

**T.C.  
ANTALYA BİLİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANTALYADA 1987 YILINDA YAPILAN BİR BİNANIN DOĞRUSAL ANALİZ  
YÖNTEMİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME  
ÖNERİSİ**

**Mustafa ÇİZMECİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**



**T.C.  
ANTALYA BİLİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANTALYADA 1987 YILINDA YAPILAN BİR BİNANIN DOĞRUSAL ANALİZ  
YÖNTEMİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME  
ÖNERİSİ**

**Mustafa ÇİZMECİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**ANTALYA BİLİM ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYADA 1987 YILINDA YAPILAN BİR BİNANIN DOĞRUSAL ANALİZ  
YÖNTEMİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME  
ÖNERİSİ**

**Mustafa ÇİZMECİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI tezi olarak ...../...../202.... tarihinde jüri tarafından  
(oybirliği / oyçokluğu ile) kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Hamid FARROKH GHATTE (Danışman)

[imza]

Dr.Öğr.Üyesi Kazım Burç CİVELEK

[imza]

Prof. Dr. Nihat DIPOVA

[imza]

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. İbrahim Sani MERT

[imza]

Tez Teslim Tarihi: .../.../202...

## BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ANTALYADA 1987 YILINDA YAPILAN BİR BİNANIN DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMEĞİ VE GÜÇLENDİRME ÖNERİĞİ” adlı bu çalışmanın hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, bu çalışmanın herhangi bir kısmının başka bir akademik çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

... / ... / 20..

[imza]

Mustafa ÇİZMECİ

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Literatür Çalışması .....	3
2.1.1. Literatürde İncelenen Çalışmalar; .....	3
2.1.2. Literatürde İncelenen Performans Değerlendirmeleri ve Güçlendirme Çalışmaları .....	5
2.1.2.1. Tip Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi.....	5
2.1.2.2. Taşıma Gücü Zayıf Zeminde İnşa edilmiş Betonarme Binaların Performans Analizi ve Zemin Etkileşimlerinin Değerlendirilmesi .....	7
2.1.2.3. Tarihi Yığma Yapılarda Performans Değerlendirilmesi .....	9
2.1.2.4. Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde bir Kelepçe Uygulaması.....	13
2.1.2.4.1. Deneysel Çalışma .....	13
2.1.2.5. Sismik Sönümleyici ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	15
2.1.2.5.1. Yapı Hakkında Bilgiler .....	15
2.1.2.5.2. Klasik Güçlendirme.....	16
2.1.2.5.3. Sismik Sönümleyici Kullanarak Yapı Güçlendirme .....	17
2.1.2.5.4. Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Değerlendirilmesi .....	20
3. METERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Binaların Güçlendirilmesi ve Güçlendirme Çeşitleri .....	22
3.1.1. Konvansiyonel Güçlendirme .....	22
3.1.1.1. Döşemenin Güçlendirilmesi .....	22
3.1.1.2. Kirişin Güçlendirilmesi .....	24
3.1.1.2.1. Kirişlerin Sarılması .....	25
3.1.1.2.1.1. Dıştan Etriye Ekleme.....	25
3.1.1.2.1.2. Lifli Polimer ile Sarma .....	26
3.1.1.3. Kolonların Güçlendirilmesi.....	27

3.1.1.3.1. Kolonların Sarılması .....	28
3.1.1.3.1.1. Betonarme Sargı .....	28
3.1.1.3.1.2. Çelik Sargı .....	30
3.1.1.3.1.3. Lifli Polimer Sargı .....	30
3.1.1.3.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması .....	33
3.1.1.4. Kolon – Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi .....	34
3.1.1.5. Perdenin Güçlendirilmesi .....	35
3.1.1.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İle Güçlendirilmesi .....	36
3.1.1.6. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlar ile Güçlendirilmesi .....	37
3.1.1.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması .....	39
3.1.1.8. Temelin Güçlendirilmesi .....	39
3.1.1.9. Çelik Çaprazlar ile Güçlendirme .....	39
3.1.2. Sismik Sönümleyici Kullanarak Yapı Güçlendirilmesi .....	42
3.1.3. Sismik Taban İzolasyonu ile Güçlendirme .....	45
3.2. Güçlendirilecek Mevcut Yapıların Analizi .....	47
3.2.1. Genel Tanımlar .....	47
3.2.2. Binalardan Bilgi Toplanması .....	47
3.2.2.1. Bilgi Düzeyleri .....	47
3.2.2.2. Mevcut Malzeme Dayanımı .....	48
3.2.2.3. Betonarme Binaların Sınırlı Bilgi Düzeyleri .....	48
3.2.2.4. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyleri .....	49
3.2.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları .....	50
3.2.3.1. Bina Kullanım Sınıfları .....	50
3.2.3.2. Bina Yükseklik Sınıfları .....	51
3.2.4. Bina Performans Düzeyleri .....	52
3.2.5. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi .....	53
3.2.5.1. Mevcut veya Güçlendirilecek Binalarda Hedeflenen Deprem Performansı .....	53
3.2.5.2. Mevcut veya Güçlendirilecek Binaların Deprem Performansı .....	53
3.2.5.3. Mevcut Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi .....	53
3.2.5.4. Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi .....	54
3.2.5.5. Mevcut Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi .....	54
3.2.5.6. Göçme Durumu .....	55
3.2.6. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri .....	55
3.2.6.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -1 (DD-1) .....	55

3.2.6.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -2 (DD-2).....	55
3.2.6.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -3 (DD-3).....	55
3.2.6.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -4 (DD-4).....	56
3.2.7. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....	56
3.2.7.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....	56
3.2.7.2. Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumları.....	56
3.2.7.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	59
3.2.7.4. Sahaya Özel Elastik İvme Spektrumları.....	60
3.2.7.5. Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketi.....	60
3.2.8. Hesap Yöntemi Seçimi.....	61
3.2.8.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri ve Hesap Seçimi.....	61
3.2.8.1.1. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Türlerinin Belirlenmesi.....	62
3.2.8.1.2. Eşdeğer Deprem Yüğü ile Doğrusal Deprem Hesabı.....	63
3.2.8.1.2.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi.....	63
3.2.8.1.2.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi.....	64
3.2.8.1.2.3. Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi.....	65
3.2.8.1.2.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde Burulma Hesabı.....	66
3.2.8.1.2.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı.....	66
3.2.8.1.3. Modal Hesap Yöntemleri ile Doğrusal Deprem Hesabı.....	67
3.2.8.1.3.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı.....	68
3.2.8.1.3.2. Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi ile Deprem Hesabı.....	68
3.2.8.1.3.3. Modal Hesap Yöntemleri ile Bodrumlu Katların Hesabı.....	68
3.2.8.2. Doğrusal Hesap Yöntemleri Kapsamında Şekil Değişirme Sınırları.....	68
3.2.8.2.1. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değişirme ve Plastik Dönme Sınırları.....	69
3.2.8.3. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri.....	70
3.2.9. Performans Hedefleri ve Tasarım Aşamaları.....	71
3.2.9.1. Tasarım Aşaması I Hesapları için DD-2 Yer Hareketi Altında Ön Tasarım Boyutlandırma.....	71
3.2.9.1.1. Aşama I Taşıyıcı Sistem Modellemesi.....	71

3.2.9.1.2. Aşama I Deprem Hesabı.....	71
3.2.9.2. Tasarım Aşaması II Hesapları için DD-4 veya DD-3 Deprem Yönetmeliği Yer Hareketi Altında Ön Tasarım Boyutlandırma .....	74
3.2.9.2.1. Aşama II Taşıyıcı Sistem Modellemesi .....	74
3.2.9.2.2. Aşama II Deprem Hesabı .....	76
3.2.9.3. Tasarım aşaması III Hesapları için DD-1 Yer Hareketi Altında Öntasarım Boyutlandırma .....	77
3.2.9.3.1. Aşama III Taşıyıcı Sistem Modellemesi .....	77
3.2.9.3.2. Aşama III Deprem Hesabı.....	78
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	79
4.1. Mevcut Beş Katlı Bir Yapının Performans Analizi Ve Güçlendirme Çalışması .....	79
4.1.1. Parsel Bazında Performans Analizi ve Zemin Araştırması .....	80
4.1.1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması .....	80
4.1.1.1.1. Jeomorfolojik Çevresel Bilgiler .....	80
4.1.1.1.2. İmar Planı Durumu.....	80
4.1.1.1.3. İmar Adası ile İlgili Bilgiler .....	80
4.1.1.1.4. Yapı Hakkında Bilgiler .....	81
4.1.1.2. Yapının Bulunduğu Bölge Hakkında Jeolojik Bilgiler .....	82
4.1.1.3. Yapının Bulunduğu Bölgeye Ait Yapısal Jeoloji ve Aktif Tektonik Bilgiler.....	84
4.1.1.4. Yapının Bulunduğu Bölgede Yapılan Arazi Çalışmaları .....	89
4.1.1.4.1. Jeofizik Çalışmaları.....	89
4.1.1.4.1.1. Zemin Deprem Büyütme Etkisi.....	92
4.1.1.5. İnceleme Alanı Mühendislik Jeolojisi.....	93
4.1.1.6. DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu .....	93
4.1.1.6.1. Yerel Zemin Etki Katsayıları .....	94
4.1.1.6.2. Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....	94
4.1.1.6.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	94
4.1.1.6.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu .....	95
4.1.2. Mevcut Yapının Donatı Tespiti ve Karot Alımı.....	96
4.1.2.1. Sıyırma Yöntemi ile Donatı Tespiti .....	96
4.1.2.2. Sertleşmiş Betondan Alınan Numunenin Basınç Mukavemeti ..	98
4.1.3. ETABS Programı Kullanılarak Mevcut Yapının Modellenmesi ....	107
4.1.3.1. Mevcut Yapı Modeline ETABS üzerinde Yapılan Tanımlar ...	110
4.1.3.1.1. Malzeme Tanımlanması .....	110

4.1.3.1.2. Kolonların Tanımlanması.....	113
4.1.3.1.3. Kirişlerin Tanımlanması.....	114
4.1.3.1.4. Döşemelerin Tanımlanması.....	114
4.1.3.1.5. Perdenin Tanımlanması.....	116
4.1.3.1.6. Etkin Kesit Rijitlikleri .....	116
4.1.4. Sta4cad programında Mevcut Yapının C Blok için performans analizi .....	119
4.1.4.1. Bina Performansı.....	126
4.1.5. Sta4cad Programında Mevcut Binanın C Blok İçin Güçlendirilmiş Halinin Performans Analizi.....	127
4.1.5.1. Güçlendirilen Bina Performansı.....	132
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	134
6. KAYNAKÇA .....	136

## ÖZET

# ANTALYADA 1987 YILINDA YAPILAN BİR BİNANIN DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

**Mustafa ÇİZMECİ**

**Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hamid FARROKH GHATTE**

**Haziran 2023; 137 sayfa**

Türkiye'nin coğrafi konumu nedeniyle dünyanın en aktif deprem bölgelerinden biri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde daha önce yapılmış olan binaların TBDY 2018 kapsamında performans analizleri incelenerek, mevcut yapıların deprem güvenliği, onarım ve güçlendirme önerileri yapılarak hedeflenen düzeye yükseltilebilmesi hususları ele alınmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde, bina performanslarını belirlemek için doğrusal ve doğrusal olmayan yöntem olarak iki farklı hesap yöntemi bulunmaktadır. Çalışmada, Antalya ili, Kemer Belediyesi, Tekirova Mahallesi sınırları içinde bulunan, 1987 yılında inşa edilen, 147 Ada 1 parsel numaralı taşınmaz üzerinde mevcut olan Tekirova Larissa Phaselis Princess Hotel hakkında TBDY 2018 kapsamında gerekli olan bilgiler toplanarak doğrusal yöntem ile performans analizi incelenmiştir. Mevcut binanın performans analizleri tespit edilirken ETABS ve Sta4CAD programları kullanılmıştır. Ayrıca binada yapılacak olan mimari değişimler sebebi ile Sta4CAD programı ile kapsamlı olarak güçlendirme modeli hazırlanmış ve incelenen analiz raporları neticesinde güçlendirme önerisi yapılmıştır. TBDY 2018 kapsamında "DD-2 Deprem Yer Hareket Düzeyi için Kontrollü Hasar seviyesinin sağlanıp sağlanmadığı irdelenmiştir. Yapılan analizler neticesinde, iki dilatasyonlu üç bloktan oluşan yapıda tüm blokların mevcut taşıyıcı sistemlerinin hedeflenen performans seviyelerini sağlayamadığı tespit edilmiştir. İnceleme yapılan binanın güçlendirilmesi gerektiği görüş ve kanaatine varılmıştır.

Güçlendirme senaryosu kapsamında, yapılacak olan mimari değişimler ile yapıya eklenen teras kat ilavesi dikkate alınmış, tüm bloklarda y yönünde mümkün olduğunca dengeli ve simetrik perdeler ilave edilmiş, cephe kolonlarına 15cm kalınlığında manto ilavesi yapılmıştır. Blokların orta bölgelerindeki kolonlara Teknowrap 600 ile 2 katlı manto uygulanmıştır. Güçlendirilmesi gereken kirişlerde de Teknowrap 300 ile 2 katlı manto uygulanması gerektiği öngörülmüştür. Güçlendirilmiş durum için performans analizi yapılmış ve TBDY 2018 kapsamında tüm bloklarda DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Kontrollü Hasar Performans seviyesinin sağlandığı görüş ve kanaatine varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bina Güçlendirme, Bina Performans Değerlendirme, Deprem yönetmeliği, Güçlendirme yöntemleri, Performans Analizi

**JÜRİ:** Dr.Öğr.Üyesi Hamid FARROKH GHATTE (Danışman)

Dr.Öğr.Üyesi Kazım Burç CİVELEK

Prof. Dr. Nihat DIPOVA

## **ABSTRACT**

### **PERFORMANCE EVALUATION OF A BUILDING BUILT IN ANTALYA IN 1987 WITH LINEAR ANALYSIS METHOD AND RETROFITTING SUGGESTION**

**Mustafa ÇİZMECİ**

**Master's Degree Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Doctoral Lecturer Hamid FARROKH GHATTE**

**June 2023; 137 pages**

Turkey is known to be one of the most active earthquake zones in the world due to its geographical location. In this study, the performance analysis of the buildings previously constructed in the Earthquake Zones within the scope of TBDY 2018 is examined and the earthquake safety of the existing buildings, repair and retrofitting recommendations are made and the issues of upgrading to the targeted level are discussed. In the Turkish Building Earthquake Code, there are two different calculation methods as linear and non-linear methods to determine building performances. In the study, the information required within the scope of TBDY 2018 about Tekirova Larissa Phaselis Princess Hotel, which is located within the borders of Tekirova Neighborhood, Kemer Municipality, Antalya province, built in 1987, on real estate with 147 Block 1 parcel number, was collected and performance analysis was examined by linear method. ETABS and Sta4CAD programs were used to determine the performance analysis of the existing building. In addition, due to the architectural changes to be made in the building, a comprehensive retrofitting model was prepared with the Sta4CAD program and a retrofitting proposal was made as a result of the analysis reports examined. Within the scope of TBDY 2018, it was examined whether the "Controlled Damage level for DD-2 Earthquake Ground Motion Level was achieved. As a result of the analyzes, it was determined that the existing structural systems of all blocks in the building consisting of three blocks with two dilatations could not meet the targeted performance levels. It is concluded that the building under investigation should be strengthened.

Within the scope of the retrofitting scenario, the architectural changes to be made and the addition of a terrace floor to the building were taken into consideration, balanced and symmetrical curtains were added as much as possible in the y direction in all blocks, and 15cm thick sheathing was added to the facade columns. A 2-storey sheathing was applied to the columns in the middle regions of the blocks with Teknowrap 600. It was predicted that 2 layers of sheathing with Teknowrap 300 should be applied on the beams that need to be reinforced. Performance analysis was performed for the retrofitted condition and it was concluded that the Controlled Damage Performance level for DD-2 Earthquake Ground Motion Level was achieved in all blocks within the scope of TBDY 2018.

**KEYWORDS:** Building Retrofitting, Building Performance Evaluation, Earthquake regulations, Performance Analysis, Retrofitting methods

**COMMITTEE:** Dr.Öğr.Üyesi Hamid FARROKH GHATTE (Danışman)

Dr.Öğr.Üyesi Kazım Burç CİVELEK

Prof. Dr. Nihat DIPOVA

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

- b : Çelik sargıda yatay plakaların genişliği
- bw : Kirişin gövde genişliği
- d : Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
- fctm : Mevcut betonun çekme dayanımı
- f<sub>yw</sub> : Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
- I : Bina önem katsayısı
- L<sub>s</sub> : Kesme açıklığı
- M<sub>y</sub> : Etkin akma momenti
- R<sub>a</sub> : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- V<sub>e</sub> : Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
- V<sub>i</sub> : i kolonunda hesaplanan kesme kuvveti
- V<sub>kol</sub> : Düğüm noktasının üstünde ve altında TBDY Bölüm 4'e göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı
- V<sub>r</sub> : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
- φ<sub>t</sub> : Toplam eğrilik
- φ<sub>y</sub> : Eşdeğer akma eğriliği
- θ<sub>p</sub> : Plastik dönme talebi
- θ<sub>k</sub> : Yerdeğiştirmiş eksen dönmesi
- θ<sub>y</sub> : Akma dönmesi
- ρ<sub>sh</sub> : Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
- W<sub>f</sub> : Lifli polimer şerit genişliği
- f<sub>c</sub> : Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
- f<sub>cc</sub> : Sargılı beton dayanımı
- f<sub>cm</sub> : Mevcut beton dayanımı

- fs : Donatı çeliğindeki gerilme  
fsu : Donatı çeliğinin kopma dayanımı  
fsy : Donatı çeliğinin akma dayanımı  
fyw : Enine donatının akma dayanımı  
 $\beta_v$  : Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı

Çalışmada ondalık ayracı olarak “,” kullanılmıştır. (“14,53”)

### **Kısaltmalar**

- BKS : Bina Kullanım Sınıfı  
BYS : Bina Yükseklik Sınıfı  
EKO : Etki/kapasite oranı  
GÖ : Göçme Öncesi Hasar  
KH : Kontrollü Hasar  
LP : Lifli Polimer  
SH : Sınırlı Hasar  
TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği  
DD : Deprem Düzeyi  
DGT : Dayanıma Göre Tasarım  
DTS : Deprem Tasarım Sınıfı  
GB : Göçme bölgesi  
GÇ : Göçme hasar sınırı  
GD : Göçme durumu performans seviyesi  
GV : Güvenlik hasar sınırı  
S(T) : Spektrum katsayısı  
SDS : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

SD1 : 1.0 sn periyod için tasarım spektral ivme katsayısı

SS : Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı

S1 : 1.0 sn periyod için harita spektral ivme katsayısı

SH : Sınırlı hasar

ŞGDT : Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b> TİP projeye ait yapısal özellikler .....	5
<b>Tablo 2.2.</b> Afet Yönetmeliğine Göre Performans Noktaları .....	6
<b>Tablo 2.3.</b> Hemen Kullanım (HK) ve Can Güvenliği (CG) Durumları İçin Yer Değiştirme İstemleri.....	7
<b>Tablo 2.4.</b> Zemin Grupları.....	8
<b>Tablo 2.5.</b> Yerel Zemin Sınıfları .....	8
<b>Tablo 2.6.</b> Doğal Taş Mekanik Özellikleri.....	11
<b>Tablo 2.7.</b> Doğal Yapı Taşlarının Ortalama Fiziksel Özellikleri.....	11
<b>Tablo 2.8.</b> Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Yük Kombinasyonları.....	12
<b>Tablo 2.9.</b> Taşıyıcı Sistem Katsayıları.....	12
<b>Tablo 2.10.</b> Deney elemanlarının özellikleri.....	14
<b>Tablo 2.11.</b> Donatı bilgileri.....	16
<b>Tablo 2.12.</b> Kat bilgileri.....	17
<b>Tablo 2.13.</b> ASCE 41'e göre Sismik Sönümleyicili Yapının Performans Değerlendirmesi.....	19
<b>Tablo 3.1.</b> Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	47
<b>Tablo 3.2.</b> Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.....	50
<b>Tablo 3.3.</b> Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	51
<b>Tablo 3.4.</b> Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları.....	51
<b>Tablo 3.5.</b> Yeni yapılacak olan mevcut yüksek binalar $BYS=1$ .....	53
<b>Tablo 3.6.</b> Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	59
<b>Tablo 3.7</b> 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	60
<b>Tablo 3.8.</b> Eşdeğer deprem yüklerinin uygulandığı binalar .....	62
<b>Tablo 3.9.</b> yönetmelik Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları.....	72

<b>Tablo 3.10.</b> Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları (BYS=1).....	75
<b>Tablo 3.11.</b> Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları İçin II. Aşamada Uygulanacak Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları.....	75
<b>Tablo 4.1.</b> Deprem Tasarım Sınıfları DTS.....	81
<b>Tablo 4.2.</b> Tablo Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	82
<b>Tablo 4.3.</b> İnceleme alanı Kandilli Deprem Kayıtları.....	85
<b>Tablo 4.4.</b> İnceleme alanında yapılan sismik kırılma yönteminde kaynak alınan değerler.....	90
<b>Tablo 4.5.</b> Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflanması.....	92
<b>Tablo 4.6.</b> AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından temin edilen bulgular.....	94
<b>Tablo 4.7.</b> A Blok Sıyırma Yöntemi İle Donatı Tespiti.....	96
<b>Tablo 4.8.</b> B Blok Sıyırma Yöntemi İle Donatı Tespiti.....	97
<b>Tablo 4.9.</b> C Blok Sıyırma Yöntemi İle Donatı Tespiti.....	98
<b>Tablo 4.10.</b> Mevcut Yapının A Blok Karot Raporu.....	99
<b>Tablo 4.11.</b> Mevcut Yapının B Blok Karot Raporu.....	99
<b>Tablo 4.12.</b> Mevcut Yapının C Blok Karot Raporu.....	100
<b>Tablo 4.13.</b> 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca A Blok Mevcut Beton Mukavemeti.....	102
<b>Tablo 4.14.</b> A blok için hesapta kullanılacak beton mukavemeti.....	103
<b>Tablo 4.15.</b> 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca B Blok Mevcut Beton Mukavemeti.....	104
<b>Tablo 4.16.</b> B blok için hesapta kullanılacak beton mukavemeti.....	105
<b>Tablo 4.17.</b> 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca C Blok Mevcut Beton Mukavemeti.....	105
<b>Tablo 4.18.</b> C blok için hesapta kullanılacak beton mukavemeti.....	106
<b>Tablo 4.19.</b> TBDY 2018 Donatı Çeliği Bilgileri.....	111

<b>Tablo 4.20.</b> Beton Sınıfı Tablosu.....	111
<b>Tablo 4.21.</b> Modal analiz yapı periyod ve vektörleri.....	122
<b>Tablo 4.22.</b> Modal analiz yapı periyod ve vektörleri.....	127

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Değişik Beton Basınç Dayanımları ve Etriye Aralıkları İçin X- ve Y-Doğrultusu Kapasite Eğrileri.....	6
Şekil 2.2. Tarihi Yığma Yapının Genel Görüntüleri.....	9
Şekil 2.3. Tarihi Konağın Rölevesi.....	10
Şekil 2.4. Mantolanmış Duvar Örneği.....	10
Şekil 2.5. Deney Elemanı Donatı Şemaları.....	13
Şekil 2.6. Kelepçe Yerleşimi.....	14
Şekil 2.7. Kelepçe Detayı.....	15
Şekil 2.8. Mevcut Yapının Bilgisayar Modeli.....	17
Şekil 2.9. Tipik güçlendirilmiş kat planı.....	17
Şekil 2.10. Tipik Sismik Sönümleyici Yerleşim Kat Planı.....	18
Şekil 2.11. Sönümleyici İç Çerçeve Güçlendirmesi.....	18
Şekil 2.12. Örnek Sönümleyici Davranışları.....	19
Şekil 2.13. Sönümleyicili ve Sönümleyicisiz Yapıda Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	20
Şekil 2.14. Taban Kesme Kuvveti.....	21
Şekil 3.1. Döşemenin Kalınlaştırılarak Güçlendirilmesi.....	23
Şekil 3.2. Mevcut döşeme ile yeni döşeme arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması; a) çelik profil parçalarıyla b) yüzeyi pürüzlendirerek c) epoksi uygulaması ve donatı ekerek.....	23
Şekil 3.3. Mevcut kirişin tek ve çift taraflı güçlendirilmesi.....	24
Şekil 3.4. Mevcut kirişin güçlendirilmesi.....	25
Şekil 3.5. Betonarme kirişe dıştan etriye ekleme.....	26
Şekil 3.6. Kirişlerde lifli polimer sargı.....	27
Şekil 3.7. Kolonun yeni donatı eklenmesi ile onarılması.....	28
Şekil 3.8. Kolon orta bölgesi.....	29
Şekil 3.9. Kolonlarda Lifli Polimer Sargı.....	31

Şekil 3.10. Dairesel, dörtgen ve eliptik kolon.....	32
Şekil 3.11. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesi.....	33
Şekil 3.12. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler.....	34
Şekil 3.13. Kiriş – Kolon birleşim bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesi.....	35
Şekil 3.14. Perde kesitinin kalınlaştırılması ile güçlendirme.....	36
Şekil 3.15. Mevcut yapının perde eklenerek güçlendirilmesi.....	38
Şekil 3.16. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler.....	40
Şekil 3.17. Dış merkezli çaprazlı çelik çerçeveler.....	40
Şekil 3.18. Çelik Çapraz Elemanların Betonarme Kirişe Bağlanması Detayı.....	41
Şekil 3.19. Sistemin Genel Görünümü ve Düğüm Noktaları.....	41
Şekil 3.20. Çelik Çapraz Elemanların Yapı Performansına Etkisi.....	42
Şekil 3.21. Sönümleyiciler ile değişen deprem yükleri.....	42
Şekil 3.22. Dampdeck Dairesel Sönümleyici ve Pall Dynamics Tek Yönlü Sönümleyici.....	43
Şekil 3.23. Dampdeck Sönümleyiciler için verilen parametrelerin kuvvet – yer değiştirme davranışı.....	43
Şekil 3.24. Taylor Viskoz (FVD) Tipi Sönümleyici ve Uygulaması.....	44
Şekil 3.25. Dairesel Sürtünmeli Sönümleyici, uygulaması ve davranışı.....	44
Şekil 3.26. Taban izolasyonlu yapı.....	45
Şekil 3.27. Sismik izolasyon ile güçlendirmenin inşaat süreci aşamaları.....	46
Şekil 3.28. Bina performans düzeyleri.....	52
Şekil 3.29. Yatay elastik tasarım spektrumu.....	57
Şekil 3.30. Yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumu.....	58
Şekil 3.31. Düşey elastik tasarım spektrumu.....	59
Şekil 3.32. İki Yükleme Durumlu Hesap Yöntemi.....	67
Şekil 4.1. Mevcutta Bulunan Dilatasyonlu Binanın C bloğu.....	79
Şekil 4.2. Güçlendirilecek Mevcut Ana Bina.....	79

<b>Şekil 4.3.</b> 147 Ada 1 parselin parsel sorgu görünümü ve detayları.....	80
<b>Şekil 4.4.</b> Antalya ve Çevresinin Kaya Birimlerine Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti.....	83
<b>Şekil 4.5.</b> Antalya ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	84
<b>Şekil 4.6.</b> İnceleme alanı ve çevresi 1900 ‘den günümüze Magnütüdü 4 ve üzeri depremler.....	85
<b>Şekil 4.7.</b> Antalya ve civarı diri fay haritası.....	87
<b>Şekil 4.8.</b> Türkiye Deprem Tehlike Haritası.....	88
<b>Şekil 4.9.</b> inceleme alanının konumu.....	88
<b>Şekil 4.10.</b> en yakın fay hattının yapıya olan uzaklığı.....	89
<b>Şekil 4.11.</b> Serim Elastik Parametreleri.....	91
<b>Şekil 4.12.</b> Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	95
<b>Şekil 4.13.</b> Düşey Elastik Tasarım Spektrumu.....	95
<b>Şekil 4.14.</b> Mevcut yapı düşey elemanlarında yapılan karot ve sıyırma.....	102
<b>Şekil 4.15.</b> Mevcut Yapının ETABS Yazılımında Üç Boyutlu Modeli.....	107
<b>Şekil 4.16.</b> Mevcut yapının kat planları <b>a)</b> Bodrum katı <b>b)</b> Lobi katı <b>c)</b> 1. kat <b>d)</b> Tesisat katı <b>e)</b> 2. kat <b>f)</b> 3. kat <b>g)</b> 4. kat <b>h)</b> 5. Kat.....	110
<b>Şekil 4.17.</b> Programa Girilen Donatı Çeliği.....	112
<b>Şekil 4.18.</b> Programa Girilen Beton.....	112
<b>Şekil 4.19.</b> Kesiti 65x65 olan örnek kolon tanımlaması.....	113
<b>Şekil 4.20.</b> ETABS yazılımında kiriş tanımlaması.....	114
<b>Şekil 4.21.</b> ETABS Programında Döşeme Tanımlama.....	115
<b>Şekil 4.22.</b> ETABS yazılımında perde duvar tanımlaması.....	116
<b>Şekil 4.23.</b> TBDY 2018’e Göre Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları Verilerinin ETABS Yazılımına Girilmesi <b>a)</b> Kolon Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları <b>b)</b> Kiriş Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları <b>c)</b> Döşeme Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları <b>d)</b> Perde Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları.....	118
<b>Şekil 4.24.</b> Mevcut yapının Sta4Cad yazılımı ile üç boyutlu modellemesi.....	119
<b>Şekil 4.25</b> Çatlamış kesit etkin kesit rijitliği bilgileri.....	120

Şekil 4.26. Beton ve çelik malzeme bilgileri.....	120
Şekil 4.27. Deprem Raporu ve Dinamik Analiz Bilgileri.....	121
Şekil 4.28. Dinamik kütle oranı ve eşdeğer deprem hesabı 1. Doğal titreşim periyodu kontrolü.....	122
Şekil 4.29. Deprem kuvveti.....	123
Şekil 4.30. Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü.....	123
Şekil 4.31. Deprem perdeleri taban moment kontrolü.....	124
Şekil 4.32. Modal analiz mod grafiği.....	125
Şekil 4.33. Temellerin Kayma Kontrolü.....	126
Şekil 4.34. Kolonların Kesme Dayanımı (Sünek/Gevrek) Kontrolü.....	126
Şekil 4.35. DD-2 Yer hareketi düzeyi bina performans sonucu.....	127
Şekil 4.36. Kat Etki Kapasite Oranı Kontrolü.....	127
Şekil 4.37. Dinamik kütle oranı ve eşdeğer deprem hesabı 1. Doğal titreşim periyodunun kontrolü.....	128
Şekil 4.38. Kat kütlesi ve rijitlik merkezi.....	128
Şekil 4.39. Deprem kuvveti.....	129
Şekil 4.40. Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme yükü.....	129
Şekil 4.41. Deprem perde taban moment kontrolü.....	130
Şekil 4.42. Modal analiz mod grafiği.....	131
Şekil 4.43. Temellerin kayma kontrolü.....	132
Şekil 4.44. Kiriş ve kolonların kesme dayanım kontrolü.....	132
Şekil 4.45. DD-2 yer hareketi düzeyinde bina performans sonucu.....	133
Şekil 4.46. Kat etki kapasite oranı kontrolü.....	133
Şekil 5.1 Güçlendirme Senaryosu Örnek Kalıp Planı 3. Kat.....	135

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve hazırladığım bu tez çalışması sürecinde, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, güler yüzünü, samimiyetini benden esirgemeyen ve zor zamanlarda verdiği moraller ile yanımda olduğunu hissettiren kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hamid Farrokh GHATTE'ye çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi ve birikiminden yararlandığım, yardımlarından ve desteğinden çokça faydalandığım iş arkadaşlarım İnşaat Mühendisi İhsan Bey ve Ali Bey'e teşekkür ederim. Tez sürecim boyunca yeterli vakit ayıramadığım, her şart ve koşulda yanımda olan, öğrenim hayatım boyunca sabırları, ilgi ve alakaları, sevgileri ve destekleri hiç eksilmeyen anneme, babama ve kardeşime teşekkürlerimi sunarım.

## 1. GİRİŞ

Deprem yönetmeliği, yapılacak olan binaların tasarımında depreme dayanıklılığın esas alınması gerektiğini öngörmektedir. Özellikle depremden sonra ilk kullanılacak binaların (hastane, okul vs.) güvenliği ve deprem esnasındaki performansının bilinmesi gerekmektedir. Mevcut yapıların deprem güvenliği, onarım ve güçlendirme çalışmaları yapılarak hedeflenen düzeye yükseltilebilmektedir. Yapı hakkında bilgiler toplanarak, hesap modellemeleri aşamasından sonra performans analizi gerçekleştirilmektedir. İncelenen yapının deprem performansının, Deprem Yönetmeliğine yetersiz olması halinde güçlendirme projesi hazırlanmaktadır.

Yapıların performans değerlendirme yöntemleri bakımından 18.03.2018 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ve 01.01.2019 tarihinde kullanımda zorunlu hale getirilen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019) ile daha önce yürürlüğe giren TBDY 2007 arasında birçok değişiklik yapılmıştır. Yapılan değişikliklerde, yapılara gelen deprem yükü hesabının önemi göze çarpmaktadır. Çünkü parametre ve kabullerin değişmesi ile deprem yükü, bina tasarımında dikkate alınacak şekilde değişmiştir. Yeni yönetmelikle beraber gelen bu değişimlerin karşılaştırılabilmesi için modellemeler yapılması gerekmektedir. Yapılan modellemelerde yapı periyodunun doğru hesaplanabilmesi çok önem arz etmektedir. Periyod ve rijitlik arasında ters oran olduğu bilindiği için, deprem yükü hesabındaki önemli parametreler arasında bulunan doğal titreşim periyodunun, rijitlik değişimine bağlı olarak tespitinin doğruluğu önemli bir aşama olmaktadır. Son yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile beraber daha önce yapılan çoğu yapıda, betonarme manto uygulaması, binanın statğine ek olarak perde ilaveleri gibi yöntemlerle çeşitli güçlendirme çalışmaları yapılmıştır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde, bina performanslarını belirlemek için doğrusal ve doğrusal olmayan yöntem olarak iki farklı hesap yöntemi bulunmaktadır. “Modal Hesap Yöntemi” ve “Eş Değer Deprem Yükü Yöntemi” Doğrusal Hesap Yöntemleri kapsamında, “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi” ve “İtme Yöntemleri” ise Doğrusal olmayan Hesap Yöntemleri kapsamında incelenmektedir. Bu yöntemler arasında uygulanabilmesi en kolay olan ve anlaşılan yöntem Doğrusal Hesap Yöntemi Olan Eş Değer Deprem Yükü Yöntemi olduğu bilinmekte ve bu nedenle uygulamacı mühendislerin ağırlıklı olarak Doğrusal Yöntemi kullandıkları yapılan uygulamalar neticesinde görülmektedir.

Yönetmeliğin 7. Bölümünde deprem performansı yetersiz olan binaların güçlendirilmesi anlatılmaktadır. ‘Deprem performansı, “tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanmaktadır’. Yönetmeliğinin 15. Bölümünde ise deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirilme tasarımı için özel kurallardan bahsedilmektedir.

Türkiye’nin coğrafi konumu nedeniyle dünyanın en aktif deprem bölgelerinden biri olduğu bilinmektedir. Ülkemiz konum olarak, Akdeniz, Alp ve Himalaya sismik bölgesinde bulunmaktadır. Ülkemizin bulunduğu bölgede Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF), Doğu Anadolu Fay Hattı (DAF) ve Batı Anadolu Fay Hattı (BAF) olmak üzere üç aktif fay hattı mevcuttur.

Ülkemizde mevcut bulunan, deprem afetine karşı potansiyel risk taşıyan yapıların performans analizlerinin değerlendirilmesi ve bu analizler neticesinde güçlendirme çalışması yapılacak olanların dayanımının artırılması, güçlendirme çalışması yapılmayacak olanların yıkılıp tekrar inşa edilmesi çok önemli bir husus haline gelmiştir. Deprem ülkesi olan Türkiye’de geçmiş yıllarda meydana gelen 1999 Kocaeli-Gölcük depremi, 2011 Van-Erciş depremi ve yakın zamanda yaşanmış olan 2023 Gaziantep ve Kahramanmaraş merkezli iki ayrı depremin ülkemize verdiği kayıplar ve zararlar bu önemli hususta bizlere ağır sorumluluklar yüklemektedir. Son zamanlarda ülkemizde meydana gelen depremler ile mevcut yapıların önemli bir bölümünün deprem güvenliğinin yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. Gerçek şu ki, zeminin sismik hareketi sırasında yapılarımızın çökmesi ve ciddi hasar görmesindeki ana etken, binalarımız inşaat sırasında yürürlükte olan standartlara göre inşa edilmemiş olmasıdır. Bina taşıyıcı sistem ve tasarım hataları, son zamanlarda yapılan incelemeler ile tespit edilen, kalitesiz malzeme kullanımı ve yetersiz işçilikle beraber bina yapım aşamasındaki yetersiz kontrol ve denetimin çoğu mevcut binalarımızın olası bir depremde istenilen performansı gösteremeyeceğini ortaya çıkarmıştır.

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemler statik özelliklerini ciddi şekilde kaybetmesi ile deprem kuvvetine karşı beklenen performansı gösterememektedir. Bu gibi durumlarda betonarme yapılarda güçlendirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. Bazı özel durumlarda ise yapının taşıyıcı elemanları özelliklerini kaybetmese de kullanım amacına bağlı olarak yapılması istenen değişiklikler sebebiyle güçlendirme çalışması yapılmaktadır.

Yapılan çalışmada, Yönetmeliğe göre projelendirilerek inşa edilen binaların performans analizleri incelenmiştir. Analizler neticesinde elde edilen bilgiler göz önüne alınmış, Türk Deprem Yönetmeliğince değerlendirilmiş, deprem tahkikinin yapılması ve revize edilmesi kapsamında yeniden hazırlanan güçlendirme projelerinin uygulamaya geçirilip geçirilmeyeceği konuları ele alınmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Literatür Çalışması

Literatürde, çok katlı betonarme, yığma ve tarihi yapıların deprem yönetmeliklerine göre deprem performanslarının değerlendirilmesi ve çıkan analizler sonucu belirli yöntemlerle güçlendirilip güçlendirilemeyeceği ele alınmıştır.

#### 2.1.1. Literatürde İncelenen Çalışmalar;

Mehmet İNEL, Hüseyin BİLGİN (2006) çalışmalarında, Kamu yapılarında yaygın kullanılan 11276 numaralı tip projeli hastane binasında doğrusal ötesi analizlerle performans değerlendirmesi yaparak eksikleri belirleyip çözüm önerileri sunmaktadır.

Ali ŞENGÖZ, Haluk SUCUOĞLU (2009) çalışmalarında, konut binalarının 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre değerlendirilmesini ve güçlendirilmesini ele alınmıştır. İncelenen yapıların konut binası olması nedeni ile binaların güçlendirilmeden önceki hali ve güçlendirilmiş hali “Can Güvenliği” performans düzeyine göre değerlendirilmiş, iç kuvvetlerin şekil değiştirme isteği 50 yılda %10 aşılma olasılığı olan deprem spektrumu kullanılarak hesaplanmıştır.

Tuncay KAP, Ercan ÖZGAN Metin Mevlüt UZUNOĞLU (2017) çalışmalarında, bir ilköğretim okulu binasının 2007 yönetmeliğindeki şartlara uygunluk düzeyini belirlemek amacıyla deprem dayanımlarını, kullanılacak olan elamanların detaylarını, malzeme özelliklerini ve taşıyıcı sistemin geometrisini detaylı olarak incelemiştir.

Ömer Keleşoğlu, U. Teoman Aksoy, Yüksel Esen, Y. Tuğrul Şiranlı (2017) çalışmalarında, deprem hesabı 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış 5 katlı çerçeve sistemli betonarme bir karkas 2007 Yönetmeliğinde 7. Bölümde konut tipi yapılar için ön görülen “Can Güvenliği” performans seviyesini araştırmışlardır. İncelemeler sonucunda yapının bu performans seviyesini karşılamadığı görülmüştür.

Hilal Meydanlı ATALAY, Sezer AYNUR (2017) yaptıkları çalışmada, deprem etkisindeki betonarme binaları temsil etmek amacı ile seçtikleri kolon ve kirişten oluşan çerçeve sisteminin ve 1998 yönetmeliğine göre güçlendirilmiş binanın deprem performansı, 2007 yönetmeliğinde tanımlanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenmiştir. İncelenen betonarme binanın güvenliğini arttırmak amacı ile çelik çaprazlarla güçlendirme yöntemi seçilmiştir.

Ömer CAN, Halime YILDIZOĞLU (2018) yaptıkları çalışmada, Bayburt ilinde bulunan ve tarihi yığma yapı olan bir lisenin röleve çalışması yapılmıştır. Yapılan ölçümler AutoCAD programına aktarılmış ve StatiCAD-Yığma programı kullanılarak elde edilen analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Jülide YÜZBAŞI, Hüseyin R. YERLİ (2018) yaptıkları çalışmada, 1975 yönetmeliğine göre projelendirilip inşa edilen Adana ilinde okul binasının performans analizleri incelenerek, çıkan veriler doğrultusunda değerlendirilip, yeniden hazırlanmış olan güçlendirme projelerinin uygulamaya aktarılıp aktarılmayacağı konusu ele

alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda iki okul binasının da yeterli deprem güvenliğine sahip olmadıkları anlaşılmıştır.

Tuncay KAP, Ercan ÖZGAN, Metin Mevlüt UZUNOĞLU (2019) yaptıkları çalışmada, Zemin etüt raporlarının düzenlenmesi amacıyla 1999 Düzce depremlerine maruz kalmış ve taşıma gücü güçlü bir zemin üzerine, 1975 yönetmeliğe göre inşa edilen bir okul binasını performans analizleri yapılmıştır. Zemin etüdünde 3,0 m derinlikte YSS olduğu anlaşılmış olup yapılacak olan çalışmalarda sıvılaşma gibi özel durumlar açısından tedbir alınması gerektiği öngörülmüştür.

Sepanta NAİMİ, Semih KAYA (2019) çalışmalarında, 8,10,12 katlı yüksek konut yapılarının 2018 deprem yönetmeliği ve TS500 yönetmeliğine uygun eşdeğer deprem yükü analizi ve modal analiz yöntemleriyle yapının çelik çapraz elemanlar ile güçlendirilmesi, çıkan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda çelik çaprazlı binaların betonarme yapıya göre daha elverişli olduğu görülmüştür.

İlknur DALYAN, Barış ŞAHİN (2019) yaptıkları çalışmada, 5 katlı betonarme binanın DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre bina performans analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda TBDY-2018'nin şekil değiştirme sınırları DBYBHY-2007'e göre çok daha küçük olduğu aralarındaki hasar bölgesi farklılıklarının da bu sebeple oluştuğu görülmüştür.

Emine Aydın, Elif Boru (2020) yaptıkları çalışmada, farklı yerleşim düzenine uygulanan çelik çaprazların binanın sismik davranışı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Öncelikle üç açıklıklı betonarme sisteme performans analizi yapılmış daha sonra binanın deprem performansını iyileştirmek için sistemin merkezi X çelik çaprazlarla güçlendirilmiştir. Çaprazların uygun kullanım yerlerini belirlemek için 5 farklı kullanım şekli oluşturulup oluşturulan modellerin doğrusal olmayan statik itme analizi yapılmıştır.

Mehmet Fatih Altan, Sinan Cansız, Osman Kaya, Çağatay Turna (2020) çalışmalarında, deprem bölgelerinde yapılacak olan binalar ile ilgili 2007 yönetmeliğine göre zemin emniyet gerilmeleri, taşıyıcı sistem elemanlarının belirlenmesi, taşıyıcı sistemin geometrisi, malzeme özellikleri ve taşıyıcı sistem kesitlerine ait parametreler incelenmiştir. Tüm aşamalarıyla anlatılan düzensiz yapıların performans analizi konusunda, çalışma sahasının genişletilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Memduh KARALAR, Murat ÇAVUŞLİ (2020) yaptıkları çalışmada, öncelikle tarihi yığma yapının rölevesi çıkarılmıştır. Taşıyıcı elemanların uzunlukları detaylı bir şekilde belirlenerek AutoCAD programına girilmiştir. Tarihi yığma binanın döşemeleri ahşaptan yapıldığı için bütün döşemelerden ayrı ayrı uzunluk bilgileri detaylı bir şekilde alınmıştır. Daha sonra binanın 3 boyutlu modeli StatiCAD-Yığma programı yardımı ile oluşturulmuştur. Bu çalışma ile yığma binanın deprem performansı 'hemen kullanım' koşulunu sağlamış, ülkemizin turizmine katkı sağlamak için önemli bir adım atılmıştır.

S. Özgür DEĞERTEKİN, Haluk ŞİK (2015) yaptıkları çalışmada, yetersiz deprem güvenliği olan bir yapının Sta4Cad programı yardımı ile performans analizi incelenerek çeşitli güçlendirme önerileri sunulmuştur. Ayrıca maliyet analizi için OSKA

programı kullanılarak yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır. Mevcut yapıdan elde edilen analiz sonuçları karşılaştırıldığında, betonarme yapının perde ilavesi ile güçlendirilmesi hem rijitlik hem de maliyet bakımından uygun sonuçlar verdiği kanaatine varılmıştır.

Sinan ALTIN, Özgür ANIL, Yeliz GÖKTEN (2004) yaptıkları çalışmada, betonarme kirişlerin kesmeye karşı güçlendirilmesinde, sahada uygulanması kolay olan etkin bir kelepçe türünü göstermektedir. Uygulamada bes adet dikdörtgen kiriş kelepçe yöntemi ile güçlendirilerek test edilmiştir. Analiz sonuçlarında verilerin değerlendirilmesi ile yapı elemanının süneklik, rijitlik ve enerji tüketimindeki sonuçlar incelenmiştir. Kelepçeler sayesinde kesme çatlakları kontrol edilerek genişlemesi engellenmiştir. Ayrıca betonarme kirişin sünek eğilme dayanımı artırılmıştır.

## 2.1.2. Literatürde İncelenen Performans Değerlendirmeleri ve Güçlendirme Çalışmaları

### 2.1.2.1. Tip Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi

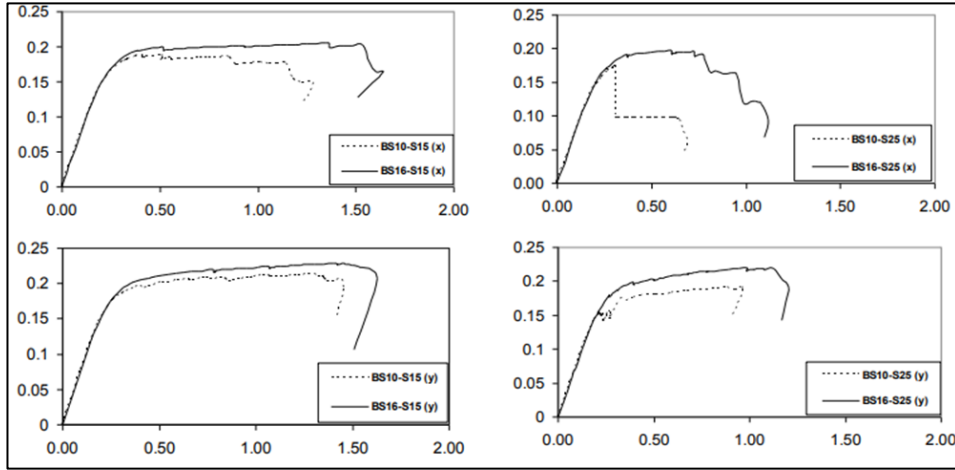
İncelenen TİP projeli hastane binasında, uygulamada karşılaşılabilecek olan beton basınç dayanımları ve etriyelerdeki sıklıklar dikkate alınarak doğrusal ötesi analizlerle performans değerlendirilmesi yapılmış olup doğrusal ötesi davranış artımsal itme analizi ile ifade edilmiştir. Yapıda bulunan her elemanın doğrusal ötesi davranışı dikkate alınarak bu doğrusal ötesi davranış parametreleri ‘yığılı plastik davranış hipotezi’ kullanılarak hesaplanmıştır. Modelleme esnasında Sap2000 programı kullanılarak artımsal itme analizi için oluşturulan modellerde FEMA-356 (2000), ATC-40 (1996) dokümanlarından yararlanılmıştır. Artımsal itme analizinde kullanılan yükleme şekli x ve y yönlerinde kat hizalarına orantılı olarak uygulanmıştır. Yapılan analizler neticesinde binalara ait kapasite eğrileri elde edilerek mevcut binaların deprem güvenliği Afet Yönetmeliğine göre irdelenmiştir. (İNEL-BİLGİN, 2006)

**Tablo 2.1.** TİP projeye ait yapısal özellikler

Projelere Ait Özellikler	11276 A Blok
Kat adedi	4
Normal kat yüksekliği (m)	3.2
Normal kat alanı (m <sup>2</sup> )	560
Yapı ağırlığı (ton)	2944
Beton sınıfı	BS10, 16
Çelik sınıfı	S220
X- yönü doğal titreşim periyodu (sn)	0.55

**Kaynak:** İnel M. Bilgin H. (2006) Tip Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi, Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi Çalışmayı

Denizli, Aydın ve Muğla'da 16 kamu binasına ait olan 34 bloğun incelenmesi sonucunda; Beton sınıfı BS10-BS16 ve Etriye aralığı 15-25 (cm) olarak belirlenmiştir.



**Şekil 2.1.** Değişik beton basınç dayanımları ve etriye aralıkları için x- ve y- doğrultusu kapasite eğrileri

**Kaynak;** İnel M. Bilgin H. (2006) Tip Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi, Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi Çalışmayı

Yapılan analizler neticesinde oluşturulan grafikler şekil 2.1'de gösterilmiştir. Şekillerde çatı katı yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti yerine, çatı katı yer değiştirmesi ile bina yüksekliği ve taban kesme kuvveti ile sismik ağırlık normalize edilerek yatay ve düşey eksenin daha anlaşılır olması sağlanmıştır. X- yönünde BS10-S25 durumunda ikinci kattaki kolonlarda kesme kırılması ve yatay yük taşıma kapasitesinde azalma görülmüştür. Binanın kısa yönüne uzun olan kolonların yerleştirilmesi ile ikinci kata geçişte kolonların boyutlarının küçültülmesi x- yönündeki kapasiteleri olumsuz etkilemiştir. Y- yönünde BS10-S25 durumunda ikinci kat, BS10-S15 durumunda üçüncü kat kolonlarında yumuşak kat olma durumu öngörülmüştür. (İNEL-BİLGİN, 2006)

**Tablo 2.2.** Afet Yönetmeliğine Göre Performans Noktaları

Beton Sınıfı Etriye Aralığı	X-yönü		Y-yönü	
	HK	CK	HK	CK
	$\Delta$ çatı/Hbina	$\Delta$ çatı/Hbina	$\Delta$ çatı/Hbina	$\Delta$ çatı/Hbina

Devamı arkada

BS10-S15	0.27	0.33	0.26	0.28
BS10-S25	0.17	0.27	0.11	0.22
BS16-S15	0.34	0.54	0.28	0.47
BS16-S25	0.24	0.36	0.20	0.26

**Kaynak;** İnel M. Bilgin H. (2006) Tıp Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi, Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi Çalışmayı

**Tablo 2.3.** HK ve CG Durumları İçin Yer Değiştirme İstemleri

YÖN	W (ton)	Modal Katkı Çarpanı	Etkin Kütle Oranı	Performans Noktası, $\Delta\text{çatı}/H_{\text{bina}}$ (%)	
				HK	CG
X	2944	1.31	0.79	1.27	1.91
Y	2944	1.33	0.78	1.28	1.92

**Kaynak;** İnel M. Bilgin H. (2006) Tıp Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi, Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi Çalışmayı

Tablo 2.2 ve Tablo 2.3 incelendiğinde, yapıların Afet Yönetmeliği performans değerlerini karşılayamadığı görülmüştür. İncelenen TİP bir projenin her iki yönde çerçevesi sisteme sahip olması ve yatay dayanımının düşük olması, yetersiz eleman sayısının fazla olduğunu ve sistemin her iki yönde de yetersiz olduğunu göstermektedir. Proje ön görülen beton sınıfı BS16 ve öngörülen etriye aralığı 15cm olsa bile, Afet Yönetmeliğinde ön görülen performans değerleri sağlanmamaktadır. Bu durum, 1975 Afet Yönetmeliğine göre tasarlanan binalar için tahmin edilen bir durumdur. Bu durum, taşıyıcı elemanların deformasyonunda büyük etkisi olan etriye aralığının 15cm gibi büyük bir değer olması aynı zamanda eski yönetmelikte yatay dayanımın daha düşük bir değer olması en önemli nedenlerindedir. (İNEL-BİLGİN, 2006)

### 2.1.2.2. Taşıma Gücü Zayıf Zeminde İnşa edilmiş Betonarme Binaların Performans Analizi ve Zemin Etkileşimlerinin Değerlendirilmesi

Zemin koşulları ile ilgili bilgiler Yönetmeliğin 6. Bölümünde gösterilmiştir. Bu koşullara göre zemin etüt raporunda yerel zemin sınıfları ve zemin grupları açık olarak belirtilebilmektedir.

