağlı olarak lifler kompozitte %30 ile %70 arasında hacimsel orana sahip olurlar. Dayanım ve rijitlik özellikleri ile ticari olarak üretimlerinin geniş aralıkta olması nedeniyle çok farklı kompozitlerin üretimi mümkün olmaktadır. Genel olarak endüstriyel üretimi bakımından cam, karbon elyaf ve aramid gibi lifler, inşaat mühendisliği uygulamalarında sıklıkla başvurulan malzemelerdir.

Düşük maliyet, yüksek çekme dayanımı, kimyasal ve yüksek sıcaklık etkilerine karşı direnç gösterebilme özellikleri nedeniyle cam elyaf kumaşları inşaat mühendisliği uygulamalarında en büyük yeri almaktadır. Cam elyaf kumaşların dezavantajları ise düşük elastisite, kolay aşınabilme, diğer malzemelere göre daha az yorulma ve gevrek davranış özelliğine sahip olmasıdır.

Diğer üretilen bütün lifler arasında en yüksek elastisite modülü değerine sahip karbon lifler, avantajları arasında en üstün özelliği yüksek çekme dayanım ile çekme elastisite modülüne sahip olmasıdır. Ek olarak yüksek yorulma dayanımı ile düşük ısıl genleşme katsayısına sahiptir. Düşük genleşme katsayısına sahip olması üretilen elemanların geometrik stabilitesini koruması nedeniyle sıcaklık değişiminin ani ve büyük değerlerde olduğu uzay araçlarında kullanılmaktadır. Bu avantajlarına karşın karbon lifle üretilen kompozitler yüksek maliyetli olup çarpma etkilerine karşı dayanımları düşüktür. Sentetik organik bir polimer olan aramid de parlak sarı renkte olup, kevlar olarak ticari marka adıyla bilinmektedir. Bu lifli kumaşlar diğerlerine göre en düşük özgül ağırlığa ve en büyük çekme dayanım ağırlık oranına sahip malzemedir. Yüksek dayanımına ek olarak çarpma etkilerine karşı çok yüksek dayanıma sahip bu kumaşların, düşük basınç dayanımları ve zor dokunduğu için maliyetli oluşu nedenleriyle inşaat mühendisliği uygulamalarında tercih edilmemektedir.

LP kompozit üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılan reçine ve epoksi malzemeleri, lifler arasında oluşan kayma ile kesitteki normal gerilmeleri taşımakta önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, kompoziti dış etkenlere karşı koruyarak dış yüzeylerin aşınmasını engeller.

### 1.1.2 LP Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Bu bölümde, LP kompozit malzemelerin yoğunluk, ısıl genleşme katsayısı, çekme-basma dayanımı ve dayanıklılık gibi mekanik özellikleri aşağıda verilmektedir.

Yoğunluk: Lifli polimerlerin yoğunluk değerleri 12-25 kN/m<sup>3</sup> arasında olup çeliğin yoğunluğundan 4 kat daha düşüktür (Tablo 1.1). Yoğunluğunun bu denli az oluşu nedeniyle taşıma maliyetleri, yapı ağırlığına etkisi az olmakta ve hafif oluşu kolay uygulanabilmesine imkan vermektedir.

**Tablo 1.1:** LP kompozit malzemelerin birim ağırlık değerleri (kN/m<sup>3</sup>).

<b>Çelik</b>	<b>Karbon LP</b>	<b>Cam LP</b>	<b>Aramid LP</b>
77	15-16	12-21	12-15

Isıl genleşme katsayısı: Isıl genleşme katsayısı LP kompozitlerde, boyuna ve dik yönlerde kullanılan lifin ve reçinenin türü ile liflerin hacimsel oranına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tek yönlü LP kompozitler için her iki yön doğrultusu için ısıl genleşme katsayıları Tablo 1.2’de verilmiştir. Tablo 1.2’de karbon elyaf kumaşlardan üretilen kompozitlerin negatif ısıl genleşme katsayıları sıcaklık artışında kısalan, sıcaklık azaldığında ise uzayan davranış gösterdiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 1.2:** LP kompozitler için ısıl genleşme katsayılarının aralık değerleri (10<sup>-6</sup>).

<b>Yön</b>	<b>Karbon LP</b>	<b>Cam LP</b>	<b>Aramid LP</b>
eksenel	-1 ile 0	6 ile 10	1.2 ile 1.5
eksene dik	22 ile 50	19 ile 23	60 ile 80

Çekme-Basma Dayanımları: LP kompozitler çalışma yönü doğrultusunda çekme etkisi altında hiç plastik davranış göstermeyerek kopma tipi davranış gösterirler. Tek tip lif tipi ile üretilen kompozitlerin çekme gerilmesi ve şekil değiştirme ilişkisi lineer tek doğrulu şekilde ani kopma ile ifade edilir. LP kompozitlerin çekme dayanım ve rijitlik değerleri birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Yük taşıma kapasitesine, ana bileşen olan liflerin yerleşimi, tipi ve kompozit içindeki hacimsel miktarı büyük oranda etkilemektedir. Bu tez kapsamında da gerçekleştirilen LP kompozit ile güçlendirme tasarımı için sargılamada anahtar mekanik özellikleri, elatisite modülü, maksimum şekil değiştirme ve kopma gerilmesi değerleridir (Tablo 1.3). Basınç dayanımları ise karbon, cam ve aramid için sırasıyla çekme kopma dayanımlarının %78, %55 ve %20'si kadarıdır [13].

**Tablo 1.3:** LP kompozitlerde kullanılan liflerin mekanik özellikleri.

Lif Türü	Elastisite Modülü (GPa)	Maksimum Dayanım (N/mm <sup>2</sup> )	Kopma Şekildeğiştirme (%)
<b><u>Karbon</u></b>			
Genel Amaçlı	220-240	2050-3790	1.2
Yüksek Dayanım	220-240	3790-4820	1.4
Ultra Yüksek Dayanım	220-240	4820-6200	1.5
Yüksek Modüllü	340-520	1720-3100	0.5
Ultra Yüksek Modüllü	520-690	1380-2400	0.2
<b><u>Cam</u></b>			
E-Cam	69-72	1860-2680	4.5
S-Cam	86-90	3440-4140	5.4
<b><u>Aramid</u></b>			
Genel Amaçlı	69-83	3440-4140	2.5
Yüksek Performans	110-124	3440-4140	1.6

Dayanıklılık: Birçok LP kompozit sıcaklık, kimyasal ve nem gibi çevresel etkiler altında mekanik özelliklerinde kayıplar yaşarlar. Maruz kalınan dış etki, reçine tipi, üretim şekli gibi etkenler de mekanik özelliklerin kaybında etkilidir. LP kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantaj yönleri Tablo 1.4'te verildiği şekilde özetlenebilir.

**Tablo 1.4:** LP kompozitlerin avantaj ve dezavantajları.

<b>Avantaj</b>	<b>Dezavantaj</b>
1) Elektromanyetik nötrlük 2) Yüksek özgül mukavemet 3) Korozyon dayanımlı 4) Yüksek yorulma dayanımı (karbon ve aramid için)	1) Sünek davranış kapasitesinin olmaması 2) Düşük enine yük taşıması kapasitesi 3) Düşük elastisite modül değerine sahip olması (cam ve aramid için)

## 1.2 Amaç ve Kapsam

Çelik ve betonarme malzemeler kullanılarak eleman bazında güçlendirilen kolonların sünek davranışının artışı amaçlanan betonarme bina güçlendirme metotlarına ek, literatürde yer alan birçok çalışma gözetilerek TDY-2007'nin izin verdiği koşullar çerçevesinde LP kompozit ile güçlendirme yöntemleri gün geçtikçe hızla artan bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu kapsamda özellikle okul, hastane, işyeri ve köprü gibi kullanımında herhangi bir kesintiye uğraması istenmeyen yapıların bu yöntemler ile güçlendirme çalışmaları üzerinden yapılmış birçok çalışma mevcuttur [4-6]. Özellikle hafif olması, uygulamasının kolay olması ve gelişen teknoloji ile ekonomik hale gelmesi nedeniyle hem güçlendirmede hem de yapılarda direkt inşa malzemesi olarak kullanımı artmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde yer alan ve birebir uygulaması yapılmış LP kompozit malzemelerin kullanıldığı güçlendirme tasarımlarının etkinliği ile yapı mevcut karakteristik malzeme dayanımları arasındaki ilişki araştırılmak istenmiştir. Eleman bazında güçlendirme kapsamında LP sargılama yönteminin efektifliği sadece yanal detayı bakımından yetersiz ya da doğru detaylanmadığı düşünülen farklı beton basınç ve donatı dayanımlarından türetilen yine farklı 2 plan ve kat adedine sahip çerçeve tipi yapılar örneklenmiştir. Yapının farklı zemin koşullarında yer alacağı düşünülerek TDY-2007'de yer alan her bir zemin sınıfı, için türetilen bu yapıların performans değerlendirmesi ve LP kompozitler ile güçlendirme tasarımları yapılmıştır. Ayrıca, eleman güçlendirme yöntemi olan LP kompozit malzemeler ile sargılamanın farklı beton, donatı çeliği ve zemin sınıfı ile kat adedine sahip yapılar

için uygulanabilirliği ekonomik ve deprem performansı açısından yönetmelik esasları çerçevesinde ortaya konmak istenmiştir. Bu kapsamda örneklenen 384 yapının güçlendirilebilmesi için elemanlarında kullanılacak LP malzeme kat adedi ve yapıda toplam kullanılacak LP kompozit malzeme miktarları hesaplanmıştır. Kullanılacak malzeme miktarlarının hesapları, binalarda mevcut yanal donatının yetersiz ve TDY-2007'ye göre özel deprem etriyesi olmama durumları dikkate alınarak, türetilen 2\*192 bina için gerçekleştirilmiştir. Son olarak LP ile güçlendirilen 4 katlı yapı grubu üzerinden, yine TDY-2007 esasları doğrultusunda tekrar performans değerlendirmesi yapılarak güçlendirmenin etkinliği ortaya konmak istenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada giriş bölümünde bahsedildiği üzere 2013 yılında yürürlüğe giren RYTİE risk durum tespiti ile TDY-2007'de yer alan ve deprem performans değerlendirmesinde kullanılan doğrusal elastik olmayan yöntemlerin arasındaki uyumun araştırılması amaçlanmıştır. LP kompozit malzemeler ile güçlendirilme tasarımlarında kullanılan 384 yapı, kapasite tasarımının ilkelerinden biri olan kolon-zayıf kiriş prensibine sahip, yatayda veya düşeyde herhangi bir yapısal düzensizliğe sahip olmayan geometriler için türetilmiş ve güçlendirme öncesi TDY-2007'ye göre performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu yapıların RYTİE'ye göre belirlenmiş risk durumları ve performans durumlarının karşılaştırılmasıyla yönetmelik ile esaslar arasındaki uyum ortaya konmak istenmiştir. Ek olarak türetilen farklı malzeme özelliği ile zemin sınıfına sahip yapılar üzerinde mevcut etriyenin farklı aralık ve uygun düzenleme durumlarının risk değerlendirmesinde etkisi araştırılmak istenmiş ve 3 farklı kat adedine sahip bu yapılarda ayrı ayrı gerçekleştirilen analizler ile benzer sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

## **2. LP KOMPOZİTLER İLE GÜÇLENDİRİLEN KOLON VE BİNALARIN SİSMİK PERFORMANSI**

Bu bölümde LP kompozit malzemeler kullanılarak güçlendirilen kolon elemanların sargılı beton modelleri ile artan basınç dayanımı ve sünek davranış kapasitesinin, binanın sismik davranışına olan katkısını ortaya koyan çalışmalara değinilmiştir. Sargılanmış kolonlarda beton modelleri başlığı altında, bugüne kadar gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile ortaya konan sargılı beton modellerine değinilmiş, 2.alt başlıkta ise LP kompozit malzemeler ile güçlendirilen çerçeve tipi yapıların deprem performansında meydana gelen olumlu katkıyı ortaya koyan analitik çalışmalara yer verilmiştir.

### **2.1 LP Kompozitler ile Sargılanmış Kolonlar için Beton Modelleri**

LP kompozitler ile sargılanmış betonarme dairesel ve dikdörtgen kesitli kolonların farklı yükleme koşulları altında gösterdikleri davranış hakkında şu ana kadar yapılan birçok çalışma mevcuttur. LP kompozit malzemelerin güçlendirme uygulamalarında popülaritesinin artmasının bir sonucu olarak LP kompozitler ile sargılanmış kolonlarda betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi için birçok çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmalar genellikle dairesel ya da dikdörtgen kesitlerde aksel yüklemeye maruz numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş ve mevcut durum için söylenilecek olursa, var olan yanal donatının sargılı beton modeli üzerine etkisi ihmal edilmiştir. Çok sayıda gerçekleştirilmiş deneysel çalışmanın olmasına rağmen ne yazık ki az sayıda gerilme-şekil değiştirme modeli geliştirilebilmiştir.

Deprem etkisi altındaki bir yapının kolonlarında aksel yük ile birlikte oluşan büyük moment değerleri nedeniyle eksantrik gerilmeler meydana gelmektedir. Ancak genellikle literatürde, LP sargılı beton modellerinin birçoğu sadece aksel yükleme altındaki davranışı dikkate alınarak önerilmiştir. Ayrıca dairesel kolonlar ile karşılaştırıldığında dikdörtgen kesitli elemanların LP sargılı davranış biçimleri daha

karmaşık problem olarak karşılanmaktadır. Dikdörtgen kesitli kolonlar üzerinde deneysel olarak gerçekleştirilen çok sayıda bilimsel çalışma mevcut olmasına rağmen kesit geometrisinin sargılama basıncına etkisi hakkında yaklaşık doğrulukta modeller önerilmiş ve bu kolonlar için gerilme-şekil değiştirme bağıntıları etkili sargılama alanı [14] varsayımı temel alınarak ileri sürülmüştür (Şekil 2.1). Sonuç olarak mevcut donatı varlığı, yükleme tipinin aksel ya da eksantrik olması ve histerik davranış biçimleri LP ile sargılanmış kolonların gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini etkileyen faktörler olarak dikkate alınabilir.

Yukarıda bahsedildiği üzere LP ile sargılı betonun davranışında hem LP sargılama hem de mevcut yanal donatı varlığı etkili olmaktadır. Yanal donatının davranışı ile beton basınç dayanımına katkısı üzerine birçok çalışma yapılmıştır [15,16]. Ayrıca LP sargılamanın etkisi içinde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir [17-19]. Her iki etki birlikte düşünüldüğünde, farklı karakteristik malzeme özelliklerinin dışında donatı akma sonrası sabit sargılama basıncına sahip olurken, LP malzemede beton basınç birim kısılmasına bağlı artan sargılama basınç özelliğine sahiptir. Donatı ve LP malzemenin toplam da sağladığı sargılama basıncının, beton basınç dayanımına katkısını içeren deneysel ve analitik olarak gerçekleştirilen ve bu bölümde kısaca değinilecek birçok çalışma yapılmıştır. Dairesel kolonlar üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile donatı ve LP sargının birlikte katkısını içeren tasarım ve analitik merkezli birçok model ileri sürülmüştür. Tasarım merkezli modellerde gerilme-şekil değiştirme ilişkisi yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, yanal sargılama basıncına bağlı çıkarılmış amprik ifadelerden oluşurken, analiz merkezli modeller ise sargı ile beton arasındaki ilişki nümerik ardışık yaklaşımlar ile çıkarılmıştır [18]. Bu modellerden tasarım merkezli olanlar;

- Harajli (2006), yaptığı çalışmada dairesel ve dikdörtgen kesitli kolonlar için geçerli iki farklı bölgeden oluşan gerilme-şekil değiştirme ilişkisi önermiştir [20]. Modelde iki farklı bölgeyi ayıran geçiş şekil değiştirme değerine kadar davranış parabolik, sonrasında ise nonlinear olarak ifade edilmiştir. Bu modelde gerilme-şekil değiştirme ilişkisini oluşturan iki parçanın ortak noktada örtüşmediği görülmüştür. Ayrıca kabuk betonu ile çekirdek betonu arasında ilişki çıkarılmamıştır [21].



- Ilki ve dğr.(2008) ise dairesel kesitli kolonlar için önerdiği tasarım esaslı modelde, toplam sargılama basıncında, etriyenin katkısını da dikkate almışlardır [22]. LP sargılı betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi iki doğru davranış modeli için çıkarılmıştır. Modellerinde maksimum sargılama basıncı için LP malzemenin kopma uzama şekil değiştirme değerinin 0.85 katı için önerilmiştir. TDY-2007’de yer alan LP ile güçlendirme esasları bu model dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yönetmelikte daha güvenli tarafta kalmak amacıyla ilgili Denklem 2.1-2.4’te katsayılar azaltıma gidilmiş ve Denklem 4.12-13-14’te görüleceği üzere, LP sargının maksimum birim şekil değiştirme değeri kopma değerinin yarısı olarak sınırlandırılmıştır. Ayrıca mevcut donatının katkısı ihmal edilmiştir. Dairesel kesitli kolonlar için tanımlanmış bu modeli TDY-2007’ye göre güçlendirme tasarımlarında Denklem 4.11’de verilen şekil faktörü ile yanal sargılama basıncında küçültmeye gidilerek dikdörtgen kesitlerde kullanılmaktadır.

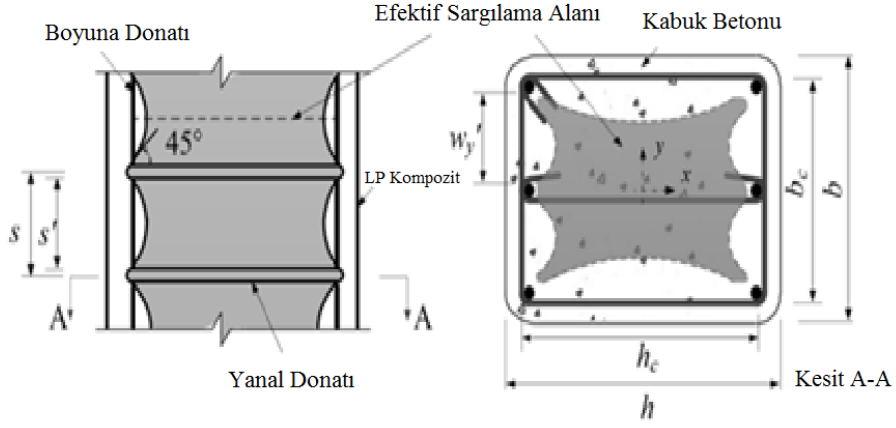
$$\left[ \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} \right]_{LP} = 1 + 2.54 \left[ \frac{f'_{1,a}}{f'_{co}} \right] \quad (2.1)$$

$$\left[ \frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{co}} \right]_{LP} = 1 + 19.27 \left[ \frac{f'_{1,a}}{f'_{co}} \right]^{0.53} \quad (2.2)$$

$$\left[ \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} \right]_S = 1 + 4.54 \left[ \frac{f'_{1,s}}{f'_{co}} \right] \quad (2.3)$$

$$\left[ \frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{co}} \right]_S = 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \quad (2.4)$$

Yukarıdaki denklemlerde  $f'_{cc}$  sargılı betonun maksimum basınç değerini;  $f'_{co}$  sargısız betonun maksimum basınç değerini ;  $f'_{1,a}$  LP yanal sargılama basıncını;  $f'_{1,s}$  donatı sargılama basıncını;  $\varepsilon_{cc}$  betonun maksimum birim şekil değiştirmesini ve  $\varepsilon_{co}$  plastikleşmenin başladığı şekil değiştirme değerini ifade etmektedir.



**Şekil 2.1:** Etkili donatı ve LP sargılama alanları

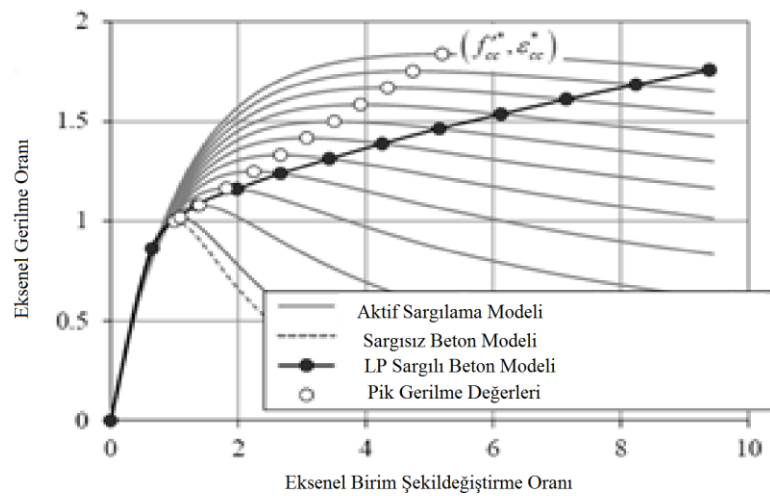
- Eid ve Paultre (2008), nonlinear ifadeler ile iki farklı bölgeden oluşan ileri sürdükleri modelde, mevcut yanal donatının katkısını, deneysel çalışma sonuçlarını ile Teng'in (2003) modelini baz alarak dikkate almışlardır [23]. Chaster ve Silva (2010) yaptıkları deneysel çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak dairesel kesitli kolonlar için ampirik ifadeler içeren modellerini önermişlerdir [24]. Deneysel çalışmaların verileri üzerinde gerçekleştirdikleri regresyon analizinin sonucu LP etkin uzama ifadesini içeren model Pellegrino ve Modena (2010) tarafından önerilmiştir [25]. Lee ve dğr. (2010) ise 3 farklı bölge için ayrı denklemler kullanarak önerdikleri modelde birinci bölge için parabolik ve diğer iki bölge için nonlinear ifadeler yer vermişlerdir [26]. Wang ve dğr. (2012) ile Shirmohammadi ve dğr. (2015) yaptıkları deneysel çalışmalardan elde edilen veriler için gerçekleştirdikleri regresyon analizleri ile dairesel kesitli kolonlar için kendi modellerini önermişlerdir [27,29].

Analitik merkezli modellerde ise Teng ve Jiang, Teng'in (2007) çalışmasında önerilen modeli geliştirerek dairesel kesitli kolonlar için yeni bir analitik model önermişlerdir [19]. Bu modelde LP sargılı betonun aksenal basınç gerilmesi ve şekil değiştirme değerlerinin LP sargılamanın sabit şekil değiştirme değerlerinde meydana gelecek basınç ile ilişkilendirilmiştir. LP sargılama da kopma uzamasına kadar farklı şekil değiştirme değerleri için değişen sargılama basıncına bağlı aksenal basınç ve şekil değiştirme değerlerinin birleşiminden oluşan bu davranış modelini önermişlerdir (Şekil 2.2).

Sırasıyla aşağıdaki adımlar gerçekleştirilerek;

- 1- Önce verilen bir LP sargının şekil değiştirme değerine karşılık gelen aksenal şekil değiştirme ve yanal şekil değiştirme arasında ilişki çıkarılmış,
- 2- LP sargının verilen şekil değiştirme değeri nedeniyle oluşacak yanal sargılama basıncı hesaplanmış,
- 3- Bir aktif sargılama basınç modeli kullanarak yanal sargılama basıncına bağlı gerilme-şekil değiştirme ilişkisi çıkarılmış,
- 4- Birinci adımdaki şekil değiştirme değerinden başlayarak diğer şekil değiştirme değerleri için sargılı betonun gerilme-şekil değiştirme eğrileri tanımlanmış ve bu değerler LP kopma uzamasına kadar devam ettirilerek LP sargılı dairesel kesitli kolonlar için bu model önerilmiştir.

Braga ve dğr (2006). Jiang ve Teng'in modeline benzer yaklaşımlar ile önerdikleri analitik modelde, farklı aktif sargılama modeli ile poisson yaklaşımını dikkate almışlardır [16]. Bu yaklaşımda, Teng ve dğr. yaptıkları çalışmalarda gözlemledikleri LP sargılamada poisson oranının teorik sınır olan 0.5 üzerindeki değerlere ulaşabilirken Braga ve dğr. üst limit olarak poisson oranını 0.5 ile sınırlandırmışlardır. Braganın bu modelini, Megalooikonomu ve dğr.(2012) yaptıkları çalışmayla mevcut yanal donatının etkisini de dikkate alarak geliştirmişlerdir. Hu ve Seracino (2013), Jiang ve Teng'in modeline yanal donatının etkisini de dahil ederek yeni bir analitik model önermişlerdir [30].



Şekil 2.2: Jiang ve Teng (2007) modelinde gerilme-şekil değiştirme ilişkisi[21]

## 2.2 LP Kompozitler ile Güçlendirme Yönteminin Bina Sismik Davranışına Katkısı

Eleman bazında güçlendirme yöntemlerinden biri olan LP kompozitlerin etkinliğini araştırmak amacıyla eleman bazında yapılan birçok deneysel çalışmaya ek olarak bu malzemeleri kullanarak güçlendirilmiş yapıların birebir ölçekli modelleri üzerinde gerçekleştirilmiş deneysel ve analitik olarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde, LP kompozit malzemelerin kullanıldığı güçlendirme ve onarım yöntemlerinin yapının sismik davranışına katkısının araştırılan çalışmaların birkaçı hakkında bilgi verilmiştir.

Balsamo ve dğr. (2005) laboratuvar ortamında tasarımını Eurocode 8 göre yapıp inşa ettikleri bir yönden iki, diğer yönden tek açıklıklı kat planına sahip 4 katlı betonarme bir yapıda önce tasarım depremi için dinamik itme gerçekleştirmişler, sonra tasarım depreminin 1.5 katı etkilerek yapıda hasar meydana getirmişlerdir. Karma çerçeve türü bu yapının kolon, kiriş ve perdelerinde meydana gelen hasarların onarımı içinse karbon elyaf kumaş kullanarak 4 farklı güçlendirme yöntemine başvurmuşlardır. Onarım stratejisinde, kolonların uç bölgelerinde süneklik artışı, perdelerde ise kesme dayanımını artırmak amacıyla perde boyunca sargılama yapılmış, kiriş ve yine perdelerde moment kapasitesini artırmak amacıyla laminasyon uygulaması yapılmıştır. Ayrıca kolon, perde ve kiriş birleşimlerinde de LP kompozitler ile onarım yapılmıştır. Onarımı ve güçlendirilmesi yapılan bu yapıyı tekrar aynı büyüklüklerdeki deprem etkisi için dinamik itme testine tabi tutmuşlardır. Deney sonrası tasarım depreminin 1.5 katı etkide bile yapının eleman ve birleşim bölgelerinde hasar oluşmamış ve Eurocode'un tasarım esası gereğince davranış göstererek sadece kolon ve perdelerin temel ile birleşen uçlarında plastikleşme gerçekleşmiştir. Bu çalışma ile tasarım depremi dikkate alınarak inşa edilen bir yapının, deprem sonrası hasar almış halinin LP kompozitler ile güçlendirilmesi durumunda en büyük deprem etkisinde dahi istenen sismik davranışı sağladığı ortaya konmuştur [4].

Zou ve dğr. (2007) nümerik olarak gerçekleştirdikleri çalışmada üç katlı ve üç açıklıklı düzlem bir çerçeve üzerinde LP kompozitler ile sadece süneklik artışı sağlayan güçlendirme yönteminde malzeme miktarını minimize etmeye

çalışmışlardır. Öncelikle farklı kat adetlerinde sargılanmış mevcut kolonların beton basınç dayanımına ve sünek davranışa katkısı belirlenmiş ve kullanılan malzeme miktarının yapının sismik performansı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu katkıları ise LP ile sargılı kolonlarda normal kuvvet-moment ilişkisi ve şekil değiştirme kapasitelerinde artış ile tanımlamışlardır. Başlangıç olarak belirledikleri kat sargı adedi için nonlinear pushover analizi ile elemanlarda meydana gelen istem değerleri üzerinde Taylor seri açılımı uygulayarak belirledikleri optimizasyon kriteri ile yapının istenen performans hedefinin güçlendirmede minimum malzeme ile sağlanabileceği ortaya konmuştur [31].

Garcia ve dğr. (2010) tek açıklıklı ve iki katlı inşa edilen yapıyı laboratuvarında sarsma tablası üzerinde gerçek ivme kayıtları kullanarak deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yapının elemanlarını yeterli yanal donatıya sahip olacak şekilde tasarlayarak sadece kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve kolonlarda moment güçlendirmesi uygulanmıştır. Hem mevcut hem de güçlendirilmiş yapı için elde edilen deneysel verileri analitik model oluşturmada kullanmışlardır. Farklı 6 adet deprem kaydı için gerçekleştirilen deneylerin sonuçları ile analiz modeli sonuçlarında büyük oranda benzerlik elde etmişler. LP kompozitler ile güçlendirilmiş yapının tepe deplasman isteminde %65, görelî kat öteleme değerlerinde ciddi oranda azalım sağlamışlardır [32].

Eslami ve Ronagh. (2013) 8 katlı çerçeve tipi düzlemsel bir taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygun yanal detaya sahip olan ve olmayan iki farklı binanın sadece kolon ve kirişlerinde süneklik artışı amacıyla cam elyaf kumaşlar ile güçlendirme tasarımının sismik performansa katkısını araştırmışlardır. Bu amaçla türettikleri iki tip yapının kolon ve kirişlerinde LP sargılama tasarımlarını uluslararası yönetmeliklere göre gerçekleştirmişlerdir. Güçlendirmenin sismik davranışa katkısını ölçebilmek için iki tip yapının farklı yanal donatı miktarı için hesaplanan LP kat adedi ile sargılı elemanlar için kuvvet-açısâl dönme ilişkileri yönetmelik çerçevesinde hesaplanan sınır değerler için analiz modelinde tanımlanmış ve itme analizleri ile her bir yapının tepe yer değiştirme talepleri elde edilmiştir. Bu taleplerin yönetmelik esasınca belirlenen yer değiştirme istemlerini fazlasıyla sağladığı bu çalışma ile ortaya konmuştur [33].

Eslami ve dđr. (2013) kapasite tasarım ilkesi gereğince yapılarda aranan güçlü kolon- zayıf kiriş prensibine sahip olmayan 8 katlı düzlem çerçeve tipi bir yapı üzerinde kolon-kiriş birleşimlerinde LP laminasyonlar ile güçlendirmede plastik mafsallın yerinin değişiminin yapı sismik performansına katkısını araştırmışlardır. Öncelikle uygulanan LP yönteminin efektifliğini araştırmak için sonlu elemanlar programında modelledikleri laminasyonlar ile güçlendirilmiş elemanların plastik mafsall yerinin ötelendiğini ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda elemanlarda oluşan iç kuvvetleri kolon ve kiriş yüzeyinden öteye taşıyarak birleşim bölgelerinde güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Analiz modelinde plastik mafsall oluşumları laminasyonların uç bölgelerine tanımlanmış ve taşıyıcı sistem üzerinde gerçekleştirilen nonlineer itme analizleri ile bu güçlendirme yönteminin güçlü kolon-zayıf kiriş prensibi yapı için sağladığını ve azalan net açıklık mesafeleri ile yapı rijitliğine katkıda bulunduğu ortaya konmuştur [34].

Ronagh ve Eslami (2013) kolon ve kirişlerin moment güçlendirmesinde cam ile karbon esaslı LP kompozit malzemelerin etkinliğini karşılaştırarak ortaya koymuşlardır. Bu amaçla 8 katlı güçlü kolon-zayıf kiriş prensibine uygun ama yeterli yanal dayanıma sahip olmayan düzlem çerçevenin tüm kolon ve kirişlerinde LP levhalar ile moment güçlendirmesi gerçekleştirmişlerdir. Aynı ayrı mevcut, cam LP ile karbon LP laminasyonlarla güçlendirilmiş yapılarda uyguladıkları nonlineer statik itme analizleriyle güçlendirme yönteminin çerçevenin yanal deplasman kapasitesine katkısını ortaya koymuşlardır. Ayrıca karbon ile gerçekleştiren güçlendirmede cam elyaf kumaşlara göre 2 kat daha fazla dayanım elde etmelerine rağmen, cam esaslı güçlendirmede yapı daha sünek davranış göstermiştir [35].

Van Cao ve dđr. (2014) LP kompozit laminasyonlar ile gerçekleştirilen güçlendirmede, plastik mafsallın yerinin değişmesinin yapının sismik performansına etkisini araştırmışlardır. Bracci ve dđr. (1992) [36] deneysel ve analitik çalışmalarında kullandıkları birebir ölçekli betonarme çerçeve tipi yapıyı, öncelikle mevcut çalışmadaki verilerden yararlanarak SAP2000 [37] programında plastikleşen kesitler için link eleman kullanarak modellemişlerdir. Mevcut ve güçlendirilmiş yapının modelleri üzerinde 6 farklı zemin sınıfı için tanımlı 7 adet deprem kaydı ile zaman tanım alanında deprem analizi gerçekleştirmişlerdir. Literatürde yer alan indekse bağlı eleman hasar durumları ve görel kat ötelemeleri üzerinden LP kompozit ile güçlendirmenin etkinliğini ortaya koymuşlardır. Analiz sonuçları olarak

fay hattına yakın bölge zemin sınıfı hariç diğer tüm zemin sınıflarında bulunma durumlarında eleman hasar seviyelerinde ortalama %15 'lik azalım sağlamışlar [38].

Choi ve dğr. (2014) mevcut yanal donatısı yeterli ve uygun olmayan binalarda LP kompozit sargılama yöntemi için kesme ve eğilme güçlendirme tasarımları için optimum çözüm araştırması yapmışlardır. Analitik olarak 3 katlı düzlem çerçeve tipi betonarme bina için elemanlarda maksimum ve minimum malzeme ile hem kesme hem de eğilme güçlendirme tasarımlarının yapı sismik davranışına katkısını statik itme analizleriyle belirlemişlerdir. Genetik algoritma yöntemini kullanarak, minimum malzeme miktarı ile maksimum tepe yerdeğiştirme talebi ve minimum görelî kat ötelemesi amaç fonksiyonları çerçevesinde optimum çözüme ulaşmışlardır. Maksimum ve minimum malzeme aralıklarında farklı malzeme miktar kullanımının yapı sismik davranışına etkisinin az olduğu ve güçlendirme tasarımlarında sistem bazında uygun stratejiyle istenen performans hedefinin minimum malzeme ile sağlanabildiğini ortaya koymuşlardır [39].

