

**T.C.**  
**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLON VE KİRİŞLİ YÜKSEK BİR YAPININ**  
**YAPISAL TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Halil İbrahim UYAR**

**OCAK-2025**  
**GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLON VE KİRİŞLİ YÜKSEK BİR YAPININ  
YAPISAL TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

**STRUCTURAL DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A  
STRUCTURE WITH STEEL ENCASED COMPOSITE COLUMN AND BEAM**

**YÜKSEK LİSANS**

**Halil İbrahim UYAR**

**OCAK-2025  
GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLON VE KİRİŞLİ YÜKSEK BİR YAPININ  
YAPISAL TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

**STRUCTURAL DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A  
STRUCTURE WITH STEEL ENCASED COMPOSITE COLUMN AND BEAM**

**YÜKSEK LİSANS**

**Halil İbrahim UYAR**

**Danışman: Prof. Dr. Özlem ÇAVDAR**

**OCAK-2025  
GÜMÜŞHANE**



## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

**Yüksek Lisans Tezi** olarak hazırlamış olduğum “**Çelik Gömme Kompozit Kolon Ve Kirişli Yüksek Bir Yapının Yapısal Tasarımı Ve Performans Analizi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

29/01/2025

.....  
**Halil İbrahim UYAR**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim programı boyunca, bilgi, tecrübe ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyerek tezimi hayata geçirebilmem konusunda en büyük paya sahip olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Özlem ÇAVDAR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süreci içerisinde verdikleri destek için değerli iş arkadaşlarım İnşaat Mühendisi Erdiñ ŞAHİN ve İnşaat Teknikeri Hazar KIRCA' ya teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan ve benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

**Halil İbrahim UYAR**  
**GÜMÜŞHANE – 2025**

## ÖZET

Betonarme ve çelik profilin birlikte kullanımıyla oluşturulan kompozit kesitler, özellikle yüksek yapılar gibi özel binaların stabilitesi açısından tasarımlarda verimlilik sağlayan bir çözüm sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, çelik gömme kompozit kolon ve kirişli yüksek bir yapının tasarımı yapılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan performans analizi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde; yüksek yapıların tarihsel sürecine değinilerek konu ile ilgili giriş ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları (ÇYTHYE-2018) hakkında bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde; tez konusunu oluşturan kompozit kesitli yüksek yapının ön tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kullanım amacı ofis olan 20 katlı bir yapı planı oluşturularak mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabı yapılmıştır. Üçüncü bölümde; doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiş, doğrusal olmayan hesap yöntemi için gerekli davranış modelleri taşıyıcı sistem elemanlarına tanımlanmıştır. PEER veri tabanından alınan on bir farklı deprem kaydı basit ölçeklendirme yöntemiyle ölçeklendirilerek, yirmi iki adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler tablo ve şekiller yardımıyla gösterilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde analiz sonuçlarına yönelik açıklamalar yapılarak elde edilen verilerin hedeflenen performans seviyelerince uygunluğu tespit edilmiş, doğrusal olmayan hesap sonuçlarına göre taşıyıcı sistemin TBDY-2018' de öngörülen Göçmenin Önlenmesi performans hedefini sağladığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik gömme kompozit, Mod birleştirme yöntemi, Performans analizi, Yüksek yapı, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

## SUMMARY

Composite sections created by the combined use of reinforced concrete and steel profiles offer a solution that provides efficiency in designs, especially in terms of the stability of special buildings such as high-rise buildings.

In this thesis, a high structure with steel encased composite columns and beams was designed and performance analysis was carried out nonlinear time history analysis.

In the first part; the historical process of high-rise buildings was mentioned, and information about the Turkey Building Earthquake Code-2018 (TBEC-2018) and Design, Calculation and Construction of Steel Structures (DCCSS-2018) was presented. In the second part; the preliminary design of the high-rise building in question has been carried out. A 20-storey building plan, planned to be used as an office building, was created and earthquake calculations were made using the Mode Combination Method. In the third part; linear and nonlinear analyses were carried out and the behavioral models required for the nonlinear calculation method were defined as the structural system elements. Eleven different earthquake records obtained from the PEER database were scaled with the simple scaling method, and a total of twenty-two the nonlinear time history analysis was performed.

In the last part, explanations were made about the results of the analysis, and according to the nonlinear calculation results, the structure provided the Prevention of Collapse performance target foreseen in TBEC- 2018.

**Keywords:** Steel encased composite, Mod superposition method, Performance analysis, High-rise structure, Nonlinear time history

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY .....                                                                                             | III  |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....                                                                             | IV   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                   | V    |
| ÖZET.....                                                                                                       | VI   |
| SUMMARY .....                                                                                                   | VII  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                               | VIII |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                                                           | XII  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                            | XIV  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                                            | XVII |
| 1. GENEL BİLGİLER .....                                                                                         | 1    |
| 1.1. Giriş.....                                                                                                 | 1    |
| 1.1.1. Yüksek Yapıların Tarihsel Süreci .....                                                                   | 1    |
| 1.1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı .....                                                                  | 6    |
| 1.1.3. Literatürde Yapılan Çalışmalar .....                                                                     | 6    |
| 1.2. Yapı Tasarımında Malzemeler ve Davranışları .....                                                          | 11   |
| 1.2.1. Beton .....                                                                                              | 11   |
| 1.2.2. Donatı Çeliği .....                                                                                      | 13   |
| 1.2.3. Yapısal Çelik.....                                                                                       | 13   |
| 1.3. Kompozit Elemanlar .....                                                                                   | 14   |
| 1.3.1. Çelik Gömme Kompozit Elemanlarda Basınç ve Çekme Etkisi.....                                             | 15   |
| 1.3.2. Kesme Kuvveti Dayanımı .....                                                                             | 17   |
| 1.3.3. Eğilme Momenti Etkisi .....                                                                              | 17   |
| 1.3.4. Geliştirilmiş Etki Diyagramı ile Eksenel Kuvvet ve Eğilme Momenti Birleşik Etkisi<br>.....               | 18   |
| 1.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e Göre Tasarım Esasları.....                                         | 21   |
| 1.4.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri .....                                                                      | 21   |
| 1.4.2. Zemin Sınıfları Etkisinde Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral<br>İvme Katsayıları ..... | 21   |
| 1.4.2.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu .....                                                                  | 23   |
| 1.4.2.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu .....                                                                  | 24   |
| 1.4.3. Deprem Etkisindeki Yapıların Değerlendirilmesi.....                                                      | 25   |
| 1.4.3.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Binam Önem Katsayısı .....                                                     | 25   |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.3.2. Deprem Tasarım Sınıfları .....                                                         | 26 |
| 1.4.3.3. Bina Yükseklik Sınıfları .....                                                         | 26 |
| 1.4.4. Düzensizlikler .....                                                                     | 27 |
| 1.4.4.1. Planda Düzensizlik Durumları .....                                                     | 28 |
| 1.4.4.2. Düşeyde Düzensizlik Durumu .....                                                       | 28 |
| 1.5. Binaların Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları .....                   | 29 |
| 1.5.1. Performans Düzeyleri .....                                                               | 29 |
| 1.5.2. Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları .....                                                   | 29 |
| 1.6. Dayanıma Göre Tasarım İçin Hesap Kriterleri .....                                          | 30 |
| 1.6.1. Dayanıma Göre Tasarım .....                                                              | 30 |
| 1.6.2. Yapı tasarımında Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı ..... | 30 |
| 1.6.3. R ve D Katsayılarının Belirlenmesi .....                                                 | 30 |
| 1.6.3.1. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları .....                                   | 32 |
| 1.6.4. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı .....                                                      | 32 |
| 1.6.5. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi .....                   | 32 |
| 1.6.5.1. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu .....                    | 32 |
| 1.6.5.2. Düşey Deprem Etkisi .....                                                              | 33 |
| 1.6.5.3. Birbirine Dik Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi .....                                 | 33 |
| 1.6.5.4. Yatay ve Düşey Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi .....                  | 33 |
| 1.6.6. Etkin Kesit Rijitliği .....                                                              | 34 |
| 1.7. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar .....                | 35 |
| 1.7.1. Modal Analiz .....                                                                       | 35 |
| 1.7.2. Doğrusal Deprem hesap Yönteminin seçilmesi .....                                         | 35 |
| 1.7.2.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Belirlenmesi .....                                                 | 36 |
| 1.8. Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı .....                            | 36 |
| 1.8.1. Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımında Deprem Hesap Yöntemleri .....                | 37 |
| 1.8.1.1. İtme Yöntemleri .....                                                                  | 37 |
| 1.8.1.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz .....                                     | 38 |
| 1.8.2. Deprem Kayıtlarının Basit Ölçekleme Yöntemiyle Ölçeklenmesi .....                        | 38 |
| 1.8.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi .....                                   | 38 |
| 1.8.4. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri .....                                                | 39 |
| 1.8.4.1. Yığılı Plastik Mafsal Modeli .....                                                     | 39 |
| 1.8.4.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli .....                                                   | 39 |
| 1.8.5. Genel Modelleme Kuralları .....                                                          | 39 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.8.6. Doğrusal Olmayan Analizlerde Etkin Kesit Rijitliği .....                                           | 40 |
| 1.8.7. Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları .....                                                       | 41 |
| 1.9. TBDY-2018 Bazında Yüksek Yapıların Tasarımı .....                                                    | 44 |
| 1.9.1. Tasarım Aşaması I .....                                                                            | 44 |
| 1.9.2. Tasarım Aşaması II .....                                                                           | 45 |
| 1.9.3. Tasarım Aşaması III .....                                                                          | 46 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....                                                                               | 47 |
| 2.1. Bina Genel Bilgileri ve Modelleme .....                                                              | 47 |
| 2.1.1. Kolonların Ön Boyutlandırılması .....                                                              | 51 |
| 2.1.2. Kirişlerin Ön Boyutlandırılması .....                                                              | 52 |
| 2.1.3. Perde ve Döşemelerin Boyutlandırılması .....                                                       | 53 |
| 2.2. Modellemeye Ait Yapı İçin Tasarım Hesap Esasları .....                                               | 53 |
| 2.2.1. Bina Yükseklik Sınıfı, Bina önem Katsayısı, Bina Kullanım Sınıfı ve Deprem<br>Tasarım sınıfı ..... | 53 |
| 2.2.2. Tasarım için R ve D katsayılarının Belirlenmesi .....                                              | 53 |
| 2.2.3. Deprem Etkisi .....                                                                                | 53 |
| 2.2.4. Etkin Kesit Rijitlikleri .....                                                                     | 54 |
| 2.2.5. Yük Birleşimleri .....                                                                             | 54 |
| 2.2.6. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi .....                                                          | 55 |
| 2.3. Sistem Analizi ve Ön Tasarım .....                                                                   | 55 |
| 2.3.1. Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kontrolü .....                                             | 58 |
| 2.3.2. Düzensizlik Kontrolleri .....                                                                      | 60 |
| 2.3.2.1. Burulma Düzensizliği .....                                                                       | 60 |
| 2.3.2.2. A2 ve A3 düzensizliği .....                                                                      | 61 |
| 2.3.2.3. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği .....                                                    | 61 |
| 2.3.2.4. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği .....                                                   | 61 |
| 2.3.3. Göreli Kat Ötelemesi .....                                                                         | 63 |
| 2.3.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü .....                                                          | 66 |
| 2.3.5. Kolonların Tasarımı .....                                                                          | 68 |
| 2.3.6. Kirişlerin Tasarımı .....                                                                          | 74 |
| 2.3.7. Perdelerin Tasarımı .....                                                                          | 75 |
| 2.3.7.1. Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği .....                                                    | 75 |
| 3. BULGULAR VE İRDELEMELER .....                                                                          | 81 |
| 3.1. Yüksek Yapı Tasarım Aşaması II .....                                                                 | 81 |
| 3.1.1. Kolonların Etki / Kapasite Oranları .....                                                          | 82 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.2. Kirişlerin Etki / Kapasite Oranları .....                                   | 85  |
| 3.2. Yüksek Yapı Tasarım Aşaması III.....                                          | 86  |
| 3.2.1. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz.....                           | 86  |
| 3.2.2. Moment-Eğrilik İlişkileri .....                                             | 87  |
| 3.2.3. Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi .....                              | 89  |
| 3.2.4. Dönme limitleri .....                                                       | 90  |
| 3.2.5. Deprem Kaydı Seçimi ve Ölçeklendirilmesi.....                               | 91  |
| 3.2.5.1. Seçilen Kayıtlara Ait İvme – Zaman Grafikleri ve Tepki Spektrumları ..... | 93  |
| 3.2.6. Performans Analizi Sonuçları .....                                          | 104 |
| 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....                                                      | 114 |
| KAYNAKÇA.....                                                                      | 116 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                     | 119 |

## TABLolar DİZİNİ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1. Beton sınıfları ve dayanımları.....                                                                            | 12 |
| Tablo 2. Yapısal çelik sınıfları ve dayanım parametreleri.....                                                          | 14 |
| Tablo 3. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı (TBDY, 2018). ....                                        | 22 |
| Tablo 4. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki sınıfı katsayıları (TBDY, 2018). ....                                 | 23 |
| Tablo 5. Bina kullanım sınıfı ve Bina önem katsayıları (TBDY, 2018).....                                                | 26 |
| Tablo 6. Deprem tasarım sınıfı (TBDY, 2018).....                                                                        | 26 |
| Tablo 7. Bina yükseklik sınıfı (TBDY, 2018). ....                                                                       | 27 |
| Tablo 8. Yeni yapılacak veya mevcut yüksek binaların tasarım yaklaşımı ve performans hedefleri (TBDY, 2018). ....       | 29 |
| Tablo 9. Çelik taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı sistem davranış katsıy ve Dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY, 2018)..... | 31 |
| Tablo 10. Şekildeğiştirme limitleri.....                                                                                | 42 |
| Tablo 11. Yapısal çelikten yapılan kolonlar için plastik dönme sınırları .....                                          | 43 |
| Tablo 12. Yapısal çelikten yapılan kirişler için plastik dönme sınırları .....                                          | 43 |
| Tablo 13. Profillere ait kesit bilgileri .....                                                                          | 51 |
| Tablo 14. IPE 450 profiline ait bilgiler .....                                                                          | 52 |
| Tablo 15. Mod değeri.....                                                                                               | 56 |
| Tablo 16. Taban kesme kontrolü .....                                                                                    | 58 |
| Tablo 17. X doğrultusunda katlara etkiyen deprem kuvveti .....                                                          | 58 |
| Tablo 18. Y doğrultusunda katlara etkiyen deprem kuvveti.....                                                           | 59 |
| Tablo 19. Devrilme momenti kontrolü.....                                                                                | 59 |
| Tablo 20. X doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü .....                                                              | 60 |
| Tablo 21. Y doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü.....                                                               | 61 |
| Tablo 22. X doğrultusu için yumuşak kat düzensizliği kontrolü .....                                                     | 62 |
| Tablo 23. Y doğrultusu için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....                                                      | 63 |
| Tablo 24. X doğrultusu için görel kat öteleme kontrolü .....                                                            | 64 |
| Tablo 25. Y doğrultusu için görel kat öteleme kontrolü.....                                                             | 65 |
| Tablo 26. X doğrultusu için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....                                                    | 66 |
| Tablo 27. Y doğrultusu için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....                                                    | 67 |
| Tablo 28. Kuvvetli eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler.....                                  | 68 |
| Tablo 29. Zayıf eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler .....                                    | 69 |
| Tablo 30. Eksenel kuvvet kontrolü (90x90 cm).....                                                                       | 70 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 31. Kuvvetli eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler..... | 71  |
| Tablo 32. Zayıf eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler .....   | 72  |
| Tablo 33. Eksenel kuvvet kontrolü (80x80cm) .....                                      | 73  |
| Tablo 34. Perdeler için eksenel kuvvet tahkiki .....                                   | 75  |
| Tablo 35. Perde gövde ve uç bölgeleri .....                                            | 76  |
| Tablo 36. Perde uç bölgesi donatı bilgileri.....                                       | 76  |
| Tablo 37. Perde gövde bölgesi donatı bilgileri.....                                    | 77  |
| Tablo 38. Perdelerin kesme kuvveti tahkiki .....                                       | 80  |
| Tablo 39. Beklenen dayanımlar.....                                                     | 81  |
| Tablo 40. Kirişlerin kesme dayanımında E/K oranları.....                               | 85  |
| Tablo 41. Kirişlerin moment dayanımı E/K oranları .....                                | 86  |
| Tablo 42. Moment-Eğrilik ilişkisinden elde edilen veriler .....                        | 89  |
| Tablo 43. Doğrusal olmayan analizde kullanılacak etkin kesit rijitlikleri .....        | 89  |
| Tablo 44. Seçilmiş deprem kayıtları.....                                               | 93  |
| Tablo 45. Analizler sonucu oluşan taban kesme kuvvetleri .....                         | 107 |
| Tablo 46. P1 Perdesi beton şekildeğiştirme değerleri .....                             | 108 |
| Tablo 47. P1 Perdesi donatı şekildeğiştirme değerleri .....                            | 109 |
| Tablo 48. Zemin kat kolonları dönme değerleri .....                                    | 110 |
| Tablo 49. 10. Kat kolonlarının dönme değerleri .....                                   | 112 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Mısır Piramitleri (URL-1).....                                                                                           | 2  |
| Şekil 2. Colosseum (URL-2).....                                                                                                   | 2  |
| Şekil 3. Notre Dame Chartes (URL-3).....                                                                                          | 3  |
| Şekil 4. Empire State Binası (URL-4).....                                                                                         | 3  |
| Şekil 5. Burj Khalifa (URL-5). ....                                                                                               | 4  |
| Şekil 6. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kulesi (URL-6). ....                                                                   | 4  |
| Şekil 7. Metropol İstanbul Ana Kule (URL-7).....                                                                                  | 5  |
| Şekil 8. John Hancock Center (URL-8). ....                                                                                        | 5  |
| Şekil 9. Betonun gerilme- şekildeğiştirme eğrisi .....                                                                            | 12 |
| Şekil 10. Çeliğin gerilme-şekildeğiştirme eğrisi .....                                                                            | 13 |
| Şekil 11. Çelik gömme kompozit elemanda ankraj uygulaması (URL-9). ....                                                           | 14 |
| Şekil 12. Çelik gömme kompozit eleman (a) ve beton dolgulu kompozit eleman (b)....                                                | 15 |
| Şekil 13. Karşılıklı etki diyagramı (ÇYTHYE, 2018). ....                                                                          | 18 |
| Şekil 14. Çelik gömme kompozit elemanda kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme<br>(ÇYTHYE, 2018).....                            | 19 |
| Şekil 15. Çelik gömme kompozit kolonda zayıf eksen etrafında bileşik eğilme (ÇYTHYE,<br>2018).....                                | 20 |
| Şekil 16. Zemin sınıfları.....                                                                                                    | 22 |
| Şekil 17. Yatay elastik tasarım spektrumu .....                                                                                   | 24 |
| Şekil 18. Düşey elastik tasarım spektrumu .....                                                                                   | 25 |
| Şekil 19. Normal betonarme binalar için etkin kesit rijitliği (a) ve yüksek betonarme<br>binalar için etkin kesit rijitliği ..... | 34 |
| Şekil 20. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar .....                                                           | 36 |
| Şekil 21. Beklenen dayanım hesaplarında kullanılacak katsayılar .....                                                             | 40 |
| Şekil 22. Hasar bölgeleri .....                                                                                                   | 41 |
| Şekil 23. Zemin kattan 9. kata kadar olan kalıp planı (Birim cm' dir) .....                                                       | 47 |
| Şekil 24. 10. kattan 19. kata kadar olan kalıp planı (Birim cm' dir.) .....                                                       | 48 |
| Şekil 25. Çelik gömme kompozit elemanlı yüksek yapının üç boyutlu modeli.....                                                     | 49 |
| Şekil 26. Çelik gömme kompozit elamanların herhangi bir kattaki görünümü .....                                                    | 49 |
| Şekil 27. Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması .....                                                       | 50 |
| Şekil 28. Enkesiti 90x90 cm olan çelik gömme kompozit kolonun Sap 2000' de çizimi<br>.....                                        | 51 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 29. Enkesiti 80x80 cm olan çelik gömme kompozit kolonun Sap 2000’ de çizimi ..... | 52 |
| Şekil 30. Kompozit kirişin Sap 2000 programında çizimi .....                            | 52 |
| Şekil 31. Deprem yükü azaltma katsayısı .....                                           | 54 |
| Şekil 32. Deprem yükü azaltma katsayısı sonucu azaltılmış tasarım ivme spektrumu...     | 54 |
| Şekil 33. X doğrultusundaki mod şekli .....                                             | 57 |
| Şekil 34. Y doğrultusundaki mod şekli .....                                             | 57 |
| Şekil 35. Çelik gömme kompozit kolon kuvvetli eksen için karşılıklı etki diyagramı ...  | 68 |
| Şekil 36. Çelik gömme kompozit kolon zayıf eksen için karşılıklı etki diyagramı .....   | 69 |
| Şekil 37. Çelik gömme kompozit kolon kuvvetli eksen karşılıklı etki diyagramı .....     | 71 |
| Şekil 38. Çelik gömme kompozit kolon zayıf eksen karşılıklı etki diyagramı .....        | 72 |
| Şekil 39. Çekirdek perdesi çizimi .....                                                 | 77 |
| Şekil 40. P1 perdesi çizimi.....                                                        | 78 |
| Şekil 41. Çekirdek perdesi P-M3 karşılıklı etki diyagramı.....                          | 78 |
| Şekil 42. Çekirdek perdesi P-M2 karşılıklı etki diyagramı.....                          | 79 |
| Şekil 43. P1 perdesi P-M3 karşılıklı etki diyagramı .....                               | 79 |
| Şekil 44. P1 perdesi P-M2 karşılıklı etki diyagramı .....                               | 80 |
| Şekil 45. DD-4 yer hareketinde tepki spektrumu.....                                     | 81 |
| Şekil 46. Tepki spektrumunun Sap 2000’ de tanımlanması .....                            | 82 |
| Şekil 47. Sap 2000 analiz sonucu.....                                                   | 82 |
| Şekil 48. Kesme dayanımı EKO (90X90 cm kolonlar) .....                                  | 83 |
| Şekil 49. Moment dayanımı EKO (90X90 cm kolonlar) .....                                 | 83 |
| Şekil 50. Kesme dayanımı EKO (80X80 cm kolonlar) .....                                  | 84 |
| Şekil 51. Moment dayanımı EKO (80X80 cm kolonlar) .....                                 | 84 |
| Şekil 52. Çelik gömme kompozit kolonun (90x90 cm) moment-eğrilik ilişkisi.....          | 87 |
| Şekil 53. Çelik gömme kompozit kolonun (80x80cm) moment-eğrilik ilişkisi.....           | 88 |
| Şekil 54. Çelik gömme kompozit kirişin moment-eğrilik ilişkisi.....                     | 88 |
| Şekil 55. Basit ölçekleme sonucu oluşan spektrumlar .....                               | 92 |
| Şekil 56. Peer deprem araştırma arayüzü (PEER, 2024). .....                             | 92 |
| Şekil 57. RSN 1 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 93 |
| Şekil 58. RSN 1 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 94 |
| Şekil 59. RSN 1 depremi tepki spektrumu.....                                            | 94 |
| Şekil 60. RSN 133 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                        | 94 |
| Şekil 61. RSN 133 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                        | 95 |
| Şekil 62. RSN 133 depremi tepki spektrumu.....                                          | 95 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 63. RSN 164 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 95  |
| Şekil 64. RSN 164 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 96  |
| Şekil 65. RSN 164 depremi tepki spektrumu.....                                            | 96  |
| Şekil 66. RSN 250 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 96  |
| Şekil 67. RSN 250 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 97  |
| Şekil 68. RSN 250 depremi tepki spektrumu.....                                            | 97  |
| Şekil 69. RSN 313 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 97  |
| Şekil 70. RSN 313 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 98  |
| Şekil 71. RSN 313 depremi tepki spektrumu.....                                            | 98  |
| Şekil 72. RSN 587 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 98  |
| Şekil 73. RSN 587 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 99  |
| Şekil 74. RSN 587 depremi tepki spektrumu.....                                            | 99  |
| Şekil 75. RSN 963 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 99  |
| Şekil 76. RSN 963 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                          | 100 |
| Şekil 77. RSN 963 depremi tepki spektrumu.....                                            | 100 |
| Şekil 78. RSN 1006 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 100 |
| Şekil 79. RSN 1006 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 101 |
| Şekil 80. RSN 1006 depremi tepki spektrumu.....                                           | 101 |
| Şekil 81. RSN 1611 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 101 |
| Şekil 82. RSN 1611 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği.....                          | 102 |
| Şekil 83. RSN 1611 depremi tepki spektrumu.....                                           | 102 |
| Şekil 84. RSN 1612 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 102 |
| Şekil 85. RSN 1612 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 103 |
| Şekil 86. RSN 1612 depremi tepki spektrumu.....                                           | 103 |
| Şekil 87. RSN 1633 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 103 |
| Şekil 88. RSN 1633 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği .....                         | 104 |
| Şekil 89. RSN 1633 depremi tepki spektrumu.....                                           | 104 |
| Şekil 90. RSN 1 depremi sonucu oluşan plastik mafsallaşma .....                           | 105 |
| Şekil 91. Her bir deprem kaydından X doğrultusunda elde edilen görelî kat öteleme .       | 105 |
| Şekil 92. Her bir deprem kaydından Y doğrultusunda elde edilen görelî kat öteleme..       | 106 |
| Şekil 93. Tüm deprem kayıtlarından elde edilen X doğrultusundaki görelî kat öteleme ..... | 106 |
| Şekil 94. Tüm deprem kayıtlarından elde edilen Y doğrultusundaki görelî kat öteleme ..... | 107 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|            |                                                                            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $A_c$      | : Beton alanı                                                              |
| AFAD       | : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı                                   |
| $A_g$      | : Kompozit elemanın toplam enkesit alanı                                   |
| $a_i$      | : Etriyenin temaslı olduğu boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık |
| $A_s$      | : Yapısal çeliğin enkesit alanı                                            |
| $A_{sh}$   | : Enine donatı alanını                                                     |
| $A_{sr}$   | : Donatı çeliğinin alanı                                                   |
| $A_{srs}$  | : Simetri eksenindeki donatı kesit alanı                                   |
| $B$        | : Yapısal çeliğin başlık uzunluğu                                          |
| $b_o$      | : Etriyelerin eksenleri arasındaki kesit boyutu                            |
| $b_k$      | : Çekirdek Boyutu                                                          |
| BHB        | : Belirgin hasar bölgesi                                                   |
| BKS        | : Bina kullanım sınıfı                                                     |
| BYS        | : Bina yükseklik sınıfı                                                    |
| $B_w$      | : Perde kalınlığı                                                          |
| $L_w$      | : Perde uzunluğu                                                           |
| $C_t$      | : Taşıyıcı sistem türüne göre belirlenen katsayı                           |
| $D$        | : Dayanım fazlalığı katsayısı                                              |
| $D$        | : Kesit yüksekliği                                                         |
| $d_b$      | : Donatıların ortalama çapı                                                |
| DGT        | : Dayanıma göre tasarım                                                    |
| DTS        | : Deprem tasarım sınıfı                                                    |
| DD-1       | : 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem hareketi düzeyi                 |
| DD-2       | : 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi            |
| DD-3       | : 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi            |
| DD-4       | : 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi            |
| $E$        | : Deprem etkisi                                                            |
| $E_c$      | : Beton elastisite modülü                                                  |
| $Ed^{(H)}$ | : Tasarıma esas birleştirilmiş yatay deprem                                |
| $Ed^{(X)}$ | : (X) doğrultusundaki tasarıma esas deprem etkisi                          |
| $Ed^{(Y)}$ | : (Y) doğrultusundaki tasarıma esas deprem etkisi                          |
| $Ed^{(Z)}$ | : (Z) doğrultusundaki tasarıma esas deprem etkisi                          |

|                     |                                                                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E/K$               | : Etki/Kapasite                                                                                        |
| $EKO$               | : Etki-Kapasite oranı                                                                                  |
| $(EI)_e$            | : Kompozit kesitin etkin eğilme rijitliği                                                              |
| $E_s$               | : Yapısal çeliğin elastisite modülü                                                                    |
| $E_{sr}$            | : Donatı çeliğinin elastisite modülü                                                                   |
| $EW$                | : Doğu-Batı                                                                                            |
| $\epsilon_c$        | : Beton basınç birim şekil değiştirmesi                                                                |
| $\epsilon_c^{(GÖ)}$ | : Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen beton birim kısalması sınırı                  |
| $\epsilon_c^{(KH)}$ | : Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı             |
| $\epsilon_{cu}$     | : Kesitin kırıldığı andaki birim kısalma                                                               |
| $\epsilon_{co}$     | : En yüksek gerilmeye denk gelen birim kısalma                                                         |
| $\epsilon_s^{(GÖ)}$ | : Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliğin birim şekildeğiştirmesi sınırı |
| $\epsilon_s^{(KH)}$ | : Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı     |
| $f_c$               | : Dayanım                                                                                              |
| $f_{cu}$            | : Ezilme gerilmesi                                                                                     |
| $f_{ck}$            | : Betonun karakteristik basınç dayanımı                                                                |
| $f_{cd}$            | : Betonun tasarım basınç dayanımı                                                                      |
| $f_{ctk}$           | : Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı                                                         |
| $f_{ctd}$           | : Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı                                                               |
| $f_{ce}$            | : Betonun ortalama basınç dayanımını                                                                   |
| $F_S$               | : Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı                                                         |
| $f_{ye}$            | : Donatının ortalama akma dayanımı                                                                     |
| $F_y$               | : Yapısal çeliğin karakteristik akma dayanımı                                                          |
| $F_{ye}$            | : Yapısal çeliğin beklenen akma dayanımı                                                               |
| $F_{ysr}$           | : Donatı çeliğinin karakteristik akma dayanımı                                                         |
| $f_{ywe}$           | : Enine donatıların beklenen akma dayanımı                                                             |
| $F_u$               | : Yapısal çelik karakteristik çekme dayanımı                                                           |
| $F_x$               | : X doğrultusunda ilgili kata etkiyen deprem kuvveti                                                   |
| $F_1$               | : 1 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı                                                     |
| $F$                 | : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı                                                 |

|             |                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|
| $G$         | : Sabit yük                                                         |
| $G\ddot{O}$ | : Göçme önlenmesi                                                   |
| $G$         | : Yerçekimi ivmesi                                                  |
| $H$         | : Yatay zemin itkisi                                                |
| $h_i$       | : Kat yüksekliği                                                    |
| $H_N$       | : Bina yüksekliği                                                   |
| $h_o$       | : Etriyelerin eksenleri arasındaki kesit boyutu                     |
| $h_1$       | : Kompozit elemanın kenar uzunluğu                                  |
| $h_2$       | : Kompozit elemanın kenar uzunluğu                                  |
| $I$         | : Bina önem katsayısı                                               |
| $I_b$       | : Kirişin eylemsizlik momentini,                                    |
| $I_c$       | : Kompozit kesitteki beton kesitin atalet momenti                   |
| $I_k$       | : Kolonun eylemsizlik momenti                                       |
| $I_s$       | : Yapısal çeliğin atalet momenti                                    |
| $I_{sr}$    | : Donatı çeliğinin atalet momenti                                   |
| $KH$        | : Kontrollü hasar                                                   |
| $KK$        | : Kesintisiz kullanım                                               |
| $L_b$       | : Kiriş boyu                                                        |
| $L_c$       | : Burkulma Boyu                                                     |
| $L_k$       | : Kolon boyu                                                        |
| $L_p$       | : Plastik mafsallık boyu                                            |
| $L_s$       | : Kesme açıklığı                                                    |
| $m_t$       | : Binanın toplam kütlesi                                            |
| $M_n$       | : Çelik gömme kompozit elemanların eğilme momenti dayanımı          |
| $M_p$       | : Kompozit enkesitte plastik eğilme momenti                         |
| $M_y$       | : Eleman uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momenti         |
| $N_{dm}$    | : Normal kuvvet                                                     |
| $NS$        | : Kuzey-Güney                                                       |
| $P$         | : Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı                     |
| $P_e$       | : YDKT için tasarım eksenel kuvvet dayanımı                         |
| $P_n$       | : Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı                     |
| $P_{no}$    | : Eksenel yük etkisindeki kompozit elemanın basınç kuvveti dayanımı |
| $PGA$       | : En büyük yer ivmesi                                               |
| $PGV$       | : En büyük yer hızı                                                 |
| $P_u$       | : YDKT yük birleşimleri için gerekli eksenel kuvvet dayanımı        |