**Tablo 2.4.** Zemin Grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar,	-	-	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl,	>50	85-00	-	>700
	3. Çok kil ve siltli kil.	>32	-	>400	>700
(B)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar,	-	-	500-000	700-1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl,	30-50	65-85	-	400-700
	3. Çok kil ve siltli kil	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar,	-	-	<500	400-700
	2. Çok sıkı kum, çakıl,	10-30	35-65	-	200-400
	3. Çok kil ve siltli kil	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar,	-	-	-	<200
	2. Çok sıkı kum, çakıl,	<10	<35	-	<200
	3. Çok kil ve siltli kil	<8	-	<100	<200

**Kaynak;** AFAD, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY\\_2018.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY_2018.pdf) (Erişim Tarihi: 13.03.2023)

**Tablo 2.5.** Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Yerel Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	(A)Grubu zeminler, h1 ≤15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h1>15 m olan (B)Grubu zeminler, h1 ≤15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	h1>15 m olan (B)Grubu zeminler, h1 ≤15 m olan (C) grubu zeminler
Z4	h1>15 m olan (B)Grubu zeminler, h1 ≤15 m olan (C) grubu zeminler

**Kaynak;** AFAD, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY\\_2018.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY_2018.pdf) (Erişim Tarihi: 13.03.2023)

1997 yılında inşa edilen Yeni Taş Köprü okul binası 1975 Yönetmeliğine uygun bir şekilde inşa edilmiştir. Zemin etüdü yapılarak temel derinliği ve temel genişliği ölçülmüştür. Betonarme karkas binanın röleve çalışmaları yapılarak statik projeleri hazırlanmıştır. Yapılan sondaj çalışmalarında SPT deneyi sonucunda bulunan SPT-N60

değerlerinin ortalaması alınıp, zemin emniyet gerilmesi hesaplanmıştır. Yapıda kullanılan donatı bilgisini elde etmek amacı ile kolon ve kirişlerde sıyırma işlemi yapılmıştır. Bu okul binasının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri açısından ayrı ayrı performans analizi yapılarak, kiriş hasar ve kolon kesme kuvveti dağılımı sonuçları elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda binanın bu yönetmeliklere göre binanın güçlendirme projesi hazırlanmış, yetersiz olan taşıyıcı elemanların tekrar boyutlandırılmaları gerektiği anlaşılmıştır. Güvenli tarafta kalmak için emniyet gerilmesi 0,50 kg/cm<sup>2</sup>, zemin yatak katsayısı 500 ton/m<sup>3</sup> alınmasının uygun olacağı düşünülmüş, Yönetmeliğe göre D zemin grubunda Z4 yerel zemin sınıfında olduğu belirtilen yapının zemini heterojen özellikte olduğu için başka incelemeler yapılarak daha nihai kararlar verileceği kanaatine varılmıştır. (KAP vd. 2019)

### 2.1.2.3. Tarihi Yiğma Yapılarda Performans Değerlendirilmesi

Tarihi yiğma yapılar incelendiğinde, farklı tipte taşıyıcı yiğma duvarlar kullanıldığı ve dolayısıyla her yapının kendine özgü özellikleri olduğu görülmüştür. Bu tarihi yiğma binaların deprem performanslarını yükseltmek amacı ile güçlendirme çalışmaları yapılırken, tarihi dokunun ve yapının kendine özgü mimari özelliklerinin korunması gerekmektedir.

Tarihi yapılarda yapılan performans analizleri neticesinde, mutlak korunması gereken elemanlarda güçlendirme çalışmaları yapılırken, değişim şeklinin kesinle projelendirilmesi gerekir. Yapılması zorunlu kılınan bu projenin, restorasyon kural ve standartlarına uyularak yapılması gerekmektedir.

Tarihi Rombaki yiğma yapısı incelendiğinde, tarihi yapı olduğu için malzeme özellikleri, binadan numune alınarak değil, detaylı bir araştırma sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda tespit edilmiştir. İlk olarak yapının rölevesi çıkarılmış, eleman uzunlukları detaylı olarak belirlenerek AUTOCAD uygulamasına girilmiştir. Daha sonra STATİCAD programı yardımıyla 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Yapının şu andaki durumu göz önüne alınarak analiz edilip, analiz sonuçları neticesinde yapının ayakta kalmakta zorlandığı ve deprem güçlendirilmesinin yapılması gerektiği görülmüştür. (KARALAR-ÇAVUŞLİ. 2020)



**Şekil 2.2.** Tarihi Yiğma Yapının Genel Görüntüleri

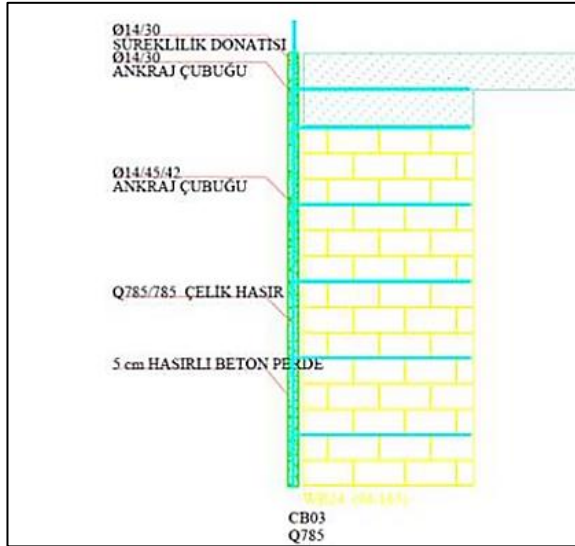
**Kaynak;** Karalar M. Çavuşlı M. (2020) Tarihi Rombaki Yiğma Yapısının Performans Değerlendirmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 9 (1), 226-247



**Şekil 2.3.** Tarihi Konağın Rölevesi

**Kaynak;** Karalar M. Çavuşlı M. (2020) Tarihi Rombaki Yığma Yapısının Performans Değerlendirmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 9 (1), 226-247

Sonuçlar incelendiğinde, güçlendirme yapılması gereken taşıyıcılar seçilerek mantolama ile bu taşıyıcılar güçlendirilmiştir. Mantolama yapılacak olan taşıyıcılar öncelikli olarak dış duvarlardan seçilmiş ve tarihi yapı olduğu için işlem sırasında yapının zarar görmemesi için özen gösterilmiştir. (KARALAR-ÇAVUŞLI, 2020)



**Şekil 2.4.** Mantolanmış Duvar Örneği

**Kaynak;** Karalar M. Çavuşlı M. (2020) Tarihi Rombaki Yığma Yapısının Performans Değerlendirmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 9 (1), 226-247

Güçlendirme sonrası tekrar yapılan analiz neticesinde, mantolama yapılan çoğu duvarın uzun yıllar ayakta kalacağı ancak bazı iç duvarlarda göçme meydana geleceği tespit edilmiştir. Bahsi geçen duvarlara tekrar mantolama uygulaması yapılarak, yapının ülke turizmine ve ekonomisine katkı vermesi sağlanmıştır. (KARALAR-ÇAVUŞLİ, 2020)

Yapılan başka bir çalışmada, 1943-1946 yılları arasında inşa edilen Bayburt Korkut Ata Lisesinin deprem performansı değerlendirilmiştir. Zemin ve bir normal kattan oluşan binanın, iç ve dış duvarları Bayburt taşı olarak bilinen doğal taş malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Dış cephe sıvanmış, sadece ön cephe Bayburt taşı ile kaplanmıştır. (CAN-YILDIZOĞLU, 2018)

Tarihi yığma yapılarda kullanılan doğal taşların taşıyıcı özellikleri, geçmiş çalışmalar araştırılarak ya da 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özellikleri alınarak malzeme özelliği tespit edilebilmektedir.

**Tablo 2.6.** Doğal Taş Mekanik Özellikleri

Eleman Tipi	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Özgül Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson Oranı
Taş Duvarlar (Harç ile Birlikte)	450	24	0.2

**Kaynak;** Can Ö. Yıldızoğlu H. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi, Güfbed/Gustij

**Tablo 2.7.** Doğal Yapı Taşlarının Ortalama Fiziksel Özellikleri

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Kayma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Granit	30-70	14-33	4-7	3x10 <sup>3</sup> -55x10 <sup>3</sup>
Mermer	25-65	9-45	1-15	25x10 <sup>3</sup> -70x10 <sup>3</sup>
Kireç taşı	18-35	6-20	2-6	10x10 <sup>3</sup> -55x10 <sup>3</sup>
Kum taşı	5-30	2-10	2-4	13x10 <sup>3</sup> -50x10 <sup>3</sup>
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15x10 <sup>3</sup> -55x10 <sup>3</sup>
Serpatin	7-30	2-10	6-11	23x10 <sup>3</sup> -45x10 <sup>3</sup>

**Kaynak;** Can Ö. Yıldızoğlu H. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi, Güfbed/Gustij

Öncelikle röleve çalışması yapılmıştır. Tarihi yapının alınan ölçülere uygun şekilde modellenmesi için StatiCAD yığma programı kullanılmıştır. Yapıya ait zemin değerlerini elde etmek için tarihi yapının yakın çevresinde, son dönemlerde inşa edilmiş olan yapılara ait zemin etüt raporları incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda alınan raporlar birbirleri ile uyum sağladığı için yapıya en yakın olan zemin etüdü raporu

referans alınmıştır. Analiz yapılırken gerekli olan yük kombinasyonları TS500'e göre, yığma yapılar için de 2007 Deprem Yönetmeliğinin 5. Bölümüne göre yapılmıştır.

**Tablo 2.8.** Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Yük Kombinasyonları (TS 500,2000)

Yük Kombinasyonları	G ( Ölü Yük)	Q (Hareketli Yük)	E (Deprem Yükü)
Basınç Gerilmesi için Yük Kombinasyonu	1.0	1.0	
Döşeme Betonarme Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.4	1.6	
Kayma Gerilmesi Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.0	HYKK (Hareketli Yük Katılım Katsayısı)	1.0

**Kaynak;** Can Ö. Yıldızoğlu H. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi, Güfbed/Gustij

**Tablo 2.9.** Taşıyıcı Sistem Katsayıları

Bina Önem Katsayısı	1.4
R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı)	2
ST (Spektrum Katsayısı)	2.5

**Kaynak;** Can Ö. Yıldızoğlu H. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi, Güfbed/Gustij

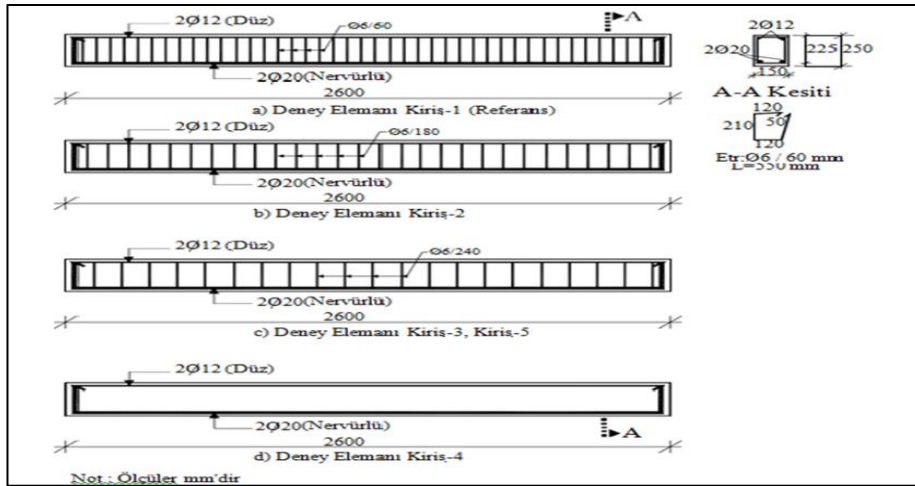
Tüm verilerin elde edilmesi ile birlikte binanın modellenmesi sağlanmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için yapılan hesaplar sonucunda kayma gerilmesini sağlamayan yapı elemanlarının toplam kesme kuvvetlerine oranı; zemin kat x-x yönünde %13.90, y-y yönünde %33.20, birinci kat x-x yönünde %35, y-y yönünde %55.10 olarak elde edilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre bu tarihi yığma yapının geçme durumunda olduğu görülmüştür. (CAN-YILDIZOĞLU, 2018)

## 2.1.2.4. Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde bir Kelepçe Uygulaması

### 2.1.2.4.1. Deneysel Çalışma

Çalışmada geliştirilen kelepçe, donatının “U” şeklinde bükülerek ucuna çelik lama yardımıyla kirişe sabitlenmesiyle oluşturulmuştur. Deneyde kullanılan kirişlerin kesme açıklıklarının kiriş etkili yüksekliği ile oranı (a/d) dört seçilerek birbirine simetrik olan iki tekil yük altında test edilip dayanımları incelenmiştir. Deneysel çalışmada birbirinden farklı kesme dayanımları olan beş adet kiriş elemanı üretilerek test edilmiştir. Bu kiriş elemanlarının boyuna donatıları birbirine eşit, basınç donatısı nervülsüz 2φ12 mm, çekme donatısı ise nervürlü 2φ20 mm kullanılmıştır. Kapalı etriyeler için çapı φ6mm donatılar üretilmiştir. Test edilecek olan beş adet kirişin bir tanesi referans kiriş kabul edilmiştir. Kiriş-1 referans kirişinde etriyeler 60 mm aralıkla, Kiriş-2’ de 180 mm aralıkla, Kiriş-3 ‘te 240 mm aralıkla konulmuştur. Etriye donatılarının oranları referans kirişe göre Kiriş-2 için 0.34, Kiriş-3 için 0.25 alınmıştır. Kiriş-4 elemanında etriye bulunmamaktadır. Kiriş-5 hasarlı bir kiriş olup, etriye donatıları Kiriş-3 ile aynı seçilmiştir. (ALTIN vd. 2004)

Referans kiriş dışında üretilmiş olan beş deney elemanının gevrek kesme kırılmasına sahip oldukları ve kesme dayanımlarının yetersiz olduğu bilinmektedir. Gerekli olan kesme dayanımları kelepçe uygulaması ile güçlendirilerek sağlanmıştır. Donatılar şekil 2.5’de sunulmuştur.



Şekil 2.5. Deney Elemanı Donatı Şemaları

**Kaynak;** S. Altın vd. (2004) Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde Bir Kelepçe Uygulaması Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 4

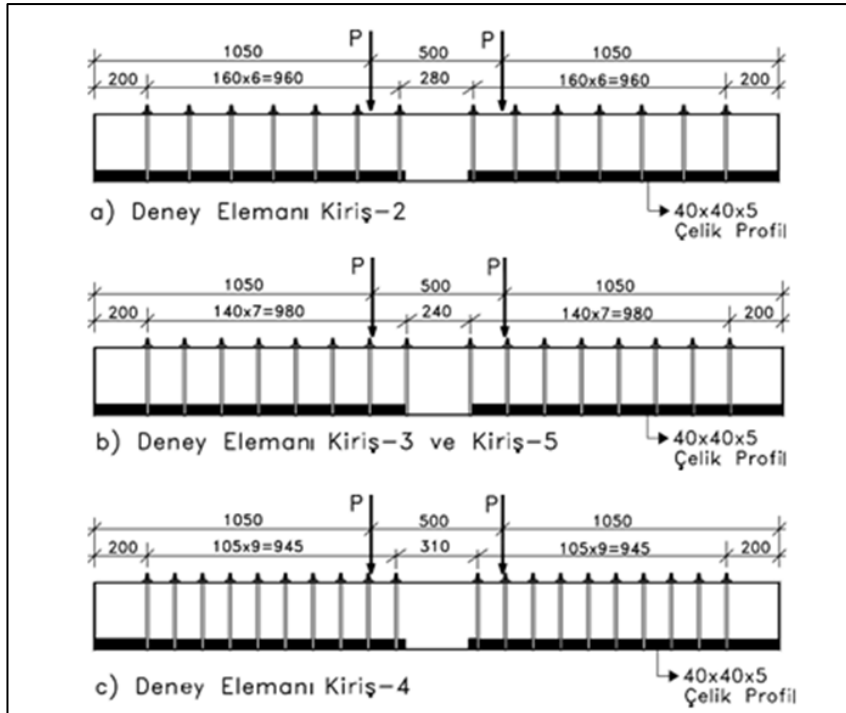
Kelepçe yerleştirilen kirişlerin kelepçe donatı oranının referans kirişin etriye donatısına oranı Tablo 2.9’da verilen çizelgede gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Deney Elemanlarının Özellikleri

Deney Elemanı	Etriye Oranı ( $\rho_s$ )	Kelepçe Oranı ( $\rho_{CL}$ )	$\frac{\rho_s}{\rho_s(\text{Kiriş-1})}$	$\frac{\rho_{CL}}{\rho_s(\text{Kiriş-1})}$	$f_c$ (MPa)	a/d
Kiriş-1 (Referans)	0.0062	-----	1.00	-----	18.3	4
Kiriş-2	0.0021	0.0041	0.34	0.66	19.0	4
Kiriş-3	0.0016	0.0046	0.25	0.75	20.0	4
Kiriş-4	-----	0.0062	-----	1.00	18.6	4
Kiriş-5	0.0016	0.0046	0.25	0.75	19.2	4

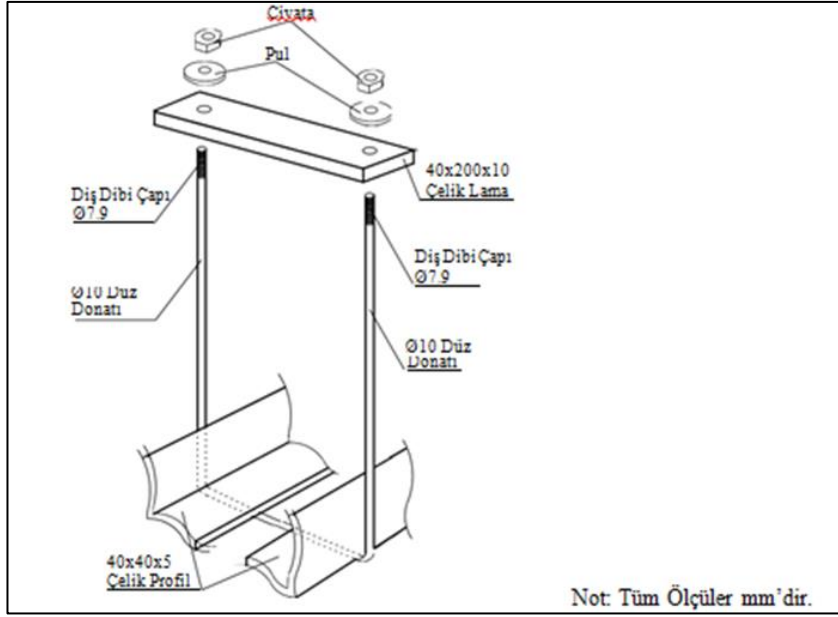
**Kaynak;** S. Altın vd. (2004) Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde Bir Kelepçe Uygulaması Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 4

Referans kirişinin etriye oranı, güçlendirilen kirişlerin etriyeleri ve yerleştirilen kelepçe donatılarının oran toplamına eşit olup, kelepçeler kirişlerin kesme açıklıklarına yerleştirilmiştir. Kelepçe detayı ve yerleşimi Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de sunulmaktadır.



Şekil 2.6. Kelepçe Yerleşimi

**Kaynak;** S. Altın vd. (2004) Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde Bir Kelepçe Uygulaması Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 4



**Şekil 2.7.** Kelepçe Detayı

**Kaynak;** S. Altın vd. (2004) Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Güçlendirilmesinde Bir Kelepçe Uygulaması Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 4

### 2.1.2.5. Sismik Sönümleyici ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada mevcutta bulunan 8 katlı betonarme bina için iki güçlendirme yönteminin kullanılmasını kapsamaktadır. Bu yöntemlerden biri sismik sönümleyici ile güçlendirme diğeri ise klasik güçlendirme yöntemi olan ilave eleman eklenmesi olmaktadır. Sismik sönümleyici ile binaya etkiyen yüklerin azaltılması amaçlanmaktadır. Binaya ilave yeni elemanlar eklenerek yapının karşılayacağı yük kapasitesini arttırmak amaçlanmaktadır.

Yıldırım vd. yaptıkları çalışmada incelenmek üzere İstanbul ilinde 10 katlı betonarme bir bina seçmişlerdir. İlk olarak o dönem yürürlükte olan yönetmelik kapsamında perde ilavesi, temel takviyesi ve mantolama gibi güçlendirme teknikleri için mod birleştirme yöntemi ile analiz çalışması yapılmıştır. Mevcutta bulunan yapı için doğrusal, sönümleyiciler için doğrusal olmayan bir model oluşturulmuştur.

#### 2.1.2.5.1. Yapı Hakkında Bilgiler

İncelenen bina bir çatı, iki bodrum kat olmak üzere 10 katlı, çerçeve sistem ve perde duvarlardan oluşmaktadır. Yapıda incelemeler yapılmış ve perde duvarlar rijitliklerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple perde duvarlı diğer yapılara göre daha esnek olduğu gözlemlenmiştir. Donatı bilgileri Tablo 2.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 2.11.** Donatı Bilgileri

Ebatlar (cm x cm)	Boyuna Donatı		Enine Donatı	
	Çeşidi	Adet	Çeşidi	Donatı/Aralık
Kolon 50 x 50	STI	12 - $\Phi$ 16	STI	$\Phi$ 10/25
Kolon 20 x 120	STI	14 - $\Phi$ 12	STI	$\Phi$ 10/25
Kiriş 40 x 60	STI	2 - $\Phi$ 16	STI	$\Phi$ 8/25
Kiriş 20 x 60	STI	2 - $\Phi$ 16	STI	$\Phi$ 8/25

**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013) Sismik Sönümleyici Ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması 2. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 – MKÜ – Hatay

Alınan karot numunelerinin deney sonuçlarına göre binada kullanılan beton özellikleri  $f_{cm}=16,5$  Mpa,  $f_{ctm}=1,42$  MPa,  $E_{cm}=27202$  MPa olarak belirlenmiştir. Performans kriterleri en yüksek depremde göçme öncesi ve tasarım depreminde hemen kullanım, bina periyotları ise X doğrultusunda 1,712sn, Y doğrultusunda 1,496sn olarak belirlenmiştir. Kat bilgileri Tablo 2.11’de verilmiştir.

**Tablo 2.12.** Kat Bilgileri

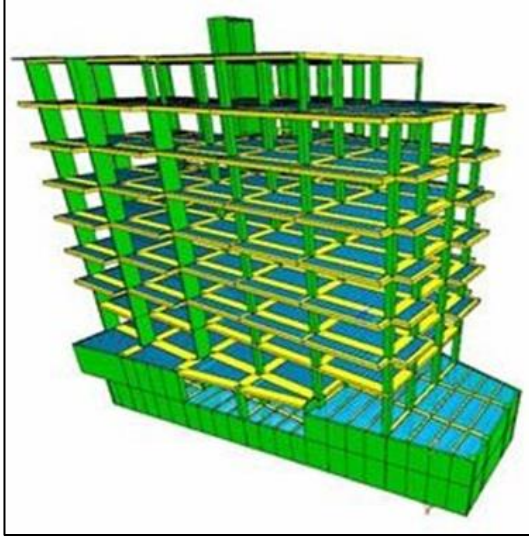
Kat	Adet	Yükseklik	Alanı
Bodrum	2	3.50 m	677 m <sup>2</sup>
Zemin	1	3.50 m	441 m <sup>2</sup>
Normal	6	3.15 m	538 m <sup>2</sup>
Çatı	1	3.15 m	350 m <sup>2</sup>

**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013) Sismik Sönümleyici Ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması 2. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 – MKÜ – Hatay

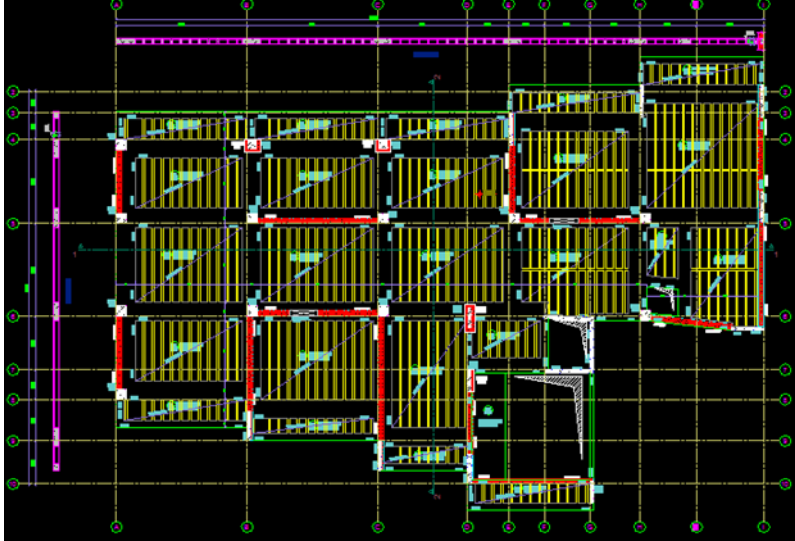
### 2.1.2.5.2. Klasik Güçlendirme

Mevcut yapının bilgisayar modeli oluşturulmuş ve yapılan performans analizleri ile beraber güçlendirilmiş kat planları elde edilmiştir. Güçlendirme modeline göre yapıya ilave perde eklenmesi gerektiği için yapının mimarisinde değişiklik yapılması gerekmiş ve iç mimarisinin tekrar tasarlanması zorunlu hale gelmiştir. Binanın sol cephesinde bulunan kapalı konsollar, güçlendirmede yapıya ilave edilen perdelerin ulaşımını engellediği için kırılarak kaldırılmıştır. Dolayısı ile yapı statğine kapsamlı müdahaleler

yapılmış, iç mimari yeniden tasarlanmış, ilave edilen betonarme elemanlar maliyeti ve inşaat süresini arttırmıştır. Mevcut yapının bilgisayar modeli ve tipik güçlendirilmiş kat planı Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Mevcut Yapının Bilgisayar Modeli  
**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.3)



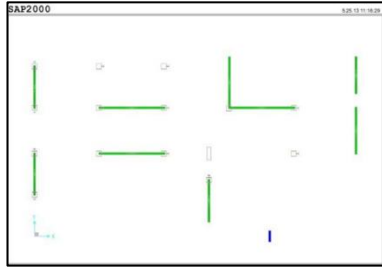
**Şekil 2.9.** Tipik Güçlendirilmiş Kat Planı  
**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.3)

### 2.1.2.5.3. Sismik Sönümleyici Kullanarak Yapı Güçlendirme

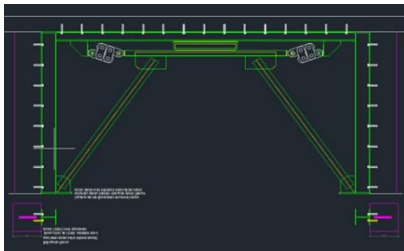
Sismik sönümleyiciler deprem etkisi ile yapıya aktarılmakta olan enerjinin sönümlenmesi prensibine sahip olmaktadır. Sismik sönümleyicilerin kullanılmadığı

yapılarda sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışları ve içsel mekanizmalarla sismik enerji sönmelenmektedir. Yapıya gelen enerjinin büyüklüğüne göre yapı sisteminin sergilediği davranış binada hasar oluşturmaktadır. Sönümleyiciler sayesinde yapı tarafından sönmelenecek olan sismik enerjinin bir kısmı sönmelenerek binada oluşacak hasar azaltılmış olmaktadır.

Yıldırım vd. yaptıkları çalışmada ASCE 41-06 kullanmıştır. Yapı performans kriterleri için klasik güçlendirme çalışmasında yakalanmış olan performans seviyesi göz önüne alınmıştır. İki aşamadan oluşmakta olan bu çalışmada, ilk aşama olarak davranış spektrumu göz önünde bulundurularak ön tasarım yapılmıştır. Elde edilmesi gereken ek sönmlemenin incelenmesi için sönmleyici sayısı ve yerleştirilmesi verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda uygun olan noktalara mimariyi bozmadan sönmleyiciler yerleştirilmiş ve farklı yerleşmeler denenmiştir. Şekil 2.10'da gösterilen yerleşim planında yapının performans kriterlerinin ve yeterli sönmlemelerin sağlanacağı belirlenmiştir. Sönümleyicilerin yerleştirildiği noktalar ve sistem elemanları incelenerek o konumdaki çerçeveler şekil 2.11'de gösterildiği üzere çelik ile güçlendirilmiştir. Yapının ilk beş katında her çerçeve sistemine iki adet sismik sönmleyici yerleştirilmiştir. Yerleştirilen sönmleyicilerde %22 oranda eşdeğer model sönmleme sağlandığı tespit edilmiştir.



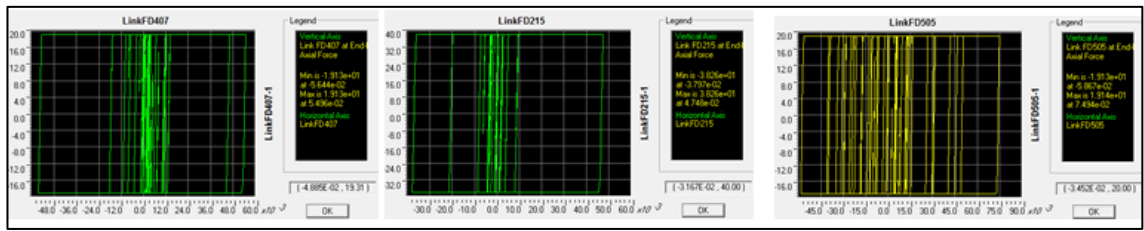
**Şekil 2.10.** Tipik Sismik Sönümleyici Yerleşim Kat Planı  
**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.4)



**Şekil 2.11.** Sönümleyici İç Çerçeve Güçlendirmesi  
**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013s.4)

İlk aşamada sağlanmış olan güçlendirme ikinci aşama için zaman tanım aralığında incelenerek kontrol edilmiştir. Zaman tanım aralığı çözümlenirken, en yüksek deprem spektrumuna ve tasarım deprem spektrumuna göre ölçeklendirilmiş olan 1999 Düzce deprem kaydı kullanılmıştır. Yapıda kullanılan sönümleyiciler doğrusal olmayan davranış, yapı elemanları ise doğrusal davranış modeli ile modellenmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının performansları değerlendirilerek temel bağlantı tahkikleri analiz edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, seçilmiş olan sistem için performans kriterlerinin sağlandığı görülmüştür. Kullanılan sönümleyicilerin şekil 2.12’de görüldüğü üzere etkin davranışları tespit edilmiştir. Yapının yanal yer değiştirmelerinin yönetmelik sınırlarında olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 2.12.** Örnek Sönümleyici Davranışları  
**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.5)

Çalışmanın daha iyi anlaşılması maksadıyla ve sönümleyicilerin yalnız başına verebildiği etkiyi görebilmek için, çerçeve kullanılan yapının sönümleyici olan ve sönümleyici olmayan halleri analiz edilip karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları şekil 2.13’de gösterilmektedir. İki model arasındaki performans analizlerinin değerlendirilmesi tabloda verilmiştir. Taban kesme kuvvetinin diyagramı şekil de gösterilmiştir.

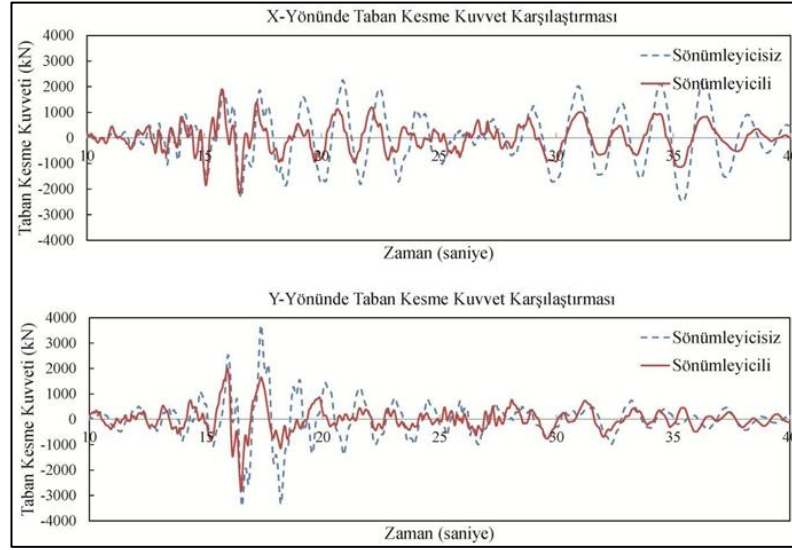
**Tablo 2.13.** ASCE 41’e göre Sismik Sönümleyicili Yapının Performans Değerlendirmesi

Kat	SÖNÜMLEYİCİSİZ YAPI			SÖNÜMLEYİCİLİ YAPI		
	Kolon Sayısı	Can Güv. Aşan Kolon	Göçme Önc. Aşan Kolon	Kolon Sayısı	Can Güv. Aşan Kolon	Göçme Önc. Aşan Kolon
Zemin	16	4	12	16	0	0
1. Kat	16	3	5	16	0	0
2. Kat	16	5	3	16	1	0
3. Kat	16	9	2	16	0	0
4. Kat	16	5	4	16	1	0
5. Kat	16	2	5	16	4	0

Devamı arkada

6. Kat	16	3	1	16	4	0
7. Kat	12	3	5	12	10	0
<b>Toplam</b>	<b>124</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>124</b>	<b>20</b>	<b>0</b>

**Kaynak;** YILDIRIM S. AŞIK V. ERKUŞ B. TONGUÇ Y.I. (2013) Sismik Sönümleyici Ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 2. Türkiye Deprem Yönetmeliği Ve Sismoloji Konferansı Mkü-Hatay

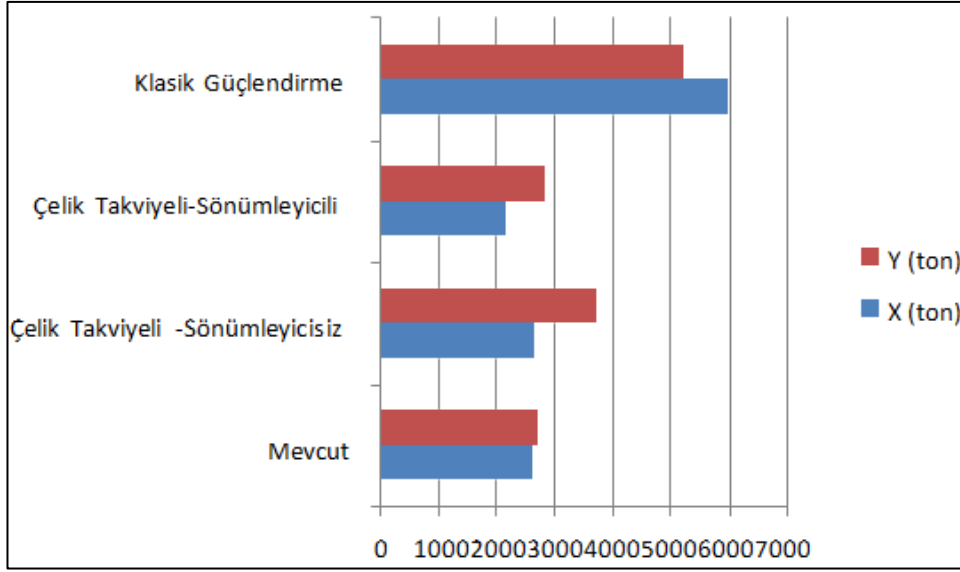


**Şekil 2.13.** Sönümleyicili ve Sönümleyicisiz Yapıda Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.5)

#### 2.1.2.5.4. Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Değerlendirilmesi

- 1- Sismik sönümlenme kullanılarak yapıda elde edilen %22 sönümlenme oranı neticesinde binanın taban kesme kuvveti X doğrultusunda %13,02 oranda, Y doğrultusunda %24,01 oranda azaldığı tespit edilmiştir.
- 2- Şekil 2.14 incelendiğinde, taban kesme kuvveti mevcutta 2600 ton iken çelik takviyesi ile X doğrultusu için %5, Y doğrultusu için %4 oranda arttığı görülmüştür. Sönümleyicilerin eklenmesi ile X doğrultusunda %19 azalma, Y doğrultusunda % 4 artma tespit edilmiştir. Sonuç olarak mevcut bina deprem performans kriterlerini sağlayamıyorken sönümleyici kullanıldığı takdirde bu kriterlerin sağlandığı belirlenmiştir. Diğer önemli bir hususta klasik güçlendirme ile taban kesme kuvvetleri X doğrultusu için %230, Y doğrultusu için %191 artarak 5000-6000 ton civarlarına ulaştığı görülmektedir. Bu durumda klasik güçlendirme ile binada aşırı rijitlenme meydana geleceği tespit edilmiştir.



**Şekil 2.14.** Taban Kesme Kuvveti

**Kaynak;** S. Yıldırım Vd. (2013 s.7)

- 3- Binada sönümleyicili mevcut durum için deprem performansı ASCE 41'e göre sağlanamamış, ancak çelik takviye edilerek ve sismik sönümleyici ilavesi yapılarak deprem performansını sağlandığı belirlenmiştir.
- 4- Sismik sönümleyici kullanılarak güçlendirme çalışması yapıldığında beton imalatı olmadığı için ve taşıyıcı sistem elemanları fazla tahribata uğramadığından dolayı, binayı boşaltmadan kısmi tadilatlarla güçlendirme çalışmasının yapılabilir durumda olduğu belirlenmiştir. Yapının boşaltılması gerekmediği ve zamandan tasarruf edildiğinden dolayı sismik sönümleyici kullanmanın daha ekonomik olacağı yapılan icmaller neticesinde tespit edilmiştir

### 3. METERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, kişisel yorumlardan bağımsız yapılan bilimsel araştırma ve hesap modellemeleri doğrultusunda analiz edilen verilerden oluştuğu için, gözlem ve ölçmeye dayalı, tekrarlanabilen objektif bir nicel yöntem yaklaşımıdır.

#### 3.1. Binaların Güçlendirilmesi ve Güçlendirme Çeşitleri

Yönetmeliğe göre güçlendirme, betonarme yapılarda deprem etkisinde oluşabilecek hasarların giderilmesi, yapının depreme karşı dayanımının artmasını sağlayabilecek yeni elemanları eklenmesi, mevcut betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının deprem etkisindeki davranışlarının iyileştirilmesi ve kuvvet aktarımının tüm sistemde sürekliliğinin sağlanması için yapılan tüm çalışmaları içermektedir.

Yönetmeliğe göre, taşıyıcı sistem türleri için güçlendirme uygulamaları bina sistemi ve eleman düzeyinde olarak iki kapsamda değerlendirilmektedir.

Yönetmelik madde 15.9.3.1'e göre "eleman güçlendirmesi", betonarme yapının deprem yüklerini karşılayan elemanlarının, şekil değiştirme kapasitelerini ve dayanımını arttırmak amacı ile yapılan güçlendirme çalışmaları olarak tanımlanmaktadır.

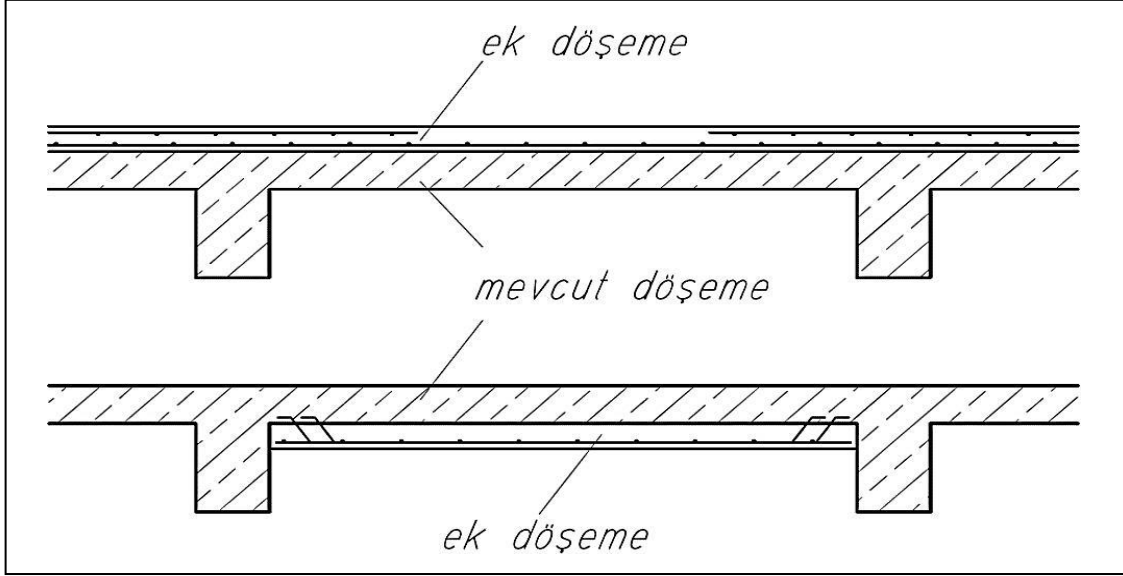
Yönetmelik madde 15.9.3.2'ye göre "sistem güçlendirmesi", yapının taşıyıcı sistemindeki şekil değiştirme kapasitesiyle dayanımını arttırmak ve iç kuvvetlerin sürekli bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla yapıya yeni eleman eklenmesi, deprem etkisini azaltmak için yapının kütlelerinin azaltılması, düğüm noktalarının güçlendirilmesi işlemleri olarak tanımlanmaktadır.

##### 3.1.1. Konvansiyonel Güçlendirme

Güçlendirme yöntemleri arasında kullanılan en yaygın yöntem konvansiyonel güçlendirme yöntemidir. Bu yöntem mühendislerin aşına olduğu klasik bir yöntem olduğu için vasıflı işçiler gerektirmemesi sebebi ile yüklenicilerin ve tasarımcıların öncelikli tercihi olmaktadır. (AYAZ, 2020)

##### 3.1.1.1. Döşemenin Güçlendirilmesi

Döşemeler düşey ve yatay (deprem, rüzgar vb.) yükleri kirişlere aktararak daha sonra perde duvar ve kolon gibi düşey taşıyıcılar ile temele aktarmak için projelendirilmektedir. Bu nedenle rijitlik ve dayanıma sahip olmaları gerekmektedir. Bu elemanda meydana gelen hasarlar genellikle döşeme ile perdenin birleştiği noktalarda ve saft boşluklarının etrafında görülmektedir. Oluşan bu hasarlar püskürtme beton veya epoksi gibi yöntemlerle onarılmaktadır. Deforme olan beton ve içerisindeki donatıların kesilerek çıkarılması ve yeni donatıların kaynakla eklenmesi gerekmektedir. Döşemeye üstten beton katman dökerek ya da alttan püskürtme beton ile kalınlığı artırılarak dayanım kazandırılmakta, böylece eğilme rijitliği artırılmaktadır. Mevcut döşemenin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi şekil 3.1'de gösterilmektedir.

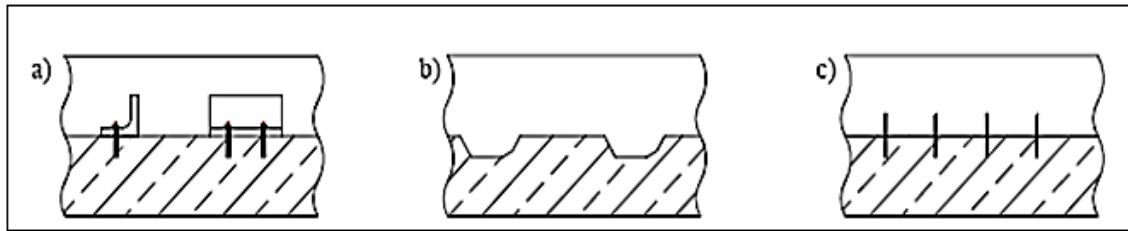


**Şekil 3.1.** Döşemenin Kalınlaştırılarak Güçlendirilmesi

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 5)

Döşemeye eklenen beton katmanlarına uygun donatıların yerleştirilmesi gerekmektedir. Statik açıdan taşıyıcı elemanların birlikte çalışması için eklenen donatıların, mevcut donatılara kaynakla bağlanması gerekmektedir. (CELEP ve KUMBASAR, 2004)

İlave edilen beton katmanlarının mevcut döşemeye kayma gerilmesi bağının sağlanması için çelik profil parçaları, donatı ekleri ve epoksi uygulaması yapılması gerekmektedir. Mevcut döşeme ile yeni ilave edilen döşeme betonu arasında kayma gerilmesi bağının sağlanması şekil 3.2’de gösterilmektedir.



**Şekil 3.2.** Mevcut Döşeme ile Yeni Döşeme Arasında Kayma Gerilmesi Bağının Sağlanması; **A)** Çelik Profil Parçalarıyla **B)** Yüzeyi Pürüzlendirerek **C)** Epoksi Uygulaması ve Donatı Ekerek

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 5)

### 3.1.1.2. Kirişin Güçlendirilmesi

Dayanımı yetersiz ve hasarlı olan kirişlerin, zayıf kolon – kuvvetli kiriş bağlantı noktalarının meydana getirilmemesine dikkat edilerek güçlendirilmesi gerekmektedir. Kirişin güçlendirilmesinde mevcut yapıda bulunan kirişte oluşan hasara bağlı olarak güçlendirme yöntemi değişmektedir.

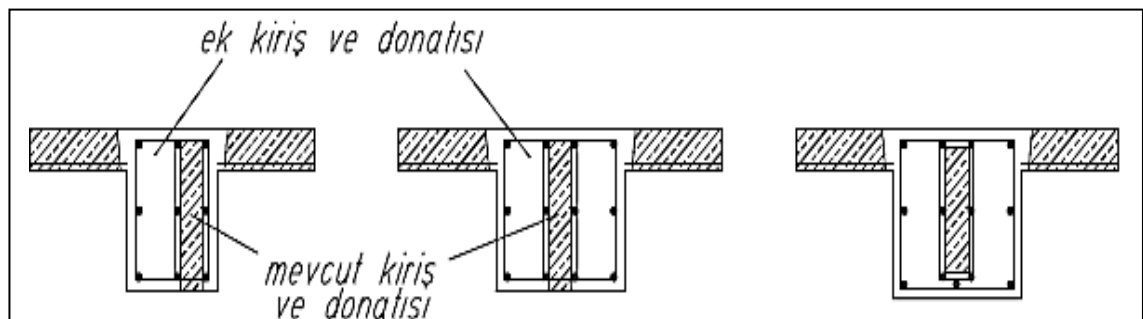
Yönetmeliğe göre, betonarme kirişler kesme dayanımlarının artırılması için ve gerekli durumlarda süneklik kapasite artışının sağlanması amacıyla dıştan etriye eklenmesiyle ve lifli polimer kullanılarak sarılmaktadır. Bu kullanılan yöntemler kirişlerdeki eğilme dayanımına etki etmemektedir. (TBDY 2018)

Betonarme kirişlerde moment kapasiteleri yeterli olsa da kesme dayanımı yetersiz olduğu için betonarme yapının enerji tüketim sistemi işlevini yerine getirememekte ve sürekliliğini ciddi oranda azaltmaktadır. Bu durumlarda yapı elemanına kelepçe, karbon lifli elyaf veya çelik levha gibi çeşitli güçlendirme teknikleri uygulanmaktadır. (ALTIN vd. 2004)

Kirişlerde meydana gelen beton ezigi ve donatı kopması gibi ağır hasar oluşturan durumlarda kiriş geçici olarak askıya alınmaktadır. Hasarlı kısımlarda donatılar kesilerek hava ve basınçlı su kullanılarak temizlenmektedir. Daha sonra yeni donatıların kaynaklanmasıyla onarılmaktadır.

Kiriş açıklığında donatının yetersiz olduğu durumlarda, kiriş altına karbon levha veya çelik şeritler kullanılarak güçlendirilmektedir. Ayrıca lifli karbon levhaların, hasarlı kirişin yan yüzeyine uygulanmasıyla kayma donatısı eksikliği giderilmektedir. Bu güçlendirmelerin uygulanabilmesi için sıva ve pas payı betonu kaldırılarak kiriş, köşelerinin yuvarlatılması ve güçlendirme uygulanacak yüzeylerin pürüzlü hale getirilmesi gerekmektedir. (AYAZ, 2020)

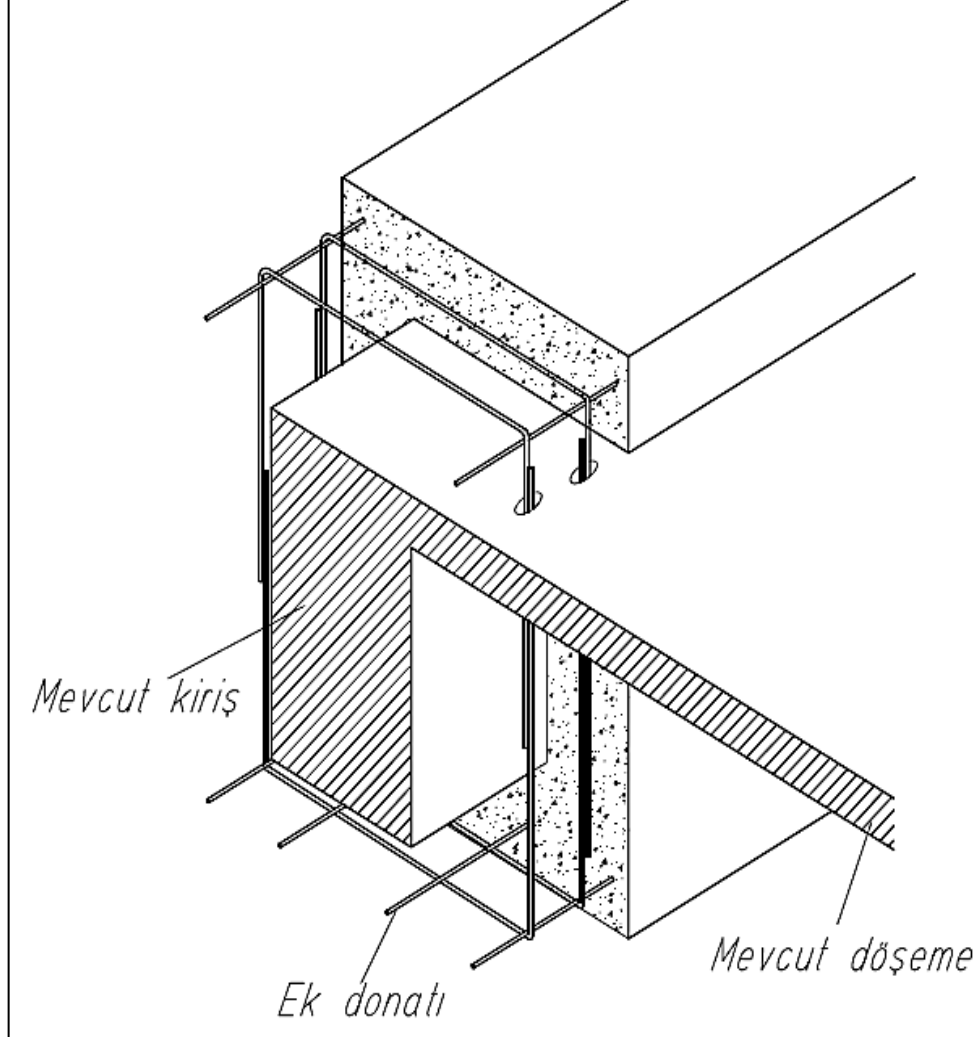
Kirişlerin mesnet bölgesinde güçlendirme çalışması uygulanırken, mesnet tarafında döşeme kırılarak ek donatı atılıp etriye ile sarılmaktadır. Aşağıda verilmekte olan şekil 3.3.'de gösterildiği üzere, kiriş kesiti tek ya da çift taraflı olarak büyütülerek güçlendirilmektedir. (CELEP ve KUMBASAR, 2004)



**Şekil 3.3.** Mevcut Kirişin Tek ve Çift Taraflı Güçlendirilmesi

**Kaynak;** AYAZ U. (2020 s. 7)

Betonarme kirişler, üç veya dört tarafından mantolama yapılarak da şekil 3.4’de gösterildiği gibi güçlendirilmektedir.