Ismail (2014) mevcut beton dayanımı çok düşük olan ve güçlü kolon-zayıf kiriş prensibine haiz olmayan mevcut 9 katlı çerçeve tipi yapı üzerinde eleman bazında güçlendirme yöntemlerinden çelik, betonarme ve LP kompozit sargılama yöntemlerinin efektifliğini araştırmıştır. Betonarme mantolama, çelik ve LP kompozit sargılama ile güçlendirilmiş bina ve mevcut durum için pushover analizleriyle kapasite eğrilerini elde etmiştir. Yaptığı bu çalışmada sonuç olarak, betonarme sargılamanın yapı rijitliği ve dayanımında meydana getirdiği artış nedeniyle tercih edilebilir olduğunu, ayrıca diğer iki yöntem içerisinde LP sargılama yönteminin yapı kütlelerinde herhangi bir artışa neden olmadan istenen sünek davranışın sağlanması sonucu diğer yöntemlere göre tercih edilebileceğini ortaya koymuştur [5].

Smyrou ve dğr. (2015) yaptıkları çalışmada yönetmelik bakımından yeterli ama gerekli yanal donatı ve detayına sahip olmayan 4 katlı mevcut bir yapıda TDY-2007'deki [1] esaslar çerçevesinde hem betonarme hem de LP kompozitler ile sargılama yöntemleriyle gerçekleştirdikleri güçlendirme tasarımlarının performans etkisini ekonomik açıdan değerlendirmişlerdir. Seismostruct programında mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için gerçekleştirdikleri itme analizleri ile her iki yöntemde de istenen performans hedefinin sağlandığını, 5 ve daha az katlı yetersiz malzeme

dayanıma sahip yapılar için perde ekleme vb. sistem güçlendirme yöntemleri yerine LP kompozit malzemeler ile sargılamanın efektif ve kolay uygulanabilmesi nedeniyle tercih edilebileceğini ileri sürmüşlerdir [40].



### **3. RİSKLİ YAPILARIN TESPİTİNE İLİŞKİN ESASLARA GÖRE DEĞERLENDİRME**

Ülkemizde geçmiş yıllarda yaşanan depremler nedeniyle yaşanan ağır can ve mal kayıpları, yeterli mühendislik hizmeti ile malzeme dayanımlarından yoksun mevcut betonarme yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesiyle birlikte güçlendirmesi veya tekrar inşası ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde, TDY-2007’de yer alan doğrusal ve doğrusal elastik olmayan yöntemlere ek olarak 2013 yılında Riskli Yapıların Tespitine İlişkin Esaslar (RYTİE) yürürlüğe girmiş ve değerlendirmede TDY-2007’ye göre daha az bilgiyle ihtiyaç duyulduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle 1.derece deprem bölgelerinde gerçekleştirilen kentsel dönüşüm projelerinin uygulanması öncesi, sahada bulunan mevcut yapıların deprem risk durumlarının tespitinde RYTİE sıklıkla başvurulmaktadır.

#### **3.1 RYTİE Kapsamı**

Türk Deprem Yönetmeliğinden (TDY-2007) farklı olarak sadece deprem etkisi altında mevcut yapının ağır hasar alma veya yıkılma durumunu tespit amaçlı RYTİE’ a başvurulabilmektedir. RYTİE’ a göre risk tespit durumu, yapının göçme öncesine çok yakın ya da göçme durumda olduğu tespiti yapılabilmektedir. Yani RYTİE çerçevesinde yapılan değerlendirmede riskli çıkmayan bir yapı için can güvenliği performans hedefini sağladığı sonucu çıkarılamaz. Sadece yığma ve betonarme yapılar için risk değerlendirmesine imkan veren RYTİE’deki esaslar, betonarme yapıların TDY-2007’deki doğrusal elastik metottakine benzer maksimum bina yüksekliği 25 m ve 8 kat ile burulma düzensizliğinde belirli seviye sınırlarını içermektedir. Ayrıca, kültürel anlamda tarihi değeri olan yapılar ile deprem sonrası hasar almış yapıların değerlendirilmesi bu esasların kapsamı dışındadır

### **3.2 Riskli Yapı Tespitinde Röleve**

RYTİE göre riskli yapı tespiti için değerlendirme sadece kritik katta gerçekleştirilecek röleve çalışması ile mümkün kılınmaktadır. Kritik kat ise ötelenmesi en fazla olan, perde ile rijit elemanların en az olduğu ve yanal ötelenmesi zemin tarafından engellenmemiş kat olarak tanımlanır. Genellikle etrafı perdelerle çevrili bodrum katın bir üstü olan binanın birinci katı seçilir. Kritik katta gerçekleştirilecek röleve çalışmasıyla, bina geometrisi ile mevcut kolon, perde ve kiriş elemanların plan üzerinde yerleşimi ve boyutları belirlenir. Diğer katlar içinde bu boyut ve yerleşimleri aynı olduğu kabul edilerek binanın hesap modeli çıkartılır. Kritik katta yer alan kısa kolon, burulma düzensizliği gibi olumsuz durumların diğer tüm katlarda mevcut olduğu varsayılır.

### **3.3 RYTİE’de Bina Bilgi Seviyeleri ve Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi**

TDY-2007 den farklı olarak RYTİE’de binanın mevcut statik projelerinin olmasıyla birlikte yerinde gözlem ile elde edilen eleman yerleşim, boyut ve malzeme miktarlarının uyumlu olması durumuna göre kapsamlı ve asgari olmak üzere iki bilgi düzeyi için tanımlama yapılabilmektedir. Kesit taşıma kapasitelerinin hesabında, kapsamlı ve asgari bilgi düzeyi için sırasıyla Tablo 3.1’de alan 1.00 ve 0.90 katsayıları mevcut malzeme dayanımları ile çarpılarak kullanılır.

Yapıda mevcut donatı türü ve miktarını belirlememek için kritik katta yer alan toplam kolon ve perde sayısının en az yüzde yirmisinde ya da en az 6 adet kolonda gözlem gerçekleştirilmelidir. Gözlem gerçekleştirilecek kolon veya perdeleri en az yarısında kabuk betonun sıyırılmasıyla, diğer yarısında ise tahribatsız yöntemlerden faydalanır. Kolon ve perdelerde yer alan donatı sınıfının gözlem ile belirlendikten sonra gözlenen her bir kolon için mevcut boyuna donatı çapı ve yerleşimi ile yanal donatının çap, aralık değerleri sargılama ve kolon orta bölgesi için belirlenir. Eğer boyuna ve enine donatılarda korozyon mevcutsa planda ilgili kolon ve perdelerin kapasite hesaplarında dikkate alınır. Gözlem yapılmayan geriye kalan

elemanlarda ise, binanın mevcut projesi üzerinden gözlem yapılan kolonlar üzerinden ya da binanın projesi mevcut değilse ilgili kolonlar için olması gereken minimum donatı miktarı üzerinden hesaplanacak gerçekleştirme katsayısı dikkate alınarak kapasite dayanım değerleri bulunur.

**Tablo 3.1:** Bilgi Düzeyi Katsayıları [2].

<b>Bilgi Düzeyi</b>	<b>Bilgi Düzeyi Katsayısı</b>
Kapsamlı	1.00
Asgari	0.90

Kirişlerin kapasite hesaplarında, binanın projesi var ise proje dikkate alınarak, yoksa kirişlerin mevcut yapıda 1.4G+1.6Q yüklemesi altında oluşan iç kuvvetlere göre hesaplanacak açıklık ve kenar üst donatı alanlarına sahip olduğu varsayılır. Kenar alt donatı miktarı, üst donatı miktarının üçte biri olarak kabul edilebilir.

Mevcut beton basınç dayanımının belirlenmesinde TDY-2007 benzer ama farklı olarak sadece kritik katta kolon ve perde elamanlarının sadece 10 adedinde gerçekleştirilecek tahribatsız yöntemler ile öncelikle tahmini değerler elde edilir. Daha sonra bu 10 adet içinden en düşük değerlere sahip 5 elemandan karot delme yöntemiyle alınan numunelerde gerçekleştirilen deneyler ile elde edilen ortalama basınç dayanım değerinin %85'i dikkate alınarak kapasite hesaplarında kullanılır. Mevcut yapının üzerine oturduğu zemin bilgileri ise mevcut projesinden, eğer projesi yoksa çevresinde inşa edilmiş yapılar için belirlenmiş zemin sınıfı dikkate alınır. Zeminle ilgili hiç bilgiye ulaşılmaması durumunda ise Z4 zemin sınıfı kabul edilerek ilgili deprem hesapları yapılır.

### 3.4 RYTİE Göre Deprem Analizi

Riskli bina tespitinde, performans değerlendirmesinden farklı olarak deprem hesabında yapıya sadece 475 yılda bir meydana gelmesi muhtemel olan tasarım depreminin etkidiği düşünülür. Yapının kullanım amacına göre değişen bina önem katsıyı tüm yapılar için 1 alınarak hesaplanan elastik ivme spektrumu ile deprem yükü belirlenir.

Sadece kritik katta gerçekleştirilerek elde edilen kat hesap modeli, barındırdığı düşey ve yatay düzensizlikler ile birlikte mevcut yapının diğer kat yükseklikleri için çoğaltılarak bina hesap modeli oluşturulur. Oluşturulan modelin elemanlarının kapasiteleri, gözlem ve deneylerle elde edilen malzeme dayanımlarının bilgi düzeyi katsayılarıyla çarpılmış hali dikkate alınarak hesaplanır. TDY-2007’de kirişlerin etkin eğilme rijitlikleri için sabit 0.40 ve kolonların ise normal kuvvet / dayanım ilişkisine bağlı 0.40-0.80 aralığında değişken olmasının aksine, RYTİE’de etkin eğilme rijitlikleri için azaltım katsayıları kirişler için 0.30, kolonlar içinse 0.50 olarak sabit alınmaktadır. Mevcut beton basınç dayanımından elde edilecek olan elastisite modülü ise T500’de verilen denklemden farklı olarak Denklem 3.1 de verilen ifade ile belirlenmektedir. Eurocode-8 ve kimi bilimsel çalışmalarda da mevcut betonarme yapıların elastisite modülü hesaplarında benzer yaklaşımlar kullanılmaktadır [2].

$$E_{cm} = 5000(f_{cm})^{0.5} \text{ [MPa]} \quad (3.1)$$

#### 3.4.1 Doğrusal Elastik Yöntem ile Hesap

Bina yatay düzensizliklerinden olan burulma düzensizlik katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  den küçük olma şartı ile birlikte maksimum kat adedi 8 ve bina yüksekliğinin 25 m’yi aşmadığı durumlarda, doğrusal elastik hesapta eşdeğer deprem yükü yöntemine başvurulabilmesine izin verilmektedir. Aksi durumlarda ise deprem hesabının mod birleştirme yöntemine göre yapılması gerekmektedir. Hem eşdeğer deprem yükü,

hem de mod birleştirme yöntemlerinde bina davranış katsayı TDY-2007'deki tasarım için alınan değerlerinin aksine  $R_a=1$  alınır. Ayrıca mevcut yapıların birinci titreşim periyodunda etkin kütle katılım oranının genellikle %85 olduğu dikkate alınarak, deprem etkisi bodrumu perdelerle çevrili kat hariç 3 ve üstü kat adedine sahip yapılarda 0.85 kat oranında azaltmaya gidilir. Ayrıca, kritik kat planında yer alan dolgu duvarların RYTİE'de belirtilen sınırlar içinde boşluk ile kalınlık-boy oranlarına sahip olması durumunda ise, dolgu duvarların deprem performansına pozitif etkisi dikkate alınarak, deprem yükünde 0.75 katsayısı ile küçültmeye gidilir. Azaltılmış deprem yükleri her iki deprem doğrultusunun simetrik olmama durumları için iki farklı yönde yapıya etkilir ve risk değerlendirmesi yapılır.

Risk değerlendirmesinde, yapı eşdeğer deprem yükü ya da mod birleştirme analizi gerçekleştirildikten sonra sadece kritik katta oluşacak iç kuvvet ve öteleme değerleri üzerinden yapılır. Eğer en büyük kat ötelemesi değerleri seçilen kritik katın dışında meydana geliyorsa, bu en büyük öteleme değerine sahip kat için sadece görel kat öteleme sınır değerleri üzerinden risk değerlendirilmesi yapılır. Eğer yapıda sadece görel kat ötelemesi daha fazla olan bu kat riskli ise, yapı da riskli kabul edilir.

### **3.5 Mevcut Elemanların Sınıflandırılması ve Risk Durumlarının Tespiti**

TDY-2007'de yer alan performans değerlendirme yöntemindeki gibi eleman hasar durumlarının aksine her bir eleman için sadece riskli olup, olmama durumları belirlenir. Değerlendirme sadece kritik katta yer alan kolon ve perde elemanlar üzerinden yapılır. Kirişler sadece yapının statik ve dinamik analizlerinde sistemde yer alan taşıyıcı elemanlardır ve risk değerlendirmesinde kullanılmazlar. Kolon ve perde elemanlar öncelikle etkiyen kesme kuvveti ile kapasiteleri arasındaki oranlara göre sünek veya gevrek olarak sınıflandırılır ve sonra sünek elemanlar için görel ötelemeleri ile etkiyen moment-kapasite oranlarının belirlenen sınır değerleri aşmasına göre risk durumları belirlenir. Kolonların ortalama normal gerilme oranına göre belirlenen riskli eleman sınır şartının, mevcut riskli eleman oranıyla karşılaştırılarak bina risk durumu belirlenir.

### 3.5.1 Kolonların Sınıflandırılması

Her bir kolon ve perde için orta bölgede yer alan yanal donatının özel deprem etriye veya çirozu olma durumları dikkate alınarak kesme kuvveti kapasiteleri TDY-2007 ve TS500'deki kurallar çerçevesinde hesaplanır. Kesme kuvveti etki/kapasite karşılaştırmasında etkiyen kesme kuvveti değeri, her bir kolon ve perde için alt ve üst uç kapasite momentlerinden  $[(M_{alt} \pm M_{üst})/h_{kat}]$  elde edilen  $V_e$  ile  $G+nQ \pm E/2$  yüklemesinden hesaplanan  $V_{R=2}$  değerlerinden küçük olanı seçilir. Etki/kapasite oranları Tablo 3.2'de verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak kolonlar sırasıyla A, B ve C şeklinde sınıflandırılır. Perdeler ise Tablo 3.3'teki sınırlar dikkate alınarak sadece A ve B olarak gruplandırılır. A grubu kolonların eğilme, B grubunun eğilme-kesme, C grubunda yer alan kolonların ise kesme göçme tipi, perdelerde ise A grubundakilerin eğilme, B grubundakilerinde kesme-eğilme göçme tipi davranış sergileyecekleri öngörülür.

**Tablo 3.2:** Kolon sınıfları için etki/kapasite oranları [2].

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

**Tablo 3.3:** Perde sınıfları için etki/kapasite oranları [2].

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

### 3.5.2 Kolonların Risk Durumları

Sınıflandırılan her bir kolon ve perde için RYTİE’de ayrı şekilde verilen sınır değerler kullanılarak risk durum tespiti yapılır. Kolonlarda risk değerlendirmesi, kesme kuvvetinin etki/kapasite oranı dikkate alınarak gruplanan elemanlar için hesaplanacak sınır değerlerinin,  $m$ =moment etki / moment kapasite ve görelî kat öteleme değeriyle karşılaştırılarak yapılır. Moment etki oranı olan  $[m=M_{G+nQ\pm E} / M_K]$  ifadesinde  $M_K$  değeri,  $G+nQ\pm E/6$  yüklemesi sonucu ilgili elemanda oluşan normal kuvvet değeri ( $N_K$ ) için hesaplanır.

A grubunda yer alan kolonlar için hesap, öncelikle  $m$  ve görelî kat öteleme ( $\delta / h$ ) değeri hesaplanır ve Tablo 3.4’te  $N_K / (f_{cm}A_c)$  seviyesine göre belirlenen sınır değeri karşılaştırılarak, eleman için risk durumu belirlenir. Genellikle mevcut yapılarda var olan yanal donatının TDY-2007’de yer alan özel etriye ve  $135^\circ$  kanca ile mevcut olmadığından B ve C grubunda yer alırlar. C grubu için değerlendirme Tablo 3.6’da verilen sabit değeri ile karşılaştırılarak yapılırken, B grubu kolonlar için normal kuvvet oranlarına ek olarak mevcut yanal donatı bulunma oranıyla birlikte Tablo 3.5’e göre ikili interpolasyonla (ara değeri çözümü yardımıyla) sınır değeri hesaplanır.

**Tablo 3.4:** A grubu kolonlar için sınır  $m$  ve ( $\delta / h$ ) değeri [2].

$N_K / (f_{cm}A_c)$	$m_{sınır}$	$(\delta / h)_{sınır}$
$\leq 0.1$	5	0.035
$\geq 0.6$	2.5	0.0125

**Tablo 3.5:** B grubu kolonlar için sınır  $m$  ve ( $\delta / h$ ) değeri [2].

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

**Tablo 3.6:** C grubu kolonlar için sınır  $m$  ve ( $\delta / h$ ) değeri [1].

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

### 3.5.3 Perde Elemanların Risk Durumlarının Belirlenmesi

Perde eleman bir önceki bölümde bahsedildiği üzere, sırasıyla eğilme göçme ve kesmeli-eğilme göçme davranışını temsilen A ve B olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kolonlardan farklı A grubu perdeler Tablo 3.7’de görüldüğü gibi  $N_K / (f_{cm}A_c)$  oranına ek olarak  $V_e / (b_w d f_{ctd})$  oranı ve başlık bölgesinin TDY-2007 Bölüm 3.6.5 teki kurallar çerçevesinde düzenlenme durumuna göre risk sınır değerleri belirlenir. B grubu perdeler içinse sınır değerler Tablo 3.8’de verildiği üzere sadece  $V_e / (b_w d f_{ctd})$  dikkate alınarak, ara değerler içinse oran orantı ile belirlenir. Ayrıca RYTİE’ da perdelerin risk durumlarının belirlenmesinde, eğer perdenin görelî kat öteleme değeri 0.0075’ten az ve perdede meydana gelen kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranı %50’den fazla ise ilgili perdenin değerlendirilmesi sadece görelî kat öteleme sınır değerleri üzerinden yapılır.

**Tablo 3.7:** A grubu perdeler için sınır  $m$  ve  $(\delta/h)$  değerleri [2].

$N_K / (f_{cm}A_c)$	$V_e / (b_w d f_{ctd})$	Başlık Bölgesi	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
< 0.1	$\leq 0.9$	Var	6.0	0.030
		Yok	4.0	0.015
	$\geq 1.3$	Var	3.5	0.015
		Yok	2.0	0.008
> 0.25	$\leq 0.9$	Var	3.5	0.020
		Yok	2.0	0.010
	$\geq 1.3$	Var	2.0	0.010
		Yok	1.5	0.005

**Tablo 3.8:** B grubu perdeler için sınır  $m$  ve  $(\delta/h)$  değerleri [2].

$V_e / (b_w d f_{ctd})$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
$\leq 0.9$	4	0.02
$\geq 1.3$	2	0.01



### 3.6 Riskli Binanın Belirlenmesi

Değerlendirilmesi yapılan betonarme bir binanın risk durumunun belirlenmesi iki koşul üzerinden yapılmaktadır. Birinci koşul için,  $G+nQ$  yüklemesi altında kritik katta yer alan her bir perde ve kolon elemanlarda oluşan normal gerilmeler toplanır ve toplam eleman adedine bölünerek ortalama normal gerilme değeri hesaplanır. Bu ortalama normal gerilme değeri  $0.65 f_{cm}$  değerinden büyük ise yapı riskli, değil ise ikinci koşulun sonucuna göre değerlendirme yapılır.

İlk koşul değerlendirmede riskli çıkmayan binada, kritik katta öteleme ya da “m” sınır değerlerinin aşıldığı riskli elemanların taşıdığı toplam kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine bölünerek katkı oranı hesaplanır. Bu oran Tablo 3.9’da ortalama normal kuvvet değerine göre yapılacak interpolasyonla bulunan kat kesme kuvveti oranı sınır değeri ile karşılaştırarak, büyük ise yapının riskli değilse risksiz olduğuna karar verilir.

**Tablo 3.9:** Perde ve kolonlar için kat kesme kuvveti oranının sınır değerleri [2].

<b>Perde ve kolon aksenal gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)</b>	<b>Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri</b>
$\geq 0.65 f_{cm}$	0
$0.10 f_{cm} \geq$	0.35

#### **4. MEVCUT BETONARME YAPILARIN TDY-2007'YE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mevcut betonarme yapılardan bilgi toplama, performans değerlendirmesi ve güçlendirilmesi ile çelik ve yığma binaların bilgi toplama esasları TDY-2007'nin 7.bölümünün kapsamındadır. Çelik ve yığma binaların değerlendirme ve güçlendirmeleri için uygulanacak ilkeler, ilgili yönetmeliğin diğer bölümlerinde yer alır. RYTİE benzer olarak deprem sonrası hasar almış ya da kültürel değere sahip yapılar ile anıt vb. bina dışında tanımlanan yapılar bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır. Ama deprem etkisi ile hasar almış binaların güçlendirilmesi ve güçlendirilmiş durumlarının performans değerlendirmesi TDY-2007 göre yapılmaktadır. Bu bölümde, mevcut betonarme bir yapının değerlendirmesinden güçlendirilme safhasına kadar TDY-2007 göre yapılması gereken hesap adımları ile uyulması gereken kurallar anlatılmıştır.

##### **4.1 Bilgi Toplama Aşaması ve Bilgi Düzeyleri**

Değerlendirmesi yapılacak yapının hesap modelinin oluşturulması, eleman hasar durumları, performans değerlendirmesinde gerekli olan malzeme dayanımları, eleman boyutları, bina geometrisi ile yapının oturduğu zeminin sınıfı gibi özelliklerin röleve, gözlem ve varsa mevcut projelerinin üzerinden belirlenmesi gerekmektedir. Bilgi toplama aşamasında binadan edinilecek bilgi miktarına bağlı olarak yapı üç farklı bilgi düzeyi içinde kategorize edilir ve düzeye bağlı gerçekleştirilecek ölçüm ve gözlem miktarı adedi belirlenir. Bu düzeyler sırasıyla kapsamlı, orta ve sınırlı olmak üzere, bilgi durumuna göre hesapta mevcut malzeme dayanımlarında azaltıma gidilmektedir. Kesit kapasitelerinin hesabında hem donatıda hem de beton basınç dayanımında kullanılacak bilgi düzeylerine bağlı malzeme dayanım azaltım katsayıları Tablo 4.1'de verilmiştir.

#### 4.1.1 Betonarme Yapılarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Binanın mevcut projelerinin olmadığı durumlarda, gerekli geometrik boyut, plan ve malzeme dayanımlarının, yapılacak ölçümlerle ile belirlenmesi gerekir. Bu bilgi düzeyi, tasarım depremi etkisi sonrası hemen kullanım performans hedefi şartı ile uzun süreli insanların kullanımı amaçlanan yapılar için kullanılamaz. Malzeme dayanımlarında gidilecek azaltım katsayısı Tablo 4.1'e göre 0.75 alınarak kesit dayanım hesaplarında kullanılır.

Binanın geometrisine ilişkin bilgiler yapının mevcut projesinin olmadığı durumda yerinde yapılacak röleve çalışmasıyla belirlenir. Binanın mimari projesi varsa yardım amaçlı kullanılarak tüm elamanların yeri ve boyutları ile dolgu duvarların aks üzerindeki yerleşimleri eksiksiz olarak hazırlanacak kat kalıp planında yer almalıdır. Temel sistemi hakkında bilgi ve boyutları açılacak gözlem kazıları ile belirlenir. Tabi ki yapıda yer alan kısa kolon, derz, döşemelerdeki boşluk gibi düzensiz durumlar yapı hesap modeline yansıtılabilmek için plana işlenmelidir.

Mevcut binanın projesi olmadığından eleman detaylarına ilişkin bilgi kabuk betonun sıyrılmasıyla belirlenir. Öncelikler yapının inşa edildiği sene için geçerli yönetmelik temel alınarak elemanlarda minimum malzeme detayına sahip olduğu varsayılır. Koşullar her bir kat için kirişlerde %5, kolon-perdelerde %10 kadar elemanda, boylarının açıklıkta 3 te 1'lik kısmında kabuk betonu sıyrılarak, donatının sınıfı, yerleşimi ve korozyon durumunun tespiti yapılır. Bindirme boyunun yeterliliğini araştırmak için en az 3 kolonda bindirme bölgesinde sıyırma işlemi yapılır. Tamir harcı ile kabuk betonu sıyrılan elemanlar onarıldıktan sonra, diğer elemanların %20 sinde donatı detay bilgisi için tespit cihazları ile ölçüm yapılır. Diğer elemanlarda donatı miktarı ve yerleşimi, gözlem yapılan elemanlarda var olan donatının, minimum donatı miktarına oranı ile hesaplanan gerçekleşme katsayısı dikkate alınarak belirlenir.

Betonun karakteristik basınç dayanımı, TS-10465'te yer alan kurallar çerçevesinde her katta kolon-perdelerden alınacak iki numunede gerçekleştirilecek deney ile elde edilen değerlerden en düşük olanı seçilir. Numune alınan elemanlarda açılan delikler tamir harcı ile kapatılır.

#### 4.1.2 Betonarme Yapılarda Orta Bilgi Düzeyi

Binanın yapımında kullanılan projeler mevcut ise yerinde yapılacak gözlem ve ölçümlerle yapının projesine uygunluğu araştırılır, uygunsa proje dikkate alınır. Bina mevcut projesi ile uyuşmuyor ya da projesi yoksa bina geometrisinin belirlenmesi için sınırlı bilgi düzeyi içinde yapılan gözlem ve ölçümler yapılır.

Mevcut projenin olmaması durumunda sınırlı bilgi düzeyindeki şartlardan farklı olarak gözlem yapılacak kiriş ve kolon-perde eleman sayısının kat eleman sayısına oranı sırasıyla %10, %20 artışıyla ve en az her kat için 2 eleman olmalıdır. Proje mevcutsa, her bir kat için aynı sayı ve oranda eleman için kabuk sıyırma yapılarak eleman detaylarının proje uygunluğu araştırılır. Diğer kabuk sıyırma yapılmayan elemanların %20'sinde cihaz yardımıyla yanal ve boyuna donatı tespiti yapılır. Gerçekleştirme oranı projenin mevcut olduğu durumda proje ile olan uyumuna bakılarak, olmadığı durum içinse inşa tarihinde geçerli yönetmeliğin yer alan minimum koşullardaki miktar üzerinden hesaplanır ve gözlem yapılmayan kolonlar için gerçekleştirme oranı dikkate alarak donatı detayı çıkarılır.

Beton basınç dayanımı, sınırlı bilgi düzeyinden farklı olarak her bir kat kolon-perde elemanlardan en az 3 toplam binadan da en az 9 adet karot numunesi üzerinde TS-10465 deki kurallar çerçevesinde yapılan deney sonuçlarının ortalama değeri alınır. Ayrıca plan alanının 400 m<sup>2</sup>'yi geçmesi söz konusuysa, her bir kat için alınan numune sayısı bir arttırılır. Ayrıca beton test çekici ile yaklaşık olarak deney sonuçları kontrol edilebilir. Mevcut donatı çeliğinin dayanımı ise kabuk sıyırma işlemi sırasında gözlem ile belirlenir. Boyuna ve yanal donatıdaki korozyonlar kesit dayanım hesaplarında dikkate alınması için kesit planlarında işaretlenmelidir.

### 4.1.3 Betonarme Yapılarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Kapsamlı bilgi düzeyinde malzeme dayanımlarında azaltıma gidilmediğinden diğer bilgi düzeylerinden farklı olarak daha detaylı inceleme yapılması gerekmektedir. Binanın projeleri mevcutsa bina geometrisi ve eleman boyutlarının doğruluğunun kontrolü yapılır. Projenin mevcut bina ile uyumsuz olması durumunda orta bilgi düzeyi kapsamında değerlendirme yapılır.

Binanın mevcut olan projelerinin kontrolü için orta bilgi düzeyi kapsamında yapılan adet eleman üzerinde pas payı sıyırma işlemi yapılır. Aynı şekilde kabuk betonu kaldırılarak gözlem yapılmayan elemanların %20'si üzerinde hasarsız tespit yöntemleri ile etriye ve boyuna donatının miktarı ve yerleşimi belirlenir. Eğer proje ile mevcut durum arasında tutarsızlıklar varsa gözlemi yapılan elemanlar üzerinden donatı gerçekleştirme katsayısı mevcut olan / proje oranından hesaplanır ve diğer elemanların projedeki donatı miktarlarında azaltıma gidilir. Donatılarda korozyon gözlenirse gerçekleştirme katsayısı hesabına ve mevcut elemanların dayanım hesaplarına bu durum yansıtılır. Donatının sınıfı ve karakteristik dayanımının projedeki ile uyumu araştırmak için her bir sınıf çelik için 1 adet numune üzerinde çekme deneyi yapılır. Proje ile uyumlu ise verilen donatı sınıfı doğru kabul edilir, değilse her bir sınıf için en az 3 adet numunede gerçekleştirilecek çekme deney sonuçlarından en küçük olanı alınır. Mevcut beton malzeme dayanımının tespiti için orta sınır düzey için yapılan numune ve deney adedine ek olarak sadece her bir katta 200 m<sup>2</sup>'de bir numunenin fazladan alınmasıdır.

**Tablo 4.1:** Bilgi Düzey Katsayı Değerleri [1].

<b>Bilgi Düzeyi</b>	<b>Bilgi Düzeyi Katsayısı</b>
Kapsamlı	1.00
Orta	0.90
Sınır	0.75

## 4.2 TDY-2007 Göre Deprem Hesabı

Mevcut ve güçlendirilmiş yapıların performans değerlendirmesi, TDY-2007'ye göre doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan iki yöntem ile yapılmaktadır. Doğrusal elastik yöntemde deprem hesabı eşdeğer deprem ve mod birleştirme analizleriyle yapılabilirken, doğrusal elastik olmayan yöntemde ayrıca zaman tanım alanında hesap yöntemi de kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında, performans değerlendirmeleri doğrusal elastik olmayan yöntemle yapıldığı için daha detaylı anlatılmış, doğrusal elastik yöntemin sadece risk değerlendirme aşamalarındaki benzer yanlarına kısaca değinilmiştir.

### 4.2.1 Bina Performans Hedefleri

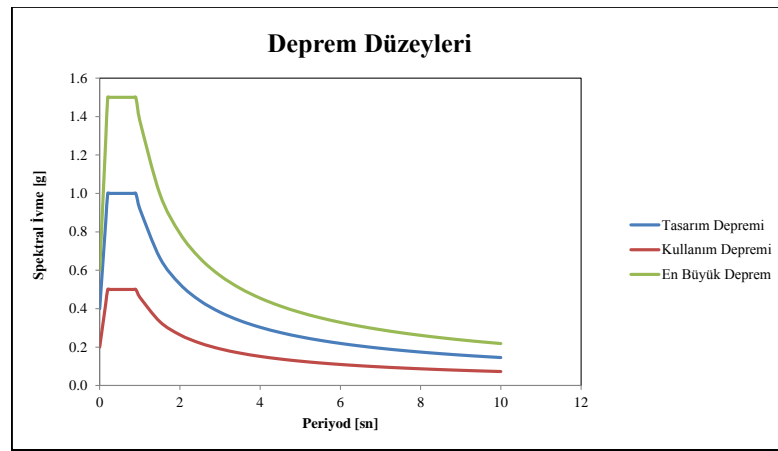
Performans esaslı tasarımda, binaya kullanım ömründe, muhtemel deprem etkisi altında yapının istenilen performansı sağlaması beklenir. TDY-2007'de yapı ömrü boyunca etkimesi muhtemel 3 farklı deprem büyüklüklerine karşı istenilen performans hedefleri sırasıyla hemen kullanım, can güvenliği ve göçme öncesi şeklinde yer almıştır.

### 4.2.2 Deprem Seviyeleri

Deprem seviyeleri bir binanın ömrü boyunca farklı periyotlarda meydana gelebilecek deprem büyüklüğü ile karşılaşma ihtimali üzerinden sınıflandırılmıştır. Servis (kullanım), tasarım ve en büyük deprem şeklinde isimlendirilir ve binaya etki edecek ivme değerlerinin büyüklük oranları sırasıyla 0.5, 1 ve 1.5'tur (Şekil 4.1). Her bir deprem türünün periyot ve ivme özellikleri aşağıdaki gibidir.

- 1- Servis (Kullanım) Depremi: 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 ve dönüş periyodu 72 yıldır. Elastik spektral ivme değerleri tasarım depremi için hesaplanan değerlerin yarısı kadardır.

- 2- Tasarım Depremi: 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 ve dönüş periyodu 475 yıldır. Elastik hesap dikkate alınan spektral ivme değerleri TDY-2007 yer almaktadır. Ayrıca büyükşehirlerde inşa edilecek yüksek yapılar için performans esaslı tasarım aşamalarında deprem kayıtlarının ölçeklenmesi için verilen elastik ivme spektrumlarında da yer almaktadır [41].
- 3- En Büyük Deprem: 50 yıl içinde aşılma olasılığı %2 ve dönüş periyodu 2475 yıldır. Elastik spektral ivme değerleri tasarım depremi için hesaplanan değerlerin 1.5 kat artırılarak kullanılır [42].



Şekil 4.1: Deprem seviyelerine ait spektral ivme değerleri (Z4 için).

#### 4.2.3 Performans Hedefleri

Deprem hesabında dikkate alınacak elastik ivme spektrumunu belirlerken, yapı için öncelikle dikkate alınacak performans hedefi belirlenir. Bina türü ve kullanım amacına göre Tablo 4.2’de verilen performans hedefleri için bir önceki kısımda bahsedilen deprem seviyeleri için hesap yapılır.

**Tablo 4.2:** Bina türüne bağlı performans hedefleri [1].

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50 (72 yıl)	50 yılda %10 (475 yıl)	50 yılda %2 (2475 yıl)
<b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
<b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
<b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-
<b>HK:</b> Hemen Kullanım Performans Hedefi <b>CG:</b> Can Güvenliği Performans Hedefi <b>GÖ:</b> Göçme Öncesi Performans Hedefi			

#### 4.2.4 Deprem Hesabında Uyulacak Genel İlkeler

Hesap yöntemi olarak doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerin her ikisi için geçerli olan ilkeler aşağıdaki gibidir.

- Hesapta kullanılacak spektrum, deprem bölgesine göre uygulanan azaltım katsayısı ile çarpılmamış olan elastik ivme spektrumudur. Deprem yükü veya yerdeğiştirme istemi hesabında bina önem katsayısı her türlü yapı için 1 alınır. Çünkü bina önem katsayıları performans hedeflerinde yansıtılmıştır (Tablo 4.2).
- Deprem yükleri her iki doğrultuda ve herhangi doğrultuda kat planının simetrik olmaması söz konusu ise iki farklı yön için etkililir ve değerlendirme yapılır.
- Deprem etkisi var olan düşey yükler ile birlikte etkiletilecek ve hareketli düşey yüklerin katılımı, tasarımda da kullanılan bina türüne göre tanımlı hareketli yük katılım katsayısı ile çarpılarak azaltılır.