$P_{ye}$  : Yapısal çeliğin beklenen eksenel akma kuvveti  
 $Q$  : Hareketli yük  
 $R$  : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı  
 $R_a(T)$  : Sünekliğe ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma katsayısı  
 $R_y$  : Akma dayanım azaltma katsayısı  
 $\sigma_c$  : Gerilme  
 $S$  : Kar yükü  
SAP 2000: Structural Analysis and Design Program 2000 (Yapısal Analiz Programı)  
 $S$  : Sargı donatısı aralığı  
 $S_{ae}(T)$  : Yatay elastik tasarım spektral ivmesi  
 $S_{de}(T)$  : Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi  
 $S_{aeD}(T)$  : Düşey elastik tasarım spektral ivmesi  
 $S_{aR}(T)$  : Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  
 $S_{DS}$  : Kısa periyot bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı  
 $S_{D1}$  : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı  
 $S_1$  : 1.0 saniye periyot bölgesi için harita spektral ivme katsayısı  
 $S$  : Kısa periyot bölgesi için harita spektral ivme katsayısı  
 $SH$  : Sınırlı hasar  
 $SHB$  : Sınırlı hasar bölgesi  
ŞGDT : Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım  
 $T_A$  : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu  
 $T_{AD}$  : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu  
 $T$  : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu  
 $T_{BD}$  : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu  
TBDY : Türkiye bina deprem yönetmeliği  
 $t_f$  : Yapısal çeliğin başlık kalınlığı  
 $T_L$  : Yatay elastik spektrumun sabit yerdeğiştirme bölgesinde geçiş periyodu  
 $T_p$  : Binanın hakim doğal titreşim periyodu  
 $T_{pA}$  : Ampirik hesaplanan hakim doğal titreşim  
 $t_w$  : Yapısal çeliğin gövde kalınlığı  
 $V_e$  : Hesaplanan tasarım kesme kuvveti  
 $V_d$  : Artırılmış düşey yükler altında hesaplanan tasarım kesme kuvveti  
 $V_t$  : Taban kesme kuvveti  
 $V_r$  : Yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli kesme kuvveti dayanımı  
 $u_i$  : Deplasman

$W$  : Ağırlık

$W_{px}$  : Çelik enkesitin x eksenine göre plastik mukavemet momenti

$W_{py}$  : Çelik enkesitin y eksenine göre plastik mukavemet momenti

YDKT : Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım

$\alpha_H$  : Bina yüksekliği  $H_N$  'e bağlı olarak hesaplanan katsayı

$\Delta_i$  : Kat ötelemeleri

$\eta_{bi}$  : Burulma düzensizliği katsayısı

$\omega_{we}$  : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

$\rho_{sh,min}$  : İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı

$\sigma_c$  : Gerilme

$\theta_p$  : Plastik akma dönmesi

$\theta_p^{(G\ddot{O})}$  : Göçmenin önlenmesi düzeyi için plastik dönme sınırı

$\theta_p^{(KH)}$  : Kontrollü hasar düzeyi için plastik dönme sınırı

$\theta_t$  : Toplam akma dönmesi

$\theta_Y$  : Aynı noktadaki etkin akma dönmesi

$\varphi_u$  : Göçme öncesi eğrilik

$\varphi_y$  : Akma eğriliği

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Geçmişten günümüze kadar gelen süreçte yapılan yapıların malzemeleri erişilebilir ve işlenebilir malzemelerden meydana gelmiştir. Eski çağlarda ahşap, taş ve toprak gibi malzemeler insan gücü ile işlenebilir ve erişilebilir malzemeler olduğundan barınma ihtiyacı için tercih edilme sebebi olmuşlardır. Çeliğin tanınması ve çimentonun inşaat sektöründe kullanılması ile betonarme yapıların imalatı giderek daha yaygın hale gelmiştir. Bu durum ile zaman içerisinde biriken tecrübe, gelişen bilim ve mühendislik teknolojisi sayesinde betonarme ve çelik yapılar ün kazanmaya başlamış ve haklarında tasarım esasları oluşturularak bu esaslara uygun yapılar tasarlanıp inşa edilmiştir.

Yapısal çelik ile betonun birlikte kullanımıyla her iki malzemenin dezavantajları en aza indirilerek kompozit bir taşıyıcı sistem elemanı oluşturulabilir. Betonun gevrek, çeliğin ise sünek bir malzeme olduğu bilindiğinden yapılar; yeterli rijitlik, yeterli dayanım ve yeterli kararlılık ilkeleri gereğince tasarlanmaktadır. Bu şartlar çerçevesinde yüksek yapıların tasarım aşamalarında ilgili yönetmeliklerce sağlanması gereken sınır koşullar, kompozit taşıyıcı sistem elemanlarıyla tasarlanan yapıyı çelik veya betonarme yapılara göre avantajlı hale getirdiği düşüncesi hâkim olmaya başlamıştır. Dolayısıyla modern mühendislik uygulamaları çerçevesinde yenilikçi yaklaşımlarla oluşturulan kompozit taşıyıcı sistemler, özellikle yüksek yapılardaki kullanımı açısından yapı davranışı olarak pozitif bir eğilim sergilediği düşünülmektedir.

TBDY-2018’ de yer alan 13. Bölümde “Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar” başlığı altında yüksek yapıların tasarımı ile ilgili yapılacak çalışmalar detaylıca anlatılmıştır.

#### 1.1.1. Yüksek Yapıların Tarihsel Süreci

Mühendislik dünyasının en dikkat çekici eserlerinden biri olan yüksek yapılar aynı zamanda modern şehirlerin görünümlerini de şekillendirmektedirler. İçerisinde bulunduğumuz dönemin şartlarına göre modern olarak nitelendirdiğimiz yüksek yapılar geçmiş dönem çağlarında yerini dönemin simgesi haline gelmiş olan yapılara bırakmıştır.

Antik dönem olarak adlandırabileceğimiz çağda ilk yüksek yapılara Mısır piramitleri ve Roma’ da bulunan Colosseum örnek verilebilir. Orta çağdan ise Notre

Dame Chartes yüksekliğiyle dikkatleri üzerine çekmektedir. Bu yapılar aşağıda sırasıyla şekil 1, şekil 2 ve şekil 3' te gösterilmiştir.



şekil 1. Mısır Piramitleri (URL-1).



şekil 2. Colosseum (URL-2).



Şekil 3. Notre Dame Chartes (URL-3).

Sanayi devriminden sonra çeliğin ve betonun yapılarda kullanımının yaygınlaşmasıyla yapı sistemlerinin dinamik ve statik davranışları daha anlaşılabilir hale gelmiş ve tasarımda daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Bu durumdan dolayı gelişen mühendislik teknolojisi sonucunda günümüzde ortaya çıkan yüksek yapılara ilk olarak Şekil 4’ te görülen Empire State binası ve Şekil 5 ‘te görülen Burj Khalifa binası örnek olarak verilebilir.



Şekil 4. Empire State Binası (URL-4).



Şekil 5. Burj Khalifa (URL-5).

Yüksek yapılar 20. Yüzyılın sonlarına doğru ülkemizde de yaygın hale gelmeye başlamıştır. Yapımı tamamlanan Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kulesi ve Metropol İstanbul Ana Kule ülkemizdeki en yüksek yapılardandır. Bu yapılara ait görseller sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kulesi (URL-6).



Şekil 7. Metropol İstanbul Ana Kule (URL-7).

Kompozit kolon kullanılarak yapılan yüksek yapılardan Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Şekil 8' de görünen John Hancock Center binası taşıyıcı sistem elemanı olarak diğer yüksek binalara göre farkını ortaya koymaktadır. Yapının dış cephesi çelik kutu profillerle çevrelenmiş, iç kolonların bazıları ise kompozit kolon olarak tasarlanmıştır.



Şekil 8. John Hancock Center (URL-8).

### 1.1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmadaki amaç çelik gömme kompozit kolon ve kirişli bir yapının normal yapılardan farklı olarak yüksek bir yapı şeklinde doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerinin yapıp deprem performansının ortaya çıkarılarak yorumlanmasıdır. Betonun gevrek, çeliğin sünek davranış sergilediği ve betonun çekme, çeliğin ise basınç dayanımının düşük olması gibi birçok durumdan dolayı bu malzemelerin karakteristik özelliklerinden maksimum verim alabilmek amacıyla kompozit elemanlar oluşturularak yüksek bir yapı tasarlanmıştır.

Çalışma kapsamındaki yapı; kompozit kolon, kompozit kiriş ve betonarme perdeler ile oluşturulmuştur. Ofis binası olarak tasarlanan bu yapı 20 katlı olarak projelendirilmiş, ilk katı 4.5 metre diğer katları ise 3.5 metre kat yüksekliğine sahiptir. Kompozit elemanların tasarımında aksel kuvvet etkisi, kesme kuvveti ve eğilme momenti etkisi gibi durumlar göz önüne alınarak aksel kuvvet-eğilme momenti birleşik etkisi için yardımcı programlar aracılığı ile karşılıklı etki diyagramları oluşturulmuştur. Analiz sonucunda kesitlerde meydana gelen eğilme momenti değerleri ve aksel kuvvet değerleri, kompozit kesitler için oluşturulan karşılıklı etki diyagramı içerisinde karşılaştırması yapılmıştır. Kesitlerin aksel kuvvet ve kesme tahkikleri tamamlandıktan sonra düzensizlik kontrolleri yapıp dayanıma göre tasarım yöntemi çerçevesinde deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2) ile kontrollü hasar performans düzeyi sağlanmıştır. İkinci tasarım aşamasında ortalama malzeme dayanımlarıyla deprem yer hareketi düzeyi-4 (DD-4) ile model güncellenerek analiz tekrarlanmış ve analiz sonucunda etki-kapasite oranları karşılaştırılmıştır. Daha sonra hasar bölgesi sınırlarından göçmenin önlenmesi hedefi sağlanması kaydıyla şekil değiştirme esaslı tasarım metodu gerçekleştirilerek performans analizi yapılmıştır. Performans analizi sürecinde 11 deprem kaydı ile 22 tane zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılarak elemanların şekildeğiştirme talepleri belirlenmiştir. 22 analiz sonucunda oluşan şekildeğiştirme talepleri, şekildeğiştirme kapasiteleriyle mukayese edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma esnasında Yapısal Analiz Programında (SAP 2000) Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞGDT) yaklaşımları ile analizler yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

### 1.1.3. Literatürde Yapılan Çalışmalar

Roik ve Bergmann (1990), yaptıkları bu çalışmada yapısal çeliğin ve betonun bir arada kullanılması sonucunda oluşan kompozit kolonlar için bir tasarımı metodu ortaya çıkarmışlar ve kompozit kesitin maruz kaldığı sadece aksel basınç veya aksel basınç

– eğilme bileşik etkisinde bu yöntemin uygulanabilir olduğunu ifade etmişlerdir. Söz konusu metodun Eurocode 4 esasları içerisinde belirtilen simetrik kesitli kolonlar için bir tür pratikleştirilmiş yöntem tabanlı olduğunu belirtmişler ve uygulanabilirliğinin doğrulanması için çalışma esnasına on iki test yaparak analiz sonuçlarının pratikleştirilmiş yöntem ile bağdaşıklık içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Elnashai ve Broderick (1994), bu çalışmada kompozit kiriş-kolon elemanların, deprem ve eksenel yüklerin birleşik etkisi altındaki davranışını deneysel olarak incelenmişlerdir. Farklı eksenel yükler ve deprem etkileri altında toplamda iki çevrimsel (cyclic) ve beş yarı-dinamik (pseudodynamic) test gerçekleştirerek bu testlerin sonucunda kompozit yapı elemanlarının iyi bir derecede performans sergilediğini ifade etmişlerdir.

Lundberg ve Galambos (1996), 300 deney ile kompozit kolonların kapasiteleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalar sonucunda çelik gömme kompozit elemanların tasarım şartnamesindeki hedef güvenilirlik endeksini aştığını, ancak beton dolgulu boru tip kolonların hedef değere kıyasla yetersiz bir güvenilirlik endeksine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hatırı sayılır düzeyde tasarım düzeyine ulaşmak için hem daha iyi bir tasarım modeline hem de daha fazla teste ihtiyaç duyulduğu yönünde öneriler sunmuşlardır.

Shanmugam ve Lakshmi (2001), bu makalede daha önce kompozit kolonlar için yapılmış çalışmaları sentezlemişlerdir. Çalışmaya esas bileşenleri listelemek suretiyle deney sonuçlarını toplamışlar ve uygun bir formatta derlemişlerdir. Bu çalışmalara ek olarak; sismik yükleme, beton hapsi, yerel burkulma gibi durumların kompozit kolon performansı üzerine etkilerini kapsayan çalışmaları da ilave etmişlerdir.

Nie ve Cai (2003), çalışmalarında çelik-beton kompozit kirişlerdeki kesme kaymasının deformasyon üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Test edilen altı adet numunenin ölçümlerini ayrıca basit mesnetli ve sürekli kirişler için mevcut diğer test sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Amerikan yönetmeliğinde, kısmi kompozit kirişlerin gerilme ve sehim hesapları, kaymayı hesaba katmak için etkin kesit modülü ve atalet momentine dayandığını belirterek test sonuçlarında, Amerikan yönetmeliklerine göre hesaplanan tam kompozit kesitlerin etkin kesit modülü ve atalet momentinin, bu çalışmada elde ettikleri değerlere göre daha büyük olduğunu, yani yönetmeliğin bu durumda güvenli tarafta olmadığını belirtmişlerdir.

Chen vd. (2006), çalışmalarında kuvvet-deformasyon ilişkisini kompozit kolonlar bazında öngörmek amacıyla bir modelleme gerçekleştirmişlerdir. Bu durumda çelik gömme kompozit kolon olarak tasarlanan kesitin eksenel basınç kapasitesini de inceleme olanağı sunulmuştur. Modellemenin yapıldığı esnada kesitin içerisinde barındırdığı

malzemeler bakımından bazı kabullerin yapıldığını ifade etmişlerdir. Tüm bu çalışmaların sonucunda çalışmanın amacıyla uyumlu olarak eksenel basınç kapasitesi ve kuvvet-deformasyon ilişkisini uygun bir şekilde öngörülebileceğini dile getirmişlerdir.

Ellobody vd. (2010), çalışmayı kompozit kolonların yüksek sıcaklıklardaki davranışının araştırılması üzerine yapmışlardır. Araştırma süresince oluşturulan kesitlerde zaman-sıcaklık ilişkilerini, zaman-eksenel yer değiştirme ilişkilerini ve yangına karşı dayanıklılıklarını değerlendirmişler ve yapısal çelik oranının artmasının yanı sıra kolon narinlik oranının azalmasıyla birlikte söz konusu kompozit kolonların yangın dayanımının genel olarak arttığını belirtmişlerdir.

Pucinotti vd. (2011), çalışmalarında beton dolgulu borularla güçlendirilmiş çelik-beton kompozit tam dayanımlı bağlantıların, deprem sonrası yangın etkileri altındaki performansını ele almışlardır. 10 deprem testi ve 6 yangın testi üzerinde hem deprem ve yangın güvenliğinin hem de deprem yükleri nedeniyle dayanım azalması yaşayan bağlantının yangına dayanıklılığı üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Çalışma sonucunda kompozit çerçevelerin ve kiriş uçlarının orta sünek davranış sergilediğini, deprem kaynaklı hasarın söz konusu kompozit kolon-kiriş bağlantının yangın dayanımını önemli ölçüde etkilemediğini belirtmişlerdir.

Ertaş (2018), bu çalışma; sisteminde yüksek süneklik seviyesine sahip çelik çerçeve olan yapıların, kompozit kolon çeşitleri ile tasarımlarının yapılması durumunda, gerekli esasları detaylı bir şekilde değerlendirmeyi amaç edinmiştir. Değerlendirme sırasında burkulma boyu yöntemi ve genel analiz yöntemi açısından eşdeğer deprem yükü metodunun daha makul değerler ortaya koyduğunu belirtmiştir. Modal deprem yöntemlerinin ikinci mertebeye olan etkilerinden dolayı iç kuvvetlerin arttığı ifade edilmiştir.

Hadım (2018), kompozit kolon ve dışmerkez çaprazlı sistemler ve yapısal çelik olmak üzere iki tür kesit üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar süresince deprem hesapları gerçekleştirerek çalışma sonucunda bağ kirişlerinde plastik deformasyon oluşup diğer kiriş ve kolonlarda bu durumunun oluşmadığından performans seviyesinin bağ kirişi ile belirlendiğini ifade etmiştir. Ayrıca kompozit kolon ve yapısal çelik gibi bu iki farklı kesitle oluşturulan yapının tasarım aşaması açısından birbirleri ile hatırı sayılır düzeyde bir farklılığının olmadığını dile getirerek çalışmayı tamamlamıştır.

Lacki vd. (2018), çalışmalarında uzunluğu belli olan çelik kolon üzerinden ilerlenmiştir. Basınç ve tek eksenli eğilmeye maruz bırakılan bu kolon H profilinden oluşturulmuştur. Sayısal yöntem neticesinde halihazırdaki çelik kolon yerine kompozit kolon tasarımı yapılmıştır. Modelleme sonrası analizler neticesinde kompozit kolondaki

betonun, yapısal çeliğin ve donatı çeliklerinin gerilmeleri ve yerdeğiştirmeleri, çelik kolonun ise gerilmeleri ve plastikleşme durumları incelenmiştir.

Açıkelli (2019), bu çalışmada kolon ve kiriş olarak kompozit kolon ve kiriş ile perde (boşluksuz) ve kompozit bağ kiriş taşıyıcı sistem elemanlarıyla 15 kat adetinde kullanım amacı ofis olan bir yapı tasarımı gerçekleştirerek doğrusal ve doğrusal olmayan analizini yapmıştır. Bu yapının deprem ve düşey yükler etkisi altında sergilediği davranışı inceleyerek çalışma sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarından kompozit kolonun tüm katlar boyunca sınırlı hasar performans hedefinde olduğunu kirişlerin ise çok az kısmının belirgin hasar düzeyinde olduğunu belirtmiştir. Diğer taşıyıcı elemanlardan bağ kiriş için sınırlı hasar, perdeler için ise %1' den az oranla hasar bölgesine dahil olduğunu göstermiştir. Ancak kiriş ve bağ kirişlerinde betonarme kısmın izin verilen şekil değiştirme sınır koşullarını sağlamamasına rağmen çelik eleman için izin verilen sınır koşulları sağladığını görmüş ve bu durum için betonarme kısma onarım gerekliliği oluşabileceğini dile getirmiştir. Tüm analizler sonucunda yapının performans hedefi olarak kontrollü hasar düzeyini sağladığını ifade ederek çalışmayı tamamlamıştır.

Güler (2019), bu çalışmada Eskişehir ilinde aynı kat planlarına sahip yapıyı üç farklı zemin türünde analizler yapılarak kesitlere etkiyen yükler belirlenmiştir. Bu yük değerleri çerçevesinde kompozit kolon tasarımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda kompozit kolonlu yapının betonarme kolona göre alan bazlı mekan kazanımında etkili olduğu belirtilmiştir. Maliyet açısından minimum kesitli kompozit kolon tercih edilse de betonarme kolona göre ekonomik olmadığını ifade etmiştir.

Lai vd. (2019), bu araştırmada çelik ve beton malzemelerinin yüksek dayanıma sahip olacak şekilde tanımlanması sonucu oluşturulan kompozit kolonların kapasitelerini tahmin etmek için yeni bir tasarım yöntemi üzerine çalışmışlardır. Kompozit kiriş-kolon için doğrusal olmayan bir sonlu eleman modeli geliştirmişler ve Eurocode 4 yönteminin bu çalışma sonucu elde edilen verilerle uygulanabilirliği konusunda incelemelerde bulunmuşlardır. Çalışma sonucunda Eurocode 4 yönteminin, yüksek dayanımlı çelik kullanıldığı takdirde çelik gömme kompozit kolonların dayanımını olduğundan daha fazla tahmin ettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Huang vd. (2019), çalışmalarını yüksek dayanımlı çelik gömme kompozit kolonların yapısal davranışını deneysel ve analitik çalışmayı birleştirerek incelemek için yapmışlardır. Yapılan deneylerde eksenel basınç ve eksantrik basınç altındaki kompozit kolonları incelemişlerdir. Deney sonucunda yüksek dayanımlı çelik gömme kompozit kolonun tepe noktası sonrası gevrek davranış ve düşük süneklik sergilediğini ancak kabul edilebilir basınç dayanımına sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Cisir vd. (2019), çalışmalarında yükleme altında çelik-beton kompozit kiriş-kolon bağlantılarıyla ilgili halka açık bir veri tabanının geliştirilmesini ele almışlardır. Eğilme momenti etkisindeki plastik dayanım ve etkin döşeme genişliğini, Avrupa, Amerikan ve Japonya yönetmeliklerini karşılaştırarak değerlendirmişler ve yapılan analizler sonucunda, Eurocode hükümlerinin, kompozit kirişlerin plastik dönme kapasitelerini gövde incelik oranından bağımsız olarak %50 oranında fazla tahmin ettiğini belirlemişlerdir. Bu nedenle, kompozit çelik kirişlerin plastik dönme kapasitesini, geometrik ve malzeme özelliklerine bağlı olarak daha doğru tahmin edebilmek için ampirik bağıntılar geliştirmişlerdir.

Nasery vd. (2019), çalışmalarında güçlendirilmiş kompozit kolon-çelik kiriş bağlantılarındaki hasarın modal parametreler üzerindeki etkilerini inceleyen deneysel bir çalışmayı sunmuşlardır. Farklı kompozit kolon ve çelik kiriş bağlantı detaylarına sahip beş numune üzerinde çalışmalar yapmışlar, deney sonuçlarında hasarın artmasıyla birlikte doğal frekansların belirgin şekilde azaldığını ifade etmişlerdir.

Uslu vd. (2021), diğer çalışmalardan farklı olarak daha önce tasarımı yapılmış yapının kesit tesirlerinin etkisi altında çelik ve kompozit kolonların birbirlerine göre birim-şekildeğiştirme ve gerilmeleri mukayese edilmiştir. Bu durumda yapı Çelik ve Kompozit kolon olacak şekilde iki farklı kesit ile tasarlanmıştır. Söz konusu yapı olarak 9 kat adetine sahip Los Angeles binasını baz almışlar ve kompozit kolonlar ile yapılan çalışmalar neticesinde süneklilik ve dayanım kapasitelerine göre inceleme yapmışlardır. Dayanımların yönetmelikler arasında çeşitlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Tüm bu çalışmalara ek olarak sonlu elemanlardaki ağ sıklığının, kompozit kolon üzerindeki meydana getirdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Baş (2022), çalışma kapsamında planları aynı olan iki model tanımlamıştır. Modellerin birinde taşıyıcı sistem elamanı olarak çelik kolon diğerinde ise kompozit kolon tercih ederek diğer taşıyıcı sistem elemanları üzerinde herhangi bir değişikliğe gitmemiştir. Taşıyıcı sistem elemanı olarak kolon bazında farklılıkları olan bu iki yapının analiz sonuçları doğrultusunda çelik veya kompozit kolon ile tasarım yapılmasının yapı sistemi üzerindeki taban kesme kuvveti etkisini ve kat deplasmanı gibi değişimleri gözlemlemiştir. Çalışma neticesinde çelik kolon ile yapılan yapının Kompozit kolon ile yapılan yapıya göre kat adetinin artması sonucunda daha fazla deplasman değeri sergilediği sonucuna varmıştır.

Ren vd. (2023), betonarme veya çelik kirişin kompozit kolon ile olan bağlantısını dört adet kolon-kiriş birleşim noktası üzerinde çalışmalar yaparak deprem performansını araştırmışlardır. Çalışma sırasında kiriş donatı oranı, eksenel kuvvet oranı

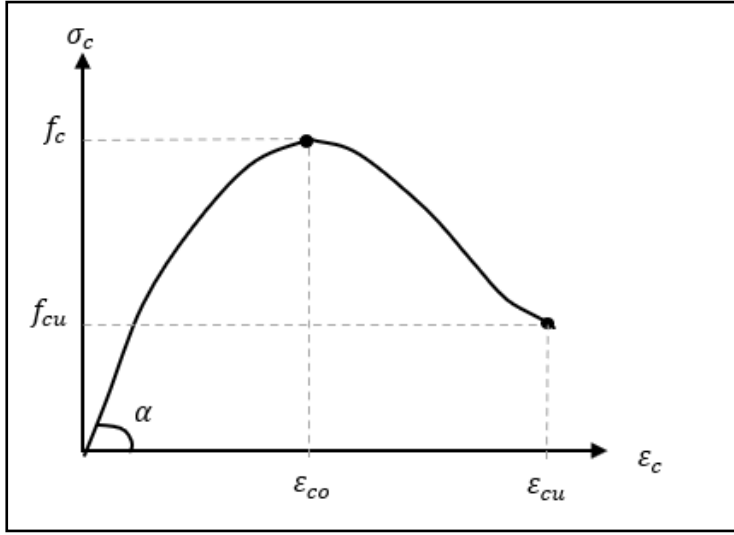
ve kiriş tipinin deprem davranışına etkisi incelemişler ve çalışma sonucunda, önerilen bağlantının tasarım için güvenilir bağlantı sağladığını ve deprem performansını olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

## **1.2. Yapı Tasarımında Malzemeler ve Davranışları**

Günümüz yapı tasarımlarının taşıyıcı sistemlerinde malzeme olarak beton ve çelik kullanımı yaygın olarak tercih edilmektedir. Yapı davranışı açısından yapının ana taşıyıcısını oluşturan bu malzemelerin mekanik özelliklerinin tanınması, yapılarda can güvenliği açısından büyük bir önem oluşturmaktadır. Bu bağlamda malzemelerin oluşturduğu kesitin elastik ve elastik olmayan sınır durumlarının belirlenmesi yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarını anlamlı hale getirmektedir. Yapı malzemelerinin doğrusal değer aralığı içerisinde kuvvet etkisi altında olduğu durumda, meydana getirdiği kesitin herhangi bir deformasyona uğramayıp taşıma gücünde değer kaybı yaşanmazken, doğrusal olmayan değer aralığına geçiş yaptığı esnada kalıcı deformasyona uğramaya başlar ve bu durumun ilerlediği süreçte aşırı deformasyona bağlı olarak göçme meydana gelmektedir.

### **1.2.1. Beton**

Yapı sektörünün vazgeçilmez bir malzemesi haline gelen beton; su, agrega, çimento ve gerekli olduğu durumda diğer katkıların karışımıyla ortaya çıkan yapay bir üründür. Uygulama sırasında akışkan bir kıvamda olması, işlenebilirlik bazında kalıp içerisine rahatlıkla yerleştirilebilmesini ve homojen olarak dağılımını etkiler. Yapısı gereği gevrek bir malzeme olarak nitelendirildiğinden yapı tasarımlarında tek başına kullanılamamaktadır. Kullanılan iç malzemelerin karışım oranlarına ve türüne bağlı olarak uygulama alanı ve dayanımları değişebilir. Maruz kaldığı kuvvet sonucunda gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 9’da sunulmuştur. TBDY-2018’e göre yapılarda en düşük C25 beton sınıfı kullanılabilir. Beton sınıfları ve dayanımları aşağıdaki Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 9. Betonun gerilme- şekildeğiştirme eğrisi

Bu şekilde:

$\sigma_c$  : Gerilmeyi,

$\epsilon_c$  : Şekildeğiştirmeyi,

$\epsilon_{cu}$ : Kesitin kırıldığı andaki birim kısalmayı,

$\epsilon_{co}$ : En yüksek gerilmeye denk gelen birim kısalmayı,

$f_{cu}$ : Ezilme gerilmesini,

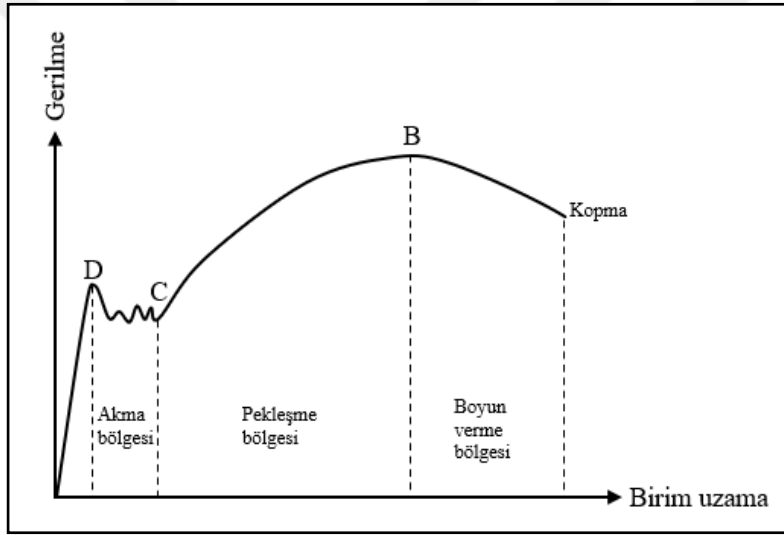
$f_c$  : Dayanımı belirtmektedir.