**Şekil 3.4.** Mevcut Kirişin Güçlendirilmesi

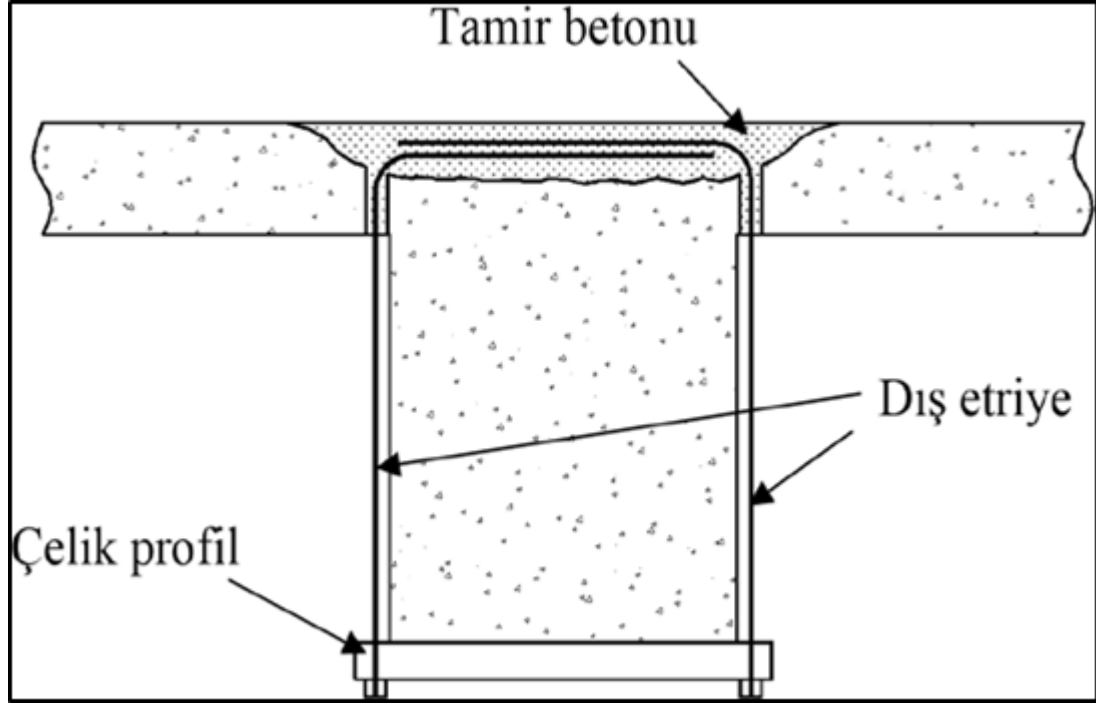
**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 6)

### 3.1.1.2.1. Kirişlerin Sarılması

Betonarme kirişler, kesme dayanımlarının artırılması amacı ile sarılmaktadır. Ayrıca bazı durumlarda kirişlerin süneklik kapasitelerini arttırmak amacı ile de sarılma işlemi yapılmaktadır.

#### 3.1.1.2.1.1. Dıştan Etriye Ekleme

Yönetmeliğe göre, bu yöntemde kirişin kesme dayanımı mesnet bölgelerinde dıştan iki tarafa da şekil 3.5’de gösterildiği gibi etriye çubuğu eklenerek artırılmaktadır.



**Şekil 3.5.** Betonarme Kirişe Dıştan Etriye Ekleme  
**Kaynak;** TBDY (2018 s.322)

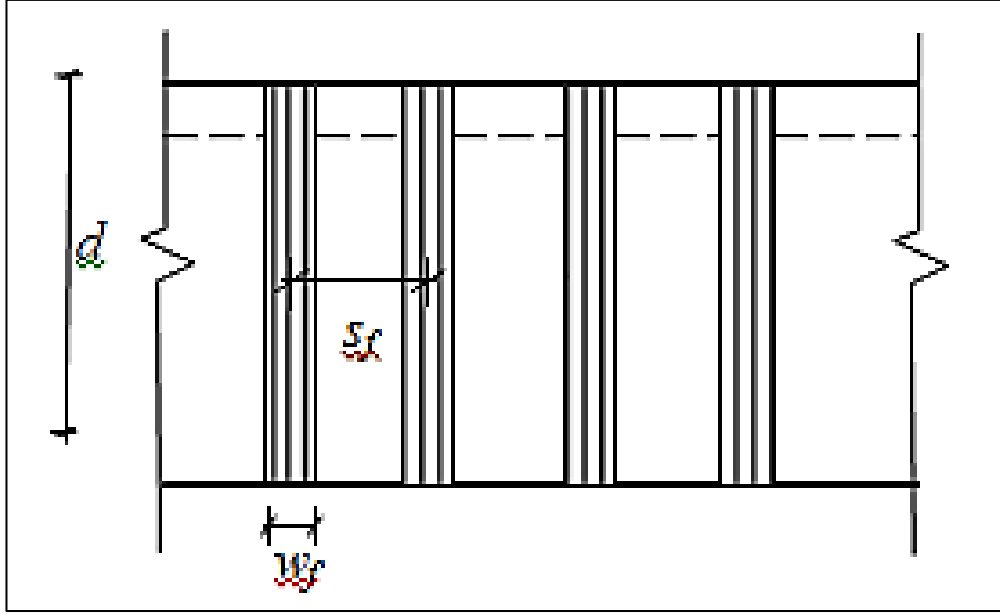
Yönetmeliğe göre elemanın alt kısmına çelik profil yerleştirilerek, profile bulon ile bağlanan çubuklar, elemanın üzerinde bulunan döşemede açılmış olan deliklerden geçirilip bükülmektedir. Döşemede açılmış olan boşluklar daha sonra beton harcı ile doldurulmaktadır. Bu yöntemle, betonarme kiriş elemanındaki kesme dayanımı artışı TS 500'e göre hesaplanmaktadır. (TBDY 2018)

### 3.1.1.2.1.2. Lifli Polimer ile Sarma

Bu yöntem betonarme kirişteki kesme dayanımı ve sünekliği arttırmak amacı ile kullanılmaktadır. Lifli polimer ile güçlendirilen kiriş kesme dayanımı aşağıda verilmekte olan **denklem 3.1** bağıntısı ile hesaplanmaktadır. (TBDY 2018)

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{max} \quad (3.1)$$

Yönetmeliğe göre, lifli polimerler süreksiz kullanıldığında, şerit aralıkları ( $w_f + d / 4$ ) Bu sargı yönteminde kiriş köşelerinin yarıçapı 30 mm olacak şekilde yuvarlatılması gerekmekte, en az 200 mm olacak şekilde de sargı sonu bindirmesi yapılmaktadır. Lifli polimer uygulamasının, üreticilerin önerdiği yönetime göre gerçekleştirilmesi gerekmektedir. (TBDY 2018)



**Şekil 3.6.** Kirişlerde Lifli Polimer Sargı

**Kaynak;** TBDY (2018 s.329)

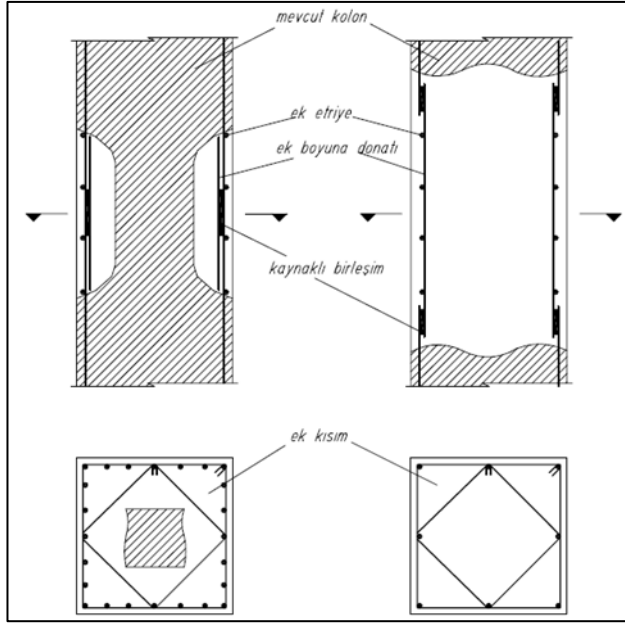
Yönetmeliğin EK 15B bölümüne bakıldığında, sargılama işleminin sürekli yapıldığı durumlarda, Lifli Polimerlerin şerit genişliği ile aralıkları eşit alınmaktadır. Şeritlerin süreksiz olduğu durumlarda şerit aralıkları  $w_f + d / 4$  değerini geçmeyecek şekilde alınmaktadır. Etkin birim uzama değerinde ise aşağıdaki **denklem 3.2** ve **denklem 3.3** bağıntılarına bakılarak küçük olan değer seçilmektedir.

$$\varepsilon_f \leq 0.004 \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_f \leq 0.50\varepsilon_{fu} \quad (3.3)$$

### 3.1.1.3. Kolonların Güçlendirilmesi

Mevcut betonarme yapıda yatay ve düşey gelen yükler neticesinde hasar gören kolonlarda, yatay yük kapasitesinin artması ve depreme karşı daha dayanımlı hale gelmesi için güçlendirme çalışmaları uygulanmaktadır. Kolonlara boyuna donatı eklenerek ve kolon kesitleri büyütülerek eğilme dayanımı artışı sağlanmaktadır. Sünekliliği ve kesme dayanımı artışı için, kolonda enine donatı sıklaştırılması yapılmaktadır. Kolonlarda meydana gelen 0,1-5mm aralığındaki çatlaklar, kirişlerde de uygulanan epoksi yöntemiyle onarılmaktadır. (AYAZ, 2020)



**Şekil 3.7.** Kolonun Yeni Donatı Eklenmesi ile Onarılması

**Kaynak;** AYAZ U. (2020 s. 8)

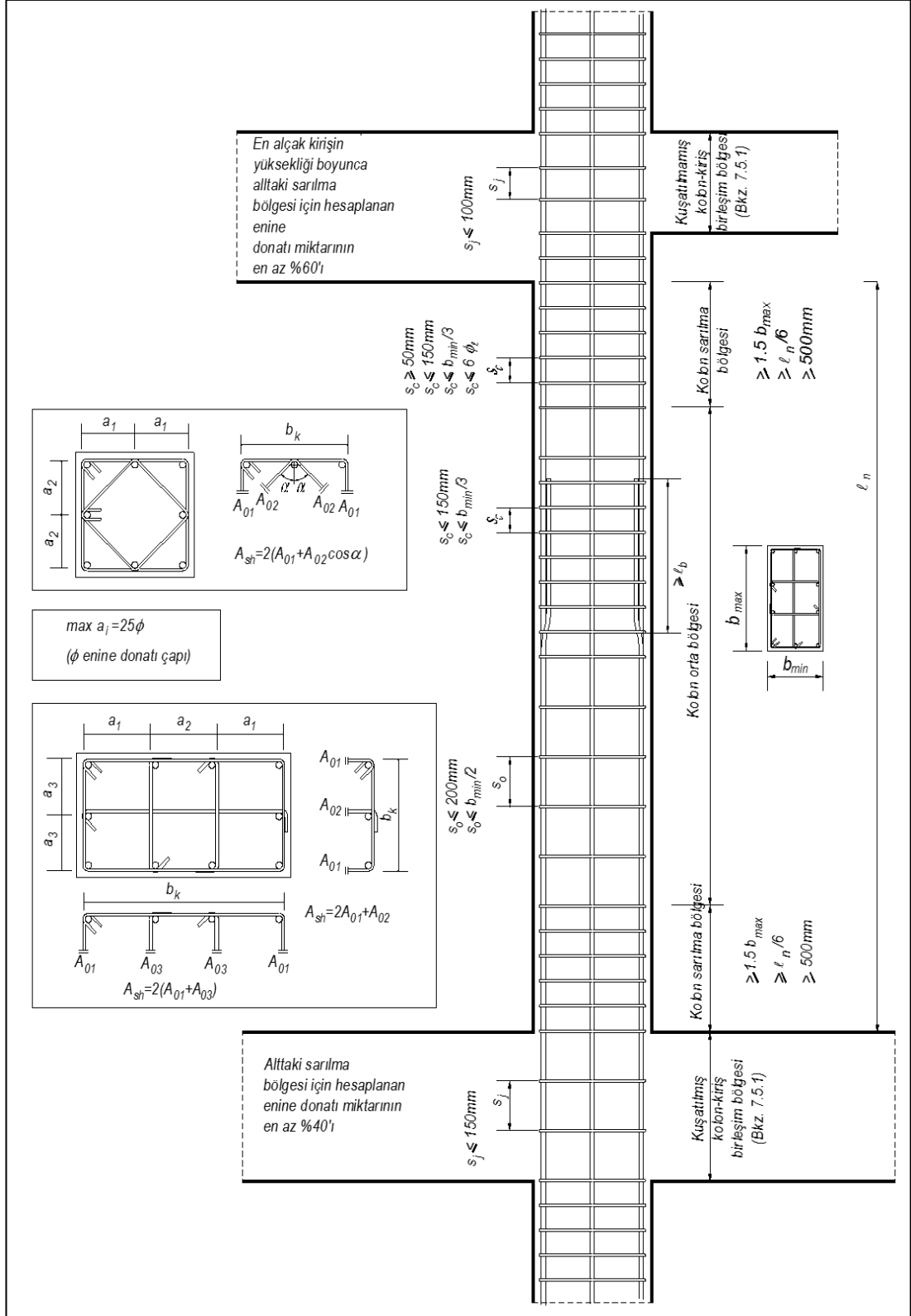
### 3.1.1.3.1. Kolonların Sarılması

Kolonlarda sürekliliğin artması için kesme ve basınç dayanımını arttırmak gerekmektedir. Bu durumun sağlanabilmesi için kolonlar beton, çelik veya lifli polimer ile sarılmaktadır. Ancak bu yöntemler uygulama yapılan kolonların eğilme kapasitelerini arttırmamaktadır. (TBDY 2018)

#### 3.1.1.3.1.1. Betonarme Sargı

Betonarme sargı yöntemi güçlendirilecek kolonların beton yüzeyleri pürüzlendirilerek ya da sıyırma işlemi yapılarak uygulanmaktadır. Betonarme sargı, yatay ve düşey donatıların yerleşimi için yeterli kalınlıkta olması istenmektedir. Sargı kalınlığının en az 100 mm olması gerekmektedir. (TBDY 2018)

Betonarme sargı, kat döşemesinin üzerinde başlayarak üst kattaki döşemenin altına kadar devam etmektedir. Yönetmeliğe göre, aksel basınç dayanımını arttırmak için yapılan betonarme sargının içinde bulunan enine donatıların, kolon yüksekliği boyunca 200mm' den ve enkesit boyutunun yarısından büyük alınmamaktadır. Bu bölgede kullanılan etriye çapları en az 8mm alınmaktadır. Etriye araları, etriye çapının 25 katından fazla yapılmaması gerekmektedir.



Şekil 3.8. Kolon Orta Bölgesi

Kaynak; TBDY (2018)

Yönetmeliğe göre, sarılan kolonun kesme ve basınç dayanımları hesap edilirken, sarılan bürüt beton kesiti ile manto betonun tasarımındaki dayanımı 0,9 ile çarpılarak elde edilmektedir. (TBDY 2018)

### 3.1.1.3.1.2. Çelik Sargı

Bu yöntem, betonarme kolonların dört köşesine boyuna yerleştirilen köşebentlerin, yatay plakalar ile belirli aralıklarda kaynaklanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Yönetmelik kapsamında, yatay plakaların sürekliliği dört köşede de devam etmeli ve betonarme kolon ile köşebent arasında boşluk bulunmaması gerekmektedir. (TBDY 2018)

Çelik sargı yöntemi ile sağlanan ek kesme dayanımı yönetmeliğin 15.10.1.2. bölümünde yer alan, aşağıda verilmekte olan **denklem 3.4** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

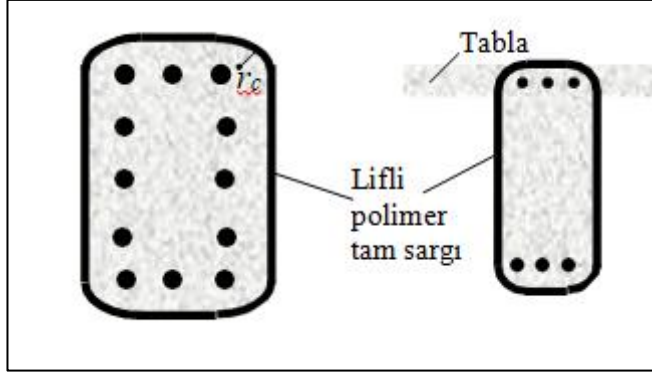
$$V_j = \frac{t_j b d}{s} f_{yw} \quad (3.4)$$

Yönetmeliğe göre, sargı boyunun, bindirilen eklerin bulunduğu bölgenin boyundan %50 daha uzun olması gerekmektedir. Ayrıca 16mm çapında iki sıra bulon ile kolondaki çelik sargının bindirme bölgelerinin karşılıklı olarak sıkıştırılması gerekmektedir. Bindirme eki eğer kolonun alt ucundan yapılmış ise uygulanan blonlu ankrajın ilk sırası en az 250mm, ikinci sırası en az 500mm üzerinde başlaması gerekmektedir. (TBDY 2018)

Çelik sargı ile güçlendirilen kolonların eğilme-eksenel yük dayanımını arttırmak için alt ve üst döşeme arasına koyulan köşebentlerin sürekli olması gerekmektedir. Başlık plakaları ile döşemelere aktarılan basıncın hesaplanması ve kolona gelen düşey yüklerden kaynaklı ekstenel basınç yükünü azaltabilmek için köşebentlere gerekirse ön yükleme yapılması önem arz etmektedir. (TBDY 2018)

### 3.1.1.3.1.3. Lifli Polimer Sargı

Bu uygulama lifli polimer sargı ile oluşan tabakanın kolon çevresine sarılarak yapıştırılması ile sağlanmaktadır. Sargı işlemi yapılırken enine donatılar ile liflerin birbirine paralel olması gerekmektedir. Lifli polimer sargı ile kolonlardaki süneklilik, kesme ve basınç dayanımı arttırılmaktadır. Ayrıca bu yöntemin kullanılması, güçlendirilecek elemandaki boyuna donatılarda yeteri kadar bindirme boyunun sağlanmadığı durumlarda, donatılardaki kenetlenme dayanımını arttırmaktadır.



Şekil 3.9. Kolonlarda Lifli Polimer Sargı

**Kaynak;** TBDY (2018 s.329)

Yönetmeliğe göre, Lifli polimer ile sarılan kolonları kesme kuvveti dayanımı aşağıda verilmekte olan **denklem 3.5** bağıntısına göre hesap edilmektedir.

$$V_r = V_c + V_w + V_r \leq V_{max} \quad (3.5)$$

Lifli polimerlerin kesme kuvveti dayanımına katkısı aşağıda verilmekte olan **denklem 3.6** bağıntısına göre hesaplanmaktadır. (TBDY 2018)

$$V_f = \frac{2n_f t_f w_f E_r \epsilon_f}{s_f} \quad (3.6)$$

Yönetmeliğe göre, bu yöntem ile güçlendirilen kolonun basınç dayanımını arttırmak için, kolon kesitinin uzun boyutu ile kısa boyut oranının iki buçuğu geçmemesi gerekmektedir. Kolon enkesitlerinin dikdörtgen elipse dönüştürülmesi, uygulanan lifli polimer sargının etkisini arttırabilmektedir. Elips kesitlerdeki uzun boyut ile kısa boyutun oranı ise en fazla üç olabilmektedir. Bu yöntem ile güçlendirilen bir kolonun, aksenal yük dayanım hesabında, beton basınç dayanımı yerine **denklem 3.7** bağıntısı ile belirlenen değer kullanılmaktadır.

$$f_{cc} = f_{cm} \left[ \frac{1}{2} + 2.4(f_l/f_{cm}) \right] \geq 1.2f_{cm} \quad (3.7)$$

Kolonlarda da kirişlerde olduğu gibi yönetmeliğin EK 15B bölümüne bakıldığında, sargılama işleminin sürekli yapıldığı durumlarda, Lifli Polimerlerin şerit genişliği ile aralıkları eşit alınmaktadır. Şeritlerin süreksiz olduğu durumlarda şerit aralıkları  $w_f + d / 4$  değerini geçmeyecek şekilde alınmaktadır. Etkin birim uzama değerinde ise **denklem 3.8** ve **denklem 3.9** bağıntılarına bakılarak küçük olan değer seçilmektedir.

$$\varepsilon_f \leq 0.004 \quad (3.8)$$

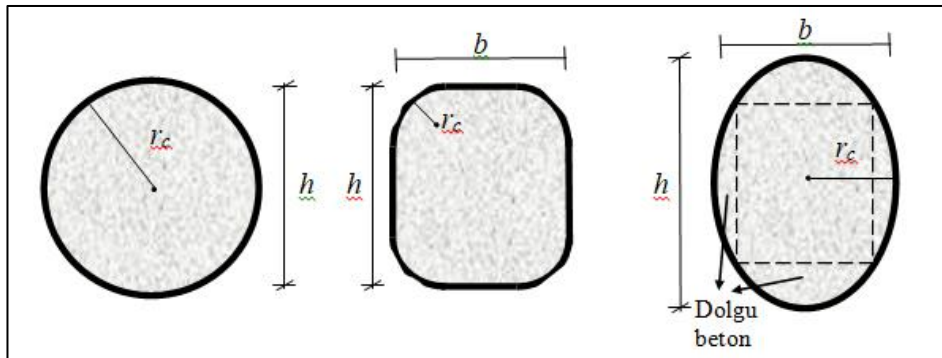
$$\varepsilon_f \leq 0.50\varepsilon_{fu} \quad (3.9)$$

Yönetmeliğe göre, lifli polimer sargının sağlamış olduğu yanal basınç miktarı **denklem 3.10** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$f_l = \frac{1}{2} \kappa_a \rho_f \varepsilon_f E_r \quad (3.10)$$

Kesit şekil etkinlik katsayısı, dairesel, elips ve dikdörtgen kesitler için **denklem 3.11** bağıntısına bakılarak hesap yapılmaktadır. (TBDY 2018)

$$\kappa_a = \begin{cases} 1 & \text{Dairesel kesit} \\ \frac{b}{h} & \text{Elips kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen kesit} \end{cases} \quad (3.11)$$



**Şekil 3.10.** Dairesel, Dörtgen ve Eliptik Kolon

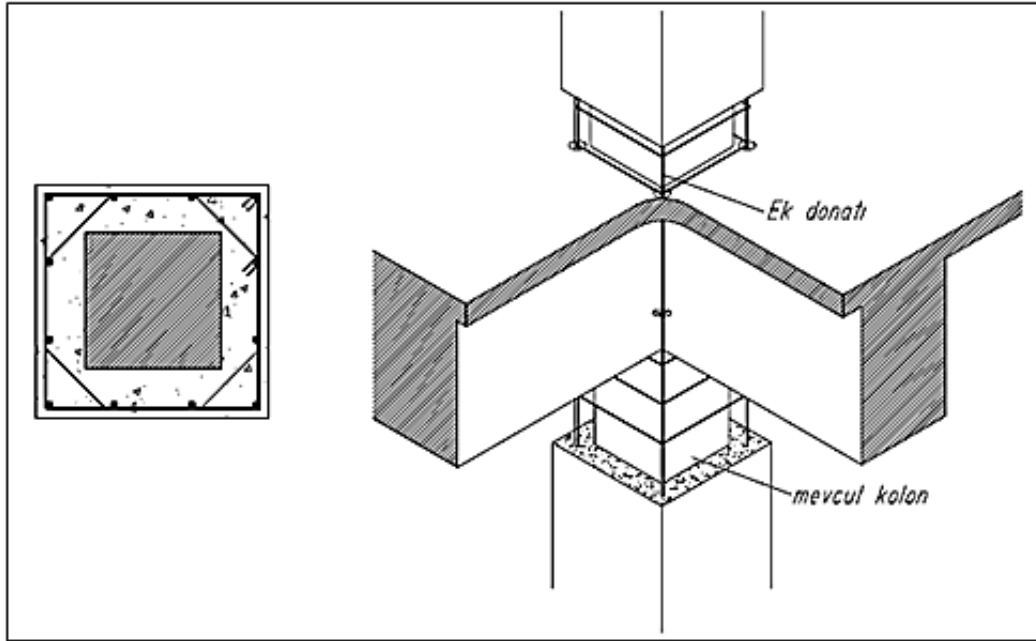
**Kaynak;** TBDY (2018 s. 330)

Lifli polimer ile güçlendirme çalışması yapılan kolonların bütün kesitlerinin sarılması gerekmektedir. (TBDY 2018)

Yönetmeliğe göre sargı sonunda yapılan bindirmenin 200mm 'den daha az olmaması gerekmektedir. Güçlendirme çalışması yapılan kolonların köşeleri en az 30mm yarıçapında yuvarlatılması gerekmektedir. (TBDY 2018)

### 3.1.1.3.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

Yönetmeliğe göre, kolon kesitlerinin büyütülmesi ile kolonun eğilme kapasitesini arttırmak mümkündür. Aynı zamanda yapılan bu uygulama ile kolondaki kesme ve basın kuvveti kapasiteleri de arttırılmaktadır. Kolon büyütüldüğünde boydan boy eklenen donatıların katlar arasındaki sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Döşemelerde delikler açılarak boyuna donatılar bu deliklerden geçirilmektedir. Kolon ile kirişlerin birleştiği noktalarda, kirişlerin delinmesi ile ya da kirişlere ankraj yapılması ile enine donatılar yerleştirilmektedir.

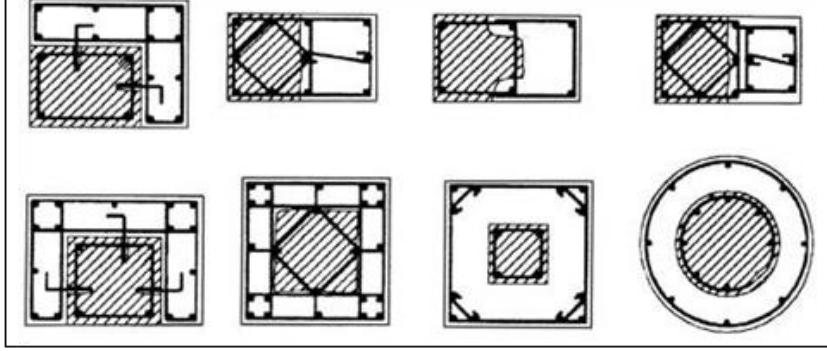


**Şekil 3.11.** Kolonun Mantolama ile Güçlendirilmesi

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 9)

Kolonların büyütülen kesiti, yönetmeliğin 7. Bölümünde yer alan enine donatı koşulları dikkate alınarak sarılmaktadır. Kolon büyütülürken oluşturulan beton örtüsünün kalınlığı, eklenen enine boyuna donatıları örtecek kalınlıkta olması gerekmektedir. Betonlar arasındaki aderansın sağlanabilmesi için, eski betonun sıvası kaldırılarak betonun pürüzlendirilmesi gerekmektedir. Büyütülen kolon kesitindeki kesme, basınç dayanımları ile eğilme dayanım ve rijitliğinin hesabı, eklenen kesitin tasarım özellikleri ve bürüt kesit boyutu

esas alınarak yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, 0,9 ile çarpılarak azaltılmaktadır. (TBDY 2018)



**Şekil 3.12.** Kolonun Mantolama ile Güçlendirilmesine Değişik Örnekler  
**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 9)

#### 3.1.1.4. Kolon – Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi

Betonarme binalarda güçlendirme çalışmasının en zor uygulandığı bölgeler kolon-kiriş birleşim noktaları olmaktadır. Yapının tasarımı yapılırken, elemanların düğüm noktalarında plastik hasar oluşacağı düşünülmektedir. Bu bölgelerde şiddetli depremlerin etkisi altında plastik mafsallar oluşacağı için, büyük dönmeler sonucu yeterli aderansın sağlanamadığı elemanlarda, donatının betondan sıyrılması ile geniş çatlaklar oluşmaktadır. Deprem etkisi ile düğüm noktalarında oluşan eğilme momentlerinin bir tarafında “+” diğer tarafında “-” olması halinde, kirişlerde oluşan gerilmelerde birbirine zıt olmaktadır. Bu gibi durumlar donatıların elemandan ayrılarak sıyrılmasına yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için donatı eklerindeki bindirme boyuna ve donatıların kenetlenme boyuna dikkat edilmesi gerekmektedir.

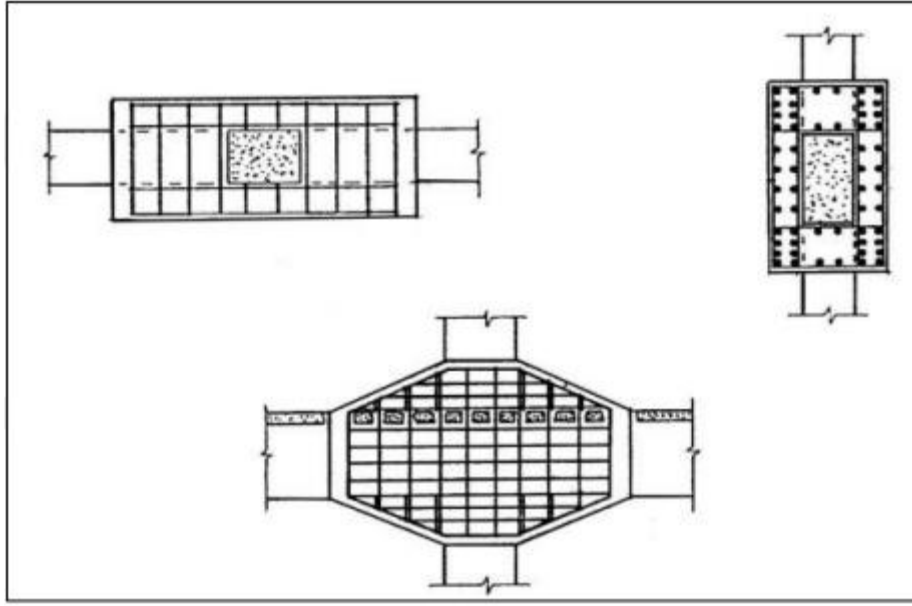
Lokal hasarlı ve kılcal çatlaklı bölgelerde onarım yapılırken epoksi reçinesine enjekte yöntemi yeterli olmaktadır. Donatıların aderansını kaybettiği durumlarda da epoksi enjeksiyonu önerilmektedir. Düğüm noktalarının lifli polimer levhalar ile sarılmasıyla kuvvet akışı sağlanmakta ve dağılımı önlenmektedir. (Ayaz, 2020)

Yönetmeliğe göre, kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm bölgelerinde, lifli polimerler asal çekim kuvvetinin paralel olduğu doğrultuda yapıştırılarak güçlendirilmektedir. Lifli polimer yöntemi uygulanırken güçlendirme detaylarının deneylerle kanıtlanması gerekmektedir. Lifli polimerler için hesaplarda dikkat edilmesi gereken birim uzama değerinin **denklem 3.12** şartını sağlaması gerekmektedir. (TBDY 2018)

$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

(3.12)

Birleşim bölgelerinde hasarın yaygın olduğu durumlarda eleman çelik şerit sarılma yöntemi ile güçlendirilmektedir. Bu yöntem ile kesitlerdeki eğilme moment kapasitesi arttırılmaktadır. Sarılan şerit levhalar enine basınç oluşturarak elemandaki sürekliliğin artışına katkı sağlamaktadır. Bu yöntem, etriyelerin yetersiz olduğu birleşim bölgelerinde de uygulanmaktadır. Uygulama öncesinde beton yüzeyinin temizlenmesi ve düzgün hale getirilmesi gerekmektedir. Çelik şeritler yaklaşık 50mm genişliğinde ve 10~20 cm aralıklar ile uygulandığında elemanda yeterli enine basıncı sağlamaktadır. (Ayaz, 2020)



**Şekil 3.13.** Kiriş – Kolon Birleşim Bölgelerinin Mantolama ile Güçlendirilmesi

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 11)

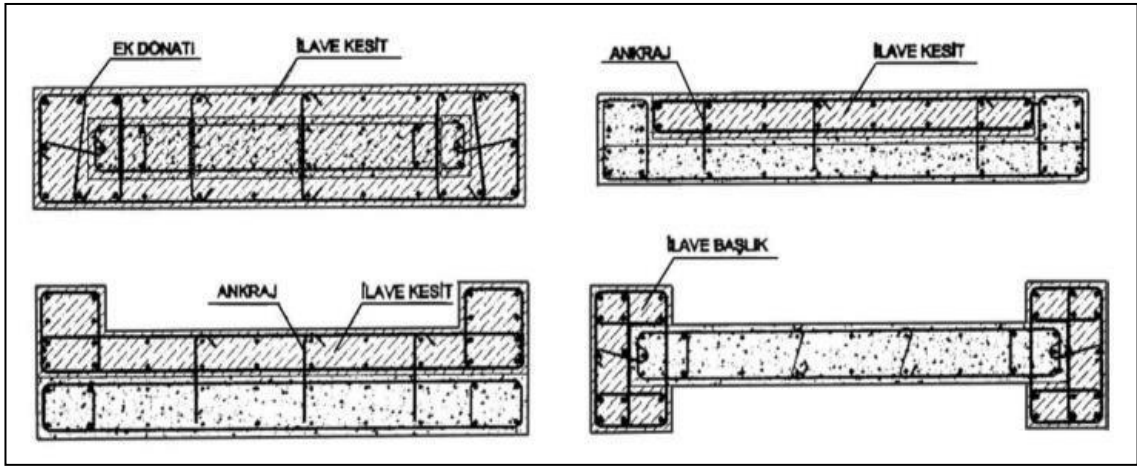
### 3.1.1.5. Perdenin Güçlendirilmesi

Betonarme perde tasarımları genel olarak deprem yükü taşımak üzere yapılmaktadır. Perdeler boşluklu ve boşluksuz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Büyük boşluk olan perdelerde, bağ kirişlerinin yetersiz olmasından dolayı her elemanda hasar oluşabilmektedir. Boşluklu perdelerde güçlendirme çalışması yapılırken, varsa pencere ve kapı gibi boşlukların doldurulması gerekmektedir. Bu sayede elemana ek taşıma gücü kapasitesi kazandırılmaktadır.

Betonda ezilme yok ise, kiriş ve kolonlarda uygulanan epoksi enjeksiyonu perdelerde de kullanılmaktadır. Epoksi enjeksiyonu uygulanan perdede hasardan önceki rijitlik elde edilememektedir. Çünkü epoksi enjeksiyonu ile betonarme perdede bulunan bütün çatlaklar kapatılamamaktadır. (Ayaz 2020)

Betonarme perdelerde donatı burkulması veya beton ezilmesi görüldüğü durumlarda, kolonlarda gerçekleştirilen güçlendirme ve onarım yöntemleri perdeler için de uygulanmaktadır. Bu şekilde hasar oluşan perdelerde, düşeyde lifli takviye veya çelik şerit levhaları ile güçlendirme yapılmaktadır.

Betonarme perdenin dayanımı yetersiz olduğu durumlarda, kesitleri kalınlaştırarak dayanım ve rijitliği arttırmaktadır. Bu işlem yapılırken oluşan çekme – basınç kuvvetlerini karşılayacak olan uygun başlık ve ek donatıların elemana yerleştirilmesi gerekmektedir. Elemana eklenen donatıların mevcut donatılara kaynaklanması ve mevcuttaki beton yüzeylerini pürüzlendirerek, eklenecek olan beton ile aderansının sağlanması önem arz etmektedir. İlave edilen perde kesiti ile mevcut perde kesitinin beraber çalışması için L şeklinde çubuklar ile ankraj yapılması gerekmektedir. (Celep ve Kumbasar, 2004)



**Şekil 3.14.** Perde Kesitinin Kalınlaştırılması İle Güçlendirme

**Kaynak;** AYAZ U. (2020 s. 13)

### 3.1.1.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İle Güçlendirilmesi

Yönetmeliğe göre, betonarme taşıyıcı sistemlerin dayanımı ve yanal rijitliği yetersiz ise taşıyıcı sisteme, yerinde dökme betonarme perde uygulanarak güçlendirme çalışması yapılmaktadır. Bu perdeler, mevcut çerçeve sisteme bitişik olarak ya da düzlem içerisinde uygulanmaktadır.

Çerçeve düzlemin içine eklenen betonarme perdeler, çerçeve sistemin içerisinde düzenlenmekte ve temelden perde üst seviyesine kadar sürekliliği sağlanmaktadır. Perdelerin çerçeve sistemi ile aderansının sağlanabilmesi için ankraj çubukları kullanılmaktadır. Mevcut çerçeve elemanları ile sisteme sonradan eklenen betonarme perde arasında, deprem kuvvetiyle oluşacak olan kopma gerilmesini bu ankraj çubukları sayesinde karşılamaktadır. Ara yüzeylerde deprem kuvveti ile oluşan kayma

gerilmelerinin çerçeve sistemdeki dağılımı, mekanik prensiplere uygun bir şekilde tasarlanmaktadır. (TBDY 2018)

Yönetmeliğe göre, ankraj çubuklar tasarlanırken, TS 500’de yer alan sürtünme kesmesi esasları kullanılmaktadır. Ankraj çubuğu en az 16 mm çapında, ankraj derinliği ise çubuk çapının on katı ve üzeri olması gerekmektedir. Ankraj çubuklarının aralıkları ise en geniş 400 mm yapılmaktadır.

Mevcutta perde ucunda kolon bulunmuyorsa, TBDY 2018 Madde 7.6.5’de yer alan esaslara göre perde uç bölgesi oluşturulmaktadır. Mevcutta perde ucunda kolon olması halinde, uç bölgesi olarak mevcut kolondan faydalanılmaktadır. Mevcutta perde ucunda bulunan kolon, gerekli durumlarda TBDY 2018 Madde 15.10.2’ye göre boyutlanmakta ya da mevcut kolon bitişiğinde perde içerisinde kolon düzenlenmesi ile perde uç bölgesi oluşturulmaktadır. Perde uç bölgesine eklenen donatıların, düşeyde katlar arası sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Yönetmeliğin 16. Bölümün 7. ve 8. kısımlarında yer alan esaslar göz önünde bulundurularak perde altına temel yapılmaktadır. (TBDY 2018)

Çerçeve düzlemine bitişik eklenen betonarme perdeler, dış çerçeve eksenini dışında düzenlenmekte, temelden perde üst seviyesine kadar sürekli olmaktadır. Perdeler ile çerçeve sistemin beraber çalışmalarını sağlamak amacıyla, ankraj çubukları ile bağlanmaları gerekmektedir. Ankraj çubuklarının tasarımları yönetmeliğin 15. Bölümün 10. kısmında yer alan esaslara uygun olarak yapılmaktadır. (TBDY 2018)

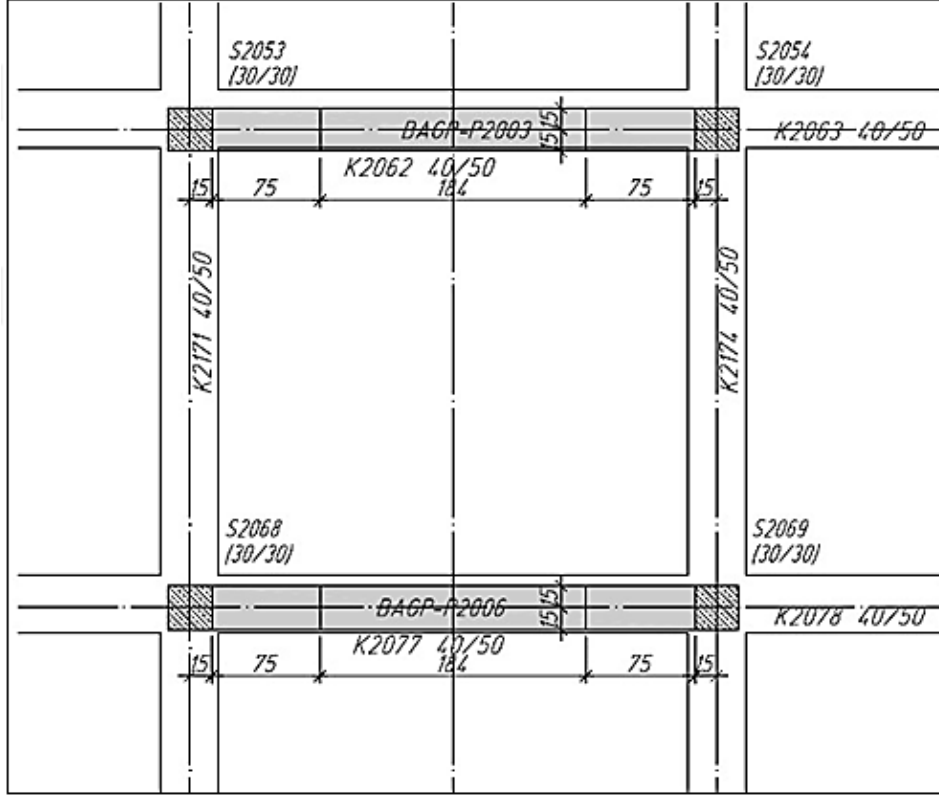
Mevcutta perde ucunda kolon bulunmuyorsa TBDY 2018 Madde 7.6.5’e bakılarak perde uç bölgesi oluşturulmaktadır. Mevcutta varsa, uç bölgesi olarak bu kolondan faydalanılmaktadır. Mevcut kolonun büyütülmesi gerektiği durumlarda, yönetmeliğin 15. Bölümünün 10. kısmında yer alan esaslara göre büyütülerek perde uç bölgesi oluşturulmaktadır. Perde altına, yönetmeliğin 16. Bölümünün 7. ve 8. kısımlarında yer alan esaslara uygun olarak temel yapılmaktadır.

Perde tabanında oluşacak olan iç kuvvetlerin zemine güvenle aktarılabilmesi için, perde temel boyutlandırılması önem arz etmektedir. Perde temelinde dış merkezliğin olduğu durumlarda, perde temelini komşu kolonları içe alacak şekilde genişleterek, bu kolonların aksenal basınç kuvvetinden fayda sağlanmakta ve bu sayede perde temelindeki dış merkezlik azaltılmaktadır. Perde temelinin mevcutta bulunan temel sistemi ile beraber hareket etmesi için gereken bütün önlemler alınmaktadır.

### **3.1.1.6. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlar ile Güçlendirilmesi**

Mevcut betonarme yapıya yeni elemanlar eklenerek, deprem ve rüzgar gibi yatay yüklere karşı sistemin dayanımı arttırılmaktadır. Eklenen elemanlar uygun bir şekilde projelendirildiğinde, deprem etkisine karşı koymakta ve kendi rijitlikleri oranında yatay yük almalarından kaynaklı mevcut yapının yükünü azaltmaktadır. Yeni yapı elemanlarının sisteme dahil edilmesi ile tüm sistemin depreme karşı olan davranışı değişebilmektedir. Güçlendirme çalışması için sisteme eklenen yeni elemanlar ile sistem daha rijit hale geleceğinden dolayı, genel olarak deprem kuvvetleri artmakta ve etkileri sistem üzerinde farklı dağılımlarla ortaya çıkmaktadır. Böylece, eklenen elemanların düzgün dağılması ile ortaya çıkan istenmeyen burulma etkileri önlenmiş olmaktadır. Bu

güçlendirme yöntemi uygulanırken, sistemin bir arada çalışması için bağlantı bölgelerinin yönetmelik esaslarına uyularak projelendirilmeleri gerekmektedir. (Ayaz 2020)



**Şekil 3.15.** Mevcut Yapının Perde Eklenerek Güçlendirilmesi

**Kaynak;** AYAZ U. (2020 s. 14)

Mevcut betonarme yapıya perdelerin eklenmesi ile güçlendirme çalışması yapılırken, deprem yükü etkisinde ek burulma momentinin meydana getirilmemesine ve kütle, rijitlik merkezlerinin yakın olmasına önem verilmektedir. Betonarme perdenin iki kolon arasında olması tercih edilmektedir. Gerekli durumlarda perdenin bir tarafının kolon ile birleşmesi kabul görülmektedir. Perde, kolon ile birleştiği zaman, deprem etkisi altında kolonda çekme – basınç kuvvetlerine sebep olmaktadır. Mevcutta bulunan ve eklenen perde ile birleşen bu kolonların özellikle çekme kuvvetine karşı dikkatlice incelenmesi gerekmektedir. Bu etkiler, eklenen perde için oluşturulacak olan boşluk düzeninde de dikkate alınmaktadır. Doğrusal analiz ile performans incelendiğinde, bu iç kuvvet etkileri analize etki etmeyebildiği için, yeni perdeler eklenerek güçlendirme yapılan betonarme binalarda ki performans değerlendirilmesinin doğrusal olmayan analiz yöntemiyle yapılması önerilmektedir. (Ayaz 2020)

Eklenen perdelerin, hiçbir ucundan kolon birleşimi olmadığı ve döşemeyi delip geçtiği durumlarda, perde-döşeme noktalarında gerilme yığılımları meydana

gelmektedir. Meydana gelen bu gerilmeler sakıncalı sonuçlar doğurmaktadır. Bina dışında, kirişe bitişik bir şekilde yerleştirilen perdeler de ek zorlamalara sebep olmasından dolayı tercih edilmemektedir. (Celep ve Kumbasar, 2004)

Yönetmeliğe göre, mevcut yapının dışına eklenecek olan çerçeve elemanların temelleri bina temeli ile beraber çalışabilmesi gerektiği için birlikte projelendirilmektedir. Bu çerçevelerin, mevcut binalardaki taşıyıcı elemanlar ile beraber çalışması gerektiğinden, döşemelere yük aktarımı sağlayabilecek şekilde bağlanması gerekmektedir. (TBDY 2018)

### **3.1.1.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması**

Yönetmeliğe göre, deprem yükünü azaltmak amacıyla mevcut yapının üst kat ya da katlarının iptal edilmesi, çatının hafif elemanlarla yeniden projelendirilmesi, eğer var ise çatıda bulunan ağır mekanik tesisat malzemelerinin zemine indirilmesi, parapet, balkon, bölme duvar ve cephe kaplamalarının çok daha hafif elemanlar ile değiştirilmesi gerekmektedir.

### **3.1.1.8. Temelin Güçlendirilmesi**

Temel güçlendirilmesi, diğer yapı elemanlarının güçlendirilmesine oranla oldukça zor ve daha maliyetli olmaktadır. Mevcut yapının temeline yeni temel ilave edilerek veya temel zemininde iyileştirilmeler yapılarak temel güçlendirilmesi gerçekleştirilmektedir.

Temel güçlendirilmesi gereken durumlar;

i) Temel zemininde taşıma gücünün düşük olmasından kaynaklanan zeminde oluşan oturmaların meydana geldiği durumlarda,

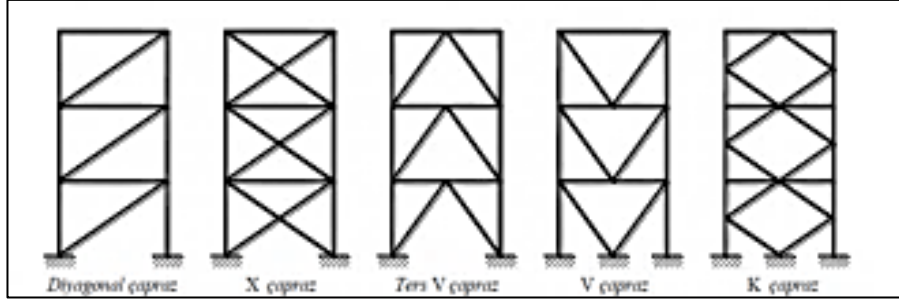
ii) Büyük deprem ve rüzgar yükleri gibi yatay yüklerin etkisi altında, temelde eğilme ve zımbalama gibi hasar durumlarının oluştuğu zamanlarda,

iii) Mevcut yapıya sonradan kat eklenmesiyle eksenel kuvvetin artması sonucunda oluşan zımbalama etkisi sonucu temelin yetersiz kaldığı durumlarda,

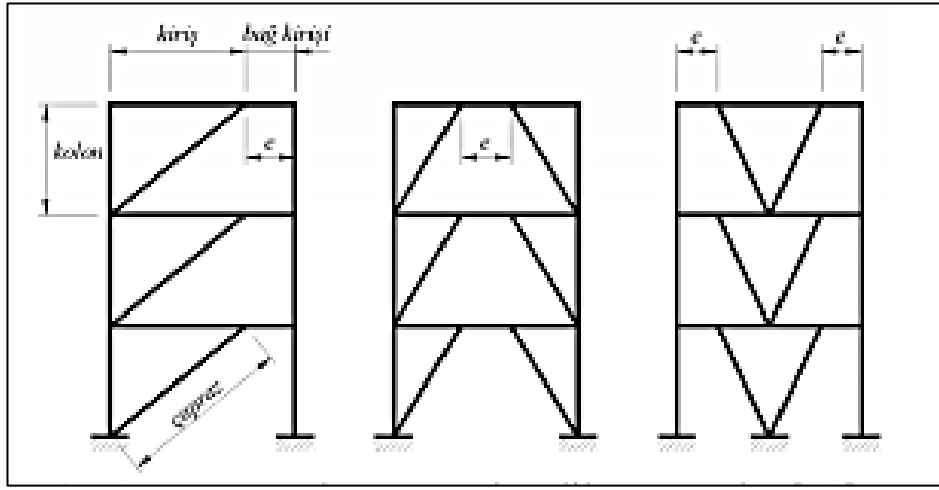
iv) Deprem yönetmeliğindeki değişiklikler sebebi ile ortaya çıkan yatay yük artışı ya da güçlendirmeden sonra yapıdaki düşey yüklerin, rijitlik artması sebebi ile ortaya çıkan deprem yükü neticesindeki artışı ile temelin yetersiz kalması durumunda,

### **3.1.1.9. Çelik Çaprazlar ile Güçlendirme**

Betonarme bir yapının yanal yük dayanımını arttırmak amacı ile yapıya yeni elemanlar eklenebilmektedir. Bu elemanların uygun projelendirilmesi halinde mevcut yapının yükü önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır. Yeni elemanlarla sistemin rijitliği artacağından dolayı, yapıya gelen depremin etkisi de artmaktadır. Elemanların düzgün dağıtılması ile bu etkilerin belirli bölgelere yayılması ve burulma etkileri meydana gelmesi önlenmektedir. Çaprazlı çelik çerçeveler; merkezi ve dış merkezli olarak ikiye ayrılmaktadır. Şekil 3.16'da kendi içinde diyagonal, X, Ters V, V, K olarak 5 farklı tasarıma sahip olan merkezi çaprazlı çelik çerçeveler gösterilmektedir. Dış merkezli olan çaprazlı çelik çerçeveler ise Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



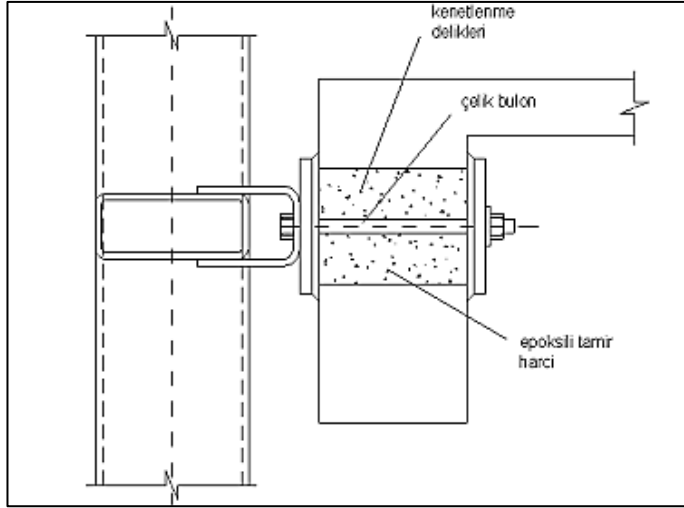
**Şekil 3.16.** Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesler  
**Kaynak;** Aydın E. Boru E. (2020 s. 287)



**Şekil 3.17.** Dış Merkezli Çaprazlı Çelik Çerçevesler  
**Kaynak;** Aydın E. Boru E. (2020 s. 288)

Çapraz elemanlar deprem sırasında doğrusal olmayan davranış sergileyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu elemanların deprem sırasında, basınç kuvvetleri altında burkulması, çekme kuvvetleri altında ise akması beklenmektedir. Süneklilik, çekme kuvveti altında akan çapraz elemanlar ile sağlanmaktadır. Burkulma, sünek bir davranış sergilemediği için burkulan çapraz taşıyıcı sistemin sünekliliğe herhangi bir katkısı olmamaktadır. Burkulan elemanlarda ani ve büyük dayanım düşüşü görülmekte ve taşıma kapasitesi düşmektedir.