- Hesapta tanımlanacak kat kütleleri toplam kat ağırlıklarından elde edilir. Her bir katta iki yatay doğrultu ve planda dönme için toplam üç serbestlik kütle merkezine tanımlanır.
- Bilgi toplama aşamasında gözlenen kısa kolon ve diğer düzensiz durumlar hesap modeline yansıtılır. Kolon-kiriş birleşimleri tam ya da yarı rijit bölgesi olarak tanımlanabilir.
- Elemanlarda elastik olmayan şekil değiştirmelerin yayılı olduğu varsayımı dışında yapılan hesaplarda, çatlamış enkesitler için etkin eğilme rijitlikleri  $(EI)_e$  kullanılarak deprem yükü hesapları yapılır. Kirişlerin etkin eğilme rijitlikleri sabit, kolonlarda yapının başlangıç eğilme rijitliklerine göre çözümde  $G+nQ$  yüklemesinden elde edilecek normal kuvvet değerlerinden hesaplanır. Kolonlarda, Tablo 4.3'te yer alan değerlere göre ara normal kuvvet seviyeleri için interpolasyonla etkin eğilme rijitlikleri hesaplanır.

**Tablo 4.3:** Etkin eğilme rijitlikleri [1].

Eleman	$N_{g+nq} / (f_{cm} A_c)$	$(EI)_e$
Kirişlerde	-	0.40
Kolon-Perde	$\leq 0.10$	0.40
	$\geq 0.40$	0.80

- Elemanların kapasite hesaplarında kullanılacak malzeme dayanımları, bilgi düzeylerine göre azaltılarak kullanılır. Tasarımda kullanılan malzeme dayanım azaltma katsayıları kullanılmaz.
- Kirişlerde tabla içinde kalan donatı kesit dayanım hesaplarında kullanılabilir. Ayrıca elemanlarda gözlemi yapılan bindirme ve kenetlenme boyu vb. eksiklikler hesapta yansıtılır.
- Kolon, perde gibi tek ya da çift doğrultuda birleşik ve eksantrik yüklemeye maruz elemanların karşılıklı etki diyagramlarının hesabında, betonun maksimum basınç şekil değiştirme değeri 0.003 ve donatının ise 0.01 alınarak lineer çok doğrulu ve düzlemler şeklinde tanımlanabilir.
- Zemin parametrelerine ait bilgiler TDY-2007'nin bölüm 6'ya göre belirlenecek ve zeminde meydana gelebilecek dikkate değer yer değiştirme değerleri zemin modeline yansıtılır.

#### 4.2.5 Doğrusal Elastik Yöntem

Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemleri ile deprem hesabı yapılan bu metotta, yapı sisteminin çözümünde geometrik olarak ikinci mertebe etkileri ihmal edilir. Ayrıca malzemenin de deprem yükü etkisinde lineer elastik davrandığı kabul edilir. Eşdeğer deprem yüklemesi yönteminin uygulanacağı bina türleri sınırlandırılmış ve uygulanamadığı durumlar için mod birleştirme yöntemine başvurulmaktadır.

Eşdeğer deprem yüklemesinde yapı özellikleri için sınırlamalar:

- Yapı toplam yüksekliği maksimum 25 m,
- Yapı kat adedi maksimum 8,
- Yapının yatayda yer alan burulma düzensizlik katsayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  şeklindedir (ek dışmerkezlik dikkate alınmadan hesaplanır).

Bu sınırlamalar, RYTİE'deki eşdeğer deprem yüklemesinin uygulanmasındaki şartlar ile aynıdır. Deprem yükünde, 1.moda ait etkin kütlelerin toplam kütleyle oranı %85 civarında olduğu dikkate alınarak azaltmaya gidilir.

Elemanlar öncelikle deprem etkisi altında meydana gelen kesme kuvvetinin, kesme dayanımını aşma durumuna göre gevrek ve sünek olarak ikiye ayrılırlar. Gevrek elemanlar göçme bölgesinde kabul edilerek, sünek elemanların hasar durumları iki ayrı değerlendirme ile belirlenir. Birinci değerlendirme, etkilenen deprem yükü nedeniyle kolon, perde ve kiriş elemanların uçlarında oluşacak iç kuvvet değerlerinin kesit kapasitelerine oranlarının, yönetmelikte sargılama durumu ve normal kuvvet seviyesine göre değişen hasar sınır oranları ile karşılaştırılarak belirlenir. İkinci değerlendirme ise düşey elemanlarda oluşan görelî kat ötelemeleri üzerinden yapılır. Eleman hasar durumu bu iki değerlendirmenin en olumsuz olan için kabul edilir.

RYTİE ile doğrusal elastik yöntemlerinin benzer değerlendirme esaslarına sahip olmasına rağmen, güçlendirme için değerlendirme yapılmadığı durumlarda, daha az bilgi ile hızlı ve kolay değerlendirme yapılabilindiğinden RYTİE daha sıklıkla başvurulmaktadır.

#### 4.2.6 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem

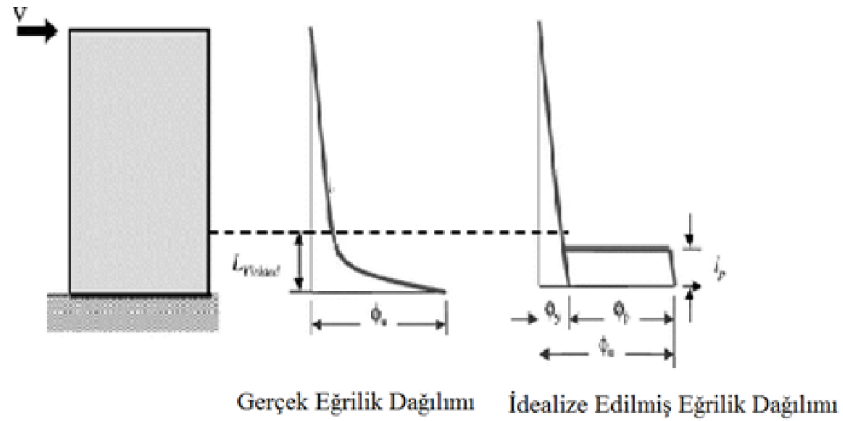
Doğrusal elastik yöntemden farklı olarak binanın mevcut performans durum değerlendirmesi, hedef performans için etkiletecek deprem etkisi altında elemanlarda meydana gelecek istem değerleri üzerinden yapılır. Analizlerde geometrik bakımdan ikinci mertebe etkileri de dikkate alınabilir. Yönetmelikte, doğrusal elastik olmayan çözümde kullanılacak 3 farklı analiz yöntemi verilmiştir. Bunlar, artımsal eşdeğer deprem yükü, artımsal mod birleştirme ve zaman tanım alanında hesap yöntemleridir. Bu tez çalışmasındaki binaların performans değerlendirmesi artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapıldığından daha detaylı anlatımı yapılmış diğer yöntemlerin işlem adımlarından bahsedilmemiştir.

Artımsal eşdeğer deprem yüklemesi yönteminin uygulanabileceği bina özellikleri 4.2.5'te verilen doğrusal yöntemdeki sınırlamalar ile aynıdır. Sadece ek olarak 1.moda ait doğal titreşim periyodunda etkin kütle oranının minimum %70 olma şartı vardır. Bu yöntemde, bina tepe yerdeğiştirme istem değerine kadar birinci doğal titreşim mod genlikleri ile orantılı yatay yüklerin artımıyla itme analizi gerçekleştirilir. Son itme adımında, elemanlarda meydana gelen iç kuvvet ve plastik şekil değiştirme miktarlarına bakılarak değerlendirme yapılır. Öncelikle elemanlarda oluşan kesme kuvveti değerinin, dayanımları aşma durumuna göre gevrek ve sünek olarak iki gruba ayrılır. Sonra sünek olan ve plastikleşmenin meydana geldiği elemanlarda moment eğrilik ilişki üzerinden hesaplanan beton ve donatının birim şekil değiştirme değerlerini, tanımlı sınır değerler ile karşılaştırılarak eleman hasar durumu belirlenir. Farklı hasar durumlarında bulunan elemanların her bir kat için bulunma oranlarının, yönetmelikte sınırlandırılmış hasar oranları ile karşılaştırılmasıyla binanın mevcut performansı bulunur. Bu yöntemle itme analizi ve yerdeğiştirme istemi hesapları aşağıda verilen adımlar ile gerçekleştirilir.

Plastik kesitlerin tanımlanması:

- Elemanların elastik ötesi davranışının tanımlanmasında, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin eleman boyunca sürekli dağıldığı yaklaşımı ile plastik mafsal hipotezi kullanılabilir [43]. Plastik mafsal yaklaşımı, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin elemanların uç noktalarında belirli bir boyda yığılı olduğu kabul edilen davranıştır (Şekil 4.2). Plastik şekil değiştirmelerin

yoğunlaştığı mafsalsın boyu ise, gerçekleştirilen deneysel ve analitik çalışmalar gözetilerek kesitin  $h$  yüksekliğinin yarısı kadar alınır. Plastik şekil değiştirmelerinin, mafsals boyunca doğrusal dağılım gösterdiği kabul edilir. Sadece elemanın normal kuvvet etkisi altında olduğu durumlarda plastik kesitler çubuk boyunca yer alır.



**Şekil 4.2:** Plastik mafsals yaklaşımı [44].

- Analiz modelinde plastik mafsals kesiti, mafsals boyunun tam ortasına tanımlanması gerekir. Ama plastik mafsalsların kolon ve kirişlerin birleşim yüzeylerinde tanımlanmasında sakınca yoktur. Perdelerde ise her bir katın alt ucuna tanımlamak yeterlidir. Simetrik olmayan T, U ve L gibi kesitlere sahip perdeler, analiz modelinde birleşik tek yönde çalışan eleman olarak idealleştirilerek tanımlanırlar. Eğer yapının bodrum katı perdeler ile çevriliyse, yapıdaki perdelerin plastik kesitleri bodrum üstü katlardan başlanarak yerleştirilir.
- Analiz modelinde kullanılan iç kuvvet şekil değiştirme ilişkisinde elastik ötesi davranışta pekleşme etkisi dikkate alınabilir. Kolon ve perde gibi eksantrik eğilmeye maruz elemanlarda genelde pekleşme etkisi görülmez ve elemanların elastik davranış kapasiteleri, karşılıklı etkileşim diyagramları ile tanımlanır. Bu diyagramlar, basit eğilme hali için çok doğrulu, birleşik eğilme durumu için akma düzlemleri şeklinde tanımlanabilir. Kirişlerde ise plastik kesit, moment eğrilik ilişkisi ile ifade edilir.

- Bu çalışma kapsamında kullanılmayan güçlendirilmiş dolgu duvarlar ise, yönetmeliğe göre dayanım hesapları yapılarak, çerçevelerde çapraz basınç ve çekme çubukları şeklinde analiz modeline yansıtılır.

Yer değiştirme isteminin hesabı:

- Analiz modelinde plastikleşen kesitler tanımlandıktan sonra artımsal itme analizi gerçekleştirilir.
- Önce binaya G+nQ yüklemesi kalıcı olarak etkitilir, sonra artımsal eşdeğer deprem yükleri 1. moda ait genlik ve kütlele uyumlu hesaplanan birim deprem kuvvetleri etkitilir. İtme analizi sırasında elemanlarda meydana gelen plastik kesitler ile değişen kat rijitliklerinin eşdeğer deprem yükü dağılımına etkisi ihmal edilebilir.
- İtme analizi ile elde edilen kapasite eğrisiden, Denklem 4.1 ve 4.2 ifadeleri ile modal dönüşüm yapılarak yatay eksen modal ivme, düşey eksen modal yer değiştirme olan modal kapasite diyagramı Şekil 4.3'teki gibi elde edilir.

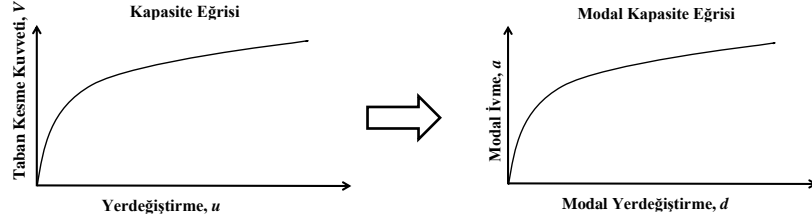
$$a_1^{(i)} = \frac{V_{1x}^{(i)}}{M_{1x}} \quad (4.1)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1}^{(i)} \Gamma_{x1}} \quad (4.2)$$

- Denklem 4.1'deki  $a_1^{(i)}$  (i)'inci itme adımında oluşan modal ivme;  $V_{1x}^{(i)}$  (i)'inci itme adımında oluşan taban kesme kuvveti;  $M_{1x}$  ise 1.moda ait titreşim hareketindeki etkin küttedir. Denklem 4.2'deki  $d_1^{(i)}$  (i)'inci itme adımında modal yerdeğiştirme;  $u_{xN1}^{(i)}$  (i)'inci itme adımında oluşan N'ninci katındaki tepe deplasmanı;  $\Phi_{xN1}^{(i)}$  tepe noktasının 1.moda ait genliği ve  $\Gamma_{x1}$  1.moda ait modal katkı çarpanıdır. Modal katkı çarpanı ise Denklem 4.3'te verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.3)$$

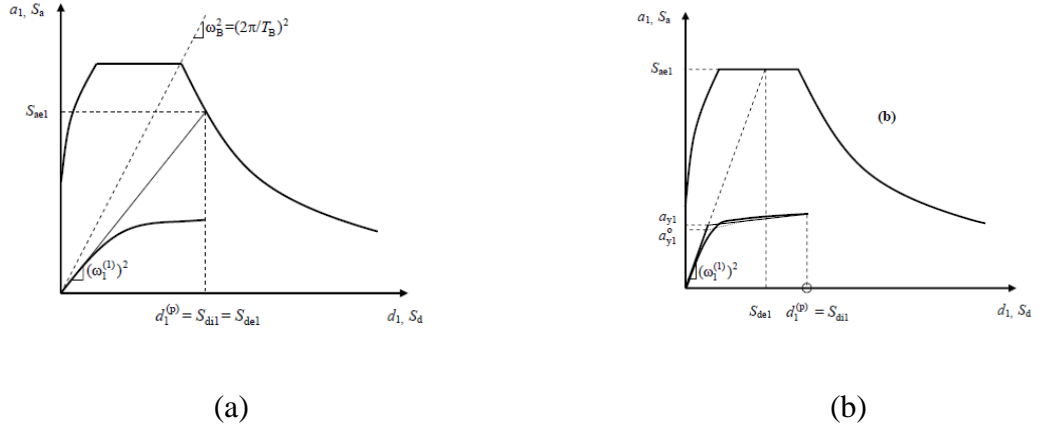
- Modal kapasite eğrisi üzerinden modal yer değiştirme istem değeri, lineer olmayan spektral yer değiştirme değerine eşitlenerek hesaplanır.



**Şekil 4.3:** Kapasite eğrisinden modal kapasite eğrisine dönüşüm.

- Lineer olmayan spektral yer değıştirme değerlerinin hesabında binanın 1.mod titreşim periyodunun karakteristik periyot  $T_B$  değerinden büyük olma ve olmama durumları için iki farklı hesap uygulanır. Bina periyodunun  $T_B$ 'den büyük olması durumunda eşit yer değıştirme kuralı geçerlidir ve Denklem 4.4'teki ifadede  $C_{R1}$  katsayısı 1 alınarak doğrusal elastik spektral yer değıştirme ( $S_{d1}$ ); doğrusal elastik olmayan spektral yer değıştirme değerine eşit alınır [45]. Küçük olması durumunda eşit alanlar kuralı geçerlidir ve  $C_{R1}$  katsayısı ardışık yaklaşımla Şekil 4.4.b'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$S_{d1} = C_{R1} S_{de1} \quad (4.4)$$



**Şekil 4.4:** a) 1.moda ait titreşim periyodunun  $T_B$ 'den büyük, b)  $T_B$ 'den küçük olma durumu [1].

- Binanın yapabileceği maksimum tepe deplasmanı olan spektral yer değiştirme istem değeri, modal yer değiştirme istem değerine eşit alınır ve modal dönüşüm Denklem 4.2 ile tersine yapılarak tepe yer değiştirme istemi elde edilir. Binada bu sefer tekrar yer değiştirme istem değerine kadar itme analizi gerçekleştirilir ve eleman hasar durumları ile performans değerlendirme aşamasına geçilir.

### 4.3 Performans Değerlendirmesi

#### 4.3.1 Birim Şekil Değiştirme İstemleri ve Hasar Durumları

Bir önceki bölümde anlatıldığı gibi itme analizi sonrası plastik mafsall oluşumunun gözlemlendiği sünek elemanların her iki ucundaki açısal dönme değerlerinin plastik mafsall boyuna bölünmesiyle plastik eğrilik istemleri elde edilir (Denklem 4.5). Kolon elemanlarda itme analizi ile elemanda meydana gelen eksenel kuvveti temel alınarak moment-eğrilik ilişkisi bulunur. Denklem 4.6'de gösterildiği gibi plastik eğrilik istem değeri ile moment eğrilik ilişkisinden çıkarılacak elastik eğrilik istem değerinden toplamı eğrilik istem değeri elde edilir.

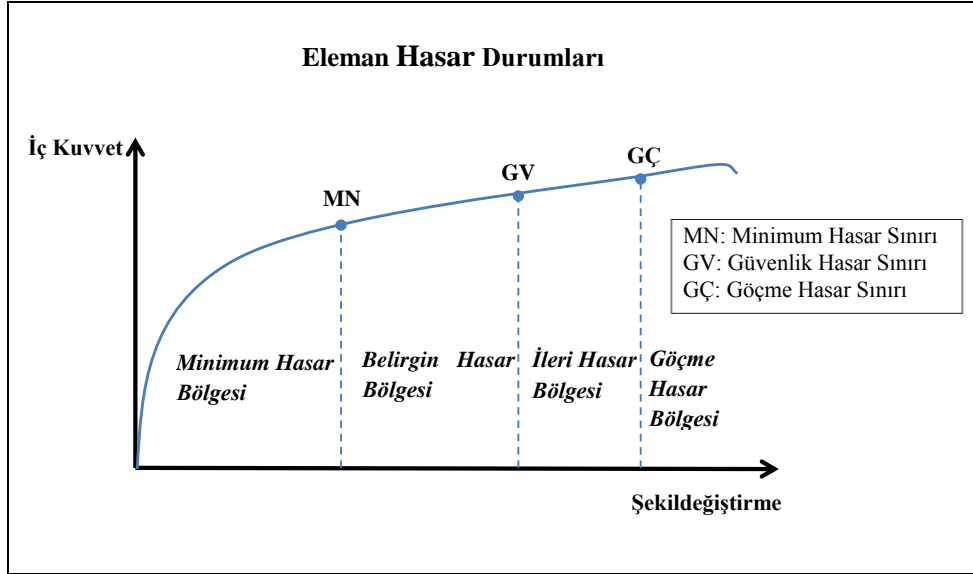
Hasar tespit durumlarının belirlenmesi için gerekli birim şekil değiştirme istem değerleri, literatürde ya da yönetmelikte verilen beton modeli dikkate alınarak moment eğrilik ilişkisi üzerinden hesaplanacaktır.

$$\phi_p = \Theta_p / L_p \quad (4.5)$$

$$\phi_t = \phi_p + \phi_e \quad (4.6)$$

### 4.3.2 Kesit Hasar Sınır ve Bölgeleri

Analiz sonrası kesme kuvveti etki / kapasite oranları dikkate alınarak elemanlar gevrek ve sünek olarak iki gruba ayrılırlar. Bu bölümde tanımlanan hasar sınır ve bölgeleri sünek elemanlar için tanımlanmıştır. Gevrek elemanlar göçme durumunda kabul edilir ve istenen performans hedef değerlendirilmesinde hasar durumlarının belirlenmesinde sünek olarak dikkate alınabilmesi için güçlendirildiği varsayılır. Minimum hasar sınırı plastik davranış başladığını, göçme sınırı ise göçme öncesi maksimum plastik birim şekil değiştirme değerlerini ifade eder.



Şekil 4.5: Kesit hasar sınırları [1].

Doğrusal elastik hesap yöntemlerinde etki eden iç kuvvet değerlerinin kapasite değerleri ile karşılaştırılarak, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinde ise plastik mafsallı oluşan kesitlerin toplam eğrilik üzerinden hesaplanacak birim şekil değiştirme istem değerlerini sınır değerler ile karşılaştırılarak, Şekil 4.5'te gösterilen hasar bölgelerinden hangisinde olduğu belirlenir. Bu tez kapsamında değerlendirme sadece doğrusal elastik olmayan yöntemle yapıldığı için kesit hasar sınırları sadece birim şekil değiştirme değerleri için verilmiştir.



### 4.3.3 Birim Şekil Değiştirme Hasar Sınır Değerleri

Toplam eğrilik istemlerinden hesaplanan şekil değiştirme istem değerleri aşağıda beton ve donatı çeliği için verilen hasar sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hasar durumları belirlenir.

- Minimum hasar sınırları: Beton için kabuk betonun en dış noktadaki lifin basınç birim şekil değiştirmesi ile donatının maksimum ve minimum uzama birim şekil değiştirmesi için,
- Güvenlik hasar sınırları: Yanal donatı içinde kalan sargılı betonun en dış lifindeki basınç birim şekil değiştirmesi ile donatının maksimum ve minimum uzama birim şekil değiştirmesi için,
- Göçme hasar sınırları: Yanal donatı içinde kalan sargılı betonun en dış lifindeki basınç birim şekil değiştirmesi ile donatının maksimum ve minimum uzama birim şekil değiştirmesi için dikkate alınacak hasar sınır değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.4:** Birim şekil değiştirme hasar sınırları [1].

HASAR SINIRLARI	Şekildeğiştirme	Kabuk Beton ( $\epsilon_{cu}$ )	Sargılı Beton ( $\epsilon_{cg}$ )	Donatı ( $\epsilon_s$ )
Minimum Hasar Sınırı	Basınç	0.0035	-	0.01
	Çekme	-	-	0.01
Güvenlik Hasar Sınırı	Basınç	-	$0.0035+(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135$	0.04
	Çekme	-	-	0.04
Göçme Hasar Sınırı	Basınç	-	$0.004+(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018$	0.06
	Çekme	-	-	0.06

( $\rho_s/\rho_{sm}$ ) enine donatı hacimsel oranları katkısı, özel deprem etriye ve çirozları olarak düzenlenmesi durumunda hesaplarda dikkate alınacaktır. (Bölüm 3.2.8, TDY-2007)

#### 4.3.4 Değerlendirme

Bir önceki bölümde açıklanan itme analizi sonrası her bir elemanda belirlenen hasar durumları üzerinden yapının istenen performans hedefini karşılama durumu, TDY-2007’de verilen kurallar ile kontrol edilir. Performans düzeyleri için tanımlanan şartlar dikkate alınarak, betonarme ve prefabrik binaların hangi performans seviyesinde olduğu belirlenir. Değerlendirme, itme analizlerinin yapıldığı her bir deprem doğrultusu ve planda antisimetriklik durumu varsa pozitif-negatif yönler için yapılır.

Hemen kullanım performans seviyesi: Her bir kat için

- Kirişlerin sadece %10 kadarı belirgin hasar sınırına geçebilir.
- Kolon ve geriye kalan kirişler minimum hasar sınırına geçebilir.
- Gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmelidir.

Can güvenliği performans seviyesi: Her bir kat için

- Saplama gibi ikincil kirişler hariç, kirişlerin %30 kadarı ileri hasar bölgesine geçebilir.
- İleri hasar bölgesindeki kolonların taşıdığı toplam kesme kuvvetinin, kat kesme kuvveti taşıma oranı %20’yi geçemez ve bu oran en üst kat için %40’dır.
- Hem alt hem de üst ucu minimum hasar sınırını aşan kolonların kesme kuvveti taşıma katkısı %30’u geçmemelidir.
- Gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmeli.

Göçme öncesi performans hedefi: Her bir kat için

- Saplama gibi ikincil kirişler hariç, kirişlerin %20 kadarı göçme bölgesine geçebilir.
- Diğer kirişler ve kolonlar minimum, belirgin ve ileri hasar bölgesindedir. Hiçbir kolon göçme bölgesine geçmemelidir.
- Hem alt hem de üst ucu minimum hasarını aşan kolonların kesme kuvveti taşıma katkısı %30’u geçmemelidir.
- Gevrek olarak hasar alacak elemanlar göçme bölgesinde kabul edilir.

Göçme durumu: göçme öncesi performans hedefini sağlamıyor ya da göçme hasar sınırını aşan kolon mevcutsa yapı göçme durumundadır.

Genel olarak insanların sıklıkla kullandığı binalar için göçme öncesi durumu istenen performans hedeflerinden değildir. Yapının ekonomik olarak değerlendirilerek güçlendirilmesi ya da yeniden inşası gerekmektedir. Aşağıda verilen Tablo 4.5'teki gibi her bir kat için eleman hasar sınırları özetlenebilir.

**Tablo 4.5:** Performans hedeflerinde elemanlar için izin verilen hasar oranları (%).

Performans Hedefi	Elemanlar	Minimum Hasar Bölgesi (%)	Belirgin Hasar Bölgesi (%)	İleri Hasar Bölgesi (%)	Göçme Hasar Bölgesi (%)	Minimum Hasar Sınırı*** (%)
Hemen Kullanım	Kirişler*	100	10	-	-	-
	Kolonlar**	100	-	-	-	-
Can Güvenliği	Kirişler*	100	100	30	-	-
	Kolonlar**	100	100	20	-	30
Göçme Öncesi	Kirişler*	100	100	100	20	-
	Kolonlar**	100	100	100	-	30
Göçme	Kirişler*	100	100	100	100	100
	Kolonlar**	100	100	100	100	100

\*Kirişlerin değerlendirilmesinde ikincil kirişler dikkate alınmayıp, sınırlar yüzde olarak toplam eleman sayısı için verilmiştir.  
\*\*Kolonların değerlendirilmesinde verilen yüzdesel sınırlar, toplam kat kesme kuvvetine katkı oranı şeklinde verilmiştir.  
\*\*\*Minimum hasar sınırı, kolonların alt ve üst ucunun aşma durumunda toplam kat kesme kuvvetine katkı oranı şeklinde verilmiştir.  
Not: Hemen kullanım ve can güvenliği performans hedefleri için gevrek olan elemanların göçme bölgesinde

#### 4.4 TDY-2007'ye Göre LP Kompozitler ile Güçlendirme Esasları

Bu tez kapsamında mevcut yapıların güçlendirilmesinde LP kompozitler ile güçlendirme tasarımları gerçekleştirildiğinden, sadece bu yöntemin hesap adımları ve uygulanması gereken ilkeler hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Yetersiz etriye ve beton dayanımı nedeniyle kesme bakımından sünek davranış sergilemeyen kolon ve kirişler LP kompozitler ile sargılama yöntemiyle güçlendirilebilir. Kesme güçlendirmesinde sargılama eleman boyunca sürekli olabileceği gibi belirli şeritler halinde kurallar çerçevesinde uygulanabilir. LP kompozitlerin kesme dayanımları Denklem 4.9'da verilen ifade ile hesaplanarak Denklem 4.7'deki toplam kesme dayanım değerine ilave edilir. Ayrıca TS500'de yer alan Denklem 4.8'deki ifade ile toplam kesme dayanımının maksimum kesme kuvveti değerini aşmadığı kontrol edilmelidir.

$$V_r = V_c + V_s + V_f \leq V_{\max} \quad (4.7)$$

$$V_{\max} = 0.22 f_{cd} b_w d \quad (4.8)$$

LP kompozit sargılama ile kesme dayanım artışı TDY-2007'de yer alan Denklem 4.9 ile hesaplanır. Hesapta,  $\varepsilon_{fu}$  (LP için kopma uzaması) değeri 0.004 ile yarısı için hesaplanan değerlerden minimumu dikkate alınır (Denklem 4.10). Denklem 4.9'da yer alan  $n_f$  kat adedi;  $t_f$  LP'in kalınlığı;  $w_f$  şerit kalınlığı;  $s_f$  şeritlerin merkezleri arasındaki mesafe;  $E_f$  ile  $\varepsilon_f$  sırasıyla LP kompozitin elastisitesi ve birim uzama miktarlarıdır.

$$V_f = \frac{2n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f d}{s_f} \quad (4.9)$$

$$\varepsilon_f \leq 0.004 - 0.5\varepsilon_{fu} \quad (4.10)$$

Kolonların plastik mafsal bölgesine LP sargılamasının sürekli uygulanması durumunda aksenal basınç dayanımında artış sağlanarak kolonun daha sünek davranış göstermesi sağlanabilir. TDY-2007, boy-en oranı 2'yi aşmayan kolonların güçlendirilebilmesine imkan vermektedir. 2'den az orana sahip kolonlarda kullanılan şekil faktörü, Denklem 4.11'de yer alan ifadeler ile hesaplanmaktadır. Şekil 4.6'da kolon kesitine bağlı hesaplanan şekil faktöründe kullanılan boyutlar gösterilmiştir.

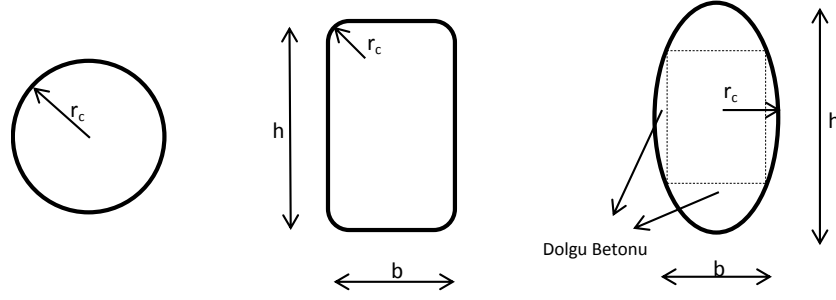
$$K_a = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Dairesel Kesit} \\ \left(\frac{b}{h}\right) & \text{Elips Kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen Kesit} \end{array} \right\} \quad (4.11)$$

Artan beton basınç dayanımının hesabında, öncelikle yanal sargılama basıncının hesaplanması gerekmektedir. Denklem 4.13 ile hesaplanan yanal sargılama basıncı ( $f_1$ ) ifadesinde yer alan  $K_a$  şekil faktörü (Denklem 4.11);  $\rho_f$  sargılama kat ve adedine bağlı hesaplanan hacimsel oran;  $\varepsilon_f$  hesapta dikkate alınan sargının maksimum uzama miktarı;  $E_f$  ise LP sargı kesitinin elastisite modülüdür. Beton için maksimum uzama birim şekil değiştirme ( $\varepsilon_{cc}$ ) ile beton basınç dayanım hesabı ( $f_{cc}$ ) Denklem 4.12 ve Denklem 4.14 yardımıyla hesaplanır. Sargılı beton için kesit dayanım hesaplarında dikkate alınacak iki doğrulu davranış modeli Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

$$f_{cc} = f_{cm} [1 + 2.4(f_1 / f_{cm})] \geq 1.2 f_{cm} \quad (4.12)$$

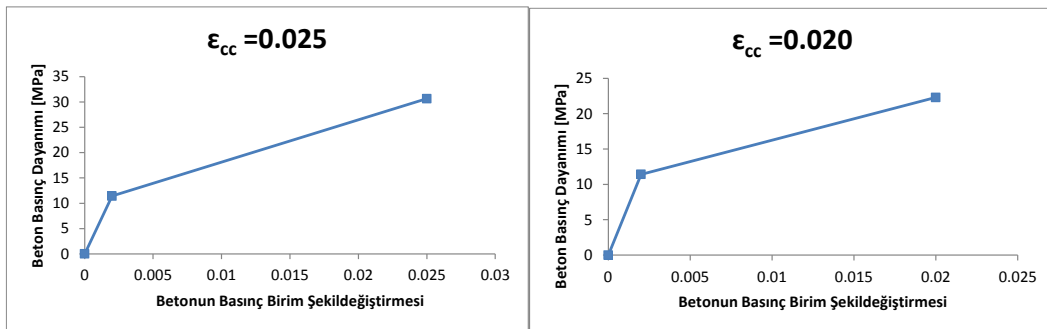
$$f_1 = \frac{1}{2} K_a \rho_f \varepsilon_f E_f \quad (4.13)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 [1 + 15(f_1 / f_{cm})^{0.75}] \quad (4.14)$$



**Şekil 4.6:** Şekil katsayısı hesabında dikkate alınan kesitler [1].

Sargılanmış kolonların moment eğrilik ile karşılıklı etki diyagramlarının hesabında Şekil 4.7’deki gibi iki doğrusal davranış modeli dikkate alınır. Performans değerlendirmesinin doğrusal elastik yöntemle yapılması durumunda, istenen hedefi sağlayabilmek için sünek davranış sergilemeyen elemanlarda gerçekleştirilen LP kompozitler ile sargılamada beton basınç birim kısalma değerini 0.018’e ulaştıran yanal gerilmesi için gerekli kat adedinin uygulanması gerekir. Değerlendirmede beton basınç birim kısalma kapasitesi 0.018 olan elemanlarda sargılanmış kesit hasar sınırları uygulanarak göçme ya da ileri hasar bölgesindeki elemanlar minimum ve belirgin hasar bölgesine taşınabilir ve istenen hedef performans sağlanır. Doğrusal elastik olmayan değerlendirmede ise Bölüm 4.3.3’te verilen beton basınç birim şekil değiştirme sınır değerlerinde LP kompozit ile sargılı beton için artırılma gidilerek eleman hasarı güvenlik sınırı altına çekilir. Donatı için verilen birim şekil değiştirme sınır değerleri sabit kalarak, göçme hasar sınırı için maksimum beton basınç birim şekil değiştirme değeri olan  $\epsilon_{cc}$  ve güvenlik hasar sınırı içinse  $\epsilon_{cc}$  ’nin %75 alınır. Minimum hasar sınır değeri  $\epsilon_c$  içinse 0.0035 yerine 0.004 kullanılmaktadır.