Tablo 1. Beton sınıfları ve dayanımları

|                                               | Sınıfı | $f_{ck}$ | $f_{ck, \text{ küp}}$ | $f_{cd}$ | $f_{ctk}$ | $f_{ctd}$ |
|-----------------------------------------------|--------|----------|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| Beton Sınıfları<br>(Mpa = N/mm <sup>2</sup> ) | C20/25 | 20       | 25                    | 13.3     | 1.6       | 1.06      |
|                                               | C25/30 | 25       | 30                    | 16.7     | 1.8       | 1.2       |
|                                               | C30/37 | 30       | 37                    | 20       | 1.9       | 1.26      |
|                                               | C35/45 | 35       | 45                    | 23.3     | 2.1       | 1.31      |
|                                               | C40/50 | 40       | 50                    | 26.7     | 2.2       | 1.46      |
|                                               | C45/55 | 45       | 55                    | 30       | 2.3       | 1.53      |
|                                               | C50/60 | 50       | 60                    | 33.3     | 2.5       | 1.66      |
|                                               | C55/67 | 55       | 67                    | 36.2     | 3         | -         |
|                                               | C60/75 | 60       | 75                    | 39.2     | 3.1       | -         |
|                                               | C70/85 | 70       | 85                    | 44.9     | 3.2       | -         |
|                                               | C80/95 | 80       | 95                    | 50       | 3.4       | -         |

### 1.2.2. Donatı Çeliği

Betonarme tasarımın bir parçası olan donatı çeliği, içerisinde bulunduğu kesitin davranışı açısından büyük bir öneme sahiptir. Beton tek başına kullanıldığı takdirde çekme kuvvetine karşı oldukça düşük dayanıma sahip olduğundan kesitteki çekme kuvvetine karşı bu ihtiyacı gidermektedir. Kesit davranışına doğrudan etkide bulunurken yapı ve can güvenliği için vazgeçilmez bir üründür. Bu durumda çeliğin gerilme şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 10’ da görüntülenmiştir. Bu ilişki doğrultusunda donatı gerilme artışına bağlı olarak önce elastik davranış sergilemekte ardından gerilme artışı olmaksızın elastik olmayan duruma geçiş yaparak akma bölgesinde birim uzamaya devam etmektedir. Pekleşme noktasından sonra gerilme artışı ile bir müddet uzamaya devam ederek kopma gerçekleşmektedir.



Şekil 10. Çeliğin gerilme-şekildeğiştirme eğrisi

Bu şekilde;

B: maksimum dayanım değerini,

C: Pekleşme noktasını,

D: Akma noktasını belirtmektedir.

### 1.2.3. Yapısal Çelik

Yapıların büyük açıklıklı kısımlarının tasarımlarında kullanılması tercih edilme sebebidir. Fabrikasyon ortamda belirli normlar altında kutu, boru, I, H ve U gibi kesit halinde üretilmektedir. Aynı zamanda üretilen kesitlerden yapma kesit ortaya çıkarılabilir. Yapısal çeliğe ait dayanım sınıfları aşağıdaki Tablo 2’ de sunulmuştur.

Tablo 2. Yapısal çelik sınıfları ve dayanım parametreleri

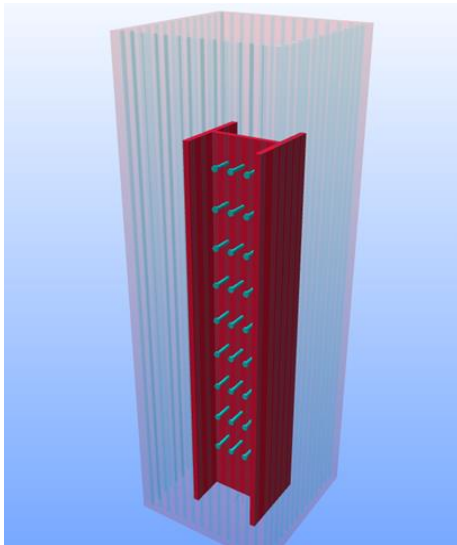
|              |      | Kalınlık (mm)                 |                               |                               |                               |
|--------------|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|              |      | Kalınlık $\leq 40$ mm         |                               | 40mm < Kalınlık $\leq 80$ mm  |                               |
| Çelik Sınıfı |      | $F_y$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $F_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $F_y$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $F_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|              |      |                               |                               |                               |                               |
|              | S235 | 235                           | 360                           | 215                           | 360                           |
|              | S275 | 275                           | 430                           | 255                           | 410                           |
|              | S355 | 355                           | 510                           | 335                           | 470                           |
|              | S450 | 440                           | 550                           | 410                           | 550                           |

### 1.3. Kompozit Elemanlar

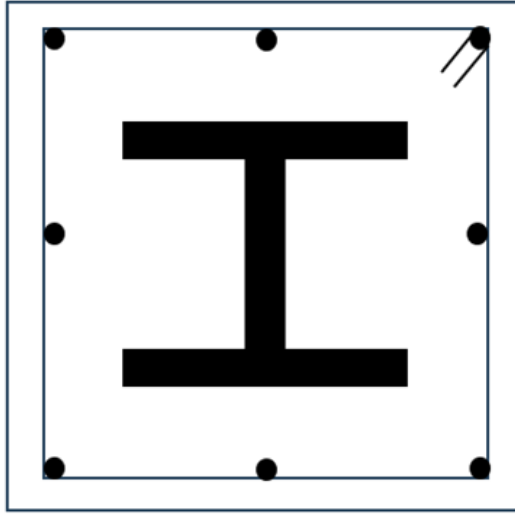
ÇYTHYE -2018' e göre kompozit elemanlar yapısal tasarımlarda çelik gömme kompozit ve beton dolgulu kompozit eleman şeklinde iki başlık altında değerlendirilmektedir. Çelik gömme kompozit elemanlar çelik profilin beton kesit içinde tamamıyla kaplandığı durumdur. Bu durumda çelik profil, kesitin çekme ve basınç dayanımını artırırken yangın ve korozyona karşı da koruma altına alınmıştır. Çelik profil ile beton arasındaki aderansın artırılması amacıyla Şekil 11 görüldüğü üzere ankraj çubukları kullanılmaktadır.

Beton dolgulu kompozit eleman, çelik boru veya kutu profillerin iç kısımlarının beton doldurulmasıyla meydana gelmektedir. Şekil 12' de yukarıda anlatımı yapılan elemanlara ait kesitler görülmektedir.

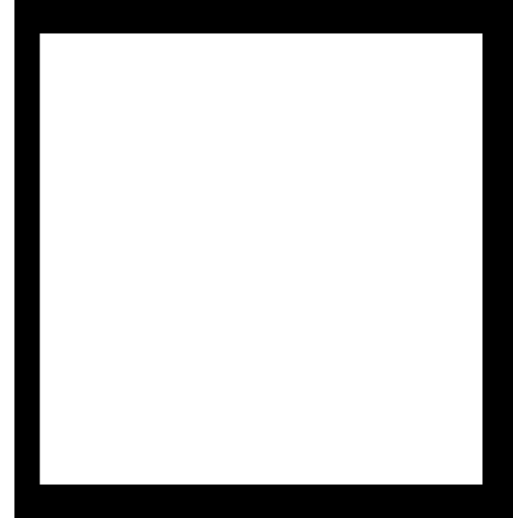
Tez konusunu oluşturan kompozit eleman türü çelik gömme kompozit olduğundan bu başlık altında bu tür elemanların tasarımına yönelik bilgiler sunulmuştur.



Şekil 11. Çelik gömme kompozit elemanda ankraj uygulaması (URL-9).



(a)



(b)

Şekil 12. Çelik gömme kompozit eleman (a) ve beton dolgulu kompozit eleman (b)

### 1.3.1. Çelik Gömme Kompozit Elemanlarda Basınç ve Çekme Etkisi

Basınç veya çekme etkisi, ilgili kesit üzerine dış yüklemeler sonucunda ortaya çıkan bir tür iç kuvvetlerdir. Basınç eleman kesiti sıkışmaya çekme gerilmeleri ise uzamaya zorlamaktadır. Bu durumda kesitin basınç ve çekme dayanımı yapı tasarımı açısından kritik bir değere sahiptir. Çift simetri eksenli kompozit elemanların eksenel basınç etkisi aşağıdaki Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 ile belirlenmektedir.

$$\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \text{ için } P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \text{ için } P_n = 0.877 P_e \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Bu eşitliklerde:

$P_n$  : Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımını,

$P_{no}$  : Çift simetri kesitli kompozit elemanın eksenel yük etkisindeki basınç dayanımını,

$P_e$  : Elastik burkulma yükünü belirtmektedir.

Elastik burkulma yükü ve eksenel yük etkisindeki basınç dayanımı sırasıyla Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır. Eşitlik 3 içerisinde yer alan kompozit kesitin etkin eğilme rijitliği Eşitlik 5 ile bulunmaktadır.

$$P_e = \pi^2 (EI)_e / (L_c)^2 \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$$(EI)_e = E_s I_s + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_c \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Bu eşitliklerde:

$(EI)_e$  : Kompozit kesitin etkin eğilme rijitliğini,

$L_c$  : Burkulma boyunu,

$F_y$  : Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesini,

$F_{ysr}$  : Donatı çeliğinin karakteristik akma gerilmesini,

$A_s$  : Yapısal çeliğin enkesit alanını,

$A_{sr}$  : Donatı çeliğinin alanını,

$A_c$  : Beton alanını,

$f_{ck}$  : Betonun karakteristik basınç dayanımını,

$E_s$  : Yapısal çeliğin elastisite modülünü,

$E_{sr}$  : Donatı çeliğinin elastisite modülü,

$E_c$  : Beton elastisite modülü,

$I_s$  : Yapısal çeliğin atalet momentini,

$I_c$  : Kompozit kesitteki beton kesitin atalet momentini,

$I_{sr}$  : Donatı çeliğinin atalet momentini nitelemektedir.

Eşitlik 5 ile belirlenen etkin eğilme rijitliği hesabında  $C_1$  katsayısı Eşitlik 6 ile hesaplanacaktır.

$$C_1 = 0.25 + 3 \left( \frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right) \leq 0.7 \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Burada  $A_g$  kompozit kesitin toplam alanını ifade etmektedir. Diğer simgeler bir önceki eşitlikte açıklanmıştır.

Kompozit elemanlarda çekme dayanımı etkisini incelenmek üzere aşağıdaki Eşitlik 7 kullanılmaktadır.

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

### 1.3.2. Kesme Kuvveti Dayanımı

Maruz kalınan kuvvetlere göre kesit içerisinde oluşan kuvvet yönüne paralel düzlemler birbirleri ile ilişkilidirler. Sonsuz küçüklükteki herhangi iki düzlem, üzerlerine etkiyen kuvvetlere karşı birbirinden bağımsız şekilde bir direnç sergilediklerinde kesme etkisi yaratmaktadırlar. Özellikle günümüz yapı sektörünün en önemli malzemelerinden olan beton, gevrek yapısıyla kesme kuvvetine karşı direnci oldukça düşüktür. Beton içerisine yerleştirilen enine donatılar ile bu dirence karşı dayanımın artırılması sağlanmaktadır. Tüm taşıyıcı elemanlarda olduğu gibi kesme kuvveti etkisi çelik gömme kompozit elemanlar için de geçerlidir. Bu durumda kesme kuvveti kontrolü sadece çelik enkesit üzerinden ya da betonarme kesit üzerinden hesaplanabilir. Çelik enkesiti için başlık alanı ve gövde alanı üzerinden hesaplanmaktadır. Bu tez kapsamında sadece çelik eleman için mevcut kesme kuvveti dayanımı üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

### 1.3.3. Eğilme Momenti Etkisi

Eğilme momenti taşıyıcı sistem elemanının yapı sisteminde bulunduğu konuma göre sadece üzerine etkiyen yükler sonucunda ya da bu yüklere ek olarak kendi ağırlığı ile birlikte ortaya çıkan yüklerin, eleman üzerindeki herhangi bir kesiti eğilmeye zorlayan bir iç kuvvet türüdür. Yapısal tasarımlarda deprem etkisi esnasında yapı ve insan sağlığı için büyük bir öneme sahiptir. Bu durumda bu iç kuvvete karşı kesitin eğilmeye karşı gösterdiği direnç hesaplamaları ve kapasiteleri yapı tasarımlarında tüm hesaplamalarda olduğu gibi önem arz etmektedir.

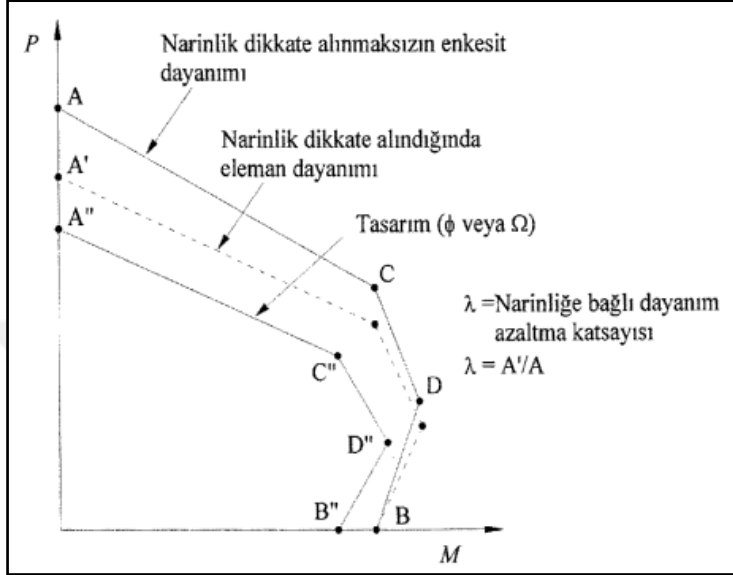
Eğilme momenti dayanımı kesit boyutlarına, malzeme dayanımlarına ve malzeme çeşidine göre değişkenlik göstermektedir.

Çelik gömme kompozit elemanların eğilme momenti dayanımı  $M_n$ , çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Bu durumda ÇYTHYE-2018 Bölüm 12.4.3' e göre akma sınır durumunda eğilme momenti dayanımı aşağıda verilen üç farklı yöntemin biriyle hesaplanmaktadır.

- Plastik gerilme yayılışının yalnızca çelik eleman üzerinde dikkate alınarak belirlenen çelik eleman enkesitinin tümüyle plastikleştiği andaki moment aracılığıyla.
- Plastik gerilme yayılışı ve şekil değiştirme uygunluk metodu çerçevesinde kompozit eleman kesitinin tamamının plastikleştiği andaki moment aracılığıyla.
- Kalıcı olmayan desteklerin yapım süresince tesiri altında, kompozit en kesitin elastik gerilme dağılımı yöntemiyle elde edilen akma momenti ile.

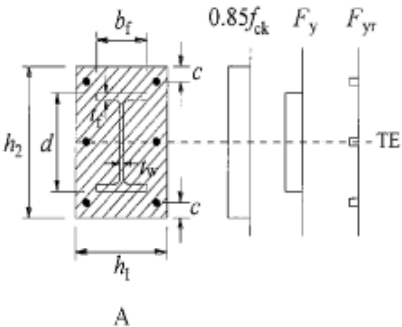
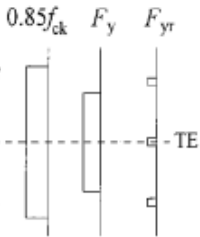
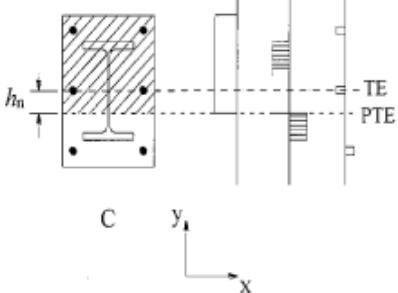
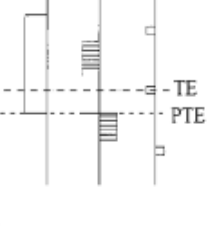
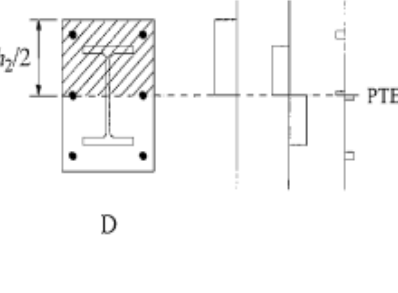
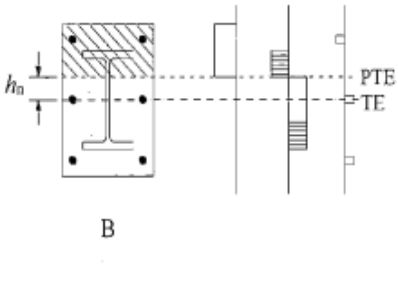
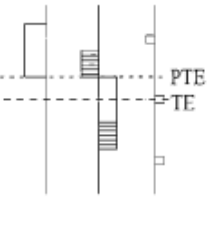
### 1.3.4. Geliştirilmiş Etki Diyagramı ile Eksenel Kuvvet ve Eğilme Momenti Birleşik Etkisi

Çift simetri eksenine sahip kompozit elemanların eksenel kuvvet ve eğilme momenti birleşik etkileşimi, geliştirilmiş karşılıklı etki diyagramı ile belirlenmektedir. Bu diyagram Şekil 13’ te görülmektedir.

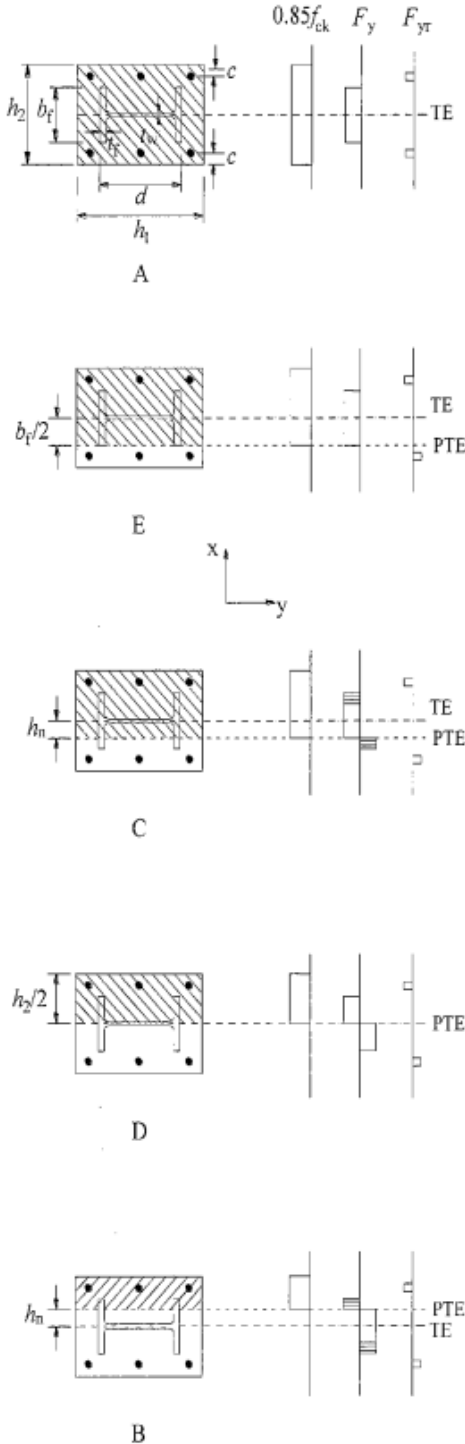


Şekil 13. Karşılıklı etki diyagramı (ÇYTHYE, 2018).

Şekil 13’ te görülen A, B, C, D noktaları Şekil 14 ve Şekil 15’ te verilen hesaplamalarla belirlenmektedir. Bu noktadaki karşılık gelen değerler yapı elemanın narinliği dikkate alınmaksızın formüllendirilmiştir. Bu durumdan dolayı narinliğe bağlı dayanım azaltması için gerekli katsayı Şekil 13 içerisinde gösterilmiştir.

| Kesit                                                                                        | Gerilme Yayıllışı                                                                   | Nokta | Dayanım Denklemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>A</p>   |    | A     | $P_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_{ck} A_c$<br>$M_A = 0$<br>$A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$<br>$A_s$ : Çelik enkesit alanı<br>$A_{sr}$ : Boyuna donatı alanı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                              |                                                                                     | C     | $P_C = 0.85 f_{ck} A_c$<br>$M_C = M_B$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                              |                                                                                     | D     | $P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$<br>$M_D = W_{px} F_y + W_r F_{yr} + \frac{W_c}{2} (0.85 f_{ck})$<br>$W_r = (A_{sr} - A_{srn}) \left( \frac{h_2}{2} - c \right)$<br>$W_c = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{px} - W_r$<br>$W_{px}$ : Çelik enkesitin x-eksenine göre plastik mukavemet momenti<br>$A_{srn}$ : Simetri eksenindeki boyuna donatı alanı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  <p>C</p>   |    | B     | $P_B = 0$<br>$M_B = M_D - W_{sn} F_y - \frac{1}{2} W_{cn} (0.85 f_{ck})$<br>$W_{cn} = h_1 h_n^2 - W_{sn}$<br>$\left( h_n \leq \frac{d}{2} - t_f \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_{srn}) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - t_w) + 2 F_y t_w]}$<br>$W_{sn} = t_w h_n^2$<br>$\left( \frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - db_f + A_{srn}) - 2 F_y (A_s - db_f) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$<br>$W_{sn} = W_{px} - b_f \left( \frac{d}{2} - h_n \right) \left( \frac{d}{2} + h_n \right)$<br>$\left( h_n > \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s + A_{srn}) - 2 F_y A_s - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$<br>$W_{sn} = W_{px}$ |
|  <p>D</p>  |   |       | $P_B = 0$<br>$M_B = M_D - W_{sn} F_y - \frac{1}{2} W_{cn} (0.85 f_{ck})$<br>$W_{cn} = h_1 h_n^2 - W_{sn}$<br>$\left( h_n \leq \frac{d}{2} - t_f \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_{srn}) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - t_w) + 2 F_y t_w]}$<br>$W_{sn} = t_w h_n^2$<br>$\left( \frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - db_f + A_{srn}) - 2 F_y (A_s - db_f) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$<br>$W_{sn} = W_{px} - b_f \left( \frac{d}{2} - h_n \right) \left( \frac{d}{2} + h_n \right)$<br>$\left( h_n > \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s + A_{srn}) - 2 F_y A_s - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$<br>$W_{sn} = W_{px}$ |
|  <p>B</p> |  |       | $P_B = 0$<br>$M_B = M_D - W_{sn} F_y - \frac{1}{2} W_{cn} (0.85 f_{ck})$<br>$W_{cn} = h_1 h_n^2 - W_{sn}$<br>$\left( h_n \leq \frac{d}{2} - t_f \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_{srn}) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - t_w) + 2 F_y t_w]}$<br>$W_{sn} = t_w h_n^2$<br>$\left( \frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - db_f + A_{srn}) - 2 F_y (A_s - db_f) - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$<br>$W_{sn} = W_{px} - b_f \left( \frac{d}{2} - h_n \right) \left( \frac{d}{2} + h_n \right)$<br>$\left( h_n > \frac{d}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s + A_{srn}) - 2 F_y A_s - 2 F_{yr} A_{srn}}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$<br>$W_{sn} = W_{px}$ |

Şekil 14. Çelik gömme kompozit elemanda kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme (ÇYTHYE, 2018).

| Kesit                                                                                                                           | Gerilme Yayılımı | Nokta | Dayanım Denklemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>A</p> <p>E</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>B</p> |                  | A     | $P_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_{ck} A_c$<br>$M_A = 0$<br>$A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$<br>$A_s$ : Çelik enkesit alanı<br>$A_{sr}$ : Boyuna donatı alanı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                 |                  | E     | $P_E = A_s F_y + (0.85 f_{ck}) \left[ A_c - \frac{h_1}{2} (h_2 - b_1) + \frac{A_{sr}}{2} \right]$<br>$M_E = M_D - W_{se} F_y - \frac{W_{ce}}{2} (0.85 f_{ck})$<br>$W_{se} = W_{py}$<br>$W_{ce} = \frac{h_1 b_1^2}{4} - W_{se}$<br>$W_{py}$ : Çelik enkesitin y-eksenine göre plastik mukavemet momenti                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                 |                  | C     | $P_C = 0.85 f_{ck} A_c$<br>$M_C = M_B$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                 |                  | D     | $P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$<br>$M_D = W_{py} F_y + W_r F_{yr} + \frac{W_c}{2} (0.85 f_{ck})$<br>$W_r = A_{sr} \left( \frac{h_2}{2} - c \right)$<br>$W_c = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{py} - W_r$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                 |                  | B     | $P_B = 0$<br>$M_B = M_D - W_{se} F_y - \frac{1}{2} W_{ce} (0.85 f_{ck})$<br>$W_{ce} = h_1 h_n^2 - W_{se}$<br>$\left( \frac{t_w}{2} < h_n \leq \frac{b_1}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - 2t_f b_f) - 2F_y (A_s - 2t_f b_f)}{2[4t_f F_y + (h_1 - 2t_f) 0.85 f_{ck}]}$<br>$W_{se} = W_{py} - 2t_f \left( \frac{b_f}{2} + h_n \right) \left( \frac{b_f}{2} - h_n \right)$<br>$\left( h_n > \frac{b_f}{2} \right)$ için<br>$h_n = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s) - 2F_y A_s}{2[0.85 f_{ck} h_1]}$<br>$W_{se} = W_{py}$ |

Şekil 15. Çelik gömme kompozit kolonda zayıf eksen etrafında bileşik eğilme (ÇYTHYE, 2018).

## **1.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e Göre Tasarım Esasları**

### **1.4.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri**

Deprem yer hareketi düzeyleri yapıların emniyetli bir biçimde tasarlanabilmesi amacıyla zemin hareketlerinin çeşitli ihtimallerle kategorilere ayrıldığı bir terimdir. Yönetmelikte dört adet deprem yer hareket düzeyi tanımlanmış ve aşağıdaki maddelerde gösterilmiştir.

- DD-1, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %2 olduğu ve bu duruma tekabül eden tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.
- Standart tasarım deprem yer hareketi olarak da bilinen DD-2 deprem yer hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %10 olan ve bu duruma tekabül eden tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.
- DD-3 deprem yer hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %50 olan ve bu duruma tekabül eden tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini belirtmektedir.
- Servis hareketi şeklinde de ifade edilen DD-4, spektral büyüklüklerin 50 yıl içerisindeki aşılma ihtimalinin %68 olan ve bu duruma tekabül eden tekrar aralığı 43 yıl olan yer hareketini belirtmektedir.

### **1.4.2. Zemin Sınıfları Etkisinde Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları**

Zemin yapısı gereği değişken bir bileşendir. Bu değişkenlik belirli parametrelere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma sonucunda kum, kil, silt, çakıl ve kaya gibi farklı zemin türleri tanımlanmaktadır. TBDY-2018' e göre aşağıdaki Şekil 16' da görüldüğü üzere zeminler toplamda altı çeşit olmak üzere sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan bu zeminler (kum, kil, vb.) yapı ile temas halinde olduğundan yapının deprem davranışını doğrudan etkilemektedir. Bu durumdan dolayı yapı inşa edilmeden önce bu sınıflandırmaya bağlı olarak gerekli görüldüğü halde zemin iyileştirme uygulamasına başvurulmaktadır.

| Zemin Sınıfı | Zemin Cinsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (V <sub>s</sub> ) <sub>30</sub><br>[m/s] | (N <sub>60</sub> ) <sub>30</sub><br>[darbe /30 cm] | (c <sub>u</sub> ) <sub>30</sub><br>[kPa] |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| ZA           | Sağlam, sert kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | > 1500                                   | –                                                  | –                                        |
| ZB           | Az ayrılmış, orta sağlam kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 760 – 1500                               | –                                                  | –                                        |
| ZC           | Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 360 – 760                                | > 50                                               | > 250                                    |
| ZD           | Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 180 – 360                                | 15 – 50                                            | 70 – 250                                 |
| 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 <sub>u</sub> < 25 kPa) içeren profiller                                                                                                                                                                                                                                                                                  | < 180                                    | < 15                                               | < 70                                     |
| ZF           | Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:<br>1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killler, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),<br>2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killler,<br>3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI > 50) killler,<br>4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killler. |                                          |                                                    |                                          |

Şekil 16. Zemin sınıfları

Deprem oluştuğu esnada yeryüzündeki sarsıntının yapı üzerindeki etkisini ortaya çıkarabilmek için kullanılan spektral ivme katsayıları yerel zemin sınıfına ve Tablo 3 ve 4’te verilen katsayılarla bağlı olarak hesaplanır. Bu katsayılar zeminin sismik davranışını ortaya çıkarmak suretiyle yönetmelikçe kısa ve 1.0 saniye periyot için iki farklı tabloda tanımlanmıştır.

Tablo 3. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı (TBDY, 2018).

| Yerel Zemin Sınıfı | $S_s \leq 0.25$                | $S_s = 0.50$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.00$ | $S_s = 1.25$ | $S_s \geq 1.50$ |
|--------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| 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             |
| 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                 | Yerine özel analiz gereklidir. |              |              |              |              |                 |

**Tablo 4. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki sınıfı katsayıları (TBDY, 2018).**

| 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                 | Yerine özel analiz gereklidir.                           |              |              |              |              |                 |

Tablolardaki  $S_s$ , kısa periyot için harita spektral ivme katsayısını,  $S_1$  ise 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısını nitelemektedir. Tasarım spektral ivme katsayıları aşağıda gösterilen Eşitlik 8 ve Eşitlik 9 ile hesaplanmaktadır.

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (\text{Eşitlik 9})$$

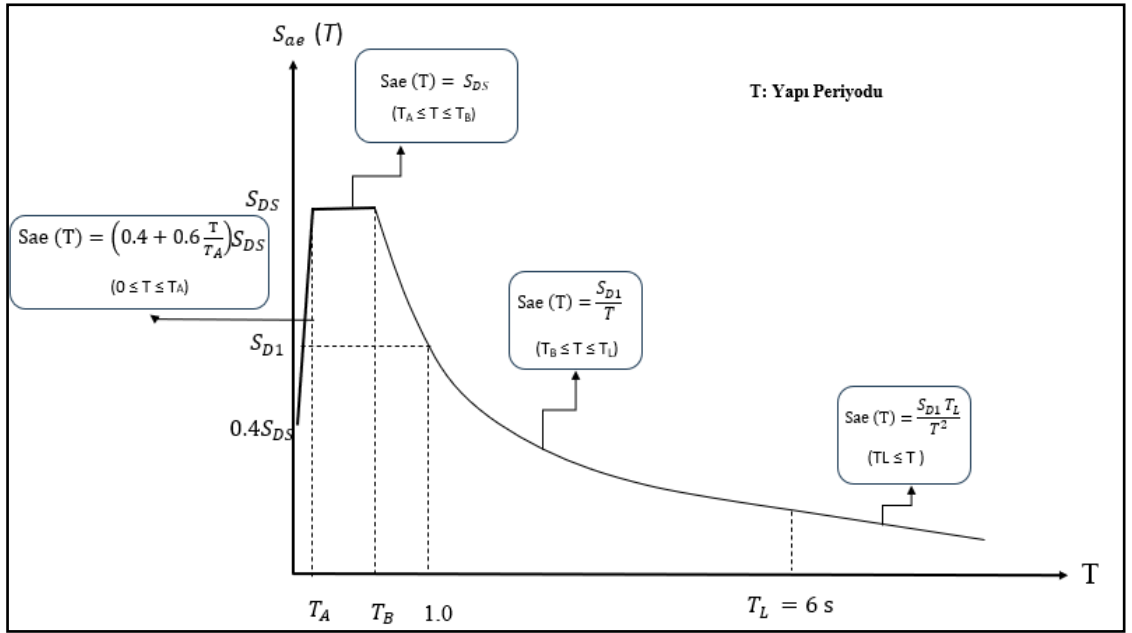
Bu eşitliklerde:

$F_1$ : 1.0 Saniye periyot için yerel zemin etki katsayısını,

$F_s$ : Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısını nitelemektedir.

#### **1.4.2.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu**

Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{ae}(T)$ , kısa ve 1.0 saniye periyot için hesaplanan  $S_{D1}$  ve  $S_{DS}$  ile yapının periyoduyla ilişkili olarak belirlenir. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri, yatay elastik tasarım spektrumunun ordinatlarını oluşturmaktadır. Spektrum üzerindeki spektral ivmeler periyoda bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu durum Şekil 17' de gösterilmiştir.