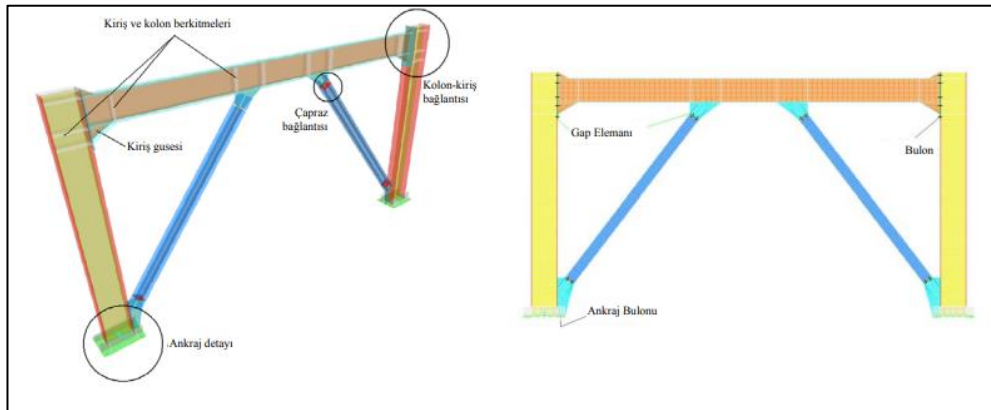
Çelik çapraz elemanlar temelden başlayarak uygulanmaktadır. Çelik elemanların katlar arası sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Kolon ve kirişe bitişik olan çelik elemanlar kuvvetin düzgün yayılı iletimini sağlamakta ancak çerçeve köşelerinde çok fazla çekme ve basınç kuvvetleri oluşturmaktadır. Kolon-kiriş ve çapraz elemanlar arasında kuvvet iletimini sağlamak için kaynaklı ya da bulonlu bağlantı detayları uygulanmaktadır. Bu bağlantı detaylarının doğru olarak modellenmesi gerekmektedir.



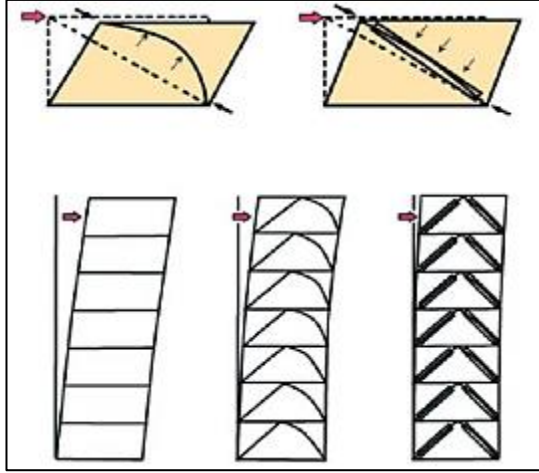
**Şekil 3.18.** Çelik Çapraz Elemanların Betonarme Kirişe Bağlanması Detayı  
**Kaynak;** KORKMAZ K. A. (2007 s.193)

Betonarme binaları güçlendirmek amacı ile çelik çapraz elemanların kullanıldığı durumlarda çerçeve modelinde çapraz birleşimlerin ve kirişler ile kolonların düğüm noktalarının doğru bir şekilde modellenmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Çelik çapraz elemanların betonarme kirişe bağlanması detayı Şekil 3.18’de gösterilmiştir.

Kolonlarla kirişlerin birleştiği rijit kısımların karakteristik davranışları doğrusal olmaktan çıkarak doğrusal olmayan bölgeye geçmektedir. Çapraz eleman ile güçlendirilen yapı modellerinde düğüm noktaları çerçeve sistemler üzerinde Şekil 3.19’da gösterilmiştir. Güçlendirme çalışması yapılan sistem performansının yapısal değişiminin Şekil 3.20’de verilmiştir. (KORKMAZ, 2007)



**Şekil 3.19.** Sistemin Genel Görünümü ve Düğüm Noktaları  
**Kaynak;** KORKMAZ K. A. (2007s. 194)

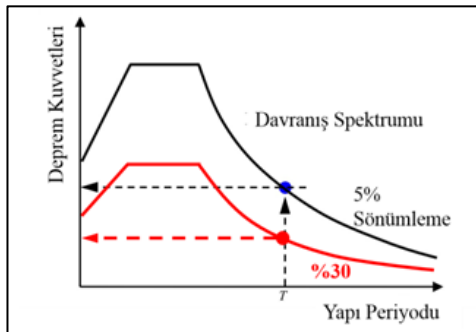


**Şekil 3.20.** Çelik Çapraz Elemanların Yapı Performansına Etkisi  
**Kaynak;** KORKMAZ K. A. (2007 s.195)

### 3.1.2. Sismik Sönümleyici Kullanarak Yapı Güçlendirilmesi

Sismik sönümleyiciler deprem yükleri etkisi ile yapıya aktarılmış olan enerjinin sönümlenmesini sağlamaktadır. Sismik sönümleyici bulunmayan yapılarda, elemanların doğrusal olmayan davranışlarıyla ve içsel mekanizmalar ile sismik enerji sönümlenmektedir. Sönümleyiciler sayesinde yapıya gelen enerjinin bir miktarı sönümlenmekte ve yapının sönümlenmesi gereken enerji azaltılmaktadır. Bu sayede deprem etkisi altında binada oluşacak olan hasar azaltılmaktadır.

Yapısal tasarım için bu güçlendirme yöntemi, modal sönümleme oranını arttırarak deprem yüklerinin yapı elemanları üzerindeki etkisini azaltmaktadır. Örneğin, %5 içsel sönümlemesi olan bir betonarme yapıya sönümleyici eklenerek güçlendirildiğinde % 30'luk modal sönümlemeye ulaştığı Şekil 3.21'de görülmektedir. (Yıldırım vd. 2013)

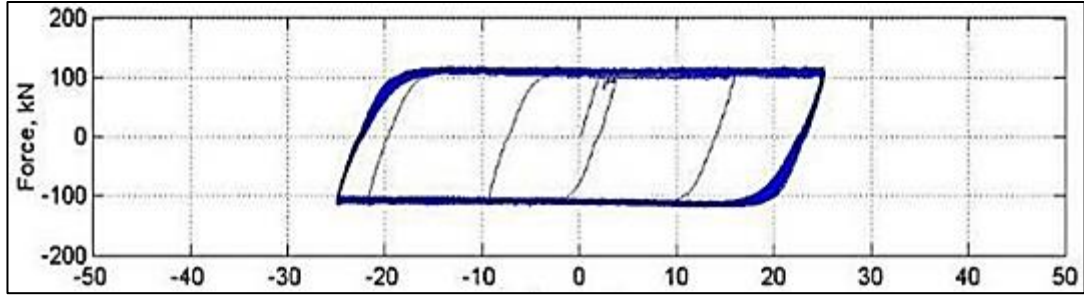


**Şekil 3.21.** Sönümleyiciler ile Değişen Deprem Yükleri  
**Kaynak;** YILDIRIM S. AŞIK V. ERKUŞ B. TONGUÇ Y.I. (2013 s.4)

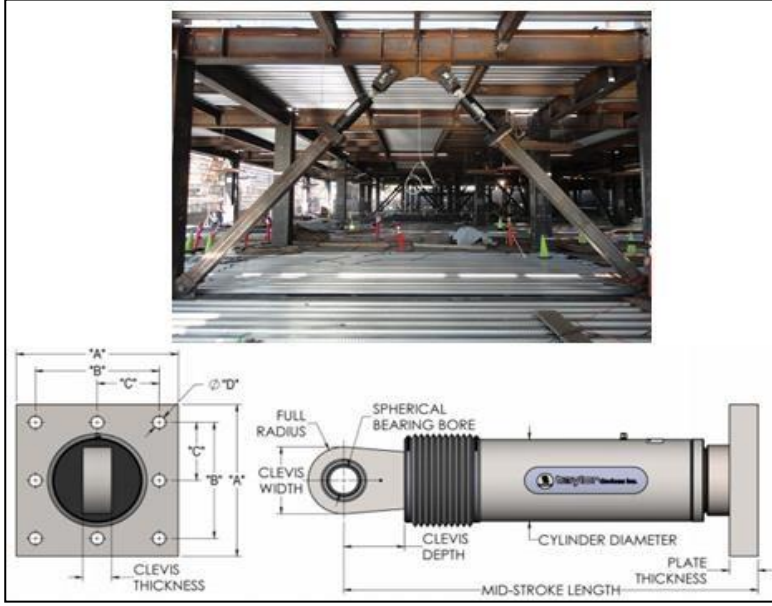
Sismik sönümleyiciler, sürtünme, viskoz davranış ve akma mekanizmaları gibi farklı fiziksel yollar ile enerji sönümlenmesi gerçekleştirmektedir. Akma ve sürtünme mekanizmaları gibi durumlar için yer değiştirmeye bağlı doğrusal olmayan bir davranış göstermektedir. Viskoz Sönümlenmenin olduğu durumlarda ise tamamen hıza bağlı bir davranış göstermektedir. Bu nedenle mekanizmalar için iki farklı modelleme yapılmakta ve iki ayrı yol izlenmektedir.



**Şekil 3.22.** Dampsteck Dairesel Sönümleyici ve Pall Dynamics Tek Yönlü Sönümleyici  
**Kaynak;** YILDIRIM S. AŞIK V. ERKUŞ B. TONGUÇ Y.I. (2013 s.4)



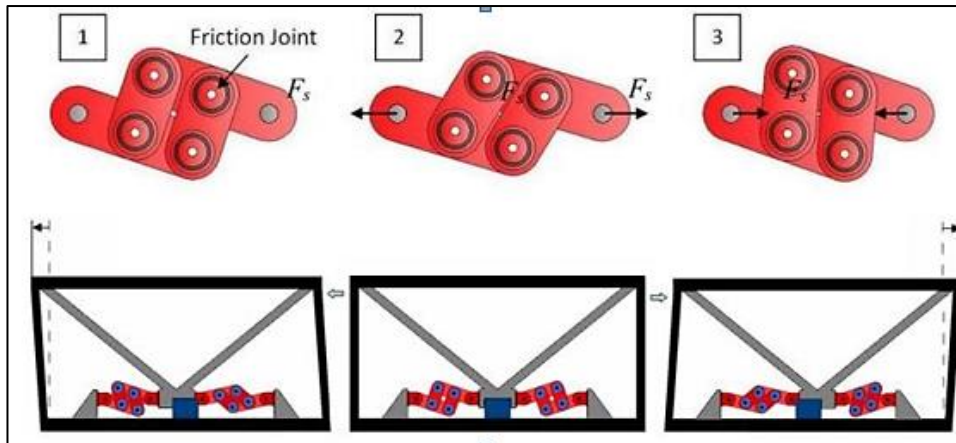
**Şekil 3.23.** Dampsteck Sönümleyiciler için verilen parametrelerin kuvvet – yer  
değiştirme davranışı  
**Kaynak;** YILDIRIM S. AŞIK V. ERKUŞ B. TONGUÇ Y.I. (2013 s. 4)



**Şekil 3.24.** Taylor Viskoz (FVD) Tipi Sönümleyici ve Uygulaması

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 17)

Viskoz (FVD) Tipi ile dairesel sürtümlü sönümleyiciler diğer sönümleyicilere kıyasla, daha basit, sağlam ve maliyet açısından çok daha ekonomik olması nedeniyle sık kullanılmaktadır. Bir sönümleyici kuvvet - deplasman ilişkisinde diyagram düzgün bir dörtgeni yakınlık gösteriyorsa, bu durum o sönümleyicilerin enerjii iyi bir şekilde yuttuğunu göstermektedir.



**Şekil 3.25.** Dairesel Sürtümlü Sönümleyici, Uygulaması ve Davranışı

**Kaynak;** AYZAZ U. (2020 s. 17)

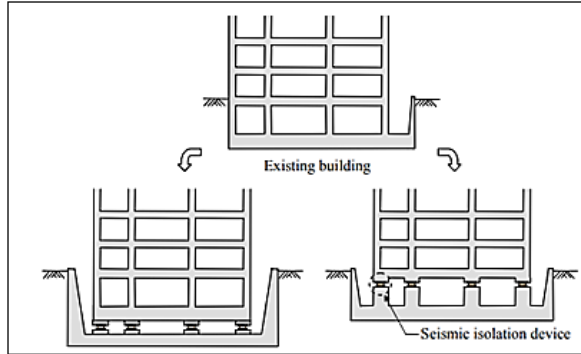
Sismik sönümleyiciler ile güçlendirme yöntemi konvansiyonel güçlendirmelere göre daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu yöntem uygulanırken mevcut yapının boşaltılması (duvar, kaplama vb.) gerekmektedir. Mevcut yapıya daha uygun çözümler sunarak mimarisinde rahatsızlık vermemektedir. Konvansiyonel güçlendirmede kullanılan malzemelerin maliyetleri az olmasına rağmen, genel maliyete bakıldığında yapının sönümleyici ileri güçlendirmesi daha ekonomik olabilmektedir.

### 3.1.3. Sismik Taban İzolasyonu ile Güçlendirme

Son yürürlüğe giren Türkiye bina deprem yönetmeliğine, betonarme binanın taşıyıcı sistemindeki elemanlarının yanı sıra, yapı içinde bulunan ve yapısal olmayan elemanlarının da hasar oluşumunu engellemek amacıyla bölüm eklenmiştir. Sesimi taban izolatörleri, yönetmeliği yeni eklenen inşaat teknolojilerinden bir tanesi olmuştur. Sismik taban izolasyonu ile betonarme yapının rijitliğini arttırmaktan ziyade, yapı periyodunun uzatılmasıyla, sisteme etki eden deprem kuvvetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu güçlendirme uygulaması yapılırken üst yapı ve temeli birbirinden ayırmak için tabana kayıcı ve esnek sistemler yerleştirilmektedir. (Ayaz 2020)

Mevcut yapıları güçlendirmek için kullanılan perde, çerçeve vb. gibi, sisteme yeni taşıyıcı eleman ilave edilmesi ile uygulanan klasik tasarımlar yerine, taban izolasyonu ile güçlendirme uygulaması yapılarak, klasik yöntemlere duyulan gereksinim en aza indirilmektedir. Bu sebeple taban izolasyonu, tarihi mimari yapılarda görünümü ve yapının mimari özelliklerini koruyacak olan en uygun güçlendirme yaklaşımı olmaktadır. (Ayaz 2020)

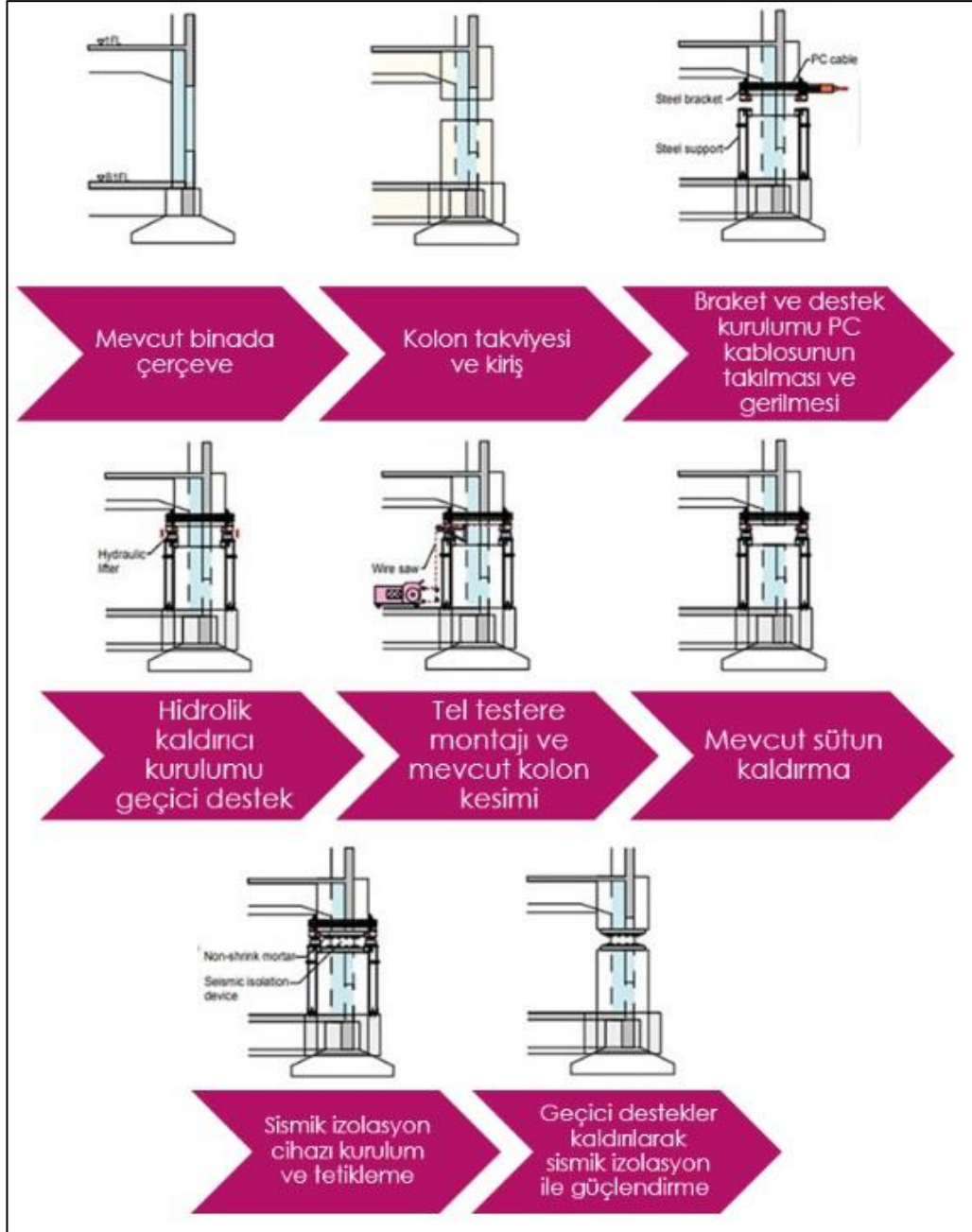
Sismik izolasyon ile güçlendirme uygulanan yapıda, şiddetli depremler esnasında yapının elastikçe yakın bir davranış sergilemesi ile yapıya gelen deprem kuvvetleri azaltılmaktadır. Ayrıca katlar arasındaki bağlı deplasmanlar ile kat ivmeleri küçülmektedir. Bu uygulamada iki metot kullanılmaktadır. Bu metodlardan birinde, temel üzerine yeni temel sistemi kurulması ile bu iki temelin, sismik izolasyon ile ayrılarak beraber çalışması önlenmektedir. Diğer metod ise bodrum kat ile zemin kat arasında bulunan kolonlara sismik izolasyon uygulaması ile yapılmaktadır.



Şekil 3.26. Taban İzolasyonlu Yapı

**Kaynak;** AYAZ U. (2020 s.25)

Sismik izolasyon ile güçlendirmenin inşaat süreci aşamalarında, mevcut kolon ve kirişlerde, sismik izolasyon sisteminin kesit yüksekliği kadar boşluk bırakılarak betonarme manto ile yeni kabuk oluşturulmaktadır.



Şekil 3.27. Sismik İzolasyon ile Güçlendirmenin İnşaat Süreci Aşamaları

Uygulama esnasında mevcut kolon ve kirişlerde, sismik izolasyon sisteminin yerleşeceği bölgeye kesit yüksekliği kadar boşluk bırakılarak, betonarme manto ile yeni kabuk oluşturulmaktadır. Çelik destek sisteminin ve çekme kablolarının manto sistemine

bağlanmasının ardından, destekler arasında kalan betonarme kolon kesilerek çıkartılmaktadır. Kalan boşluğa sismik izolasyon sistemi yerleştirilmesiyle güçlendirme işlemi tamamlanmaktadır.

### 3.2. Güçlendirilecek Mevcut Yapıların Analizi

#### 3.2.1. Genel Tanımlar

Ülkemizde 1998 yılından daha önce yapılmış olan binalarda, mevcut yapıların statik projelerinin olmaması, güçlü kiriş-zayıf kolon ile tasarlanması gibi durumlar nedeniyle yeni yönetmelikte yer alan lineer performans analizinin şartları sağlanmamaktadır. Yeni yönetmeliğe göre doğrusal olmayan performansa dayalı hesap yöntemi şartlarının uygulanması gerekmektedir. (Ayaz 2020)

TBDY 2018, mevcut güçlendirilecek olan binaların deprem etkisindeki performans analizlerinin tespiti için çıkarılarak Ocak 2019 da yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte yer alan 15. bölümde “deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için özel kurallar” yer almaktadır.

Güçlendirme çalışması yapılacak olan mevcut binaların, doğrusal olmayan analizinin tanımlamaları, yönetmelikte yer alan esaslar ile ele alınmaktadır.

#### 3.2.2. Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut betonarme binaların deprem dayanımı ve eleman kapasitelerinin analizinde kullanılacak olan taşıyıcı sistem geometrisine, eleman kapasitelerine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binada yapılacak olan ölçümlerden, karot alımı ile yapılan deney raporlarından ve, bina projelerinden elde edilmektedir.

Betonarme yapılardan bilgi toplanırken, çerçeve sistemi, bina geometrisi, zemin özellikleri ve temel sistemin özellikleri tespit edilmektedir. Daha önce gerçekleşen herhangi bir hasar var ise, yapılmış olan güçlendirme ya da onarımların saptanması gerekmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyut ve malzeme özellikleri belirlenerek, tüm bilgilerin bina projesine uygunluğu kontrol edilmektedir.

##### 3.2.2.1. Bilgi Düzeyleri

Yönetmeliğe göre, incelenen her yapı türü için belirtilen bilgi düzeyi ve bilgi düzeyi katsayılarının tanımlanması gerekmektedir. Sınırlı ve kapsamlı olarak iki sınıfta incelenen bilgi düzeyleri, taşıyıcı elemanların kapasite hesabında kullanılmaktadır.

**Tablo 3.1.** Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayıları
<i>Sınırlı Kapsam</i>	0,75
<i>Kapsamlı</i>	1,00

**Kaynak;** TBDY 2018

Analiz yapılacak olan yapılardan toplanan bilgiler neticesinde, eleman kapasitelerine etki edecek olan “bilgi düzeyi katsayıları” tablo 3.1’de verilmiştir. Belirtilmediği sürece, malzeme tanımları yönetmelikte yer alan malzeme katsayılarına bölünmemektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasite hesabı yapılırken, “mevcut malzeme dayımları” kullanılmaktadır.

### 3.2.2.2. Mevcut Malzeme Dayanımı

Yönetmeliğin 15. bölümünde, elemanların kapasite hesabında kullanılmakta olan malzeme tanımları, “mevcut malzeme dayanımı” olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.2.3. Betonarme Binaların Sınırlı Bilgi Düzeyleri

Bina geometrisi; mevcut yapının sağ araştırması yapılarak taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılmaktadır. Eğer yapının mimari projeleri elde ediliyorsa, röleve çıkarılırken bu projelerden yardım alınmaktadır. Betonarme yapının tüm elemanlarının yerleri ve kesitleri, binanın hesap analizini yapmak için oluşturulan modelin hazırlanması için yeterli olması gerekmektedir. Temel analizi yapılabilmesi için, yeteri kadar inceleme çukuru açarak, temel sistemi hakkında bilgi toplanması gerekmektedir. Betonarme yapıda, kısa kolon gibi olumsuzluklar var ise, kesitlere ve kat planlı işlenmesi gerekmektedir.

Eleman detayları; betonarme yapının yapıldığı dönemde eleman boyutlarının ve donatı şartlarının sağlandığı varsayılarak, bu varsayımların doğruluğunu tespit etmek amacı ile her kattaki kolon ve perdelerin %5’inin betonarmesinde sıyırma işlemi yapılarak donatıların tespit edilmesi gerekmektedir. Kirişlerin donatı tespiti için, her katta bir adet kiriş elemanının betonarmesinin sıyırılması gerekmektedir. Elemanlarda yapılan sıyırma işlemi açıklık ortasında yer alan üçte birlik bölümde yapılmaktadır. Donatı tespitinden sonra sıyırılan bölümlerin yüksek dayanımlı beton harcı ile kapatılması gerekmektedir. Sıyırma işlemi yapılmamış olan betonarme elemanların, %20’si için donatı tespit cihazlarından faydalanılarak enine ve boyuna donatı tespitlerinin yapılması gerekmektedir. Düşey elemanlarda yapılan donatı tespiti ile mevcut donatı ve minimum donatı oranını veren “donatı gerçekleşme katsayısı” belirlenmektedir. Düşey eleman kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bu katsayı en fazla 1 değerini almaktadır. Donatı tespitinin yapılmadığı diğer düşey elemanları için, bu katsayı uygulanmakta ve donatı miktarları belirlenmektedir. Yatay eleman olan kiriş için, sadece düşey tasarımdaki yükler için gereken donatı miktarı kullanılmaktadır.

Malzeme özellikleri; yapının tüm katlarında, düşey elemanlardan en az üç tane karot örneğinin TS EN 12504-1 koşullarına uygun olarak alınması ve deneyler sonucunda dayanımlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Alınan karotların uzunluk ile anma çapları birbirine eşit ve 100 mm olması gerekmektedir. Yapılan deneyler neticesinde, dayanımları tespit edilen betonlar herhangi bir katsayı ile çarpılmadan “mevcut beton dayanımının” tayin edilmesinde kullanılmaktadır. Uzunluk ve çap oranları birbirinden farklı olan karotların, deney sonuçları dönüştürürken, dönüştürme katsayıları esas alınmaktadır. Toplam üç örnek var ise, “mevcut beton dayanımı” istatistiksel değerlendirme yapılmadan, örnekler neticesinde tespit edilen en düşük basınç dayanımı olarak alınmaktadır. Üçten fazla örnek var ise, mevcut beton dayanıma olarak elde edilen

“ortalama eksi standart sapma” değeri ve “0,85 çarpı ortalama” değerinin büyük olanı alınmaktadır.

Alınan numunelerin sonuçları değerlendirilirken, en düşük tek değer, geri kalanların ortalamasının %75’inden daha az ise, en düşük tek değer olan numune değerlendirmeye alınmamaktadır. Donatı sınıfı beton da yapılan sıyırma işlemi ile tespit edilmekte ve mevcut Çelik da yanına olarak yer aldı sınıftaki akma gerilmesi alınmaktadır. Taşıyıcı eleman da incelenen donatılardan korozyona uğrayanlar işaretlenmekte ve eleman kapasitesi hesap edilirken bu elemanlar dikkate alınmaktadır.

#### 3.2.2.4. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyleri

Bina geometrisi; betonarme yapının projeleri var ise, mevcutta yapılan ölçümlerle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda, önemli farklılıkların çıktığı durumlarda proje yok sayılmaktadır. Projenin olmadığı durumlarda, sahada elde edilen taşıyıcı sistem rölevesi göz önüne alınmaktadır. Röleve ile elde edilen bilgilerin, her katta bulunan betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının ve duvarların, konumunu, yüksekliklerini, kesitini, malzeme özelliklerini ve açıklıklarını içermesi gerekmektedir. Kısa kolon gibi olumsuz durumların kesitlere ve kat planlarını işlenmesi gerekmektedir. Bina geometrisi ile ilgili bilgiler, bina kütesinin hassas bir şekilde tanımlanması amacı ile gereken bütün ayrıntıları içermesi gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin temeli hakkında detaylı bilgi edinebilmek için, yeterli sayıda inceleme çukuru açılması gerekmektedir.

Eleman detayları; yapının statik projeleri mevcut ise, yönetmelik kapsamında sınırlı bilgi düzeyinde eleman detayları için istenilen proje uygunluk kontrolü bu düzey içinde uygulanmaktadır. Ayrıca kolon ve perdelerde sıyırma işlemi yapılmayan elemanların %20 sinde, çerçeve kirişlerin ise %10’unda tespit cihazları yardımı ile donatı sayıları ve donatı yerleşimleri belirlenmektedir. Yerinde yapılan çalışmalar ile elde edilen bilgiler ve proje arasında uyum sağlanmıyorsa, donatı gerçekleşme katsayısı yani mevcuttaki donatı ile projede öngörülen donatı oranları bütün taşıyıcı sistem elemanları için ayrı ayrı belirlenmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerini belirleyen donatı gerçekleşme katsayısı değerinin 1’den büyük olması gerekmektedir. donatı tespiti yapılmayan tüm elemanlara bu katsayı uygulanmakta ve o elemanların kapasiteleri belirlenmektedir. Çizim ve projelerin olmadığı durumlarda her katta kolon ve perdelerin %10’unda sıyırma işlemi yapılarak donatının tespit edilmesi gerekmektedir. Sıyırma işlemi ile donatı tespiti yapılmayan perde ve kolonların %30’unda ve kirişlerin %15’inde donatı sayılarının enine ve boyuna yerleşimleri cihazlar ile tespit edilmektedir. Sıyırma işlemi yapılan yüzeylerin, yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılması gerekmektedir.

Malzeme özellikleri; TS EN 12504-1’de yer alan koşullar esas alınarak, bina toplamında dokuz adetten az olmamak koşuluyla, zemin katta en az üç, geri kalan katlarda en az iki tane perde ya da kolonlardan, her 400 metrekare için bir numune karot ile beton örneği alınmasıyla deney yapılmaktadır. Karot uzunlukları ve anma çapı birbirine eşit olup 100 mm olması gerekmektedir. Deneyler sonucu elde edilen dayanımlar “mevcut beton dayanımı” tayinin de kullanılmaktadır. Uzunlukları ve çap oranları farklı olan karotlar ile elde edilen sonuçlar, uygun dönüştürme katsayıları esas alınarak dönüştürülmektedir. Eleman kapasiteleri hesaplanırken mevcut beton dayım için, örnekler kullanılarak elde edilen eksi standart sapmalarının ortalama değeri ile ortalamanın 0,85 katsayısı ile çarpılarak bulunan değeri arasında en büyük olan değer

alınmaktadır. Alınan numunelerin sonuçları değerlendirilirken, en düşük tek değer, geri kalanların ortalamasının %75'inden daha az ise en düşük tek değer olan numune değerlendirmeye alınmamaktadır. Beton dayanımının yapıdaki dağılımı, beton çekici elemanları ya da yapıya hasar vermeyen inceleme araçları ile kontrol edilmektedir. Donatı sınıfı için, elemandaki betonun sıyrılması ile tespit edilen donatıların, çelik sınıfları için birer numune alınarak deneyi yapılmaktadır. Çelik için deney sonucunda elde edilen, akma girilmesi, şekil değiştirme özellikleri ve kopma dayanımı tespit edilerek projeye uygunluğu kontrol edilmektedir. Projeye uygun olduğu durumlarda, mevcut çelik akma gerilmesi olarak, projede kullanılan çeliğin akma girilmesi kullanılmaktadır. Projeye uygun olmadığı durumlarda ek olarak en az üç tane daha numune alınarak deney yapılmaktadır. Deney sonucunda elde edilen en kötü akma gerilmesi “mevcut çelik akma gerilmesi” olarak kullanılmaktadır. Eleman kapasite hesabında, planda işaretlenmiş olan korozyona uğramış donatılar dikkate alınmaktadır.

### 3.2.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

#### 3.2.3.1. Bina Kullanım Sınıfları

Bina kullanım sınıflarına yönetmeliğin 3. bölümünde yer verilmektedir. Bina kullanım sınıfları, yönetmelikte yer alan deprem tasarım sınıflarına esas olarak, bina kullanım amacına bağlı olmak üzere tanımlanmıştır.

**Tablo 3.2.** Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	<p><b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
BKS = 2	<p><b>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1.2
BKS = 3	<p><b>Diğer binalar</b></p> <p>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0

**Kaynak;** TBDY 2018

**Tablo 3.3.** Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı ( $S_{DS}$ )	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

**Kaynak:** TBDY 2018**3.2.3.2. Bina Yükseklik Sınıfları**

Yönetmeliğin üçüncü bölümünde yer verilen bina yükseklikleri deprem yükü verilerek tasarlanan yapılar için 8 sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıflardaki yapılar için yönetmeliğin 3. 3. 1. maddesinde yer alan bina tabanı ve bina yükseklikleri esasları dikkate alınarak seçilen yükseklik aralıkları, deprem tasarım sınıfları tablosuna bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 3.4.** Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

**Kaynak;** TBDY 2018

Tablo 3.4’de gösterilen BYS=1 sınıftaki binalar, yönetmeliğin 13. bölümünde yüksek binalar olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.4. Bina Performans Düzeyleri

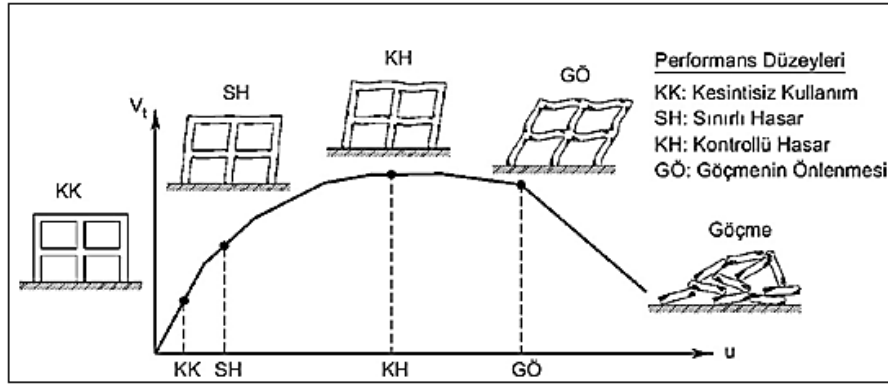
Yönetmeliğe göre, bina performans düzeyleri, kesintisiz kullanım (KK), sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH) ve göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri olarak 4 farklı sınıfta tanımlanmaktadır.

Kesintisiz kullanım performans düzeyi, betonarme yapının taşıyıcı sisteminde ihmal edilebilecek ya da elemanlarda yapısal anlamda etki etmeyecek olan hasarların olduğu durumlara karşı gelmektedir.

Sınırlı hasar performans düzeyi, doğrusal olmayan davranışın, betonarme yapı sistemi elemanlarında sınırlı düzeyde kaldığı hasar düzeyi olarak tanımlanmaktadır.

Kontrollü hasar performans düzeyi, betonarme yapı sisteminde fazla ağır olmayan elemanların, can güvenliği sağlanması bakımından onarılması mümkün olan hasar düzeyleri olarak tanımlanmaktadır.

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi, betonarme yapı elemanlarının, ileri düzeyde ağır hasarlı olduğu göçme öncesi durumlara karşılık gelmektedir. Yapının tamamen göçmesi engellenmektedir.



Şekil 3.28. Bina performans düzeyleri

Kaynak; AYAZ U. (2020 s.36)

### 3.2.5. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

#### 3.2.5.1. Mevcut veya Güçlendirilecek Binalarda Hedeflenen Deprem Performansı

Mevcut ya da güçlendirme çalışması yapılacak olan yapıların, deprem performans analizlerinde, deprem yer hareketi düzeyleri ve bu düzeylerin yapılarda ön görülmesi gereken performans hedeflerinin minimumu esas alınarak gerçekleştirilmektedir. Yeni yapılacak olan mevcut yüksek binalar  $BYS=1$  için deprem yer hareketi düzeyleri Tablo 3.5’ de gösterilmektedir.

**Tablo 3.5.** Yeni yapılacak olan mevcut yüksek binalar  $BYS=1$

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme /Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme /Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT(3)	KH	DGT(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

**Kaynak;** TBDY 2018

#### 3.2.5.2. Mevcut veya Güçlendirilecek Binaların Deprem Performansı

Yönetmeliğe göre, uygulanan deprem etkisi ile yapıda oluşması muhtemel olan hasar durumları, mevcuttaki yapının deprem performansı ile ilişkili olmakta ve birbirinden farklı dört hasar durumu esas alınarak tanımlanmaktadır. Yönetmeliğin 15. Bölümünün 5. Kısmı ve 6. Kısmında yer alan hesap yöntemleri uygulanması ve 7. Kısımındaki eleman performansları göz önünde bulundurulmasıyla, yapılardaki deprem performans düzeyi belirlenmektedir.

#### 3.2.5.3. Mevcut Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

Yönetmeliğe göre, betonarme yapıların herhangi bir katında uygulanan ve her deprem doğrultusu için yapılmakta olan analizler neticesinde elde edilen sonuçlar

incelendiğinde, “Belirgin Hasar Bölgesi” düzeyinde en fazla %20 kiriş elemanı bulunması gerekmektedir. Geri kalan bütün taşıyıcı elemanlar “Sınırlı Hasar Bölgesi” düzeyinde yer almaktadır. Taşıyıcı sistem elemanlarında gevrek hasar var ise, bu elemanların güçlendirilmesi şartı ile yapının “Sınırlı Hasar Performans Düzeyinde” olduğu kabul edilmektedir.

#### 3.2.5.4. Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

Taşıyıcı sistem elemanlarında gevrek hasar var ise, bu elemanların güçlendirilmesi şartı ile aşağıdaki verilen koşulların sağlanması neticesinde, yapıların “Kontrollü Hasar Performans Düzeyinde” olduğu kabul edilmektedir.

- Yapılarda herhangi bir katta ve her yönde uygulanmakta olan deprem doğrultuları ile analizleri neticesinde çıkan sonuçlarda, yatay yük taşıyıcı sistemde yer almayan olarak tanımlanan ikincil kirişler göz ardı edilerek, en fazla %35 kiriş elemanı “İleri Hasar Bölgesine” geçebilmektedir. “İleri Hasar Bölgesinde” yer alan taşıyıcı sistemin düşey elemanları için ise, bütün düşey elemanların her bir katta taşıdığı kesme kuvvetine toplamda %20’nin altında katkı sağlaması gerekmektedir. En üst katta bulunan bütün düşey elemanlar ile yine en üst kattaki “İleri Hasar Bölgesinde” yer alan düşey elemanların toplam kesme kuvvetleri en fazla %40 orana sahip olması gerekmektedir.
- Geri kalan bütün taşıyıcı sistem elemanları “Belirgin Hasar Bölgesi” ya da “Sınırlı Hasar Bölgesinde” yer almaktadır. Fakat, yapının her hangi bir katında “Belirgin Hasar Sınırı” aynı anda alt kesitlerde ve üst kesitlerde aşıldıysa, o katta bulunan bütün düşey elemanların taşıdığı ve “Belirgin Hasar Bölgesinde” bulunan düşey elemanların taşıdığı kesme kuvveti toplamalarının oranı %30’un üzerinde olmaması gerekmektedir. “Doğrusal Hesap Yöntemi” ile analiz yapılırken, alt ve üst düğüm noktalarının her ikisi için de aşağıda **denklem 3.13** bağıntısı sağlanıyorsa, bu hesaba dahil edilmemektedir.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1,2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.13)$$

Yukarıda verilen **denklem 3.13** Yönetmeliğin 7. Bölümünde yer verilen Kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunda yer almaktadır. Depremin her bir doğrultusunda her iki yönü için, en elverişsiz sonuçları verecek şekilde ayrı ayrı uygulanmaktadır.

#### 3.2.5.5. Mevcut Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

Yönetmeliğe göre yapıların bu performans düzeyinde bulunduğu kabul edilmesi için aşağıda verilmekte olan şartların sağlanması gerekmektedir. Ayrıca gevrek

hasarlı olan bütün taşıyıcı sistem elemanlarının “Göçme bölgesinde” yer aldığı göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Betonarme yapılarda, herhangi bir katta uygulanan her bir deprem yönü için yapılmakta olan analiz sonuçlarında, ikincil kirişlerin göz ardı edilmesi şartı ile %20 kiriş “Göçme Bölgesine” geçebilmektedir.
- Geri kalan bütün taşıyıcı elemanlar “Belirgin Hasar Bölgesi”, “Sınırlı Hasar Bölgesi” ya da “İleri Hasar Bölgesi” düzeyinde yer almaktadır. Ancak “Kontrollü Hasar Performans Düzeyinde” olduğu gibi, alt ve üst kirişlerin ikisinde de “Belirgin Hasar Sınırı” aşıldıysa, sınırın aşıldığı düşey elemanlar tarafından taşınan toplam kesme kuvvetleri ile incelenen katta yer alan bütün düşey elemanların karşıladığı toplam kesme kuvvetleri oranının %30’un üzerine çıkmaması gerekmektedir. Doğrusal hesap yönteminde, kontrollü hasar performans düzeyinde verilmiş olan **denklem 3.13** sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmemektedir.

### 3.2.5.6. Göçme Durumu

Betonarme yapıda “Göçmenin önlenmesi performans düzeyi” sağlanmadığı durumlarda betonarme yapı göçme durumunda olmaktadır. Bu tür binaların kullanılması can güvenliği açısından sakıncalı bulunmaktadır.

### 3.2.6. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Yönetmeliğe göre, deprem yer hareketi düzeyleri dört farklı şekilde tanımlanmıştır.

#### 3.2.6.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -1 (DD-1)

Yönetmeliğe göre bu yer hareketi “göz önüne alınan en büyük deprem hareketi” olarak tanımlanmıştır. Deprem yer hareketi düzeyi-1, spektral büyüklüklerin 50 senede aşılma ihtimalinin %2 olduğu ve buna bağlı olarak 2475 yılda bir tekrarlanma periyoduna sahip olan, çok seyrek gerçekleşen deprem hareketleri olarak nitelenmektedir.

#### 3.2.6.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -2 (DD-2)

Yönetmeliğe göre, bu yer hareketi “standart tasarım deprem yer hareketi” olarak tanımlanmıştır. Deprem yer hareketi düzeyi-2, 50 senede aşılma ihtimalinin %10 olduğu ve buna bağlı olarak 475 yılda bir tekrarlanma periyoduna sahip olan, seyrek gerçekleşen deprem hareketleri olarak nitelenmektedir.

#### 3.2.6.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -3 (DD-3)

Yönetmeliğe göre, 50 senede aşılma ihtimalinin %50 olduğu ve buna bağlı olarak 72 yılda bir tekrarlanma periyoduna sahip olan, sık gerçekleşen deprem hareketleri olarak nitelendirilmektedir.

### 3.2.6.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi -4 (DD-4)

Yönetmeliğe göre, bu yer hareketi “servis deprem yer hareketi” olarak tanımlanmıştır. Deprem yer hareketi düzeyi-4, spektral büyüklükleri 50 senede açılma ihtimalinin %68 olduğu ve buna bağlı olarak 43 yılda bir tekrarlanma periyoduna sahip olan, çok sık gerçekleşen deprem hareketleri olarak nitelendirilmektedir.

### 3.2.7. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Yönetmelikte, belirlenmiş olan deprem yer hareketi düzeyine esasen %5 sönüm oranı için, deprem yer hareketi düzeylerinde açıklanmış olan “Harita spektral ivme katsayıları” ve “Yerel zemin etki katsayıları” Esas alınarak, standart yöntemle veya yönetmeliğin 2. bölümünde yer verilen “Sahaya özel deprem tehlikesi analizleri” ile tanımlanmaktadır.

#### 3.2.7.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Harita spektral ivme kat sayıları, yönetmeliğin ikinci bölümünde yer verilen deprem düzeylerine bağlı olarak “Türkiye deprem tehlike haritaları” kapsamında tanımlanmaktadır. Harita spektral ivme katsayıları için, kısa periyod ( $S_S$ ), 1,0 saniye periyodu ( $S_1$ ) kullanılmaktadır.

Harita spektral ivme katsayıları, 2 yatay doğrultuda ve birbirlerine dik olan deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşılık gelmektedir. Yönetmeliğe göre, referans zemin koşulu seçilen 760 m/s ve %5 sönüm oranı göz önüne alınarak, bu ivmelerin yer çekimi ivmesine bölünmesiyle “boyutsuz katsayılar” olarak tanımlanmaktadır.

Yönetmeliğe göre,  $S_S$  ve  $S_1$  harita spektral ivme katsayıları sırasıyla,  $F_S$  ve  $F_1$  yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak,  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  tasarım spektral ivme katsayılarını dönüştürülmektedir. Tasarım spektral ivme katsayıları **denklem 3.14** ve **denklem 3.15** de verilmektedir.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (3.14)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (3.15)$$

#### 3.2.7.2. Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumları

Yönetmeliğe göre, yataydaki ve düşeydeki elastik tasarım spektrumları, tasarım spektral ivme katsayılarından faydalanılarak tanımlanmaktadır.

Yatay elastik tasarım spektrumlarının ordinatları olan spektrum ivmeleri, yönetmelikte verilmiş olan herhangi bir “deprem yer hareketi düzeyi” göz önüne

alındığında, yer çekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak **denklem 3.16**, **denklem 3.17**, **denklem 3.18** ve **denklem 3.19** bağıntıları ile tanımlanmaktadır.

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.16)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.17)$$

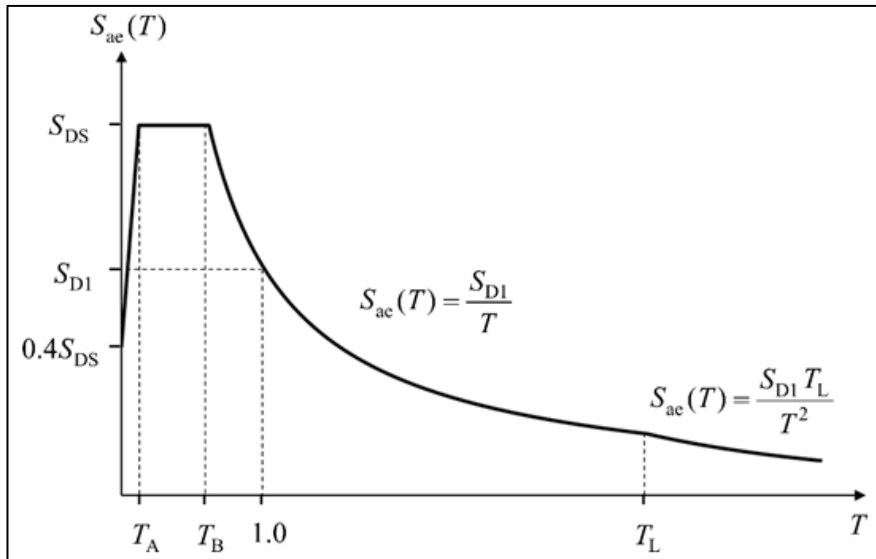
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.18)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.19)$$

$T_A$  ve  $T_B$  köşe fonksiyonları, aşağıda verilmekte olan **denklem 3.20** bağıntısı ile tanımlanmaktadır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.20)$$

“Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu” olan  $T_L = 6s$  olarak alınmaktadır.

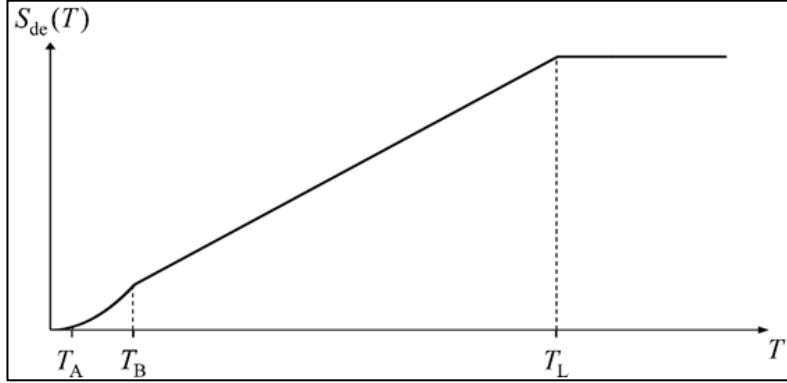


**Şekil 3.29.** Yatay elastik tasarım spektrumu

**Kaynak;** TBDY (2018)

“Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri” **denklem 3.21** bağıntısına bağlı olmak şartıyla metre cinsinden tanımlanmaktadır.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.21)$$



**şekil 3.30.** Yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumu

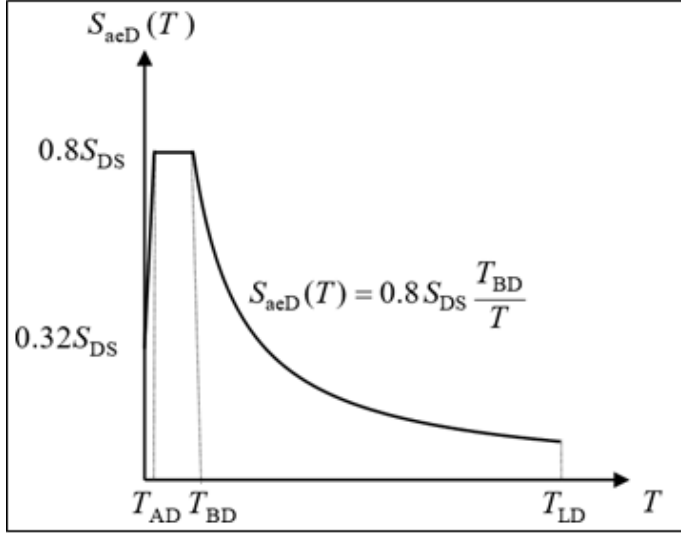
**Kaynak;** TBDY (2018)

Düşey elastik spektrumlarının ordinatları olan spektrum ivmeleri, yönetmelikte verilmiş olan herhangi bir “deprem yer hareketi düzeyi” göz önüne alındığında, yer çekimi ivmesi cinsinden, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak **denklem 3.22, 3.23** ve **3.24** bağıntılılarıyla tanımlanmaktadır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (3.22)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (3.23)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.24)$$



**Şekil 3.31.** Düşey elastik tasarım spektrumu

**Kaynak;** TBDY (2018)

$T_{AD}$ ,  $T_{BD}$  köşe periyodları ile 6sn alınan sabit yer değiştirmesine geçiş periyodunun  $T_{LD}$ 'ye dönüştürülme bağıntısı **denklem 3.25**'de verilmektedir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (3.25)$$

### 3.2.7.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yönetmeliğin 16. Bölümünde yer verilen “yerel zemin sınıfları” esas alınarak, kısa periyod bölgesi için ve 1,0 saniye periyodu için yerel zemin etki katsayıları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de sırası ile verilmektedir.

**Tablo 3.6.** Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_S$					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

Devamı arkada

ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

**Kaynak;** TBDY 2018

**Tablo 3.7** 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

**Kaynak;** TBDY 2018

Yönetmelik kapsamında yukarıdaki verilmiş olan tablolara göre, ZF sınıfında yer alan zeminler için sahaya özel zemin davranış analizleri, yönetmeliğin 16. Bölümünün 5. Kısımına göre yapılmaktadır.

#### 3.2.7.4. Sahaya Özel Elastik İvme Spektrumları

Yapının bulunduğu sahanın analizleri sonucunda, o alana özel olarak spektrumlar hazırlanmaktadır. Özel olarak hazırlanan spektrum, spektrum ordinat değerinin % 90'ından daha az olmaması gerekmektedir. Sahaya özel spektrumlar ZF zemin sınıfında bulunan bölgelerde hazırlanmaktadır.

#### 3.2.7.5. Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketi

Betonarme yapının bulunduğu bölge için uygun deprem kayıtları seçilerek, deprensellik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Betonarme yapıya yakın olan fay hattının mekanizması, mesafesi ve yapının bulunduğu zemin özelliklerine uygun olan kayıtların seçilmesi gerekmektedir. Bu kayıtlar analizde kullanılacak olan spektrumlar ile ölçeklendirilmektedir. (Ayaz, 2020)

Zaman tanım alanında yapılan analizler fay mekanizması, fay uzaklığı, zemin sınıfı ve deprem büyüklükleri gibi parametrelere göre seçilmiş olan deprem kayıtları kullanılmaktadır. Bu deprem kayıtları, bölgeye uygun olan elastik spektrum grafiklerine

bakılarak, betonarme yapının  $0,2T_p$  ve  $1,5T_p$  arasında kalan hakim periyodu ile ölçeklendirilmektedir. (Ayaz, 2020)

### 3.2.8. Hesap Yöntemi Seçimi

Yönetmelikte doğrusal hesap yöntemi ve doğrusal olmayan hesap yöntemi için uygulama sınırları belirtilmektedir.