**Şekil 4.7:** Farklı sargılama kat adedi için iki doğrusal beton davranış modeli.

## 5. ANALİTİK ÇALIŞMA

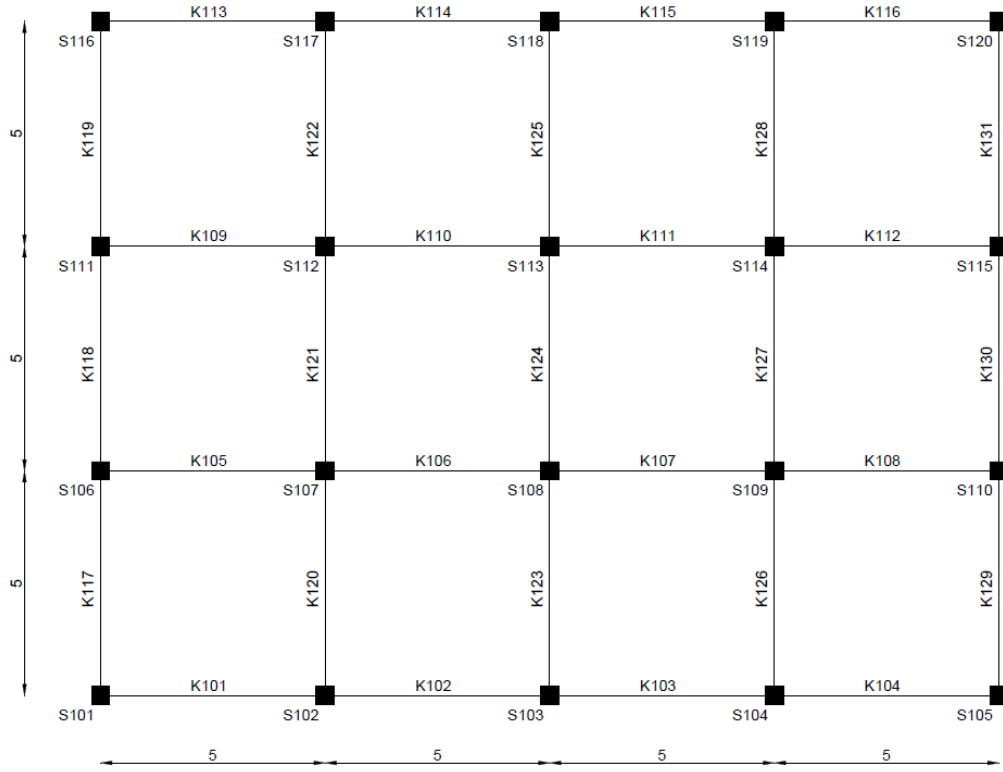
Bu tez kapsamında beton basınç dayanımları 10-13-17-20 MPa ile donatı sınıfı S220-S420 değişkenliğinde 8 farklı mevcut karakteristik malzeme dayanımlarına sahip 4-6-8 katlı olarak türetilen yapılar üzerinden değerlendirme ve LP kompozit malzemeler ile güçlendirme tasarımları yapılmıştır. Değerlendirme ve güçlendirme çalışmaları, türetilen her bir yapının farklı zemin sınıfında yer alma durumu için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, mevcut yapı stokunda gözlemlendiği şekilde mevcut yanal donatının yetersiz ya da TDY-2007'ye göre uygun olmama durumları dikkate alınarak yapıların performans değerlendirmesi ve güçlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada yapılan hesapların doğruluğunun kontrolü için iki farklı plana sahip yapılar örneklenmiştir.

Bu bölümde sırasıyla oluşturulan yapıların bilgilerine, bu yapılar için gerçekleştirilen risk-performans değerlendirmesi ve karşılaştırılmasına, performans bakımından yetersiz yapılarda LP kompozit malzemeler ile güçlendirme tasarımlarına ve güçlendirilmiş yapıların tekrar performans değerlendirmelerine yer verilmiştir.

### 5.1 Yapı Bilgileri ve Analiz Modelleri

Farklı karakteristik malzeme özelliklerine sahip şekilde türetilen her bir farklı kat adedindeki yapıda, kolon-kiriş kesitleri ve detaylarındaki donatı miktarı aynı kabul edilerek ilgili hesaplar gerçekleştirilmiştir. Her bir planda mevcut binalarda sıklıkla gözlenen çıkma payı özelliğini yansıtmak amacıyla her bir kenarda 2.5 m çıkma olduğu düşünülmüş ve yük analizi yapılmadan yaklaşık yapı yük değerleri dikkate alınmıştır. Bina planları PLAN 1 ve PLAN 2 isimleri ile Şekil 5.1'de açıklık mesafeleriyle (m) verilmiştir.

a) PLAN1 (4x3)

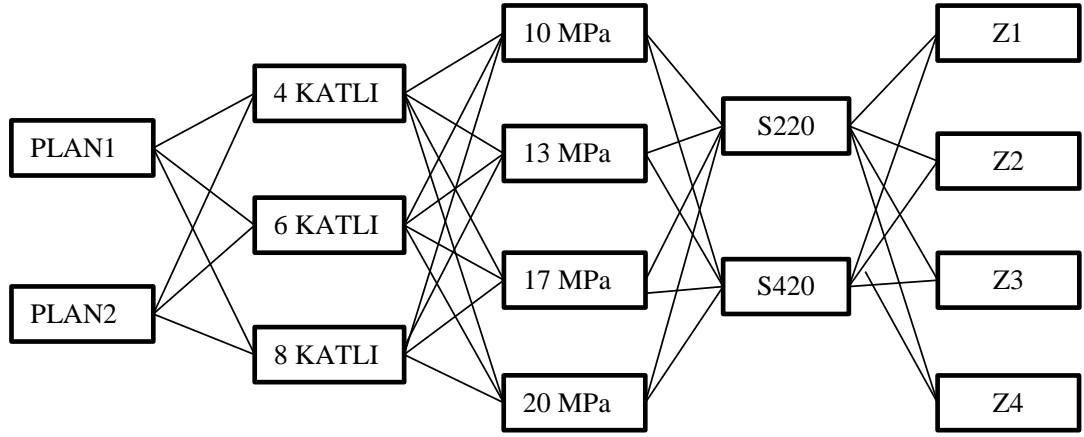


b) PLAN2 (5x3)



Şekil 5.1: İki farklı plana sahip yapıların kat kalıp planları a) PLAN1, b) PLAN2.





**Şekil 5.2:** Farklı malzeme ve özelliklere sahip yapıların türetilme şekli.

Değerlendirmesi ve güçlendirilmesi gerçekleştirilen yapılarda mevcut malzeme karakteristik özellikleri Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de verilmiştir. Betonun elastisite modülü değerlerinin hesabında Denklem 3.1 dikkate alınmıştır.

**Tablo 5.1:** Beton malzemelerin karakteristik özellikleri.

Beton Basınç Dayanımı ( $f_{ck}$ ) [Mpa]	Beton Çekme Dayanımı ( $f_{ctk}$ ) [Mpa]	Elastisite Modülü Değerleri (E) [Mpa]
10	1.11	15811.39
13	1.26	18027.76
17	1.44	20615.53
20	1.57	22360.68

**Tablo 5.2:** Donatı çeliği sınıflarının karakteristik özellikleri.

Çelik Sınıfı	$f_{sy}$ [Mpa]	$f_{su}$ [Mpa]	$\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{sh}$	$\epsilon_{su}$
S220	220	275	0.0011	0.011	0.016
S420	420	550	0.0021	0.008	0.01

Tablo 5.2’de  $f_{sy}$  donatı akma dayanımı;  $f_{su}$  donatı kopma dayanımı;  $\epsilon_{sy}$  akma birim şekil değıştirmesi;  $\epsilon_{sh}$  pekleşmenin başladığı birim şekil değıştirmesi;  $\epsilon_{su}$  kopma birim şekil değıştirmesi değlerleridir. PLAN1 ve PLAN2’den 4-6-8 katlı olarak türetilen yapıların (Şekil 5.2) kullanım amaçları konut ve yapıların 1.deprem bölgesinde olduğu düşünülerek dikkate alınan deprem karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Yapı önem katsayısı (I): 1,

Hareketli yük katılım katsayısı (n): 0.3,

Etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ): 0.4,

Yapı davranış katsayısı (R): 1,

Farklı zemin sınıfları için karakteristik özellikler Tablo 5.3’te verilmiştir.

**Tablo 5.3:** TDY-2007’de yer alan zemin sınıfları için karakteristik periyotları [1].

Yerel Zemin Sınıfı	$T_A$ (saniye)	$T_B$ (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Yapının hem doğrusal elastik hem de doğrusal elastik olmayan analiz modellerinde kullanılan düşey yükler aşağıdaki gibi alınmıştır. Döşeme yük analizinde döşeme kalınlığı 15 cm alınarak “g” ölü yük değerine dahil edilmiştir. Kolon ve kirişlerin öz ağırlıkları SAP2000 modelinde otomatik olarak hesaplatılarak etkilmiştir. Çatı katlarında ölü ve hareketli yüklerin diğer kat yükleriyle aynı olduğu kabulü yapılmıştır.

$$g_{d\text{öşeme}}=5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d\text{öşeme}}=2 \text{ kN/m}^2$$

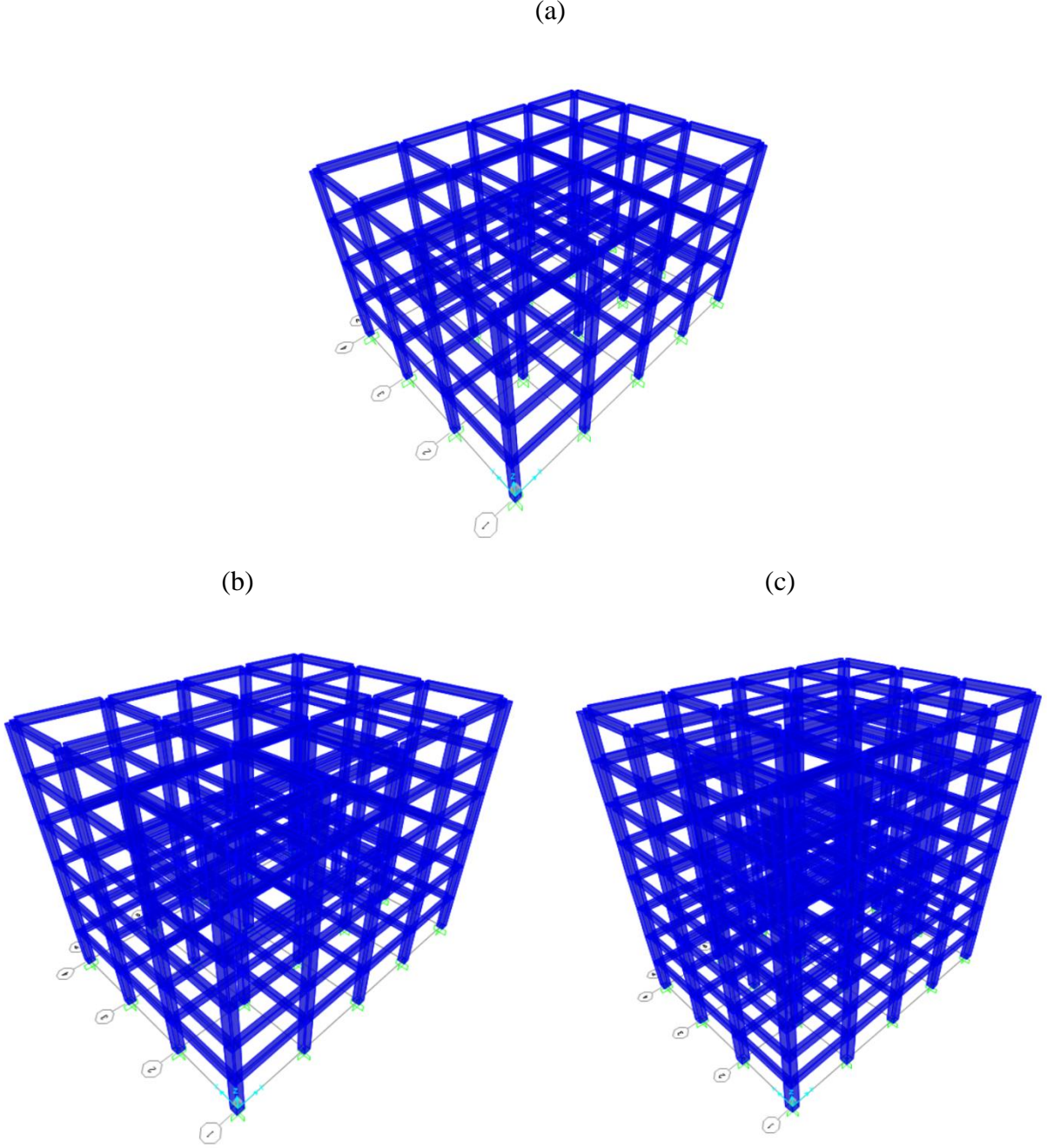
$$g_{duvar}= 3 \text{ kN/m}^2$$

PLAN1 ve PLAN2 de yer alan kolon-kiriş boyutları her bir kat için aynı alınmıştır. Farklı kat adedine sahip yapılarda iki plan için kolon ve kirişlerin kesit boyutları Şekil 5.3'te verildiği gibi kolonlarda 3, kirişlerde 2 farklı kesit dikkate alınmıştır. Üretilen yapılarda mevcut yanal donatının uygun ve yetersiz olma durumları dikkate alındığından kolonlarda TS500'e göre minimum donatı oranınca, kirişlerde kenar üst ve açıklık ortası için RYTİE dikkate alınarak 1.4G+1.6Q yüklemesinde oluşan moment değerlerini karşılayacak donatı miktarı olduğu varsayılmıştır. Tüm kolon ve kirişlerde paspayı 40 mm, tüm elemanlarda mevcut etriye tek kollu 200 mm aralıkta ve 8 mm çapında olduğu kabul edilmiştir.

	<b>KOLON1 KESİTİ (40x40)</b>	<b>KİRİŞ1 KESİTİ (25/50)</b>
<b>4 KATLI YAPILARDA</b>		
<b>6 KATLI YAPILARDA</b>		
<b>8 KATLI YAPILARDA</b>		

**Şekil 5.3:** 4-6-8 katlı yapılarda dikkate alınan kolon ve kiriş kesitleri.

SAP2000 programında her bir kat yüksekliği sabit 3m alınarak oluşturulan farklı kat adedindeki yapıların modelleri aşağıda verilmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: SAP2000 hesap modelleri a) 4 KATLI, b) 6 KATLI, c) 8 KATLI.

## 5.2 Yapıların Risk ve Performans Durumlarının Karşılaştırılması

Öncelikle türetilen yapıların, doğrusal elastik yöntem ile risk durumları belirlenmiş, sonra doğrusal elastik olmayan yöntemde artımsal eşdeğer deprem itme analizleri ile binaların deprem performansları belirlenerek karşılaştırılmıştır. Risk durum ve deprem performansı belirlenmesindeki işlem adımları bu bölümde verilmiştir.

### 5.2.1 Yapıların Risk Durum Değerlendirilmesi

Yapıların risk durum değerlendirmesi, Bölüm 3'te anlatılan esaslar çerçevesinde sadece zemin kat ve görelî kat öteleme oranının en büyük değerde olduğu 1.kat kolonları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Risk durumlarının belirlenmesi yanal donatının 200 mm ve özel deprem etriyesi olmama durumları için yapılmıştır. Kolonlarda oluşan iç kuvvet ve görelî kat öteleme değerleri SAP2000 [37] programında oluşturulan modelden, kolon kesitlerinin karşılıklı etki diyagramları ise XTRACT [46] paket programı kullanılarak elde edilmiş, Microsoft Office Excel'de oluşturulan değerlendirme dosyasından faydalanılmıştır. Değerlendirmede kullanılan iç kuvvet ve görelî kat öteleme değerleri farklı plan, mevcut malzeme dayanımı ve kat adedine sahip yapılar için oluşturulan modellerden elde edilmişken, zemin sınıfına bağlı değişen taban kesme kuvveti ve iç kuvvet değerleri, doğrusal elastik hesap yöntemine göre hesap yapıldığından süperpozisyon kuralı dikkate alınmıştır. Yapıların SAP2000 modelleri aşağıdaki kabuller doğrultusunda oluşturulmuştur:

- Değerlendirmede kullanılan kesit tesirleri doğrusal analiz ile elde edilmiştir.
- Betonarme kesit hesapları XTRACT paket programında Mander ve dğr. (1988) sargılı beton modeli [15] temel alınarak çıkarılmıştır. RYTIÉ'de mevcut etriyenin özel deprem etriyesi olarak değerlendirilmesi için yanal donatı aralığının minimum 100 mm olma gerekliliği ve sargılı beton modelinde 200 mm sargının çekirdek betonun basınç dayanımına katkısı az oluşu nedeniyle, kolon kesitlerinde sadece etriyenin dikkate alınmadığı durumlar için hesaplanan normal kuvvet-moment etkileşim diyagramları kullanılmıştır.

- SAP2000 yazılımının kullanım rehberinde yer alan tavsiye gereğince kolon kirişlerin birleştiği düğüm noktaları yarı rijit kabul edilmiştir.
- Kolonların temel ile birleşimi ankastre tanımlanmıştır.
- Kat döşemelerinde rijit diyafram davranışı tanımlanmıştır.
- Kolonlarda etkin eğilme rijitliği  $0.5 (EI)_o$ , kirişlerde  $0.3 (EI)_o$  olarak alınmıştır [2]. Risk durum değerlendirmesinde uygulanan adımlar aşağıda verilmektedir:

1. Yukarıda anlatılan esaslar çerçevesinde Şekil 5.2’de gösterilen kombinasyonlar içinden sadece “2 Plan \* 3 farklı kat adedi \* 4 beton basınç dayanım değerleri” dikkate alınarak türetilen 24 yapı için analiz modeli oluşturulmuştur. Analizlerde farklı beton basınç dayanımına sahip yapılar için elastisite modülü değerleri Tablo 5.1’den alınmıştır. Her bir yapıya ait hesaplanan periyot, azaltılmamış spektral ivme ve taban kesme kuvveti değerleri Tablo 5.4’te verilmiştir.

**Tablo 5.4:** Z1 zemin sınıfı için taban kesme kuvveti değerleri.

No	Bina Adı	$T_x$ [sn]	$T_y$ [sn]	T. Bina Ağırlığı [kN]	$Sa_x$ [g]	$Sa_y$ [g]	$Vt_x$ [kN]	$Vt_y$ [kN]
1	4 kat-1-10-220	1.27	1.30	11577.50	3.10	3.04	1462.56	1434.94
2	4 kat-1-13-220	1.22	1.24	11577.50	3.20	3.15	1512.22	1487.65
3	4 kat-1-17-220	1.17	1.19	11577.50	3.31	3.26	1561.79	1537.15
4	4 kat-1-20-220	1.13	1.16	11577.50	3.38	3.33	1597.38	1572.38
5	4 kat-2-10-220	1.26	1.31	14167.00	3.11	3.02	1797.95	1744.38
6	4 kat-2-13-220	1.21	1.25	14167.00	3.22	3.14	1861.91	1812.94
7	4 kat-2-17-220	1.20	1.16	14167.00	3.24	3.32	1869.42	1918.79
8	4 kat-2-20-220	1.17	1.13	14167.00	3.31	3.40	1911.81	1961.92
9	6 kat-1-10-220	1.64	1.68	18757.50	2.53	2.48	1931.92	1894.03
10	6 kat-1-13-220	1.56	1.60	18757.50	2.63	2.57	2008.26	1969.21
11	6 kat-1-17-220	1.48	1.52	18757.50	2.73	2.68	2088.15	2047.88
12	6 kat-1-20-220	1.44	1.47	18757.50	2.80	2.75	2140.97	2099.82
13	6 kat-2-10-220	1.62	1.69	22935.00	2.54	2.46	2377.24	2301.48
14	6 kat-2-13-220	1.55	1.61	22935.00	2.64	2.56	2471.17	2393.07
15	6 kat-2-17-220	1.47	1.53	22935.00	2.75	2.66	2568.85	2488.28
16	6 kat-2-20-220	1.43	1.49	22935.00	2.82	2.73	2633.42	2551.09
17	8 kat-1-10-220	1.74	1.79	27260.00	2.40	2.35	2669.93	2612.14
18	8 kat-1-13-220	1.66	1.70	27260.00	2.50	2.45	2780.19	2720.44
19	8 kat-1-17-220	1.57	1.61	27260.00	2.61	2.55	2899.69	2837.80
20	8 kat-1-20-220	1.52	1.56	27260.00	2.68	2.62	2976.75	2913.43
21	8 kat-2-10-220	1.72	1.80	33304.00	2.42	2.34	3287.54	3172.11
22	8 kat-2-13-220	1.64	1.71	33304.00	2.52	2.43	3423.11	3303.75
23	8 kat-2-17-220	1.56	1.63	33304.00	2.63	2.54	3569.65	3445.99
24	8 kat-2-20-220	1.51	1.57	33304.00	2.70	2.61	3664.12	3537.59

**Bina Adı: "Kat Adeti-Plan-Beton Basınç Dayanımı-Donatı Sınıfı" şeklinde isimlendirilmiştir.**

2. Türetilen tüm yapıların periyotları,  $T_B$  karakteristik periyodundan büyük olduğu için TDY-2007’de yer alan spektrum katsayısı (Denklem 5.1) ifadesi ile diğer zemin sınıfları için taban kesme kuvvetlerinin Z1 zemin sınıfına göre olan oranları hesaplanmış ve Tablo 5.5’te verilmiştir. 24 model üzerinde sadece Z1 sınıfı için  $V_t$ , iç kuvvet ve görel kat öteleme değerleri hesaplanmış, diğer zemin sınıfları için değerlendirmede ilgili büyüklükler Tablo 5.5’te verilen oranlar dikkate alınarak süperpoze edilmiştir.

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (5.1)$$

**Tablo 5.5:** Diğer zemin sınıflarına göre taban kesme kuvveti oranları.

Yerel Zemin Sınıfı	$T_B$ (saniye)	$V_t$ oranları
Z1	0.300	1.000
Z2	0.400	1.259
Z3	0.600	1.741
Z4	0.900	2.408

3. Hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerinin katlara dağılımı, her bir deprem doğrultusunda 1.doğal titreşim doğal periyoduna ait modal genlikler oranı doğrultusunda yapılmıştır. Örnek olarak 6-2-10-220 (Kat Adedi-Plan No-Beton Basınç Dayanımı-Donatı sınıfı) yapısında “x” deprem yönü için yapılan dağılım hesabı Tablo 5.6’da gösterilmiş, diğer bina türleri için eşdeğer deprem yükü dağılımları Tablo 5.7 ve Tablo 5.8’de verilmiştir.

**Tablo 5.6:** Eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağılımının hesabı.

6-2-10-220 Binası X Deprem Doğrultusu Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımları						
Kat	Modal Genlik	Kümülatif [kN]	Kat Ağırlık [kN]	Kat Kütle [t]	Kat Yüksekliği [m]	Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı
<b>1. Kat</b>	0.00371	18757.5	3126.25	318.6799	3	0.13
<b>2. Kat</b>	0.01011	15631.25	3126.25	318.6799	6	0.34
<b>3. Kat</b>	0.01673	12505	3126.25	318.6799	9	0.57
<b>4. Kat</b>	0.02250	9378.75	3126.25	318.6799	12	0.77
<b>5. Kat</b>	0.02682	6252.5	3126.25	318.6799	15	0.91
<b>6. Kat</b>	0.02932	3126.25	3126.25	318.6799	18	1.00
		<b>Toplam</b>	18757.5	1912.08		

**Tablo 5.7: PLAN1 4-6-8 katlı yapılarda eşdeğer deprem yükü dağılımları**

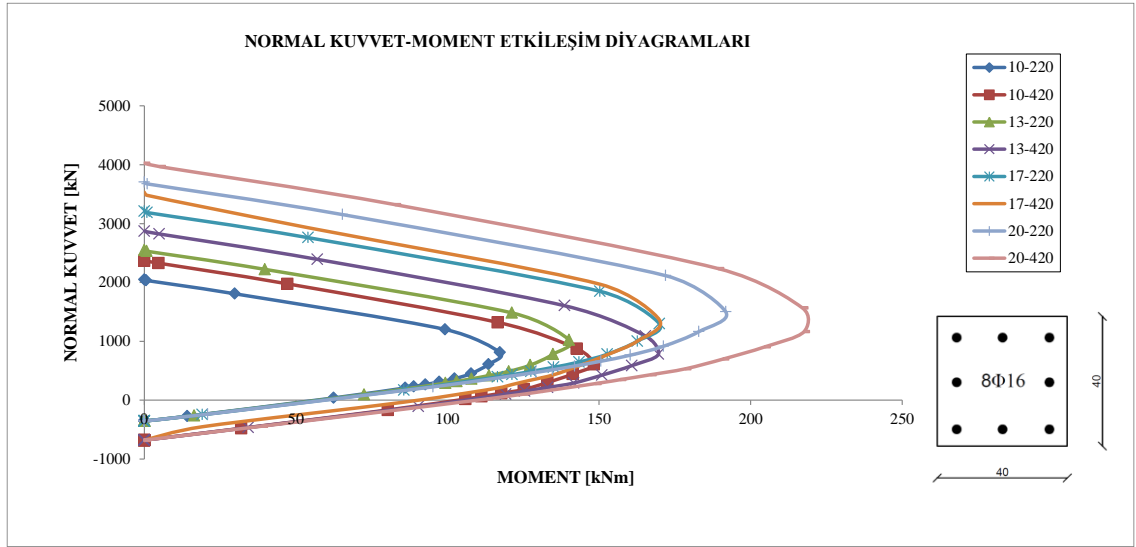
PLAN1 için Hesap									
Beton Basınç Dayanımı [Mpa]		10		13		17		20	
Deprem Doğrultusu		X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
4 Katlı	1. Kat	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
	2. Kat	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54
	3. Kat	0.83	0.82	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82
	4. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6 Katlı	1. Kat	0.13	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14
	2. Kat	0.34	0.34	0.35	0.35	0.36	0.36	0.37	0.36
	3. Kat	0.57	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59
	4. Kat	0.77	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78
	5. Kat	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	6. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8 Katlı	1. Kat	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
	2. Kat	0.25	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.26
	3. Kat	0.43	0.42	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44
	4. Kat	0.60	0.59	0.60	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60
	5. Kat	0.74	0.74	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	6. Kat	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
	7. Kat	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	8. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**Tablo 5.8: PLAN2 4-6-8 katlı yapılarda eşdeğer deprem yükü dağılımları**

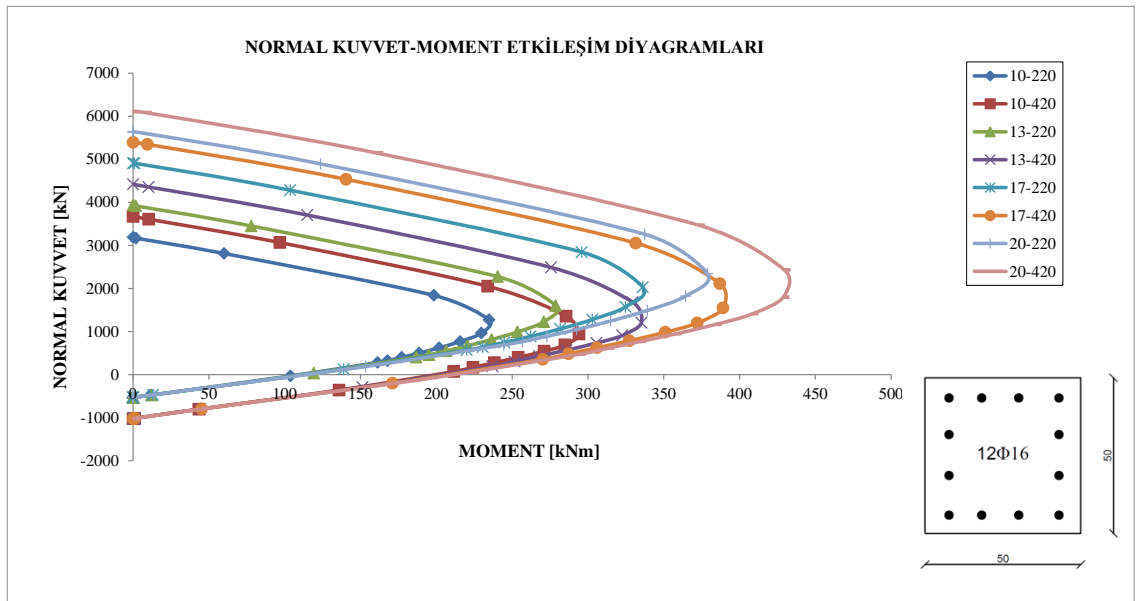
PLAN2 için Hesap									
Beton Basınç Dayanımı [Mpa]		10		13		17		20	
Deprem Doğrultusu		X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
4 Katlı	1. Kat	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
	2. Kat	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54
	3. Kat	0.83	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82
	4. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6 Katlı	1. Kat	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14
	2. Kat	0.35	0.34	0.35	0.35	0.36	0.36	0.37	0.36
	3. Kat	0.57	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59
	4. Kat	0.77	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.79	0.78
	5. Kat	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	6. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8 Katlı	1. Kat	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
	2. Kat	0.25	0.25	0.26	0.25	0.27	0.26	0.27	0.27
	3. Kat	0.43	0.42	0.43	0.43	0.44	0.44	0.45	0.44
	4. Kat	0.60	0.59	0.60	0.60	0.61	0.60	0.62	0.61
	5. Kat	0.75	0.74	0.75	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76
	6. Kat	0.87	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88	0.87
	7. Kat	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	8. Kat	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



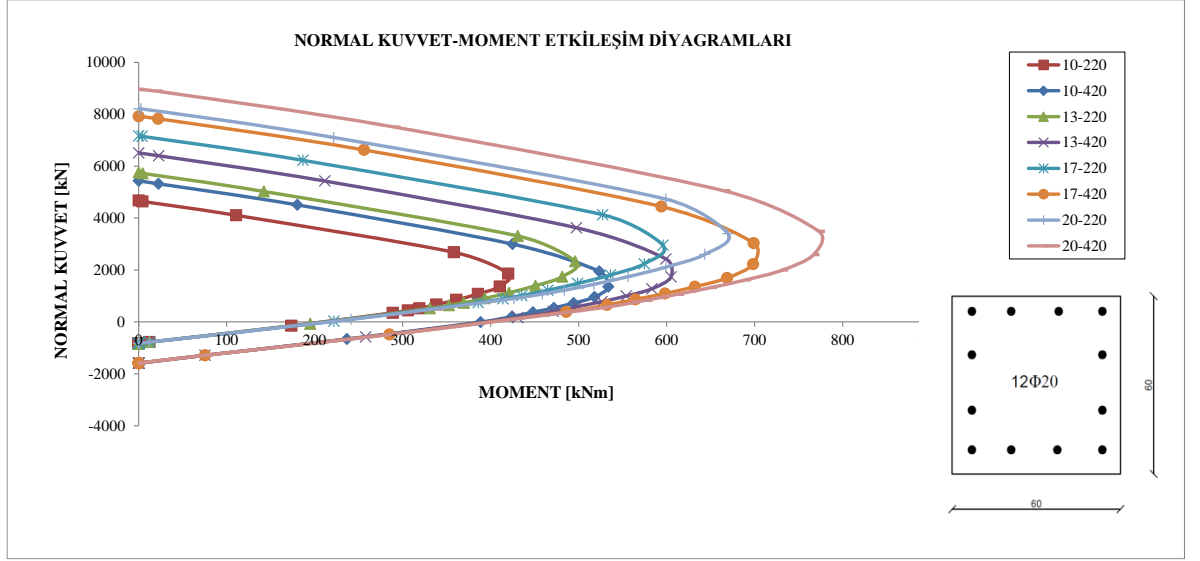
4. Eşdeğer deprem yüklemesi 24 yapı analiz modeli için gerçekleştirildikten sonra KOLON1, KOLON2 ve KOLON3 kesitler için normal kuvvet-moment karşılıklı etkileşim diyagramları XTRACT programından elde edilmiştir. Diyagramların çıkarılışında beton basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliği birim şekil değiştirmesi için 0.01 sınır değerleri alınmıştır. Yanal donatının özel deprem etriyesi olma ve olmama durumlarının her ikisi içinde aşağıdaki etkileşim diyagramları dikkate alınmıştır (Şekil 5.5-5.7).



Şekil 5.5: 4 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları.



Şekil 5.6: 6 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları.



**Şekil 5.7:** 8 katlı yapılardaki kolonların N-M karşılıklı etkileşim diyagramları.

5. SAP2000’inde gerçekleştirilen deprem analizleri ile kesitlerin normal kuvvet-moment etkileşim diyagramlarının hesabı sonrası her bir yapının risk durum değerlendirmesi yapılmıştır. Her bir yapının risk değerlendirmesi, kritik kat olan zemin katta “m” ile görelî öteleme değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca RYTİE gereğince en büyük ötelemenin meydana geldiği birinci katta sadece görelî kat ötelemeleri üzerinden yapılmıştır. Bu bölümde sadece 4-1-10-220-Z4 (kat adedi-plan-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı-Z4) yapısının X yönü değerlendirme aşamaları anlatılmış, diğer türetilen yapıların değerlendirme sonuçları TDY-2007 ile karşılaştırma bölümünde verilmiştir.

6. X doğrultusunda değerlendirmede kritik zemin katta yer alan kolon özellikleri Tablo 5.9’da verilmektedir.

**Tablo 5.9:** Kritik katta yer alan kolonların malzeme ve geometrik özellikleri.

Kolon Adı	Kolon Tipi	Kolon Boyutları		Kolon Alanı (A <sub>c</sub> ) [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]	Etriye Arlığı [mm]	Etriye Çapı [mm]	A <sub>sh</sub> [mm]	f <sub>yk</sub> [MPa]	f <sub>cm</sub> [MPa]	f <sub>ctm</sub> [MPa]
		x Boyu [mm]	y Boyu [mm]								
S101	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S102	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S103	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S104	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S105	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S106	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S107	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S108	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S109	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S110	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S111	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S112	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S113	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S114	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S115	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S116	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S117	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S118	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S119	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11
S120	KOLON1	400	400	160000	360	200	8	100.48	220	10	1.11

7. Öncelikle hazırlanan Excel programında SAP2000 analiz modelinden alınan görelî kat öteleme ve iç kuvvet değerleri, ilgili kolon için Tablo 5.10’da verildiği şekilde RYTİE’a göre değerlendirmede kullanılacak yük kombinasyonlarına göre belirlenmiştir. Kolonlar V<sub>e</sub>/V<sub>r</sub> (etkiyen/kapasite) oranlarına göre Tablo 3.2 dikkate alınarak A, B ve C olarak sınıflandırılmışlardır.