Şekil 17. Yatay elastik tasarım spektrumu

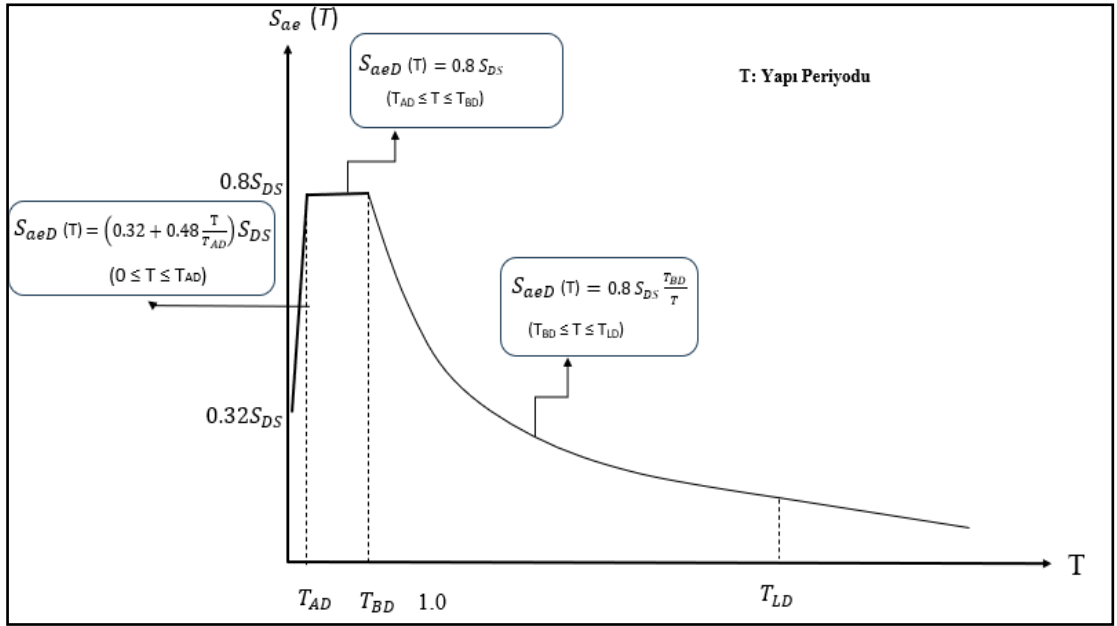
$T_A$  ve  $T_B$  Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotlarıdır, Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile hesaplanmaktadır.  $T_L = 6$  saniyedir.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (\text{Eşitlik 10})$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (\text{Eşitlik 11})$$

#### 1.4.2.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Deprem yatayda etkidiği gibi düşey doğrultuda da etkiyebilir. Bu durumu nitelemek için, düşey elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{aed}(T)$  yatay elastik tasarım spektral ivmelerinden kısa periyot için hesaplanan tasarım spektral ivme ve doğal titreşim periyodu yardımıyla yer çekimi ivmesi (g) şeklinde tanımlanır. Bu durum Şekil 18 üzerinde detaylandırılmıştır.



Şekil 18. Düşey elastik tasarım spektrumu

Burada  $T_{AD}$ ,  $T_{BD}$  ve  $T_{LD}$  Eşitlik 12-14 ile hesaplanmaktadır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad (\text{Eşitlik 12})$$

$$T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad (\text{Eşitlik 13})$$

$$T_{LD} = \frac{T_L}{3} \quad (\text{Eşitlik 14})$$

### 1.4.3. Deprem Etkisindeki Yapıların Değerlendirilmesi

TBDY-2018 Bölüm 3' te yapı tasarımında izlenecek bazı adımlar bir takım sınıflandırma yapılarak detaylıca açıklanmıştır. Bu sınıflandırmalar yapının yapılacağı yerin depremselliğine, kullanım amacına ve yüksekliğine göre belirlenmiştir. Sınıfı belli olan yapıların değerlendirme / tasarım yaklaşımı belirlenerek ilgili yaklaşıma karşılık gelen performans hedeflerini sağlanmalı ve yine Bölüm 3' te anlatılan düzensizlikler için izin verilen sınır koşullar içerisinde yer almalıdır.

#### 1.4.3.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Binam Önem Katsayısı

Yapılar kullanım amacına göre bina kullanım sınıfına ayrılmakta ve bu sınıflandırmada bina önem katsayısı belirlenmektedir. Örneğin bir yapı; okul ya da konut olarak tasarlanacaksa burada bina önem katsayısı ve bina kullanım sınıfı ikisi için de

değişmektedir. Bu durum da sırasıyla tasarım yaklaşımını ve performans hedefini etkilemektedir. TBDY-2018' e göre aşağıdaki Tablo 5' te bu değerler açıklanmıştır.

Tablo 5. Bina kullanım sınıfı ve Bina önem katsayıları (TBDY, 2018).

| Bina Kullanım Sınıfı | Binanın Kullanım Amacı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bina Önem Katsayısı (I) |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| BKS = 1              | Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar<br><b>a)</b> 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)<br><b>b)</b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.<br><b>c)</b> Müzeler<br><b>d)</b> Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | 1.5                     |
| BKS = 2              | İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar<br>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1.2                     |
| BKS = 3              | Diğer binalar<br>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1.0                     |

#### 1.4.3.2. Deprem Tasarım Sınıfları

Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı bilinen yapının deprem tasarım sınıfı, deprem yer hareketi düzeylerinden DD-2 için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme yardımıyla Tablo 6' da belirlenmektedir.

Tablo 6. Deprem tasarım sınıfı (TBDY, 2018).

| DD-2 Deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot 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    |
| $0.75 \leq S_{DS}$                                                                           | DTS = 1a             | DTS = 1    |

#### 1.4.3.3. Bina Yükseklik Sınıfları

Bina yüksekliği tasarım hesaplarında sonuç belirleyici etkenlerin en önemlilerinden biri olarak sayılabilir. Yapı ağırlığının ve rüzgâr yüklerinin temas yüzeyinin artması doğrultusunda yapı saçak seviyesi kot olarak yükseldikçe salınım

hareketlerinin değeri artacağından bu durum sonucunda oluşacak dinamik davranış tasarım aşamasında yapı güvenliği açısından en etkili unsur haline gelecektir. Bu durum sonucunda oluşabilecek tepe yer değiştirme değerlerinin fazlalaşarak yönetmelikçe izin verilen sınır koşullarının uygulanabilirliği kesit hesaplarına yansımaktadır. Dolayısıyla yapılar güvenli bir şekilde tasarlanabilmesi amacıyla yüksekliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma TBDY-2018’ de Deprem tasarım sınıfı ve yükseklikleri ile ilişkili bir şekilde belirlenmiştir (Tablo 7). Deprem tasarım sınıfı 1, 1a, 2 ve 2a olup 70 metre üzeri olan yapılar, Deprem tasarım sınıfı 3, 3a olup 91 m üzeri olan yapılar ve Deprem tasarım sınıfı 4, 4a olup 105 m üzeri olan yapılar BYS=1 olarak nitelendirilmiş ve yüksek yapı ünvanını almışlardır.

**Tablo 7. Bina yükseklik sınıfı (TBDY, 2018).**

| Bina<br>Yükseklik Sınıfı | Bina yükseklik sınıfları ve Deprem tasarım sınıflarına göretanımlanan 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                  | $H_N \leq 7$                                                                                        | $H_N \leq 10.5$        |                     |

#### 1.4.4. Düzensizlikler

Tabiatıta olduğu gibi yapı sistemi içerisindeki elemanların da kendileri arasında bir adaptasyon olduğu söz konusudur. Bu adaptasyon yapılar için bazı sınır değerlere indirgenmiştir. Sınır değerlere uymayan yapılarda düzensizlikler olduğu kabul edilir. TBDY-2018 ‘e göre düzensizlikler Planda Düzensizlik Durumu ve Düşeyde Düzensizlik Durumu şeklinde iki başlık altında toplanmıştır. Planda düzensizlik durumları sırasıyla; Burulma düzensizliği (A1), Döşeme süreksizlikleri (A2) ve Planda çıkıntılar bulunması (A3) şeklinde ifade edilmektedir. Düşeyde düzensizlik durumu ise Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat), Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat) ve Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği şeklindedir.

#### 1.4.4.1. Planda Düzensizlik Durumları

Yapının kat hizasındaki rijitlik merkezi ile kütle merkezinin farklı konumlarda olması sonucunda planda düzensizlik durumlarından burulma düzensizliği oluşabilmektedir. Deprem kuvvetleri kütle merkezine etkiğinde yapının rijitlik merkezinde burulma momenti oluştuğundan bu düzensizlik türü meydana gelmektedir. Bu durum TBDY-2018’ de tanımlanmış ve burulma düzeyi sınırlandırılmıştır.

Burulma düzensizliği; Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$ ’ nin 1.2’den büyük olması durumuyla oluştuğu kabul edilir.

Döşeme süreksizlikleri (A2): Döşemeler yapı sisteminin davranışını etkileyen temel faktörlerdendir. Deprem kuvvetleri kirişlere döşemeler tarafından aktarılır. Bu düzensizlik durumu plandaki boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması halinde meydana geldiği kabul edilmektedir.

Planda çıkıntılar bulunması (A3): Yapı üzerine etkileyen depremin etkisini artırabilen bu düzensizlik durumu, plandaki X ve Y doğrultularında çıkıntı yapan bölüm boyutunun, ilgili katın aynı doğrultularındaki planın toplam boyutunun %20’ sinden büyük olduğunda meydana gelen düzensizlik çeşididir.

#### 1.4.4.2. Düşeyde Düzensizlik Durumu

Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat): Yapıdaki düşey taşıyıcı sistem elemanlarının ve duvarların üst katlarda kesitlerinin değişmesiyle meydana gelen bir durumdur. İlgili deprem doğrultusunda kesitlerin etkili kesme alanlarının görelî olarak alt katın üst kata olan oranıyla hesaplanmaktadır. Bu oran 0.80 üzerindeyse komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat) oluştuğu kabul edilir.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat): Bu düzensizlik durumu yapıda oluşan deplasmanlardan hesaplanmaktadır. Alt katın görelî kat öteleme oranı ile bir üst katın görelî kat öteleme oranının birbirine olan oranlarının 2’den büyük olmasıyla meydana geldiği kabul edilir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği: Yapı sağlığı açısından düşey taşıyıcı elamanların tüm katlar boyunca ilgili eksenlerinde devamlılığı büyük önem arz etmektedir. TBDY-2018 Bölüm 3.6.2.4’ te de açıkladığı üzere hiçbir zaman perdelerin herhangi bir katta giriş ve kolonun üzerine oturtulmasına izin verilmemektedir.

## 1.5. Binaların Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları

### 1.5.1. Performans Düzeyleri

Bina performans düzeyleri; Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi, Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi, Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi ve Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

Kesintisiz kullanım performans düzeyi (KK): Taşıyıcı sistem elemanlarında ihmal edilebilir derecede hasar durumuna ya da hasarın hiç oluşmadığı duruma karşılık gelen performans düzeyidir.

Sınırlı hasar performans düzeyi (SH): Taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasar olduğu veya doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar seviyesine denk gelen performans düzeyidir.

Kontrollü hasar performans düzeyi (KH): Can güvenliğini sağlamak için hasarın çok ağır olmaması kaydıyla izin verilen performans seviyesine karşı gelmektedir.

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi (GÖ): Taşıyıcı sistem elemanlarında ağır hasarın ileri düzeyde meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

### 1.5.2. Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları

Yapı tasarımında uygulanacak tasarım yaklaşımı, yapının yeni veya eski oluşuna, yüksek yapı olup olmamasına, deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak belirlenmektedir. Toplamda iki çeşit değerlendirme mevcuttur. Bunlar DGT yaklaşımı ve ŞGDT yaklaşımı şeklinde ifade edilmektedir. Yüksek binaların tasarım yaklaşımı ve performans hedefi seçimi Tablo 8’ de gösterilmektedir.

Tablo 8. Yeni yapılacak veya mevcut yüksek binaların tasarım yaklaşımı ve performans hedefleri (TBDY, 2018).

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

## **1.6. Dayanıma Göre Tasarım İçin Hesap Kriterleri**

### **1.6.1. Dayanıma Göre Tasarım**

Mühendislikte tasarım yaklaşımı olarak kullanılan dayanıma göre tasarım, yapının üzerine etkiyeceği kuvvetlere karşı dayanabilecek şekilde boyutlandırılmasını ifade etmektedir. Bu durumda esas olan şey yapı üzerine etkiyen yatay ve düşey kuvvetlerdir. Dayanıma göre tasarım yaklaşımı TBDY-2018'e göre özetle açıklanacak olursa; sistemin süneklik kapasitesine göre gelen azaltılmış deprem yükleri ortaya çıkarılır, bu deprem yükleriyle doğrusal deprem hesabı yapılarak azaltılmış iç kuvvetleriyle dayanım talepleri oluşturulur. Daha sonra dayanım talepleri ile istenilen performans hedefi için hesaplanan iç kuvvet kapasiteleri mukayese edilir. Göreli kat ötelemeleri izin verilen sınır koşulu sağlıyor ve iç kuvvet kapasiteleri dayanım taleplerini karşılıyor ise sistem analizi tamamlanıp tasarım sonlandırılır.

### **1.6.2. Yapı tasarımında Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı**

Tasarımlarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) yapının titreşim periyoduna ve yatay elastik tepki spektrumunun köşe periyoduna bağlı olarak deprem yükü azaltma katsayısının ( $R_a(T)$ ) belirlenmesinde kullanılır. R katsayısı esasen yapının süneklik seviyesini ifade etmektedir. Katsayı değeri arttıkça deprem anında enerji yutabilme kapasitesinin arttığı söylenebilir. Bu katsayı bina sisteminde kullanılan taşıyıcı elemanların türüne, süneklik düzeyine ve bina yükseklik sınıfına göre belirlenir. Dayanım fazlalığı katsayısı (D); akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır.

R ve D katsayıları TBDY-2018' de çelik bina, hafif çelik bina ve betonarme yapılar için betonun imalat süreciyle ilişkili olmak üzere toplamda dört ana başlık altında gösterilmiştir. Kompozit kolonlu sistemlerde TBDY-2018'e göre çelik bina taşıyıcı sistemlerinden R ve D katsayısı seçimi yapılacaktır. Bu durum bir sonraki bölümde belirtilmektedir.

### **1.6.3. R ve D Katsayılarının Belirlenmesi**

TBDY-2018' e göre çelik bina taşıyıcı sistemleri için R ve D değerleri aşağıdaki Tablo 9' da gösterilmiştir.

Tablo 9. Çelik taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı sistem davranış katsıyısı ve Dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY, 2018).

| Bina Taşıyıcı Sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                 | R | D   | İzin verilen bina yükseklik sınıfları |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|---------------------------------------|
| <b>C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |   |     |                                       |
| <b>C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |   |     |                                       |
| <b>C11.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyiyüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar                                                                                                                                                                                 | 8 | 3   | $BYS \geq 3$                          |
| <b>C12.</b> Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkezveya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar                                                                                                                                   | 8 | 2.5 | $BYS \geq 2$                          |
| <b>C13.</b> Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar                                                                                                                                                                     | 5 | 2   | $BYS \geq 4$                          |
| <b>C14.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelikçerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar   | 8 | 3   | $BYS \geq 2$                          |
| <b>C15.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelikçerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerveya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar                                                    | 6 | 2.5 | $BYS \geq 2$                          |
| <b>C16.</b> Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar                                                                                                   | 4 | 2   | –                                     |
| <b>C2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |   |     |                                       |
| <b>C21.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar | 6 | 2.5 | $BYS \geq 4$                          |
| <b>C22.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerveya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar                                                  | 5 | 2   | $BYS \geq 4$                          |
| <b>C3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |   |     |                                       |
| <b>C31.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyisınırlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar                                                                                                                                                                                | 4 | 2.5 | $BYS \geq 7$                          |
| <b>C32.</b> Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar                                                                                                                                                                             | 3 | 2   | $BYS = 8$                             |
| <b>C33.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelertarafından birlikte karşılandığı binalar                                                                                                          | 4 | 2   | $BYS \geq 7$                          |

### 1.6.3.1. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

R ve D katsayılarının seçimini bazı hususlar etkilemektedir. Bu hususlar aşağıda özetlenmiştir.

- TBDY-2018 Bölüm 3.3.1 koşulunu sağlayan rijit perdeli bodruma sahip binaların, bodrum katın olduğu bölüm için  $D=1.5$  ve  $(R/I) = 2.5$  esas alınacaktır.
- Betonarme perdeli veya çelik çaprazlı binalarda tek bir perdeye veya çelik çaprazlı çerçeveye etkiyen taban devrilme momenti  $M_{DEV}$  aynı doğrultuda binanın tamamı için deprem yüklerinden oluşan toplam taban devrilme momenti  $M_o$ ' ın  $1/3$ ' ünden fazla olursa R yerine  $(4/5)$  R hesaplarda esas alınacaktır.
- Yapının herhangi bir dış aksında perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti  $M_{DEV}$  ilgili doğrultudaki binanın tamamı için deprem yüklerinden oluşan toplam taban devrilme momenti  $M_o$ ' ın  $1/6$ 'sından az olursa R yerine  $(4/5)$  R esas alınacaktır.
- Betonarme perdelerin tabanında deprem etkileri sonucunda oluşan devrilme momentlerinin toplamı, aynı etkiyle binanın tümü için hesaplanan toplam taban devrilme momentinin %40'ı ile %75'i arasında olmalıdır.

### 1.6.4. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Deprem yüğü azaltma katsayısı  $R_a(T)$ , Bölüm 1.6.2' de açıklanan R ve D katsayıları yardımıyla Eşitlik 15 ve Eşitlik 16 ile hesaplanmaktadır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (\text{Eşitlik 15})$$

$$R_a(T) = D + \left( \frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (\text{Eşitlik 16})$$

### 1.6.5. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

#### 1.6.5.1. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T)$ , yatay elastik tasarım spektral ivmesinin  $S_{ae}(T)$  Bölüm 1.6.4' te anlatılan  $R_a(T)$ ' ye bölünmesiyle oluşur. Bu ilişki Eşitlik 17' de gösterilmiştir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ac}(T)}{R_a(T)} \quad (\text{Eşitlik 17})$$

#### 1.6.5.2. Düşey Deprem Etkisi

Düşey doğrultudan gelen sismik etkininin yapıya tanımlanması o yapıyı oluşturan elemanların boyutu, konumu ve şekline bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu kriterlere ait detaylar aşağıda açıklanmıştır. Bu kapsamdaki yapılara düşey deprem etkisi  $E_d^{(Z)}$ , Eşitlik 18’ de sabit yük etkisi (G) ile ilişkili olarak tanımlanacaktır.

- Kiriş uzunluğu,  $l_b < 20\text{m}$  olan,
- Konsol uzunluğu  $< 5\text{m}$  olan,
- Kolonları eğimsiz olan,
- Kolonları her zaman alt kattaki kolon üzerinden devam eden binalar.

$$E_d^{(Z)} = (2/3) S_{DS} G \quad (\text{Eşitlik 18})$$

#### 1.6.5.3. Birbirine Dik Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

X ve Y doğrultusundaki deprem etkileri yönleri de esas alınarak aşağıdaki Eşitlik 19 ve Eşitlik 20 ile birleştirilmektedir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \quad (\text{Eşitlik 19})$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (\text{Eşitlik 20})$$

Bu eşitlikte:

$E_d^{(X)}$ : X doğrultusunu,

$E_d^{(Y)}$ : Y doğrultusunu,

$E_d^{(H)}$ : Birleştirilmiş tasarıma esas yatay deprem etkisi nitelemektedir.

#### 1.6.5.4. Yatay ve Düşey Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Yapıya etkiyen deprem yükleri deprem harici yapı üzerinde önemli düzeyde etkisi olan bazı yüklemelerle birleştirilerek daha güvenli bir tarafta tasarım yapılmasına imkan sağlar. Bu durum TBDY-2018 Bölüm 4.4.1’ de aşağıdaki Eşitlik 21 ve 22 ile belirlenmiştir. Ayrıca TBDY-2018’ de çelik gömme kompozit elemanların Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemi ile tasarlanacağı belirtildiğinden bu yöntemle ilgili olarak kombinasyon çeşidi artırılmıştır.

$$G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3 E_d^{(Z)} \quad (\text{Eşitlik 21})$$

$$0.9G+H+E_d^{(H)}-0.3E_d^{(Z)} \quad (\text{Eşitlik 22})$$

Bu eşitliklerde:

Q: Hareketli yük etkisini,

S: Kar yükü etkisini,

H: Yatay zemin itkisini nitelemektedir.

Çelik ve hafif çelik yapılarda Eşitlik 22 aynı kalacak Eşitlik 21 aşağıdaki Eşitlik 23 gibi değiştirilecektir. Eşitlik 23' teki simgeler bir önceki eşitliklerde açıklanmıştır.

$$1.2 G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3 E_d^{(Z)} \quad (\text{Eşitlik 23})$$

#### 1.6.6. Etkin Kesit Rijitliği

Yapı tasarımı için yeterli rijitlik kavramı oldukça önemlidir. Rijitliği oranında yük alma kapasitesine sahip taşıyıcı sistem elemanlarını oluşturan betonarme ve yapısal çelik, elastik ve elastik olmayan davranışlar sergileyebileceğinden güvenli tarafta kalmak adına elastik olmayan davranışa yaklaşmak suretiyle taşıyıcı sistem elemanlarının atalet momentleri etkin kesit rijitliği çarpanlarıyla azaltılmaktadır. TBDY-2018' e göre normal binalarda ve yüksek binaların ikinci tasarım adımında kullanılacak etkin kesit rijitlik çarpanları Şekil 19' da gösterilmiştir.

| <u>Perde – Döşeme</u><br>(Düzlem İçi)  | <u>Eksenel</u> | <u>Kayma</u> |
|----------------------------------------|----------------|--------------|
| Perde                                  | 0.75           | 1.00         |
| Bodrum perdesi                         | 1.00           | 1.00         |
| Döşeme                                 | 0.50           | 0.80         |
| <u>Perde – Döşeme</u><br>(Düzlem Dışı) | <u>Eğilme</u>  | <u>Kesme</u> |
| Perde                                  | 1.00           | 1.00         |
| Bodrum perdesi                         | 1.00           | 1.00         |
| Döşeme                                 | 0.50           | 1.00         |
| <u>Çubuk eleman</u>                    | <u>Eğilme</u>  | <u>Kesme</u> |
| Bağ kirişi                             | 0.30           | 1.00         |
| Çerçeve kirişi                         | 0.70           | 1.00         |
| Çerçeve kolonu                         | 0.90           | 1.00         |
| Perde (eşdeğer çubuk)                  | 0.80           | 1.00         |

| <u>Perde – Döşeme</u><br>(Düzlem İçi)  | <u>Eksenel</u> | <u>Kayma</u> |
|----------------------------------------|----------------|--------------|
| Perde                                  | 0.50           | 0.50         |
| Bodrum perdesi                         | 0.80           | 0.50         |
| Döşeme                                 | 0.25           | 0.25         |
| <u>Perde – Döşeme</u><br>(Düzlem Dışı) | <u>Eğilme</u>  | <u>Kesme</u> |
| Perde                                  | 0.25           | 1.00         |
| Bodrum perdesi                         | 0.50           | 1.00         |
| Döşeme                                 | 0.25           | 1.00         |
| <u>Çubuk eleman</u>                    | <u>Eğilme</u>  | <u>Kesme</u> |
| 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         |

(a)

(b)

Şekil 19. Normal betonarme binalar için etkin kesit rijitliği (a) ve yüksek betonarme binalar için etkin kesit rijitliği

### 1.7. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar

Bina taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu şekilde modellenecek ve iki yatay doğrultudaki deprem etkisi her zaman göz önünde bulundurulacaktır. Sönüm oranı aksi belirtilmediği sürece %5 alınacaktır.

#### 1.7.1. Modal Analiz

Düşey yüklere maruz bırakılan yapının gösterdiği titreşim hareketleri yapı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu titreşimlerden meydana gelen titreşim modları tasarımcılara yapının bir tam salınımını yaptığı süreyi, mod şekillerini ve modal kütle katılım oranları gibi analiz bilgilerini göstermektedir. Modal analiz sonucunda yapının tam salınımını yaptığı süre olarak adlandırılan periyot ve o modda ilgili doğrultuya yapı kütlelerinin ne kadarının katıldığını gösteren yüzdelik ifade modal hesap yöntemlerinden biri olan mod birleştirme yöntemi için gerekli parametreleri kapsamaktadır

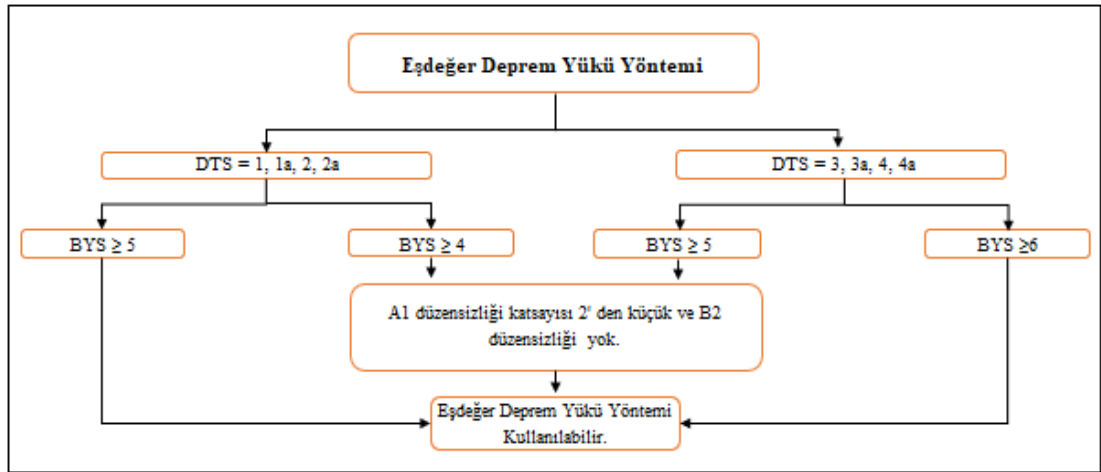
Modal analiz sonucunda elde edilen periyot, TBDY-2018 Bölüm 4.7.3.4' te verilen ve bina yüksekliği  $H_N$  ile ilişkili olarak aşağıdaki Eşitlik 24 ile hesaplanan ampirik hakim doğal titreşim periyodunun 1.4 katından fazla alınmamaktadır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (\text{Eşitlik 24})$$

Burada, çelik yapılarda  $C_t = 0.08$ , betonarme binalarda  $C_t = 0.1$  bu kısım dışında kalan binalarda  $C_t = 0.07$  alınacaktır.

#### 1.7.2. Doğrusal Deprem hesap Yönteminin seçilmesi

TBDY-2018' e göre doğrusal hesap yöntemleri; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Mod Toplama Yöntemi olarak üç farklı metottur. Mod yöntemleri tüm binalar için uygulanabilir ancak eşdeğer deprem yüğü yöntemi bazı sınır koşullarla uygulanabilmektedir. Bu sınırlar doğrultusunda aşağıdaki Şekil 20' de görüldüğü üzere eşdeğer deprem metodunun uygulanabileceği yapılar için gerekli koşulları gösteren diyagram oluşturulmuştur.



Şekil 20. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

### 1.7.2.1. Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

İlgili deprem doğrultusunda (X veya Y) binanın tamamına etkiyen toplam taban kesme kuvveti (eşdeğer deprem yükü) X doğrultusu için Eşitlik 25 ile hesaplanır. Hesaplanan taban kesme kuvveti katlara ağırlıklarınca ve bulunduğu kota göre dağıtımı yapılır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (\text{Eşitlik 25})$$

Bu eşitlikte:

$m_t$  : Bina kütlelerini,

$I$  : Bina önem katsayısı,

$g$  : Yerçekimi ivmesini,

$S_{aR} (T_p^{(X)})$ : X deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu

$T_p$  gözönüne alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmeyi nitelemektedir.

## 1.8. Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı

Tasarım yaklaşımlarından biri olan şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tasarım yaklaşımı mevcut ya da ön tasarımı yapılmış binaları esas alır. Bu durumda tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet şekildeğiştirme bağıntıları ortaya çıkarılır. Taşıyıcı sistemin doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle şekil değiştirme esaslı deprem hesabı yapılır. Bu hesap sonucunda gevrek davranışa bağlı dayanım talepleri ile sünek davranışa bağlı şekildeğiştirme talepleri hesaplanır. Hesaplanan şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri, istenilen performans hedefi doğrultusunda tanımlanan şekildeğiştirme ve dayanım

kapasiteleriyle mukayese edilir. Tüm bu aşamalar sonucunda yeni yapılacak yapılar için mevcut şekil değiştirme ve dayanım talepleri, ilgili performans hedefi doğrultusuna karşılık izin verilen kapasitelerinin altında kalırsa tasarım tamamlanır. Bu durumun sağlanamaması halinde tasarım en baştan kesit değişimleriyle yeniden başlatılır.

### **1.8.1. Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımında Deprem Hesap Yöntemleri**

Bu tasarım yaklaşımında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve itme yöntemleri gibi metotlar bulunmaktadır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz tüm yapılarda uygulanabilir ancak itme yöntemleri için eşdeğer deprem yönteminde olduğu gibi birtakım sınırlamalar vardır.

İtme yöntemleri Tek Modlu İtme Yöntemi ve Çok Modlu İtme Yöntemi olarak ikiye ayrılır. Tek modlu itme yöntemi ise sabit ve değişken tek modlu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu yöntemler ile yapılan analiz sonucunda elde edilen sünek davranışa karşı gelen plastik dönmeler ile sünek olmayıp gevrek davranışa karşı gelen iç kuvvetler, ilgili performans düzeyi doğrultusunda izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak değerlendirme çalışmaları sonuçlanır. Yeni yapılan binalarda düşey yüklerin etkisi sonucunda ortaya çıkan doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere izin verilmemektedir.

#### **1.8.1.1. İtme Yöntemleri**

Tek modlu itme yönteminin performans analizinde uygulanabilmesi için yapı sisteminin bazı sınır koşulları sağlaması gerekmektedir. Buna bağlı olarak söz konusu yapının ilgili katında  $\eta_{bi}$ , 1.4 değerinden küçük olmalıdır. Ayrıca ilgili deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış bazında hesaplanan hakim titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin toplam bina kütesine oranının en az 0.70 olmak zorundadır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için yapı  $BYS \geq 5$  şartını sağlamalıdır.

Doğrusal olmayan deprem hesaplamalarında birden fazla modun etkisini dikkate alan çok modlu itme yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu yöntemde artırımsal olarak modal yüklerin yapıya uygulanması sonucu oluşan iç kuvvetler, uç yerdeğiştirmeleri ve akma dönmeleriyle senkronize olarak tam karesel birleştirme yöntemi ya da karelerinin toplamının karekökü yöntemi ile birleştirilmektedir.  $BYS \geq 2$  şartını sağlayan binalarda uygulanabilmektedir.

### 1.8.1.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Mühendislikte, yapıların deprem etkisi altındaki gerçekçi davranışını ortaya çıkarılması amacıyla uygulanan doğrusal olmayan deprem hesap yöntemidir ve tüm binalarda uygulanabilir.