Yönetmeliğe göre, hesap yöntemlerinin uygulama sınırları belirlenirken, taşıyıcı sistemdeki elemanların eğilme etki/kapasite oranları EKO olarak tanımlanmaktadır. Betonarme elemanlarda kırılma ile gerçekleşen eğilme “sünek” kesme için ise “gevrek” olarak sınıflandırılmaktadır. “ $V_e$ ” “kesme kuvveti olarak tanımlanmaktadır.

#### 3.2.8.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri ve Hesap Seçimi

Yönetmelik kapsamında doğrusal hesap yöntemleri, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modal hesap yöntemleri olarak iki kısımda incelenmektedir. Doğrusal hesap yöntemi için yönetmelikte bazı uygulama sınırları verilmektedir. Belirtilen bu uygulama sınırlarının bir tanesinin sağlanmadığı durumlar için bile bu yöntem kullanılamamaktadır. Çalışmada incelenen, mevcut beş katlı betonarme binanın analizleri TBDY 2018 esaslarına uygun olarak, “Doğrusal Hesap Yöntemleri” kapsamında yapılmıştır.

Yönetmeliğin 15. Bölümünde yer alan doğrusal hesap yönteminin uygulama sınırları;

- Yapının yükseklik sınıfının 5’ten küçük olduğu durumlar, ( $BYS < 5$ )
- Yönetmelik madde 3.6.2.4’de verilmekte olan, yapıda B3 düzensizliğinin bulunduğu durumlar,
- En üst katların değerlendirmeye alınmaması şartıyla, deprem doğrultuları için kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar gibi taşıyıcı elemanların kesme kuvveti ile ölçeklendirilen etki/kapasite oranlarının ortalamaları, kirişlerin etki/kapasite oranlarının ortalamalarından büyük olduğu durumlar,
- En üst katların değerlendirmeye alınmaması şartıyla, yapıdaki deprem doğrultuları için düşey sünek elemanların (kolon, kiriş, güçlendirilmiş perde duvar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilen etki –kapasite oranının ortalamaları 3’ten büyük olduğu durumlarda,
- En üst katların değerlendirmeye alınmaması şartıyla, yapıdaki deprem doğrultuları için kirişlerin etki/kapasite oranlarının ortalamaları 5’ten büyük olduğu durumlarda,

Doğrusal hesap yöntemleri uygulama sınırlarında yer alan, kesme kuvvetleri ile ölçeklendirilmekte olan EKO değerleri için Yönetmeliğin 15. bölümüne göre **denklem 3.26** bağıntısında verilmektedir.

$$EKO = \frac{\sum_i V_i \cdot (EKO)_i}{\sum_i V_i} \quad (3.26)$$

Yönetmeliğe göre “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılmakta olan binalar Tablo 3.8’de verilmektedir.

**Tablo 3.8.** Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Uygulandığı Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca <b>B2</b> türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS $\geq 4$	BYS $\geq 5$
Diğer tüm binalar	BYS $\geq 5$	BYS $\geq 6$

**Kaynak;** TBDY 2018

Yönetmeliğin 4. Bölümünün 8. Kısımında yer alan modal hesap yöntemleri kapsamında mod birleştirme ya da mod toplama yöntemlerinden birinin seçilmesiyle, uygulanabilecek tüm binaların deprem hesabında kullanılmaktadır.

### 3.2.8.1.1. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Türlerinin Belirlenmesi

Betonarme binalarda perde, kolon ve kiriş elemanlarının sünek sayılabilmeleri için,  $V_e$  kesme kuvvetinin 15. Bölüm de tanımlanan “mevcut malzeme dayanımı” değerleri kullanılarak **denklem 3.27** ve **denklem 3.28** bağıntılarındaki sınırları sağlaması gerekmektedir.

$$V_e \leq V_r \quad (3.27)$$

$$V_e \leq 0.85b_w d \sqrt{f_{ck}} \quad (3.28)$$

Yönetmeliğin 7. Bölümüne göre kolon, kiriş ve perde hesap denklemleri sırası ile **denklem 3.29**, **denklem 3.30** ve **denklem 3.31** bağıntılarıyla verilmektedir.

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / \ell_n \quad (3.29)$$

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / \ell_n \quad (3.30)$$

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (3.31)$$

Yönetmeliğe göre  $\beta_v=1$  alınmaktadır. Ayrıca düşey yükler ile beraber toplam kesme kuvveti hesaplanırken  $R_a=1$  alınmaktadır. Toplam kesme kuvveti  $V_e$  değerinden küçük olduğu durumlarda,  $V_e$  değeri yerine toplam kesme kuvveti kullanılmaktadır.

Taşıyıcı elemana gelen düşey yükler ve deprem etkileri altında etki/kapasite oranı (EKO) hesaplanırken  $R_a=1$  alınarak hesaplanan toplam kesit momentinin kesit moment kapasitesine oranı ile elde edilmektedir. Taşıyıcı sistemin düşey eleman kesitlerinin eğilme moment kapasitelerini karşılayan aksenal kuvvetler,  $R_a=4$  alınarak elde edilen deprem yükleriyle, düşey yüklerin ortak etkileri altında hesaplanmaktadır.

### 3.2.8.1.2. Eşdeğer Deprem Yükü ile Doğrusal Deprem Hesabı

Bu yöntem birbirlerine dik olan X ve Y yönlerinde binaya etki eden deprem doğrultuları için kullanılmaktadır. X, Y yönleri için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Bina tabanı ve yüksekliğinin, bodrumlu ve bodrum bulunmayan binalar için tanımı, yönetmeliğin 3. Bölümünün 3. Kısımında yer alan kurallara esasen yapılmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulandığı binalar için ek dış merkezlik hesaba katılmamaktadır.

#### 3.2.8.1.2.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Yönetmelikte seçilen X yönündeki deprem doğrultularının bütün binaya etki eden taban kesme kuvveti yani “toplam eşdeğer deprem yükü” **denklem 3.32** bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.32)$$

Denklemde verilen,  $T_p^{(X)}$  azaltılmış tasarım spektral ivmesi,  $S_{aR} (T_p^{(X)})$  hakim doğal titreşim periyodu,  $S_{DS}$  kısa periyod için tasarım spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Yönetmelik madde 4.4.1'e göre, azaltılmış tasarım spektral ivmesinin tanımlandığı bağıntı **denklem 3.33**'de verilmektedir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.33)$$

Yönetmeliğe göre  $S_{ae}(T)$ , DD-2 deprem yer hareketi için yönetmeliğin 2. Bölümünde verilmekte olan “yatay elastik tasarım spektral ivmesi” olarak tanımlanmaktadır. Taban kesme kuvveti yani “toplam eşdeğer deprem yükü” hesabı yapılırken  $R_a = 1$  alınmaktadır.

$m_t$ , binanın toplam kütesinin hesabı **denklem 3.34** bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.34)$$

Yukarıda ki **denklem 3.34**'de verilmiş olan  $m_i$ , i katındaki döşemelerin toplam kütlelerini göstermektedir.

### 3.2.8.1.2.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Bina katlarına etki eden eşdeğer deprem yüklerinin toplamı, verilmekte olan **denklem 3.35** bağıntısı ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yüküne eşit olmaktadır.

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (3.35)$$

Binanın tepesine etki eden ek eşdeğer deprem yükü verilmekte olan **denklem 3.36** bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0,0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (3.36)$$

Verilmiş olan **denklem 3.36**'da  $N$  katsayısı binanın  $N$ 'inci katı yani tepesi olarak tanımlanmaktadır.

Toplam eşdeğer deprem yükünden ek eşdeğer deprem yükünün çıkarılması ile elde edilen değer, bina tepesi dahil olmak üzere **denklem 3.37** bağıntısına göre her kata dağıtılmaktadır.

$$F_{iE}^{(X)} = \left( V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} \right) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.37)$$

Kat döşemeleri "rijit diyafram" olarak tasarlandığı durumlarda, yukarıdaki denklem ile bulunan  $F_{iE}^{(X)}$  değeri, i katında yer alan "ana düğüm noktasına" olan etkisi **denklem 3.38** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$f_{jE}^{(S)} = \frac{F_{iE}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)} \quad (3.38)$$

Verilmiş olan **denklem 3.38**'de yer alan  $m_j^{(S)}$ , j düğüm noktasının tekil kütlesi olarak tanımlanmaktadır.

Binanın tabanında, deprem yükleri etkisi ile meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı verilmekte olan **denklem 3.39** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$M_o^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (3.39)$$

### 3.2.8.1.2.3. Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Yönetmeliğe göre, binanın hakim doğal titreşim periyodu toplam eşdeğer deprem yükü denkleminde yer alan  $T_p^{(X)}$  ifadesi ile tanımlanmaktadır.  $T_p^{(X)}$ , daha kesin hesaplar yapılmadığı sürece verilmekte olan **denklem 3.40** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (3.40)$$

Verilmiş olan **denklem 3.40**'da, i katına etki eden  $F_{fi}^{(X)}$  ile tanımlanan fiktif yükü göstermektedir.  $F_{fi}^{(X)}$  hesabı yapılırken, toplam eşdeğer yükünü katlara dağıtmak için kullanılmakta olan denklemde  $(V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)})$  olarak ifade edilen eşdeğer deprem yükü toplamından bina tepesine etki eden ek eşdeğer yükün çıkarılması yerine herhangi bir değer yazılmasıyla elde edilmektedir. (Örneğin;  $(V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)})$  yerine 100 değeri verilmesi)

$$F_{fi}^{(X)} = 100 \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.41)$$

Yönetmeliğe göre,  $DTS \geq 6$  olan yapılarda ve  $DTS=1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a$  olan bütün binalarda hakim doğal titreşim periyodu  $T_p^{(X)}$  denkleminde hesaplanmadan verilmekte olan ampirik periyod olarak alınabilmektedir. Bu durum verilenmekte olan **denklem 3.42** ve **denklem 3.43** bağıntıları ile ifade edilmektedir.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.42)$$

$$T_p^{(X)} \cong T_{pA} \quad (3.43)$$

Betonarme binanın bütün taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşuyor ise,  $C_t = 0,1$ , çelik ya da çelik çaprazlı çerçevelerden oluştuğu durumlarda  $C_t = 0,08$ , geri kalan yapılarda  $C_t = 0,07$  alınmaktadır. Bütün deprem etkilerinin betonarme perdeler ile karşılandığı durumlarda  $C_t$  değeri **denklem 3.44** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$C_t = \frac{0,1}{\sqrt{A_t}} \leq 0,07 \quad (3.44)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan eş değer alan hesabı verilmekte olan **denklem 3.45** bağıntısı neticesinde elde edilmektedir.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[ 0,2 + \left( \frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (3.45)$$

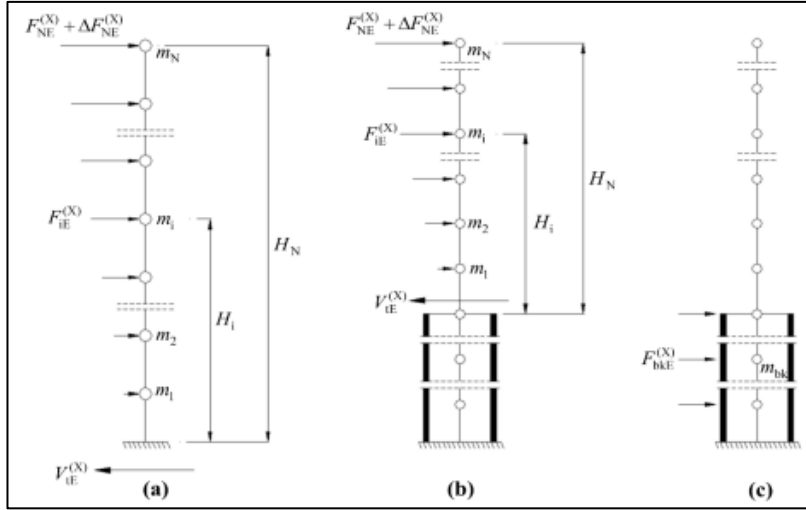
#### 3.2.8.1.2.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde Burulma Hesabı

Yönetmeliğe göre, i katında aşağıdaki tabloda tanımlanan  $A_1$  düzensizliği bulunması halinde,  $1,2 < \eta_{bi} \leq 2$  koşulunu sağlamak şartıyla bu katta  $\pm \%50$  ek dış merkezlik uygulaması durumunda, X ve Y deprem doğrultuları, **denklem 3.46** bağıntısı ile elde edilmekte olan  $D_{bi}$  katsayısı ile çarpılarak büyütülmektedir.

$$D_{bi} = \left( \frac{\eta_{bi}}{1,2} \right)^2 \quad (3.46)$$

#### 3.2.8.1.2.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı

Yönetmeliğe göre, yapı bodrum katı dışardan rijit perdeler ile çevrildiği durumlarda yapının üst bölümü ile alt bölümü yeni bodrum katları “ortak tek bir taşıyıcı sistem” olarak tasarlanmaktadır. Bu tür yapıların hesabı yapılırken, yönetmeliğin 4. Bölümünün 3. Kısımında yer verilen “binaların üst ve alt bölümlerinde farklı R ve D katsayılarını kullanması” konu başlıklı üst bölüm ve alt bölüm göz önüne alınarak yapılan eşdeğer deprem yüğü yöntemi ve iki yükleme durumlu hesap yöntemi kullanılmaktadır.



Şekil 3.32. İki Yükleme Durumlu Hesap Yöntemi

**Kaynak;** TBDY (2018)

İki yükleme durumlu hesap yönteminde, alt ve üst bölümler birlikte tasarlanırsa da bu bölümlerin titreşim modları birbirlerine çok uzak olduğu için, iki yükleme ile ayrı ayrı deprem hesabı yapılmaktadır. “Ortak tek taşıyıcı sistem” tasarımında ilk yükleme ile verilen eşdeğer deprem yükü hesabı, şekil 3.32 (b) görüldüğü üzere yalnızca üst bölümü etki ettirilmektedir. Birinci yükleme ile yapılan hesap neticesinde, alt ve üst bölümlerin her ikisinde de “azaltılmış iç kuvvetler” elde edilmektedir. İkinci yükleme ile verilen eşdeğer deprem yükü hesabı yalnızca alt kat bodrumlarına etki ettirilmektedir ve yapılan hesap neticesinde sadece alt bölümdeki “azaltılmış iç kuvvetler” elde edilmektedir.

### 3.2.8.1.3. Modal Hesap Yöntemleri ile Doğrusal Deprem Hesabı

Yönetmeliğe göre bu yöntemler, zaman tanım alanında hesaplanmakta olan “mod toplama yöntemi” ve deprem spektrumu ile hesaplanan “mod birleştirme yöntemi” olarak iki kısımda incelenmektedir.

Modal hesap yöntemi yapılırken “yeterli titreşim modu sayısı” hesaba katılmakta ve YM olarak ifade edilmektedir.

Yönetmelikte yer alan EK 4B incelendiğinde, **denklem 3.47** bağıntısı ile deprem doğrultularının her bir modu için hesaplanmakta olan “taban kesme kuvveti modal etkin kütleleri” toplamının, yapının toplam kütlelerinin %95’inden az olmaması gerekmektedir. Yalnızca katkısı %3’ten daha büyük olan modlar göz önüne alınmaktadır.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0,95m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{ty n}^{(Y)} \geq 0,95m_t \quad (3.47)$$

Yönetmeliğe göre üç boyutlu analizde, X ve Y doğrultuları için hesaplanan en büyük değeri dikkate alınmaktadır.

### 3.2.8.1.3.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Yönetmeliğe göre herhangi bir deprem doğrultusunda verilen “deprem tasarım spektrumu” ile incelenen titreşim modlarından, en büyük davranış büyüklüğü değerleri bu yöntem ile hesaplanmaktadır. Eş zamanlı olmayan “en büyük modal davranış büyüklükleri” istatikselsel olarak daha sonra birleştirilmekte ve yaklaşık olarak en büyük davranış büyüklükleri elde edilmektedir.

### 3.2.8.1.3.2. Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi ile Deprem Hesabı

Yönetmeliğe göre, deprem birbirine dik iki yatay doğrultuda eş zamanlı olarak etki ediyorsa, titreşim modlarının her birinin modal davranış büyüklükleri bu yöntem ile hesaplanmaktadır. Gerektiği kadar titreşim modunun “eş zamanlı modal davranış büyüklükleri” hesaplandıktan sonra, zamanla davranış büyüklüklerinde gerçekleşen değişimin “zaman tanım alanında” toplanılması ile elde edilmektedir. Analizde elde edilen en büyük değer esas alınmaktadır. Bu yöntemde mod katkıları, zaman tanım alanında toplanarak elde edildiği için, mod birleştirmenin istatikselsel kurallarının esas alınmasına gerek kalmamaktadır. Göz önüne alınan deprem doğrultuları, aynı anda birbirine dik ve yatay yönde olduğu için “doğrultu birleştirmesi” esaslarının da uygulanması gerekmektedir.

### 3.2.8.1.3.3. Modal Hesap Yöntemleri ile Bodrumlu Katların Hesabı

Bu yöntemin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bodrumlu binaların hesabından tek farkı, ikinci yüklemde eşdeğer deprem yükü yönteminde bodrum için **denklem 3.48** ve **denklem 3.49**'da “deprem yükü azaltma katsayısı”  $(R_a)_{alt} = D_{alt} = 1,5$  kullanılmakta olmasıdır. Bu yöntemde ise bodrum için  $(R_{alt}/I) = 2,5$  ve  $D_{alt} = 1,5$  alınarak her (n) titreşim periyodu için **denklem 3.48** ve **denklem 3.49** bağıntıları ile hesaplanmakta olan  $(R_a)_{n,alt}$  ile ifade edilen “deprem yükü azaltma katsayısı” kullanılmaktadır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.48)$$

$$R_A(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.49)$$

### 3.2.8.2. Doğrusal Hesap Yöntemleri Kapsamında Şekil Değiştirme Sınırları

Betonarme eleman kesitlerinin doğrusal hesap yöntemine göre “birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri” TBDY 2018 madde 15.5.4 kapsamında verilmektedir. TBDY 2018 madde 15.7.1 kapsamında tanımlanmakta olan “birim şekil değiştirme kapasiteleri ile madde 15.5.4 kapsamında verilmiş olan “birim şekil değiştirme

talepleri” karşılaştırılarak, betonarme kesit için taşıyıcı sistem performansı belirlenmektedir.

### 3.2.8.2.1. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değişirme ve Plastik Dönme Sınırları

Yönetmeliğe göre betonarme eleman kesitlerinin “birim şekil değişirme talepleri” yönetmeliğin 4. Bölümünün 7. Kısımında verilmekte olan “eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal deprem hesabı” kapsamında yapılan hesaplar neticesinde, betonarme yapının herhangi bir elemanının uç noktasında meydana gelen toplam yer değiştirmiş eksen dönmesi olarak tanımlanan  $\theta_k$  kullanılarak belirlenmektedir. Yönetmelik EK 15A kapsamında, elemanın uç noktasında meydana gelen yer değiştirmiş eksen dönmeleri tanımlanmaktadır.

Betonarme elemanın uç kesitinde ki toplam eğrilik talebi  $\varphi_t$ , verilmekte olan **denklem 3.50** bağıntısından hesaplanmaktadır.

$$\varphi_t = \frac{\theta_k - \theta_y}{L_p} + \varphi_y \quad (3.50)$$

**Denklem 3.50**'de ki  $\theta_y$ , betonarme elemanın uç kısmındaki “yer değiştirmiş eksen akma dönmesi” olarak tanımlanmaktadır. Elemanın uç kısmında oluşan akma eğriliği ise  $\varphi_y$  olarak tanımlanmaktadır. Yönetmelik EK 15A'da “yer değiştirme eksen akma dönmeleri” tanımlanmaktadır. Bağıntıda yer alan  $L_p$  plastik mafsalın boyu olarak tanımlanmakta ve bu değer etki edilen doğrultudaki betonarme kesit boyunun yarısı olarak alınmaktadır. Betonarme taşıyıcı sistemlerde  $\varphi_y$  ve etkin akma momenti olarak tanımlanan  $M_y$  moment eğrilik analizi ile hesaplanmaktadır.

Plastik dönme talebi olarak tanımlanan  $\theta_p$ , betonarme eleman kesitlerinde verilmekte olan **denklem 3.51** bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\theta_{ki} = \theta_{yi} + \theta_{pi} \quad (3.51)$$

Betonarme elemanlarda şekil değişirme hesabı yapılırken, elemanda boyuna olarak düz donatıların bulunduğu durumlarda, donatı için plastik dönme ve birim şekil değişirme taleplerinin 1,5 katı alınmaktadır.

Betonarme taşıyıcı sistemin düşeydeki perde ve kolon elemanlarında, yataydaki sünek kiriş elemanlarında, çeşitli kesitler için hasar sınırlarına izin verilmekte olan plastik dönme ve birim şekil değişirme kapasiteleri, yönetmeliğin 5. Bölümünün 8. Kısımında tanımlanmaktadır.

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.52)$$

Verilmiş olan **denklem 3.52** bağıntısında, etki doğrultusundaki enine donatının hacimsel oranı olarak tanımlanan  $\rho_{sh}$  hesabında 90 derece ile kapatılan etriyelerin %30'u hesaba dahil edilebilmektedir. Bağıntıda yer alan  $A_{sh}$  etki doğrultusundaki enine donatı alanı,  $b_k$  eleman kesitinin en dışta bulunan enine donatılarının birbirlerine olan uzaklıkları,  $s$  enine donatılarının aralıkları olarak tanımlanmaktadır.

Yönetmeliğe göre “göçmenin önlenmesi performans düzeyi” için yapının performans analizinde kullanılmak üzere, izin verilen plastik dönme sınırları, betonarme kesite etki eden aksenal kuvvet ve TBDY 2018 EK 5A’da yer alan beton ile donatı modelleri esas alınarak yapılmakta olan eğrilik analizi sonuçları **denklem 3.53** bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ (\varphi_u - \varphi_y) L_p \left( 1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5 \varphi_u d_b \right] \quad (3.53)$$

Bağıntıda yer alan  $\varphi_u$ , betonarme kesite etki eden aksenal kuvvet dikkate alınarak, donatı ile betondaki birim şekil değiştirmeler ve yönetmelik EK 5A’da yer alan beton ile donatı çeliği modellerinden faydalanılarak yapılmakta olan analiz neticesinde elde edilen “göçme öncesi toplam eğrilik” olarak tanımlanmaktadır. Bağıntıdaki  $L_s$  değerinin  $L_p$  değerinden daha küçük alınması gerekmektedir.

Betonarme kesitte şekil değiştirme hesabı yapılırken, kesme kuvveti oranı 0,65’den küçük olduğu durumlarda, yönetmeliğin 5. Bölümünün 8. Kısımında yer alan şekil değiştirme üst sınırları geçerli sayılmaktadır. Eğer kesme kuvveti oranı 1,30’dan büyük ise şekil değiştirme üst sınırlarının 0,50 ile çarpılması gerekmektedir. Ara değerlerde,  $0,65 < \left( \frac{V_e}{b_w d f_{ctm}} \right) < 1,30$  “doğrusal enterpolasyon” uygulanmaktadır.

### 3.2.8.3. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

Sabit tek modlu ve değişken tek modlu itme olarak iki kısımda incelenen tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz olarak üç kısımda incelenmektedir.

Doğrusal olmayan analiz için yalnızca “Tek modlu itme yöntemleri” için uygulama sınırları bulunmaktadır.

Tek modlu itme yöntemleri hesap yönteminin uygulama sınırları;

- Betonarme yapının kotlarının herhangi birinde burulma düzensizliği kot sayısı 1,4 değerinin üzerinde olmadığı durumlarda,
- Yapının deprem doğrultusunda, elastik hakim moduna ait olan taban kesme kuvvetinin etkin kütlelerinin toplam bina kütlelerine oranının 0,70 değerinin üzerinde olduğu durumlarda,

Sabit tek modlu itme yöntemi uygulama sınırları;

- Sabit modlu itme yöntemi, betonarme yapıda oluşan taban kesme kuvvetine dayalı olmaktadır. Plastik dönmelerle meydana gelen şekil değiştirmeler düşey yüklerle beraber yapıda ikinci mertebe etkilerine sebep olmaktadır. Yapıda oluşan ikinci mertebe etkileri, taban kesme kuvvetine bağlı olan sabit modlu itme yönteminde dikkate alınmamaktadır. Bu etkilerin önem arz ettiği durumlarda “değişken modlu itme yöntemi kullanılmaktadır.

Değişken tek modlu itme yöntemi uygulama sınırları;

- Yapıya 15km den daha yakında fay hattı bulunduğu durumlarda,
- İkinci mertebe etkileri sonucunda, akma sonrasında oluşan modal kapasite diyagramındaki eğimlerin negatif olduğu durumlarda,

### 3.2.9. Performans Hedefleri ve Tasarım Aşamaları

Yönetmeliğin 13. Bölümünde yer alan performans hedefleri ve tasarım aşamalarına göre, yüksek yapıların tasarımı üç aşamada gerçekleştirilmektedir. İkinci ve üçüncü aşamanın sıralamaları değişebilmektedir.

#### 3.2.9.1. Tasarım Aşaması I Hesapları için DD-2 Yer Hareketi Altında Ön Tasarım Boyutlandırma

Tasarım aşaması I de DD-2 deprem yer hareketi etkisinde olan yüksek binaların kontrollü hasar performans hedefini sağlamak amacı ile “Dayanıma Göre Tasarım” yaklaşımı kullanılarak boyutlandırma – öntasarım yapılmaktadır. Bu aşama için yönetmelikte 13. Bölümün 4. Kısımında zorunlu olarak uygulanması gereken esasların detaylı ayrıntıları verilmektedir. Yönetmelikte 4, 7, 8, ve 9. Bölümünde yer verilen kurallar ayrıca dikkate alınmaktadır.

##### 3.2.9.1.1. Aşama I Taşıyıcı Sistem Modellemesi

Aşama I taşıyıcı sistem modellemesi yönetmeliğin 4. Bölümünün 5. Kısımında verilen kurallar esas alınarak yapılmaktadır. Bu aşama için, göz önüne alınmakta olan deprem etkilerini içeren yük birleşimleri, yönetmeliğin 4. Bölümünün 4. Kısımında tanımlanmaktadır.

##### 3.2.9.1.2. Aşama I Deprem Hesabı

Bu aşamada deprem hesabı yapılırken, ilk olarak “yapım aşamalarını göz önüne alan” düşey yük ve rüzgar hesabıyla, betonarme binada sünme hesabı yapılmaktadır. Yönetmelik kapsamında, deprem hesabı yapılırken, süneklik düzeyi yüksek elemanlar

veya süneklik düzeyi karma elemanlara bakılarak seçilen yüksek bina taşıyıcı sistemi için aşağıdaki tabloda verilen “taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R$  ve dayanım fazlalığı katsayısı “ $D$ ” kullanılmaktadır.

**Tablo 3.9.** yönetmelik Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R$	Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D$	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları
<b>A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
<b>B. ÖNÜRETİMLİ BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>B1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			

Devamı arkada

<p>B12. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran süneklik düzeyi yüksek önüretimli çerçeveler ile, süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar</p> <p>MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:</p> <p>MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:</p>	7	2.5	BYS $\geq$ 2
	5	2.5	BYS $\geq$ 6
<p>B13. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran süneklik düzeyi yüksek önüretimli çerçeveler ile, süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar</p> <p>MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:</p> <p>MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:</p>	6	2.5	BYS $\geq$ 2
	5	2.5	BYS $\geq$ 6

**Kaynak;** TBDY 2018

Ayrıca DTS=1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli binalarda, herhangi bir doğrultuda aşağıda verilmekte olan iki koşuldan birinin sağlanamadığı durumlarda, o doğrultuda taşıyıcı sistem katsayısı R yerine (4/5)R kullanılmaktadır. Dayanım katsayısı D için herhangi bir değişiklik yapılmamaktadır.

Taban devrilme momenti koşulları;

- Sistemde tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti  $M_{DEV}$ , o doğrultuda bütün bina için deprem yüklerinde meydana gelen toplam taban devrilme momenti  $M_o$  in 1/3 ünden fazla olmaması gerekmektedir.
- Sistemden her bir kenar aks da yer alan perdelerin aldığı taban devrilme momenti  $M_{DEV}$ , o doğrultuda tüm bina için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin ( $M_o$ ) 6 da 1 inden az olmaması gerekmektedir.

Yönetmeliğe göre bu aşamada, DD-2 deprem yer hareketi altında “Mod Birleştirme Yöntemi” ya da zaman tanım alanında “Mod Toplama Yöntemi” ile üç boyutlu lineer hesap analizi yapılmaktadır.

Aşama I de yapılan deprem hesabında, yüksek binalar için yönetmeliğin 4. Bölümünde yer alan iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi uygulanarak, **denklem 3.54** bağıntısı neticesinde tanımlanan “Minimum Taban Kesme Kuvveti” esasında yapılmaktadır.

$$V_{t,min} = 0,04a_H m_t S_{DS}^3 \quad (3.54)$$

Verilmiş olan **denklem 3.54**'de yer alan  $m_t$  üst bölümün toplam kütesini ifade etmektedir.  $S_{DS}$  ise DD-2 deprem yer hareketi için, kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısını ifade etmektedir. Buradaki  $a_H$  Yönetmeliğin 3. Bölümünde yer verilen yükseklik tanımı esasında verilmekte olan **denklem 3.55** bağıntısı neticesinde tanımlanan  $H_N$  değerine bağlı hesaplanan katsayıyı göstermektedir.

$$\begin{aligned} a_H &= 1,0 & H_N &\leq 105m \\ a_H &= 2,05 - 0,001H_N & 105m < H_N &\leq 155m \\ a_H &= 0,5 & 155m < H_N & \end{aligned} \quad (3.55)$$

### 3.2.9.2. Tasarım Aşaması II Hesapları için DD-4 veya DD-3 Deprem Yönetmeliği Yer Hareketi Altında Ön Tasarım Boyutlandırma

Tasarım aşaması II hesapları için ilgili esaslar yönetmeliğin 15. Bölümünün 5. Kısımında anlatılmaktadır.

#### 3.2.9.2.1. Aşama II Taşıyıcı Sistem Modellemesi

Yönetmeliğe göre bu tasarım aşamasında, aşağıda verilmekte olan tablo 3.10 incelendiğinde, “normal performans hedefi” için doğrusal hesap yönteminde DGT yaklaşımı uygulandığı durumlarda, yönetmeliğin 4. Bölümünün 5. Kısımında verilen kurallar kullanılmaktadır. DD-3 deprem yer hareketi altında “ileri performans hedefi” için ise, doğrusal olmayan hesap yönteminde ŞGDT yaklaşımı uygulaması ile aynı kısımda verilen esaslar ve kurallar uygulanmaktadır. Sönüm oranı her iki durum için de %2,5 alınmaktadır. Ayrıca yönetmeliğin 4. Bölümünün 4. Kısımında yer alan, “deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi” veya 5. Bölümün 2. Kısımında yer alan, “deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi” konu başlığı altında verilen esaslar her iki durum için de kullanılmaktadır.

**Tablo 3.10.** Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları (BYS=1)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme /Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme /Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT(3)	KH	DGT(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

**Kaynak;** TBDY 2018

Aşama II de betonarme elemanlar için DGT yaklaşımı uygulandığı durumlarda, yönetmeliğin 13. Bölümünde verilen “kesit rijitliği çarpanları” tablosu kullanılmaktadır. Yönetmeliğe göre Tablo3.11’de gösterilmekte olan veriler, ŞGDT yaklaşımı yapıldığı durumlarda bodrum perdeleri ve döşemeler için de kullanılabilir. Bu aşama için ek dış merkezliğin etkileri hesaba katılmamaktadır.

**Tablo 3.11.** Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları İçin II. Aşamada Uygulanacak Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		
Perde	0,50	0,50
Bodrum perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25

Devamı arkada

<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0,25	1.00
Bodrum perdesi	0,50	1.00
Döşeme	0,25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0,15	1,00
Çerçeve kirişi	0,35	1,00
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

**Kaynak;** TBDY 2018

### 3.2.9.2.2. Aşama II Deprem Hesabı

Yönetmeliğe göre, I. Aşama deprem hesabından önce yapılmakta olan düşey yük ve rüzgar hesabıyla, betonarme binalar için yapılan sünme hesabı bu aşamada da kullanılmaktadır.

“Normal performans hedefi”, “kesintisiz kullanım” performansı için yönetmeliğin 4. Bölümünde yer alan doğrusal hesaba bağlı olarak yapılan DGT yaklaşımı kullanılmaktadır. “Sınırlı hasar performansı” için ise, yönetmeliğin 5. Bölümünde yer alan doğrusal olmayan hesaba bağlı olarak yapılan ŞGDT yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar kullanılırken, DD-4 deprem yer hareketi altında, yönetmeliğin 4. Bölümünün 8. Kısımına göre “modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap” yapılmaktadır. “ileri performans hedefi” için ise, DD-3 deprem yer hareketi altında, yönetmeliğin 5. Bölümünün 7. Kısımında yer alan “zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap” yapılmaktadır.

Yönetmeliğe göre, “modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap” yapıldığı durumlar için,  $R/I=1$  ve  $D=1$  değerleri iç kuvvet hesaplarında kullanılmaktadır. Bu aşamada, aşama I için kullanılan “minimum taban kesme kuvveti” şartı uygulanmamaktadır. “Mod birleştirme yöntemi” kullanıldığı durumlarda, sönüm oranı %2,5 tanımlanmakta ve bu orana karşı gelmekte olan  $S_{ae}(T)$  yatay elastik tasarım spektral ivme değerlerinin elde edilmesi amacıyla, **denklem 3.16, 3.17, 3.18, 3.19** bağıntılarında, %5 sönüm oranına karşı gelen spektral ivme değerlerinin 1,25 katı kullanılmaktadır.

Aynı zamanda mod katkılarının birleştirilmesi amacı ile yönetmeliğin 4. Bölümünde yer alan “Tam karesel birleştirme kurallarının” esas alındığı durumlar için, bütün modların sönüm oranı, verilmekte olan **denklem 3.56**'da ki çapraz korelasyon katsayılarının hesabında %2.5 olarak alınmaktadır.

$$\rho_{mn} = \frac{8\xi^2(1+\beta_{mn})\beta_{mn}^{3/2}}{(1-\beta_{mn}^2)^2+4\xi^2\beta_{mn}(1+\beta_{mn})^2} \quad (\xi_m = \xi_n = \xi) \quad (3.56)$$

Deprem hesabı, zaman tanım alanında mod toplama yöntemi kullanılarak yapılırsa, verilmekte olan **denklem 3.57** bağıntısında yer alan hareket denklemindeki sönüm oranı modal tek serbestlik dereceli sistemde her titreşim modu için %2,5 olarak alınmaktadır.

$$\ddot{d}_n^{(X,Y)}(t) + 2\xi_n\omega_n\dot{d}_n^{(X,Y)}(t) + \omega_n^2d_n^{(X,Y)}(t) = -\ddot{u}_g^{(X)}(t) - \frac{\Gamma_n^{(Y)}}{\Gamma_n^{(X)}}\ddot{u}_g^{(Y)}(t) \quad (3.57)$$

Yönetmeliğin 13. Bölümüne göre, deprem hesabının “İleri performans hedefi” için “zaman tanım alanında doğrusal olmayan” hesap yöntemi ile yapılması halinde “Royleigh orantılı sönüm matrisi” veya “modal sönüm matrisi” oluşturulması için göz önüne alınmakta olan modlardaki sönüm oranı %2,5 olarak alınmaktadır.

### 3.2.9.3. Tasarım aşaması III Hesapları için DD-1 Yer Hareketi Altında Öntasarım Boyutlandırma

Bu aşamada, aşama I de tamamlanmış olan ve aşama II için (KK) ile (SH) performans hedeflerini sağlamış olan betonarme yüksek binaların ön tasarımı yapılmaktadır. Taşıyıcı sistemde, DD-1 yer hareketine bağlı olarak daha önce verilen  $BYS=1$  için tasarım yaklaşımı tablosuna göre “normal performans hedefi için göçmenin önlenmesi” ya da “ileri performans hedefi için kontrollü hasar” durumunun sağlandığı gösterilmektedir.

Yönetmeliğe göre, bina taşıyıcı sisteminin üç boyutlu doğrusal olmayan analizi için zaman tanım alanında yapılan hesap ile elde edilen iç kuvvet, yer değiştirme ve ileri kat öteleme taleplerinin, III. Aşamada yapılan performans değerlendirmesi ile tanımlanan sınırlardan küçük olduğu gösterilmektedir. Bu durumların sağlanamadığı koşullarda, yapının taşıyıcı sistemine gereken güçlendirme yapılarak tekrar analiz edilmekte ve tasarımın iyileştirilmesi ile sonuçlanmaktadır.

#### 3.2.9.3.1. Aşama III Taşıyıcı Sistem Modellemesi

Yönetmeliğe göre III. Aşamada, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap için, yönetmeliğin 5. Bölümünün 4. Kısımında yer alan esaslar uygulanmaktadır. Ayrıca

bu esaslardan farklı olarak yük birleşimi için, yönetmeliğin 5. Bölümünün 2. Kısımında yer alan “deprem etkisinin diğer etkiler ile birleştirilmesi” kuralları geçerli sayılmaktadır.

### 3.2.9.3.2. Aşama III Deprem Hesabı

Yönetmelik kapsamında III. Aşama deprem hesabı için, “Royleigh orantılı sönüm matrisi” ya da “Modal sönüm matrisi” oluşturulabilmesi amacıyla göz önüne alınan modlarda sönüm oranı %2,5 olarak alınmaktadır.

Aşama I de yapılan hesap neticesinde, binanın herhangi bir katında tanımlanmakta olan A1 türü düzenliğinin bulunması ve burulma düzensizliği katsayısının 1,5’tan büyük olduğu durumda tanımlanan ek dış merkezliği bu aşamada da esas alınmaktadır. Ek dış merkezliği için kat döşemeleri, kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak modellenmektedir. Rijit diyafram modeline göre, döşemeden herhangi bir kolon ya da perde düşey elemanına aktarılan kuvvet, döşemenin altındaki ve üstündeki katlarda, o eleman için ilgili doğrultuda elde edilen kesme kuvvetlerinden farklı olarak hesaplanmaktadır.

Deprem hesabının tek doğrultulu deprem etkisi altında yapıldığı durumlarda, her doğrultu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaktadır. Hesabın, aynı anda etki eden iki doğrultulu deprem etkisi altında yapıldığı durumlarda ise, her iki doğrultu için dış merkezlik ayrı ayrı uygulanmaktadır. “Ek kat eylemsizlik momenti” bütün katlarda ana düğüm noktası yani kat kütle merkezine etki eden, yatay doğrultudaki deprem yükleri, göz önüne alınmakta olan deprem doğrultusu ile dik doğrultuya sahip olan kat boyutunun  $\pm\%5$ ’i kadar kaydırılmakta ve deprem hesabı bu durumlar için de ayrı olarak yapılmaktadır. (TBDY 2018)

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Mevcut Beş Katlı Bir Yapının Performans Analizi Ve Güçlendirme Çalışması

Antalya ili, Kemer Belediyesi, Tekirova Mahallesi sınırları içinde bulunan 147 Ada 1 parsel numaralı taşınmaz üzerinde mevcut olan Tekirova Larissa Phaselis Princess Hotel kentsel dönüşüm amaçlı zemin durumunu belirlemek için 09.08.2022 tarihinde 2 adet sismik serilim 2 adet MASW ölçümü olmak üzere jeofizik çalışmaları yapılmıştır. 26.917,39m<sup>2</sup> alana sahip 147 Ada 1 parsel, Bodrum + Asma zemin + tesisat + 5 katlı bina bulunmaktadır. İki dilatasyon ve üç bloktan oluşan ana binanın fotoğrafları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 de verilmektedir.



Şekil 4.1. Mevcutta Bulunan Dilatasyonlu Binanın C bloğu



Şekil 4.2. Güçlendirilecek Mevcut Ana Bina

#### 4.1.1. Parsel Bazında Performans Analizi ve Zemin Araştırması

Bu rapor 30709 sayılı resmi gazetede 09.03.2019 tarihli Çevre ve Şehircilik Bakanlığında, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ ile 30364 sayılı Resmi gazetede 18.03.2018 tarihli Afet Acil Durumu Yönetimi Başkanlığından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esaslarına göre hazırlanmıştır.

##### 4.1.1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

###### 4.1.1.1.1. Jeomorfolojik Çevresel Bilgiler

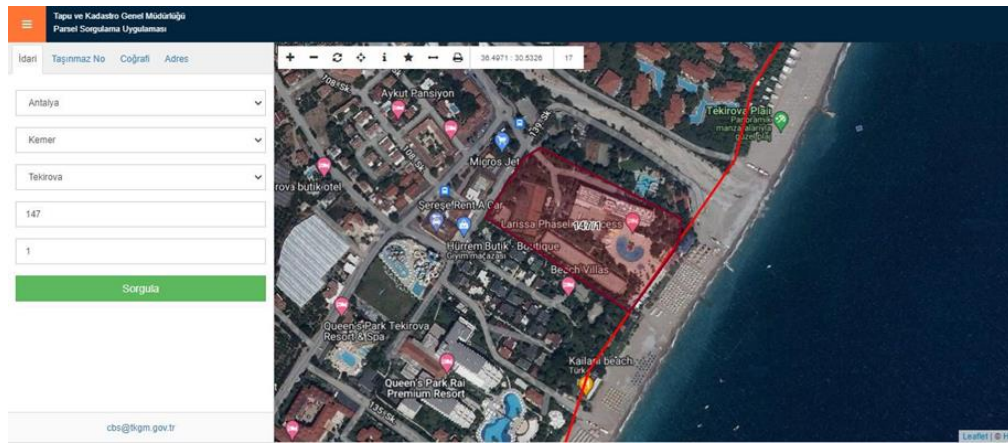
İnceleme alanı, Antalya ili Kemer Belediyesi, 147 Ada 1 parsel numaralı taşınmaz üzerinde yer almakta olup, topografik eğim az ve eğim %10'un altında bulunmaktadır. İncelenen parsel ve yakın civarında yapılan jeolojik gözlem ve jeofizik çalışmalarda aktif ve potansiyel nitelikte kaya düşmesi, heyelan, feyezan, vb. doğal afet olaylarına ve olabilecek risk faktörlerine rastlanılmamıştır. Çalışma alanı Akdeniz iklim kuşağında olup, yazları kurak ve sıcak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir.

###### 4.1.1.1.2. İmar Planı Durumu

147 Ada 1 numaralı parsel Kemer Belediyesince tanzim ve tasdik edilen imar planında otel alanı olarak tahsis edilmiştir. 26.917,39 m<sup>2</sup> taşınmaz üzerinde otel yapı alan izini verilmiştir. İnceleme alanı uygun alan içerisinde yer almaktadır. İmar açısından yapılaşma için bir sakınca bulunmamaktadır.

###### 4.1.1.1.3. İmar Adası ile İlgili Bilgiler

147 Ada 1'olu parsel Kemer Belediyesince tanzim ve tasdik edilen imar planında otel alanı olarak tahsis edilmiştir.



Şekil 4.3. 147 Ada 1 Parselin Parsel Sorgu Görünümü ve Detayları

**Kaynak;** [parselsorgu.tkgm.gov.tr](http://parselsorgu.tkgm.gov.tr)

#### 4.1.1.1.4. Yapı Hakkında Bilgiler

Mevcut yapının, saçak seviyesi 25,73m Bodrum + Asma zemin + tesisat + 5 katlı 3 blok şeklinde inşa edilmesine müsaade edilmiştir. İnşaat tarzı ayrık nizamdır. İnceleme alanında yapılacak olan yapı konut amaçlı kullanılmakta olup bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı TBDY 2018 Madde 3.1.2.'ye göre BKS=3 (1.0) olarak belirlenmiştir. İlgili parselin bulunduğu ada konut olarak kullanılmaktadır. Adada elektrik, su gibi altyapı mevcutta bulunmaktadır.

İnceleme alanı deprem yer hareketi düzeyi DD-2 olarak seçilmiştir. Tasarım spektral ivme katsayıları kapsamında “kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı  $S_{DS} = 0,847$  bulunmuştur. TBDY 2018 Madde 3.1.2. kapsamında “Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları” tablosu göz önüne alınarak ve bulunmuş olan “kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı” için aşağıdaki tablo incelenmiştir. Yapının “Deprem Tasarım Sınıfı” DTS=1 olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.1.** Deprem Tasarım Sınıfları DTS

DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{DS}$ )	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2,3
$S_{DS} < 0,33$	DTS=4a	DTS=4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS=3a	DTS=3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS=2a	DTS=2
<b><math>0,75 \leq S_{DS}</math></b>	<b>DTS=1a</b>	<b>DTS=1</b>

**Kaynak;** TBDY 2018

Mevcut yapıdan bilgi toplanırken, TBDY 2018 Madde 15.2.12.'de yer alan “Kapsamlı Bilgi Düzeyi” esas alınarak çalışma yapılmıştır. Yönetmeliğe göre bilgi düzeyi sınırlı ve kapsamlı olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Bilgi düzeyi katsayıları sınırlıda 0,75 olarak, kapsamlıda ise 1,00 olarak tanımlanmaktadır.

**Tablo 4.2.** Tablo Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

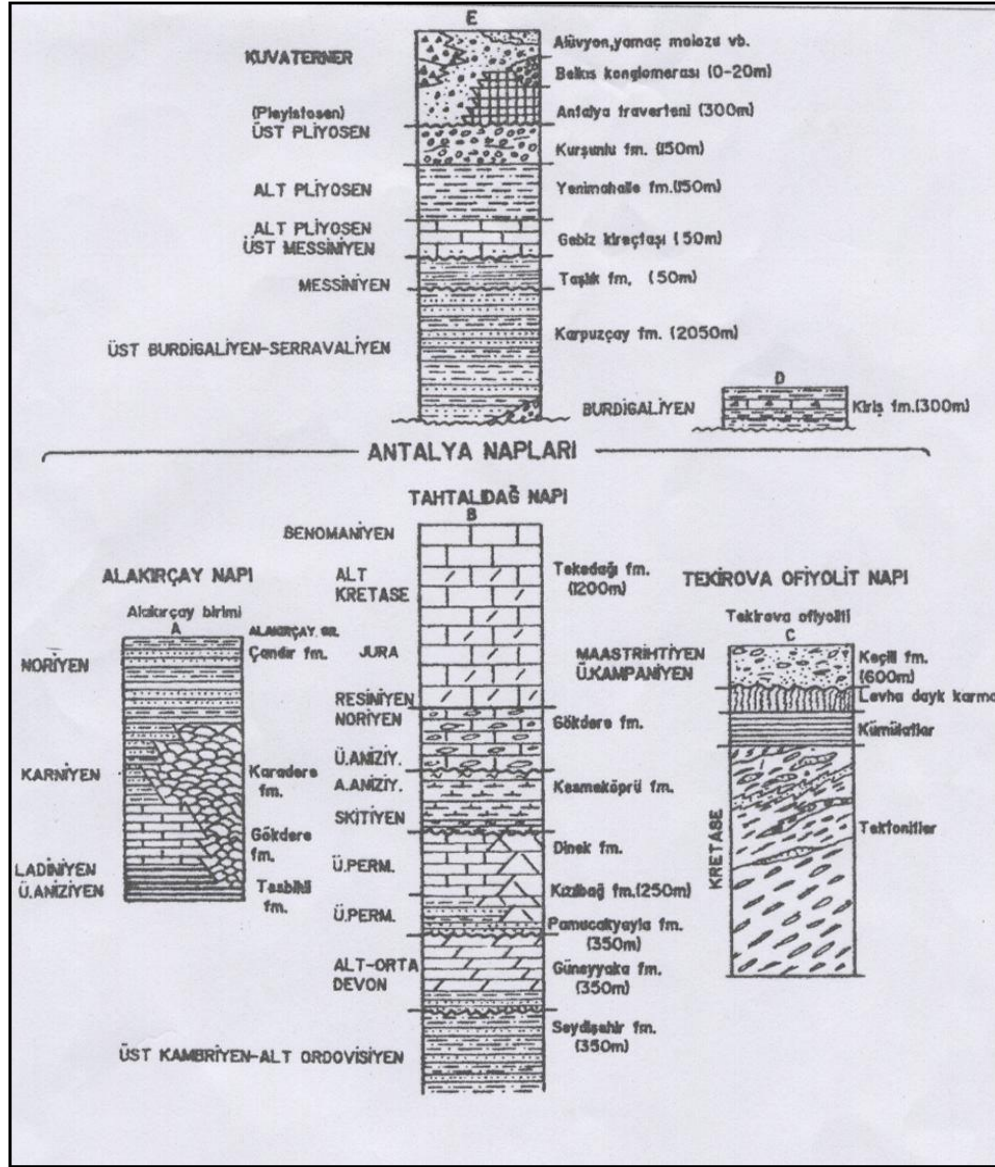
Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	<p><b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar(Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1,5
BKS=2	<p><b>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1,2
BKS=3	<p><b>Diğer binalar</b></p> <p><b>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, iş yerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb</b></p>	1,0

**Kaynak;** TBDY 2018

#### 4.1.1.2. Yapının Bulunduğu Bölge Hakkında Jeolojik Bilgiler

Antalya ve yakın çevresi Beydağları otokton birimlerine ait Jura-Kretase yaşlı dolomittik kireçtaşları, otokton konumlu Eosen yaşlı fliş, otokton konumlu Miyosen yaşlı fliş, Pliyosen yaşlı kil-marn türü litolojiler ile birlikte Kuvaterner yaşlı alüvyonal birimler

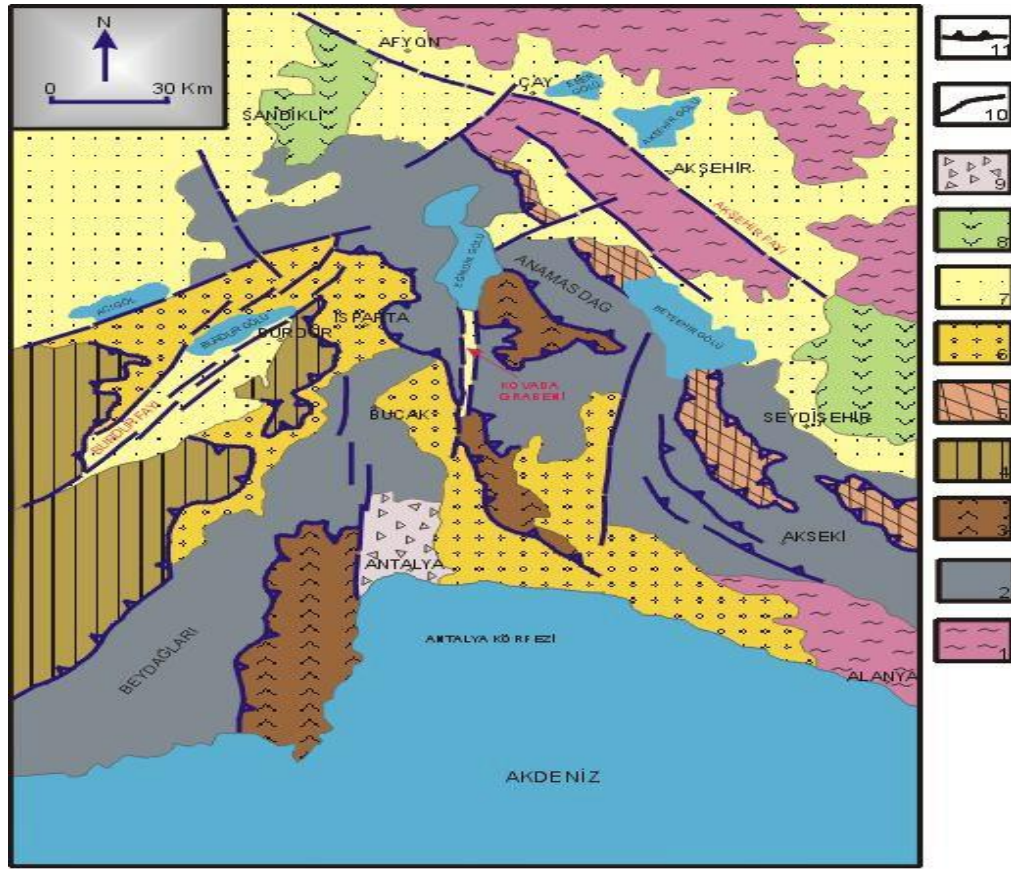
mevcuttur. Batı Toroslarda Antalya Körfezin’de yer alan bölgede Antalya naplarına ait Alakırçay napı, Tahtalı dağ napı ile bunların üzerinde neotokton örtü olarak Miyosen Kuvaterner yaşlı kaya birimlerini yüzeyler. İnceleme yapılan sahada çoğunlukla Antalya Traverteni bulunmaktadır. Poisson (1977) tarafından adlandırılan birim tamamen Travertenden oluşmuştur. Kahve renkli, yer yer ince-orta tabakalı, yersel masif veya kalın tabakalı, sık erime boşluklu, bazen sıkı ya da süngerimsi dokulu olmaktadır.