**Tablo 5.10:** Kolonların sınıflandırılması.

Kolon Adı	(δ/h) <sub>Görelî</sub>	N	N <sub>K</sub>	M <sub>K(Tipo)</sub>	M <sub>G+nQ±E</sub>	m <sub>hemm</sub>	V <sub>G+nQ±E/2</sub>	V <sub>etot</sub>	V <sub>e</sub>	V <sub>r</sub>	Kolon Sınıfı	
	G+nQ±E	G+nQ	G+nQ+E/6	N <sub>K</sub> ya Göre	G+nQ±E	M <sub>G+nQ±E</sub> /M <sub>K</sub>	G+nQ±E/2	(M <sub>Kat</sub> +M <sub>Kat</sub> )/h <sub>Kat</sub>	Min(V <sub>G+nQ±E/2</sub> ; V <sub>etot</sub> )	N <sub>K</sub> ya Göre		V <sub>e</sub> /V <sub>r</sub>
S101	0.0113	375.00	322.50	98.41	270.51	2.75	65.20	65.61	65.20	134.36	0.49	B
S102	0.0113	563.00	567.06	111.98	378.35	3.38	98.08	74.65	74.65	143.23	0.52	B
S103	0.0113	553.56	553.56	111.49	375.77	3.37	97.00	74.33	74.33	142.74	0.52	B
S104	0.0113	563.00	416.65	105.56	377.41	3.58	98.08	70.37	70.37	137.77	0.51	B
S105	0.0113	375.00	427.49	106.24	286.12	2.69	65.20	70.83	65.20	138.17	0.47	B
S106	0.0113	562.34	508.14	109.84	324.91	2.96	75.14	73.22	73.22	141.09	0.52	B
S107	0.0113	747.73	751.64	116.18	404.58	3.48	102.60	77.45	77.45	149.92	0.52	B
S108	0.0113	739.07	739.07	115.94	401.95	3.47	101.44	77.30	77.30	149.46	0.52	B
S109	0.0113	747.73	743.81	116.03	403.83	3.48	102.60	77.35	77.35	149.64	0.52	B
S110	0.0113	562.34	616.54	113.65	341.07	3.00	75.14	75.76	75.14	145.02	0.52	B
S111	0.0113	562.34	508.14	109.84	324.91	2.96	75.14	73.22	73.22	141.09	0.52	B
S112	0.0113	747.73	751.64	116.18	404.58	3.48	102.60	77.45	77.45	149.92	0.52	B
S113	0.0113	739.07	739.07	115.94	401.95	3.47	101.44	77.30	77.30	149.46	0.52	B
S114	0.0113	747.73	743.81	116.03	403.83	3.48	102.60	77.35	77.35	149.64	0.52	B
S115	0.0113	562.34	616.54	113.65	341.07	3.00	75.14	75.76	75.14	145.02	0.52	B
S116	0.0113	375.00	322.50	98.41	270.51	2.75	65.20	65.61	65.20	134.36	0.49	B
S117	0.0113	563.00	567.06	111.98	378.35	3.38	98.08	74.65	74.65	143.23	0.52	B
S118	0.0113	553.56	553.56	111.49	375.77	3.37	97.00	74.33	74.33	142.74	0.52	B
S119	0.0113	563.00	558.93	111.68	377.41	3.38	98.08	74.46	74.46	142.93	0.52	B
S120	0.0113	375.00	427.49	106.24	286.12	2.69	65.20	70.83	65.20	138.17	0.47	B

8. Kritik katta yer alan kolonların  $m$ =moment etki / moment kapasite ve görelî kat öteleme değerleri ( $\delta / h$ ), belirlenmiş kolon sınıflarına göre Tablo 3.4-5-6'dan  $N_K / (f_{cm}A_c)$  ve  $A_{sh} / (s \cdot b_K)$  oranlarına göre hesaplanan sınır değerler ile karşılaştırılarak eleman risk durumu belirlenmiştir (Tablo 5.11). Bölüm 3.6'da anlatıldığı üzere binanın risk durum belirlenmesinde, öncelikle kolonlarda meydana gelen ortalama normal gerilme değerinin  $0.65 f_{cm}$  değerini aşma durumuna, sonra riskli çıkan kolonların taşıdığı kesme kuvvetlerinin toplamının kat kesme kuvvetine oranının Tablo 3.9'a göre hesaplanan sınır değeri aşma durumuna bakılır. Örnek olarak bu yapıda (4-1-10-220-Z4) Tablo 5.11'de görüldüğü üzere tüm kolonlar riskli çıktığı için yapı riskli olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme türetilen yapıların her iki doğrultuda simetrik olduğu için +x ve +y deprem yönü için kritik olan zemin kat ve görelî ötelemenin en büyük olduğu 1.katlarda gerçekleştirilmiştir. Tüm binalara ait sonuçlar bu bölümün karşılaştırma kısmında verilmiştir.

**Tablo 5.11:** Kolonların risk durumlarının belirlenmesi.

Kolon Adı	$N_K / (f_{cm} \cdot A_c)$	$A_{sh} / s \cdot b_K$	$m_{sınır}$	$(\delta / h_{kat})_{sınır}$	Risk Durumu		
			Tablo 4-5	Tablo 4-5	m'e göre	$(\delta / h_{kat})'$ göre	Sonuç
S101	0.2016	0.0016	2.3212	0.0128	Riskli	Risksiz	Riskli
S102	0.3544	0.0016	1.9263	0.0111	Riskli	Riskli	Riskli
S103	0.3460	0.0016	1.9481	0.0112	Riskli	Riskli	Riskli
S104	0.2604	0.0016	2.1692	0.0121	Riskli	Risksiz	Riskli
S105	0.2672	0.0016	2.1517	0.0121	Riskli	Risksiz	Riskli
S106	0.3176	0.0016	2.0215	0.0115	Riskli	Risksiz	Riskli
S107	0.4698	0.0016	1.6283	0.0098	Riskli	Riskli	Riskli
S108	0.4619	0.0016	1.6486	0.0099	Riskli	Riskli	Riskli
S109	0.4649	0.0016	1.6409	0.0099	Riskli	Riskli	Riskli
S110	0.3853	0.0016	1.8464	0.0108	Riskli	Riskli	Riskli
S111	0.3176	0.0016	2.0215	0.0115	Riskli	Risksiz	Riskli
S112	0.4698	0.0016	1.6283	0.0098	Riskli	Riskli	Riskli
S113	0.4619	0.0016	1.6486	0.0099	Riskli	Riskli	Riskli
S114	0.4649	0.0016	1.6409	0.0099	Riskli	Riskli	Riskli
S115	0.3853	0.0016	1.8464	0.0108	Riskli	Riskli	Riskli
S116	0.2016	0.0016	2.3212	0.0128	Riskli	Risksiz	Riskli
S117	0.3544	0.0016	1.9263	0.0111	Riskli	Riskli	Riskli
S118	0.3460	0.0016	1.9481	0.0112	Riskli	Riskli	Riskli
S119	0.3493	0.0016	1.9395	0.0112	Riskli	Riskli	Riskli
S120	0.2672	0.0016	2.1517	0.0121	Riskli	Risksiz	Riskli

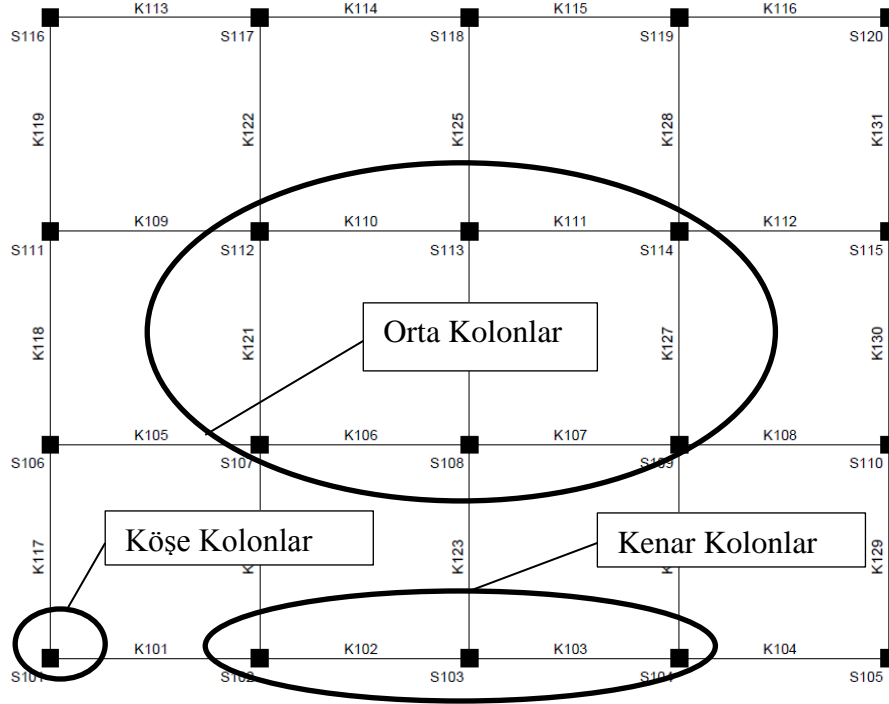
## 5.2.2 Deprem Performanslarının Belirlenmesi

Deprem performans değerlendirmeleri Bölüm 4 de anlatılan TDY-2007 çerçevesinde doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılmıştır. Değerlendirmesi gerçekleştirilen yapı adedinin sayıca fazla oluşu nedeniyle SAP2000’de [37] gerçekleştirilen analizleri kolaylaştırmak amacıyla geometrik bakımdan ikinci merteye etkiler ihmal edilmiştir. İki farklı plan için SAP2000 de oluşturulan toplam 192 bina için itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz modellerin oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde kullanılan normal kuvvet-eğrilik ilişkileri XTRACT [46] programı yardımıyla çıkarılmıştır. SAP2000 programından elde edilen sonuçlar hazırlanan Excel dosyasına taşınarak değerlendirme ve güçlendirme tasarımları gerçekleştirilmiştir. Binaların SAP2000 modelleri aşağıda verilen kabuller ile oluşturulmuştur:

- Binaların analiz modelleri oluştururken risk durum belirlenmesinde uygulanan kabuller geçerlidir.
- Ek olarak kolon ve kirişlerde plastik mafsallar elemanların uç noktalarına plastik mafsal boyunun orta bölgesine yerleştirilmiştir. Plastik mafsal boyları da ilgili kesitin h/2 uzunluğunda alınmıştır [1].
- Kolon ve kirişlerde plastikleşmenin başladığı normal kuvvet-moment etkileşimleri beton basınç birim şekil değiştirmesi için 0.003, donatı birim şekil değiştirmesi için 0.01 alınmıştır.

Yapıların performanslarının değerlendirmesinde uygulanan adımlar aşağıdaki verilmektedir:

1. Yukarıdaki esaslar çerçevesinde oluşturulan sadece farklı beton basınç ve kat adedine sahip 12 farklı yapı için “G+0.3Q” ön yüklemesi altında tüm kolonlarda oluşan normal kuvvet değerleri belirlenmiştir.  $N_{g+nq} / (f_{cm}A_c)$  oranı baz alınarak etkin eğilme rijitlik  $(EI)_e$  değerleri Tablo 4.3’e göre köşe, kenar ve orta kolonlar için belirlenmiştir (Şekil 5.8). Örnek olarak 4 katlı yapılarda hesaplanan etkin eğilme rijitlikleri Tablo 5.12’de verilmiştir. PLAN1 ve PLAN2’de yer alan kolonlar için aynı etkin eğilme rijitlikleri elde edilmiştir.



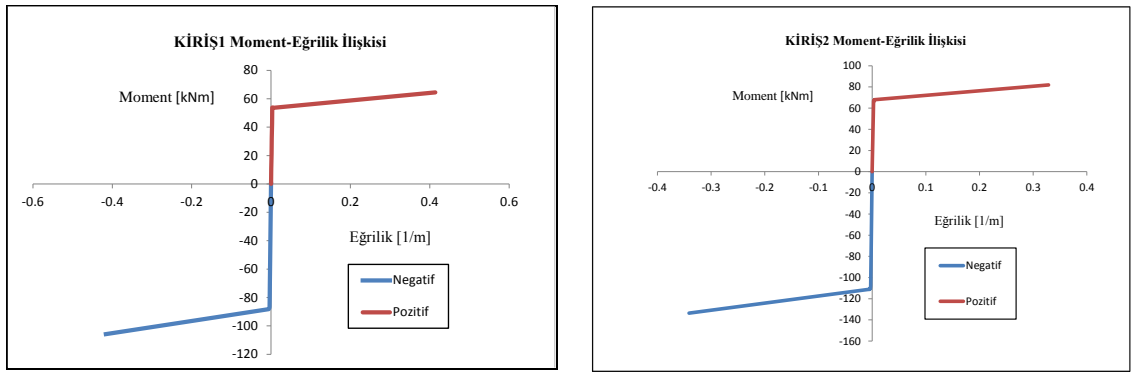
Şekil 5.8: Köşe, kenar ve orta kolonların tanımı.

Tablo 5.12: 4 katlı yapılarda etkin eğilme rijitlik oranları.

B.B.D*	4 Katlı Yapılarda			
	Kat No	Köşe Kolon	Kenar Kolon	Orta Kolon
10 Mpa	1.KAT	0.59	0.73	0.80
	2.KAT	0.51	0.62	0.73
	3.KAT	0.43	0.50	0.57
	4.KAT	0.40	0.40	0.42
13 Mpa	1.KAT	0.51	0.63	0.74
	2.KAT	0.45	0.54	0.62
	3.KAT	0.40	0.45	0.50
	4.KAT	0.40	0.40	0.40
17 Mpa	1.KAT	0.45	0.54	0.63
	2.KAT	0.40	0.47	0.54
	3.KAT	0.40	0.40	0.45
	4.KAT	0.40	0.40	0.40
20 Mpa	1.KAT	0.43	0.50	0.58
	2.KAT	0.40	0.44	0.50
	3.KAT	0.40	0.40	0.42
	4.KAT	0.40	0.40	0.40

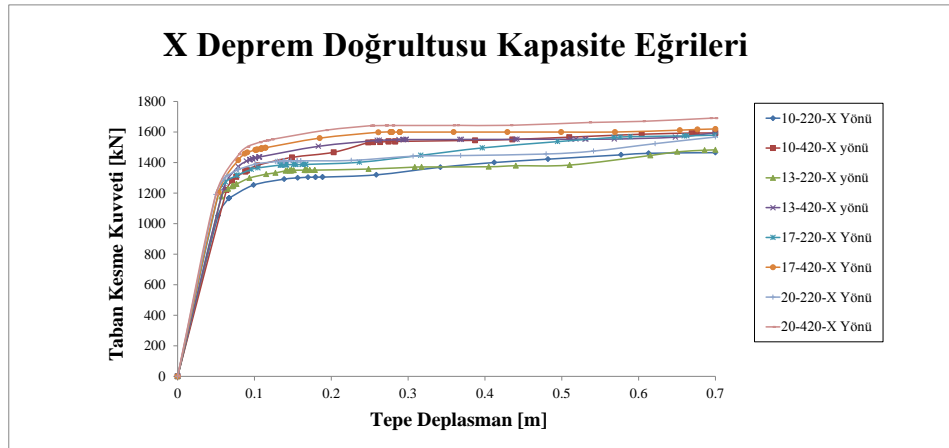
B.B.D\* Beton Basınç Dayanımları

2. Değerlendirme yanal donatının 200 mm ve uygun olmadığı durumları için yapılmıştır. Oluşturulan SAP2000 modellerinde plastik kesitler, 200 mm'lik etriyenin çekirdek betonun basınç dayanımına etkisinin az olduğu için sadece etriyesiz Şekil 5.5-5.6-5.7'deki N-M etkileşim diyagramları için tanımlanmıştır. Değerlendirmede ise mevcut etriyenin olduğu ve olmadığı durumlar için XTRACT ile hesaplanan normal kuvvet-eğrilik ilişkileri kullanılmıştır. Modellerde tanımlanan farklı iki tip kiriş (Şekil 5.3) için hesaplanan moment-eğrilik ilişkisi Şekil 5.9'de verilmiştir.

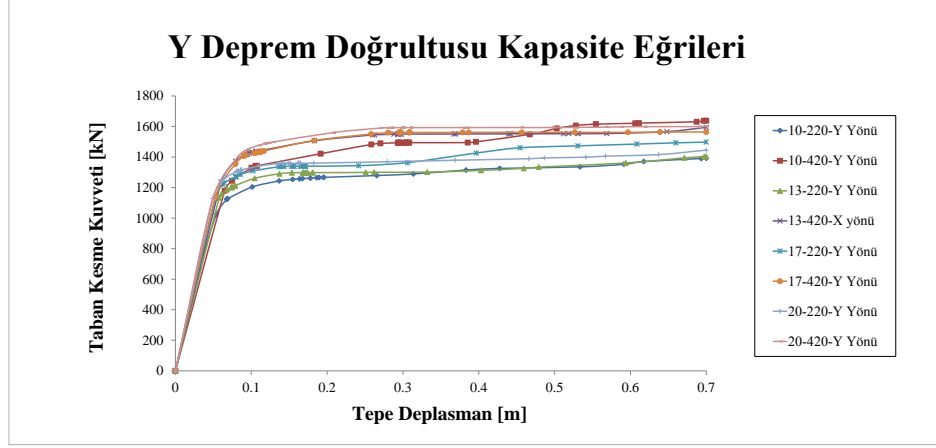


Şekil 5.9: KİRİŞ1 ve KİRİŞ2 moment-eğrilik ilişkileri.

3. Her bir yapı modeli oluşturulduktan sonra +Ex ve +Ey birim deprem yükü dağılımları Tablo 5.7 ve Tablo 5.8'e göre tanımlanarak itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak itme analizleri sonucu elde edilen +x deprem doğrultusu itme eğrileri Şekil 5.10 ve +y deprem doğrultusu itme eğrileri Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.10: 4 katlı binalarda elde edilen +x deprem doğrultusu kapasite eğrileri.



Şekil 5.11: 4 katlı binalarda elde edilen +x deprem doğrultusu kapasite eğrileri.

4. İtme eğrilerinde Bölüm 4.2.6’da ifade edildiği üzere kapasite eğrilerinden modal dönüşüm ile modal kapasite eğrileri elde edilir. Modal kapasite eğrileri ile spektral ivme-yer değiştirme diyagramları birlikte çizilerek modal kapasite eğrisinin başlangıç teğetinin spektral eğriyi kestiği nokta modal yer değiştirme istem değerini verir (Şekil 5.12). Bu çalışmada tüm binaların 1.doğal titreşim periyotları, tüm zemin sınıfları için  $T_B$  karakteristik periyotlarından büyük olduğu için elastik spektral yerdeğiştirme değerleri, elastik olmayanlara eşit alınmıştır. Bu doğrultuda her bir binada, elastik spektrumlar üzerinden binaların periyotlarına karşılık gelen spektral ivme değeri ve Denklem 5.2 ile spektral yerdeğiştirme değerleri hesaplanmıştır. Spektral yerdeğiştirme değeri, modal yerdeğiştirme istemine eşit alınmış ve Denklem 4.2 ile ters modal dönüşüm yapılarak her bir yapının yerdeğiştirme istem değerleri elde edilmiştir. Oluşturulan binalarda 1.doğal titreşim periyotları ve yerdeğiştirme istem değerleri mevcut donatı sınıfından bağımsız olduğundan sadece S220 için hesaplanan istem değerleri Tablo 5.13, 5.14 ve 5.15’te verilmiştir.

$$S_{den}^{(1)} = \frac{S_{aen}^{(1)}}{\left(\omega^{(1)}\right)^2} \quad (5.2)$$

$S_{den}^{(1)}$  elastik spektral yerdeğiştirme;  $S_{aen}^{(1)}$  elastik spektral ivme;  $\omega^{(1)}$  yapıya ait 1.doğal titreşim frekansdır.



**Tablo 5.13:** 4 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	T <sub>x</sub> [sn]	T <sub>y</sub> [sn]	X Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]	Y Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]
Zemin Sınıfı Z1	1	4 kat-1-10-220	1.267	1.298	0.195	0.201
	2	4 kat-1-13-220	1.215	1.240	0.185	0.190
	3	4 kat-1-17-220	1.167	1.191	0.176	0.180
	4	4 kat-1-20-220	1.135	1.157	0.169	0.174
	5	4 kat-2-10-220	1.260	1.308	0.213	0.203
	6	4 kat-2-13-220	1.206	1.247	0.183	0.191
	7	4 kat-2-17-220	1.200	1.161	0.181	0.175
	8	4 kat-2-20-220	1.167	1.130	0.175	0.169
Zemin Sınıfı Z2	9	4 kat-1-10-220	1.267	1.298	0.246	0.253
	10	4 kat-1-13-220	1.215	1.240	0.233	0.239
	11	4 kat-1-17-220	1.167	1.191	0.221	0.226
	12	4 kat-1-20-220	1.135	1.157	0.213	0.218
	13	4 kat-2-10-220	1.260	1.308	0.268	0.255
	14	4 kat-2-13-220	1.206	1.247	0.230	0.240
	15	4 kat-2-17-220	1.200	1.161	0.228	0.220
	16	4 kat-2-20-220	1.167	1.130	0.220	0.212
Zemin Sınıfı Z3	17	4 kat-1-10-220	1.267	1.298	0.340	0.350
	18	4 kat-1-13-220	1.215	1.240	0.322	0.330
	19	4 kat-1-17-220	1.167	1.191	0.306	0.313
	20	4 kat-1-20-220	1.135	1.157	0.295	0.302
	21	4 kat-2-10-220	1.260	1.308	0.371	0.353
	22	4 kat-2-13-220	1.206	1.247	0.319	0.332
	23	4 kat-2-17-220	1.200	1.161	0.316	0.304
	24	4 kat-2-20-220	1.167	1.130	0.305	0.294
Zemin Sınıfı Z4	25	4 kat-1-10-220	1.267	1.298	0.470	0.483
	26	4 kat-1-13-220	1.215	1.240	0.445	0.457
	27	4 kat-1-17-220	1.167	1.191	0.423	0.433
	28	4 kat-1-20-220	1.135	1.157	0.408	0.418
	29	4 kat-2-10-220	1.260	1.308	0.513	0.488
	30	4 kat-2-13-220	1.206	1.247	0.441	0.459
	31	4 kat-2-17-220	1.200	1.161	0.437	0.420
	32	4 kat-2-20-220	1.167	1.130	0.422	0.406

**Not:** 4 kat-1-10-220 (kat adedi-plan no-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı)

**Tablo 5.14:** 6 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	T <sub>x</sub> [sn]	T <sub>y</sub> [sn]	X Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]	Y Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]
Zemin Sınıfı Z1	1	6 kat-1-10-220	1.636	1.677	0.280	0.288
	2	6 kat-1-13-220	1.558	1.597	0.263	0.271
	3	6 kat-1-17-220	1.484	1.521	0.248	0.255
	4	6 kat-1-20-220	1.438	1.474	0.238	0.245
	5	6 kat-2-10-220	1.623	1.690	0.277	0.291
	6	6 kat-2-13-220	1.546	1.609	0.260	0.274
	7	6 kat-2-17-220	1.473	1.533	0.245	0.257
	8	6 kat-2-20-220	1.428	1.486	0.236	0.248
Zemin Sınıfı Z2	9	6 kat-1-10-220	1.636	1.677	0.352	0.363
	10	6 kat-1-13-220	1.558	1.597	0.331	0.341
	11	6 kat-1-17-220	1.484	1.521	0.312	0.321
	12	6 kat-1-20-220	1.438	1.474	0.300	0.309
	13	6 kat-2-10-220	1.623	1.690	0.348	0.366
	14	6 kat-2-13-220	1.546	1.609	0.328	0.344
	15	6 kat-2-17-220	1.473	1.533	0.308	0.324
	16	6 kat-2-20-220	1.428	1.486	0.297	0.312
Zemin Sınıfı Z3	17	6 kat-1-10-220	1.636	1.677	0.487	0.502
	18	6 kat-1-13-220	1.558	1.597	0.458	0.472
	19	6 kat-1-17-220	1.484	1.521	0.431	0.444
	20	6 kat-1-20-220	1.438	1.474	0.415	0.427
	21	6 kat-2-10-220	1.623	1.690	0.482	0.507
	22	6 kat-2-13-220	1.546	1.609	0.453	0.476
	23	6 kat-2-17-220	1.473	1.533	0.427	0.448
	24	6 kat-2-20-220	1.428	1.486	0.410	0.431
Zemin Sınıfı Z4	25	6 kat-1-10-220	1.636	1.677	0.673	0.694
	26	6 kat-1-13-220	1.558	1.597	0.634	0.653
	27	6 kat-1-17-220	1.484	1.521	0.596	0.615
	28	6 kat-1-20-220	1.438	1.474	0.573	0.591
	29	6 kat-2-10-220	1.623	1.690	0.666	0.701
	30	6 kat-2-13-220	1.546	1.609	0.627	0.659
	31	6 kat-2-17-220	1.473	1.533	0.590	0.620
	32	6 kat-2-20-220	1.428	1.486	0.568	0.597

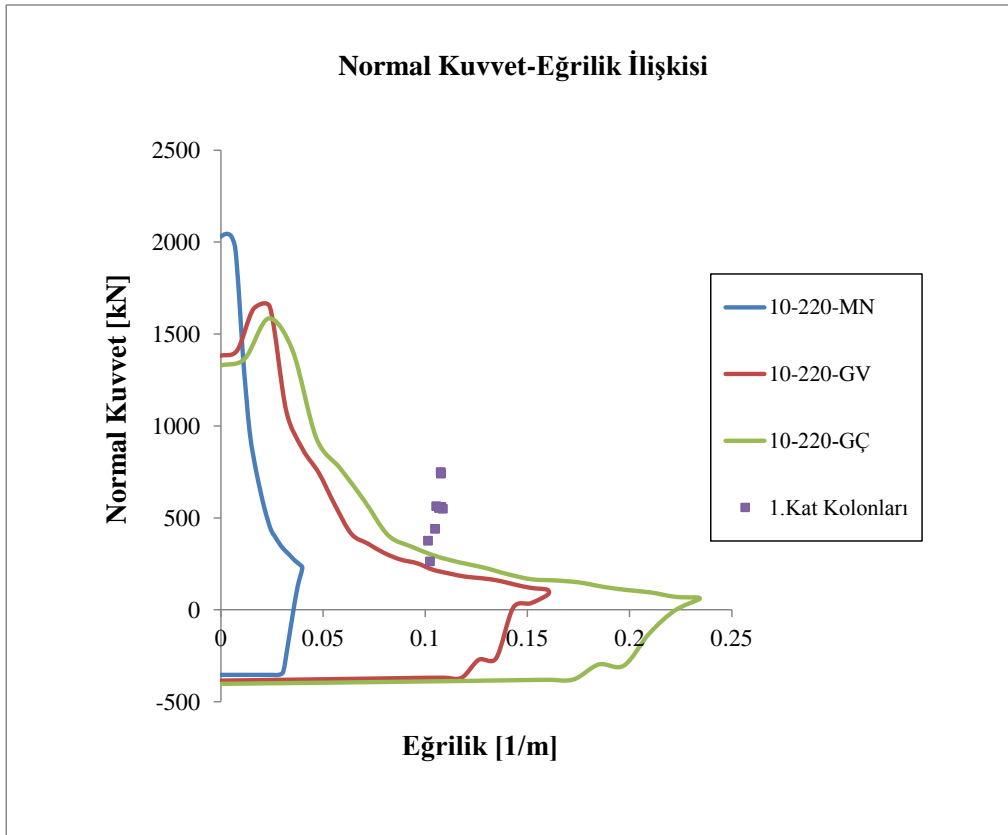
**Not:** 6 kat-1-10-220 (kat adedi-plan no-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı)

**Tablo 5.15:** 8 katlı yapılar için hesaplanan yerdeğiştirme istem değerleri.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	T <sub>x</sub> [sn]	T <sub>y</sub> [sn]	X Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]	Y Doğrultusu Yerdeğiştirme İstem Değerleri [m]
Zemin Sınıfı Z1	1	8 kat-1-10-220	1.742	1.790	0.315	0.326
	2	8 kat-1-13-220	1.656	1.701	0.296	0.306
	3	8 kat-1-17-220	1.571	1.614	0.278	0.287
	4	8 kat-1-20-220	1.520	1.562	0.266	0.276
	5	8 kat-2-10-220	1.725	1.804	0.311	0.329
	6	8 kat-2-13-220	1.640	1.714	0.292	0.309
	7	8 kat-2-17-220	1.556	1.626	0.274	0.289
	8	8 kat-2-20-220	1.506	1.574	0.263	0.278
Zemin Sınıfı Z2	9	8 kat-1-10-220	1.742	1.790	0.397	0.411
	10	8 kat-1-13-220	1.656	1.701	0.373	0.386
	11	8 kat-1-17-220	1.571	1.614	0.349	0.361
	12	8 kat-1-20-220	1.520	1.562	0.335	0.347
	13	8 kat-2-10-220	1.725	1.804	0.392	0.414
	14	8 kat-2-13-220	1.640	1.714	0.368	0.389
	15	8 kat-2-17-220	1.556	1.626	0.345	0.364
	16	8 kat-2-20-220	1.506	1.574	0.331	0.350
Zemin Sınıfı Z3	17	8 kat-1-10-220	1.742	1.790	0.549	0.568
	18	8 kat-1-13-220	1.656	1.701	0.516	0.533
	19	8 kat-1-17-220	1.571	1.614	0.483	0.500
	20	8 kat-1-20-220	1.520	1.562	0.464	0.480
	21	8 kat-2-10-220	1.725	1.804	0.542	0.573
	22	8 kat-2-13-220	1.640	1.714	0.509	0.538
	23	8 kat-2-17-220	1.556	1.626	0.477	0.504
	24	8 kat-2-20-220	1.506	1.574	0.458	0.484
Zemin Sınıfı Z4	25	8 kat-1-10-220	1.742	1.790	0.760	0.786
	26	8 kat-1-13-220	1.656	1.701	0.713	0.738
	27	8 kat-1-17-220	1.571	1.614	0.668	0.691
	28	8 kat-1-20-220	1.520	1.562	0.642	0.664
	29	8 kat-2-10-220	1.725	1.804	0.749	0.793
	30	8 kat-2-13-220	1.640	1.714	0.704	0.744
	31	8 kat-2-17-220	1.556	1.626	0.659	0.697
	32	8 kat-2-20-220	1.506	1.574	0.633	0.669

**Not:** 8 kat-1-10-220 (kat adedi-plan no-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı)

5. Oluşturulan bina modellerinde hesaplanan yer değiştirme istem değerlerine kadar tekrar itme analizi gerçekleştirilerek plastikleşen kolon-kirişlerin uçlarındaki açısız dönme istem değerleri elde edilmiştir. Açısız dönme değerleri plastik mafsal boyuna bölümü ile plastik eğrilikler hesaplanmış ve elastik eğrilik değeri ilave edilerek toplam eğrilikler hesaplanmıştır (Denklem 4.6). Bu çalışmada kolonların hasar durumlarının belirlenmesinde, herhangi bir binada kolon-kirişlerin tüm kesitleri aynı olduğundan birim şekil değıştirme analizi yapılmadan, XTRACT programından elde edilen normal kuvvet-eğrilik hasar bölgeleri üzerinden eleman hasar durum tespiti yapılmıştır. Tablo 4.4'teki birim şekil değıştirme sınır değerleri kullanılarak minimum (MN), güvenlik (GV) ve göçme (GÇ) hasar sınırları hesaplanmıştır. Örnek olarak 4 kat-1-10-220-Z1 binasında gerçekleştirilen kolonların değeriendirmesi Şekil 5.12'de verilmiştir. Kirişlerde ise toplam eğrilik istem değerleri ilgili sınır eğrilik talepleriyle karşılaştırılarak hasar durumları belirlenmiştir.

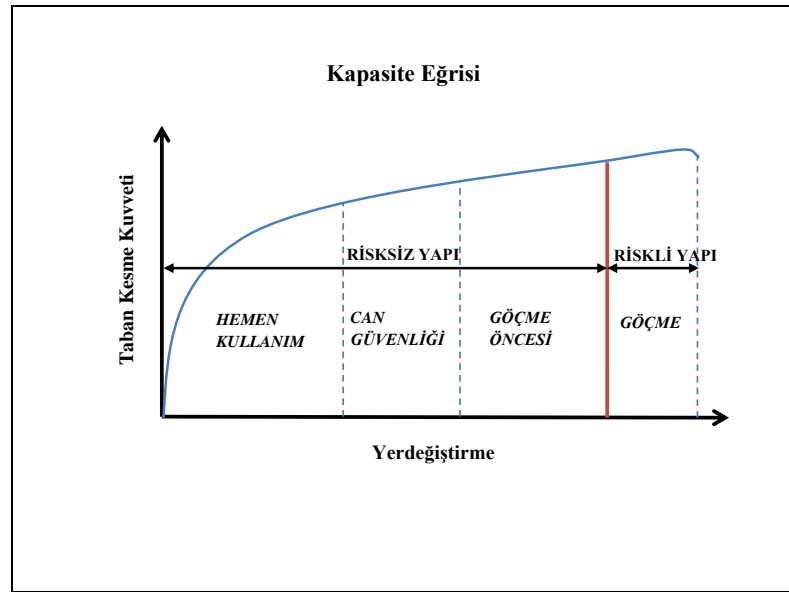


**Şekil 5.12:** 4-1-10-220-Z1 binasına ait kolonların hasar durumları.

6. Her bir binanın elemanlarının hasar durumları belirlendikten sonra Bölüm 4'te yer alan TDY-2007'deki kat hasarlı eleman sınırları (Tablo 4.4) için değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar RYTİE'a göre gerçekleştirilen risk durumları ile karşılaştırılması bölümünde verilmiştir.
- 7.

### 5.2.3 Risk ve Performans Durumlarının Karşılaştırılması

Türetilen binaların risk ve deprem performans değerlendirme sonuçları, her bir zemin sınıfı ile mevcut yanal donatının özel deprem etriyesi ve çirozu olma ve olmama durumları için tablolar halinde verilmiştir (Tablo 5.16, Tablo 5.17, Tablo 5.18). Binaların isimlendirilmesi "4 kat-1-10-220 (kat adet-plan no-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı)" şeklindedir. Karşılaştırmada Şekil 5.13'te gösterildiği üzere riskli yapının göçme durumu ile riskli olmayan yapıların ise göçme öncesi, can güvenliği ve hemen kullanım performans hedefleri arasındaki uyuma bakılmıştır.



Şekil 5.13: Risk ve performans durumları arasındaki ilişki.