Yaşanan depremlerden elde edilen veriler bu hesap yöntemi çerçevesinde kullanılacak olup yönetmelikçe on bir ve üzeri deprem ile hesaplama gerçekleştirilecektir. Depremlere ait veriler farklı istasyonlar tarafından kayıt edilebildiğinden seçilen depremlerden herhangi birinin istasyonları farklı olması kaydıyla bu hesaplama içinde en fazla üç kez yer alabilecektir.

Hesaplamaya dahil olacak depremler yapının üzerinde bulunduğu zemin özellikleri ile ilişkili olarak belirlenmektedir. Bu zeminin yer aldığı bölgede yönetmelikçe belirtilen yer hareketiyle bağdaşan daha önce yaşanmış depremler olması halinde bu depremlere ait veriler hesaplamaya öncelikli olarak katılacaktır. Bu durumlara ilave olarak fay mesafesi de kayıtların seçiminde dikkate alınmaktadır

### 1.8.2. Deprem Kayıtlarının Basit Ölçekleme Yöntemiyle Ölçeklenmesi

Seçimi yapılan deprem takımlarına ait olan spektrumların ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması şartıyla deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilmektedir.

Her bir depremden elde edilen ivme verileri için X ve Y doğrultularına ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınıp bileşke yatay spektrum elde edilmektedir. Elde edilen 11 deprem kaydının spektrum ortalamalarının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinin %30 artırılmasıyla elde edilen hedef spektrumdan az olmaması şartıyla ölçeklendirilmektedir.

### 1.8.3. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

ŞGDT yaklaşımında deprem etkisi yapı üzerindeki diğer etkilerle Eşitlik 26 ile birleştirilmektedir. Bu eşitlikteki simgeler Bölüm 1.6.5' te açıklanmıştır.

$$G+Q_e+0.2 S+E_d^{(H)}+0.3 E_d^{(Z)} \quad (\text{Eşitlik 26})$$

#### **1.8.4. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri**

Doğrusal olmayan davranışlarda plastik mafsalsal, taşıyıcı sistem elemanın elastik davranış sınırının aşılar elastik ötesi deformasyona geçiş yaptığı ve bu bölgenin dönme veya deformasyon kapasitesine yoğunlaştığı yeri niteler.

Yapı tasarımında taşıyıcı sistem elemanlarında yayılı plastik mafsalsal ve yığılı plastik mafsalsal modeli olarak iki şekilde tanımlanır.

##### **1.8.4.1. Yığılı Plastik Mafsalsal Modeli**

Taşıyıcı elemanın belirli bir noktasındaki plastik davranışı yansıtır. Çubuk sonlu elemanları olarak modellenen kolon, kiriş ve TBDY-2018 Bölüm 4.5.3.8’de verilen geometrik koşulu sağlayan betonarme perdelerde kullanılabilir.

Plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu  $L_p$ , ilgili doğrultudaki kesit boyutu yarısına eşit alınacaktır (  $L_p = 0.5$  ).

##### **1.8.4.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli**

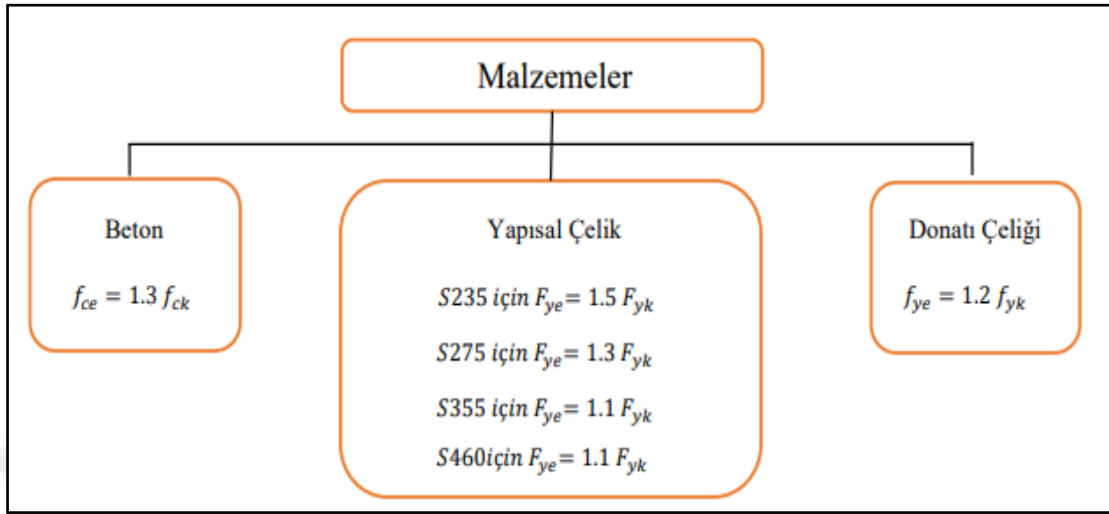
Bu davranış modelinde, uç noktalarda plastik şekil değiştirme bölgeleri veya elemanın tüm uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri yayılı şekilde dikkate alınabilmektedir. Binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş ve betonarme perdelerde doğrusal olmayan davranış modeli olarak bu model de kullanılabilir

#### **1.8.5. Genel Modelleme Kuralları**

Bu başlık altında kurallar aşağıda açıklanmıştır.

- Bina taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu olarak modellenerek ilgili doğrultudaki deprem etkisi her zaman dikkate alınacaktır.
- Doğrusal sönüm oranı, aksi ifade edilmediği %5 alınıp eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri hesaplanacaktır.
- Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarıma esas modellemelerde malzemelerin doğrusal karakteristik dayanımları yerine beklenen dayanımları hesaplarda dikkate alınacaktır. Beklenen dayanımlar için gerekli katsayılar Şekil 21’ de verilmiştir.
- Taşıyıcı sistem elemanlarından kiriş ve kolonlar, çubuk eleman şeklinde modellenenecektir. Bu elemanların uçlarında plastik mafsallar yayılı plastik davranış modeli veya yığılı plastik davranış modeli ile modellenenebilir.

- İlgili elemanın uç noktalarındaki mafsalların arasında kalan kısım doğrusal olarak modellenenecektir.
- Yüksek yapılarda perdeler için lif model kullanılması mecburidir.



Şekil 21. Beklenen dayanım hesaplarında kullanılacak katsayılar

#### 1.8.6. Doğrusal Olmayan Analizlerde Etkin Kesit Rijitliği

Plastik mafsallı modellerden yığılı plastik mafsallı yöntemiyle modellenen elemanların etkin kesit rijitliği yükleme durumlarına, kesit özelliklerine, davranışına ve malzemelerine göre değişkenlik gösterebilir. Moment-Eğrilik ilişkisi doğrultusunda akma momenti ve buna karşılık gelen dönme değeri ile ilişkili olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda kolon, kiriş, bağ kirişi ve izin verilen durumlarda perdelerin etkin kesit rijitliği ( $EI_e$ ) Eşitlik 27 ile belirlenir.

$$(EI_e) = \frac{M_y L_s}{\theta_Y 3} \quad (\text{Eşitlik 27})$$

Bu eşitlikte:

$M_y$  : Eleman uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentini,

$\theta_Y$  : Aynı noktadaki etkin akma dönmesini,

$L_s$  : Kesme açıklığı olarak nitelendirilir. Kiriş ve kolon elemanlar için yaklaşık olarak açıklığın yarısına eşittir.

Etkin kesit rijitliği hesabındaki  $\theta_Y$  akma dönmesi Eşitlik 28 ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left( 1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8 \sqrt{f_{ce}}} \quad (\text{Eşitlik 28})$$

Bu eşitlikte:

$\phi_y$  : Plastik mafsals kesitindeki etkin akma eğriliğini,

$h$  : Kesit yüksekliğini

$d_b$  : Donatıların ortalama çapını,

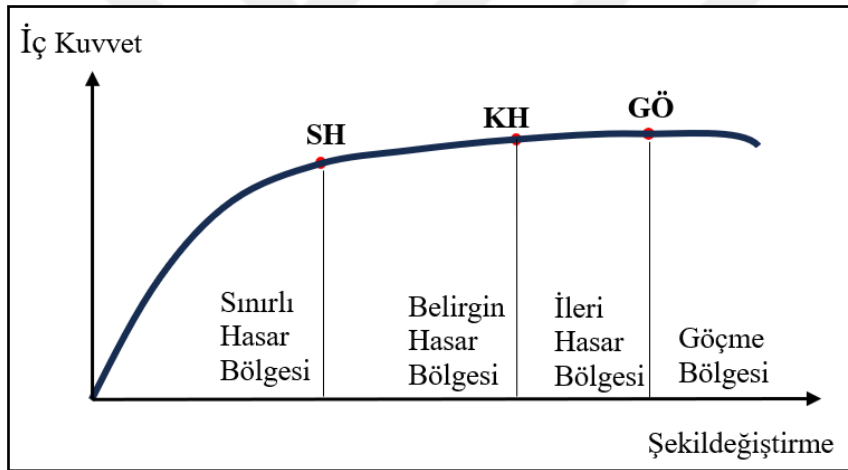
$f_{ce}$  : Betonun ortalama basınç dayanımını,

$f_{ye}$  : Donatının ortalama akma dayanımını göstermektedir.

$\eta$  : Kiriş ve kolonlarda  $\eta = 1$ , perdelerde ise  $\eta = 0.5$  alınmaktadır.

### 1.8.7. Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları

Bu sınırlar Bölüm 1.5.1' de açıklanan ilgili performans düzeyleri için ayrı ayrı TBDY-2018 de belirlenmiştir. Şekil 22' de verilen bu bölgelerin sınır limitleri plastik mafsallar aracılığı ile hesaplanmaktadır. Plastik mafsals çeşitlerinden yığılı veya yayılı olan mafsals türleri için farklı sınır değers denklemleri mevcuttur.



Şekil 22. Hasar bölgeleri

Yığılı plastik davranış modeli için plastik mafsals uygulamasında göçmenin önlenmesi performans düzeyi altında yapılacak analizlerde hesaplanan dönme verilerine uygun görülen koşul aşağıdaki Eşitlik 29 ile hesaplanacaktır. Buna bağılı olarak kontrollü hasar durumu sınırı için ilgili malzemenin ezilme ve dönme limiti Eşitlik 30-32 ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ \left( \phi_u - \phi_y \right) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (\text{Eşitlik 29})$$

$$\epsilon_c^{(KH)} = 0.75 \epsilon_c^{(GÖ)} \quad (\text{Eşitlik 30})$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (\text{Eşitlik 31})$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (\text{Eşitlik 32})$$

Bu eşitliklerde:

$\phi_u$  : Göçme öncesi eğriliğini,

$L_p$  : Plastik mafsals boyunu,

$\varepsilon_s$  : Donatı çeliği şekildeğiştirme sınırını,

$\varepsilon_c$  : Beton birim kısalma sınırını,

(GÖ) : Göçmenin önlenmesi performans düzeyini,

(KH) : Kontrollü hasar performans düzeyini,

$\theta_p^{(KH)}$  : Kontrolü hasar düzeyi için plastik dönme sınırını ifade etmektedir.

Sınırlı Hasar performans düzeyi için Şekildeğiştirme limitleri TBDY-2018' e göre sabit değerlerle sınırlandırmıştır. Bu değerler Tablo 10' da gösterilmiştir.

Tablo 10. Şekildeğiştirme limitleri

| Şekildeğiştirme        | Limit  |
|------------------------|--------|
| $\varepsilon_c^{(SH)}$ | 0.0025 |
| $\varepsilon_s^{(SH)}$ | 0.0075 |
| $\theta_p^{(SH)}$      | 0      |

Çelik profillerde bu sınır değerler kolon ve kirişler için ayrı olmak üzere  $\theta_y$  akma dönmesine göre hesaplanmaktadır. Bu durumda akma dönmesi kolonlar için Eşitlik 33, kirişler için ise Eşitlik 34 ile hesaplanacaktır.

İlgili performans düzeyine karşılık şekildeğiştirme sınır koşullar kolonlar için Tablo 11' de kirişler için Tablo 12' de gösterilmektedir.

$$\theta_y = \frac{w_p F_{ye} l_k}{6 E I_k} \left[ 1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \quad (\text{Eşitlik 33})$$

$$\theta_y = \frac{w_p F_{ye} l_b}{6 E I_b} \quad (\text{Eşitlik 34})$$

Bu eşitliklerde:

- $W_p$  : Plastik mukavemet momentini,  
 $F_{ye}$  : Yapısal çeliğin beklenen akma gerilmesini,  
 $L_k$  : Kolon boyunu,  
 $L_b$  : Kiriş boyunu,  
 $E$  : Yapısal çeliğin elastisite modülünü,  
 $I_k$  : Kolonun eylemsizlik momentini,  
 $I_b$  : Kirişin eylemsizlik momentini,  
 $P$  : Eksenel yükün maksimum plastik dönme olduğu andaki değerini,  
 $P_{ye}$  : Yapısal çeliğin beklenen eksenel akma kuvvetini belirtmektedir.

Tablo 11. Yapısal çelikten yapılan kolonlar için plastik dönme sınırları

| Kolon (Eğilme)         | Plastik Dönme Sınırları [rad] |             |             |
|------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|
|                        | SH                            | KH          | GÖ          |
| Süneklik Düzeyi Yüksek | $10\theta_y$                  | $6\theta_y$ | $9\theta_y$ |

Tablo 12. Yapısal çelikten yapılan kirişler için plastik dönme sınırları

| Kiriş (Eğilme)         | Şekildeğiştirme Sınırları |             |             |
|------------------------|---------------------------|-------------|-------------|
|                        | SH                        | KH          | GÖ          |
| Süneklik Düzeyi Yüksek | $10\theta_y$              | $6\theta_y$ | $9\theta_y$ |

Yayıllı plastik davranış modeli için plastik mafsallı uygulamasında göçmenin önlenmesi performans düzeyi altında yapılacak analizlerde hesaplanan beton ezilmesi için izin verilen sınır, aşağıdaki Eşitlik 35 ile hesaplanacaktır.

$$\epsilon_c^{GÖ} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (\text{Eşitlik 35})$$

Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı,  $\omega_{we}$  Eşitlik 36, sargı donatısı etkinlik katsayısı,  $\alpha_{se}$  Eşitlik 37, hacimsel enine donatı oranının küçük olanı,  $\rho_{sh}$  Eşitlik 38 ile hesaplanır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, \min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (\text{Eşitlik 36})$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad (\text{Eşitlik 37})$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s}$$

(Eşitlik 38)

Bu eşitliklerde:

$f_{ywe}$  : Enine donatıların beklenen akma dayanımını,

$f_{ce}$  : Betonun beklenen akma dayanımını,

$s$  : Sargı donatısı aralığını,

$b_o$  : Etriyelelerin eksenleri arasındaki kesit boyutunu,

$h_o$  : Etriyelelerin eksenleri arasındaki kesit boyutunu,

$A_{sh}$  : Enine donatı alanını,

$b_k$  : Çekirdek boyutunu,

$a_i$  : Etriye kolu tarafından temaslı olduğu boyuna donatıların eksenleri

arasındaki uzaklığı ifade etmektedir.

### 1.9. TBDY-2018 Bazında Yüksek Yapıların Tasarımı

TBDY-2018 Bölüm 13.1.2' ye göre yüksek yapılar, deprem tasarım sınıfları ve yüksekliklerine göre bu sınıfa girerler. Yapının yüksek yapı olarak tanımlanabilmesi için aşağıdaki şartlardan birini sağlamak zorundadır.

- DTS = 1, 1a, 2, 2a ve yüksekliği  $H_N > 70$  m olan binalar,
- DTS = 3, 3a için yüksekliği  $H_N > 91$  m olan binalar,
- DTS = 4, 4a için yüksekliği  $H_N > 105$  m olan binalar.

Yüksek yapı tasarımı üç aşamadan oluşmakta olup tasarımlarında süneklik düzeyi yüksek sistemlerin tercih edilmesi zorunludur. Betonarme perde kalınlığı minimum 30cm olmalı ve donatı çeliği B420C veya B500C kalitesinde nervürlü şekilde kullanılmalıdır. Bu tez çalışması doğrultusunda yüksek yapılar için özel kullar bu bölümde açıklanacaktır.

#### 1.9.1. Tasarım Aşaması I

Bu aşama ön tasarım olarak nitelendirilir. DD-2 hareketi etkisi altında dayanıma göre tasarım yöntemi ile KH performans hedefi sağlanarak taşıyıcı sistem elemanları boyutlandırılmaktadır. Bu aşamada mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabı etkisinde oluşan taban kesme kuvveti, yönetmelikçe Eşitlik 39 ile verilen minimum taban kesme kuvvetine göre kontrolü yapılmalıdır. Minimum değerden düşük değer oluşması halinde ilgili yöndeki kuvvet artırılacaktır.

$$V_{t,min} = 0.04 \alpha_H m_t S_{DS} g$$

(Eşitlik 39)

Bu eşitlikte:

$m_t$  : Toplam kütleyi,

$g$  : Yerçekimi ivmesini,

$S_{DS}$  : DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını,

$\alpha_H$  : Eşitlik 40-42 ile bina yüksekliği  $H_N$  'e bağlı olarak hesaplanan katsayıyı belirtmektedir.

$$\alpha_H = 1.0 \quad H_N \leq 105 \quad (\text{Eşitlik 40})$$

$$\alpha_H = 2.05 - 0.01 H_N \quad 105 < H_N \leq 155 \quad (\text{Eşitlik 41})$$

$$\alpha_H = 0.5 \quad 155m < H_N \quad (\text{Eşitlik 42})$$

### 1.9.2. Tasarım Aşaması II

Bu aşamada dayanıma göre tasarım yaklaşımı ile performans değerlendirmesi, DD-4 düzeyinde KK performans hedefi sağlanarak tamamlanacaktır.

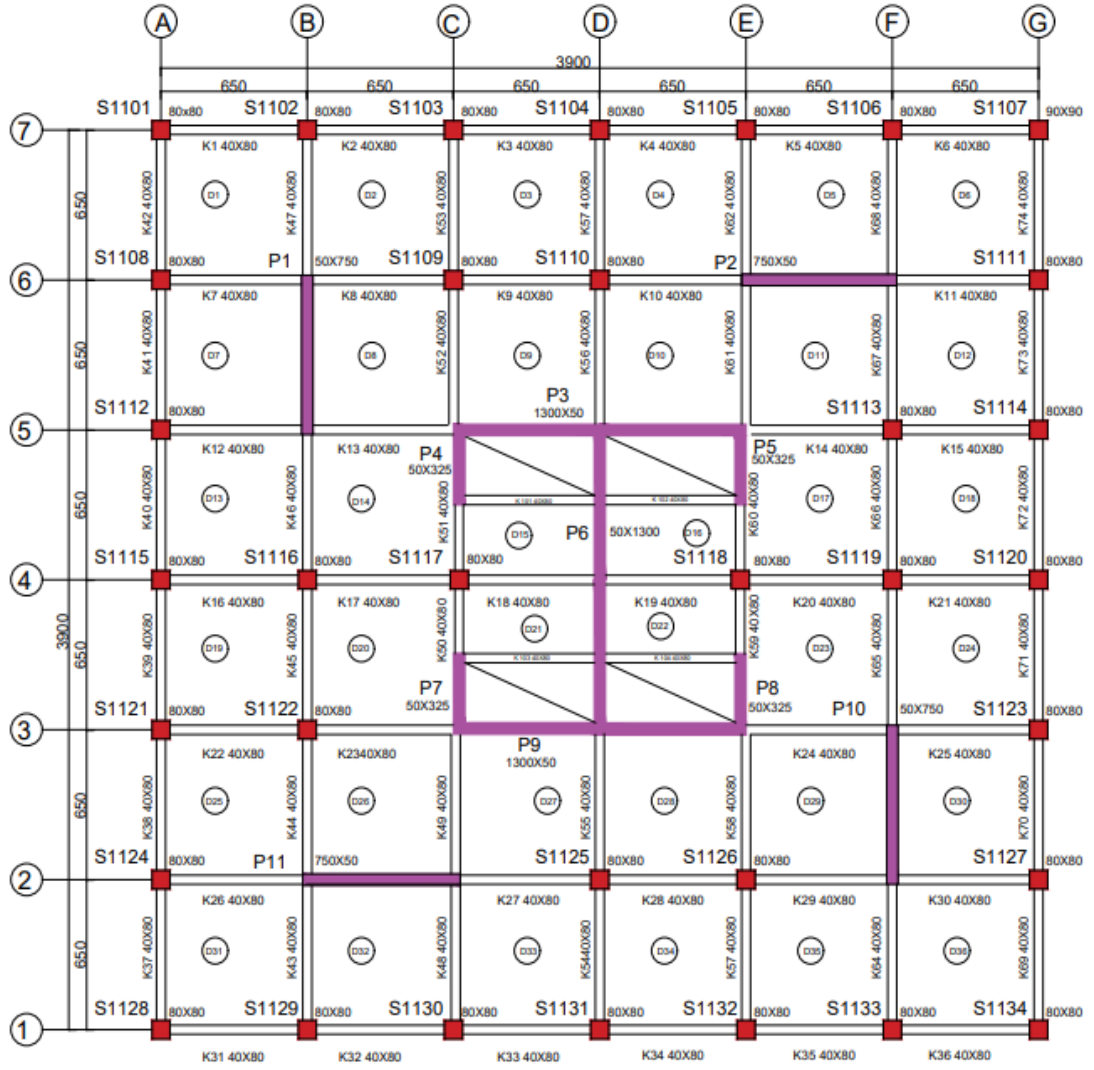
- Karakteristik malzeme dayanımları yerine beklenen malzeme dayanımları esas alınacaktır.
- Ek dış merkezlik dikkate alınmayacaktır.
- Sönüm oranı % 2.5 alınacaktır.
- Minimum taban kesme kuvveti hesabı yapılmayıp  $R/D=1$  alınacaktır.
- Sünek davranış sergileyen elemanların iç kuvvetler için etki/kapasite oranı,  $E/K$  1.5 değerini aşmayacaktır.
- Sünek davranış sergilemeyen elemanların iç kuvvetler için etki/kapasite oranı  $E/K = 0.7$  değerini aşmayacaktır.
- Sünek davranış sergileyen ve sergilemeyen taşıyıcı elemanların şekildeğiştirme talepleri, ilgili kurallar doğrultusunda izin verilen sınır değerleri geçmeyecektir.

### 1.9.3. Tasarım Aşaması III

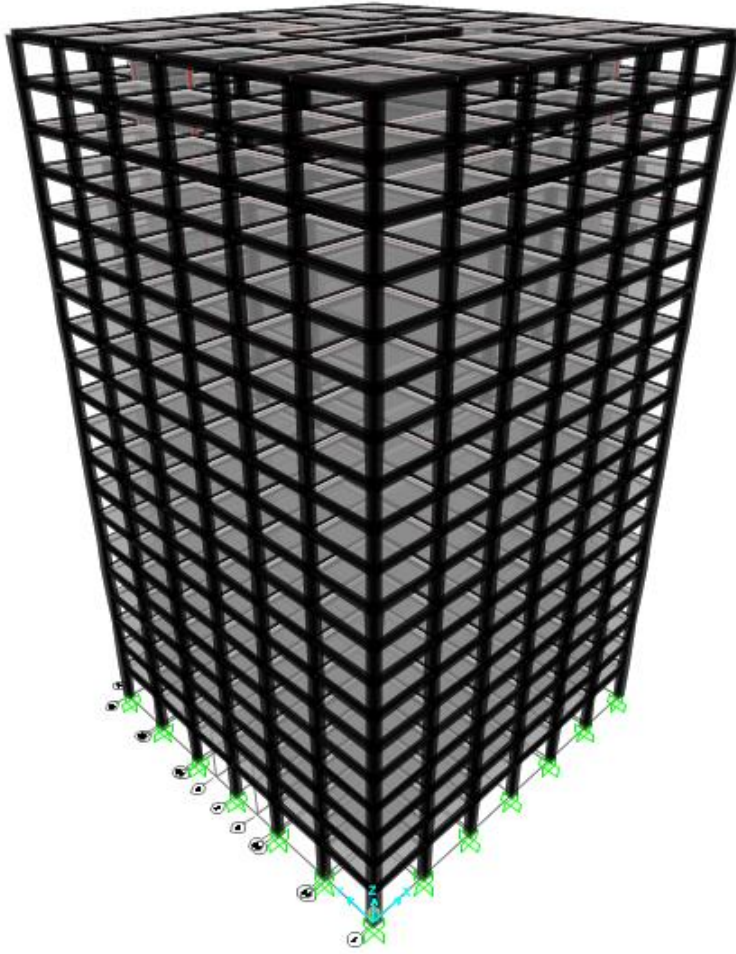
İlk iki tasarım aşamasında verilen kuralları sağlayan yüksek yapı bu aşamada göçmenin önlenmesi performans hedefi doğrultusunda DD-1 yer hareketi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemiyle deprem hesabı yapılacaktır.

- Söz konusu yapının ilgili katında burulma düzensizliğin bulunması ve bu katsayısının  $\eta_{bi} > 1.5$  ise ek dış merkezlik etkisi dikkate alınacaktır.
- Yük birleşimi Bölüm 1.8.3' te anlatılan Eşitlik 26 esas alınacaktır.
- Sönüm oranı % 2.5 alınacaktır
- Sünek davranış sergileyen elemanlar şekildeğiştirme talepleri, yapılan en az  $2 \times 11 = 22$  hesabın her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması alınarak hesaba katılacaktır.
- Kritik iç kuvvetler yapılan hesapların her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerleri ortalamasına bir standart sapma eklenmesi ile hesaplanacak, ancak ortalamanın 1.5 katından fazla ve 1.2 katından az alınmayacaktır.
- Sünek davranış sergileyen ve sergilemeyen taşıyıcı elemanların şekildeğiştirme talepleri ikinci aşamada olduğu gibi ilgili kurallar doğrultusunda izin verilen sınır değerleri geçmeyecektir.
- Herhangi bir analiz sonucunda oluşan en büyük görel kat ötelemesi oranı 0.045 değerini, tüm analizlerden meydana gelen ortalama görel kat ötelemesi oranı 0.03 değerini geçmeyecektir.

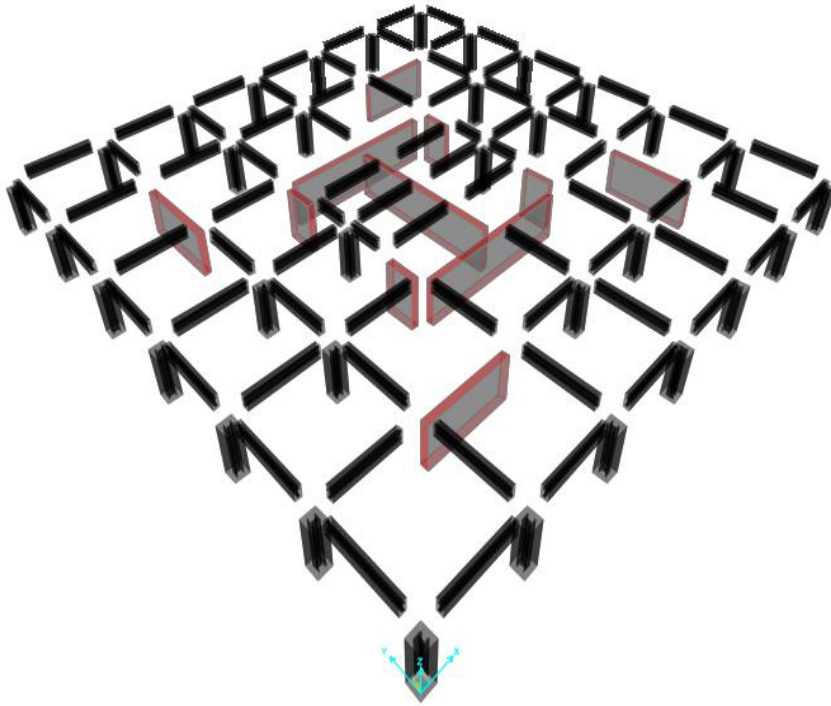
Şekil 23. Zemin kattan 9. kata kadar olan kalıp planı (Birim cm' dir)



Şekil 24. 10. kattan 19. Kata kadar olan kalıp planı (Birimler cm' dir)



Şekil 25. Çelik gömme kompozit elemanlı yüksek yapının üç boyutlu modeli

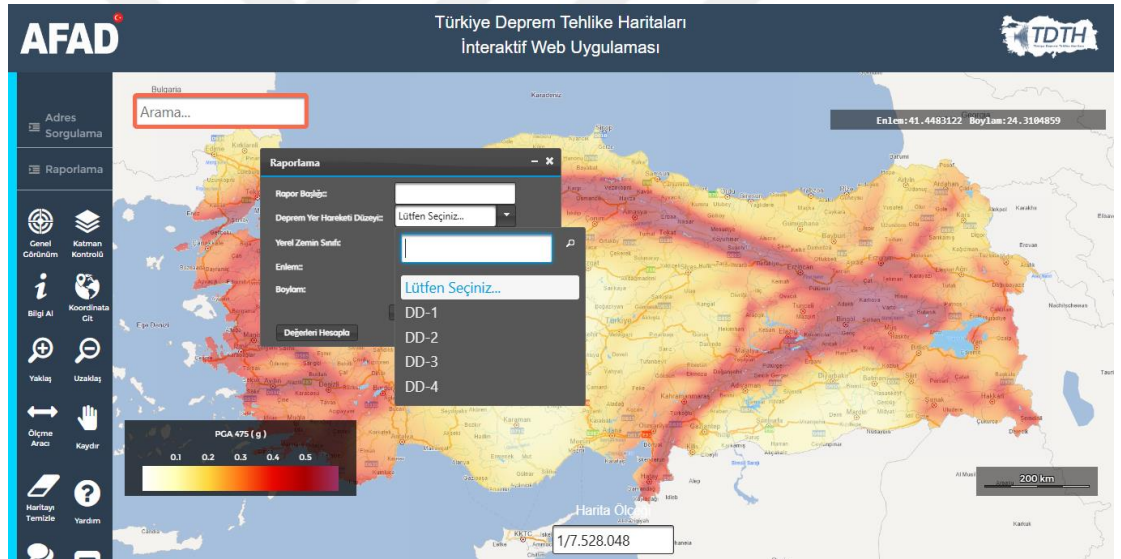


Şekil 26. Çelik gömme kompozit elemanların herhangi bir kattaki görünümü

Malzeme dayanımları, literatürce genel olarak kullanılan dayanımlarla ilişkili olarak yapının bulunduğu ildeki çevre yapıların model ve malzemeleri doğrultusunda tasarımcıların genel olarak yüksek yapı tasarımlarında tercih ettiği dayanım sınıfları olarak alınmıştır. Bu duruma bağlı olarak yapıda kullanılan malzemelerin bilgileri aşağıda verilmiştir.