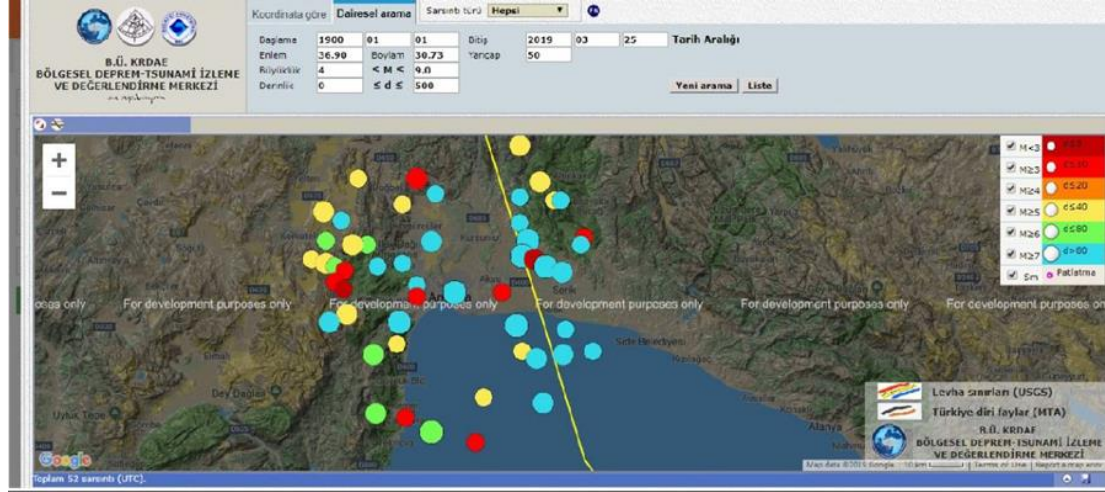
**Şekil 4.4.** Antalya ve Çevresinin Kaya Birimlerine Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti  
Kaynak; MTA

#### 4.1.1.3. Yapının Bulunduğu Bölgeye Ait Yapısal Jeoloji ve Aktif Tektonik Bilgiler

Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen'de okyanus kabuğunun kıtasal kabuğa bindirmesine bağlı olarak bir araya gelmiş olan Antalya napları, Daniyen'de Beydağları otoktonunun doğu ve kuzey doğusuna, Anamas-Akseki otoktonunun güneyine yerleşmiştir (Şenel, 1992,1993). Batı Toroslardaki yatay tektonik hareketlerinden etkilenen Antalya Körfezi kuzeyinde Tortoniyen sonlarında D-KD, B-GB doğrultusunda gelişen sıkışma rejimine (Akay, 1988) bağlı olarak Aksu Bindirmesi gelişmiştir (Poisson, 1977).



**Şekil 4.5.** Antalya ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1) Peleozoyik yaşlı metamorfik kayalar, (2) Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayalar, (3) Antalya napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel tersiyer tortulları, (7) Karasal neojen tortulları, (8) Neojen volkanitleri, (9) Antalya travertenleri, (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları.



**Şekil 4.6.** İnceleme Alanı ve Çevresi 1900 ‘den Günümüze Magnütüdü 4 Ve Üzeri Depremler

**Kaynak;** <http://www.koeri.boun.edu.tr>

**Tablo 4.3.** İnceleme alanı Kandilli Deprem Kayıtları

No	Oluş tarihi	Oluş zamanı	Enlem	Boylam	Der(km)	xM	Yer
1	29.09.2017	16:08:39.72	37.049	30.649	86.6	4.6	ODABASI-MURATPAŞA (ANTALYA) [North West 3.3 km]
2	09.07.2016	07:15:31.41	36.98	30.465	101.3	4.2	SOGUTCUK-KORKUTELI (ANTALYA) [ 9.63 km]
3	25.12.2013	18:11:35.21	36.966	31.096	123.2	4.6	URUNDU-SERIK (ANTALYA) [North West 1.1 km]
4	15.12.2011	06:37:59.45	36.981	30.321	79.8	4	YAZIR-KORKUTELI (ANTALYA) [South East 4.9 km]
5	29.10.2010	13:46:45.64	37.177	30.663	86.2	4	CAMILI-DOSEMEALTI (ANTALYA) [South West 1.1 km]
6	25.07.2010	17:06:19.88	36.97	30.352	7.3	4.1	SOGUTCUK-KORKUTELI (ANTALYA) [South West 5.6 km]
7	22.09.2009	22:11:29.76	36.624	30.828	21.9	4.4	ANTALYA KÖRFEZİ (AKDENİZ)
8	19.10.2008	22:20:51.74	37.107	30.342	84.3	4.1	KARGIN-KORKUTELI (ANTALYA) [North West 2.3 km]
9	03.11.2007	03:43:06.41	36.809	31.109	86.2	4.2	BELEK AÇIKLARI-ANTALYA (AKDENİZ)
10	18.12.2006	03:09:13.10	36.92	30.35	5	4.4	GUZLE-KORKUTELI (ANTALYA) [North East 2.2 km]
11	24.01.2006	17:00:08.70	36.57	30.56	8	4.1	CAMYUVA-KEMER (ANTALYA) [North 0.9 km]
12	06.11.2005	12:21:45.50	37.04	30.43	43	4.2	BAYATBADEMLERİ-KORKUTELI (ANTALYA) [South West 5.1 km]
13	04.10.2004	16:52:43.30	36.94	30.32	6	4.3	GUZLE-KORKUTELI (ANTALYA) [North West 3.6 km]
14	28.02.2004	16:32:51.50	37.22	30.4	30	4.1	KARAKUYU-KORKUTELI (ANTALYA) [South West 0.7 km]
15	03.05.2003	15:10:37.70	37.16	31.07	21	4.1	ETLER-SERIK (ANTALYA) [North East 2.2 km]
16	09.04.2003	17:19:42.10	36.75	30.96	25	4.4	BELEK AÇIKLARI-ANTALYA (AKDENİZ)

Devamı arkada

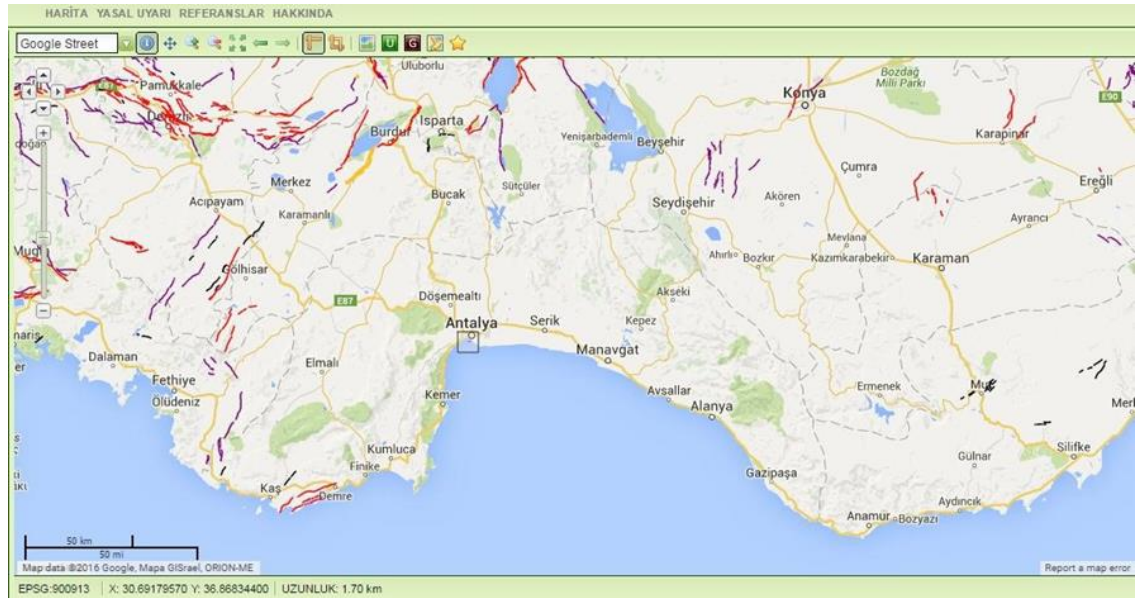
17	08.07.2002	09:42:07.90	37.21	31.02	26	4.5	HASDUMEN-SERİK (ANTALYA) [South East 3.7 km]
18	06.12.1997	00:12:58.40	36.91	30.89	10	4.4	KARACALLI-AKSU (ANTALYA) [North East 2.9 km]
19	16.03.1996	14:36:24.10	37.05	30.29	75	4.3	BAYAT-KORKUTELİ (ANTALYA) [South West 2.7 km]
20	23.05.1992	22:53:06.70	36.74	30.45	42	4.6	HISARCANDIR-KONYAALTI (ANTALYA) [South 2.5 km]
21	26.03.1992	16:16:19.90	37.31	30.95	25	4.6	HASKIZILOREN-SERİK (ANTALYA) [North West 3.1 km]
22	04.10.1991	21:09:15.50	36.77	30.53	30	4	HISARCANDIR-KONYAALTI (ANTALYA) [East 6.9 km]
23	16.08.1991	03:40:47.00	36.5	30.8	10	4.1	CAMYUVA-KEMER (ANTALYA) [South East 22.6 km]
24	11.03.1991	18:33:43.30	37.01	30.96	113	5.2	TEKKEKOY-SERİK (ANTALYA) [South West 0.8 km]
25	05.07.1990	03:57:50.50	36.75	31.2	87	4	SIDE AÇIKLARI-ANTALYA (AKDENİZ)
26	12.07.1989	13:42:54.00	37.16	31.09	125	4.2	ETLER-SERİK (ANTALYA) [North East 3.5 km]
27	16.01.1989	05:33:11.90	37.17	30.95	132	4.1	HACIOSMANLAR-SERİK (ANTALYA) [North East 1.4 km]
28	23.01.1988	08:18:47.00	37.22	30.6	10	4.6	KARAVELILER-DOSEMEALTI (ANTALYA) [West 4.8 km]
29	14.09.1987	15:51:55.30	36.74	31.1	111	4.7	BELEK AÇIKLARI-ANTALYA (AKDENİZ)
30	10.04.1985	10:44:41.50	37.06	31.17	10	4	KARATAS-SERİK (ANTALYA) [South East 4.0 km]
30	10.04.1985	10:44:41.50	37.06	31.17	10	4	KARATAS-SERİK (ANTALYA) [South East 4.0 km]
31	11.02.1984	08:12:30.70	36.83	30.3	83	4.8	DEREKOY-KUMLUCA (ANTALYA) [North West 7.0 km]
32	23.01.1984	14:42:32.30	36.73	31.01	82	4.5	BELEK AÇIKLARI-ANTALYA (AKDENİZ)
33	14.04.1983	05:59:23.80	37.1	30.95	101	4.4	GEBİZ-SERİK (ANTALYA) [South East 1.3 km]
34	26.04.1981	14:13:28.30	36.53	30.65	76	5.3	CAMYUVA-KEMER (ANTALYA) [South East 8.8 km]
35	14.09.1979	17:26:48.00	36.99	30.29	32	4.6	YAZIR-KORKUTELİ (ANTALYA) [South 2.8 km]
36	14.09.1979	15:39:22.00	37	30.24	23	4.2	TATKOY-KORKUTELİ (ANTALYA) [South 4.2 km]
37	30.08.1978	23:52:08.00	36.9	30.6	10	4.1	BAHTILI-KONYAALTI (ANTALYA) [North East 2.6 km]
38	11.04.1977	16:23:01.70	36.91	30.73	90	5	MURATPASA (ANTALYA) [North East 3.1 km]
39	12.08.1975	16:06:09.30	37.04	31.16	107	4.2	BUCAKKOY-SERİK (ANTALYA) [North West 4.1 km]
40	18.09.1973	08:47:45.20	36.85	30.36	35	4.7	GUZLE-KORKUTELİ (ANTALYA) [South East 7.0 km]
41	22.04.1973	22:20:56.80	37.15	30.55	32	4.4	KOVANLIK-DOSEMEALTI (ANTALYA) [North West 3.4 km]
42	31.03.1972	08:16:29.00	37	31	5	4.6	YANKOY-SERİK (ANTALYA) [South West 0.5 km]
43	01.02.1971	01:12:25.90	37.13	30.28	30	4.8	KUCUKKOY-KORKUTELİ (ANTALYA) [North West 1.5 km]
44	31.01.1971	05:37:30.50	37.04	30.38	31	4.9	SOGUTCUK-KORKUTELİ (ANTALYA) [North East 2.6 km]
45	04.03.1969	01:47:25.80	36.98	31.04	109	5.2	CANDIR-SERİK (ANTALYA) [North West 1.6 km]
46	23.02.1968	02:41:36.00	36.99	30.55	97	4.4	DOSEMEALTI (ANTALYA) [South West 5.8 km]

Devamı arkada

47	09.05.1966	03:51:10.10	37.05	30.98	132	5.1	TONGUCLU-SERİK (ANTALYA) [South East 2.2 km]
48	26.03.1965	20:29:22.60	36.82	30.94	111	5.2	OZLU-AKSU (ANTALYA) [South East 6.6 km]
49	22.08.1964	10:14:05.50	36.93	30.6	133	4.3	ASAGIKARAMAN-KONYAALTI (ANTALYA) [North East 3.2 km]
50	22.04.1958	10:02:44.10	36.58	30.46	80	4.9	OVACIK-KEMER (ANTALYA) [South East 8.1 km]
51	02.02.1951	23:59:22.50	36.83	30.54	120	5.4	HACISEKILILER-KONYAALTI (ANTALYA) [South East 2.7 km]
52	10.08.1936	06:31:56.70	36.61	31.03	100	4.9	ANTALYA KÖRFEZİ (AKDENİZ)

#### Kaynak; Kandilli Deprem Kayıtları

İnceleme alanı ve civarını kapsayan 50km çaplı alanda 1900 yılından günümüze Magnitudü 4 ve üzeri 52 adet deprem meydana gelmiştir.

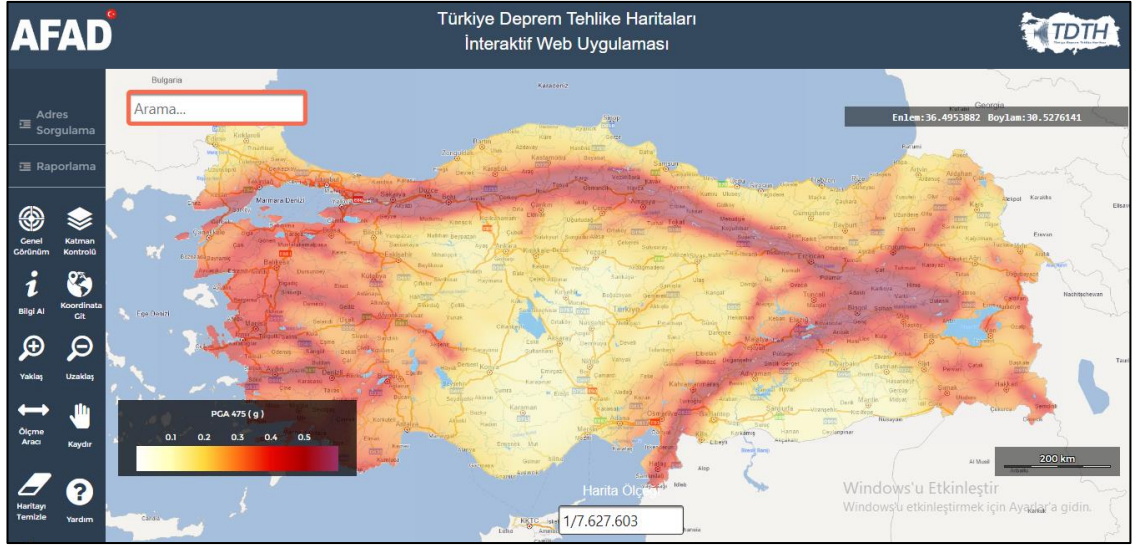


Şekil 4.7. Antalya ve civarı diri fay haritası

Kaynak; MTA

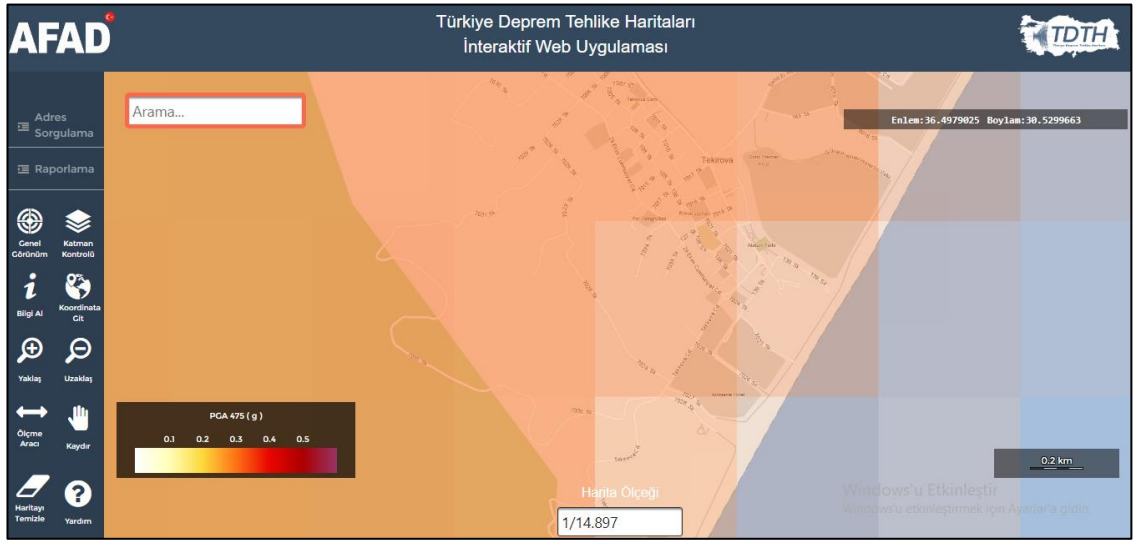
İnceleme alanını kapsayan Antalya Kemer Belediyesi Tekirova Mahallesi 147 Ada 1 parsel "Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası"nda En büyük yer ivmesi g:0,310 olarak belirtilen alanda kalmaktadır.

Bölgede yapılacak binalarda 18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı resmi gazetede yayımlanan 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren 'Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' inde (2018) belirtilen hükümlerin uygulanması gerekmektedir.



Şekil 4.8. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Kaynak; <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>



Şekil 4.9. İnceleme Alanının Konumu

Kaynak; <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>



**Şekil 4.10.** En Yakın Fay Hattının Yapıya Olan Uzaklığı

**Kaynak;** <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>

Antalya Kemer Belediyesi Tekirova Mahallesi 147 Ada 1 parsel de güçlendirilme çalışması yapılacak olan mevcut binanın en yakın fay hattına uzaklığı 125,938 km olarak harita üzerinden ölçeklendirilerek şekil 4.10’da gösterilmiştir.

#### 4.1.1.4. Yapının Bulunduğu Bölgede Yapılan Arazi Çalışmaları

İnceleme alanında 09.08.2022 tarihinde 2 adet sismik serilim, 2 adet Masw ölçümü yapılmıştır. Tüm çalışmalar 30709 sayılı Resmi gazetede 09/03/2019 tarihli Çevre ve Şehircilik Bakanlığında, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ ile 30364 sayılı Resmi gazetede 18/03/2018 tarihli Afet Acil Durumu Yönetimi Başkanlığından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esaslarına göre yapılmıştır.

##### 4.1.1.4.1. Jeofizik Çalışmaları

Çalışma alanına mevcut bulunan Bodrum + Asma zemin +tesisat + 5 katlı 3 bloklu bina bulunmaktadır. Bu inşaatın temel zeminini araştırmak ve inşaatın olabilecek bir depremde sarsan (P dalgası) hasar veren (S dalgası) son olarak yıkan (R,L yüzey dalgası)’na karşı dayanıklı ve en az hasarla can kaybı olmadan atlatılabilecek bir bina yapmak için; söz konusu parselde 2 adet 26.00 m (ofset dahil ) uzunluğunda sismik serilim ve 2 adet MASW yapılmıştır. Statik hesaplamalarda esas olacak zemin dinamik parametreleri hesaplanmıştır. Sismik çalışmalarda Sara DOREMİ 12 marka, 12 kanallı sismik cihazı kullanılmıştır.

Sismik refraksiyon (kırılma) yöntemiyle inceleme alanında ‘1’ serimde boyuna ( $V_p$ ) ve enine ( $V_s$ ) dalga hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde Sara Doremi markalı sismograf kullanılmıştır. Ölçüm değerleri “intercept time“ tekniği ile değerlendirilmiştir. Sismik ölçümde kaynak olarak noktasal konik P dalgası ve 1,20 m

uzunluğunda paletli demir S dalgası kaynağı kullanılmıştır. Jeofen aralığı ve ofset 2m olmaktadır.

**Tablo 4.4.** İnceleme Alanında Yapılan Sismik Kırılma Yönteminde Kaynak Alınan Değerler

Serim No	Tabaka No	$V_p$ m/s	$V_s$ m/s	Kalınlık (h)	$d$ ( $\frac{kg}{cm^3}$ )	$\frac{V_p}{V_s}$	P	$G_{max}$ ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	E ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	K ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	$T_0$ (sn)
Sis 1	1	386	216	3,00	1,37	1,79	0,27	639	1626	1189	0,69
	2	551	317		1,50	1,74	0,25	1507	3776	2544	
Sis 2	1	347	197	2,70	1,34	1,76	0,26	520	1313	920	0,65
	2	630	338		1,55	1,86	0,30	1771	4597	3791	

Yapılan Hesaplar;

- Yoğunluk hesabı;

$$d = 0,31V_p0,25 = 1.50(gr/cm^3)$$

- Poisson Oranı;

$$P = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{(2V_p^2 - 2V_s^2)} = 0,30$$

- Kayma Modülü hesabı;

$$G' = \frac{dV_s^2}{g} = 1507 kg/cm^2$$

- Elastisite Modülü Hesabı;

$$E = G' * \left( \frac{(3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)} \right) = 3776kg/cm^2$$

- Zemin Hakim Titreşim Periyodu;  $T_0 = \sum_{i=1}^n (4h_i/V_s)$  bağıntısından hesaplanmaktadır. Yapılan hesaplamalar neticesinde zemin hâkim titreşim periyodu 0.69 sn. olarak belirlenmiştir. Yapılacak olan yapının rezonansa girmemesi için bina boyuna dikkat etmek gerekmektedir.

<b>S1</b>			
<b>DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELER</b>			
ZEMİN PARAMETRELERİ	SİMGELER VE BİRİMLERİ	1. TABAKA	2. TABAKA
		ZD	ZD
BOYUNA HIZ	Vp (m/s)	386	551
ENİNE HIZ	Vs (m/s)	216	317
TABAKA KALINLIĞI	h(m)	3.00	
TABAKA YOĞUNLUĞU(dinamik yoğunluk)	d (gr/cm <sup>3</sup> )	1.37	1.50
SİSMİK HIZ ORANI	Vp/Vs	1.79	1.74
POISSON ORANI	P	0.27	0.25
KAYMA MODÜLÜ (Sheare)	G (kg/cm <sup>2</sup> )	639	1507
ELASTİSİTE MODÜLÜ	E (kg/cm <sup>2</sup> )	1626	3776
BULK MODÜLÜ (Sıkışmazlık)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	1189	2544
ZEMİN HAKİM TİTREŞİM PERYODU	To (sn)	0.69	
ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2.96	4.76
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ	qs (kg/cm <sup>2</sup> )	1.66	2.74
BOYUNA BİRİM DEFORMASYON (OTURMA)	SZ (cm)	0.55	0.38
DÜŞEY YATAK KATSAYISI	ton/m <sup>3</sup> )	1161	1866
YAPI PERİYOTLARI AMLİFİKASYON ARALIĞI	T01-T02	0.46	1.03
GÖZENEKLİLİK		0.52	0.46
ZEMİN SPEKTRAL BÜYÜTMESİ (Zayıf Hareket)	AHSA-%	2.21	
ZEMİN SPEKTRAL BÜYÜTMESİ (Kuvvetli Hareket)	AHSA-%	2.78	
PLASTİK OTURMA ETKİN YÜK DERİNLİĞİ	Z (m)	10.84	40.44
VS30(ort) TABAKA HIZI	Vs30 (m/s)	317	
<b>S2</b>			
<b>DİNAMİK ELASTİK PARAMETRELER</b>			
ZEMİN PARAMETRELERİ	SİMGELER VE BİRİMLERİ	1. TABAKA	2. TABAKA
		ZD	ZD
BOYUNA HIZ	Vp (m/s)	347	630
ENİNE HIZ	Vs (m/s)	197	338
TABAKA KALINLIĞI	h(m)	2.70	
TABAKA YOĞUNLUĞU(dinamik yoğunluk)	d (gr/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.55
SİSMİK HIZ ORANI	Vp/Vs	1.76	1.86
POISSON ORANI	P	0.26	0.30
KAYMA MODÜLÜ (Sheare)	G (kg/cm <sup>2</sup> )	520	1771
ELASTİSİTE MODÜLÜ	E (kg/cm <sup>2</sup> )	1313	4597
BULK MODÜLÜ (Sıkışmazlık)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	920	3791
ZEMİN HAKİM TİTREŞİM PERYODU	To (sn)	0.65	
ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2.64	5.24
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ	qs (kg/cm <sup>2</sup> )	1.50	2.81
BOYUNA BİRİM DEFORMASYON (OTURMA)	SZ (cm)	0.54	0.31
DÜŞEY YATAK KATSAYISI	ton/m <sup>3</sup> )	1036	2056
YAPI PERİYOTLARI AMLİFİKASYON ARALIĞI	T01-T02	0.43	0.97
GÖZENEKLİLİK		0.54	0.43
ZEMİN SPEKTRAL BÜYÜTMESİ (Zayıf Hareket)	AHSA-%	2.07	
ZEMİN SPEKTRAL BÜYÜTMESİ (Kuvvetli Hareket)	AHSA-%	1.78	
PLASTİK OTURMA ETKİN YÜK DERİNLİĞİ	Z (m)	7.81	54.24
VS30(ort) TABAKA HIZI	Vs30 (m/s)	338	

Şekil 4.11. Serim Elastik Parametreleri

Sismik boyuna ve enine dalga hızlarından zemin taşıma gücü ve oturmalar hesaplanmıştır.

Yapılan Hesaplar;

- Zemin Taşıma Gücü hesabı;

$$q_f = d * V_s * \frac{0,33}{40} kg/cm^2$$

- Zemin Emniyet Gerilmesi hesabı;

$$q_s = q_f / (V_p / V_s)$$

Ya da;

$$q_s = q_f / (2 - 5 \text{ arasında güvenlik sayısı})$$

- Oturma hesabı;

$$Oturma = (q_f + q_s) / E * h$$

#### 4.1.1.4.1.1. Zemin Deprem Büyütme Etkisi

Deprem esnasında bazı zeminler depremin şiddetini artıran özelliklere sahip olmaktadır. Çalışılan alanda kırıklı çatlaklı traverten birimlerinden oluşması nedeniyle depremin şiddetini artıran bir özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Zemin büyütme etkisi medvedev bağıntısına göre hesaplanmış ve 2,21 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.5.** Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflanması (TBDY 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		( $V_s$ ) <sub>30</sub> [m/s]	( $N_{60}$ ) <sub>30</sub> [darbe /30 cm]	( $c_u$ ) <sub>30</sub> [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250

Devamı arkada

<b>ZD</b>	<b>Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları</b>	<b>180 – 360</b>	<b>15 – 50</b>	<b>70 – 250</b>
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25\text{kPa}$ ) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

**Kaynak;** TBDY 2018

Vs30 değeri: 317 m/sn bulunmuş olup 18.03.2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin Tablo 4'e göre Yerel Zemin Sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

#### 4.1.1.5. İnceleme Alanı Mühendislik Jeolojisi

İnceleme alanının tamamında Üst Pliyosen - Kuaterner yaşlı Siltli Killi Kum yer almaktadır. Çalışma alanında yapılan sismik çalışmalarda 0-0,50 metre bitkisel toprak 0,50-30 m arası Çakıllı Kum birimi geçilmiştir.

#### 4.1.1.6. DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu

Antalya-Kemer bölgesinde, 36,497869° enlem, 30,529822° boylam da bulunan ve ZD zemin sınıfında yer alan yapının “50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi” sismik tehlike haritası detay raporu, “AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından” temin edilmiştir. Çıkan bulgulara göre, “kısa periyod harita spektral ivme katsayısı” olarak tanımlanmakta olan  $S_s$ , “1,0 saniye periyod için harita spektral ivme” olarak tanımlanmakta olan  $S_1$ , “En büyük yer ivmesi” olarak tanımlanmakta olan PGA ve “En büyük yer hızı” olarak tanımlanmakta olan PGV değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 4.6.** AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından Temin Edilen Bulgular

$S_s$	$S_1$	$PGA$	$PGV$
0,670	0,183	0,310[g]	13,269[cm/sn]

**Kaynak;** <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>

#### 4.1.1.6.1. Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel zemin sınıfı ZD ve  $S_s=0,670$  için kısa periyod bölgesinde yerel zemin etki katsayısı **tablo (3.6)**'ya göre,  $F_s=1,264$  bulunmuştur.

Yerel zemin sınıfı ZD ve  $S_1=0,183$  için 1,0 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayısı  $F_1$  **tablo (3.7)**'ye göre,  $F_1=2,234$  bulunmuştur.

#### 4.1.1.6.2. Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Yönetmeliğe kapsamında zemin sınıfı ZD için bulunan  $S_s$  ve  $F_s$  değerleri ile “Kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı” aşağıdaki denklem ile bulunmuştur.

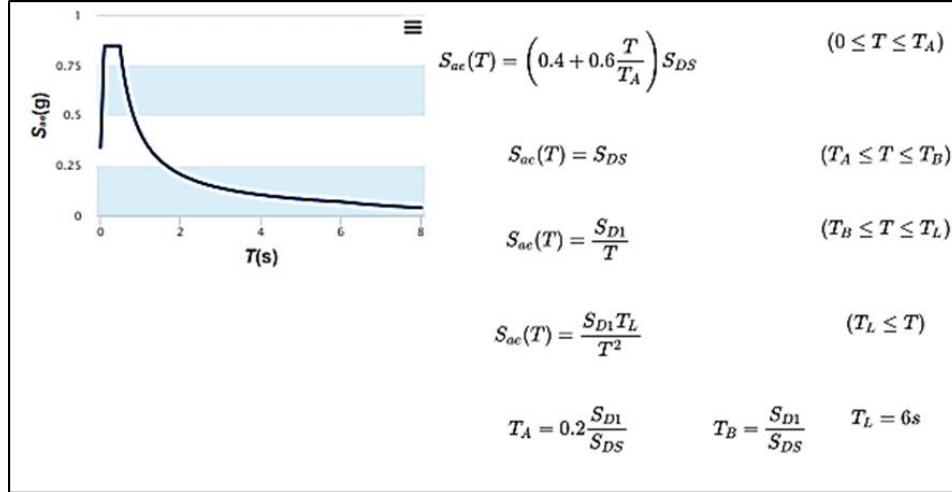
$$S_{DS} = S_s F_s = 0,670 * 1,264 = 0,847$$

Yönetmelik kapsamında zemin sınıfı ZD için bulunan  $S_1$  ve  $F_1$  değerleri ile “1,0 saniye periyod için tasarım spektral ivme katsayısı” aşağıdaki denklem ile bulunmuştur.

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0,183 * 2,234 = 0,409$$

#### 4.1.1.6.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY 2018 Madde 2.3.4.1.'de doğal titreşim periyodu sınırlarına bağlı olarak “yatay elastik tasarım spektral ivmeleri” yer çekimi ivmesi cinsinden verilmektedir. “AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından” temin edilmiş olan “DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu” içeriğinde yatay elastik tasarım spektral ivme denklem, değer ve grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Tasarım spektral ivme katsayıları  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ 'e bağlı olarak yatay tasarım spektrumu için köşe periyodları,  $T_A = 0.097$  (s) ve  $T_B = 0.483$  (s) olarak bulunmuştur. Yönetmelik kapsamında “sabit yer değiştirme geçiş periyodu” olarak tanımlanmakta olan  $T_L = 6.000$  (s) alınmaktadır.

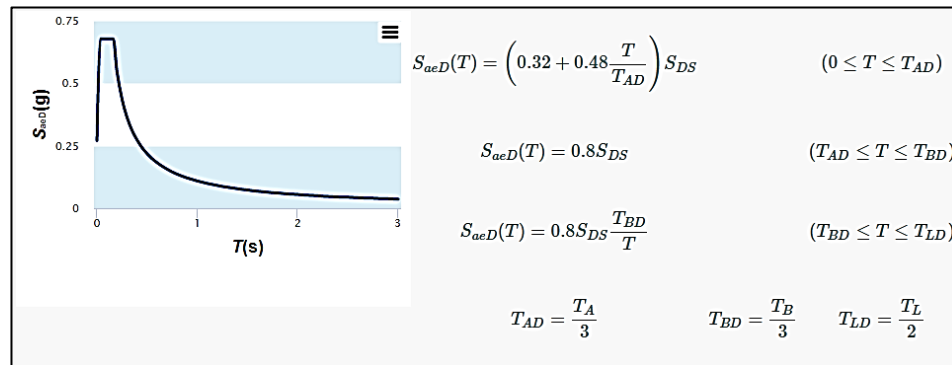


**Şekil 4.12.** Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

**Kaynak;** <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>

#### 4.1.1.6.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY 2018 Madde 2.3.5.'de doğal titreşim periyodu sınırlarına ve “kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına” bağlı olarak “düşey elastik tasarım spektral ivmeleri” yer çekimi ivmesi cinsinden verilmektedir. “AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından” temin edilmiş olan “DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu” içeriğinde düşey elastik tasarım spektral ivme denklem, değer ve grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Düşey elastik tasarım spektrumu hesabı, tasarım spektral ivme katsayısı  $S_{DS}$ , düşey spektrum için sınır periyodlarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.  $T_{AD}$  ve  $T_{BD}$  sınır periyodları, yatay tasarım spektrumu için bulunmuş olan sınır periyodlarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yapılan hesaplar neticesinde,  $T_{AD} = 0.032(s)$  ve  $T_{BD} = 0.161(s)$  bulunmuştur. Yönetmelik kapsamında sabit yer değiştirme geçiş periyoduna bağlı olarak tanımlanmakta olan  $T_{LD} = 3.000 (s)$  bulunmuştur.



**Şekil 4.13.** Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

**Kaynak;** <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>

#### 4.1.2. Mevcut Yapının Donatı Tespiti ve Karot Alımı

İncelenmekte olan mevcut yapı sistemi betonarme çerçeveden oluşan, asmolen döşeme ve iki dilatasyonlu üç bloktan oluşmaktadır. Yapıdan bilgi toplanırken TBDY 2018 esaslarında, madde 15.2.5’de yer alan “Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi” şartları ile uygulanmıştır.

##### 4.1.2.1. Sıyırma Yöntemi ile Donatı Tespiti

Çalışmada, Antalya İli Kemer İlçesi 147 Ada 1 parselde bulunan Grand Hotel Phaselis Turistik Tesisleri (Larissa Phaselis Princess Hotel) 'a ait dilatasyonlu binanın üç bloğu için her katta sıyırma işlemleri ve karot alımları yapılmıştır. Donatı tespit tutanakları ve karot deney sonuçları aşağıda verilmektedir. Mevcut yapının eleman detayları TBDY 2018 Madde 15.2.5.2. esas alınarak tespit edilmiştir. Yönetmeliğe göre incelenen betonarme binanın yapıldığı dönemdeki minimum donatı koşulu ve donatı detaylarının sağlandığı varsayılmaktadır. Bu varsayımın ne kadar doğru bir oranda gerçekleştiğinin tespiti amacı ile katlardaki düşey betonarme elemanların %5’inden betonun sıyırılması ile donatı kontrolleri yapılmıştır. Sıyırma işlemi yapılmayan düşey elemanların %20’sinde ve çerçeve giriş elemanlarının %10’unda donatı tespit cihazları kullanılarak enine ve boyuna donatılar belirlenmiştir. Mevcut yapının eski betonarme detay projelerinin incelenmesi ile projeye uygunluğu kontrol edilmiştir. Kontroller tamamlandıktan sonra elemanlardaki sıyırılan bölgeler dayanımı yüksek olan beton harcı ile kapatılmıştır. Sıyırma yöntemi ile elde edilen donatı tespitleri tablo 4.7, tablo 4.8 ve tablo 4.9 da verilmektedir.

**Tablo 4.7.** A Blok Sıyırma Yöntemi ile Donatı Tespiti

No	Sıyırma Yapılan Yapı Elemanı	Tespit Edilen Ölçü (cm)	Tespit Edilen Donatı	Donatı Çapı (Φ)	Etriye Aralığı (cm)	Etriye Çapı (Φ)
1	A Blok 5.kat A/4 Aksı	100*20	12	20	20	8
2	A Blok 5.kat D/6 Aksı	100*20	12	20	20	8
3	A Blok 4.kat A/5 Aksı	100*20	12	20	20	8
4	A Blok 4.kat B/8 Aksı	100*20	12	20	20	8
5	A Blok 3.kat A/1 Aksı	100*20	12	16-18	20	8
6	A Blok 3.kat D/5 Aksı	100*20	16	18-20	20	8
7	A Blok 2.kat A/6 Aksı	100*20	18	20	25	8
8	A Blok 2.kat D/6 Aksı	100*20	18	20	25	8
9	A Blok 1.kat A/4 Aksı	100*20	16	20	25	8

Devamı arkada

10	A Blok 1.kat B/4 Aksı	100*20	14	20	20	8
11	A Blok zemin kat B/7 Aksı	65*65	16	20	20	8
12	A Blok zemin kat A/8 Aksı	120*20	16	20	20	8
13	A Blok bodrum kat A/2 Aksı	120*20	16	20	20	8
14	A Blok bodrum kat B/2 Aksı	65*65	16	20	20	8

**Tablo 4.8.** B Blok Sıyırma Yöntemi ile Donatı Tespiti

No	Sıyırma Yapılan Yapı Elemanı	Tespit Edilen Ölçü (cm)	Tespit Edilen Donatı	Donatı Çapı (Φ)	Etriye Aralığı (cm)	Etriye Çapı (Φ)
1	B Blok 5.kat A/16 Aksı	100*20	10	20	20	8
2	B Blok 5.kat D/15 Aksı	100*20	10	20	20	8
3	B Blok 4.kat A/13 Aksı	100*20	8	20	20	8
4	B Blok 4.kat D/15 Aksı	100*20	10	20	20	8
5	B Blok 3.kat A/18 Aksı	100*20	16	20	20	8
6	B Blok 3.kat A/15 Aksı	100*20	16	20	20	8
7	B Blok 2.kat A/13 Aksı	100*20	16	16-18	20	8
8	B Blok 2.kat A/20 Aksı	100*20	12	16	20	8
9	B Blok 1.kat A/17 Aksı	100*20	12	16	20	8
10	B Blok 1.kat A/20 Aksı	100*20	12	16	20	8
11	B Blok zemin kat C/15 Aksı	65*65	16	20	20	8
12	B Blok zemin kat E/14 Aksı	40*40	6	16	20	8
13	B Blok bodrum kat B/13 Aksı	65*65	10	20	20	8
14	B Blok bodrum kat D/13 Aksı	120*20	16	20	20	8

**Tablo 4.9.** C Blok Sıyırma Yöntemi ile Donatı Tespiti

No	Sıyırma Yapılan Yapı Elemanı	Tespit Edilen Ölçü (cm)	Tespit Edilen Donatı	Donatı Çapı (Φ)	Etriye Aralığı (cm)	Etriye Çapı (Φ)
1	C Blok 5.kat D/21 Aksı	100*20	10	16	20	8
2	C Blok 5.kat A/21 Aksı	100*20	8	18	20	8
3	C Blok 4.kat A/24 Aksı	100*20	12	20	20	8
4	C Blok 4.kat A/23 Aksı	100*20	10	20	20	8
5	C Blok 3.kat A/26 Aksı	120*20	12	20	20	8
6	C Blok 3.kat A/23 Aksı	120*20	16	20	20	8
7	C Blok 2.kat D/23 Aksı	120*20	16	20	20	8
8	C Blok 2.kat A/23 Aksı	120*20	18	20	20	8
9	C Blok 1.kat A/31 Aksı	120*20	12	16	20	8
10	C Blok 1.kat D/31 Aksı	120*20	12	16	20	8
11	C Blok zemin kat A/22 Aksı	120*20	14	20	20	8
12	C Blok zemin kat B/30 Aksı	120*20	18	20	20	8
13	C Blok bodrum kat B/21 Aksı	65*65	16	20	20	8

#### 4.1.2.2. Sertleşmiş Betondan Alınan Numunenin Basınç Mukavemeti

Antalya İli Kemer İlçesi 147 Ada 1 parselde bulunan Grand Hotel Phaselis Turistik Tesisleri (Larissa Phaselis Princess Hotel) 'a ait binanın betonlarından 02.08.2022 tarihinde alınan karot numuneleri üzerinde TS EN 12504-1'e göre deneyler yapılmış olup, deney sonuçları A, B ve C blok için sırası ile tablo 4.10, tablo 4.11 ve tablo 4.12'de verilmektedir.

**Tablo 4.10.** Mevcut Yapının A Blok Karot Raporu

Karot No	Numunenin Alındığı Yapı Elemanı	Mukavemet değeri N / mm <sup>2</sup>
1	A BLOK 5. KAT D/1 AKSI KOLONU	21,46
2	A BLOK 5. KAT D/3 AKSI KOLONU	15,62
3	A BLOK 5. KAT A/3 AKSI KOLONU	12,22
4	A BLOK 4. KAT A/1 AKSI KOLONU	30,12
5	A BLOK 4. KAT A/5 AKSI KOLONU	9,55
6	A BLOK 4. KAT A/6 AKSI KOLONU	9,42
7	A BLOK 3. KAT D/10 AKSI KOLONU	19,07
8	A BLOK 3. KAT D/11 AKSI KOLONU	13,62
9	A BLOK 3. KAT A/9 AKSI KOLONU	15,60
10	A BLOK 2. KAT D/9 AKSI PERDESİ	20,62
11	A BLOK 2. KAT D/10 AKSI KOLONU	13,17
12	A BLOK 2. KAT D/8 AKSLARI ARASI PERDE	24,10
13	A BLOK 1. KAT D/4 AKSI KOLONU	38,48
14	A BLOK 1. KAT D/6 AKSI KOLONU	40,92
15	A BLOK 1. KAT D/7AKSI KOLONU	28,71
16	A BLOK ZEMİN KAT D/9 AKSI KOLONU	25,03
17	A BLOK ZEMİN KAT D/8 AKSI KOLONU	37,00
18	A BLOK ZEMİN KAT A/8 AKSI KOLONU	32,67
19	A BLOK BODRUM KAT AKSI KOLONU	23,74
20	A BLOK BODRUM KAT AKSI KOLONU	43,67
21	A BLOK BODRUM KAT AKSI KOLONU	29,64

**Tablo 4.11.** Mevcut Yapının B Blok Karot Raporu

Karot No	Numunenin Alındığı Yapı Elemanı	Mukavemet değeri N / mm <sup>2</sup>
1	B BLOK 5. KAT A/16 AKSI KOLONU	14,57
2	B BLOK 5. KAT D/15 AKSI KOLONU	12,48
3	B BLOK 5. KAT A/13 AKSI KOLONU	8,86
4	B BLOK 4. KAT A/18 AKSI KOLONU	18,59
5	B BLOK 4. KAT A/20 AKSI KOLONU	12,44
6	B BLOK 4. KAT A/19 AKSI KOLONU	14,65
7	B BLOK 3. KAT D/19 AKSI KOLONU	27,16
8	B BLOK 3. KAT D/20 AKSI KOLONU	19,60
9	B BLOK 3. KAT A/17 AKSI KOLONU	18,31

Devamı arkada

10	B BLOK 2. KAT C/18' AKSI PERDESİ	19,78
11	B BLOK 2. KAT A/18 AKSI KOLONU	16,91
12	B BLOK 2. KAT C-D/18-19 AKSLARI ARASI PERDE	18,66
13	B BLOK 1. KAT A/20 AKSI KOLONU	12,55
14	B BLOK 1. KAT A/18 AKSI KOLONU	12,11
15	B BLOK 1. KAT A/17AKSI KOLONU	23,39
16	B BLOK ZEMİN KAT C/16 AKSI KOLONU	23,24
17	B BLOK ZEMİN KAT C/18 AKSI KOLONU	25,48
18	B BLOK ZEMİN KAT D/15 AKSI KOLONU	18,01
19	B BLOK BODRUM KAT C-D/18-19 AKSLARI ARASI PERDE	16,33
20	B BLOK BODRUM KAT B/15 AKSI KOLONU	20,10
21	B BLOK BODRUM KAT C/20 AKSI KOLONU	17,71

**Tablo 4.12.** Mevcut Yapının C Blok Karot Raporu

Karot No	Numunenin Alındığı Yapı Elemanı	Mukavemet değeri N / mm <sup>2</sup>
1	C BLOK 5. KAT A/31 AKSI KOLONU	17,39
2	C BLOK 5. KAT D/31 AKSI KOLONU	22,75
3	C BLOK 5. KAT A/29 AKSI KOLONU	12,59
4	C BLOK 4. KAT D/29 AKSI KOLONU	16,33
5	C BLOK 4. KAT A/29 AKSI KOLONU	14,81
6	C BLOK 4. KAT D/31 AKSI KOLONU	13,12
7	C BLOK 3. KAT D/28 AKSI KOLONU	19,56
8	C BLOK 3. KAT D/30 AKSI KOLONU	13,51
9	C BLOK 3. KAT D/29 AKSI KOLONU	19,63
10	C BLOK 2. KAT D/27 AKSI KOLONU	28,52
11	C BLOK 2. KAT A/27 AKSI KOLONU	14,05
12	C BLOK 2. KAT A/26 AKSI KOLONU	16,87
13	C BLOK 1. KAT D/31 AKSI KOLONU	21,22
14	C BLOK 1. KAT A/31 AKSI KOLONU	20,12
15	C BLOK 1. KAT A/30 AKSI KOLONU	21,48
16	C BLOK ZEMİN KAT A/21 AKSI KOLONU	23,33
17	C BLOK ZEMİN KAT A/22 AKSI KOLONU	19,41
18	C BLOK ZEMİN KAT C/21 AKSI KOLONU	19,28
19	C BLOK BODRUM KAT A/31 AKSI KOLONU	22,62
20	C BLOK BODRUM KAT A/30 AKSI KOLONU	29,57
21	C BLOK BODRUM KAT B/31 AKSI KOLONU	20,64

Değerlendirmeler TS EN 12504-1 standardına göre aşağıdaki şekilde yapılmıştır;

- Numuneler  $h=d$  (10/10 Silindir) eşitliği esas alınarak deney yapılmıştır.
- Basınç dayanımı değerleri 150mm için standart küp dayanımı olmaktadır.
- Numunelerde donatı bulunmamaktadır.
- Numunelere %70 kükürt + %30 grafitten oluşan başlık yapılarak deneye alınmıştır.
- Deney sonuçları sadece deneye tabi tutulan numunelerle ilgili olmaktadır.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 01.04.2009 tarih ve 190 numaralı belgesi ile laboratuvar izin belgesi almıştır.
- Değerlendirmeler TS EN 13791 standardına göre yapılacaktır.