**Tablo 5.16:** 4 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Ø200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı	RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı
Zemin Sınıfı Z1	1	4 kat-1-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	4 kat-1-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	4 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	4 kat-1-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	4 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Risksiz	Göçme Durumu
	6	4 kat-1-17-420	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
	7	4 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
	8	4 kat-1-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	9	4 kat-2-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	4 kat-2-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	4 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	4 kat-2-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	4 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Risksiz	Göçme Durumu
	14	4 kat-2-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Risksiz	Göçme Durumu
	15	4 kat-2-20-220	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
	16	4 kat-2-20-420	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z2	1	4 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	4 kat-1-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	4 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	4 kat-1-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	4 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	4 kat-1-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	4 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	4 kat-1-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	4 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	4 kat-2-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	4 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	4 kat-2-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	4 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	4 kat-2-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	4 kat-2-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	4 kat-2-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z3	1	4 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	4 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	4 kat-1-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	4 kat-1-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	4 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	4 kat-1-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	4 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	4 kat-1-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	4 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	4 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	4 kat-2-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	4 kat-2-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	4 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	4 kat-2-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	4 kat-2-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	4 kat-2-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z4	1	4 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	4 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	4 kat-1-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	4 kat-1-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	4 kat-1-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	4 kat-1-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	4 kat-1-20-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	4 kat-1-20-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	4 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	4 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	4 kat-2-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	4 kat-2-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	4 kat-2-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	4 kat-2-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	4 kat-2-20-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	4 kat-2-20-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu

**Not:**  RYTİE ile TDY-2007'ye göre değerlendirme sonucundaki farklılıkları ifade etmektedir.

**Tablo 5.17: 6 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması**

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Φ200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı	RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı
Zemin Sınıfı Z1	1	6 kat-1-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	6 kat-1-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	6 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	6 kat-1-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	5	6 kat-1-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	6	6 kat-1-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	7	6 kat-1-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	8	6 kat-1-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Can Güvenliği
	9	6 kat-2-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	6 kat-2-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	6 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	6 kat-2-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	13	6 kat-2-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	14	6 kat-2-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	15	6 kat-2-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	16	6 kat-2-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Can Güvenliği
Zemin Sınıfı Z2	1	6 kat-1-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	6 kat-1-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	6 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	6 kat-1-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	6 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	6 kat-1-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	7	6 kat-1-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	8	6 kat-1-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	9	6 kat-2-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	6 kat-2-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	6 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	6 kat-2-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	6 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	6 kat-2-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	15	6 kat-2-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	16	6 kat-2-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z3	1	6 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	6 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	6 kat-1-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	6 kat-1-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	6 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	6 kat-1-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	6 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	6 kat-1-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	6 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	6 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	6 kat-2-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	6 kat-2-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	6 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	6 kat-2-17-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	6 kat-2-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	6 kat-2-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z4	1	6 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	6 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	6 kat-1-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	6 kat-1-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	6 kat-1-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	6 kat-1-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	6 kat-1-20-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	6 kat-1-20-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	6 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	6 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	6 kat-2-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	6 kat-2-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	6 kat-2-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	6 kat-2-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	6 kat-2-20-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	6 kat-2-20-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu

**Not:**  RYTİE ile TDY-2007'ye göre değerlendirme sonucundaki farklılıkları ifade etmektedir.

**Tablo 5.18:** 8 Katlı yapılarda risk ve performans durumlarının karşılaştırılması

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Φ200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı	RYTİE Risk Durumu	TDY-2007 Mevcut Performansı
Zemin Sınıfı Z1	1	8 kat-1-10-220	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
	2	8 kat-1-10-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	3	8 kat-1-13-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	4	8 kat-1-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	5	8 kat-1-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	6	8 kat-1-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	7	8 kat-1-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Can Güvenliği
	8	8 kat-1-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	9	8 kat-2-10-220	Risksiz	Göçme Öncesi	Risksiz	Göçme Durumu
	10	8 kat-2-10-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	11	8 kat-2-13-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	12	8 kat-2-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	13	8 kat-2-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	14	8 kat-2-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	15	8 kat-2-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Can Güvenliği
	16	8 kat-2-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z2	1	8 kat-1-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	8 kat-1-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	8 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Risksiz	Göçme Durumu
	4	8 kat-1-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	5	8 kat-1-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	6	8 kat-1-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	7	8 kat-1-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	8	8 kat-1-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	9	8 kat-2-10-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	8 kat-2-10-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	8 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Risksiz	Göçme Durumu
	12	8 kat-2-13-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	13	8 kat-2-17-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Durumu
	14	8 kat-2-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	15	8 kat-2-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
	16	8 kat-2-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Risksiz	Göçme Öncesi
Zemin Sınıfı Z3	1	8 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	8 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	8 kat-1-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	8 kat-1-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	8 kat-1-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	8 kat-1-17-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	7	8 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Öncesi	Riskli	Göçme Durumu
	8	8 kat-1-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	8 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	8 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	8 kat-2-13-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	8 kat-2-13-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	8 kat-2-17-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	8 kat-2-17-420	Risksiz	Göçme Öncesi	Riskli	Göçme Durumu
	15	8 kat-2-20-220	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
	16	8 kat-2-20-420	Risksiz	Can Güvenliği	Riskli	Göçme Durumu
Zemin Sınıfı Z4	1	8 kat-1-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	2	8 kat-1-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	3	8 kat-1-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	4	8 kat-1-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	5	8 kat-1-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	6	8 kat-1-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	7	8 kat-1-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	8	8 kat-1-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	9	8 kat-2-10-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	10	8 kat-2-10-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	11	8 kat-2-13-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	12	8 kat-2-13-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	13	8 kat-2-17-220	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	14	8 kat-2-17-420	Riskli	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	15	8 kat-2-20-220	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu
	16	8 kat-2-20-420	Risksiz	Göçme Durumu	Riskli	Göçme Durumu

**Not:**  RYTİE ile TDY-2007'ye göre değerlendirme sonucundaki farklılıkları ifade etmektedir.



### 5.3 LP Kompozitler ile Güçlendirme Tasarımları

Performans değerlendirmesi sonucu yapıların kullanım amacı konut olduğu düşünüldüğünden can güvenliği hedef performansı sağlamayan yapılarda LP kompozitler ile güçlendirme tasarımları gerçekleştirilmiştir. Farklı mevcut malzeme dayanımlarına ve zemin sınıf durumlarına sahip yapılarda TDY-2007'deki esaslara göre güçlendirmenin efektifliği ve ekonomikliğini araştırmak amacıyla her bir tasarım için kullanılan malzeme miktarları “m<sup>2</sup>” üzerinden hesaplanmıştır. Kesme dayanımı artışı amacıyla gerçekleştirilen güçlendirmede kullanılan malzemenin boyu kolon net açıklık mesafesi, sünekliği artırmak amaçlı güçlendirmede ise sargılama boyu 60 cm alınmıştır. Güçlendirmede kullanılan karbon elyaf kumaşlar ile üretilen LP kompozit malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 5.19’da verilmiştir.

**Tablo 5.19:** Karbon lifin mekanik ve geometrik özellikleri.

Karakteristik Çekme Dayanımı [Mpa]	Karakteristik Elastisite Modülü [Mpa]	Maksimum Çekme Birim Şekildeğiştirme [mm/mm]	Birim Genişlik için Efektif Alan [mm <sup>2</sup> /mm]	Birim Ağırlık [kg/m <sup>3</sup> ]
3430	230000	0.016	0.165	1820

Güçlendirme tasarımlarında minimum malzeme kullanımı için TDY-2007'nin izin verdiği her bir katta ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kat kuvvetine katkısı %20 şartı doğrultusunda kimi kolonlar göçme hasar durumundan ileri hasar bölgesine taşınmıştır. Ayrıca, güçlendirilecek kolonların seçimi minimum malzeme miktarı dikkat edilerek yapılmıştır. Güçlendirme tasarımlarında uygulanan adımlar aşağıda verilmektedir.

- 1) Öncelikle farklı 4 beton basınç dayanımı ile 2 donatı sınıfına sahip KOLON1, KOLON2 ve KOLON3 (Şekil 5.3) kesitlerinde karbon lifin mekanik özellikleri doğrultusunda 2 ila 10 kat arasında gerçekleştirilecek sargılama ile artan maksimum beton basınç birim şekil değiştirme değerleri ve maksimum beton basınç dayanım değerleri Denklem 4.10-4.14 yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 5.20-5.22’de verilmiştir.

**Tablo 5.20:** KOLON1 LP kompozit sargılaması sonucu  $\epsilon_{cc}$  ve  $f_{cc}$  değerleri.

Kolon (B.B.D-D.S)	Boyutlar [cm]		$n_f$ [Kat]	$f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$t_f$ [mm]	$\rho_f$	$f_1$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$Ka$	$f_{cc}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{fu}$	$E_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{cc}$	$0.75 \cdot \epsilon_{cc}$
	x	y											
10-220	40	40	2	10	0.165	0.003	1.574	0.518	13.78	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	3	10	0.165	0.005	2.360	0.518	15.67	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	4	10	0.165	0.007	3.147	0.518	17.55	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	5	10	0.165	0.008	3.934	0.518	19.44	0.008	230000	0.017	0.013
	40	40	6	10	0.165	0.010	4.721	0.518	21.33	0.008	230000	0.019	0.014
	40	40	7	10	0.165	0.012	5.508	0.518	23.22	0.008	230000	0.021	0.016
	40	40	8	10	0.165	0.013	6.295	0.518	25.11	0.008	230000	0.023	0.017
	40	40	9	10	0.165	0.015	7.081	0.518	27.00	0.008	230000	0.025	0.019
40	40	10	10	0.165	0.017	7.868	0.518	28.88	0.008	230000	0.027	0.020	
10-420	40	40	2	10	0.165	0.003	1.574	0.518	13.78	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	3	10	0.165	0.005	2.360	0.518	15.67	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	4	10	0.165	0.007	3.147	0.518	17.55	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	5	10	0.165	0.008	3.934	0.518	19.44	0.008	230000	0.017	0.013
	40	40	6	10	0.165	0.010	4.721	0.518	21.33	0.008	230000	0.019	0.014
	40	40	7	10	0.165	0.012	5.508	0.518	23.22	0.008	230000	0.021	0.016
	40	40	8	10	0.165	0.013	6.295	0.518	25.11	0.008	230000	0.023	0.017
	40	40	9	10	0.165	0.015	7.081	0.518	27.00	0.008	230000	0.025	0.019
40	40	10	10	0.165	0.017	7.868	0.518	28.88	0.008	230000	0.027	0.020	
13-220	40	40	2	13	0.165	0.003	1.574	0.518	16.78	0.008	230000	0.008	0.006
	40	40	3	13	0.165	0.005	2.360	0.518	18.67	0.008	230000	0.010	0.008
	40	40	4	13	0.165	0.007	3.147	0.518	20.55	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	5	13	0.165	0.008	3.934	0.518	22.44	0.008	230000	0.014	0.011
	40	40	6	13	0.165	0.010	4.721	0.518	24.33	0.008	230000	0.016	0.012
	40	40	7	13	0.165	0.012	5.508	0.518	26.22	0.008	230000	0.018	0.013
	40	40	8	13	0.165	0.013	6.295	0.518	28.11	0.008	230000	0.019	0.015
	40	40	9	13	0.165	0.015	7.081	0.518	30.00	0.008	230000	0.021	0.016
40	40	10	13	0.165	0.017	7.868	0.518	31.88	0.008	230000	0.023	0.017	
13-420	40	40	2	13	0.165	0.003	1.574	0.518	16.78	0.008	230000	0.008	0.006
	40	40	3	13	0.165	0.005	2.360	0.518	18.67	0.008	230000	0.010	0.008
	40	40	4	13	0.165	0.007	3.147	0.518	20.55	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	5	13	0.165	0.008	3.934	0.518	22.44	0.008	230000	0.014	0.011
	40	40	6	13	0.165	0.010	4.721	0.518	24.33	0.008	230000	0.016	0.012
	40	40	7	13	0.165	0.012	5.508	0.518	26.22	0.008	230000	0.018	0.013
	40	40	8	13	0.165	0.013	6.295	0.518	28.11	0.008	230000	0.019	0.015
	40	40	9	13	0.165	0.015	7.081	0.518	30.00	0.008	230000	0.021	0.016
40	40	10	13	0.165	0.017	7.868	0.518	31.88	0.008	230000	0.023	0.017	
17-220	40	40	2	17	0.165	0.003	1.574	0.518	20.78	0.008	230000	0.007	0.005
	40	40	3	17	0.165	0.005	2.360	0.518	22.67	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	4	17	0.165	0.007	3.147	0.518	24.55	0.008	230000	0.010	0.008
	40	40	5	17	0.165	0.008	3.934	0.518	26.44	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	6	17	0.165	0.010	4.721	0.518	28.33	0.008	230000	0.013	0.010
	40	40	7	17	0.165	0.012	5.508	0.518	30.22	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	8	17	0.165	0.013	6.295	0.518	32.11	0.008	230000	0.016	0.012
	40	40	9	17	0.165	0.015	7.081	0.518	34.00	0.008	230000	0.018	0.013
40	40	10	17	0.165	0.017	7.868	0.518	35.88	0.008	230000	0.019	0.014	
17-420	40	40	2	17	0.165	0.003	1.574	0.518	20.78	0.008	230000	0.007	0.005
	40	40	3	17	0.165	0.005	2.360	0.518	22.67	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	4	17	0.165	0.007	3.147	0.518	24.55	0.008	230000	0.010	0.008
	40	40	5	17	0.165	0.008	3.934	0.518	26.44	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	6	17	0.165	0.010	4.721	0.518	28.33	0.008	230000	0.013	0.010
	40	40	7	17	0.165	0.012	5.508	0.518	30.22	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	8	17	0.165	0.013	6.295	0.518	32.11	0.008	230000	0.016	0.012
	40	40	9	17	0.165	0.015	7.081	0.518	34.00	0.008	230000	0.018	0.013
40	40	10	17	0.165	0.017	7.868	0.518	35.88	0.008	230000	0.019	0.014	
20-220	40	40	2	20	0.165	0.003	1.574	0.518	23.78	0.008	230000	0.006	0.005
	40	40	3	20	0.165	0.005	2.360	0.518	25.67	0.008	230000	0.008	0.006
	40	40	4	20	0.165	0.007	3.147	0.518	27.55	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	5	20	0.165	0.008	3.934	0.518	29.44	0.008	230000	0.011	0.008
	40	40	6	20	0.165	0.010	4.721	0.518	31.33	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	7	20	0.165	0.012	5.508	0.518	33.22	0.008	230000	0.013	0.010
	40	40	8	20	0.165	0.013	6.295	0.518	35.11	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	9	20	0.165	0.015	7.081	0.518	37.00	0.008	230000	0.016	0.012
40	40	10	20	0.165	0.017	7.868	0.518	38.88	0.008	230000	0.017	0.013	
20-420	40	40	2	20	0.165	0.003	1.574	0.518	23.78	0.008	230000	0.006	0.005
	40	40	3	20	0.165	0.005	2.360	0.518	25.67	0.008	230000	0.008	0.006
	40	40	4	20	0.165	0.007	3.147	0.518	27.55	0.008	230000	0.009	0.007
	40	40	5	20	0.165	0.008	3.934	0.518	29.44	0.008	230000	0.011	0.008
	40	40	6	20	0.165	0.010	4.721	0.518	31.33	0.008	230000	0.012	0.009
	40	40	7	20	0.165	0.012	5.508	0.518	33.22	0.008	230000	0.013	0.010
	40	40	8	20	0.165	0.013	6.295	0.518	35.11	0.008	230000	0.015	0.011
	40	40	9	20	0.165	0.015	7.081	0.518	37.00	0.008	230000	0.016	0.012
40	40	10	20	0.165	0.017	7.868	0.518	38.88	0.008	230000	0.017	0.013	

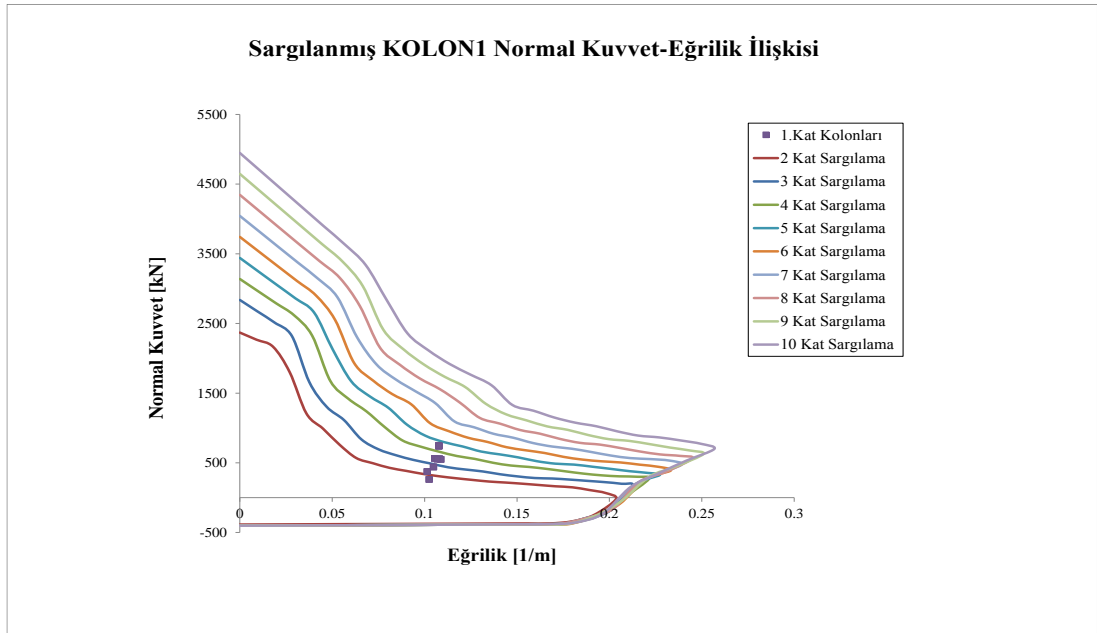
**Tablo 5.21: KOLON2 LP kompozit sargılaması sonucu  $\epsilon_{cc}$  ve  $f_{cc}$  değerleri.**

Kolon (B.B-D-D.S)	Boyutlar [cm]		$n_f$ [Kat]	$f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$t_f$ [mm]	$\rho_f$	$f_1$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$Ka$	$f_{cc}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{fu}$	$E_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{cc}$	$0.75 \cdot \epsilon_{cc}$
	x	y											
10-220	50	50	2	10	0.165	0.003	1.175	0.484	12.82	0.008	230000	0.008	0.006
	50	50	3	10	0.165	0.004	1.762	0.484	14.23	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	4	10	0.165	0.005	2.350	0.484	15.64	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	5	10	0.165	0.007	2.937	0.484	17.05	0.008	230000	0.014	0.010
	50	50	6	10	0.165	0.008	3.525	0.484	18.46	0.008	230000	0.016	0.012
	50	50	7	10	0.165	0.009	4.112	0.484	19.87	0.008	230000	0.017	0.013
	50	50	8	10	0.165	0.011	4.700	0.484	21.28	0.008	230000	0.019	0.014
	50	50	9	10	0.165	0.012	5.287	0.484	22.69	0.008	230000	0.021	0.015
	50	50	10	10	0.165	0.013	5.874	0.484	24.10	0.008	230000	0.022	0.017
10-420	50	50	2	10	0.165	0.003	1.175	0.484	12.82	0.008	230000	0.008	0.006
	50	50	3	10	0.165	0.004	1.762	0.484	14.23	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	4	10	0.165	0.005	2.350	0.484	15.64	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	5	10	0.165	0.007	2.937	0.484	17.05	0.008	230000	0.014	0.010
	50	50	6	10	0.165	0.008	3.525	0.484	18.46	0.008	230000	0.016	0.012
	50	50	7	10	0.165	0.009	4.112	0.484	19.87	0.008	230000	0.017	0.013
	50	50	8	10	0.165	0.011	4.700	0.484	21.28	0.008	230000	0.019	0.014
	50	50	9	10	0.165	0.012	5.287	0.484	22.69	0.008	230000	0.021	0.015
	50	50	10	10	0.165	0.013	5.874	0.484	24.10	0.008	230000	0.022	0.017
13-220	50	50	2	13	0.165	0.003	1.175	0.484	15.82	0.008	230000	0.007	0.005
	50	50	3	13	0.165	0.004	1.762	0.484	17.23	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	4	13	0.165	0.005	2.350	0.484	18.64	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	5	13	0.165	0.007	2.937	0.484	20.05	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	6	13	0.165	0.008	3.525	0.484	21.46	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	7	13	0.165	0.009	4.112	0.484	22.87	0.008	230000	0.015	0.011
	50	50	8	13	0.165	0.011	4.700	0.484	24.28	0.008	230000	0.016	0.012
	50	50	9	13	0.165	0.012	5.287	0.484	25.69	0.008	230000	0.017	0.013
	50	50	10	13	0.165	0.013	5.874	0.484	27.10	0.008	230000	0.019	0.014
13-420	50	50	2	13	0.165	0.003	1.175	0.484	15.82	0.008	230000	0.007	0.005
	50	50	3	13	0.165	0.004	1.762	0.484	17.23	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	4	13	0.165	0.005	2.350	0.484	18.64	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	5	13	0.165	0.007	2.937	0.484	20.05	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	6	13	0.165	0.008	3.525	0.484	21.46	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	7	13	0.165	0.009	4.112	0.484	22.87	0.008	230000	0.015	0.011
	50	50	8	13	0.165	0.011	4.700	0.484	24.28	0.008	230000	0.016	0.012
	50	50	9	13	0.165	0.012	5.287	0.484	25.69	0.008	230000	0.017	0.013
	50	50	10	13	0.165	0.013	5.874	0.484	27.10	0.008	230000	0.019	0.014
17-220	50	50	2	17	0.165	0.003	1.175	0.484	19.82	0.008	230000	0.006	0.005
	50	50	3	17	0.165	0.004	1.762	0.484	21.23	0.008	230000	0.007	0.006
	50	50	4	17	0.165	0.005	2.350	0.484	22.64	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	5	17	0.165	0.007	2.937	0.484	24.05	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	6	17	0.165	0.008	3.525	0.484	25.46	0.008	230000	0.011	0.008
	50	50	7	17	0.165	0.009	4.112	0.484	26.87	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	8	17	0.165	0.011	4.700	0.484	28.28	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	9	17	0.165	0.012	5.287	0.484	29.69	0.008	230000	0.014	0.011
	50	50	10	17	0.165	0.013	5.874	0.484	31.10	0.008	230000	0.016	0.012
17-420	50	50	2	17	0.165	0.003	1.175	0.484	19.82	0.008	230000	0.006	0.005
	50	50	3	17	0.165	0.004	1.762	0.484	21.23	0.008	230000	0.007	0.006
	50	50	4	17	0.165	0.005	2.350	0.484	22.64	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	5	17	0.165	0.007	2.937	0.484	24.05	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	6	17	0.165	0.008	3.525	0.484	25.46	0.008	230000	0.011	0.008
	50	50	7	17	0.165	0.009	4.112	0.484	26.87	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	8	17	0.165	0.011	4.700	0.484	28.28	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	9	17	0.165	0.012	5.287	0.484	29.69	0.008	230000	0.014	0.011
	50	50	10	17	0.165	0.013	5.874	0.484	31.10	0.008	230000	0.016	0.012
20-220	50	50	2	20	0.165	0.003	1.175	0.484	22.82	0.008	230000	0.006	0.004
	50	50	3	20	0.165	0.004	1.762	0.484	24.23	0.008	230000	0.007	0.005
	50	50	4	20	0.165	0.005	2.350	0.484	25.64	0.008	230000	0.008	0.006
	50	50	5	20	0.165	0.007	2.937	0.484	27.05	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	6	20	0.165	0.008	3.525	0.484	28.46	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	7	20	0.165	0.009	4.112	0.484	29.87	0.008	230000	0.011	0.008
	50	50	8	20	0.165	0.011	4.700	0.484	31.28	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	9	20	0.165	0.012	5.287	0.484	32.69	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	10	20	0.165	0.013	5.874	0.484	34.10	0.008	230000	0.014	0.010
20-420	50	50	2	20	0.165	0.003	1.175	0.484	22.82	0.008	230000	0.006	0.004
	50	50	3	20	0.165	0.004	1.762	0.484	24.23	0.008	230000	0.007	0.005
	50	50	4	20	0.165	0.005	2.350	0.484	25.64	0.008	230000	0.008	0.006
	50	50	5	20	0.165	0.007	2.937	0.484	27.05	0.008	230000	0.009	0.007
	50	50	6	20	0.165	0.008	3.525	0.484	28.46	0.008	230000	0.010	0.008
	50	50	7	20	0.165	0.009	4.112	0.484	29.87	0.008	230000	0.011	0.008
	50	50	8	20	0.165	0.011	4.700	0.484	31.28	0.008	230000	0.012	0.009
	50	50	9	20	0.165	0.012	5.287	0.484	32.69	0.008	230000	0.013	0.010
	50	50	10	20	0.165	0.013	5.874	0.484	34.10	0.008	230000	0.014	0.010

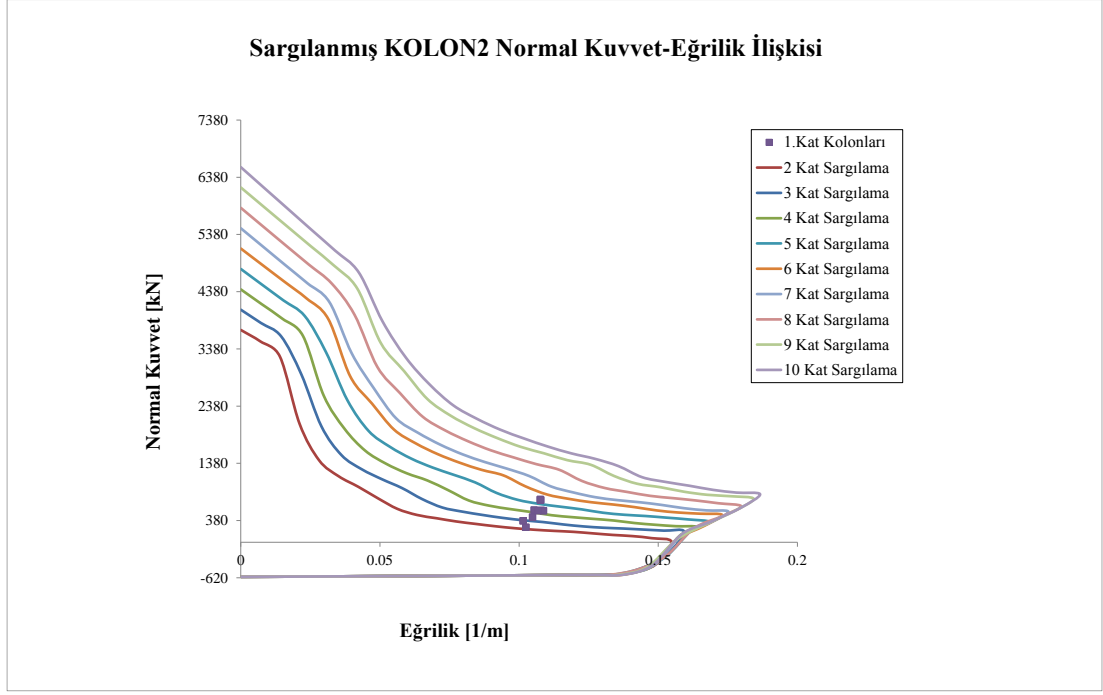
**Tablo 5.22: KOLON3 LP kompozit sargılaması sonucu  $\epsilon_{cc}$  ve  $f_{cc}$  değerleri.**

Kolon (B.B.D-D.S)	Boyutlar [cm]		$n_f$ [Kat]	$f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$t_f$ [mm]	$\rho_f$	$f_l$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Ka	$f_{cc}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{fu}$	$E_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{cc}$	$0.75 * \epsilon_{cc}$
	x	y											
10-220	60	60	2	10	0.165	0.002	0.931	0.460	12.23	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	3	10	0.165	0.003	1.397	0.460	13.35	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	4	10	0.165	0.004	1.862	0.460	14.47	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	5	10	0.165	0.006	2.328	0.460	15.59	0.008	230000	0.012	0.009
	60	60	6	10	0.165	0.007	2.793	0.460	16.70	0.008	230000	0.014	0.010
	60	60	7	10	0.165	0.008	3.259	0.460	17.82	0.008	230000	0.015	0.011
	60	60	8	10	0.165	0.009	3.724	0.460	18.94	0.008	230000	0.016	0.012
	60	60	9	10	0.165	0.010	4.190	0.460	20.06	0.008	230000	0.018	0.013
60	60	10	10	0.165	0.011	4.655	0.460	21.17	0.008	230000	0.019	0.014	
10-420	60	60	2	10	0.165	0.002	0.931	0.460	12.23	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	3	10	0.165	0.003	1.397	0.460	13.35	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	4	10	0.165	0.004	1.862	0.460	14.47	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	5	10	0.165	0.006	2.328	0.460	15.59	0.008	230000	0.012	0.009
	60	60	6	10	0.165	0.007	2.793	0.460	16.70	0.008	230000	0.014	0.010
	60	60	7	10	0.165	0.008	3.259	0.460	17.82	0.008	230000	0.015	0.011
	60	60	8	10	0.165	0.009	3.724	0.460	18.94	0.008	230000	0.016	0.012
	60	60	9	10	0.165	0.010	4.190	0.460	20.06	0.008	230000	0.018	0.013
60	60	10	10	0.165	0.011	4.655	0.460	21.17	0.008	230000	0.019	0.014	
13-220	60	60	2	13	0.165	0.002	0.931	0.460	15.23	0.008	230000	0.006	0.005
	60	60	3	13	0.165	0.003	1.397	0.460	16.35	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	4	13	0.165	0.004	1.862	0.460	17.47	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	5	13	0.165	0.006	2.328	0.460	18.59	0.008	230000	0.010	0.008
	60	60	6	13	0.165	0.007	2.793	0.460	19.70	0.008	230000	0.011	0.009
	60	60	7	13	0.165	0.008	3.259	0.460	20.82	0.008	230000	0.013	0.009
	60	60	8	13	0.165	0.009	3.724	0.460	21.94	0.008	230000	0.014	0.010
	60	60	9	13	0.165	0.010	4.190	0.460	23.06	0.008	230000	0.015	0.011
60	60	10	13	0.165	0.011	4.655	0.460	24.17	0.008	230000	0.016	0.012	
13-420	60	60	2	13	0.165	0.002	0.931	0.460	15.23	0.008	230000	0.006	0.005
	60	60	3	13	0.165	0.003	1.397	0.460	16.35	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	4	13	0.165	0.004	1.862	0.460	17.47	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	5	13	0.165	0.006	2.328	0.460	18.59	0.008	230000	0.010	0.008
	60	60	6	13	0.165	0.007	2.793	0.460	19.70	0.008	230000	0.011	0.009
	60	60	7	13	0.165	0.008	3.259	0.460	20.82	0.008	230000	0.013	0.009
	60	60	8	13	0.165	0.009	3.724	0.460	21.94	0.008	230000	0.014	0.010
	60	60	9	13	0.165	0.010	4.190	0.460	23.06	0.008	230000	0.015	0.011
60	60	10	13	0.165	0.011	4.655	0.460	24.17	0.008	230000	0.016	0.012	
17-220	60	60	2	17	0.165	0.002	0.931	0.460	19.23	0.008	230000	0.005	0.004
	60	60	3	17	0.165	0.003	1.397	0.460	20.35	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	4	17	0.165	0.004	1.862	0.460	21.47	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	5	17	0.165	0.006	2.328	0.460	22.59	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	6	17	0.165	0.007	2.793	0.460	23.70	0.008	230000	0.010	0.007
	60	60	7	17	0.165	0.008	3.259	0.460	24.82	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	8	17	0.165	0.009	3.724	0.460	25.94	0.008	230000	0.012	0.009
	60	60	9	17	0.165	0.010	4.190	0.460	27.06	0.008	230000	0.012	0.009
60	60	10	17	0.165	0.011	4.655	0.460	28.17	0.008	230000	0.013	0.010	
17-420	60	60	2	17	0.165	0.002	0.931	0.460	19.23	0.008	230000	0.005	0.004
	60	60	3	17	0.165	0.003	1.397	0.460	20.35	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	4	17	0.165	0.004	1.862	0.460	21.47	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	5	17	0.165	0.006	2.328	0.460	22.59	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	6	17	0.165	0.007	2.793	0.460	23.70	0.008	230000	0.010	0.007
	60	60	7	17	0.165	0.008	3.259	0.460	24.82	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	8	17	0.165	0.009	3.724	0.460	25.94	0.008	230000	0.012	0.009
	60	60	9	17	0.165	0.010	4.190	0.460	27.06	0.008	230000	0.012	0.009
60	60	10	17	0.165	0.011	4.655	0.460	28.17	0.008	230000	0.013	0.010	
20-220	60	60	2	20	0.165	0.002	0.931	0.460	22.23	0.008	230000	0.005	0.004
	60	60	3	20	0.165	0.003	1.397	0.460	23.35	0.008	230000	0.006	0.005
	60	60	4	20	0.165	0.004	1.862	0.460	24.47	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	5	20	0.165	0.006	2.328	0.460	25.59	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	6	20	0.165	0.007	2.793	0.460	26.70	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	7	20	0.165	0.008	3.259	0.460	27.82	0.008	230000	0.010	0.007
	60	60	8	20	0.165	0.009	3.724	0.460	28.94	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	9	20	0.165	0.010	4.190	0.460	30.06	0.008	230000	0.011	0.008
60	60	10	20	0.165	0.011	4.655	0.460	31.17	0.008	230000	0.012	0.009	
20-420	60	60	2	20	0.165	0.002	0.931	0.460	22.23	0.008	230000	0.005	0.004
	60	60	3	20	0.165	0.003	1.397	0.460	23.35	0.008	230000	0.006	0.005
	60	60	4	20	0.165	0.004	1.862	0.460	24.47	0.008	230000	0.007	0.005
	60	60	5	20	0.165	0.006	2.328	0.460	25.59	0.008	230000	0.008	0.006
	60	60	6	20	0.165	0.007	2.793	0.460	26.70	0.008	230000	0.009	0.007
	60	60	7	20	0.165	0.008	3.259	0.460	27.82	0.008	230000	0.010	0.007
	60	60	8	20	0.165	0.009	3.724	0.460	28.94	0.008	230000	0.011	0.008
	60	60	9	20	0.165	0.010	4.190	0.460	30.06	0.008	230000	0.011	0.008
60	60	10	20	0.165	0.011	4.655	0.460	31.17	0.008	230000	0.012	0.009	

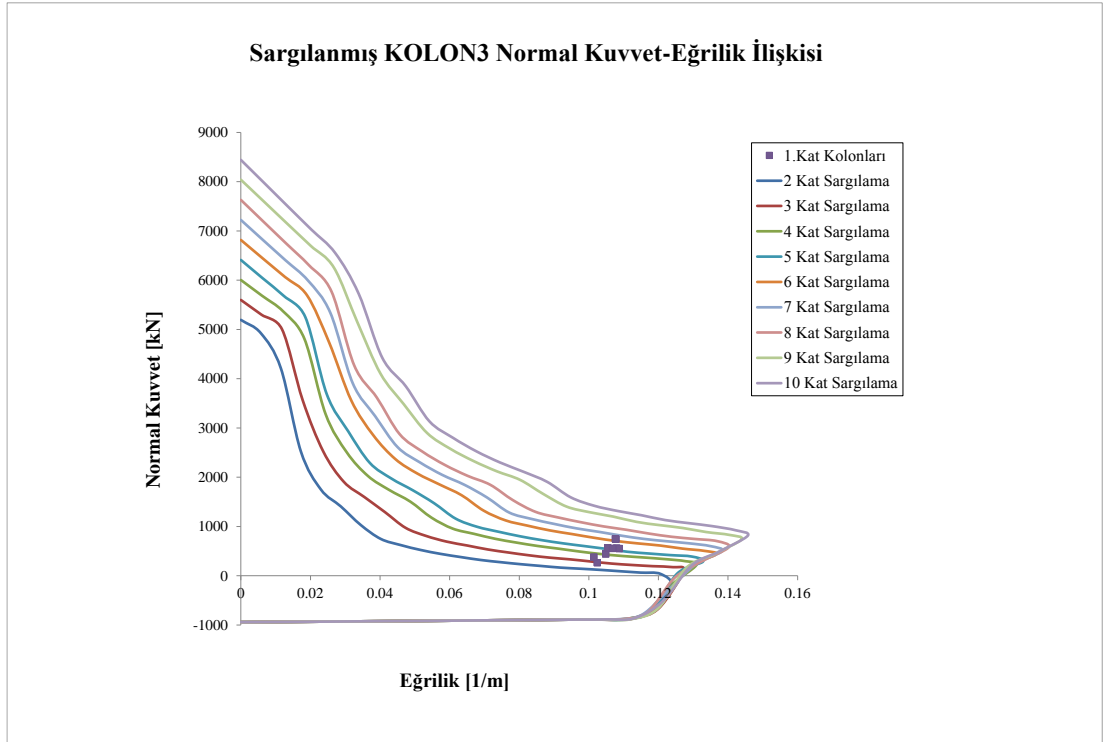
- 2) LP kompozitler ile sargılanmış kolonların  $\varepsilon_{cc}$  ve  $f_{cc}$  değerlerinin hesabı sonrası, sargılı beton için iki doğrulu davranış modeli (Şekil 4.7) tanımlanmıştır. XTRACT programı yardımıyla 2-10 kat arası sargılanmış KOLON1, KOLON2 ve KOLON3 kesitlerinin normal kuvvet-eğrilik ilişkileri, güvenlik ve göçme sınır birim şekil değiştirme değerleri için çıkarılmıştır. Örnek olarak beton basınç dayanımı 10Mpa, donatı sınıfı S220 olan KOLON1, KOLON2 ve KOLON3 için hesaplanan normal kuvvet-eğrilik ilişkileri Şekil 5.14-5.16’da verilmiştir.
- 3) Güçlendirilmiş kolonlar için çıkarılan normal kuvvet-eğrilik ilişkileri üzerinden göçme bölgesinde bulunan kolonların ileri ya da belirgin hasar bölgesine taşımak için gerekli sargılama kat adedi hesaplanmıştır (Şekil 5.14). Güçlendirme tasarımlarının ekonomik olabilmesi için ileri hasar bölgesinde bulunan kolonların toplam kat kesme kuvvetine katkısı %20’den az olduğu durumlarda ilgili kolonlarda güçlendirme gerçekleştirilmemiştir. Özellikle 8 katlı ve S420 donatı sınıfı malzeme özelliklerine sahip binalarda görülen kesme dayanımı artışı için gerçekleştirilen sargılamadaki kat adedi, sünek davranış için gerekli sargılama adedine dahil edilmiştir. Tüm binaların güçlendirilmesinde kullanılan hesaplanmış malzeme miktarları Tablo 5.23-5.24-5.25’te verilmiştir.