- Beton Sınıfı : C50
- Donatı çeliği : B420C
- Çelik Profil : S355

Zemin sınıfının ZC olduğu kabul edilerek Şekil 27’ de görüldüğü üzere AFAD tarafından <https://testtdth.afad.gov.tr/> adresinden oluşturulan; Giresun ili, Güce ilçesi, Giyimli mahallesinde DD-2 yer hareketi etkisi altında tasarım için gerekli zemin parametreleri aşağıda gösterilmiştir. Bu parametrelere bağlı bilgi ve hesaplar bu çalışmada Bölüm 1.4.2’ de anlatılmıştır



Şekil 27. Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması

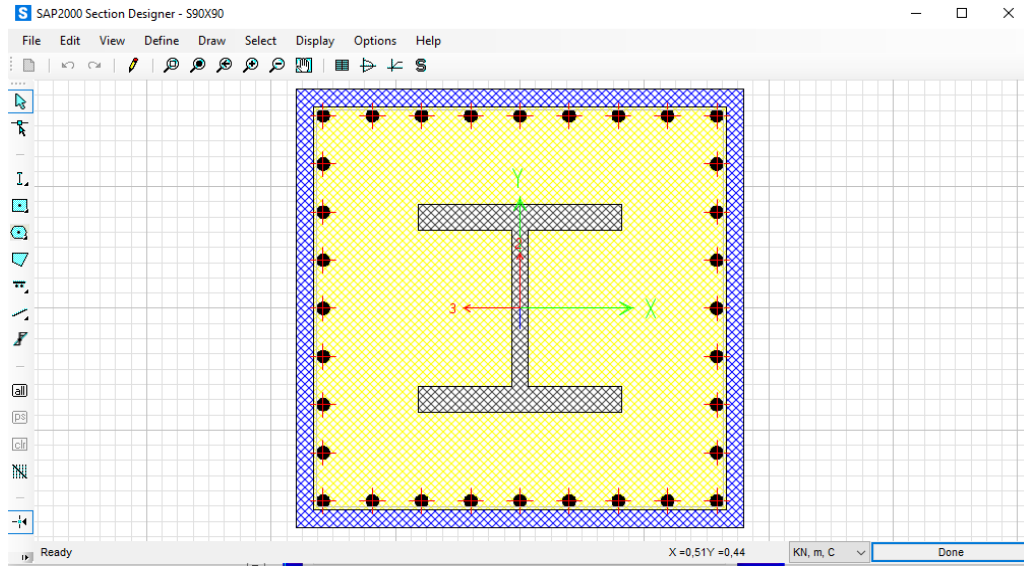
- $S_S = 0.454 \text{ g}$
- $S_1 = 0.133 \text{ g}$
- $S_{DS} = 0.590 \text{ g}$
- $S_{D1} = 0.199 \text{ g}$
- $T_A = 0.067 \text{ s}$
- $T_B = 0.337 \text{ s}$
- $T_L = 6 \text{ s}$
- $PGA = 0.195$
- $PGV = 11.461$

### 2.1.1. Kolonların Ön Boyutlandırılması

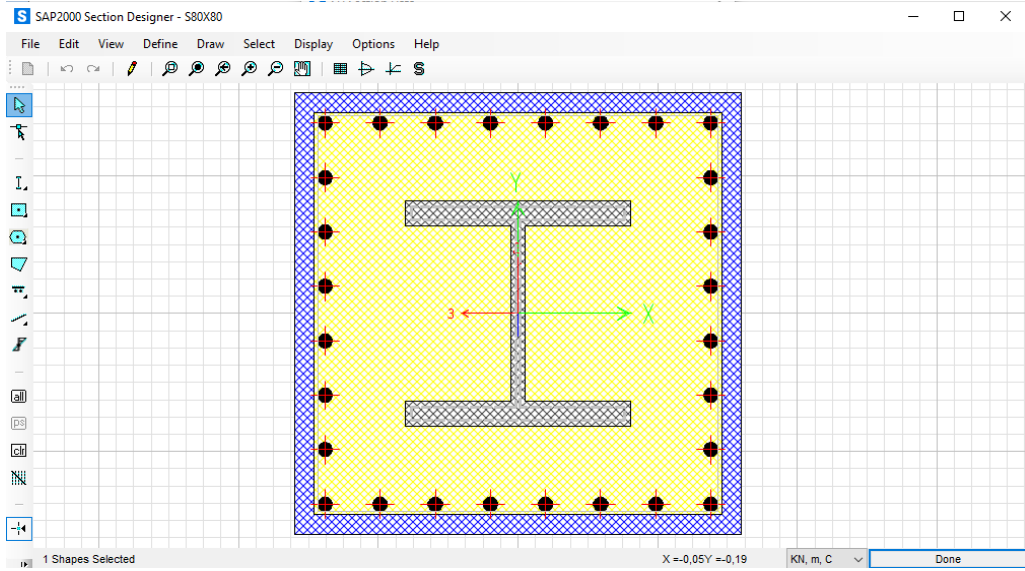
Çelik gömme kompozit kolonlar maruz kaldıkları yüklere göre ÇYTHYE-2018 ve TBDY-2018’ de yer alan kesit ve donatı esasları göz önünde bulundurulması sonucu ön tasarımı, SAP 2000 programında kullanıcı tarafından tasarım sekmesi ile yapılmıştır. 90x90 cm kesitli kolona C50 sınıfı beton ile 32 adet 26 mm çaplı B420C nervürlü donatı tanımlanmıştır. Kullanılan yapısal çelik kesiti ise Avrupa standartları altında kesit bilgileri verilen S355 malzeme sınıfı H420x422 profilidir. Bu kolona ait modelleme Şekil 28’ de görülmektedir. 20 katlı ofis binasının ilk 10 katı bu kolon ile tasarlanmıştır. Diğer 10 katın modellemesi, 80x80 cm kesitli aynı malzeme dayanımlarına sahip Şekil 29’ da görülen kolon ile yapılmıştır. Yapısal çelik olarak H420x347 profili kullanılan bu kolonda 28 adet 26 mm çaplı B420C nervürlü donatı kullanılmıştır. Kolonlarda kullanılan çelik profillere ait bilgiler Tablo 13’ te verilmiştir.

Tablo 13. Profillere ait kesit bilgileri

| Profiller | h   | b   | t <sub>w</sub> | t <sub>f</sub> | A               | I <sub>x</sub>  | I <sub>y</sub>  | W <sub>pl.x</sub> | W <sub>pl.y</sub> |
|-----------|-----|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|           | mm  | mm  | mm             | mm             | cm <sup>2</sup> | cm <sup>4</sup> | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>3</sup>   |
| H 420x422 | 425 | 409 | 32.80          | 52.60          | 535.16          | 159108          | 60074           | 8850              | 4486              |
| H 420x347 | 407 | 404 | 27.20          | 43.70          | 440.00          | 124471          | 48079           | 7109              | 3625              |



Şekil 28. Enkesiti 90x90 cm olan çelik gömme kompozit kolonun Sap 2000’ de çizimi



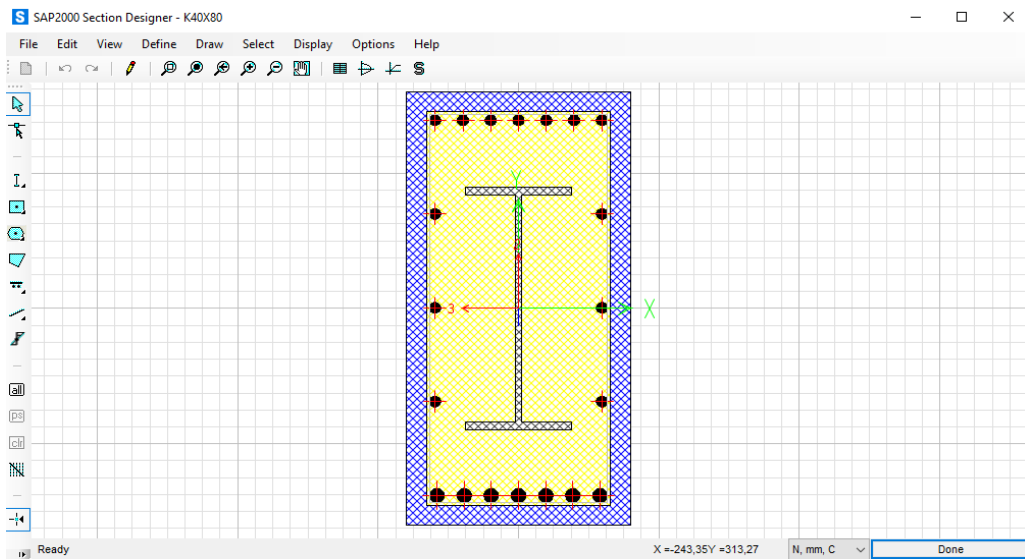
Şekil 29. Enkesiti 80x80 cm olan çelik gömme kompozit kolonun Sap 2000’ de çizimi

### 2.1.2. Kirişlerin Ön Boyutlandırması

Döşeme ve üzerlerinde bulunduğu duvarlardan aldığı yükleri kolonlara aktaran çelik gömme kompozit kirişlerin öntasarımı TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2018 esas alınarak yapılmıştır. Söz konusu kiriş kesitine ait ölçüler 40x80 cm’ dir. Kesitte 7 adet 26 mm ve 13 adet 20 mm çapında donatı kullanılmıştır. Kullanılan çelik profil Tablo 14’ te bilgileri verilen IPE 450’ dir. Modele ait çizim Şekil 30’ da görüntülenmektedir.

Tablo 14. IPE 450 profiline ait bilgiler

| Profil  | h   | b   | t <sub>w</sub> | t <sub>f</sub> | A               | I <sub>x</sub>  | I <sub>y</sub>  | W <sub>pl.x</sub> | W <sub>pl.y</sub> |
|---------|-----|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|         | mm  | mm  | mm             | mm             | cm <sup>2</sup> | cm <sup>4</sup> | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>3</sup>   |
| IPE 450 | 450 | 190 | 9.4            | 14.6           | 98.82           | 33740           | 1676            | 1702              | 276.4             |



Şekil 30. Kompozit kirişin Sap 2000 programında çizimi

### **2.1.3. Perde ve Döşemelerin Boyutlandırılması**

Sap 2000 programında perde ve döşemeler alan eleman şeklinde modellenmiştir. Yönetmelikçe verilen minimum boyutlara istinaden söz konusu yapının yüksek yapı olması da göz önünde bulundurulduğundan perdelerin kesit kalınlığı 50 cm olarak belirlenmiştir. Döşeme kalınlığı ise 20 cm belirlenerek programa tanımlanmıştır.

## **2.2. Modellemeye Ait Yapı İçin Tasarım Hesap Esasları**

### **2.2.1. Bina Yükseklik Sınıfı, Bina önem Katsayısı, Bina Kullanım Sınıfı ve Deprem Tasarım sınıfı**

Kullanım amacı ofis olan bu yapı için Tablo 5' te belirtildiği üzere  $I=1$  seçilmiştir. Buna bağlı olarak  $BKS=3$  olmaktadır. Tasarım spektral ivme katsayısı  $S_{DS}=0.590$  g olduğundan Tablo 6' ya göre Deprem tasarım sınıfı,  $DTS=2$ ' dir. Bina yüksekliği 71 m olduğundan Bina yükseklik sınıfı olarak  $BYS=1$  alınmıştır.

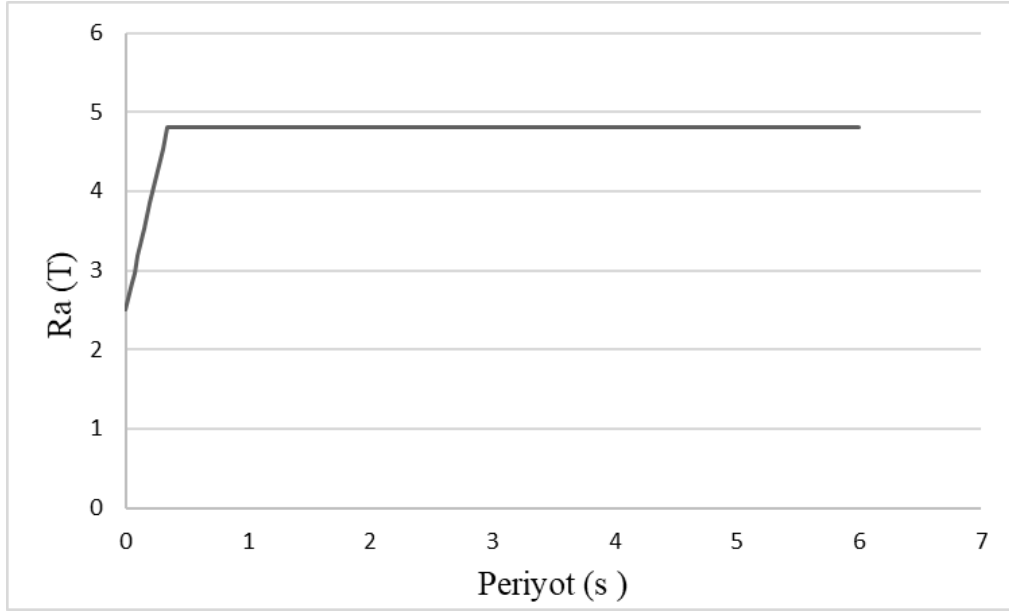
### **2.2.2. Tasarım için R ve D katsayılarının Belirlenmesi**

Kompozit enkesitli taşıyıcı sisteme sahip olan yapılar TBDY-2018' de belirtildiği üzere Tablo 4.1 de verilen çelik taşıyıcı sistemli yapıların Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve Dayanım fazlalığı katsayısı (D) dikkate alınarak belirlenecektir.

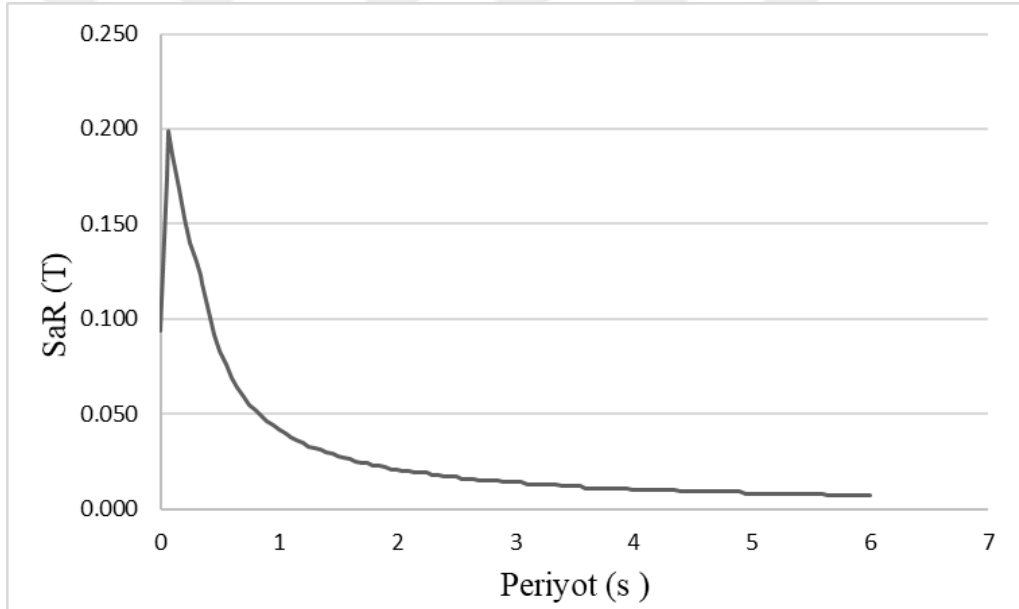
Bu tabloya göre yapıdaki deprem etkileri X ve Y doğrultusunda çelik gömme kompozit kesit ile boşluksuz perdeler tarafından birlikte karşılandığından  $R=6$ ,  $D=2,5$  olarak elde edilmiştir. Ayrıca TBDY- 2018 Bölüm 13.4.3.2' de Tablo 4.1 ile verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısının kullanılacağını ve Bölüm 4.3.2.4' te verilen kuralların uygulanacağını belirtilmiştir. TBDY 2018 Bölüm 4.3.2.4' teki kuralların birinin karşılanmaması halinde R değerinin %20 azaltılması gerekmektedir. Tasarımı yapılan yapının kenar akslarında perde bulunmadığından güvenli tarafta kalınması amacıyla  $4/5$  R uygulaması yapılmış olup taşıyıcı sistem davranış katsayısı küçültülmüştür.

### **2.2.3. Deprem Etkisi**

Bölüm 1.4.3' te belirtilen I, BKS, DTS ve Bölüm 1.6.2' de belirlenen dayanım fazlalığı katsayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı olarak Şekil 31' de gösterilen deprem yükü azaltma katsayısı ve Şekil 32' de gösterilen azaltılmış tasarım ivme spektrumu elde edilmiştir.



Şekil 31. Deprem yükü azaltma katsayısı



Şekil 32. Deprem yükü azaltma katsayısı sonucu azaltılmış tasarım ivme spektrumu

#### 2.2.4. Etkin Kesit Rijitlikleri

Bu çalışmadaki Bölüm 1.6.6'da etkin kesit rijitliği çarpanları verilmiştir. Çelik gömme kompozit elemanlarla doğrusal analizlerde kullanılan etkin kesit rijitlik çarpanları ilgili yönetmelik ve literatür çalışmalarına bağlı olarak uygulanmıştır.

#### 2.2.5. Yük Birleşimleri

Çalışmadaki Bölüm 1.6.5.4' te verilen kurallar neticesinde deprem yüklemeleri de dahil olmak üzere toplamda 30 adet kombinasyon tanımlanmıştır. Kombinasyonlarda

kullanılan düşey yük değerlerinden; sabit yük (G), hareketli yük (Q) ve kar yükü (S) değerleri TS 498' e bağlı olarak hesaplanmış ve aşağıda verilmiştir.

**Çatı katı döşemesi için;**

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Kaplama ve izolasyon  | 1.20 kN/m <sup>2</sup> |
| Tesisat ve asma tavan | 0.50 kN/m <sup>2</sup> |
| Sabit yük             | 1.70 kN/m <sup>2</sup> |
| Hareketli yük         | 2.00 kN/m <sup>2</sup> |
| Kar yükü              | 0.94 kN/m <sup>2</sup> |

**Normal kat döşemesi için;**

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Kaplama               | 1.00 kN/m <sup>2</sup> |
| Tesisat ve asma tavan | 0.50 kN/m <sup>2</sup> |
| Sabit yük             | 1.50 kN/m <sup>2</sup> |
| Hareketli yük         | 3.50 kN/m <sup>2</sup> |

**2.2.6. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi**

Tez çalışmasına konu olan yapı yüksek yapı olarak tasarlanacağından bu çalışmanın Bölüm 1.5.2' de bulunan Tablo 8' e göre dayanıma göre tasarım yaklaşımıyla hesaplamalar yapılacaktır. Mod birleştirme yöntemi gerçekleştirilerek yüksek yapının ön tasarım aşaması tamamlanmıştır.

**2.3. Sistem Analizi ve Ön Tasarım**

Sap 2000 Programı ile yapılan analiz sonucunda mod değerleri Tablo 15'te görülmektedir. Mod değerinin Bölüm 1.7.1' de verilen eşitlik ile kontrolü yapılmıştır. Buna göre bina periyodu ampirik ifadeyle hesaplanan periyodun 1.4 katından fazla olmamalıdır. Bu durumda  $T_{pA}$  kontrolü;

$$T_{pA} = 0.07 \times (71^{3/4}) = 1.71 \text{ s}$$

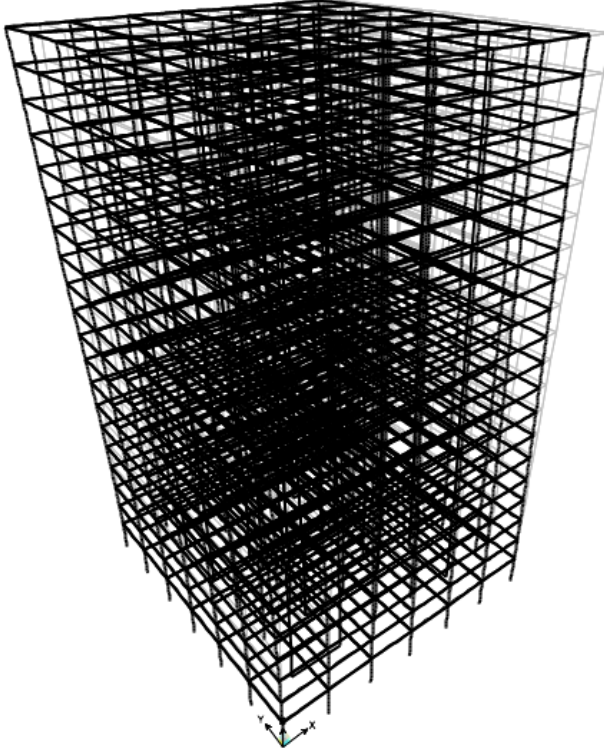
$$T_p = 1.4 \times 1.71 = 2.39 \text{ s}$$

Analizde hesaplanan periyot,  $1.714 \text{ s} < 2.39 \text{ s}$  koşulunu sağlamaktadır.

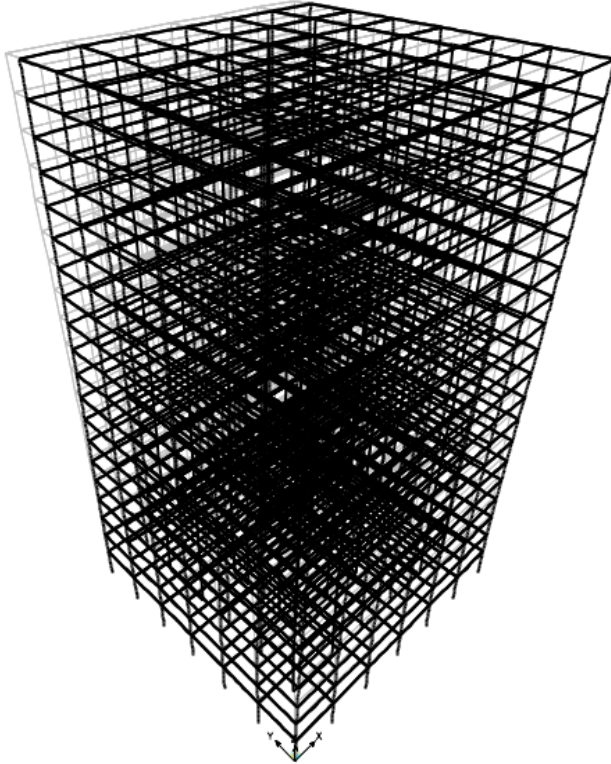
Tablo 15. Mod değerleri

| Mod Sayısı | Periyot (s) | X Doğrultusu Kütle Katılım Oranı | Y Doğrultusu Kütle Katılım Oranı |
|------------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1          | 1.713936    | 0.00097                          | 0.72326                          |
| 2          | 1.675572    | 0.00098                          | 0.72463                          |
| 3          | 1.496943    | 0.69693                          | 0.72569                          |
| 4          | 0.513979    | 0.69693                          | 0.72579                          |
| 5          | 0.494838    | 0.69698                          | 0.86299                          |
| 6          | 0.398759    | 0.8681                           | 0.86301                          |
| 7          | 0.264558    | 0.8681                           | 0.86302                          |
| 8          | 0.239923    | 0.8681                           | 0.91631                          |
| 9          | 0.23064     | 0.8681                           | 0.91635                          |
| 10         | 0.227643    | 0.86815                          | 0.91766                          |
| 11         | 0.226271    | 0.86835                          | 0.91769                          |
| 12         | 0.224667    | 0.86849                          | 0.91784                          |
| 13         | 0.2105      | 0.8685                           | 0.91784                          |
| 14         | 0.210003    | 0.8685                           | 0.91784                          |
| 15         | 0.208976    | 0.8685                           | 0.91784                          |
| .          | .           | .                                | .                                |
| .          | .           | .                                | .                                |
| .          | .           | .                                | .                                |
| 45         | 0.091419    | 0.95718                          | 0.96585                          |
| 48         | 0.075628    | 0.97309                          | 0.97662                          |
| 49         | 0.064457    | 0.98288                          | 0.97668                          |
| 50         | 0.063658    | 0.9829                           | 0.97859                          |
| 51         | 0.061445    | 0.98301                          | 0.98269                          |
| 52         | 0.051805    | 0.98309                          | 0.98713                          |
| 53         | 0.05021     | 0.98845                          | 0.98781                          |
| 54         | 0.049489    | 0.99114                          | 0.99005                          |
| 55         | 0.03729     | 0.99142                          | 0.99638                          |
| 56         | 0.036179    | 0.9974                           | 0.9966                           |
| 57         | 0.033635    | 0.99744                          | 0.99692                          |
| 58         | 0.024139    | 0.99791                          | 0.99938                          |
| 59         | 0.023748    | 0.99993                          | 0.99986                          |
| 60         | 0.018502    | 0.99993                          | 0.99987                          |

Analiz sonucunda X ve Y doğrultusundaki modal yapı hareketleri Şekil 33 ve 34’te görüntülenmiştir.



Şekil 33. X doğrultusundaki mod şekli



Şekil 34. Y doğrultusundaki mod şekli

### 2.3.1. Taban Kesme Kuvveti ve Devrilme Momenti Kontrolü

Yapının Sap 2000 tarafından hesaplanan taban kesme kuvvetinin kontrolü, Bölüm 1.9.1’ de yönetmeliğin verdiği minimum değere göre Eşitlik 39 ile yapılmıştır. Y doğrultusu için hesaplanan taban kesme kuvveti  $\beta_{TE}$  katsayısı ile çarpılarak artırılmıştır. Bu değerler Tablo 16’ da gösterilmiştir. X ve Y doğrultusunda katlara etkiyen deprem kuvvetleri Tablo 17 ve 18’ de görüntülenmiştir.

Tablo 16. Taban kesme kontrolü

| Doğrultu      | $V_{t,min}$ (kN) | $V_t$ (kN) | $\beta_{TE}$ |
|---------------|------------------|------------|--------------|
| X             | 10500.49         | 12384.37   | 0.848        |
| Y             | 10500.49         | 10074.08   | 1.042        |
| Y(Artırılmış) | 10500.49         | 10507.26   | 0.99         |

Tablo 17. X doğrultusunda katlara etkiyen deprem kuvveti

| Kat   | Kat Yük. (m) | Kot(m) | Kütle   | $W_i \times Kot$ | $F_x$ (kN) | $V_x$ (kN) |
|-------|--------------|--------|---------|------------------|------------|------------|
| 19    | 3.5          | 71.00  | 1787.28 | 126896.88        | 2657.379   | 2657.38    |
| 18    | 3.5          | 67.50  | 2237.61 | 151038.68        | 951.869    | 3609.25    |
| 17    | 3.5          | 64.00  | 2237.61 | 143207.04        | 902.513    | 4511.76    |
| 16    | 3.5          | 60.50  | 2237.61 | 135375.41        | 853.157    | 5364.92    |
| 15    | 3.5          | 57.00  | 2237.61 | 127543.77        | 803.800    | 6168.72    |
| 14    | 3.5          | 53.50  | 2237.61 | 119712.14        | 754.444    | 6923.16    |
| 13    | 3.5          | 50.00  | 2237.61 | 111880.50        | 705.088    | 7628.25    |
| 12    | 3.5          | 46.50  | 2237.61 | 104048.87        | 655.732    | 8283.98    |
| 11    | 3.5          | 43.00  | 2237.61 | 96217.23         | 606.376    | 8890.36    |
| 10    | 3.5          | 39.50  | 2237.61 | 88385.60         | 557.020    | 9447.38    |
| 9     | 3.5          | 36.00  | 2266.40 | 81590.40         | 514.195    | 9961.57    |
| 8     | 3.5          | 32.50  | 2295.28 | 74596.60         | 470.119    | 10431.69   |
| 7     | 3.5          | 29.00  | 2295.28 | 66563.12         | 419.491    | 10851.18   |
| 6     | 3.5          | 25.50  | 2295.28 | 58529.64         | 368.863    | 11220.05   |
| 5     | 3.5          | 22.00  | 2295.28 | 50496.16         | 318.235    | 11538.28   |
| 4     | 3.5          | 18.50  | 2295.28 | 42462.68         | 267.606    | 11805.89   |
| 3     | 3.5          | 15.00  | 2295.28 | 34429.20         | 216.978    | 12022.86   |
| 2     | 3.5          | 11.50  | 2295.28 | 26395.72         | 166.350    | 12189.21   |
| 1     | 3.5          | 8.00   | 2295.28 | 18362.24         | 115.722    | 12304.94   |
| Zemin | 4.5          | 4.50   | 2800.96 | 12604.32         | 79.4343556 | 12384.37   |

Tablo 18. Y doğrultusunda katlara etkiyen deprem kuvveti

| Kat   | Kat Yük. (m) | Kot(m) | Kütle   | Wi x Kot  | Fy (kN)  | Vy (kN)   |
|-------|--------------|--------|---------|-----------|----------|-----------|
| 19    | 3.5          | 71.00  | 1787.28 | 126896.88 | 2254.598 | 2254.598  |
| 18    | 3.5          | 67.50  | 2237.61 | 151038.68 | 807.593  | 3062.191  |
| 17    | 3.5          | 64.00  | 2237.61 | 143207.04 | 765.718  | 3827.909  |
| 16    | 3.5          | 60.50  | 2237.61 | 135375.41 | 723.843  | 4551.752  |
| 15    | 3.5          | 57.00  | 2237.61 | 127543.77 | 681.968  | 5233.720  |
| 14    | 3.5          | 53.50  | 2237.61 | 119712.14 | 640.092  | 5873.812  |
| 13    | 3.5          | 50.00  | 2237.61 | 111880.50 | 598.217  | 6472.029  |
| 12    | 3.5          | 46.50  | 2237.61 | 104048.87 | 556.342  | 7028.371  |
| 11    | 3.5          | 43.00  | 2237.61 | 96217.23  | 514.467  | 7542.838  |
| 10    | 3.5          | 39.50  | 2237.61 | 88385.60  | 472.592  | 8015.430  |
| 9     | 3.5          | 36.00  | 2266.40 | 81590.40  | 436.258  | 8451.688  |
| 8     | 3.5          | 32.50  | 2295.28 | 74596.60  | 398.863  | 8850.551  |
| 7     | 3.5          | 29.00  | 2295.28 | 66563.12  | 355.908  | 9206.459  |
| 6     | 3.5          | 25.50  | 2295.28 | 58529.64  | 312.954  | 9519.413  |
| 5     | 3.5          | 22.00  | 2295.28 | 50496.16  | 269.999  | 9789.412  |
| 4     | 3.5          | 18.50  | 2295.28 | 42462.68  | 227.045  | 10016.457 |
| 3     | 3.5          | 15.00  | 2295.28 | 34429.20  | 184.091  | 10200.548 |
| 2     | 3.5          | 11.50  | 2295.28 | 26395.72  | 141.136  | 10341.684 |
| 1     | 3.5          | 8.00   | 2295.28 | 18362.24  | 98.182   | 10439.866 |
| Zemin | 4.5          | 4.50   | 2800.96 | 12604.32  | 67.394   | 10507.260 |

Devrilme momentinin kontrolü bu çalışmadaki Bölüm 1.6.3.1’de açıklandığı üzere, boşluksuz betonarme perdelerin tabanında oluşan momentin toplamı tüm bina için oluşan toplam devrilme momentinin %40’ından az, %75’inden fazla olmayacaktır. Bu durum Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19. Devrilme momenti kontrolü

| Doğrultu | M <sub>DEV</sub> (kNm) | M <sub>o</sub> (kNm) | M <sub>DEV</sub> / M <sub>o</sub> |
|----------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| X        | 221472.60              | 440886.01            | 0.50                              |
| Y        | 183067.60              | 402744.25            | 0.45                              |

### 2.3.2. Düzensizlik Kontrolleri

Bölüm 1.4.4' te anlatımı yapılan düzensizliklerin kontrolü yapılmış ve tabloları oluşturulmuştur. Bu bölümde düzensizlik hesaplamalarına ait oluşturulan tablolar verilmiştir.