Mevcutta bulunan iki dilatasyonlu betonarme yapının her katında ve her blok için düşey elemanlardan TS EN 12504-1 standartlarına uygun olarak, üç adet karot numunesi alınmıştır. Karot numuneleri 10cm anma çapında ve 10cm uzunluğunda birbirine eşit olarak alınarak deney yapılmış ve elde edilen dayanım sonuçları herhangi bir kat sayı ile çarpılmadan mevcut beton dayanımının tayininde kullanılmıştır. Alınan numuneler neticesinde elde edilen ortalama eksi standart sapma değeriyle 0,85 çarpı ortalama değeri bulunmuş ve büyük olan değer mevcut beton dayanımı olarak alınmıştır. A Blok, B blok ve C Blok için mevcut beton dayanımları aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Sıyırma işlemi yapılan elemanlarda incelenen donatılar incelenerek, donatının karakteristik akma gerilmesi mevcut çelik dayanımı olarak belirlenmiştir.





b)

**Şekil 4.14.** Mevcut Yapı Düşey Elemanlarında Yapılan Karot ve Sıyırma a) Kolon b) Perde

Mevcut yapıdan alınan karot numuneleri, özel bir laboratuvarında test edilmiş ve beton mukavemetleri belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen ortalama eksi standart sapma sonuçları mevcut beton mukavemeti olarak belirlenmiştir. Karot deney sonuçlarına göre, TBDY 2018 madde 15.2.4.3 uyarınca hesap edilen beton mukavemetleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

**Tablo 4.13.** 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca A Blok Mevcut Beton Mukavemeti

<b>DÜZELTİLMİŞ KAROT HESABI</b>									
$f_c = F_{I/d} * F_{\text{çap}} * F_{\text{nem}} * F_{\text{hasar}} * F_{\text{karot}}$									
KAROT ADI	KESİT ALANI	$\Phi_{\text{karot}}$	$h_{\text{karot}}$	$F_{\text{karot}}$	$F_{I/d}$	$F_{\text{çap}}$	$F_{\text{nem}}$	$F_{\text{hasar}}$	$f_c$ (DÜZELTİLMİŞ KAROT DEĞERİ)
1	78,54	100,00	100,00	<b>21,46</b>	0,87923	1,00000	1	1,06	<b>20,00</b>
2	78,54	100,00	100,00	<b>15,62</b>	0,87672	1,00000	1	1,06	<b>14,52</b>
3	78,54	100,00	100,00	<b>12,22</b>	0,87525	1,00000	1	1,06	<b>11,34</b>
4	78,54	100,00	100,00	<b>30,12</b>	0,88295	1,00000	1	1,06	<b>28,19</b>

Devamı arkada

5	78,54	100,00	100,00	<b>9,55</b>	0,87411	1,00000	1	1,06	<b>8,85</b>
6	78,54	100,00	100,00	<b>9,42</b>	0,87405	1,00000	1	1,06	<b>8,73</b>
7	78,54	100,00	100,00	<b>19,07</b>	0,87820	1,00000	1	1,06	<b>17,75</b>
8	78,54	100,00	100,00	<b>13,62</b>	0,87586	1,00000	1	1,06	<b>12,64</b>
9	78,54	100,00	100,00	<b>15,60</b>	0,87671	1,00000	1	1,06	<b>14,50</b>
10	78,54	100,00	100,00	<b>20,62</b>	0,87887	1,00000	1	1,06	<b>19,21</b>
11	78,54	100,00	100,00	<b>13,17</b>	0,87566	1,00000	1	1,06	<b>12,22</b>
12	78,54	100,00	100,00	<b>24,10</b>	0,88036	1,00000	1	1,06	<b>22,49</b>
13	78,54	100,00	100,00	<b>38,48</b>	0,88655	1,00000	1	1,06	<b>36,16</b>
14	78,54	100,00	100,00	<b>40,92</b>	0,88760	1,00000	1	1,06	<b>38,50</b>
15	78,54	100,00	100,00	<b>28,71</b>	0,88235	1,00000	1	1,06	<b>26,85</b>
16	78,54	100,00	100,00	<b>25,03</b>	0,88076	1,00000	1	1,06	<b>23,37</b>
17	78,54	100,00	100,00	<b>37,00</b>	0,88591	1,00000	1	1,06	<b>34,75</b>
18	78,54	100,00	100,00	<b>32,67</b>	0,88405	1,00000	1	1,06	<b>30,61</b>
19	78,54	100,00	100,00	<b>23,74</b>	0,88021	1,00000	1	1,06	<b>22,15</b>
20	78,54	100,00	100,00	<b>43,67</b>	0,88878	1,00000	1	1,06	<b>41,14</b>
21	78,54	100,00	100,00	<b>29,64</b>	0,88275	1,00000	1	1,06	<b>27,73</b>

Minimum değer olmadan kontroller yapıldığında, ortalama değer 23,15 ve standart sapma 9,62 bulunmuştur. Elde edilen bu değerler sonucunda bulunan kullanılacak beton mukavemeti aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.14.** A Blok İçin Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti

<b>MİNİMUM DEĞER</b>	8,73
<b>(Minimum değer olmadığı) Ortalama:</b>	23,15
<b>0.75 x Ortalama</b>	17,36
<b>Minimum değer &lt; 0.75 Ortalama</b>	<b>EVET</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Ortalama</b>	23,15
<b>Standart Sapma</b>	9,62
<b>Orta-Standart Sapma</b>	13,53
<b>0.85 x ORTALAMA</b>	19,68
<b>0.85 x ORTALAMA &gt; Orta-Standart Sapma</b>	<b>HAYIR</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti (Silindir)</b>	19,68
<b>Kullanılacak Beton Mukavemeti</b>	<b>19,70</b>

**Tablo 4.15.** 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca B Blok Mevcut Beton Mukavemeti

<b>DÜZELTİLMİŞ KAROT HESABI</b>									
$f_c = F_{l/d} * F_{\text{çap}} * F_{\text{nem}} * F_{\text{hasar}} * F_{\text{karot}}$									
KAROT ADI	KESİT ALANI	$\Phi_{\text{karot}}$	$h_{\text{karot}}$	$F_{\text{karot}}$	$F_{l/d}$	$F_{\text{çap}}$	$F_{\text{nem}}$	$F_{\text{hasar}}$	$f_c$ (DÜZELTİLMİŞ KAROT DEĞERİ)
1	78,54	100,00	100,00	<b>14,57</b>	0,87627	1,00000	1	1,06	<b>13,53</b>
2	78,54	100,00	100,00	<b>12,48</b>	0,87537	1,00000	1	1,06	<b>11,58</b>
3	78,54	100,00	100,00	<b>8,86</b>	0,87381	1,00000	1	1,06	<b>8,21</b>
4	78,54	100,00	100,00	<b>18,59</b>	0,87799	1,00000	1	1,06	<b>17,30</b>
5	78,54	100,00	100,00	<b>12,44</b>	0,87535	1,00000	1	1,06	<b>11,54</b>
6	78,54	100,00	100,00	<b>14,65</b>	0,87630	1,00000	1	1,06	<b>13,61</b>
7	78,54	100,00	100,00	<b>27,16</b>	0,88168	1,00000	1	1,06	<b>25,38</b>
8	78,54	100,00	100,00	<b>19,60</b>	0,87843	1,00000	1	1,06	<b>18,25</b>
9	78,54	100,00	100,00	<b>18,31</b>	0,87787	1,00000	1	1,06	<b>17,04</b>
10	78,54	100,00	100,00	<b>19,78</b>	0,87851	1,00000	1	1,06	<b>18,42</b>
11	78,54	100,00	100,00	<b>16,91</b>	0,87727	1,00000	1	1,06	<b>15,72</b>
12	78,54	100,00	100,00	<b>18,66</b>	0,87802	1,00000	1	1,06	<b>17,37</b>
13	78,54	100,00	100,00	<b>12,55</b>	0,87540	1,00000	1	1,06	<b>11,65</b>
14	78,54	100,00	100,00	<b>12,11</b>	0,87521	1,00000	1	1,06	<b>11,23</b>
15	78,54	100,00	100,00	<b>23,39</b>	0,88006	1,00000	1	1,06	<b>21,82</b>
16	78,54	100,00	100,00	<b>23,24</b>	0,87999	1,00000	1	1,06	<b>21,68</b>
17	78,54	100,00	100,00	<b>25,48</b>	0,88096	1,00000	1	1,06	<b>23,79</b>
18	78,54	100,00	100,00	<b>18,01</b>	0,87774	1,00000	1	1,06	<b>16,76</b>
19	78,54	100,00	100,00	<b>16,33</b>	0,87702	1,00000	1	1,06	<b>15,18</b>
20	78,54	100,00	100,00	<b>20,10</b>	0,87864	1,00000	1	1,06	<b>18,72</b>
21	78,54	100,00	100,00	<b>17,71</b>	0,87762	1,00000	1	1,06	<b>16,48</b>

Minimum değer olmadan kontroller yapıldığında, ortalama değer 16,85 ve standart sapma 4,09 bulunmuştur. Elde edilen bu değerler sonucunda bulunan kullanılacak beton mukavemeti aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.16.** B Blok İçin Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti

<b>MİNİMUM DEĞER</b>	8,21
<b>(Minimum değerin olmadığı) Ortalama:</b>	16,85
<b>0.75 x Ortalama</b>	12,64
<b>Minimum değer &lt; 0.75 Ortalama</b>	<b>EVET</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Ortalama</b>	16,85
<b>Standart Sapma</b>	4,09
<b>Orta-Standart Sapma</b>	12,76
<b>0.85 x ORTALAMA</b>	14,32
<b>0.85 x ORTALAMA &gt; Orta-Standart Sapma</b>	<b>HAYIR</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti (Silindir)</b>	14,32
<b>Kullanılacak Beton Mukavemeti</b>	<b>14,30</b>

**Tablo 4.17.** 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 Uyarınca C Blok Mevcut Beton Mukavemeti

<b>DÜZELTİLMİŞ KAROT HESABI</b>									
$f_c = F_{l/d} * F_{\text{çap}} * F_{\text{nem}} * F_{\text{hasar}} * F_{\text{karot}}$									
KAROT ADI	KESİT ALANI	$\Phi_{\text{karot}}$	$h_{\text{karot}}$	$F_{\text{karot}}$	$F_{l/d}$	$F_{\text{çap}}$	$F_{\text{nem}}$	$F_{\text{hasar}}$	<b><math>f_c</math> (DÜZELTİLMİŞ KAROT DEĞERİ)</b>
1	78,54	100,00	100,00	17,39	0,87748	1,00000	1	1,06	<b>16,17</b>
2	78,54	100,00	100,00	22,75	0,87978	1,00000	1	1,06	<b>21,22</b>
3	78,54	100,00	100,00	12,59	0,87541	1,00000	1	1,06	<b>11,68</b>
4	78,54	100,00	100,00	16,33	0,87702	1,00000	1	1,06	<b>15,18</b>
5	78,54	100,00	100,00	14,81	0,87637	1,00000	1	1,06	<b>13,76</b>
6	78,54	100,00	100,00	13,12	0,87564	1,00000	1	1,06	<b>12,18</b>
7	78,54	100,00	100,00	19,56	0,87841	1,00000	1	1,06	<b>18,21</b>
8	78,54	100,00	100,00	13,51	0,87581	1,00000	1	1,06	<b>12,54</b>
9	78,54	100,00	100,00	19,63	0,87844	1,00000	1	1,06	<b>18,28</b>
10	78,54	100,00	100,00	28,52	0,88226	1,00000	1	1,06	<b>26,67</b>
11	78,54	100,00	100,00	14,05	0,87604	1,00000	1	1,06	<b>13,05</b>
12	78,54	100,00	100,00	16,87	0,87725	1,00000	1	1,06	<b>15,69</b>
13	78,54	100,00	100,00	21,22	0,87912	1,00000	1	1,06	<b>19,77</b>

Devamı arkada

14	78,54	100,00	100,00	20,12	0,87865	1,00000	1	1,06	18,74
15	78,54	100,00	100,00	21,48	0,87924	1,00000	1	1,06	20,02
16	78,54	100,00	100,00	23,33	0,88003	1,00000	1	1,06	21,76
17	78,54	100,00	100,00	19,41	0,87835	1,00000	1	1,06	18,07
18	78,54	100,00	100,00	19,28	0,87829	1,00000	1	1,06	17,95
19	78,54	100,00	100,00	22,62	0,87973	1,00000	1	1,06	21,09
20	78,54	100,00	100,00	29,57	0,88272	1,00000	1	1,06	27,67
21	78,54	100,00	100,00	20,64	0,87888	1,00000	1	1,06	19,23

Minimum değer olmadan kontroller yapıldığında, ortalama değer 18,36 ve standart sapma 4,18 bulunmuştur. Elde edilen bu değerler sonucunda bulunan kullanılacak beton mukavemeti aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.18.** C Blok İçin Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti

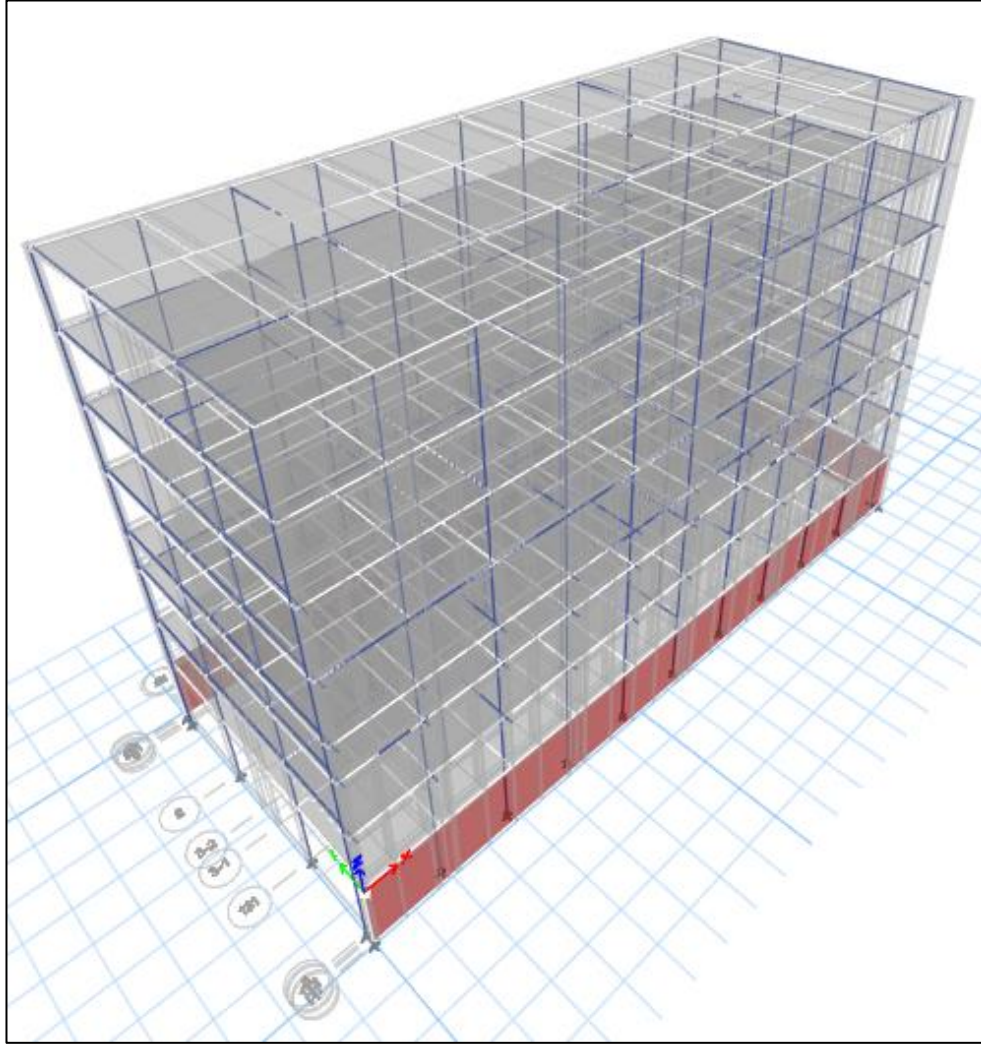
<b>MİNİMUM DEĞER</b>	11,68
<b>(Minimum değer olmadığı) Ortalama:</b>	18,36
<b>0.75 x Ortalama</b>	13,77
<b>Minimum değer &lt; 0.75 Ortalama</b>	<b>EVET</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Ortalama</b>	18,36
<b>Standart Sapma</b>	4,18
<b>Orta-Standart Sapma</b>	14,18
<b>0.85 x ORTALAMA</b>	15,61
<b>0.85 x ORTALAMA &gt; Orta-Standart Sapma</b>	<b>HAYIR</b>
<b>Hesapta Kullanılacak Beton Mukavemeti (Silindir)</b>	15,61
<b>Kullanılacak Beton Mukavemeti</b>	<b>15,60</b>

### 4.1.3. ETABS Programı Kullanılarak Mevcut Yapının Modellenmesi

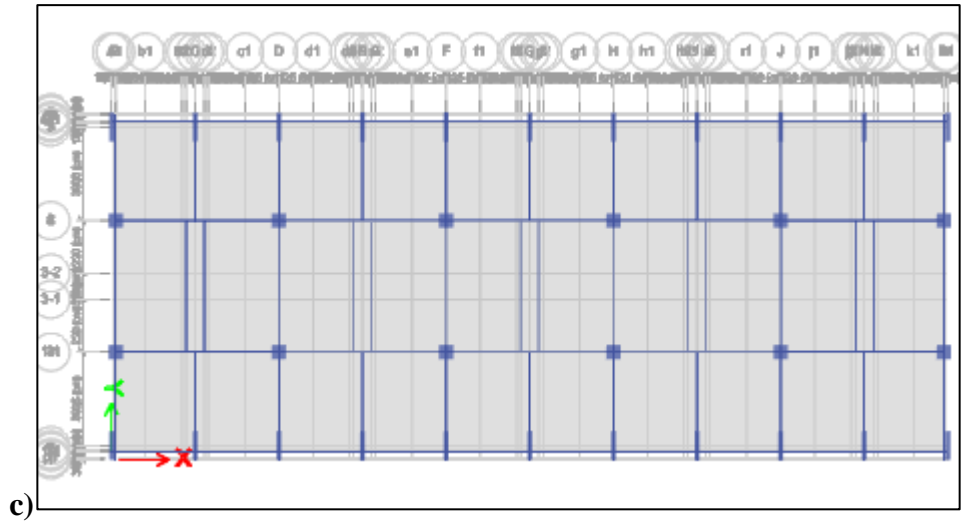
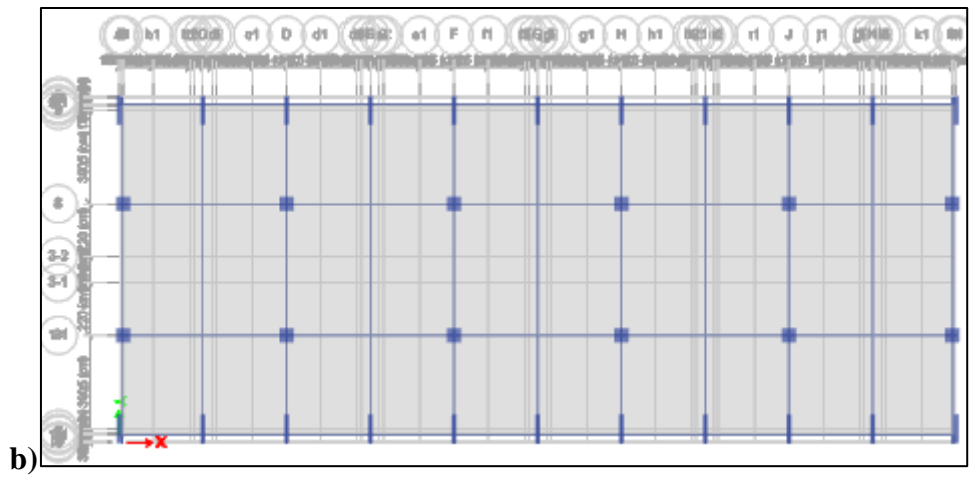
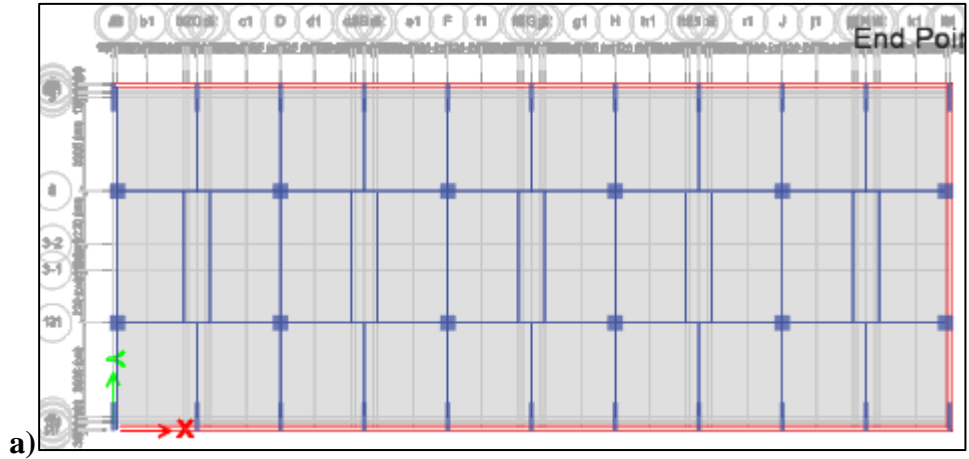
Antalya ili, Kemer Belediyesi, Tekirova Mahallesi sınırları içinde bulunan 147 Ada 1 parsel numaralı taşınmaz üzerinde mevcut olan Tekirova Larissa Phaselis Princess Hotel 1987 yılında inşa edilmiştir. Bina koordinatları; Enlem: 36.497869, Boylam: 30.529822. Bina hakkında genel bilgiler Tablo 4.19’da verilmektedir. Çalışmada iki dilatasyonlu üç bloktan oluşan mevcut ana binanın C bloğu incelenmiştir. Mevcut yapı hakkındaki bilgiler çalışmanın 4.1.1.1.4 maddesinde verilmiştir.

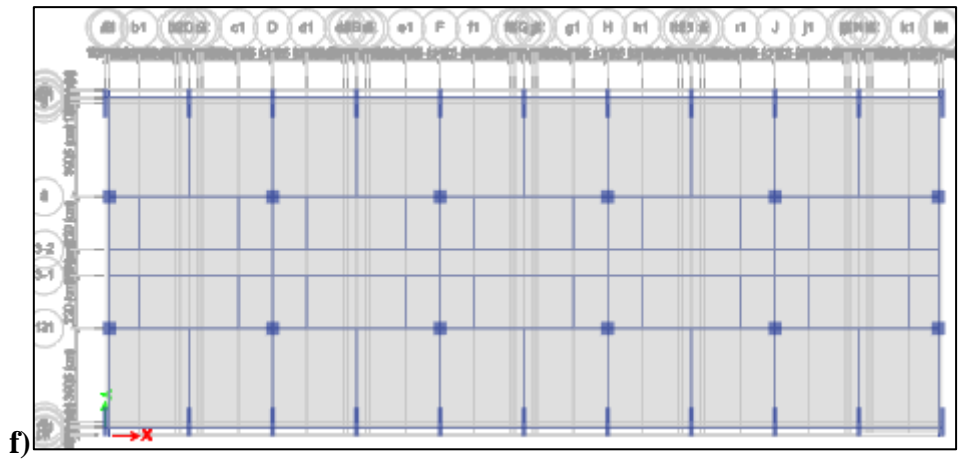
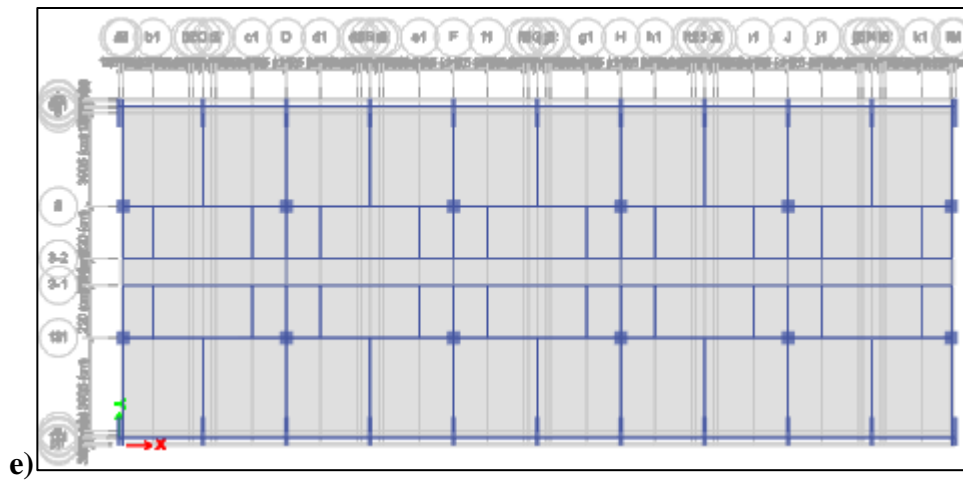
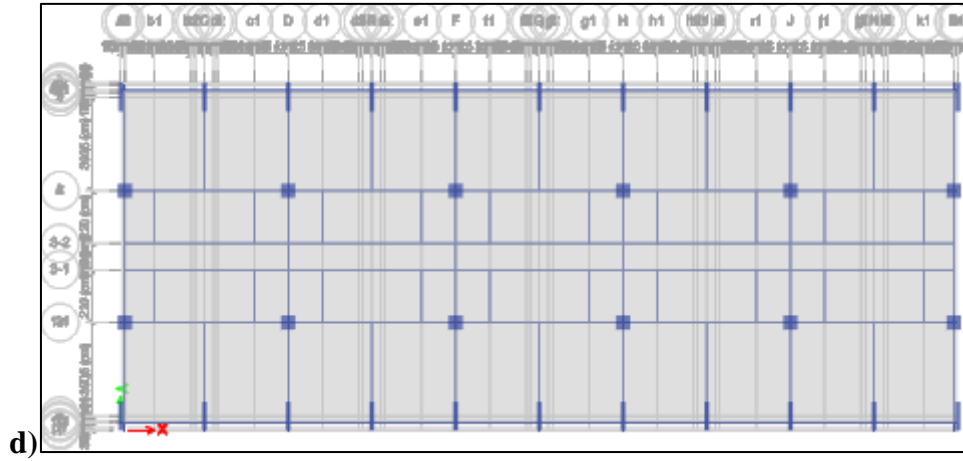
TBDY 2018 kapsamında yapının bulunduğu koordinatlara göre, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi sismik tehlike haritası detay raporu çalışmanın 4.1.1.6 maddesinde incelenmiştir.

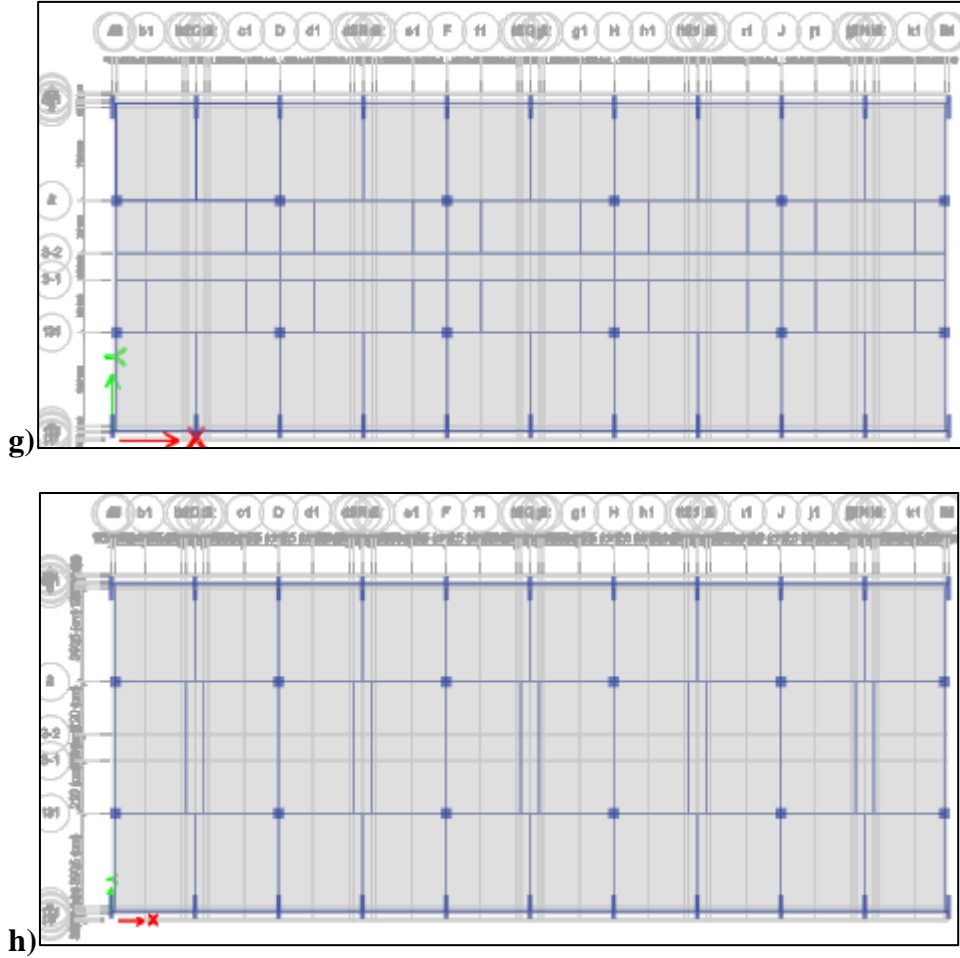
Mevcut yapının ETABS programında modellenmesi yapılmış, üç boyutlu modellenmesi Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Kat planları Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.15. Mevcut Yapının ETABS Yazılımında Üç Boyutlu Modeli







**Şekil 4.16.** Mevcut Yapının Kat Planları **a)** Bodrum katı **b)** Lobi katı **c)** 1. kat **d)** Tesisat katı **e)** 2. kat **f)** 3. kat **g)** 4. kat **h)** 5. Kat

#### 4.1.3.1. Mevcut Yapı Modeline ETABS üzerinde Yapılan Tanımlar

Çalışmada incelenen mevcut yapının C bloğu TBDY 2018'e kapsamında modellenmiştir. ETABS yazılımı üzerinde yapılan modelde, kiriş ve kolonlar çubuk eleman olarak modellenmiştir. Tüm kolanlar temele ankastre olarak mesnetlenmiştir. Yapının mevcut beton dayanımına göre ve çelik akma dayanımına göre malzeme tanımlaması yapılmıştır. Kolon, kiriş, perde ve döşeme tanımlamaları etkin kesit rijitlikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

##### 4.1.3.1.1. Malzeme Tanımlanması

Modellemeye başlamadan evvel yapının donatı çeliği ve beton özellikleri dikkate alınarak malzeme tanımlaması yapılmıştır. TBDY 2018'e göre donatı çeliği bilgileri tablo 4.20'de verilmiştir. Beton sınıfı özellikleri TS 500'e göre tablo 4.21'de verilmiştir.

**Tablo 4.19.** TBDY 2018 Donatı Çeliği Bilgileri

Kalite	$f_{sy}$ (MPa)	$\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{sh}$	$\epsilon_{su}$	$f_{su} / f_{ay}$
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 – 1.35

Kaynak; TBDY 2018

**Tablo 4.20.** Beton Sınıfı Tablosu

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, $f_{ck}$	Eşdeğer Küp(150 mm) Basınç Dayanımı	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, $f_{ctk}$	28 Günlük Elastisite Modülü $E_c$
	MPa	MPa	MPa	MPa
C16	16	20	1,4	27 000
C18	18	22	1,5	27 500
C20	20	25	1,6	28 000
C25	25	30	1,8	30 000
C30	30	37	1,9	32 000
C35	35	45	2,1	33 000
C40	40	50	2,2	34 000
C45	45	55	2,3	36 000
C50	50	60	2,5	37 000

Kaynak; TS500, 2000

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a rebar material. The 'General Data' section includes: Material Name: S220, Material Type: Rebar, Directional Symmetry Type: Uniaxial, Material Display Color: Blue, and Material Notes: Modify/Show Notes... The 'Material Weight and Mass' section has: Specify Weight Density (selected), Weight per Unit Volume: 0,22 kN/cm<sup>3</sup>, and Mass per Unit Volume: 0,000224 kN-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 19994,798 kN/cm<sup>2</sup> and Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000065 1/F. The 'Design Property Data' section has a button: Modify/Show Material Property Design Data... The 'Advanced Material Property Data' section has buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., and Time Dependent Properties... The dialog box has OK and Cancel buttons at the bottom.

Şekil 4.17. Programa Girilen Donatı Çeliği

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes: Material Name: C15, Material Type: Concrete, Directional Symmetry Type: Isotropic, Material Display Color: Grey, and Material Notes: Modify/Show Notes... The 'Material Weight and Mass' section has: Specify Weight Density (selected), Weight per Unit Volume: 0,0156 kN/cm<sup>3</sup>, and Mass per Unit Volume: 0,000016 kN-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 2485,558 kN/cm<sup>2</sup>, Poisson's Ratio, U: 0,2, Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000055 1/F, and Shear Modulus, G: 1035,649 kN/cm<sup>2</sup>. The 'Design Property Data' section has a button: Modify/Show Material Property Design Data... The 'Advanced Material Property Data' section has buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., and Time Dependent Properties... The dialog box has OK and Cancel buttons at the bottom.

Şekil 4.18. Programa Girilen Beton

Mevcut yapıdan toplanan bilgiler neticesinde elde edilen bilgiler kapsamında, Şekil 4.17’de gösterildiği gibi modellemede donatı çeliği S220 ve Şekil 4.18’de gösterildiği gibi C blok için beton sınıfı C15 olarak tanımlanmıştır.

#### 4.1.3.1.2. Kolonların Tanımlanması

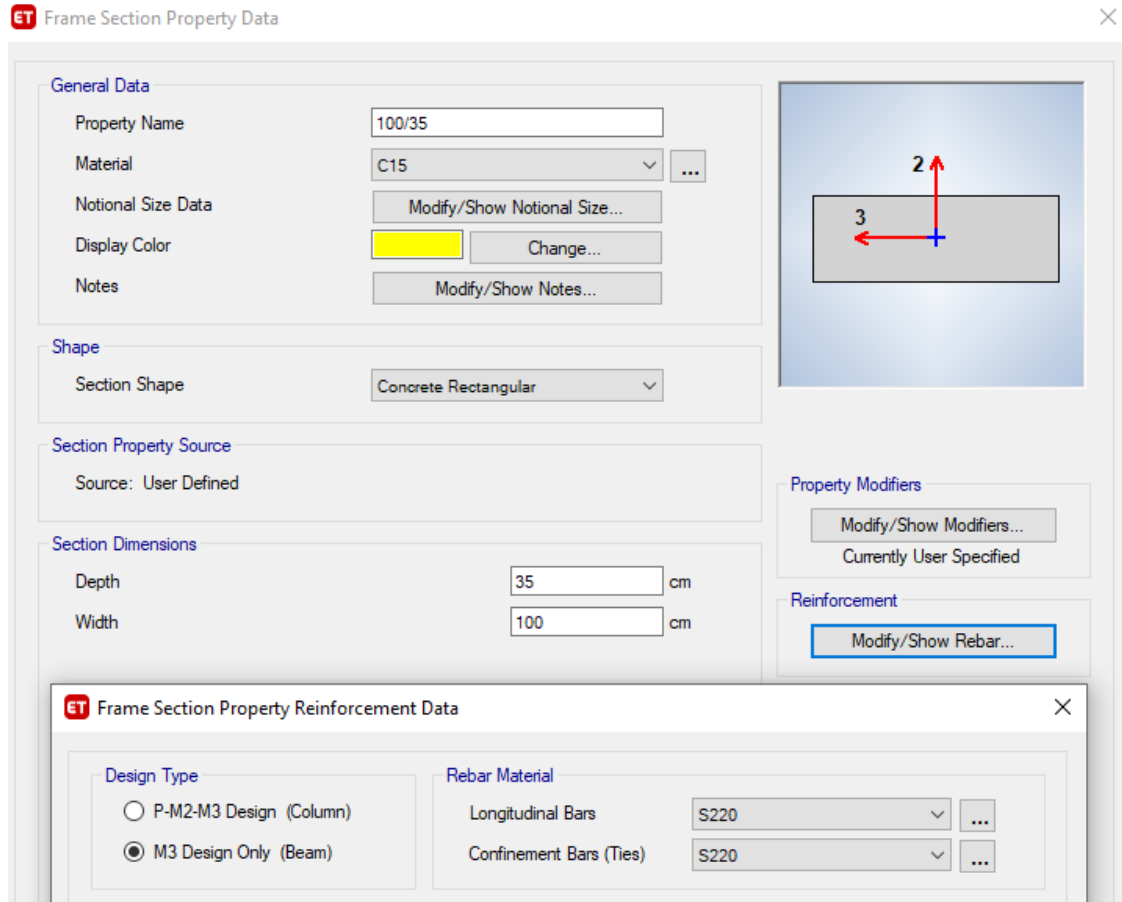
Mevcut yapının tüm kolonları ETABS programında “Frame Section Property Data” ara yüzü ile tanımlanmıştır. Kolon tanımlaması yapılırken pas payının, kolon etkin kesit rijitlik kat sayılarının, kesitlerin, beton sınıfı ve donatı bilgileri verilerinin doğru olarak girilmesine dikkat edilmiştir. Frame section property data ara yüzü ile girilen kesiti 65x65 olan örnek kolon tanımlaması Şekil 4.19’da verilmiştir.

Şekil 4.19. Kesiti 65x65 Olan Örnek Kolon Tanımlaması

Mevcut binada yapılan incelemeler ve alınan rölemler neticesinde üst katlara çıkıldıkça kolonlarda küçültme yapıldığı görülmüştür. Yapının iç kısmında bulunan kare kolonların kesitleri Bodrum Katta 65x65, lobi, 1. Kat ve Tesisat Katında 60x60, 2. ve 3. Katta 55x55, 4. ve 5. Katta 45x45 olarak tanımlanmıştır. Kenarlarda ve köşelerde bulunan dikdörtgen kolon kesitleri 4. Katta kadar 120x20 devam ettiği, 4. ile 5. Katta kesit küçültülerek 100x20 olarak uygulandığı görülmüş ve bu şekilde tanımlanmıştır.

#### 4.1.3.1.3. Kirişlerin Tanımlanması

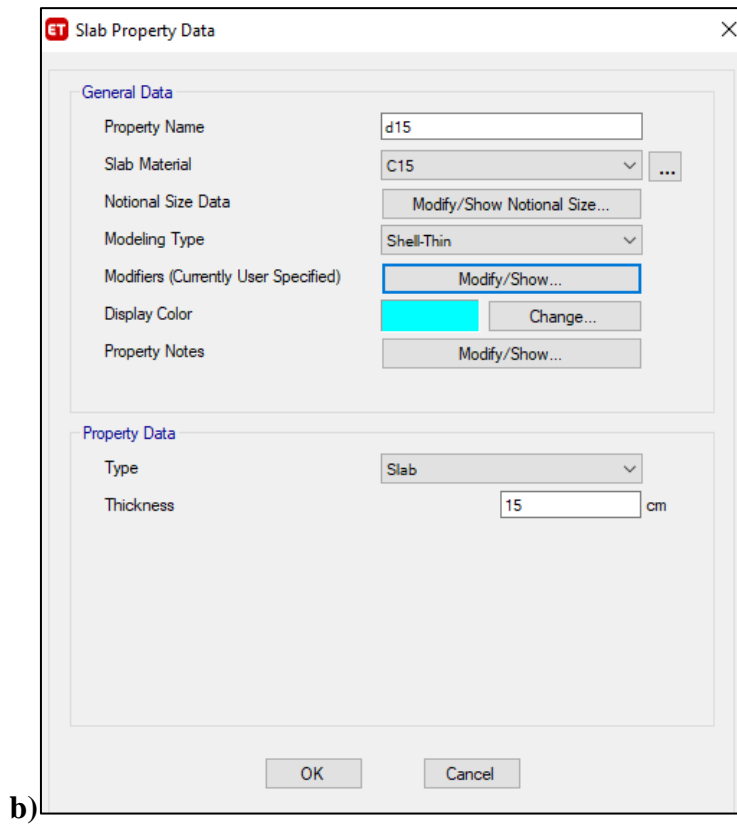
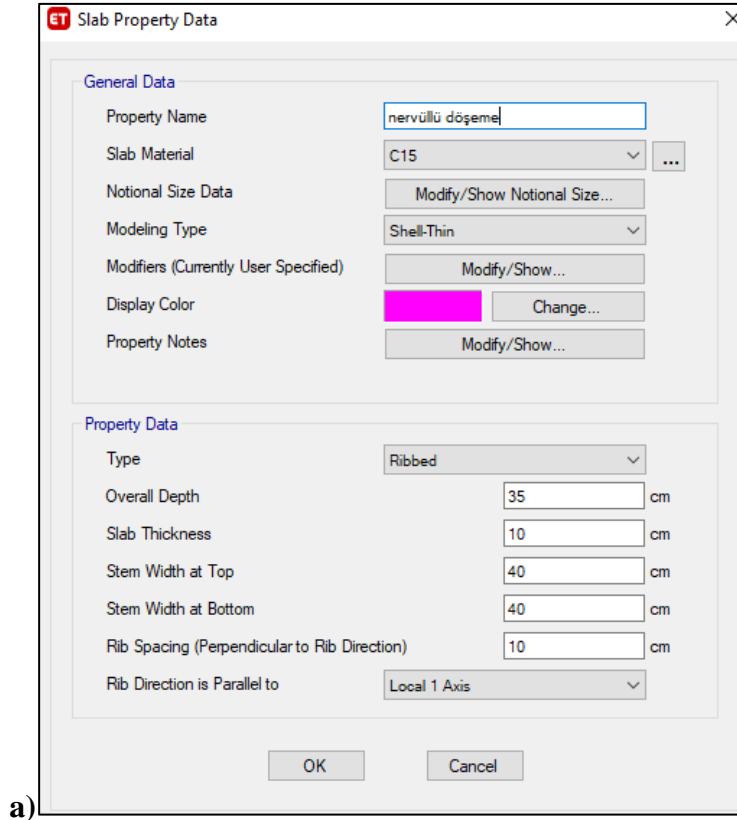
Mevcut yapıda yapılan incelemeler ve alınan rölemler neticesinde elde edilen bilgiler neticesinde yapının orta bölgesinde bulunan ana kirişler 100/35, dış cephe kirişleri 65/35, yalnızca lobi katta X yönündeki orta bölgede bulunan ana kirişlerin 80x35 olduğu tespit edilmiştir. Tali kirişlerin kesit ve tasarımlarında tüm katlarda değişiklikler gözlemlenmiş ve ETABS modeli oluşturulurken mevcut yapı tasarımı dikkate alınmıştır. Şekil 4.20’de 100/35 kesitinde örnek bir kiriş tanımlaması gösterilmiştir.



Şekil 4.20. ETABS Yazılımında Kiriş Tanımlaması

#### 4.1.3.1.4. Döşemelerin Tanımlanması

Mevcut binada alınan röleve ve yapılan gözlemler neticesinde bina genelinde nervürlü döşeme uygulandığı tespit edilmiştir. Bazı bölgelerde düz döşeme yapıldığı görülmüş ve ETABS modellemesinde iki tip döşeme tanımlaması yapılmıştır. Döşeme kalınlıkları nervürlü döşemede 35cm düz döşemede ise 15cm’dir. Şekil 4.21’de ETABS yazılımında nervürlü ve düz döşeme tanımlaması gösterilmiştir.



Şekil 4.21. ETABS Programında Döşeme Tanımlama

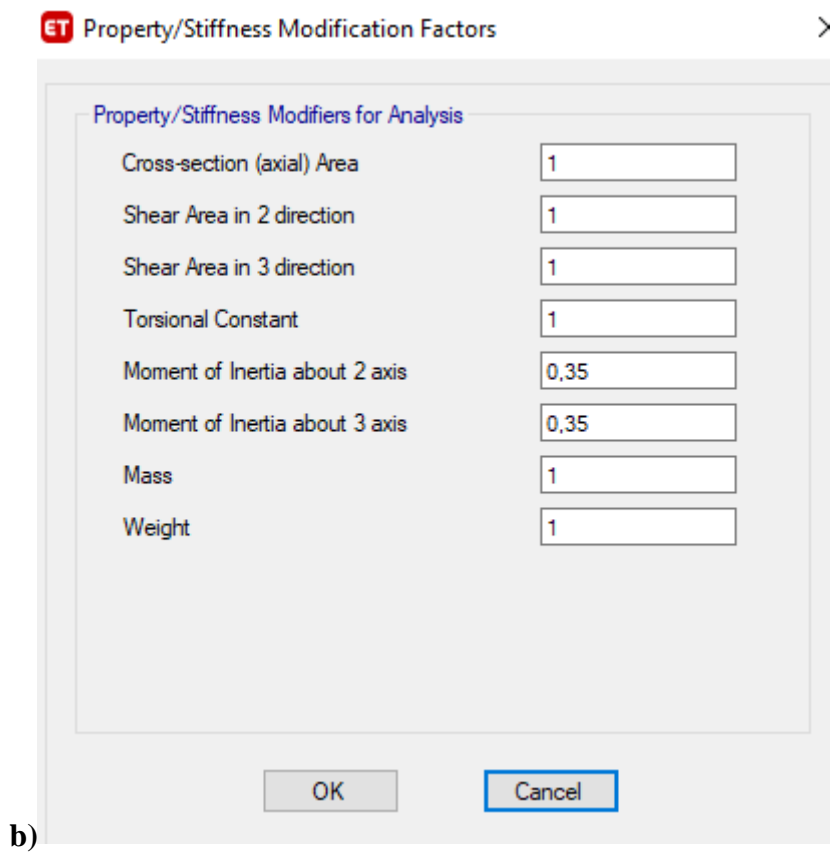
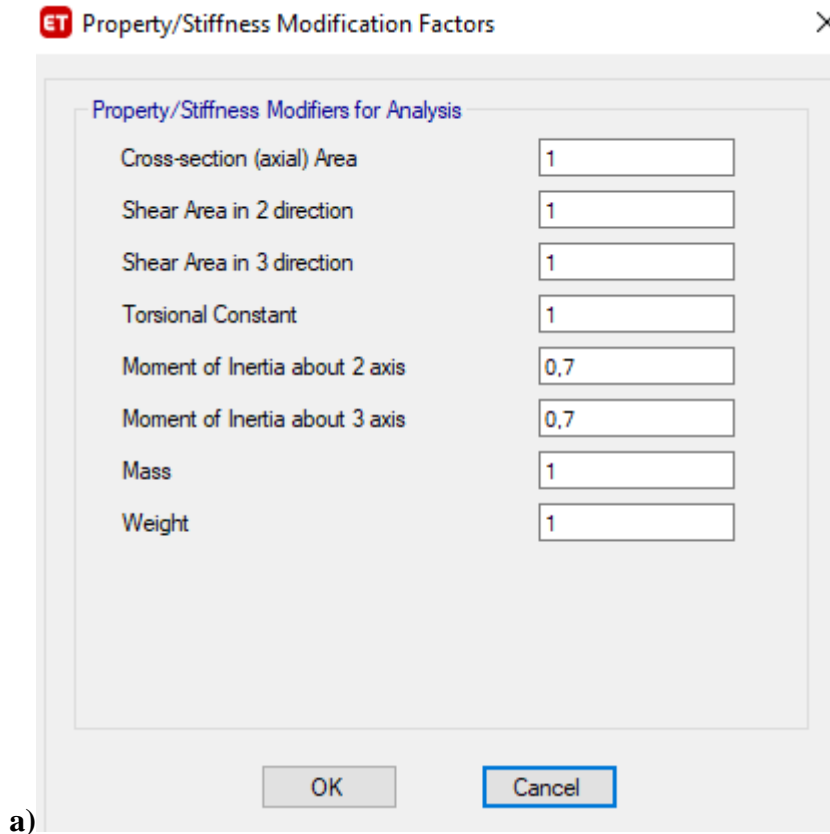
#### 4.1.3.1.5. Perdenin Tanımlanması

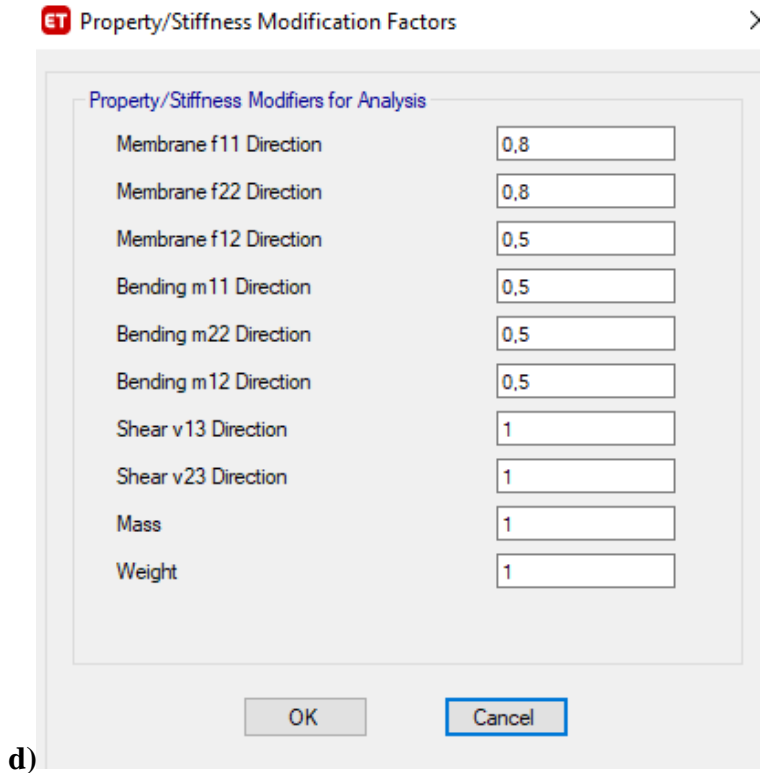
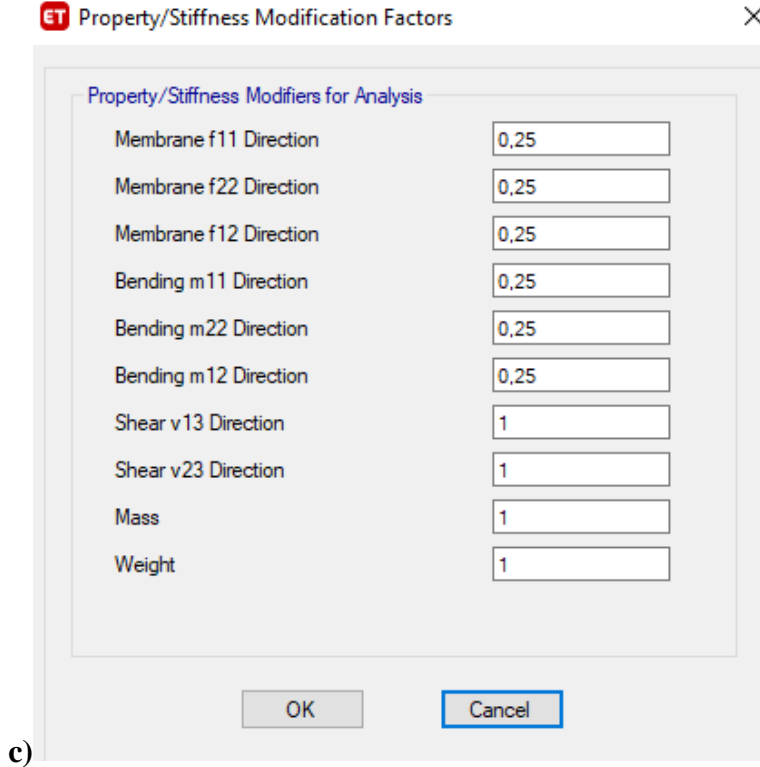
Mevcut yapıda yapılan incelemeler neticesinde yapının bodrum katının 20cm genişliğinde perde duvarlar ile kapatıldığı görülmüştür. ETABS yazılımında “Wall Property Data” ara yüzü ile 20cm genişliğindeki perde duvar tanımlaması yapılmıştır. Perde duvar tanımlaması Şekil 4.22’de gösterilmektedir.

Şekil 4.22. ETABS Yazılımında Perde Duvar Tanımlaması

#### 4.1.3.1.6. Etkin Kesit Rijitlikleri

TBDY 2018’de verilen betonarme taşıyıcı sistem etkin kesit rijitlik çarpanları çalışmanın 3. Bölümünde yer alan Tablo 3.11’de verilmiştir. Bu tabloda bulunan veriler göz önünde bulundurularak kolon kiriş perde ve döşeme tanımlaması yapılırken etkin kesit rijitlik çarpanlarının verileri ETABS de Şekil 4.23’de ki gibi tanımlanmıştır.

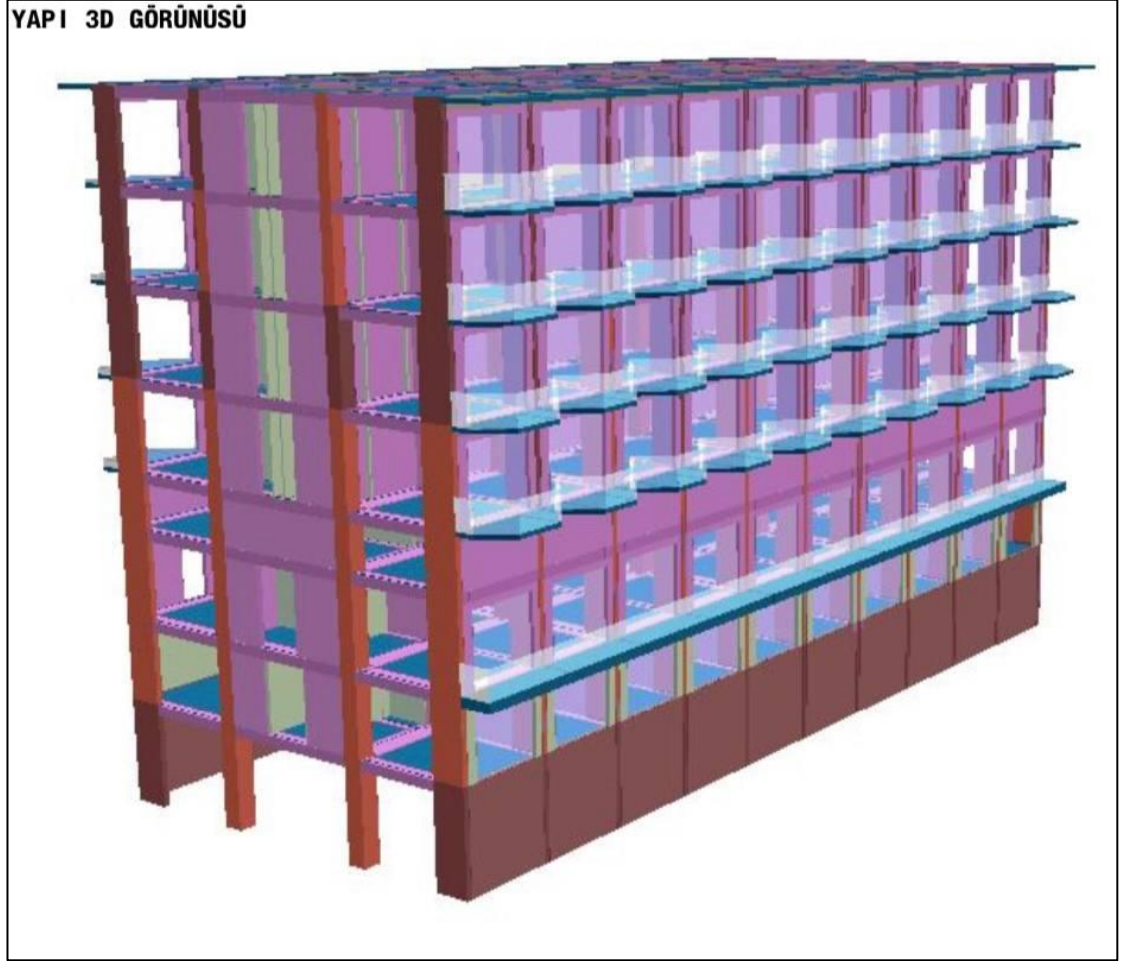




**Şekil 4.23.** TBDY 2018'e Göre Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları Verilerinin ETABS Yazılımına Girilmesi **a)** Kolon Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları **b)** Kiriş Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları **c)** Döşeme Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları **d)** Perde Etkin Kesit Rijitlik Çarpanları

#### 4.1.4. Sta4cad programında Mevcut Yapının C Blok için performans analizi

Mevcut yapı Sta4Cad programı ile kapsamlı bir şekilde modellenerek performans analizi değerlendirilmiştir. Şekil 4.24’de Sta4Cad yazılımı ile Antalya ili Kemer ilçesi Tekirova mahallesinde bulunan yapının C bloğunun üç boyutlu modellemesi gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Mevcut Yapının Sta4Cad Yazılımı ile Üç Boyutlu Modellemesi

Sta4Cad programında modelleme yapılırken girilen çatlamaş etkin kesit rijitliği verileri Şekil 4.25’de verilmektedir.