**Şekil 5.14:** LP ile sargılanmış KOLON1’in göçme sınır N- $\phi$  ilişkisi.



**Şekil 5.15:** LP ile sargılanmış KOLON2'nin göçme sınır N- $\phi$  ilişkisi.



**Şekil 5.16:** LP ile sargılanmış KOLON3'ün göçme sınır N- $\phi$  ilişkisi.

**Tablo 5.23:** 4 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Φ200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]	TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]
Zemin Sınıfı Z1	1	4 kat-1-10-220	Göçme Durumu	101.76	Göçme Durumu	103.68
	2	4 kat-1-10-420	Göçme Durumu	99.84	Göçme Durumu	101.76
	3	4 kat-1-13-220	Göçme Durumu	79.68	Göçme Durumu	93.12
	4	4 kat-1-13-420	Göçme Durumu	74.88	Göçme Durumu	90.24
	5	4 kat-1-17-220	Göçme Durumu	42.24	Göçme Durumu	74.88
	6	4 kat-1-17-420	Göçme Öncesi	26.88	Göçme Durumu	77.76
	7	4 kat-1-20-220	Göçme Öncesi	17.28	Göçme Durumu	67.2
	8	4 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	58.56
	9	4 kat-2-10-220	Göçme Durumu	135.36	Göçme Durumu	135.36
	10	4 kat-2-10-420	Göçme Durumu	142.08	Göçme Durumu	142.08
	11	4 kat-2-13-220	Göçme Durumu	99.84	Göçme Durumu	117.12
	12	4 kat-2-13-420	Göçme Durumu	96	Göçme Durumu	111.36
	13	4 kat-2-17-220	Göçme Durumu	69.12	Göçme Durumu	96.96
	14	4 kat-2-17-420	Göçme Durumu	69.12	Göçme Durumu	97.92
	15	4 kat-2-20-220	Göçme Öncesi	19.2	Göçme Durumu	82.56
	16	4 kat-2-20-420	Göçme Öncesi	19.2	Göçme Durumu	82.56
Zemin Sınıfı Z2	1	4 kat-1-10-220	Göçme Durumu	129.6	Göçme Durumu	129.6
	2	4 kat-1-10-420	Göçme Durumu	122.88	Göçme Durumu	122.88
	3	4 kat-1-13-220	Göçme Durumu	105.6	Göçme Durumu	111.36
	4	4 kat-1-13-420	Göçme Durumu	115.2	Göçme Durumu	120.96
	5	4 kat-1-17-220	Göçme Durumu	77.76	Göçme Durumu	95.04
	6	4 kat-1-17-420	Göçme Durumu	90.24	Göçme Durumu	108.48
	7	4 kat-1-20-220	Göçme Durumu	64.32	Göçme Durumu	91.2
	8	4 kat-1-20-420	Göçme Durumu	64.32	Göçme Durumu	93.12
	9	4 kat-2-10-220	Göçme Durumu	170.88	Göçme Durumu	170.88
	10	4 kat-2-10-420	Göçme Durumu	170.88	Göçme Durumu	170.88
	11	4 kat-2-13-220	Göçme Durumu	129.6	Göçme Durumu	136.32
	12	4 kat-2-13-420	Göçme Durumu	145.92	Göçme Durumu	148.8
	13	4 kat-2-17-220	Göçme Durumu	115.2	Göçme Durumu	131.52
	14	4 kat-2-17-420	Göçme Durumu	118.08	Göçme Durumu	135.36
	15	4 kat-2-20-220	Göçme Durumu	82.56	Göçme Durumu	114.24
	16	4 kat-2-20-420	Göçme Durumu	82.56	Göçme Durumu	116.16
Zemin Sınıfı Z3	1	4 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	4 kat-1-10-420	Göçme Durumu	173.76	Göçme Durumu	173.76
	3	4 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	4 kat-1-13-420	Göçme Durumu	179.52	Göçme Durumu	179.52
	5	4 kat-1-17-220	Göçme Durumu	152.64	Göçme Durumu	163.2
	6	4 kat-1-17-420	Göçme Durumu	153.6	Göçme Durumu	159.36
	7	4 kat-1-20-220	Göçme Durumu	145.92	Göçme Durumu	170.88
	8	4 kat-1-20-420	Göçme Durumu	124.8	Göçme Durumu	142.08
	9	4 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	4 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	4 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	4 kat-2-13-420	Göçme Durumu	220.8	Göçme Durumu	220.8
	13	4 kat-2-17-220	Göçme Durumu	228.48	Göçme Durumu	228.48
	14	4 kat-2-17-420	Göçme Durumu	208.32	Göçme Durumu	208.32
	15	4 kat-2-20-220	Göçme Durumu	200.64	Göçme Durumu	221.76
	16	4 kat-2-20-420	Göçme Durumu	183.36	Göçme Durumu	192.96
Zemin Sınıfı Z4	1	4 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	4 kat-1-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	3	4 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	4 kat-1-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	5	4 kat-1-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	6	4 kat-1-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	7	4 kat-1-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	8	4 kat-1-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	9	4 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	4 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	4 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	4 kat-2-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	13	4 kat-2-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	14	4 kat-2-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	15	4 kat-2-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	16	4 kat-2-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil

**Not:** “Ekonomik Değil” olarak ifade edilen yapılarda, ileri hasar veya göçme hasar bölgesine taşınan kirişlerin toplam kat kirişlerine olan sınır değer aşılmıştır.

**Tablo 5.24:** 6 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları.

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Φ200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]	TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]
Zemin Sınıfı Z1	1	6 kat-1-10-220	Göçme Durumu	100.8	Göçme Durumu	123.6
	2	6 kat-1-10-420	Göçme Durumu	67.2	Göçme Durumu	110.4
	3	6 kat-1-13-220	Göçme Durumu	67.2	Göçme Durumu	109.2
	4	6 kat-1-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	66
	5	6 kat-1-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	76.8
	6	6 kat-1-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	26.4
	7	6 kat-1-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	39.6
	8	6 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Can Güvenliği	-
	9	6 kat-2-10-220	Göçme Durumu	134.1	Göçme Durumu	164.4
	10	6 kat-2-10-420	Göçme Durumu	95.6	Göçme Durumu	157.1
	11	6 kat-2-13-220	Göçme Durumu	84.2	Göçme Durumu	136.8
	12	6 kat-2-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	84.6
	13	6 kat-2-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	125.7
	14	6 kat-2-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	67.9
	15	6 kat-2-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	44.0
	16	6 kat-2-20-420	Can Güvenliği	-	Can Güvenliği	-
Zemin Sınıfı Z2	1	6 kat-1-10-220	Göçme Durumu	165.6	Göçme Durumu	171.6
	2	6 kat-1-10-420	Göçme Durumu	141.6	Göçme Durumu	156
	3	6 kat-1-13-220	Göçme Durumu	134.4	Göçme Durumu	163.2
	4	6 kat-1-13-420	Göçme Durumu	72	Göçme Durumu	129.6
	5	6 kat-1-17-220	Göçme Durumu	46.8	Göçme Durumu	126
	6	6 kat-1-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	93.6
	7	6 kat-1-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	91.2
	8	6 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	79.2
	9	6 kat-2-10-220	Göçme Durumu	220.3	Göçme Durumu	228.3
	10	6 kat-2-10-420	Göçme Durumu	201.5	Göçme Durumu	222.0
	11	6 kat-2-13-220	Göçme Durumu	168.4	Göçme Durumu	204.5
	12	6 kat-2-13-420	Göçme Durumu	92.3	Göçme Durumu	166.2
	13	6 kat-2-17-220	Göçme Durumu	76.6	Göçme Durumu	206.2
	14	6 kat-2-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	240.7
	15	6 kat-2-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	101.3
	16	6 kat-2-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	88.0
Zemin Sınıfı Z3	1	6 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	6 kat-1-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	3	6 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	6 kat-1-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	5	6 kat-1-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	6	6 kat-1-17-420	Göçme Durumu	165.6	Göçme Durumu	201.6
	7	6 kat-1-20-220	Göçme Durumu	129.6	Göçme Durumu	170.4
	8	6 kat-1-20-420	Göçme Durumu	112.8	Göçme Durumu	165.6
	9	6 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	6 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	6 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	6 kat-2-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	13	6 kat-2-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	14	6 kat-2-17-420	Göçme Durumu	220.8	Göçme Durumu	245.9
	15	6 kat-2-20-220	Göçme Durumu	172.8	Göçme Durumu	212.6
	16	6 kat-2-20-420	Göçme Durumu	137.6	Göçme Durumu	198.6
Zemin Sınıfı Z4	1	6 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	6 kat-1-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	3	6 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	6 kat-1-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	5	6 kat-1-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	6	6 kat-1-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	7	6 kat-1-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	8	6 kat-1-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	9	6 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	6 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	6 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	6 kat-2-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	13	6 kat-2-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	14	6 kat-2-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	15	6 kat-2-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	16	6 kat-2-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil

**Not:** “Ekonomik Değil” olarak ifade edilen yapılarda, ileri hasar veya göçme hasar bölgesine taşınan kirişlerin toplam kat kirişlerine olan sınır değer aşılmıştır.



**Tablo 5.25: 8 katlı binaların güçlendirilmesinde kullanılan malzeme miktarları.**

Zemin Sınıfı	No	Bina Adı	Yanal Donatı 8Φ200 Özel Deprem Etriyesi		Yanal Donatı Özel Deprem Etriyesi Değil	
			TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]	TDY-2007 Mevcut Performansı	Kullanılan LP Kompozit Malzeme Miktarı [m <sup>2</sup> ]
Zemin Sınıfı Z1	1	8 kat-1-10-220	Göçme Öncesi	21.6	Göçme Durumu	170.4
	2	8 kat-1-10-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	171.84
	3	8 kat-1-13-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	90.72
	4	8 kat-1-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	120
	5	8 kat-1-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	18
	6	8 kat-1-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	120
	7	8 kat-1-20-220	Can Güvenliği	-	Can Güvenliği	-
	8	8 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	84
	9	8 kat-2-10-220	Göçme Öncesi	97.92	Göçme Durumu	204
	10	8 kat-2-10-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	207.36
	11	8 kat-2-13-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	126.72
	12	8 kat-2-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	144
	13	8 kat-2-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	24
	14	8 kat-2-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	144
	15	8 kat-2-20-220	Can Güvenliği	-	Can Güvenliği	-
	16	8 kat-2-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	72
Zemin Sınıfı Z2	1	8 kat-1-10-220	Göçme Durumu	149.76	Göçme Durumu	242.4
	2	8 kat-1-10-420	Göçme Durumu	95.04	Göçme Durumu	243.84
	3	8 kat-1-13-220	Göçme Durumu	95.04	Göçme Durumu	165.12
	4	8 kat-1-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	177.6
	5	8 kat-1-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	106.32
	6	8 kat-1-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	120
	7	8 kat-1-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	34.56
	8	8 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	120
	9	8 kat-2-10-220	Göçme Durumu	190.08	Göçme Durumu	292.56
	10	8 kat-2-10-420	Göçme Durumu	132.48	Göçme Durumu	292.32
	11	8 kat-2-13-220	Göçme Durumu	132.48	Göçme Durumu	211.92
	12	8 kat-2-13-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	233.28
	13	8 kat-2-17-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	129.6
	14	8 kat-2-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	155.52
	15	8 kat-2-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	28.8
	16	8 kat-2-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Öncesi	144
Zemin Sınıfı Z3	1	8 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	8 kat-1-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	3	8 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	8 kat-1-13-420	Göçme Durumu	176.16	Göçme Durumu	318.72
	5	8 kat-1-17-220	Göçme Durumu	85.2	Göçme Durumu	216.24
	6	8 kat-1-17-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	268.32
	7	8 kat-1-20-220	Göçme Öncesi	34.56	Göçme Durumu	173.76
	8	8 kat-1-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	209.28
	9	8 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	8 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	8 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	8 kat-2-13-420	Göçme Durumu	230.88	Göçme Durumu	385.92
	13	8 kat-2-17-220	Göçme Durumu	156.96	Göçme Durumu	279.36
	14	8 kat-2-17-420	Göçme Öncesi	58.08	Göçme Durumu	325.44
	15	8 kat-2-20-220	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	232.32
	16	8 kat-2-20-420	Can Güvenliği	-	Göçme Durumu	263.52
Zemin Sınıfı Z4	1	8 kat-1-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	2	8 kat-1-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	3	8 kat-1-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	4	8 kat-1-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	5	8 kat-1-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	6	8 kat-1-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	7	8 kat-1-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	8	8 kat-1-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	9	8 kat-2-10-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	10	8 kat-2-10-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	11	8 kat-2-13-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	12	8 kat-2-13-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	13	8 kat-2-17-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	14	8 kat-2-17-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	15	8 kat-2-20-220	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil
	16	8 kat-2-20-420	Göçme Durumu	Ekonomik Değil	Göçme Durumu	Ekonomik Değil

**Not:** “Ekonomik Değil” olarak ifade edilen yapılarda, ileri hasar veya göçme hasar bölgesine taşınan kirişlerin toplam kat kirişlerine olan sınır değer aşılmıştır.

#### 5.4 LP Kompozitler ile Güçlendirilmiş Yapıların Tekrar Performans Değerlendirilmesi

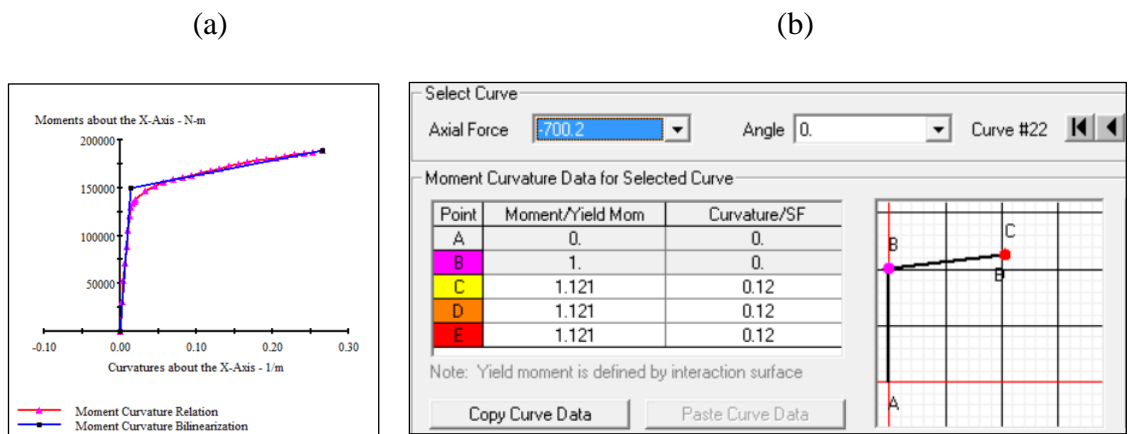
Bu tez kapsamında incelenen binalarda gerçekleştirilen değerlendirme ve güçlendirme çalışmalarına ek olarak, 4 katlı farklı 8 adet karakteristik malzeme özelliklerine sahip LP sargılama ile güçlendirilen yapılarda tekrar performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Bir önceki kısımda elde edilen sonuçlar dikkate alınarak Z1 ve Z2 zemin sınıflarında yer alma durumları için binaların güçlendirme tasarımları dikkate alınmıştır. Güçlendirilen binaların zemin kat kolonlarındaki sargılama adetleri Tablo 5.26’de verilmiştir. Köşe, kenar ve orta şeklinde isimlendirilen kolonlar Şekil 5.8’de tanımlanmıştır.

**Tablo 5.26:** 4 katlı binalarda LP güçlendirme sargı adedi.

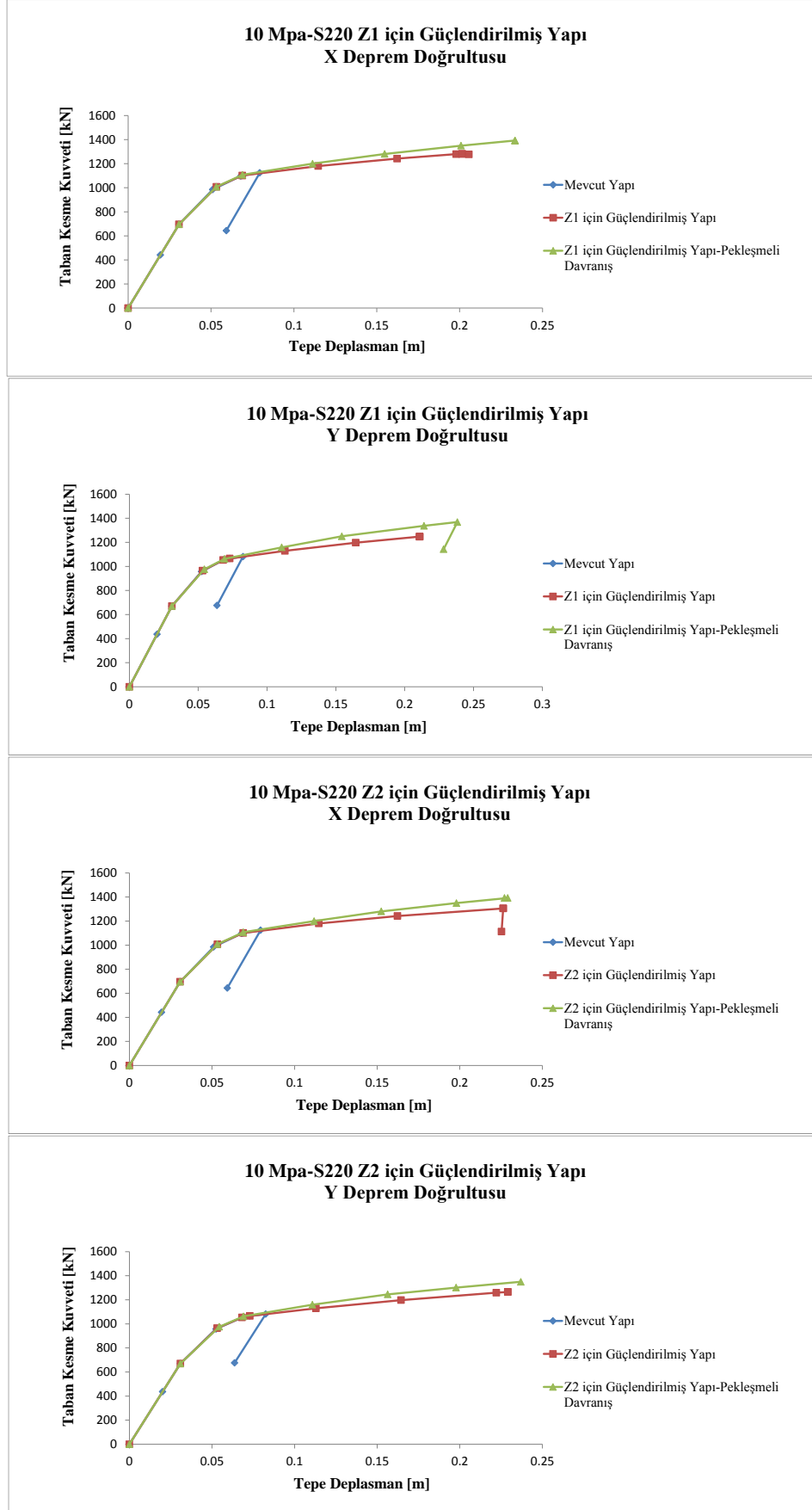
Bina Adı	Zemin Sınıfı	Sargılama Kat Adedi		
		Köşe Kolon	Kenar Kolon	Orta Kolon
4-10-220	Z1	4	6	7
	Z2	5	7	8
4-10-420	Z1	4	6-5	7
	Z2	5	7	8
4-13-220	Z1	3	5	7
	Z2	4	6	8
4-13-420	Z1	3	5	7
	Z2	5	7	8
4-17-220	Z1	3	4	6
	Z2	3	6-5	7
4-17-420	Z1	2	4	6
	Z2	4	6	8
4-20-220	Z1	2	4	5
	Z2	3	5	7
4-20-420	Z1	0	3	5
	Z2	3	5	7

**Not:** 4-13-220 isimlendirmesi "kat adedi-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı" şeklindedir.

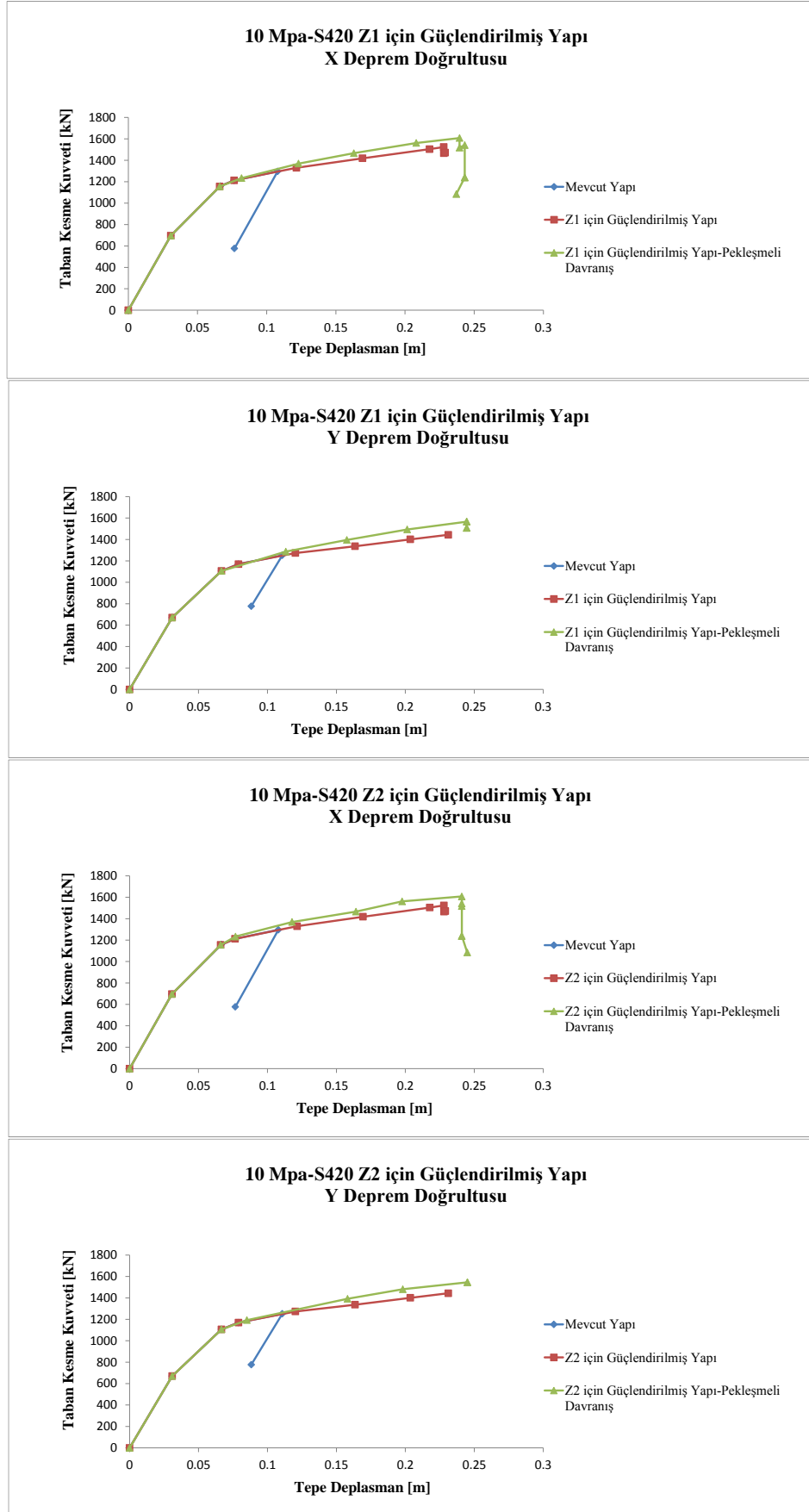
Güçlendirilmiş 4 katlı yapıların tekrar değerlendirilmesi, Bölüm 5.2’de deprem performansı değerlendirmesi aşamasında izlenen adımlardan farklı olarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle XTRACT yardımıyla Tablo 5.26’deki kat sargı adedi için güçlendirilmiş KOLON1 kesitlerinin çıkarılmış karşılıklı etkileşim diyagramlarında yer alan normal kuvvet değerleri için moment-eğrilik ilişkileri güvenlik ve göçme sınır birim şekil değiştirme değerleri dikkate alınarak elde edilmiştir. Sonra binaların SAP2000 programında değerlendirilmesi için oluşturulmuş analiz modellerinde etkileşim diyagramlarının normal kuvvet seviyeleri için moment-eğrilik ilişkileri tanımlanmıştır. Ayrıca LP ile sargılanmış kolonlarda gözlenen pekleşmeli moment-eğrilik ilişkileri (Şekil 5.17) için ayrı modeller oluşturularak tekrar değerlendirme yapılmıştır. SAP2000 modellerinde, TDY-2007 yönetmeliğinin can güvenliği performans hedefinde ileri hasar bölgesine geçebilmesine izin verdiği oran miktarınca kolonda, göçme sınır birim şekil değiştirme değerleri için çıkarılan moment- eğrilik ilişkileri tanımlanmıştır. Diğer kolonlarda ise güvenlik sınır birim şekil değiştirme değerleri için çıkarılan moment-eğrilik ilişkileri tanımlanmıştır. Kirişlerinde aynı şekilde moment-eğrilik ilişkileri birim şekil değiştirme hasar sınırları için tanımlanmıştır. Oluşturulan güçlendirilmiş modellerde itme analizleri gerçekleştirilerek binaların yer değiştirme talepleri elde edilmiş ve performans istem değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 5.27-5.28). Z1 ve Z2 zemin sınıfı için LP kompozitler ile güçlendirilmiş binalarda gerçekleştirilen itme analizlerinin sonuçları Şekil 5.18-Şekil 5.25’te verilmiştir.



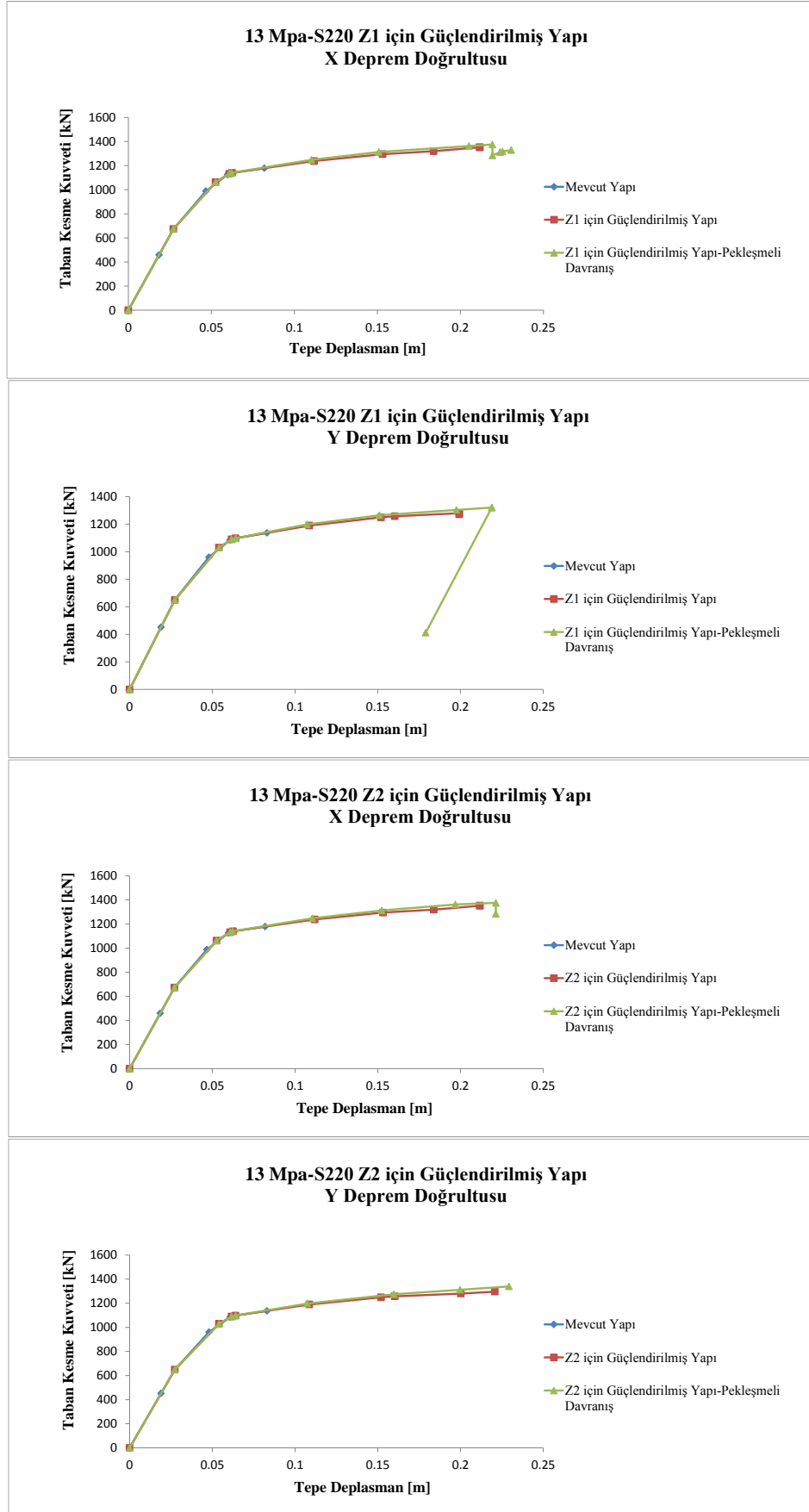
Şekil 5.17: Pekleşmeli moment-eğrilik ilişkisi a) XTRACT, b)SAP2000



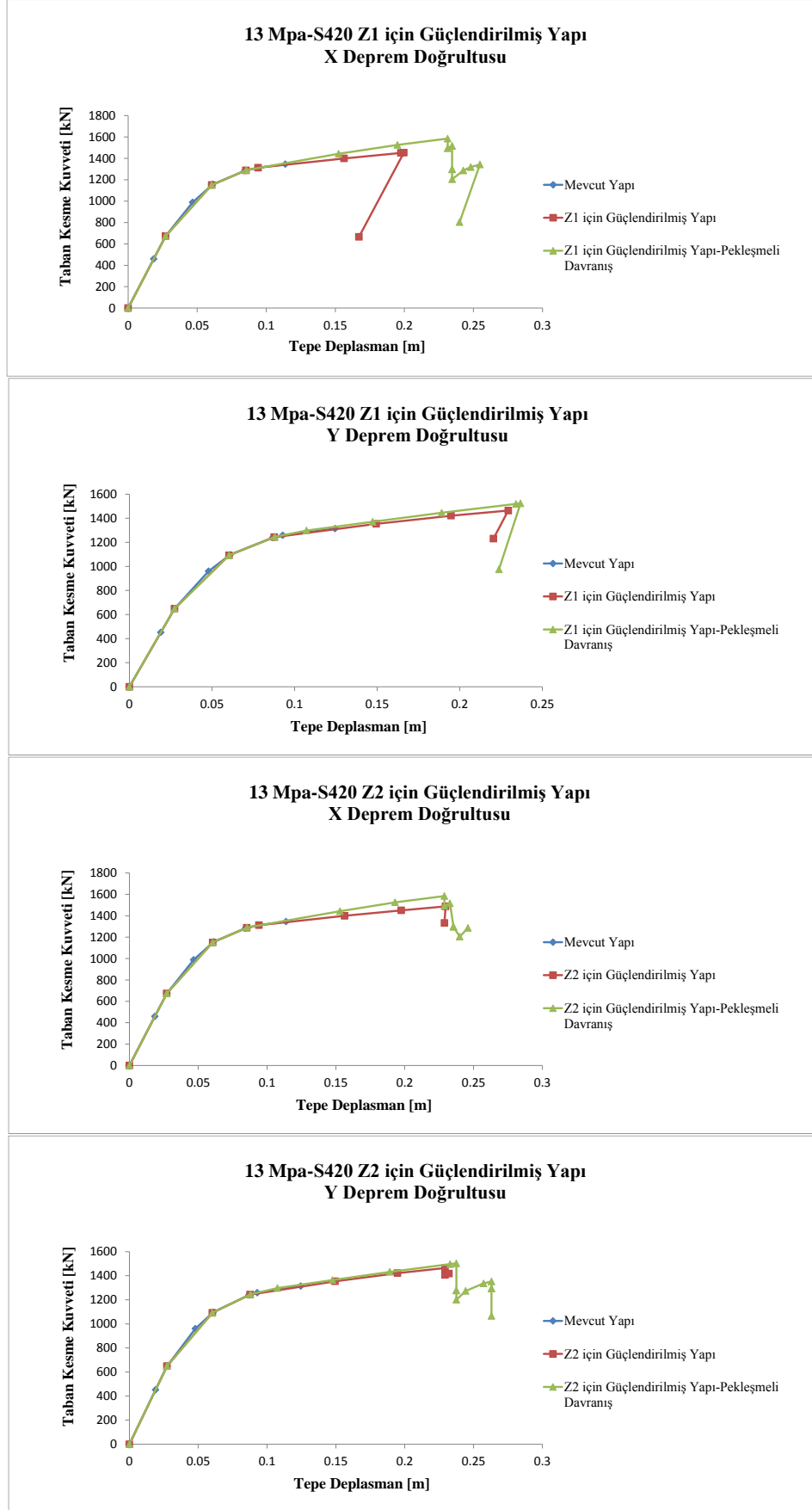
Şekil 5.18: 4-1-10-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.