#### 2.3.2.1. Burulma Düzensizliği

Analiz verilerinden elde edilen deplasmanlar sonucunda yapıda oluşan burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$ , X doğrultusu için maksimum değer olarak 1.00, Y doğrultusu için maksimum değer olarak 1.04 hesaplanmıştır. Söz konusu değerlerin 1.2' den küçük olması sebebiyle burulma düzensizliğinin oluşmadığı tespit edilmiştir. Bu durum Tablo 20 ve 21' de gösterilmiştir.

Tablo 20. X doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü

| Kat   | $\Delta i_{(min)}$<br>(mm) | $\Delta i_{(max)}$<br>(mm) | $\Delta i_{(ort)}$<br>(mm) | $\eta_{bi}$ | $\eta_{bi} < 1.2$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|
| 19    | 1.347                      | 1.349                      | 1.348                      | 1.00        | ✓                 |
| 18    | 1.418                      | 1.421                      | 1.419                      | 1.00        | ✓                 |
| 17    | 1.471                      | 1.475                      | 1.473                      | 1.00        | ✓                 |
| 16    | 1.529                      | 1.533                      | 1.531                      | 1.00        | ✓                 |
| 15    | 1.584                      | 1.588                      | 1.586                      | 1.00        | ✓                 |
| 14    | 1.636                      | 1.641                      | 1.639                      | 1.00        | ✓                 |
| 13    | 1.685                      | 1.690                      | 1.687                      | 1.00        | ✓                 |
| 12    | 1.729                      | 1.734                      | 1.732                      | 1.00        | ✓                 |
| 11    | 1.768                      | 1.774                      | 1.771                      | 1.00        | ✓                 |
| 10    | 1.804                      | 1.811                      | 1.808                      | 1.00        | ✓                 |
| 9     | 1.813                      | 1.819                      | 1.816                      | 1.00        | ✓                 |
| 8     | 1.832                      | 1.838                      | 1.835                      | 1.00        | ✓                 |
| 7     | 1.834                      | 1.840                      | 1.837                      | 1.00        | ✓                 |
| 6     | 1.817                      | 1.824                      | 1.821                      | 1.00        | ✓                 |
| 5     | 1.777                      | 1.783                      | 1.780                      | 1.00        | ✓                 |
| 4     | 1.702                      | 1.708                      | 1.705                      | 1.00        | ✓                 |
| 3     | 1.585                      | 1.591                      | 1.588                      | 1.00        | ✓                 |
| 2     | 1.409                      | 1.414                      | 1.412                      | 1.00        | ✓                 |
| 1     | 1.160                      | 1.164                      | 1.162                      | 1.00        | ✓                 |
| Zemin | 0.867                      | 0.870                      | 0.869                      | 1.00        | ✓                 |

Tablo 21. Y doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü

| Kat   | $\Delta i_{(min)}$<br>(mm) | $\Delta i_{(max)}$<br>(mm) | $\Delta i_{(ort)}$<br>(mm) | $\eta_{bi}$ | $\eta_{bi} < 1.2$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|
| 19    | 1.155                      | 1.205                      | 1.180                      | 1.02        | ✓                 |
| 18    | 1.234                      | 1.294                      | 1.264                      | 1.02        | ✓                 |
| 17    | 1.310                      | 1.381                      | 1.346                      | 1.03        | ✓                 |
| 16    | 1.396                      | 1.481                      | 1.439                      | 1.03        | ✓                 |
| 15    | 1.485                      | 1.586                      | 1.536                      | 1.03        | ✓                 |
| 14    | 1.575                      | 1.692                      | 1.634                      | 1.04        | ✓                 |
| 13    | 1.664                      | 1.797                      | 1.730                      | 1.04        | ✓                 |
| 12    | 1.750                      | 1.896                      | 1.823                      | 1.04        | ✓                 |
| 11    | 1.829                      | 1.987                      | 1.908                      | 1.04        | ✓                 |
| 10    | 1.903                      | 2.071                      | 1.987                      | 1.04        | ✓                 |
| 9     | 1.944                      | 2.115                      | 2.030                      | 1.04        | ✓                 |
| 8     | 1.995                      | 2.168                      | 2.082                      | 1.04        | ✓                 |
| 7     | 2.028                      | 2.199                      | 2.114                      | 1.04        | ✓                 |
| 6     | 2.040                      | 2.205                      | 2.123                      | 1.04        | ✓                 |
| 5     | 2.022                      | 2.178                      | 2.100                      | 1.04        | ✓                 |
| 4     | 1.960                      | 2.102                      | 2.031                      | 1.03        | ✓                 |
| 3     | 1.840                      | 1.965                      | 1.902                      | 1.03        | ✓                 |
| 2     | 1.637                      | 1.741                      | 1.689                      | 1.03        | ✓                 |
| 1     | 1.324                      | 1.403                      | 1.363                      | 1.03        | ✓                 |
| Zemin | 0.917                      | 0.968                      | 0.943                      | 1.03        | ✓                 |

#### 2.3.2.2. A2 ve A3 düzensizliği

Söz konusu yapıda çıkıntı ve asansör harici boşluk bulunmadığından dolayı bu düzensizlik türleri oluşmamıştır.

#### 2.3.2.3. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Zayıf katın durumu Bölüm 1.4.4.2' ye göre kontrol edilmiştir. Yapıdaki düşey taşıyıcı sistem elemanların ve duvarların üst katlarda kesitlerinin değişmesiyle meydana gelebildiği bir durumdur. Söz konusu yapının katlarında görel olarak kesit ve duvarlarında artış olmadığından bu düzensizliğin oluşmasına imkan sağlayacak bir durum meydana gelmemektedir.

#### 2.3.2.4. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Yumuşak kat düzensizliği tanımı Bölüm 1.4.4.2' de belirtildiği üzere X ve Y doğrultusunda oluşmamıştır. B2 düzensizliği oluşması durumunda yönetmelikçe deprem hesabı dinamik yöntemlerle yapılması gerekmektedir. Yüksek yapı tasarımında deprem

hesabı için dinamik yöntem kullanıldığından yumuşak kat düzensizliği herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Düzensizlik ile ilgili değerler Tablo 22 ve 23 'te gösterilmiştir.

Tablo 22. X doğrultusu için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Kat   | $h_i$<br>(mm) | $\Delta_{ix..ort}$<br>(mm) | $\eta_{kix}$ |      |
|-------|---------------|----------------------------|--------------|------|
| 19    | 3500          | 1.348                      | -            | 0.95 |
| 18    | 3500          | 1.419                      | 1.05         | 0.96 |
| 17    | 3500          | 1.473                      | 1.04         | 0.96 |
| 16    | 3500          | 1.531                      | 1.04         | 0.96 |
| 15    | 3500          | 1.586                      | 1.04         | 0.97 |
| 14    | 3500          | 1.639                      | 1.03         | 0.97 |
| 13    | 3500          | 1.687                      | 1.03         | 0.97 |
| 12    | 3500          | 1.732                      | 1.03         | 0.98 |
| 11    | 3500          | 1.771                      | 1.02         | 0.98 |
| 10    | 3500          | 1.808                      | 1.02         | 1    |
| 9     | 3500          | 1.816                      | 1            | 0.99 |
| 8     | 3500          | 1.835                      | 1.01         | 1    |
| 7     | 3500          | 1.837                      | 1            | 1.01 |
| 6     | 3500          | 1.821                      | 0.99         | 1.02 |
| 5     | 3500          | 1.780                      | 0.98         | 1.04 |
| 4     | 3500          | 1.705                      | 0.96         | 1.07 |
| 3     | 3500          | 1.588                      | 0.93         | 1.13 |
| 2     | 3500          | 1.412                      | 0.89         | 1.21 |
| 1     | 3500          | 1.162                      | 0.82         | 1.72 |
| Zemin | 4500          | 0.869                      | 0.58         | -    |

Tablo 23. Y doğrultusu için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Kat   | $h_i$<br>(mm) | $\Delta_{iy..ort}$<br>(mm) |      | $\eta_{kiy}$ |
|-------|---------------|----------------------------|------|--------------|
| 19    | 3500          | 1.180                      | -    | 0.93         |
| 18    | 3500          | 1.264                      | 1.07 | 0.94         |
| 17    | 3500          | 1.346                      | 1.06 | 0.94         |
| 16    | 3500          | 1.439                      | 1.07 | 0.94         |
| 15    | 3500          | 1.536                      | 1.07 | 0.94         |
| 14    | 3500          | 1.634                      | 1.06 | 0.94         |
| 13    | 3500          | 1.730                      | 1.06 | 0.95         |
| 12    | 3500          | 1.823                      | 1.05 | 0.96         |
| 11    | 3500          | 1.908                      | 1.05 | 0.96         |
| 10    | 3500          | 1.987                      | 1.04 | 0.98         |
| 9     | 3500          | 2.030                      | 1.02 | 0.97         |
| 8     | 3500          | 2.082                      | 1.03 | 0.98         |
| 7     | 3500          | 2.114                      | 1.02 | 1            |
| 6     | 3500          | 2.123                      | 1    | 1.01         |
| 5     | 3500          | 2.100                      | 0.99 | 1.03         |
| 4     | 3500          | 2.031                      | 0.97 | 1.07         |
| 3     | 3500          | 1.902                      | 0.94 | 1.13         |
| 2     | 3500          | 1.689                      | 0.89 | 1.24         |
| 1     | 3500          | 1.363                      | 0.81 | 1.86         |
| Zemin | 4500          | 0.943                      | 0.54 | -            |

### 2.3.3. Göreli Kat Ötelemesi

Bu kontrol DD-2 tasarım depremi ile alt ve üst katın göreli olarak hesaplanan kat deplasmanlarının  $R/I$  oranıyla çarpılarak oluşan etkin göreli kat ötelemesine ( $\delta_i$ ) dayanmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemine ve dolgu duvarların bağlantılarının esnek derz kullanılıp kullanılmamasına göre değerlendirilen bu kontrol bu tez çalışmasını oluşturan yüksek yapı tasarımında her iki doğrultu için sağlandığı belirlenmiştir. Bu durum Tablo 24 ve Tablo 25’ te gösterilmiştir.

Tablo 24. X doğrultusu için görelî kat öteleme kontrolü

| Kat   | hi<br>mm | uix   | $\Delta ix$ | $\delta ix$ | $\delta ix/hi$ | $\lambda x (\delta ix./ hi)$ | k=1<br>İçin<br>Sınır<br>Değer | k=0.5<br>İçin<br>Sınır<br>Değer |
|-------|----------|-------|-------------|-------------|----------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 19    | 3500     | 31.87 | 1.35        | 1.35        | 0.00039        | 0.00015                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 18    | 3500     | 30.52 | 1.42        | 6.82        | 0.00195        | 0.00078                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 17    | 3500     | 29.10 | 1.47        | 7.08        | 0.00202        | 0.00081                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 16    | 3500     | 27.62 | 1.53        | 7.36        | 0.00210        | 0.00084                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 15    | 3500     | 26.09 | 1.59        | 7.62        | 0.00218        | 0.00087                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 14    | 3500     | 24.50 | 1.64        | 7.88        | 0.00225        | 0.00090                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 13    | 3500     | 22.86 | 1.69        | 8.11        | 0.00232        | 0.00093                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 12    | 3500     | 21.17 | 1.73        | 8.33        | 0.00238        | 0.00095                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 11    | 3500     | 19.44 | 1.77        | 8.51        | 0.00243        | 0.00097                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 10    | 3500     | 17.66 | 1.81        | 8.69        | 0.00248        | 0.00099                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 9     | 3500     | 15.85 | 1.82        | 8.73        | 0.00249        | 0.00100                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 8     | 3500     | 14.03 | 1.84        | 8.82        | 0.00252        | 0.00101                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 7     | 3500     | 12.19 | 1.84        | 8.83        | 0.00252        | 0.00101                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 6     | 3500     | 10.35 | 1.82        | 8.75        | 0.00250        | 0.00100                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 5     | 3500     | 8.53  | 1.78        | 8.56        | 0.00245        | 0.00098                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 4     | 3500     | 6.75  | 1.71        | 8.20        | 0.00234        | 0.00094                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 3     | 3500     | 5.04  | 1.59        | 7.64        | 0.00218        | 0.00087                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 2     | 3500     | 3.45  | 1.41        | 6.79        | 0.00194        | 0.00078                      | 0.008                         | 0.004                           |
| 1     | 3500     | 2.03  | 1.16        | 5.59        | 0.00160        | 0.00064                      | 0.008                         | 0.004                           |
| Zemin | 4500     | 0.87  | 0.87        | 4.18        | 0.00093        | 0.00037                      | 0.008                         | 0.004                           |

Tablo 25. Y doğrultusu için görelî kat öteleme kontrolü

| Kat   | hi mm | uiy   | $\Delta_{iy}$ | $\delta_{iy}$ | $\delta_{iy}/h_i$ | $\lambda x (\delta_{iy}./ h_i)$ | k=1<br>İçin<br>Sınır<br>Değer | k=0.5<br>İçin<br>Sınır<br>Değer |
|-------|-------|-------|---------------|---------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 19    | 3500  | 35.44 | 1.21          | 5.79          | 0.00165           | 0.00066                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 18    | 3500  | 34.23 | 1.29          | 6.21          | 0.00177           | 0.00071                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 17    | 3500  | 32.94 | 1.38          | 6.63          | 0.00189           | 0.00076                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 16    | 3500  | 31.55 | 1.48          | 7.11          | 0.00203           | 0.00081                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 15    | 3500  | 30.07 | 1.59          | 7.61          | 0.00218           | 0.00087                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 14    | 3500  | 28.49 | 1.69          | 8.12          | 0.00232           | 0.00093                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 13    | 3500  | 26.80 | 1.80          | 8.62          | 0.00246           | 0.00099                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 12    | 3500  | 25.00 | 1.90          | 9.10          | 0.00260           | 0.00104                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 11    | 3500  | 23.10 | 1.99          | 9.54          | 0.00273           | 0.00109                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 10    | 3500  | 21.11 | 2.07          | 9.94          | 0.00284           | 0.00114                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 9     | 3500  | 19.04 | 2.12          | 10.15         | 0.00290           | 0.00116                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 8     | 3500  | 16.93 | 2.17          | 10.41         | 0.00297           | 0.00119                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 7     | 3500  | 14.76 | 2.20          | 10.56         | 0.00302           | 0.00121                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 6     | 3500  | 12.56 | 2.21          | 10.58         | 0.00302           | 0.00121                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 5     | 3500  | 10.36 | 2.18          | 10.45         | 0.00299           | 0.00119                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 4     | 3500  | 8.18  | 2.10          | 10.09         | 0.00288           | 0.00115                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 3     | 3500  | 6.08  | 1.96          | 9.43          | 0.00269           | 0.00108                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 2     | 3500  | 4.11  | 1.74          | 8.35          | 0.00239           | 0.00095                         | 0.008                         | 0.004                           |
| 1     | 3500  | 2.37  | 1.40          | 6.73          | 0.00192           | 0.00077                         | 0.008                         | 0.004                           |
| Zemin | 4500  | 0.97  | 0.97          | 4.65          | 0.00103           | 0.00041                         | 0.008                         | 0.004                           |

#### 2.3.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

İkinci mertebe etkileri formül olarak; kat bünyesindeki ortalama görelî ötelemeleri ile ilgili katın kendisi dahil taşıdığı ağırlığın çarpılmasıyla elde edilen değerin, yine ilgili katın yüksekliği ve maruz kaldığı kesme kuvvetinin çarpılmasıyla oluşan değere oranı olarak ifade edilmektedir. Her kat için elde edilen ikinci mertebe değerleri, yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısına, dayanım fazlalığı katsayısına ve yapının taşıyıcı sistem türüne göre,  $C_h$  (betonarme, çelik ve kompozit) sınırlandırılmaktadır. Bu çalışmaya konu olan kompozit elemanlar için  $C_h$  değeri 1 alındığından ikinci mertebe değerleri Tablo 26 ve 27’ de görüldüğü üzere 0.0625 değerini geçmediğinden istenilen sınır değer aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 26. X doğrultusu için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

| Kat   | Kat<br>Yüksekliği<br>(m) | W        | $\sum W$  | $\Delta_{i,ort}$ (m) | $V_x$    | $\Theta_{n,i}$ |
|-------|--------------------------|----------|-----------|----------------------|----------|----------------|
| 19    | 3.5                      | 17533.22 | 17533.22  | 0.00135              | 2657.38  | 0.002541       |
| 18    | 3.5                      | 21950.95 | 39484.17  | 0.00142              | 3609.25  | 0.004436       |
| 17    | 3.5                      | 21950.95 | 61435.13  | 0.00147              | 4511.76  | 0.005731       |
| 16    | 3.5                      | 21950.95 | 83386.08  | 0.00153              | 5364.92  | 0.006798       |
| 15    | 3.5                      | 21950.95 | 105337.03 | 0.00159              | 6168.72  | 0.007740       |
| 14    | 3.5                      | 21950.95 | 127287.99 | 0.00164              | 6923.16  | 0.008607       |
| 13    | 3.5                      | 21950.95 | 149238.94 | 0.00169              | 7628.25  | 0.009431       |
| 12    | 3.5                      | 21950.95 | 171189.90 | 0.00173              | 8283.98  | 0.010225       |
| 11    | 3.5                      | 21950.95 | 193140.85 | 0.00177              | 8890.36  | 0.010991       |
| 10    | 3.5                      | 21950.95 | 215091.80 | 0.00181              | 9447.38  | 0.011758       |
| 9     | 3.5                      | 22233.38 | 237325.19 | 0.00182              | 9961.57  | 0.012360       |
| 8     | 3.5                      | 22516.70 | 259841.88 | 0.00183              | 10431.69 | 0.013059       |
| 7     | 3.5                      | 22516.70 | 282358.58 | 0.00184              | 10851.18 | 0.013657       |
| 6     | 3.5                      | 22516.70 | 304875.28 | 0.00182              | 11220.05 | 0.014134       |
| 5     | 3.5                      | 22516.70 | 327391.97 | 0.00178              | 11538.28 | 0.014430       |
| 4     | 3.5                      | 22516.70 | 349908.67 | 0.00171              | 11805.89 | 0.014439       |
| 3     | 3.5                      | 22516.70 | 372425.37 | 0.00159              | 12022.86 | 0.014057       |
| 2     | 3.5                      | 22516.70 | 394942.07 | 0.00141              | 12189.21 | 0.013068       |
| 1     | 3.5                      | 22516.70 | 417458.76 | 0.00116              | 12304.94 | 0.011266       |
| Zemin | 4.5                      | 27477.42 | 444936.18 | 0.00087              | 12384.37 | 0.006936       |

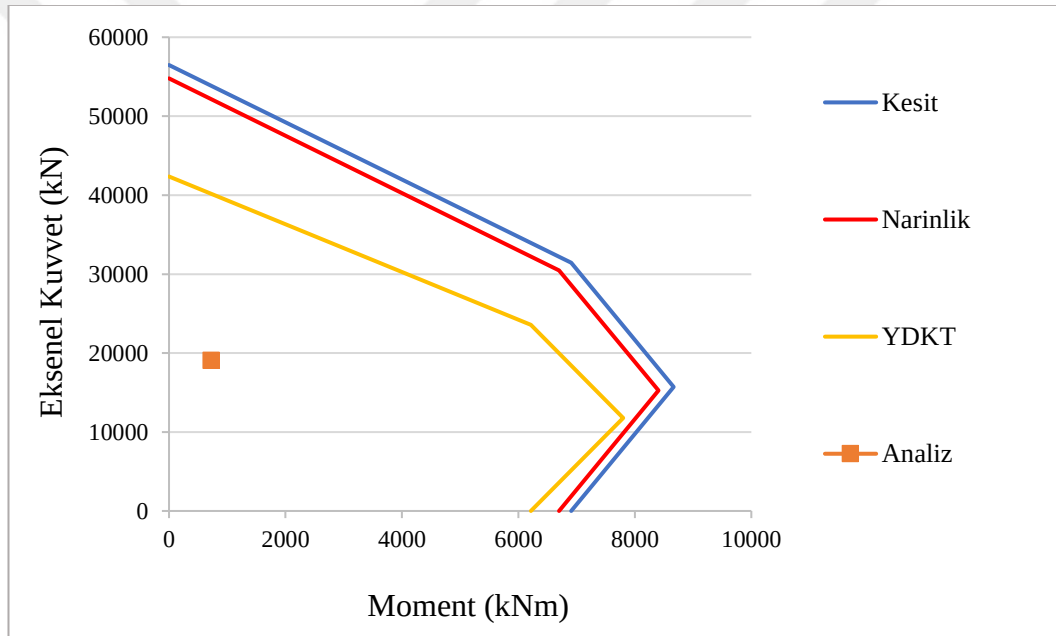
Tablo 27. Y doğrultusu için ikinci merteye etkilerinin kontrolü

| Kat   | Kat<br>Yüksekliği<br>(m) | W        | $\Sigma W$ | $\Delta_{i,ort}$<br>(m) | $V_y$    | $\Theta_{ii}$ |
|-------|--------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|---------------|
| 19    | 3.5                      | 17533.22 | 17533.22   | 0.00118                 | 2254.60  | 0.002623      |
| 18    | 3.5                      | 21950.95 | 39484.17   | 0.00126                 | 3062.19  | 0.004658      |
| 17    | 3.5                      | 21950.95 | 61435.13   | 0.00135                 | 3827.91  | 0.006171      |
| 16    | 3.5                      | 21950.95 | 83386.08   | 0.00144                 | 4551.75  | 0.007531      |
| 15    | 3.5                      | 21950.95 | 105337.03  | 0.00154                 | 5233.72  | 0.008832      |
| 14    | 3.5                      | 21950.95 | 127287.99  | 0.00163                 | 5873.81  | 0.010114      |
| 13    | 3.5                      | 21950.95 | 149238.94  | 0.00173                 | 6472.03  | 0.011400      |
| 12    | 3.5                      | 21950.95 | 171189.90  | 0.00182                 | 7028.37  | 0.012687      |
| 11    | 3.5                      | 21950.95 | 193140.85  | 0.00191                 | 7542.84  | 0.013960      |
| 10    | 3.5                      | 21950.95 | 215091.80  | 0.00199                 | 8015.43  | 0.015236      |
| 9     | 3.5                      | 22233.38 | 237325.19  | 0.00203                 | 8451.69  | 0.016284      |
| 8     | 3.5                      | 22516.70 | 259841.88  | 0.00208                 | 8850.55  | 0.017463      |
| 7     | 3.5                      | 22516.70 | 282358.58  | 0.00211                 | 9206.46  | 0.018521      |
| 6     | 3.5                      | 22516.70 | 304875.28  | 0.00212                 | 9519.41  | 0.019422      |
| 5     | 3.5                      | 22516.70 | 327391.97  | 0.00210                 | 9789.41  | 0.020064      |
| 4     | 3.5                      | 22516.70 | 349908.67  | 0.00203                 | 10016.46 | 0.020273      |
| 3     | 3.5                      | 22516.70 | 372425.37  | 0.00190                 | 10200.55 | 0.019843      |
| 2     | 3.5                      | 22516.70 | 394942.07  | 0.00169                 | 10341.68 | 0.018424      |
| 1     | 3.5                      | 22516.70 | 417458.76  | 0.00136                 | 10439.87 | 0.015576      |
| Zemin | 4.5                      | 27477.42 | 444936.18  | 0.00094                 | 10507.26 | 0.008870      |

### 2.3.5. Kolonların Tasarımı

Analiz sonucu elde edilen değerler Bölüm 1.3.4’ te açıklanan Şekil 13’ e göre oluşturulan diyagram ile mukayese edilmiştir. Bu mukayeseye esas tasarımda kullanılan 90x90 cm ebatlı kompozit eleman, 50 cm paspayı ile 32Ø26 donatı içermektedir. Bölüm 2.1.1’ deki Tablo 13’ te kesit özellikleri verilen H420x422 çelik profili kullanılmıştır.

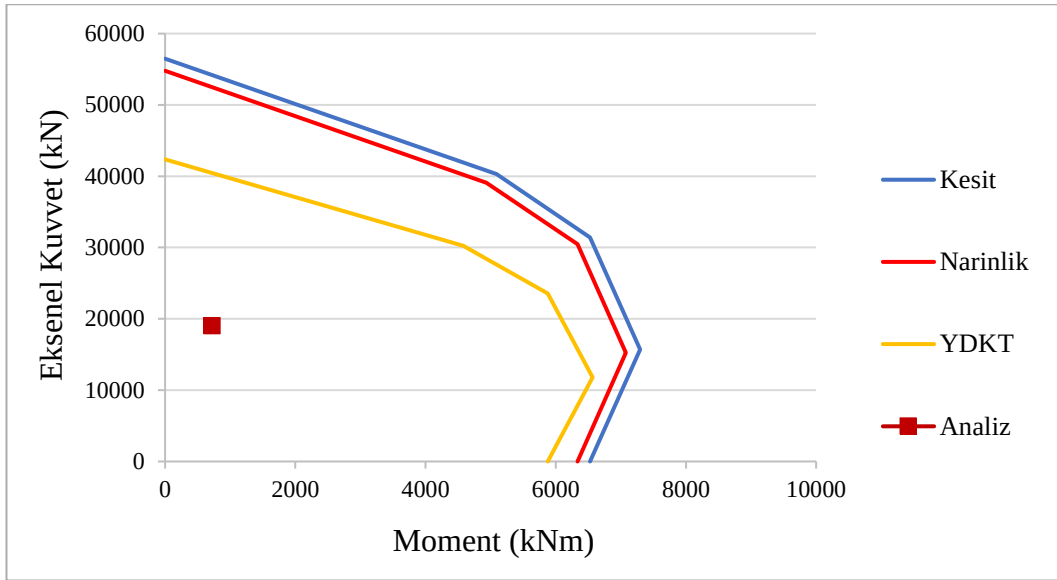
Analiz sonucunda elde edilen 19058 kN ile en büyük eksenel yüklemeye sahip 90x90 kesitli S102 kolonunun, kuvvetli ve zayıf eksen için birleşik eğilme etkisi altında eksenel kuvvet ve moment kapasite ilişkisi Şekil 35 ve 36’ da gösterilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen en büyük moment değeri 721.69 kNm’ dir. Tablo 28 ve 29’ da Şekil 35 ve 36’ ya ait noktaların değerleri gösterilmiştir. Eksenel kuvvet kontrolü Tablo 30’ da verilmiştir.



Şekil 35. Çelik gömme kompozit kolon kuvvetli eksen için karşılıklı etki diyagramı

Tablo 28. Kuvvetli eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler

|   | Narinlik dikkate alınmadan |         | Narinlik dikkate alındığında |         | YDKT     |         |
|---|----------------------------|---------|------------------------------|---------|----------|---------|
|   | P                          | M       | P                            | M       | P        | M       |
| A | 56480.83                   | 0       | 54786.41                     | 0       | 42360.62 | 0       |
| C | 31429.77                   | 6906.25 | 30486.88                     | 6699.07 | 23572.33 | 6215.63 |
| D | 15714.89                   | 8665.66 | 15243.44                     | 8405.69 | 11786.16 | 7799.09 |
| B | 0                          | 6906.25 | 0                            | 6699.06 | 0        | 6215.63 |



Şekil 36. Çelik gömme kompozit kolon zayıf eksen için karşılıklı etki diyagramı

Tablo 29. Zayıf eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler

|   | Narinlik dikkate alınmadan |         | Narinlik dikkate alındığında |         | YDKT     |         |
|---|----------------------------|---------|------------------------------|---------|----------|---------|
|   | P                          | M       | P                            | M       | P        | M       |
| A | 56480.83                   | 0       | 54786.41                     | 0       | 42360.62 | 0       |
| E | 40305.13                   | 5089.16 | 39095.98                     | 4936.49 | 30228.85 | 4580.24 |
| C | 31429.77                   | 6529.10 | 30486.88                     | 6333.22 | 23572.33 | 5876.18 |
| D | 15714.89                   | 7296.46 | 15243.44                     | 7077.56 | 11786.16 | 6566.81 |
| B | 0                          | 6529.09 | 0                            | 6333.22 | 0        | 5876.18 |

#### Donatı alanı kontrolü

Kompozit kesitte hesaplanan donatı alanı  $0.01 A_g < A_{sr} < 0.04 A_g$  şartını sağlamalıdır. Bu durumda kompozit kesitteki donatı alanı ( $A_{sr}$ )  $16960 \text{ mm}^2$  hesaplandığından yönetmelik gereğince ilgili ifadede yerine konulduğunda;

$$8100 \text{ mm}^2 < \mathbf{16960} \text{ mm}^2 < 32400 \text{ mm}^2 \text{ şartını sağlamaktadır.}$$

#### Eksenel kuvvet kontrolü

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c = 56480.83 \text{ kN}$$

$$C_1 = 0.25 + 3 \left[ \frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right] = 0.51 \leq 0.7 \text{ şartını sağlamaktadır.}$$

$$(EI)_e = E_s I_s + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_c = 1435290.22 \text{ kNm}^2$$

$$P_e = \pi^2 (EI)_e / (L_c)^2 = 699543.04 \text{ kN}$$

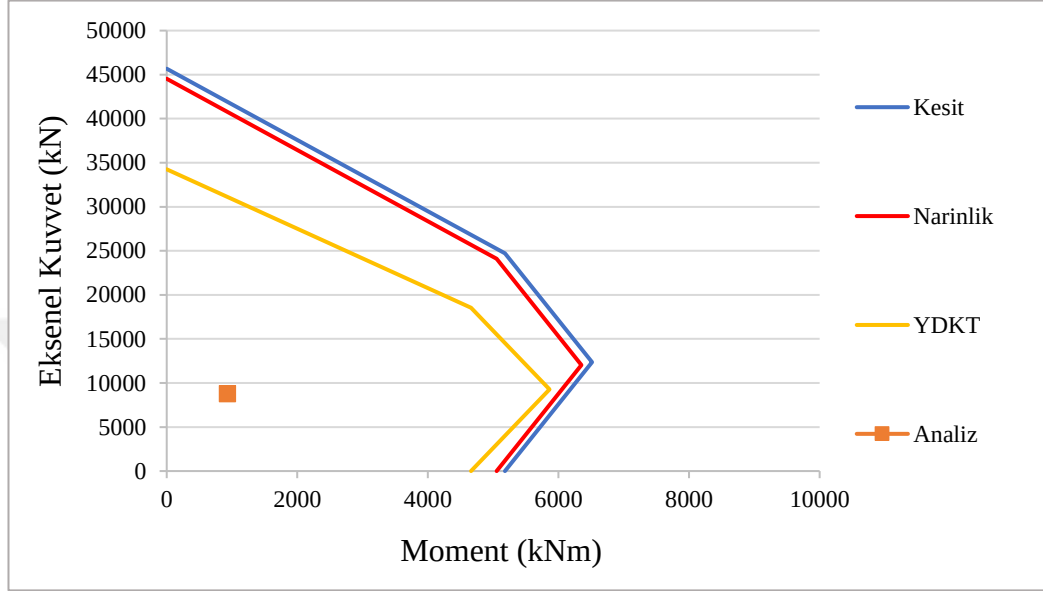
$$\frac{P_{no}}{P_e} = 0.081$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \text{ için } P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] = 54598.08 \text{ kN}$$

Tablo 30. Eksenel kuvvet kontrolü (90x90 cm)

| Kolon | $0.4P_{no}$<br>(kN) | $N_{dm}$<br>(kN) | Kolon | $0.4P_{no}$<br>(kN) | $N_{dm}$<br>(kN) |
|-------|---------------------|------------------|-------|---------------------|------------------|
| S101  | 22592.33            | 9076.73          | S118  | 22592.33            | 16190.90         |
| S102  | 22592.33            | 14957.90         | S119  | 22592.33            | 14423.70         |
| S103  | 22592.33            | 6793.30          | S120  | 22592.33            | 11993.80         |
| S104  | 22592.33            | 4862.88          | S121  | 22592.33            | 15301.80         |
| S105  | 22592.33            | 12085.20         | S122  | 22592.33            | 18508.90         |
| S106  | 22592.33            | 10970.60         | S123  | 22592.33            | 11994.70         |
| S107  | 22592.33            | 9104.86          | S124  | 22592.33            | 14962.90         |
| S108  | 22592.33            | 10990.80         | S125  | 22592.33            | 19099.40         |
| S109  | 22592.33            | 14350.00         | S126  | 22592.33            | 14311.00         |
| S110  | 22592.33            | 19103.70         | S127  | 22592.33            | 10975.80         |
| S111  | 22592.33            | 14949.70         | S128  | 22592.33            | 9131.97          |
| S112  | 22592.33            | 12046.50         | S129  | 22592.33            | 3402.69          |
| S113  | 22592.33            | 18848.60         | S130  | 22592.33            | 12113.70         |
| S114  | 22592.33            | 15292.80         | S131  | 22592.33            | 12052.10         |
| S115  | 22592.33            | 12035.30         | S132  | 22592.33            | 15239.00         |
| S116  | 22592.33            | 14677.90         | S133  | 22592.33            | 14714.00         |
| S117  | 22592.33            | 16216.70         | S134  | 22592.33            | 9035.30          |

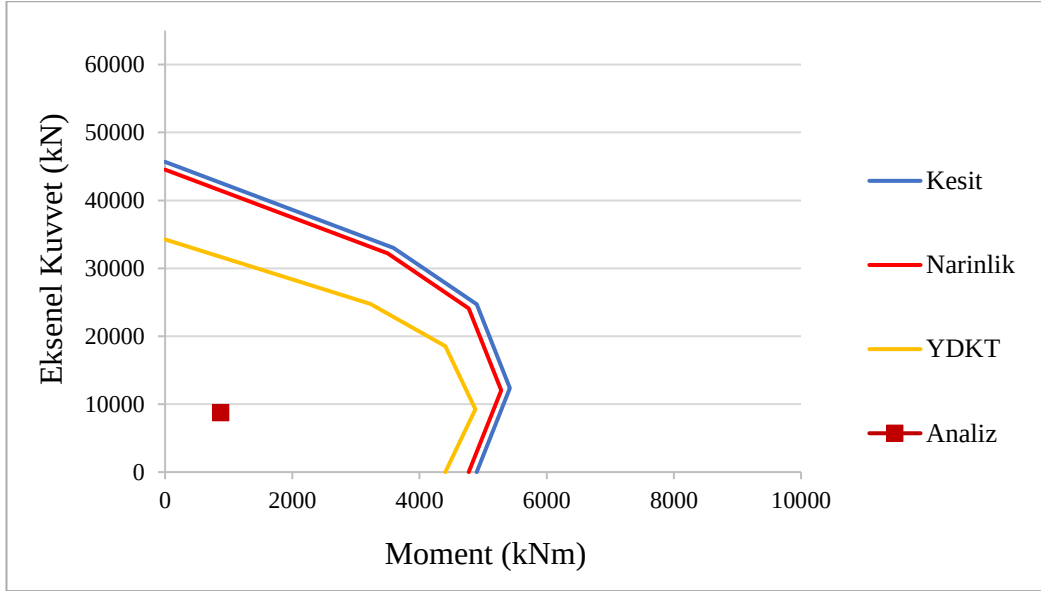
10. kattan itibaren kullanılan 80x80 cm kesitli kolonlardan S1110 kolonunun kuvvetli ve zayıf eksenleri için birleşik eğilme etkisi altında eksenel kuvvet ve moment kapasite ilişkisi Şekil 37 ve 38’ de gösterilmiştir. Analiz sonucu en büyük eksenel kuvvet ve moment değerleri sırasıyla 8737.83 kN ve 925.77 kNm’ dir. Tablo 31 ve 32’ de Şekil 37 ve 38’ e ait değerler verilmiş ve Tablo 33’ te eksenel kuvvet kontrolü gösterilmiştir.