ÇATLAMIS KESIT ETKİN KESİT RİJİTLİĞİ BİLGİLERİ				
Yapı Elemanı	Eğilme	Eksenel	Lokal X kesme	Lokal Y kesme
Perde	0.25	0.50	0.50	1.00
Bodrum perdesi	0.50	0.80	0.50	1.00
Döşeme	0.25	0.25	0.25	1.00
Çerçeve kirisli	0.35	1.00	1.00	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00	1.00	1.00
Bag kirisli	0.15	1.00	1.00	1.00
Perde çubuk	0.50	1.00	0.50	0.50

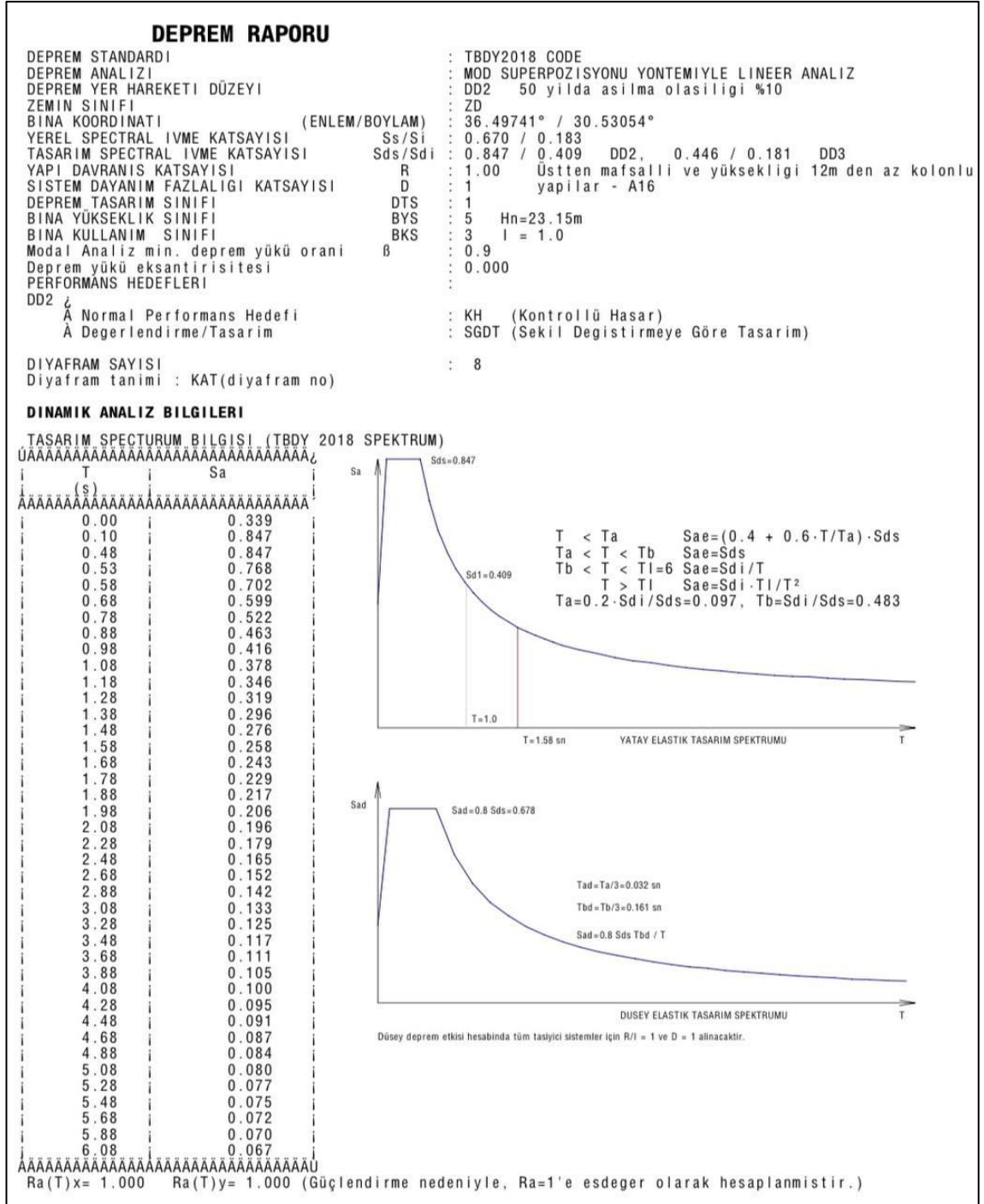
Şekil 4.25 Çatlamış Kesit Etkin Kesit Rijitliği Bilgileri

Beton ve çelik malzeme tanımlaması yapılmadan önce, alınan karot numuneleri ile elde edilen beton dayanımları ve sıyırma ile tespit edilen donatı bilgileri göz önünde bulundurularak TBDY 2018’de yer alan kapsamlı bilgi düzeyi koşullarınca binadan bilgi toplanmıştır. Modellemede tanımlanan beton ve çelik malzeme bilgileri ve taşıma gücü malzeme katsayıları ile taşıma gücü yük katsayıları Şekil 4.26’da gösterilmiştir.

BETON ve ÇELİK MALZEME BİLGİLERİ		(kg/cm <sup>2</sup> )						
Yapı Elemanı	Malzeme	Elastisite Modülü	Beton dayanım	Çelik akma gerilmesi	Beton dayanım gerilmesi	Çelik akma gerilmesi (Etriye)	Birim Ağırlık	
		E	G	(Genel)	(Etriye)		t/m <sup>3</sup>	
Plak/Nervür	E1	C15.6	268500	107400	156	2200	2200	2.50
HNP		C15.6	268500	107400	156	2200	2200	2.50
Temel		C15.6	268500	107400	156	2200	2200	2.50
Kiris\Kolon	E1	C30	318000	127200	300	4200	4200	2.50
Plak\Kiris\Kolon	E2	C15.6	268500	107400	156	2200	2200	2.50
HNP : Hazır Nervürlü Plak								
TASIMA GÜCÜ MALZEME KATSAYILARI			BETON		ÇELİK			
YENİ ELEMANLAR			1.50		1.15			
PERFORMANS HESABI TUM ELEMANLAR			1.00		1.00			
TASIMA GÜCÜ YÜK KATSAYILARI			SABİT YÜK		HAREKETLİ YÜK			
			1.40		1.60			

Şekil 4.26. Beton ve Çelik Malzeme Bilgileri

Mevcut binanın performans analizi yapılırken, TBDY 2018’e göre mod superpozisyonu yöntemi ile lineer analiz yöntemi kullanılmıştır. 50 yılda aşılma hareketi % 10 olan DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde normal performans hedefi kontrollü hasar tasarım ise şekil değiştirmeye göre tasarım olarak analiz yapılmıştır. AFAD’dan alınan tasarım spektrum bilgileri göz önünde bulundurulmuştur. Güçlendirme nedeni ile Ra=1’e eşdeğer olarak hesaplanmıştır. Şekil4.27’de deprem raporu ve dinamik analiz bilgileri verilmektedir.



Şekil 4.27. Deprem Raporu ve Dinamik Analiz Bilgileri

**Tablo 4.21.** Modal Analiz Yapı Periyod ve Vektörleri

Mod	İ	T	Yön	M <sub>xr</sub> % ( $\ddot{a}=100$ )	M <sub>yr</sub> % ( $\ddot{a}=100$ )	M <sub>br</sub> %
1.Mod	3,97	1,5836	X	71,797	0,000	0,005
2.Mod	4,79	1,3118	Y	0,001	68,945	5,763
3.Mod	5,39	1,1662	B	0,002	4,707	64,725
4.Mod	11,54	0,5447	X	9,299	0,000	0,000
5.Mod	15,27	0,4114	Y	0,000	11,377	0,887
6.Mod	17,32	0,3628	B	0,000	0,995	10,472
7.Mod	21,04	0,2986	X	2,409	0,000	0,001
8.Mod	31,11	0,2020	Y	0,001	4,512	0,316
9.Mod	33,07	0,1900	X	1,389	0,003	0,002
10.Mod	34,84	0,1803	B	0,001	0,334	3,720
11.Mod	43,75	0,1436	X	2,408	0,000	0,000
12.Mod	51,11	0,1229	Y	0,000	4,184	0,326
13.Mod	54,10	0,1161	X	1,221	0,006	0,000
14.Mod	60,84	0,1033	B	0,003	0,345	3,090
15.Mod	72,81	0,0863	Y	0,000	1,625	0,062
16.Mod	84,22	0,0746	B	0,000	0,398	3,528
17.Mod	98,03	0,0641	X	0,561	0,000	0,001
18.Mod	104,28	0,0603	Y	0,000	0,877	0,019
19.Mod	111,95	0,0561	B	0,000	0,078	1,212
20.Mod	126,47	0,0497	Y	0,001	1,056	0,019
21.Mod	137,14	0,0458	X	10,908	0,000	0,002
22.Mod	157,58	0,0399	B	0,001	0,489	5,437
23.Mod	186,79	0,0336	Y	0,000	0,058	0,031
24.Mod	195,88	0,0321	B	0,000	0,010	0,383

Yapılan analizler neticesinde M<sub>xr</sub> ve M<sub>yr</sub> değerleri %100 > %95 şartı ile her iki yönde de dinamik kütle oranının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Dinamik kütle oranı ve deprem hesabı 1. Doğal titreşim periyodu kontrolü Şekil 4.28'de verilmiştir.

$M_r = \ddot{a} (m_i \cdot \ddot{a}_{xir}^2 + m_i \cdot \ddot{a}_{yir}^2 + m_{ei} \cdot \ddot{a}_{eir}^2)$ $M_{xr} = \ddot{a} [(\ddot{a}_m \cdot \ddot{a})^2 / M_r] = \%100.00 > \%95.00$ $M_{yr} = \ddot{a} [(\ddot{a}_m \cdot \ddot{a})^2 / M_r] = \%100.00 > \%95.00$	Dinamik kütle oranı yeterli. Dinamik kütle oranı yeterli.
ESDEĞER DEPREM HESABI 1. DOĞAL TİTRESİM PERİYODUNUN KONTROLÜ Hn=23.15m    Ctx=0.07    Cty=0.07	
$T_{1x} = C_{tx} \cdot H_n^{3/4} = 0.739 \text{ s.}, T_x = 1.584 \text{ s.} > 1.4 \times 0.739 \text{ s.} \gg T_{x1} = 1.034 \text{ s.}$	
$T_{1y} = C_{ty} \cdot H_n^{3/4} = 0.739 \text{ s.}, T_y = 1.312 \text{ s.} > 1.4 \times 0.739 \text{ s.} \gg T_{y1} = 1.034 \text{ s.}$	

**Şekil 4.28.** Dinamik Kütle Oranı ve Eşdeğer Deprem Hesabı 1. Doğal Titreşim Periyodu Kontrolü

TBDY 2018 madde 4.7.1.1. kapsamında X ve Y yönü için deprem kontrolü yapılmıştır. Deprem kuvveti Şekil 4.29'da verilmektedir.

DEPREM KUVVETİ (t)										
Deprem tepe yükü F <sub>tx</sub> = 143.85 F <sub>ty</sub> = 143.85 (t)										
ÜAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA X YÖNÜ AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA Y YÖNÜ AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
ÜAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
Kat	Modal	Esdeger	Deprem	Kat	Modal	Esdeger	Deprem	Kat	Modal	Esdeger
no	Analiz	dep.yön.	yükü	tipi	Analiz	dep.yön.	yükü	tipi	Analiz	dep.yön.
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
8	340.963	544.965	572.538	UST KAT	435.307	544.965	615.191	UST KAT		
7	278.546	475.323	467.728	NORMAL	302.621	475.323	427.674	NORMAL		
6	165.902	407.278	278.579	NORMAL	191.526	407.278	270.672	NORMAL		
5	124.692	336.034	209.380	NORMAL	144.262	336.034	203.877	NORMAL		
4	124.896	264.372	209.722	NORMAL	145.945	264.372	206.255	NORMAL		
3	105.034	158.849	176.371	NORMAL	122.751	158.849	173.477	NORMAL		
2	78.091	130.386	131.128	NORMAL	109.868	130.386	155.269	NORMAL		
1	66.875	80.283	112.296	NORMAL	74.528	80.283	105.325	NORMAL		
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
	1284.999	2397.490	2157.741	GENEL	1526.808	2397.490	2157.741	GENEL		
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
V <sub>tx</sub> =	1285.00	>	0.04.l.Sds.W =	205.41	TBDY2018 4.7.1.1					
V <sub>ty</sub> =	1526.81	>	0.04.l.Sds.W =	205.41						
X Deprem kontrol:	0.90	×	2397.490 =	2157.741	>	1284.999	>>>	2157.741		
Y Deprem kontrol:	0.90	×	2397.490 =	2157.741	>	1526.808	>>>	2157.741		

Şekil 4.29. Deprem Kuvveti

Kiriş ve kolon kapasitelerine göre yapı göçme durumu kontrol edilmiştir. Yapılan kontroller neticesinde elde edilen veriler Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

KIRIŞ VE KOLON KAPASİTELERİNE GÖRE YAPI GÖÇME YÜKÜ (E1-E9)										
KOLON TABAN KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : Mr <sub>x</sub> =25028.12 (tm) Mr <sub>y</sub> =14164.96 (tm)										
KOLONLARA BAĞLI KIRIŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : Mr <sub>x</sub> =2999.36 (tm) Mr <sub>y</sub> =3550.47 (tm)										
ā <sub>Mc</sub> <ā <sub>Mb</sub> > Mb=Mc KIRIŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : Mr <sub>x</sub> =2999.36 (tm) Mr <sub>y</sub> =3550.47 (tm)										
X YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : P <sub>x</sub> =2157.74 × ( 25028.12 + 2999.36 ) / 35617.11 = 1697.95 (t)										
Y YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : P <sub>y</sub> =2157.74 × ( 14164.96 + 3550.47 ) / 35646.11 = 1072.36 (t)										
ZAYIF KAT GÖÇME KAPASİTESİ: P <sub>x</sub> =14301.78 (t), P <sub>y</sub> =8099.73 (t)										
Güçlendirme Projesi: E1: Yeni donatılar, E2-E9: Mevcut donatılara göre kapasite kontrol										
V <sub>tx</sub> =ē.Ao.l.S(t).W=1834.08 (t) (ē=0.85)										
V <sub>ty</sub> =ē.Ao.l.S(t).W=1834.08 (t) (ē=0.85)										
ÜAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA X YÖNÜ AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA Y YÖNÜ AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
ÜAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
Kat	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon	Kiriş	Kapasite	Kolon
no	ā <sub>Mc</sub>	(Mc  É Mbi)	ā <sub>Mb</sub>	V <sub>r</sub>	ā <sub>Mc</sub>	(Mc  É Mbi)	ā <sub>Mb</sub>	V <sub>r</sub>	ā <sub>Mc</sub>	(Mc  É Mbi)
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
8	413.80	319.97	244.59	1125.02	357.62	494.21				
7	466.60	717.94	254.68	1231.18	959.82	459.36				
6	739.53	1189.70	289.30	1800.97	1484.11	484.04				
5	738.24	1583.07	265.14	1763.85	1929.59	416.16				
4	897.12	1961.25	299.35	1688.85	2371.44	420.19				
3	846.50	2324.90	271.78	1578.89	2817.76	373.25				
2	807.41	2716.02	256.80	1288.46	3194.52	327.51				
1	25028.12	2999.36	1697.95	14164.96	3550.47	1072.36				
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA										
	(Mc  É Mbi)	>>	ā <sub>Mb</sub>	Kiriş	Plastik	Mafsals	Kontrolü			

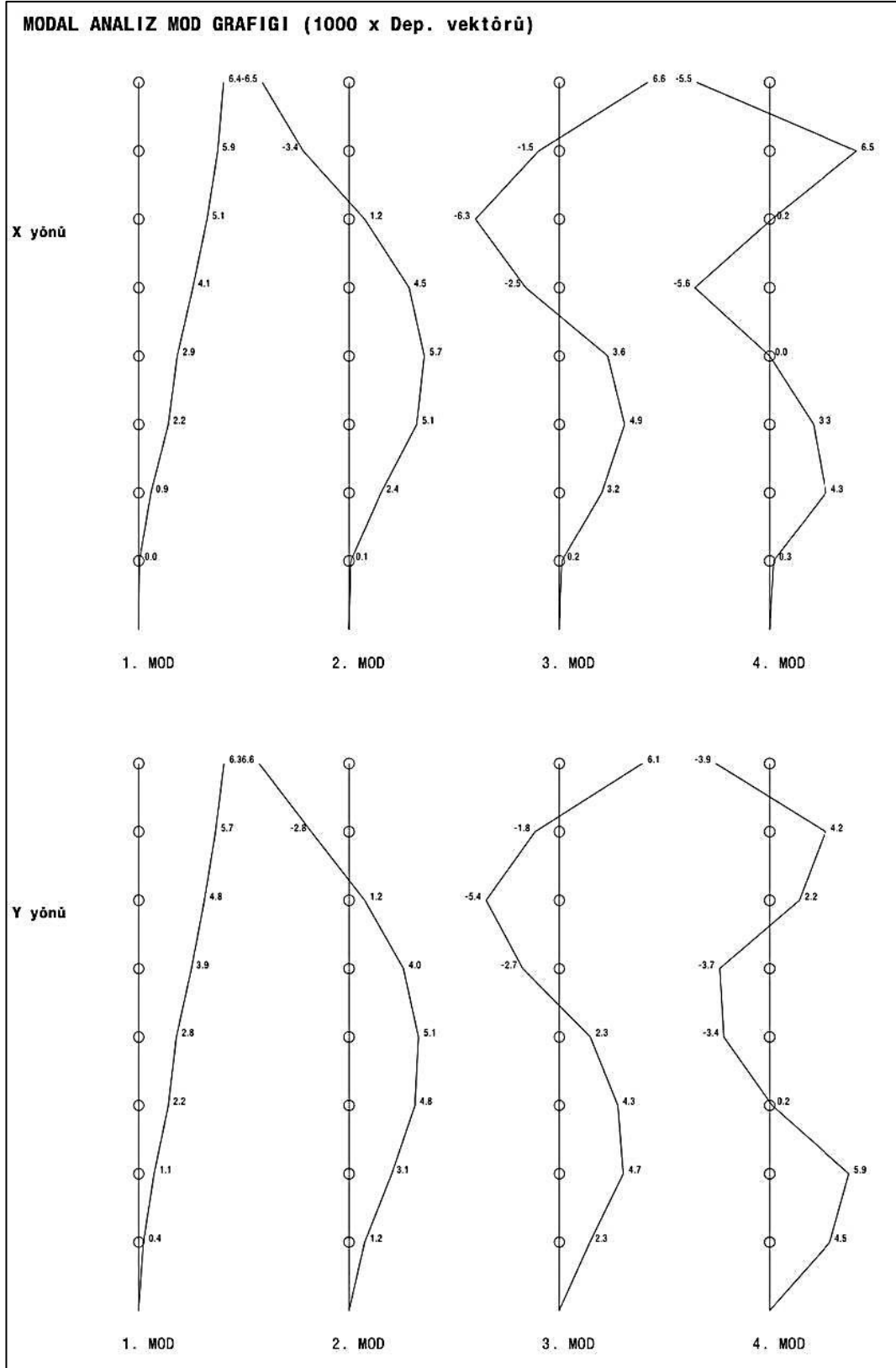
Şekil 4.30. Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Yapı Göçme Yüğü

Deprem perdeleri taban moment kontrolü neticesinde elde edilen veriler ile boşluklu perde bulunmadığı görülmüştür. Perde taban moment oranları X yönü için 0,00 Y yönü için ise 0,44 olarak hesaplanmıştır. Deprem perdeleri taban moment kontrolünde elde edilen veriler şekil 4.31’de gösterilmektedir.

DEPREM PERDELERİ TABAN MOMENT KONTROLÜ									
Kat deprem momenti (tm)									
Kat	H (m)	Fx	Fx H	H (m)	Fy	Fy H			
8	23.15	572.54	13254.25	23.15	615.19	14241.68			
7	20.15	467.73	9424.71	20.15	427.67	8617.64			
6	17.15	278.58	4777.63	17.15	270.67	4642.03			
5	14.15	209.38	2962.73	14.15	203.88	2884.86			
4	11.15	209.72	2338.40	11.15	206.25	2299.74			
3	9.30	176.37	1640.25	9.30	173.48	1613.34			
2	6.30	131.13	826.11	6.30	155.27	978.19			
1	3.50	112.30	393.03	3.50	105.33	368.64			
		2157.74	35617.11			2157.74	35646.11		
Perde taban momenti (tm)									
M : Perde ve Panel deprem momenti									
âMk : Perdelerde; bağlı olduğu kirislerin deprem momentlerinin toplamı									
Panellerde ise; başlık kolonlarından oluşan deprem momentlerinin toplamıdır									
Perde	Mx	â Mxk =	â Mxr	iM/Mo<1/3	My	â Myk =	â Myr	iM/Mo<1/3	
SCB01	-	-	-	-	220.02	566.12	786.14	0.022	0
SCB02	-	-	-	-	199.67	301.53	501.20	0.014	0
SCB03	-	-	-	-	189.27	850.22	1039.49	0.029	0
SCB04	-	-	-	-	165.85	297.34	463.19	0.013	0
SCB05	-	-	-	-	154.53	833.01	987.54	0.028	0
SCB06	-	-	-	-	131.99	291.38	423.37	0.012	0
SCB07	-	-	-	-	119.80	816.23	936.03	0.026	0
SCB08	-	-	-	-	98.17	284.21	382.38	0.011	0
SCB09	-	-	-	-	85.06	800.32	885.38	0.025	0
SCB10	-	-	-	-	64.59	279.07	343.67	0.010	0
SCB11	-	-	-	-	140.23	979.49	1119.73	0.031	0
SCB24	-	-	-	-	220.02	566.21	786.23	0.022	0
SCB25	-	-	-	-	199.66	302.02	501.67	0.014	0
SCB26	-	-	-	-	189.29	849.57	1038.86	0.029	0
SCB27	-	-	-	-	165.83	297.98	463.82	0.013	0
SCB28	-	-	-	-	154.55	832.40	986.95	0.028	0
SCB29	-	-	-	-	131.97	292.06	424.03	0.012	0
SCB30	-	-	-	-	119.57	823.66	943.23	0.026	0
SCB31	-	-	-	-	96.50	240.44	336.94	0.009	0
SCB32	-	-	-	-	84.83	807.89	892.72	0.025	0
SCB33	-	-	-	-	64.59	279.09	343.68	0.010	0
SCB34	-	-	-	-	140.23	979.60	1119.83	0.031	0
TOPLAM			0.00				15706.09		
Perde taban moment oranı :									
X yönü âm = 0 / 35617.11 = 0.00									
Y yönü âm = 15706.09 / 35646.11 = 0.44									
Boşluklu perde bulunmamıştır									

Şekil 4.31. Deprem Perdeleri Taban Moment Kontrolü

Sta4Cad yazılımı ile modellenerek elde edilen modal analiz mod grafiği X ve Y yönü için çıkan veri bilgileri ve grafikler Şekil 4.32’de verilmiştir. TBDY 2018 madde 16.8.4 kapsamında yapılan temellerin kayma kontrolü hesabında temellerin kayma kontrolünün yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Hesap raporları Şekil 4.33’de verilmiştir.



Şekil 4.32. Modal Analiz Mod Grafiği



DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:	
Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanmamıştır ñ	
Göçme bölgesi Kiris Hasar oranı=%65.8>%20 Göçmenin önlenmesi durumu ñ	
Kontrollü hasar performans bölgesi ñ	
Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:	
Kiris Hasar oranı=(IH=%53.3>%35 ñ), (GB=%65.8>%0 ñ)	
Kolon Hasar oranı=(IH=%45.7>%20 ñ), (GB=%100>%0 ñ)	
Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ò), (GB=%0 ò)	
Plastiklesen kolon Vc oranı=(IH+GB=%87.5>%30 ñ)	

Şekil 4.35. DD-2 Yer Hareketi Düzeyi Bina Performans Sonucu

KAT EKO KONTROLU						
Ü	Kat	Kiris EK0x <5	Kiris EK0y <5	Kolon EK0x <3	Kolon EK0y <3	Kir. EKO. E. Kol. EKO
1	1	3.189 ò	6.195 ñ	2.949 ò	1.536 ò	ò
2	2	9.165 ñ	12.209 ñ	4.941 ñ	2.883 ò	ò
3	3	12.025 ñ	10.430 ñ	3.083 ñ	1.763 ò	ò
4	4	10.956 ñ	11.385 ñ	3.421 ñ	1.456 ò	ò
5	5	9.854 ñ	10.842 ñ	3.092 ñ	1.376 ò	ò
6	6	9.360 ñ	9.096 ñ	2.958 ò	1.663 ò	ò
7	7	6.776 ñ	5.354 ñ	3.446 ñ	1.723 ò	ò

DOGRUSAL HESAP YÖNTEMİ SINIRLARI SAĞLANMAMISTIR.

Şekil 4.36. Kat Etki Kapasite Oranı Kontrolü

#### 4.1.5. Sta4cad Programında Mevcut Binanın C Blok İçin Güçlendirilmiş Halinin Performans Analizi

Mevcut yapının performans analizlerinin verileri incelenerek güçlendirme senaryosu hazırlanmıştır. Güçlendirme senaryosu kapsamında Y yönünde mümkün olduğunca dengeli ve simetrik perdeler ilave edilmiştir. Yapının cephesinde bulunan dikdörtgen kolonlarına betonarme manto ilave edilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Orta bölgede bulunan kare kolonlara ve kirişlere FRP uygulanması gerektiği kararına varılmıştır. Düşünülen bu güçlendirme senaryosu için TBDY 2018 kapsamında DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kontrollü hasar performans düzeyi performansı için güçlendirme modeli hazırlanmıştır. Eleman kesitlerine gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra yapılan analizler neticesinde Modal analiz yapı periyod ve vektörleri Tablo 4.22'de gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Modal Analiz Yapı Periyod ve Vektörleri

Mod	İ	T	Yön	M <sub>xr</sub> % (ä=100)	M <sub>yr</sub> % (ä=100)	M <sub>br</sub> %
1.Mod	11,38	0,5522	X	77,663	0,000	0,000

Devamı arkada

2.Mod	14,63	0,4295	Y	0,000	80,941	0,121
3.Mod	22,94	0,2739	B	0,000	0,047	81,171
4.Mod	32,76	0,1918	X	8,440	0,000	0,001
5.Mod	45,96	0,1367	Y	0,000	10,899	0,006
6.Mod	57,08	0,1101	X	1,944	0,000	0,001
7.Mod	70,92	0,0886	B	0,003	0,001	10,346
8.Mod	77,88	0,0807	X	3,288	0,000	0,015
9.Mod	85,02	0,0739	Y	0,000	4,242	0,040
10.Mod	89,59	0,0701	X	1,809	0,000	0,002
11.Mod	106,38	0,0591	X	0,108	0,000	0,000
12.Mod	122,52	0,0513	Y	0,000	2,098	0,455
13.Mod	126,88	0,0495	B	0,004	0,430	3,709
14.Mod	143,23	0,0439	X	6,644	0,000	0,002
15.Mod	170,33	0,0369	Y	0,000	0,496	0,144
16.Mod	174,33	0,0360	B	0,047	0,043	1,244
17.Mod	174,73	0,0360	B	0,050	0,040	1,376
18.Mod	223,60	0,0281	Y	0,000	0,549	0,003

Güçlendirilmiş bina için yapılan analizler neticesinde,  $M_{Xr}$  ve  $M_{Yr}$  değerleri %100 > %95 şartı ile her iki yönde de dinamik kütle oranının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Dinamik kütle oranı ve deprem hesabı 1. Doğal titreşim periyodu kontrolü Şekil 4.37’de verilmiştir. Kat kütlesi ve rijitlik merkezi verileri Şekil 4.38 de verilmiştir.

$M_r = \bar{a}(m_i \cdot \bar{a}_{xir}^2 + m_i \cdot \bar{a}_{yir}^2 + m_{ei} \cdot \bar{a}_{eir}^2)$
$M_{Xr} = \bar{a}[(\bar{a}_m \cdot \bar{a})^2 / M_r] = \%100.00 > \%95.00$ Dinamik kütle oranı yeterli.
$M_{Yr} = \bar{a}[(\bar{a}_m \cdot \bar{a})^2 / M_r] = \%99.79 > \%95.00$ Dinamik kütle oranı yeterli.
ESDEĞER DEPREM HESABI 1. DOĞAL TİTRESİM PERİYODUNUN KONTROLÜ
Hn=23.15m Ctx=0.07 Cty=0.07
$T_{1x} = C_{tx} \cdot H_n^{3/4} = 0.739 \text{ s.}, T_x = 0.552 \text{ s.} < 1.4 \times 0.739 \text{ s.} >> T_{x1} = 0.552 \text{ s.}$
$T_{1y} = C_{ty} \cdot H_n^{3/4} = 0.739 \text{ s.}, T_y = 0.430 \text{ s.} < 1.4 \times 0.739 \text{ s.} >> T_{y1} = 0.43 \text{ s.}$

Şekil 4.37. Dinamik Kütle Oranı ve Eşdeğer Deprem Hesabı 1. Doğal Titreşim Periyodunun Kontrolü

KAT KÜTLESİ ve RİJİTLİK MERKEZİ (t)													
Kat	H	Wg	Wq	n	Rx/Ry	Dx/Dy	Xg	Xr	Yg	Yr	â	Wk	
(dyf)	(m)						(m)	(m)	(m)	(m)			
8	23.15	678.16	129.99	0.30	1	1	81.13	81.34	7.24	7.25		717.158	
7	20.15	878.94	163.51	0.30	1	1	81.02	81.41	7.28	7.25		927.994	
6	17.15	890.59	163.34	0.30	1	1	81.02	81.50	7.28	7.25		939.592	
5	14.15	890.59	163.34	0.30	1	1	81.02	81.62	7.28	7.25		939.592	
4	11.15	818.40	267.94	0.30	1	1	81.02	81.83	7.28	7.25		898.783	
3	9.30	653.03	161.25	0.30	1	1	81.00	81.97	7.29	7.25		701.410	
2	6.30	778.56	161.72	0.30	1	1	80.96	82.40	7.58	7.25		827.073	
1	3.50	851.97	213.31	0.30	1	1	81.16	83.00	7.27	7.25		915.361	
												âWt = 6866.962	
ESDEĞER DEPREM FORMÜLÜ												$F_{di} = (V_t - F_t) \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i}$	

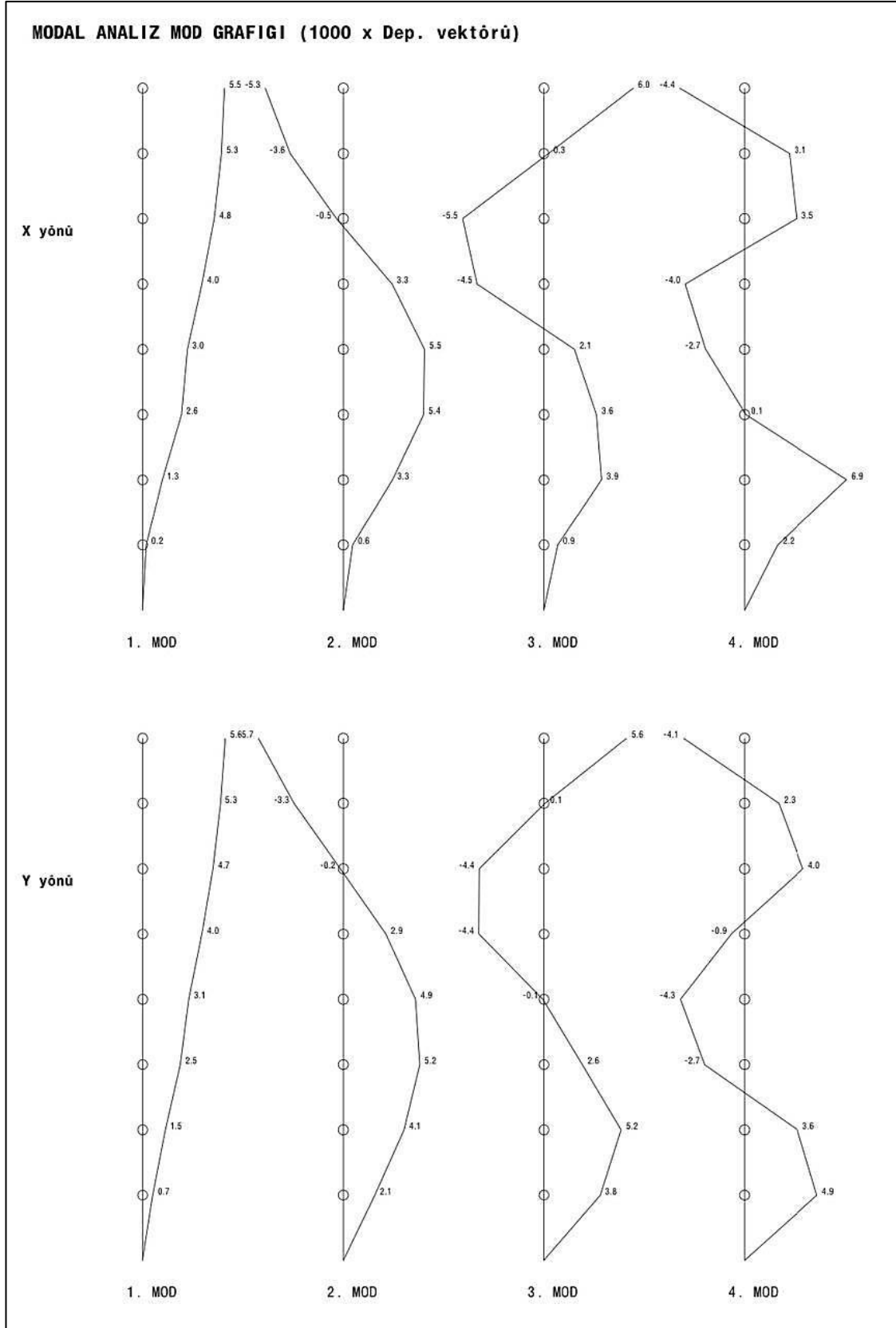
Şekil 4.38. Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi



DEPREM PERDELERİ TABAN MOMENT KONTROLÜ										
Kat deprem momenti (tm)										
Kat	H (m)	Fx	Fy	H (m)	Fx	Fy	H (m)	Fx	Fy	
8	23.15	845.69	19577.67	23.15	956.04	22132.35				
7	20.15	979.56	19738.23	20.15	1081.84	21799.02				
6	17.15	868.06	14887.25	17.15	947.91	16256.64				
5	14.15	699.45	9897.23	14.15	792.59	11215.14				
4	11.15	513.72	5727.93	11.15	595.69	6641.95				
3	9.30	369.90	3440.10	9.30	398.25	3703.70				
2	6.30	236.69	1491.16	6.30	301.32	1898.31				
1	3.50	64.40	225.39	3.50	161.05	563.68				
		4577.47	74984.96		5234.69	84210.80				
Perde taban momenti (tm)										
M : Perde ve Panel deprem momenti										
Mk : Perdelerde; bagli olduğu kirislerin deprem momentlerinin toplami										
Panelde ise; baslik kolonlarindan olusan deprem momentlerinin toplamidir										
Perde	Mx	Mk	Mxk =	Mxr	M/Mo<1/3	My	Mk	Myk =	Myr	M/Mo<1/3
SCB01	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB02	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB03	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB04	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB05	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB06	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB07	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB08	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB09	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB10	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB11	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB24	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB25	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB26	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB27	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB28	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB29	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB30	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB31	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB32	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB33	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SCB34	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PCB011	-	-	-	-	-	1604.89	938.51	2543.40	0.030	0.030
PCB013	-	-	-	-	-	1604.89	938.51	2543.40	0.030	0.030
PCB066	-	-	-	-	-	1218.07	751.37	1969.44	0.023	0.023
PCB068	-	-	-	-	-	1218.07	751.37	1969.44	0.023	0.023
TOPLAM						0.00		9025.69		
Perde taban moment oranı :										
X yönü $\lambda_m = 0 / 74984.96 = 0.00$										
Y yönü $\lambda_m = 9025.69 / 84210.8 = 0.11$										
Bosluclu perde bulunmamistir										

Şekil 4.41. Deprem Perde Taban Moment Kontrolü

Güçlendirilmek üzere yeniden tasarlanan binanın Sta4Cad yazılımı ile yeniden modellenmesiyle elde edilen modal analiz mod grafiği X ve Y yönleri için çıkan değerler ve grafikler Şekil 4.42'de verilmiştir. TBDY 2018 Madde 16.8.4 kapsamında yapılan temellerin kayma kontrolü hesabında temellerin kayma kontrolünün yetersiz olduğu görülmüştür. Hesap raporları Şekil 4.43'de verilmektedir.



Şekil 4.42. Modal Analiz Mod Grafiği

```

Temellerin kayma kontrolü TBDY2018-16.8.4
ā=30.0 Kpd=1.5
UAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
i Kat i Hi i Lx i Ly i Hi-Kpd.Lx i Hi-Kpd.Ly i
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
i TEMEL i 0.30 i 0.00 i 0.00 i 0.00 i 0.00 i
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
RpX= 0.00/1.4= 0.00 , RpY= 0.00/1.4= 0.00
VbeX=4577.47, VbeY=5234.69 deprem, VbsX=.0, VbsY=.0 zemin
VeX=4577.47>Wg.tanē+0.3.RptX=7529.64.0.5+0.3.0=3764.82 ñ
VeY=5234.69>Wg.tanē+0.3.RptY=7529.64.0.5+0.3.0=3764.82 ñ Temellerin kayma kontrolü yetersizdir

```

**Şekil 4.43.** Temellerin Kayma Kontrolü

Güçlendirme modellemesinde kolonların kesme bölgesine göre beton hasar üst sınır azaltması kontrolü TBDY 2018 Madde 15.7.1.4 koşullarına göre hesaplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde güçlendirilmesi gereken elemanların tespiti yapılmıştır. Kolonların kesme dayanım kontrolü verileri Şekil 4.44’de verilmektedir. Bu verilere göre 31 adet gevrek eleman bulunmuştur.

```

KİRİŞLERİN KESME DAYANIM (SÜNEK/GEVREK) KONTROLÜ (t,m)
TBDY 2018-7.4.5.1 maddesi koşullarına göre hesaplanmıştır.
Ve = (Mpi + Mpi) / Ln ..... (7.5)

KOLONLARIN KESME DAYANIM (SÜNEK/GEVREK) KONTROLÜ (t,m)
TBDY 2018-7.3.7.2 maddesi koşullarına göre hesaplanmıştır.
Ve = (Mpi + Mpi) / Ln ..... (7.5)

UAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
i KOLON i Malz i Ve(+X) i Ve(-X) i VrX i Ve(+Y) i Ve(-Y) i VrY i Ve < 0.85.Aw.üfck i SN/GV i
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
31 adet gevrek eleman bulunmuştur.

Cb : Kesme gerilme oranına göre beton hasar üst sınır azaltma çarpanı
ēc(GO) = Cb.( 0.0035 + 0.04.üi ), ēc(KH) = Cb.( 0.75-ēc(GO) ), ēc(SH) = Cb.0.0025

```

**Şekil 4.44.** Kiriş ve Kolonların Kesme Dayanım Kontrolü

#### 4.1.5.1. Güçlendirilen Bina Performansı

Sta4Cad programı ile oluşturulan güçlendirilmiş bina modelinin performans analizleri sonucunda, DD-2 deprem yer hareket düzeyinde elde edilen veriler doğrultusunda kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrollerini sağladığı görülmüştür. Güçlendirme senaryosu ile beraber kontrollü hasar performansının sağlandığı Şekil 4.45’de gösterilmektedir. Kat etki kapasite oranları incelendiğinde tüm katlarda doğrusal hesap yöntemi sınırlarının sağlandığı tespit edilmiştir. Kat EKO kontrol raporu Şekil 4.46’da verilmektedir.

**DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:**  
 Kontrollü Hasar performansı sağlanmıştır ò  
 Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:  
 Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%35 ò), (GB=%0 ò)  
 Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ò), (GB=%0 ò)  
 Üst kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ò), (GB=%0 ò)  
 Plastiklesen kolon Vc oranı=(IH+GB=%0.0<=%30 ò)

Şekil 4.45. DD-2 Yer Hareketi Düzeyinde Bina Performans Sonucu

KAT EKO KONTROLÜ						
Kat	Kiriş EKOx <5	Kiriş EKOy <5	Kolon EKOx <3	Kolon EKOy <3	Kir.EKO	É Kol.EKO
1	1.976 ò	2.701 ò	0.589 ò	0.959 ò	ò	ò
2	2.293 ò	4.075 ò	2.208 ò	0.906 ò	ò	ò
3	2.375 ò	3.148 ò	2.259 ò	0.874 ò	ò	ò
4	1.993 ò	3.841 ò	1.706 ò	1.191 ò	ò	ò
5	2.081 ò	3.403 ò	1.949 ò	0.847 ò	ò	ò
6	1.853 ò	2.611 ò	1.663 ò	0.904 ò	ò	ò
7	1.405 ò	1.395 ò	1.343 ò	0.586 ò	ò	ò

DOGRUSAL HESAP YÖNTEMİ SINIRLARI SAĞLANMIŞTIR.

Şekil 4.46. Kat Etki Kapasite Oranı Kontrolü

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Antalya ili, Kemer Belediyesi, Tekirova Mahallesi sınırları içinde bulunan 147 Ada 1 parsel numaralı taşınmaz üzerinde mevcut olan otel inşaatının kentsel dönüşüm amaçlı zemin durumunu belirlemek için 09.08.2022 tarihinde 2 adet sismik serilim 2 adet MASW ölçümü olmak üzere jeofizik çalışmaları yapılmıştır. 26.917,39m<sup>2</sup> alana sahip 147 Ada 1 parsel, inceleme alanında Bodrum + Asma zemin +tesisat + 5 katlı bina bulunmaktadır. İnceleme alanında yapılan Sismik çalışmalar sonucunda, zeminin düşey arasında 0-0,50metre bitkisel toprak 0,50-30 m arası Çakıllı Kum birimi geçilmiştir. İnceleme alanında sondaja dayalı Zemin Etüt Çalışması yapılması önerilmektedir.

Yapının inşaat tarzı ayırık nizamdır. İnceleme alanı deprem yer hareketi düzeyi DD-2 olarak seçilmiştir. İnceleme alanında yapılacak olan yapı konut amaçlı kullanılmakta olup bina kullanım sınıfı DTS-1 ve bina önem katsayısı BKS=3 (1.0) olarak belirlenmiştir. İlgili parselin bulunduğu ada konut olarak kullanılmaktadır.

İnceleme alanında yeraltı suyu bulunmamakta olup, yüzey ve yağmur sularına karşı drenaj hatları yapılmalı ve olası taşkınlar için gerekli önlemler alınmalıdır.

Vs30 değeri: 317 m/sn bulunmuş olup 18.03.2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin Tablo 4'e göre Yerel Zemin Sınıfı ZD olarak belirlenmiştir. Tasarım Spektral İvme Katsayıları TA = 0.097 (s) TB = 0.483 (s) TL = 6.000 (s), SDS = SS FS = 0.670 x 1.264 = 0.847, SD1 = S1 F1 = 0.183 x 2.234 = 0.409, temel taşıma gücü tasarım dayanımı 0,70m. temel derinliğinden sonra  $q_a = 4,76 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_t = q_a/1,4 = 4,76 / 1,4 = 3,4 \text{ kg/cm}^2$  olarak alınması önerilmektedir.

Yapılan çalışma sondaja dayalı olmayıp sadece jeofizik çalışmasıdır. İnceleme alanı için ayrıca sondaja dayalı zemin etüd çalışması yapılarak temel taşıma gücü hesaplanmalıdır. İnceleme alanında 2 adet sismik serilim, 2 adet Masw çalışması yapılmıştır.

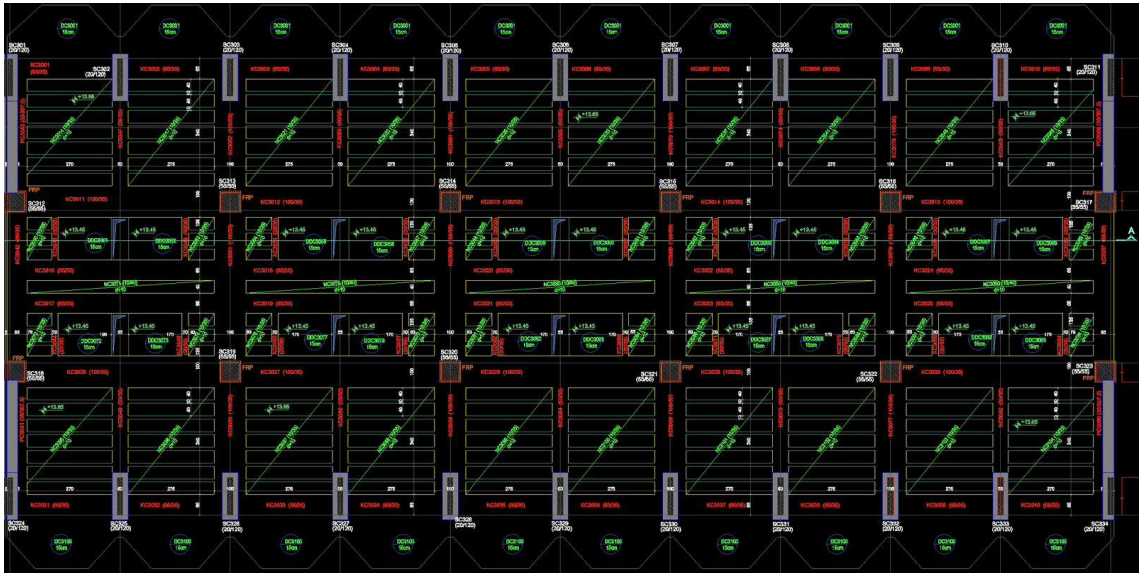
Antalya ili Kemer ilçesi 147 ada 1 parselde bulunan Hotelin ana yapısının mevcut durum deprem performansı, TBDY 2018 Bölüm 15 kapsamında incelenmiştir. Yapının betonarme karkas taşıyıcı sisteminin, birbirlerinden dilatasyon ile ayrılmış 3 blok (A-B-C) olarak teşkil edildiği anlaşılmıştır.

Yapının taşıyıcı sistemine yönelik yerinde daha önce yapılan tahribatlı/tahribatsız tespit ve incelemelerde, ST-I donatı ( $f_{yk}=2200\text{kg/cm}^2$ ) kullanıldığı ve kolonlarda etriye sıklaştırma bölgesi teşkil edilmediği, ayrıca 2018 TBDY Madde 15.2.4.3 kapsamında TS EN 12504-1'de belirtilen koşullara uygun olarak 2018 TBDY Madde 15.2.2 gereği kapsamlı bilgi düzeyi esasında (Bilgi Düzeyi Katsayısı 1,00) karot alınmış, basınç deneyi sonucunda elde edilen verilerin A blok için 19,7Mpa (197 kg/cm<sup>2</sup>), B blok için 14,3Mpa (143 kg/cm<sup>2</sup>), C blok için 15,6Mpa (156 kg/cm<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu basınç dayanımının orta seviyede olduğu değerlendirilmiştir.

TBDY 2018 Tablo 3.4.c gereği "DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Kontrollü Hasar" seviyesinin sağlanıp sağlanmadığı irdelenmiştir.

Yapılan tüm saha çalışmaları ve analizler neticesinde tüm blokların mevcut taşıyıcı sistemlerinin hedeflenen performans seviyelerini sağlayamadığı, binaların güçlendirilmesi gerektiği görüş ve kanaatine varılmıştır.

Güçlendirme senaryosu kapsamında, A-C bloklarda ilave teras kat etkileri dikkate alınmıştır. Tüm bloklarda mimari fonksiyonlar dikkate alınarak Y yönünde mümkün olduğunca dengeli ve simetrik perdeler ilave edilmiştir. Tüm blokların cephe kolonlarına 15cm kalınlığında betonarme manto ilavesi yapılmıştır. Tüm blokların orta bölgesindeki kare kolonlara 2 katlı TEKNOWRAP 600 ile mantolama yapılmıştır. Analiz sonuçları ve mimari tadilatlar kapsamında kirişlerde 2 katlı TEKNOWRAP 300 ile güçlendirme yapılmıştır.



Şekil 5.1 Güçlendirme Senaryosu Örnek Kalıp Planı 3. Kat

Binanın güçlendirilmiş durumu için yapılan analizlerde, tüm blokların (A-B-C) TBDY 2018 kapsamında DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Kontrollü Hasar Performans seviyesinin sağlandığı görüş ve kanaatine varılmıştır.

## 6. KAYNAKÇA

### Makale

- Altan M. F. Cansız S. Kaya O. Turna Ç. (2020) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Betonarme Binanın Performansının ve Zemin Etkileşiminin Değerlendirilmesi, BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi 7(2), 1004-1014, (dergipark.org.tr)
- Atalay H. M. Aynur S. (2017) Betonarme Çerçeve Yapıların Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmesi, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, (dergipark.org.tr)
- Aydın E. Boru E. (2020) Betonarme Bir Çerçevenin Farklı Yerleşim Düzenlerine Sahip Merkezi Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmesi, Academic Platform Journal of Engineering and Science 8-2, 286-294, (dergipark.org.tr)
- Bayraktar A. (2005) TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİ, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara, (dergipark.org.tr)
- Can Ö. Yıldızoğlu H. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi, GÜFBED/GUSTIJ, (dergipark.org.tr)
- Dalyan İ. Şahin B. (2019) Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi, Türk Deprem Araştırma Dergisi 1 (2), 134-147, (dergipark.org.tr)
- İnel M. Bilgin H. (2006) Tip Bir Kamu Yapısının Performans Değerlendirmesi, Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi Çalıştayı, (dergipark.org.tr)
- Kap T. Özgan E. Uzunoğlu M. M. (2019) Taşıma Gücü Zayıf Zeminde İnşa Edilmiş Betonarme Bir Binanın Performans Analizi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 795-809, (dergipark.org.tr)
- Karalar M. Çavuşlu M. (2020) Tarihi Rombaki Yığma Yapısının Performans Değerlendirmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 9 (1), 226-247, (dergipark.org.tr)
- Kasım Armağan KORKMAZ (2007) Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Doğuş Üniversitesi Dergisi, 8 (2) 2007, 191-201, (dergipark.org.tr)
- Korkmaz K. A. (2007) Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi Doğuş Üniversitesi Dergisi, 191-201, (dergipark.org.tr)
- Naimi S. Kaya S. (2019) Betonarme Yapıların Çelik Çapraz Elemanlar ile Güçlendirilmesi, Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi Cilt 3, Sayı 2, (dergipark.org.tr)
- Yıldırım S. Aşık V. Erkuş B. Tonguç Y.I. (2013) Sismik Sönümleyici ve Klasik Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 2. Türkiye Deprem Yönetmeliği ve Sismoloji Konferansı Mkü-Hatay, (dergipark.org.tr)

- Şengöz A. Sucuoğlu H. (2009) 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi” Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri, İMO Teknik Dergi, Yazı 304, (dergipark.org.tr)
- Yüzbaşı J. Yerli H. R. (2018) Betonarme Yapıların Deprem Etkisi Altında Performans Analizlerinin Yapılması ve Güçlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), ss. 273-286, (dergipark.org.tr)
- Celep Z., Kumbasar N., (2004), “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, 3, Beta Dağıtım İstanbul, (dergipark.org.tr)

### **Tez**

- Ayaz U. (2020) Mevcut Bir Betonarme Binanın 2007 ve TBDY 2018’e Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (tez.yok.gov.tr)
- Soydan S. (2019) Doğrusal Analiz Yöntemi İle Mevcut Bir Betonarme Yapının Performans Değerlendirilmesi Ve Güçlendirme Tahkiklerinin Yapılması, T.C. Sakarya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, (tez.yok.gov.tr)

### **Yönetmelik**

- AFAD, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY\\_2018.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY_2018.pdf) (Erişim Tarihi: 13.03.2023)