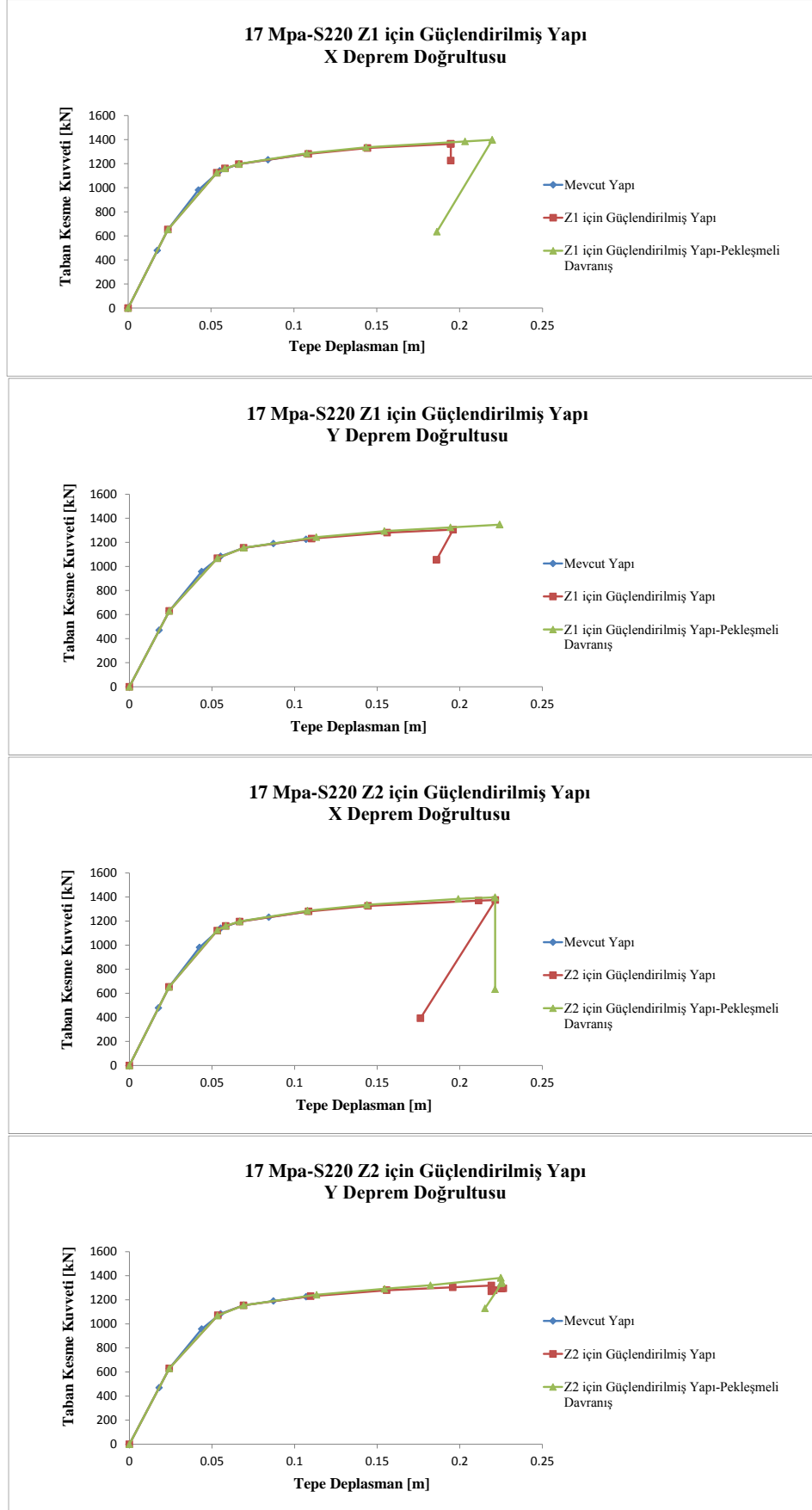
Şekil 5.19: 4-1-10-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.



Şekil 5.20: 4-1-13-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.

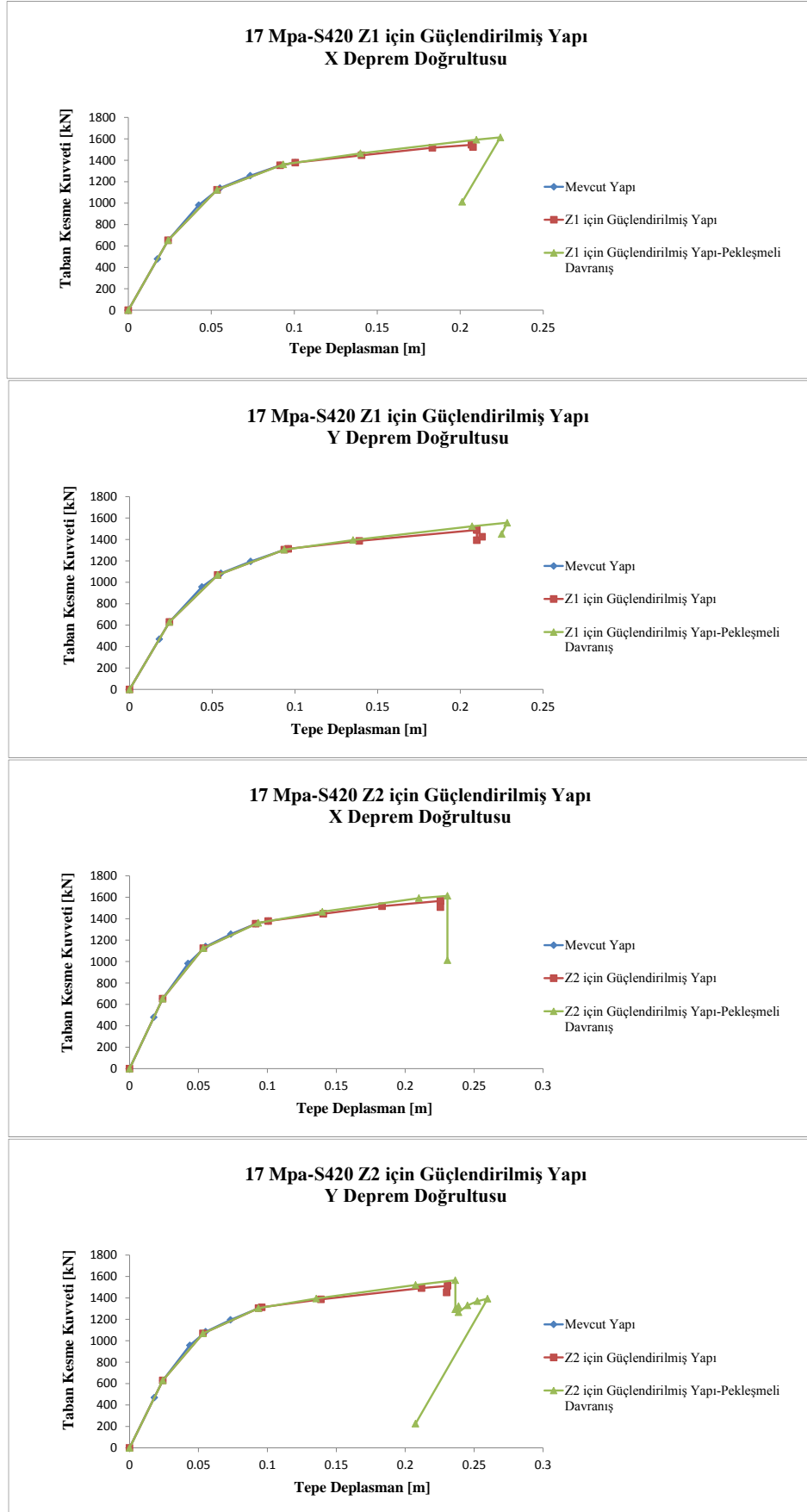


Şekil 5.21: 4-1-13-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.

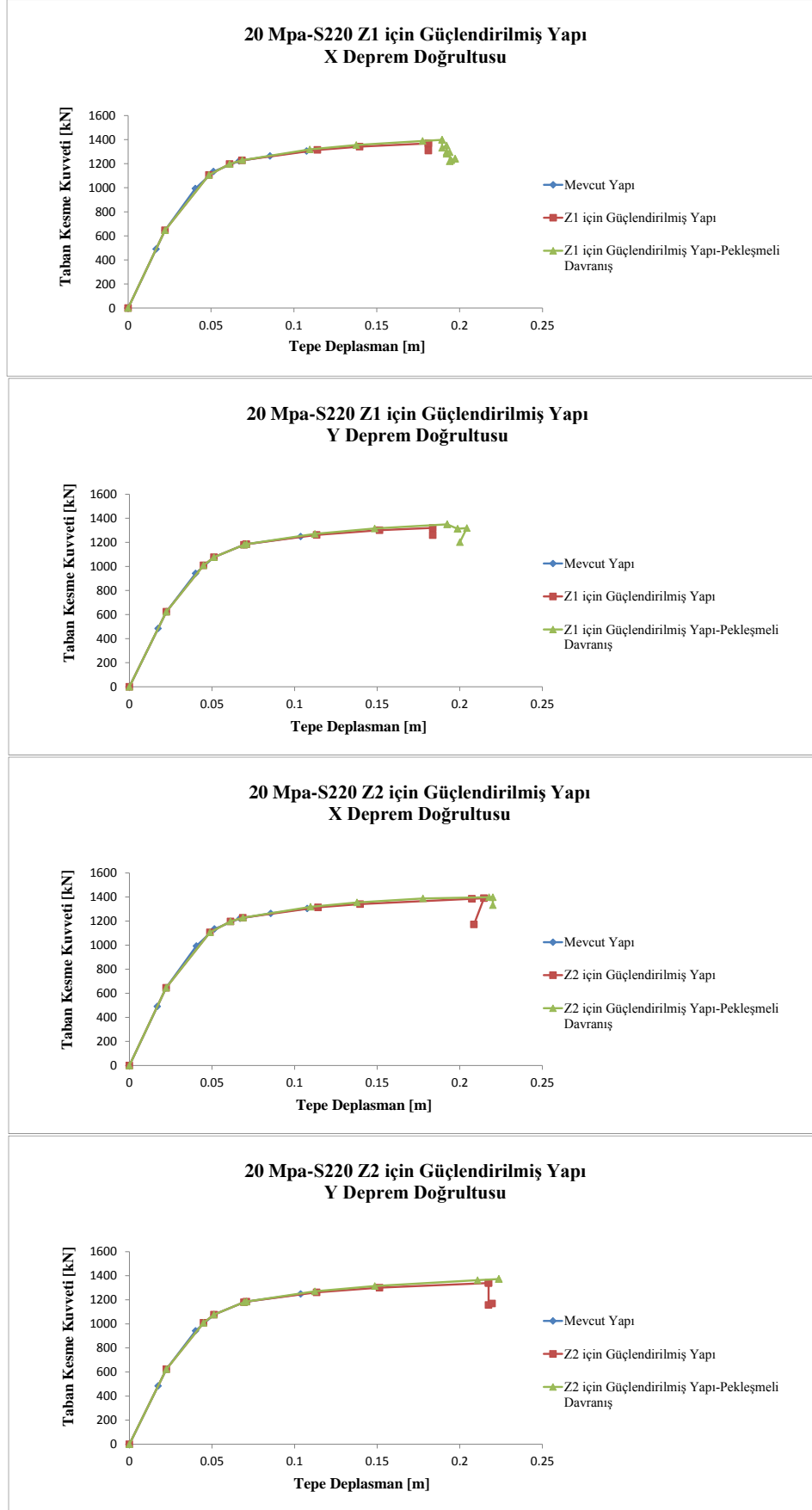


Şekil 5.22: 4-1-17-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.

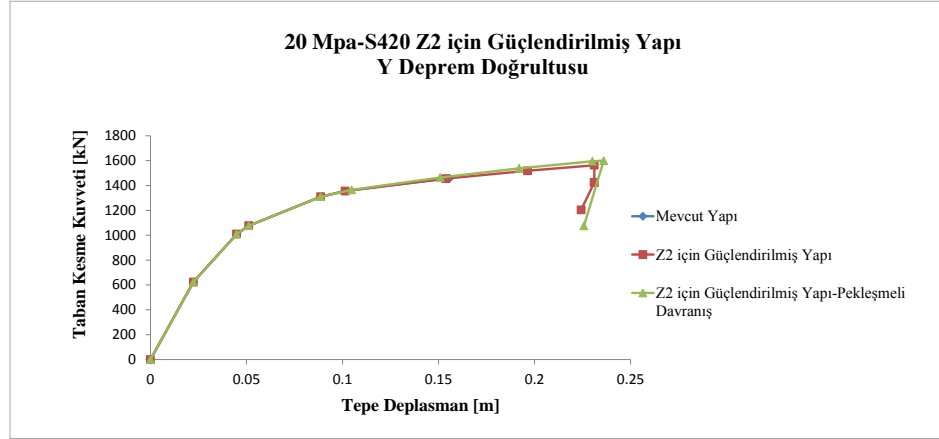
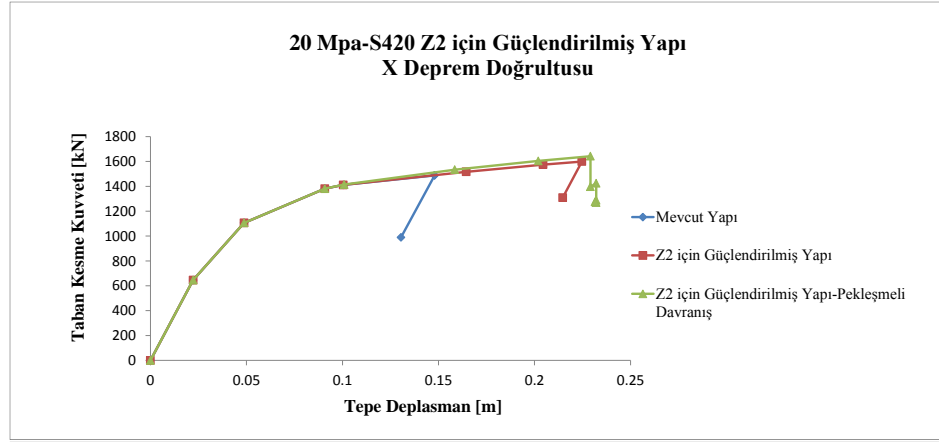
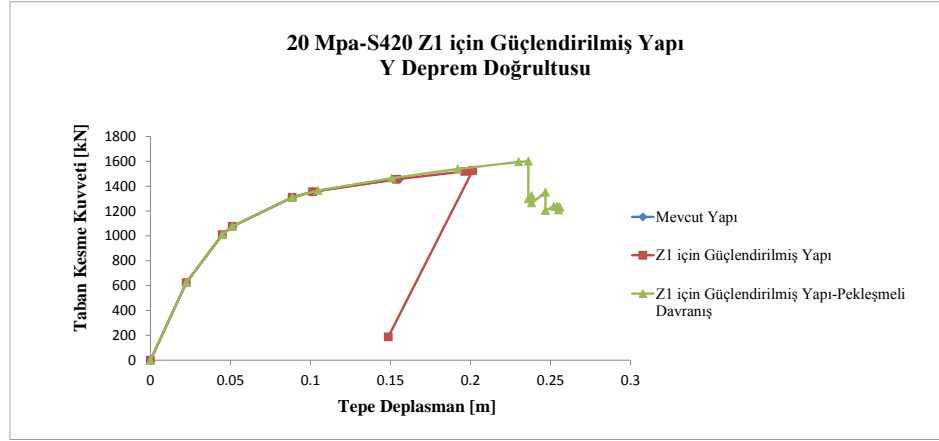
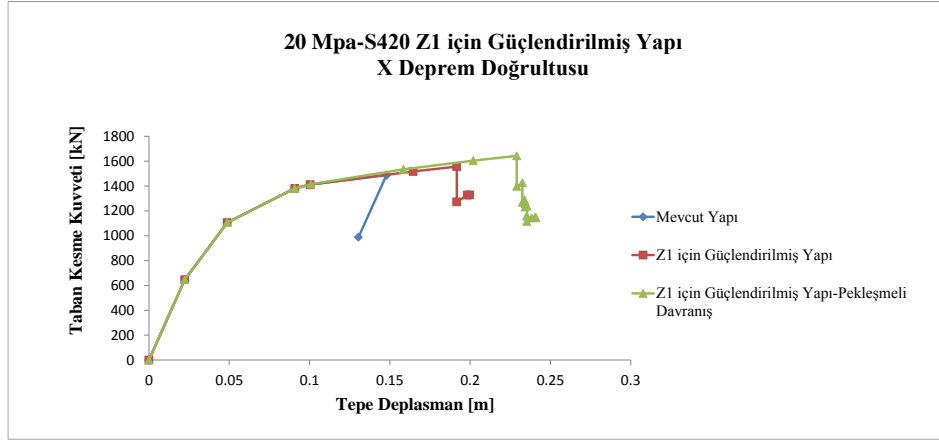




Şekil 5.23: 4-1-17-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.



Şekil 5.24: 4-1-20-220 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğrileri.



**Şekil 5.25:** 4-1-20-420 numaralı güçlendirilmiş binanın kapasite eğriler

**Tablo 5.27:** Tepe deplasman istem değerleri [m].

Bina Adı	Zemin Sınıfı	Z1 Hedef		Z2 Hedef		Z3 Hedef	
		X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü	X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü	X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü
4-10-220	Z1	0.195	0.201	0.246	0.253	0.340	0.350
	Z2	0.195	0.201	0.246	0.253	0.340	0.350
4-10-420	Z1	0.195	0.201	0.246	0.253	0.340	0.350
	Z2	0.195	0.201	0.246	0.253	0.340	0.350
4-13-220	Z1	0.185	0.190	0.233	0.239	0.322	0.330
	Z2	0.185	0.190	0.233	0.239	0.322	0.330
4-13-420	Z1	0.185	0.190	0.233	0.239	0.322	0.330
	Z2	0.185	0.190	0.233	0.239	0.322	0.330
4-17-220	Z1	0.181	0.175	0.221	0.226	0.306	0.313
	Z2	0.181	0.175	0.221	0.226	0.306	0.313
4-17-420	Z1	0.181	0.175	0.221	0.226	0.306	0.313
	Z2	0.181	0.175	0.221	0.226	0.306	0.313
4-20-220	Z1	0.175	0.169	0.213	0.218	0.295	0.302
	Z2	0.175	0.169	0.213	0.218	0.295	0.302
4-20-420	Z1	0.175	0.169	0.213	0.218	0.295	0.302
	Z2	0.175	0.169	0.213	0.218	0.295	0.302

Bina Adı: 4-10-220 (kat adedi-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı) şeklindedir.

**Tablo 5.28:** Tepe deplasman talep değerleri [m].

Bina Adı	Zemin Sınıfı	Mevcut Durum		Güçlendirilmiş		Güçlendirilmiş (Pekleşmeli M-φ)	
		X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü	X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü	X Deprem Yönü	Y Deprem Yönü
4-10-220	Z1	0.079	0.083	0.206	0.211	0.214	0.233
	Z2	0.079	0.083	0.217	0.221	0.226	0.229
4-10-420	Z1	0.108	0.111	0.227	0.230	0.240	0.247
	Z2	0.108	0.111	0.239	0.231	0.242	0.245
4-13-220	Z1	0.093	0.096	0.211	0.201	0.218	0.219
	Z2	0.093	0.096	0.221	0.229	0.222	0.228
4-13-420	Z1	0.118	0.124	0.200	0.230	0.232	0.237
	Z2	0.118	0.124	0.229	0.232	0.229	0.235
4-17-220	Z1	0.109	0.111	0.199	0.196	0.219	0.224
	Z2	0.109	0.111	0.221	0.227	0.222	0.227
4-17-420	Z1	0.139	0.143	0.207	0.211	0.224	0.228
	Z2	0.139	0.143	0.227	0.231	0.232	0.237
4-20-220	Z1	0.117	0.120	0.185	0.188	0.197	0.204
	Z2	0.117	0.120	0.215	0.223	0.220	0.224
4-20-420	Z1	0.148	0.154	0.199	0.201	0.205	0.216
	Z2	0.148	0.154	0.225	0.231	0.232	0.236

Bina Adı: 4-10-220 (kat adedi-beton basınç dayanımı-donatı sınıfı) şeklindedir.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışma ile yürürlüğe giriş tarihi itibari mevcut yapıların deprem risk durum değerlendirmesinde, sıklıkla başvuru alan RYTİE ile TDY-2007'deki deprem performansı değerlendirme yöntemleri arasındaki uyum araştırılmıştır. Yanal donatının özel deprem etriyesi olarak dikkate alındığı Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıflarında bulunan 4-6-8 katlı yapıların değerlendirme sonuçlarında iki yönetmelik arasında uyumsuzluklar görülmüştür. Türetilen yapıların Z1 ve Z2 zemin sınıflarında bulunma durumunda uyumsuz sonuçlar elde edilmişken, yanal donatının uygun detaya sahip olmadığı ve Z3-Z4 zemin sınıflarında bulunma durumu için risk ve performans değerlendirmesinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapıdan toplanacak daha az bilgi ile hızlı şekilde deprem risk durumu değerlendirmesine imkan veren RYTİE, özellikle yanal donatının yönetmelik çerçevesinde uygun düzenlenmediği yapılarda TDY-2007'ye göre değerlendirmeye çok yakın sonuçlar vermektedir. Aynı zamanda RYTİE'ye göre değerlendirmede zemin hakkında herhangi bir bilgi olmadığı durumda Z4 zemin kabulü ile değerlendirilen herhangi bir yapı riskli çıkmaktadır. Ayrıca, risk değerlendirmesinde aynı malzeme özelliklerine sahip yapıların farklı kat adetleri için benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen TDY-2007'ye göre değerlendirmede farklılar gözlenmiştir. Bu yapıların kat adedi değişiminde kolon dayanımları artarken kiriş dayanımlarının sabit kalması nedeniyle farklı kolon-kiriş dayanım oranına sahip yapılar türetilmiştir. TDY-2007 doğrusal elastik olmayan değerlendirmenin daha gerçeğe yakın olduğu düşünülürse RYTİE ile diğer hızlı değerlendirme yöntemlerinde mevcut etriye, normal kuvvet seviyesi ve kesme kuvveti etki/dayanım kriterlerine ek olarak kolon-kiriş dayanım oranlarının etkisi de düşünülmelidir.

Geleneksel malzemelerin kullanıldığı sistem ve eleman güçlendirme yöntemlerine ek olarak TDY-2007'deki esaslar çerçevesinde gerçekleştirilen LP kompozitler güçlendirme tasarımlarında kullanılan malzeme miktarları ile yöntemin etkinliği ortaya konmuştur. Mevcut perde çerçeve sisteme sahip yapı üzerinde LP kompozitler ile kesme ve sünek davranış kapasitesini arttırmak amaçlı gerçekleştirilen örneklerine karşın bu çalışma ile yönetmelikteki esaslar dikkate

alındığında çerçeve tipi konut amaçlı yapılarda sadece Z1 ve Z2 zemin sınıfında bulunması durumunda yöntemin etkili olduğu görülmüştür. Yanal donatının uygun detaya sahip olması durumunda mevcut malzeme dayanımları kullanılacak malzeme miktarlarında oldukça etkili olmaktadır. Düşük malzeme dayanıma sahip yapılarda mevcut yanal donatının uygun olma durumunun kullanılan malzeme miktarlarına etkisi az iken yüksek dayanımlı malzemeye sahip yapılarda ciddi oranda farklar tespit edilmiştir. Güçlendirilmiş yapıların tekrar değerlendirmesinde Z1 zemin sınıfı için kolonlarda güçlendirmede kullanılacak kat sargı adedi ile Z2 zemin sınıfı için hedef performans hedeflerinin karşılanabileceği görülmüştür. Kolonlarda moment-eğriliklerinin ilişkilerinde pekleşmeli davranışın tanımlanması durumunda yapıların sünek davranış kapasitesindeki artışa ek dayanımında da artış gözlenmiştir. Tekrar değerlendirme analizlerinde mevcut beton dayanımlarının etkisinin az olduğu ve kullanılacak malzeme miktarındaki az farklar ile istenen performansın karşılanabileceği ortaya konmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi gerçekleştirilen yapılar, kapasite tasarımı ilkesi doğrultusunda yanal donatının yetersiz ve uygun olmama durumları için türetilmiştir. Bu nedenle bu çalışma iki yönetmelikte yer alan değerlendirme yöntemleri arasındaki uyum ile LP sargılama güçlendirme yönteminin etkinliği hakkında fikir vermiştir. Gerçek durumu daha iyi yansıtabilecek düzensizliklere ve farklı kolon-kiriş dayanım oranlarına sahip yapılar üzerinde gerçekleştirilecek ek çalışmalar ile daha kapsayıcı sonuçlar elde edilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] TDY-2007, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007”, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, (2007).
- [2] RYTİE, “Riskli Yapıların Tespitine İlişkin Esaslar”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2013).
- [3] TS500, “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).
- [4] A. Balsamo, A. Colombo, G. Manfredi, P. Negro ve A. Prota, “Seismic behavior of a full-scale RC frame repaired using CFRP laminates,” *Engineering Structures*, 27 (5), 769-780, (2005).
- [5] A. Ismail, “Nonlinear static analysis of a retrofitted reinforced concrete building,” *HBRC Journal*, 10 (1), 100-107, (2014).
- [6] J. Shin, D. W. Scott, L. K. Stewart, C. S. Yang, T. R. Wright ve R. DesRoches, “Dynamic response of a full-scale reinforced concrete building frame retrofitted with FRP column jackets,” *Engineering Structures*, 125, 244-253, (2016).
- [7] M. Valente, “Seismic protection of R/C structures by a new dissipative bracing system,” *Procedia Engineering*, 54, 785-794, (2013).
- [8] L. Di Sarno ve A. S. Elnashai, “Bracing systems for seismic retrofitting of steel frames,” *Journal of Constructional Steel Research*, 65 (2), 452-465, (2009).
- [9] R. Tremblay, “Inelastic seismic response of steel bracing members,” *Journal of Constructional Steel Research*, 58, 665-701, (2002).
- [10] O. Hag-Elsafi, S. Alampalli ve J. Kunin, “In-service evaluation of a reinforced concrete T-beam bridge FRP strengthening system,” *Composite Structures*, 64 (2), 179-188, (2004).

- [11] A. A. Mufti, "FRPs and FOSs lead to innovation in Canadian civil engineering structures," *Construction and Building Materials*, 17, 379-387, (2003).
- [12] B. Täljsten ve L. Elfgren, "Strengthening concrete beams for shear using CFRP-materials: evaluation of different application methods," *Composites Part B: Engineering*, 31 (2), 87-96, (2000).
- [13] W. Wu, "Thermo mechanical properties of fiber reinforced plastics (FRP) bars," Doktora Tezi, West Virginia University, 292, (1990).
- [14] L. Lam ve J. G. Teng, "Design-oriented stress-strain model for FRP-confined concrete," *Construction and Building Materials*, 17, 471-489, (2003).
- [15] J. Mander, M. Priestley ve R. Park, "Theoretical stress-strain model for confined concrete," *Journal of structural*, (1988).
- [16] F. Braga, R. Gigliotti ve M. Laterza, "Analytical Stress-Strain Relationship for Concrete Confined by Steel Stirrups and/or FRP Jackets," *Journal of Structural Engineering*, 132 (9), 1402-1416, (2006).
- [17] L. LAM ve J. G. TENG, "Design-Oriented Stress-Strain Model for FRP-Confined Concrete in Rectangular Columns," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 22 (13), 1149-1186, (2003).
- [18] J. G. Teng ve L. Lam, "Behavior and Modeling of Fiber Reinforced Polymer-Confined Concrete," *Journal of Structural Engineering*, 130 (11), 1713-1723, (2004).
- [19] T. Jiang ve J. G. Teng, "Analysis-oriented stress-strain models for FRP-confined concrete," *Engineering Structures*, 29 (11), 2968-2986, (2007).
- [20] M. H. Harajli, "Axial stress-strain relationship for FRP confined circular and rectangular concrete columns," *Cement and Concrete Composites*, 28 (10), 938-948, (2006).



- [21] P. Y. Library, H. Hom ve H. Kong, "Seismic performance of FRP-confined rc columns: stress-strain models ve numerical simulation." *Hong Kong Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi*, 23-24, (2016).
- [22] A. Ilki, O. Peker, E. Karamuk, C. Demir ve N. Kumbasar, "FRP Retrofit of Low and Medium Strength Circular and Rectangular Reinforced Concrete Columns," *Journal of Materials in Civil Engineering*, 20 (2), 169-188, (2008).
- [23] R. Eid ve P. Paultre, "Analytical Model for FRP-Confined Circular Reinforced Concrete Columns," *Journal of Composites for Construction*, 12 (5), 541-552, Oct. (2008).
- [24] C. Chastre ve M. A. G. Silva, "Monotonic axial behavior and modelling of RC circular columns confined with CFRP," *Engineering Structures*, 32 (8), 2268-2277, (2010).
- [25] C. Pellegrino ve C. Modena, "Analytical Model for FRP Confinement of Concrete Columns with and without Internal Steel Reinforcement," *Journal of Composites for Construction*, 14 (6), 693-705, (2010).
- [26] J.Lee, C. Yi, S. Jeong, W. Kim ve J.-K. Kim, "Compressive Response of Concrete Confined with Steel Spirals and FRP Composites," *Journal of Composite Materials*, 44 (4), 481-504, (2010).
- [27] Z. Wang, D. Wang, S. T. Smith ve D. Lu, "Experimental testing and analytical modeling of CFRP-confined large circular RC columns subjected to cyclic axial compression," *Engineering Structures*, 40, 64-74, (2012).
- [28] F. Shirmohammadi, A. Esmaily ve Z. Kiaeipour, "Stress-strain model for circular concrete columns confined by FRP and conventional lateral steel," *Engineering Structures*, 84, 395-405, (2015).
- [29] K. G. Megalooikonomou, G. Monti ve S. Santini, "Constitutive Model for Fiber-Reinforced Polymer and Tie-Confined Concrete," *ACI Structural Journal MS*, 109 (4), 325-338 (2010).

- [30] H. Hu ve R. Seracino, “Analytical Model for FRP and Steel-Confined Circular Concrete Columns in Compression,” *Journal of Composites for Construction*, 18 (3), A4013012, (2014).
- [31] X. K. Zou ve J. G. Teng, “Optimal performance-based design of FRP jackets for seismic retrofit of reinforced concrete frames,” 38, 584-597, (2007).
- [32] R. Garcia, I. Hajirasouliha ve K. Pilakoutas, “Seismic behaviour of deficient RC frames strengthened with CFRP composites,” *Engineering Structures*, 32 (10), 3075-3085, (2010).
- [33] A. Eslami ve H. R. Ronagh, “Effect of FRP wrapping in seismic performance of RC buildings with and without special detailing – A case study,” *Composites Part B*, 45 (1) 1265-1274, (2013).
- [34] A. Eslami, A. Dalalbashi ve H. R. Ronagh, “Composites : Part B On the effect of plastic hinge relocation in RC buildings using CFRP,” *Composites Part B*, 52, 350-361, (2013).
- [35] H. R. Ronagh ve A. Eslami, “Composites : Part B Flexural retrofitting of RC buildings using GFRP / CFRP – A comparative study,” *Composites Part B*, 46, 188-196, (2013).
- [36] J. Bracci ve A. Reinhorn, “Seismic resistance of reinforced concrete frame structures designed only for gravity loads: part I-design and properties of a one-third scale model structure,” *Technical Rep.No:27*. (1992).
- [37] CSI. SAP2000/NL-PUSH Software, Version 16.0, Computer and Structures, Inc., Berkeley, California, USA, (2016).
- [38] V. Van Cao, H. R. Ronagh ve M. Creek, “Composites : Part B Reducing the potential seismic damage of reinforced concrete frames using plastic hinge relocation by FRP,” *Composites Part B*, 60, 688-696, (2014).
- [39] S. W. Choi, Y. Kim ve H. S. Park, “Composites : Part B Multi-objective seismic retrofit method for using FRP jackets in shear-critical reinforced concrete frames,” *Composites Part B*, 56, 207-216, (2014).

- [40] E. Smyrou, “FRP versus traditional strengthening on a typical mid-rise Turkish RC building,” *Earthquakes and Structures*, 9(5), 1069-1089, (2015).
- [41] Yönetmelik, “İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği,” (2008).
- [42] Özer, E., Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, [www.itu.edu.tr/eozer](http://www.itu.edu.tr/eozer), İstanbul. (2007).
- [43] T. Paulay ve M. Priestley Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. John Wiley, (1992).
- [44] FEMA356, “Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings”, *Federal Emergency Management Agency*, Washington/USA, (1997).
- [45] Chopra, A. K. Dynamics of structures. 3. New Jersey: Prentice Hall, (1995).
- [46] XTRACT, Section Analysis Program, Imbsen Software Systems, (2004).