Şekil 37. Çelik gömme kompozit kolon kuvvetli eksen karşılıklı etki diyagramı

Tablo 31. Kuvvetli eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler

|   | Narinlik dikkate alınmadan |         | Narinlik dikkate alındığında |         | YDKT     |         |
|---|----------------------------|---------|------------------------------|---------|----------|---------|
|   | P                          | M       | P                            | M       | P        | M       |
| A | 45672.10                   | 0       | 44530.30                     | 0       | 34254.08 | 0       |
| C | 24699.3                    | 5180.78 | 24081.82                     | 5051.26 | 18524.48 | 4662.70 |
| D | 12349.65                   | 6514.35 | 12040.91                     | 6351.49 | 9262.24  | 5862.90 |
| B | 0                          | 5180.78 | 0                            | 5051.26 | 0        | 4662.70 |



Şekil 38. Çelik gömme kompozit kolon zayıf eksen karşılıklı etki diyagramı

Tablo 32. Zayıf eksen için oluşturulan karşılıklı etki diyagramına ait veriler

|   | Narinlik dikkate alınmadan |         | Narinlik dikkate alındığında |         | YDKT     |         |
|---|----------------------------|---------|------------------------------|---------|----------|---------|
|   | P                          | M       | P                            | M       | P        | M       |
| A | 45672.10                   | 0       | 44530.30                     | 0       | 34254.08 | 0       |
| E | 33022.65                   | 3590.23 | 32197.08                     | 3500.47 | 24766.99 | 3231.21 |
| C | 24699.3                    | 4898.38 | 24081.82                     | 4775.92 | 18524.48 | 4408.54 |
| D | 12349.65                   | 5421.24 | 12040.91                     | 5285.71 | 9262.24  | 4879.11 |
| B | 0                          | 4898.38 | 0                            | 4775.92 | 0        | 4408.54 |

### Donatı alanı kontrolü

Kompozit kesitte hesaplanan donatı alanı  $0.01 A_g < A_{sr} < 0.04 A_g$  şartını sağlamalıdır. Bu durumda kompozit kesitteki donatı alanı ( $A_{sr}$ )  $14840 \text{ mm}^2$  hesaplandığından yönetmelik gereğince ilgili ifadede yerine konulduğunda:

$6400 \text{ mm}^2 < \mathbf{14840} \text{ mm}^2 < 25600 \text{ mm}^2$  şartını sağlamaktadır.

### Eksenel kuvvet kontrolü

$$P_{no} = F_y A_s + F_{yse} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c = 45672.10 \text{ kN}$$

$$C_1 = 0.25 + 3 \left[ \frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right] = 0.53 \leq 0.7 \text{ şartını sağlamaktadır.}$$

$$(EI)_e = E_s I_s + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_c = 950703.31 \text{ kNm}^2$$

$$P_e = \pi^2 (EI)_e / (L_c)^2 = 765964.53 \text{ kN}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = 0.06$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \text{ için } P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] = 44539.42 \text{ kN}$$

Tablo 33. Eksenel kuvvet kontrolü (80x80cm)

| Kolon | 0.4P <sub>no</sub><br>(kN) | N <sub>dm</sub><br>(kN) | Kolon | 0.4P <sub>no</sub><br>(kN) | N <sub>dm</sub><br>(kN) |
|-------|----------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------------------------|
| S1101 | 18268.84                   | 4577.15                 | S1118 | 18268.84                   | 16190.90                |
| S1102 | 18268.84                   | 7130.49                 | S1119 | 18268.84                   | 14423.70                |
| S1103 | 18268.84                   | 7372.55                 | S1120 | 18268.84                   | 11993.80                |
| S1104 | 18268.84                   | 6068.20                 | S1121 | 18268.84                   | 15301.80                |
| S1105 | 18268.84                   | 6037.63                 | S1122 | 18268.84                   | 18508.90                |
| S1106 | 18268.84                   | 5148.49                 | S1123 | 18268.84                   | 11994.70                |
| S1107 | 18268.84                   | 4642.67                 | S1124 | 18268.84                   | 14962.90                |
| S1108 | 18268.84                   | 7138.59                 | S1125 | 18268.84                   | 19099.40                |
| S1109 | 18268.84                   | 8792.13                 | S1126 | 18268.84                   | 14311.00                |
| S1110 | 18268.84                   | 6606.76                 | S1127 | 18268.84                   | 10975.8                 |
| S1111 | 18268.84                   | 5212.05                 | S1128 | 18268.84                   | 9131.97                 |
| S1112 | 18268.84                   | 7385.22                 | S1129 | 18268.84                   | 3402.69                 |
| S1113 | 18268.84                   | 8692.62                 | S1130 | 18268.84                   | 12113.70                |
| S1114 | 18268.84                   | 6055.14                 | S1131 | 18268.84                   | 12052.10                |
| S1115 | 18268.84                   | 6065.09                 | S1132 | 18268.84                   | 15239.00                |
| S1116 | 18268.84                   | 6757.28                 | S1133 | 18268.84                   | 14714.00                |
| S1117 | 18268.84                   | 7418.93                 | S1134 | 18268.84                   | 9035.30                 |

#### Kesme kuvveti kontrolü

ÇYTHYE-2018 Bölüm 12.5.1' de çelik gömme kompozit elamanların kesme kuvveti tahkiki iki yöntemle açıklamıştır. Bu yöntemler Bölüm 10' a göre sadece çelik için kesme tahkiki ya da beton ve beton çeliği için ilgili yönetmelik koşullarına göre kesme tahkiki şeklindedir. Çalışmanın bu bölümünde sadece çelik kesit için kesme tahkiki yapılmıştır.

**90x90 cm en kesitli kolonda kullanılan çelik profili H400x422 için:**

Gövde için kesme(kN):

$$\text{Alan, } A_w = 10489.44 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 \times 335 \times 10489.44 \times 10^{-3} = 2108.38 \text{ kN}$$

$$\text{Tahkik : } V = 392.48 \text{ kN} < V_n$$

Başlık için kesme(kN):

$$\text{Alan, } A_w = 21513.4 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 \times 335 \times 21513.4 \times 10^{-3} = 4324.11 \text{ kN}$$

$$\text{Tahkik : } V = 346 \text{ kN} < V_n$$

**80x80 cm enkesitli kolonda kullanılan çelik profili H400x347 için :**

Gövde için kesme(kN) :

$$\text{Alan, } A_w = 8693.12 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 \times 335 \times 8693.12 \times 10^{-3} = 1747.32 \text{ kN}$$

$$\text{Tahkik : } V = 448 \text{ kN} < V_n$$

Başlık için kesme(kN):

$$\text{Alan, } A_w = 17654.80 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 \times 335 \times 17654.80 \times 10^{-3} = 3548.61 \text{ kN}$$

$$\text{Tahkik : } V = 437 \text{ kN} < V_n$$

**2.3.6. Kirişlerin Tasarımı**

Moment kapasiteleri Bölüm 1.3.4 Şekil 13' te ilgili detayları gösterilen diyagram yardımıyla literatürdeki yapılan çalışmalar neticesinde B Noktası dayanım hesabı için sınır seçilmiştir. Kesitte B420C sınıfı donatı, S355 sınıfı IPE 450 çelik profil kullanılmıştır.

Kesme kuvveti tahkiki profilin gövde alanına göre yapılmıştır.

Profil gövdesine etkiyen kesme kuvveti:

$$\text{Profil gövde Alanı, } A_w = 3955.52 \text{ mm}^2$$

$$C_{v1} = 1$$

$$F_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} = 842.53 \text{ kN}$$

$$V = 407 \text{ kN} < V_n$$

### 2.3.7. Perdelerin Tasarımı

TBDY-2018' e göre minimum perde kalınlığı 25 cm belirlenmiştir ancak yüksek yapılarda bu sınır 30 cm' dir. Bu kalınlık sınırı gibi kesit ölçülerine ilave perdenin serbest yüksekliğine göre kalınlık sınırları da mevcuttur. Bu gibi durumlara bağlı olarak kalınlığı yüksekliğinin on altıda birinden kısa, ilgili kattaki yatay uzunluğu ise gövde kısmının genişliğinin otuz katından daha uzun yapılamamaktadır. Açıklanan bu koşullar çerçevesinde yapıdaki perde kalınlığı 50 cm olarak belirlenmiştir.

Yapıdaki perde elemanların üzerine, ilgili yük birleşim eşitlikleri ile etkiye maruz bırakılan yüklerin meydana getirdiği en elverişsiz yükleme (maksimum) etkisi altında oluşan en büyük eksenel basınç kuvveti, yönetmelikte belirtilen  $0.35A_c f_{ck}$  hesaplamasında elde edilen sonuçtan daha fazla olmamalıdır. Bu durum için Tablo 34' te eksenel kuvvet kontrolü yapılmıştır.

Tablo 34. Perdeler için eksenel kuvvet tahkiki

| Perde İsmi | $B_w$ (m) | $L_w$ (m) | $0.35A_c f_{ck}$ (kN) | $N_{dm}$ (kN) |
|------------|-----------|-----------|-----------------------|---------------|
| P1         | 0.5       | 7.5       | 65625.00              | 13369.95      |
| P2         | 0.5       | 7.5       | 65625.00              | 13305.24      |
| P3         | 0.5       | 13        | 113750.00             | 50619.73      |
| P4         | 0.5       | 3.25      | 28437.50              | 16104.38      |
| P5         | 0.5       | 3.25      | 28437.50              | 16627.62      |
| P6         | 0.5       | 13        | 113750.00             | 29876.63      |
| P7         | 0.5       | 3.25      | 28437.50              | 16676.09      |
| P8         | 0.5       | 3.25      | 28437.50              | 16129.7       |
| P9         | 0.5       | 13        | 113750.00             | 50695.14      |
| P10        | 0.5       | 7.5       | 65625.00              | 13072.82      |
| P11        | 0.5       | 7.5       | 65625.00              | 13320.64      |

#### 2.3.7.1. Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

Tasarımı yapılan yapıdaki perdelerin yüksekliklerinin ilgili kattaki en büyük yatay uzunluğuna oranı 2' den büyüktür. Bu durum neticesinde perdelerde uç bölgeleri belirlenecektir. Uç bölgelerin boyutlandırılması yönetmelikteki koşullara göre seçilmektedir. Perde yüksekliğinin kritik olarak isimlendirilen kısmının yüksekliği, perdenin ilgili kattaki yatay uzunluğundan ve bina boyunca yükseldiği uzunluğunun altıda birinden daha kısa olmamaktadır. Toplam yükseklik 71 m' dir. Bu durumda kritik perde yüksekliği  $71 / 6$  yaklaşık 12 metre olmaktadır. Ancak plandaki en uzun perde kolu 13 m olduğundan kritik perde yüksekliği 15 m şeklinde belirlenmiştir. Tablo 35' te

perdelerin gövde ve uç bölgelerine dair uzunluklar gösterilmiştir. Tablo 36 ve 37 ‘de uç ve gövde donatılarına ait detaylar verilmiştir.

Tablo 35. Perde gövde ve uç bölgeleri

| Kesit Ölçüleri |              |              |                |                  |              |              |
|----------------|--------------|--------------|----------------|------------------|--------------|--------------|
|                | $B_w$<br>(m) | $L_w$<br>(m) | $2 B_w$<br>(m) | $0.2 L_w$<br>(m) | $L_u$<br>(m) | Gövde<br>(m) |
| P1             | 0.5          | 7.5          | 1              | 1.5              | 1.5          | 4.5          |
| P2             | 0.5          | 7.5          | 1              | 1.5              | 1.5          | 4.5          |
| P3             | 0.5          | 13           | 1              | 2.6              | 2.6          | 7.8          |
| P4             | 0.5          | 3.25         | 1              | 0.65             | 1            | 1.25         |
| P5             | 0.5          | 3.25         | 1              | 0.65             | 1            | 1.25         |
| P6             | 0.5          | 13           | 1              | 2.6              | 2.6          | 7.8          |
| P7             | 0.5          | 3.25         | 1              | 0.65             | 1            | 1.25         |
| P8             | 0.5          | 3.25         | 1              | 0.65             | 1            | 1.25         |
| P9             | 0.5          | 13           | 1              | 2.6              | 2.6          | 7.8          |
| P10            | 0.5          | 7.5          | 1              | 1.5              | 1.5          | 4.5          |
| P11            | 0.5          | 7.5          | 1              | 1.5              | 1.5          | 4.5          |

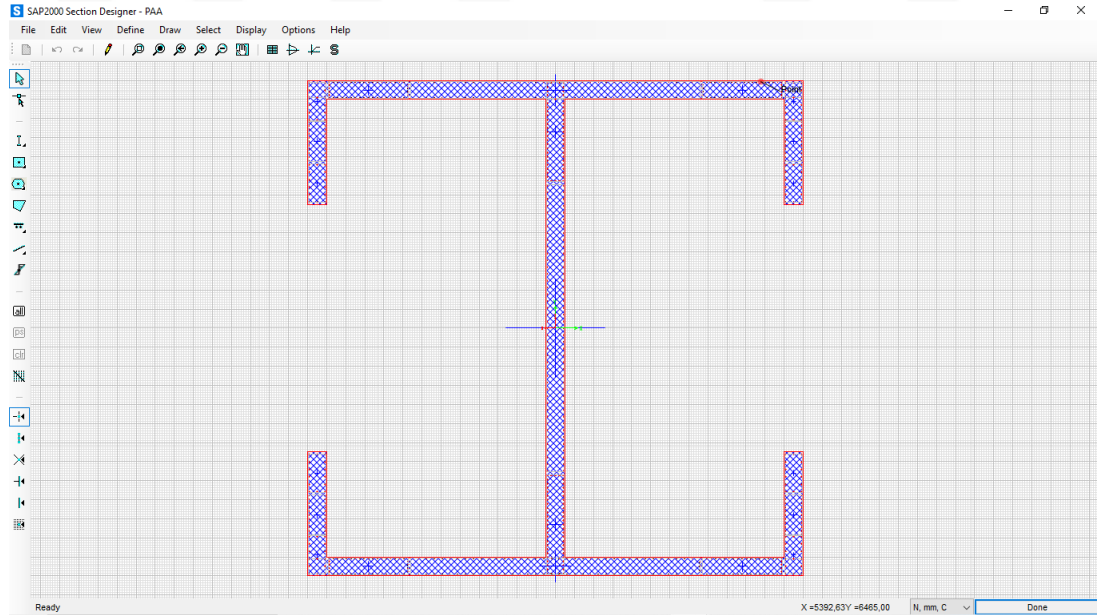
Tablo 36. Perde uç bölgesi donatı bilgileri

|     | $B_w$<br>(mm) | $L_w$<br>(mm) | $A_c$ (mm <sup>2</sup> ) | $A_{sb,min}$ | Adet | Çap<br>(mm) | Oran    |
|-----|---------------|---------------|--------------------------|--------------|------|-------------|---------|
| P1  | 500           | 7500          | 3750000                  | 8250         | 32   | 20          | 0.00268 |
| P2  | 500           | 7500          | 3750000                  | 8250         | 32   | 20          | 0.00268 |
| P3  | 500           | 13000         | 6500000                  | 14300        | 56   | 20          | 0.00271 |
| P4  | 500           | 3250          | 1625000                  | 3575         | 14   | 20          | 0.00271 |
| P5  | 500           | 3250          | 1625000                  | 3575         | 14   | 20          | 0.00271 |
| P6  | 500           | 13000         | 6500000                  | 14300        | 56   | 20          | 0.00271 |
| P7  | 500           | 3250          | 1625000                  | 3575         | 14   | 20          | 0.00271 |
| P8  | 500           | 3250          | 1625000                  | 3575         | 14   | 20          | 0.00271 |
| P9  | 500           | 13000         | 6500000                  | 14300        | 56   | 20          | 0.00271 |
| P10 | 500           | 7500          | 3750000                  | 8250         | 32   | 20          | 0.00268 |
| P11 | 500           | 7500          | 3750000                  | 8250         | 32   | 20          | 0.00268 |

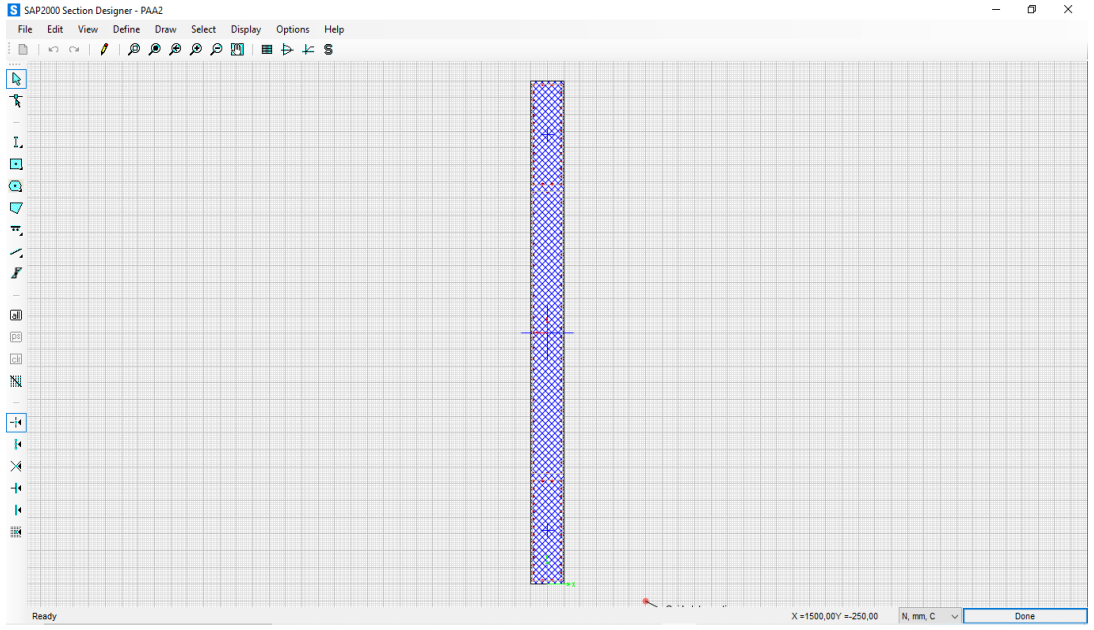
Tablo 37. Perde gövde bölgesi donatı bilgileri

|     | $B_w$<br>(mm) | $L_w$<br>(mm) | $A_c$ (mm <sup>2</sup> ) | $A_{sb}$ | Adet | Çap<br>(mm) |
|-----|---------------|---------------|--------------------------|----------|------|-------------|
| P1  | 500           | 4500          | 2250000                  | 10053.09 | 50   | 16          |
| P2  | 500           | 4500          | 2250000                  | 10053.09 | 50   | 16          |
| P3  | 500           | 7800          | 3900000                  | 17291.33 | 86   | 16          |
| P4  | 500           | 1250          | 625000                   | 4423.36  | 22   | 16          |
| P5  | 500           | 1250          | 625000                   | 4423.36  | 22   | 16          |
| P6  | 500           | 7800          | 3900000                  | 17291.33 | 86   | 16          |
| P7  | 500           | 1250          | 625000                   | 4423.36  | 22   | 16          |
| P8  | 500           | 1250          | 625000                   | 4423.36  | 22   | 16          |
| P9  | 500           | 7800          | 3900000                  | 17291.33 | 86   | 16          |
| P10 | 500           | 4500          | 2250000                  | 10053.09 | 50   | 16          |
| P11 | 500           | 4500          | 2250000                  | 10053.09 | 50   | 16          |

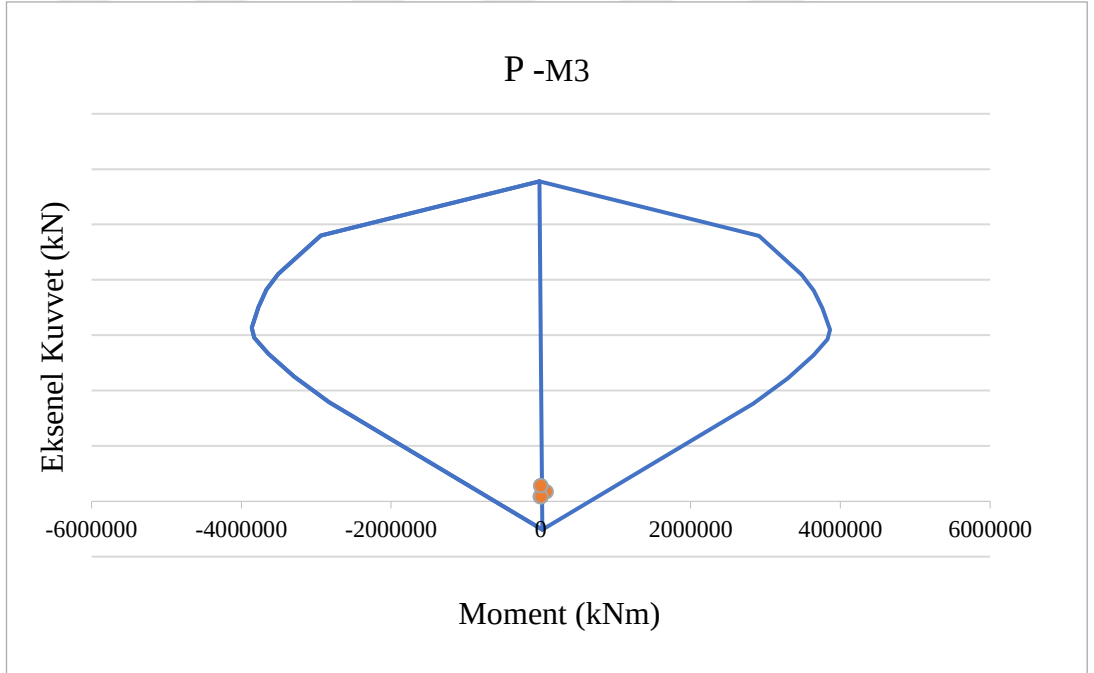
Uç ve gövde bölgelerinin donatıları hesaplandıktan sonra Sap 2000 Programında kullanıcı tarafından tasarım menüsünde Şekil 39 ve Şekil 40' ta görüldüğü üzere kesit ve donatı çizimleri yapılmıştır. Çizim sonrasında moment kapasiteleri belirlenerek P-M3 ve P-M2 diyagramları Şekil 41- 44' te gösterilmiştir.



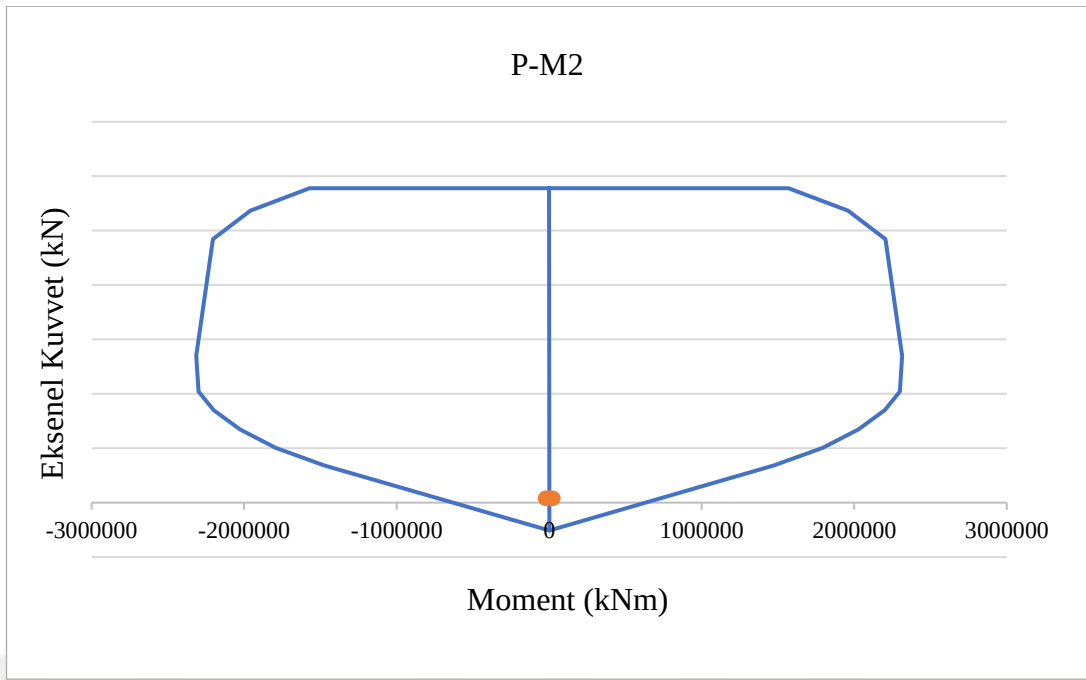
Şekil 39. Çekirdek perdesi çizimi



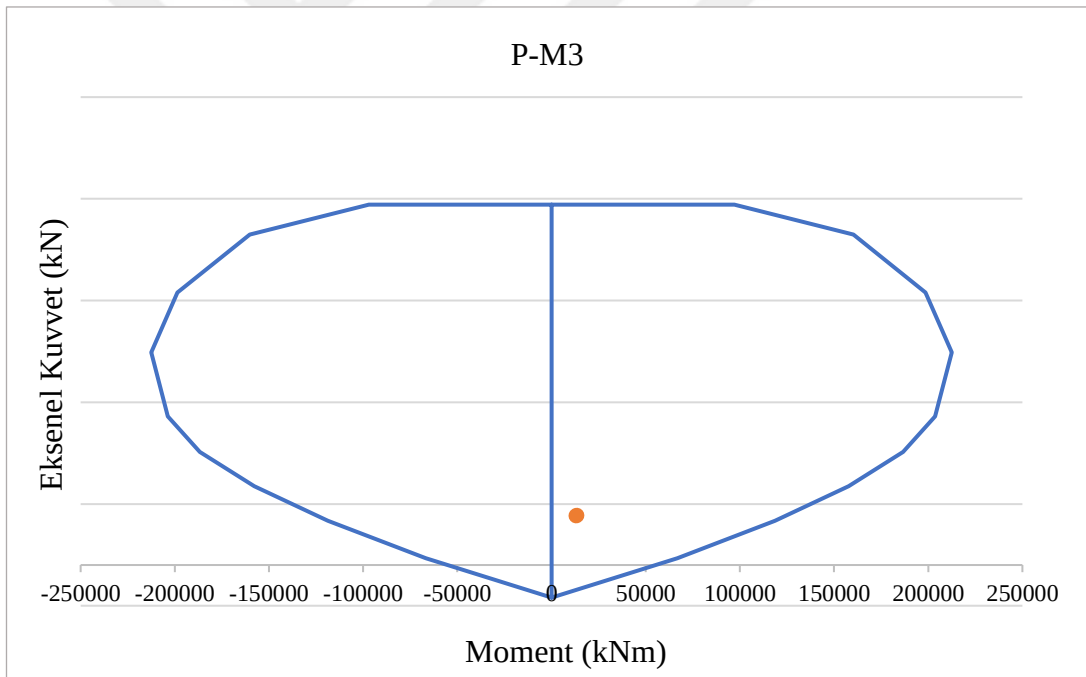
Şekil 40. P1 perdesi çizimi



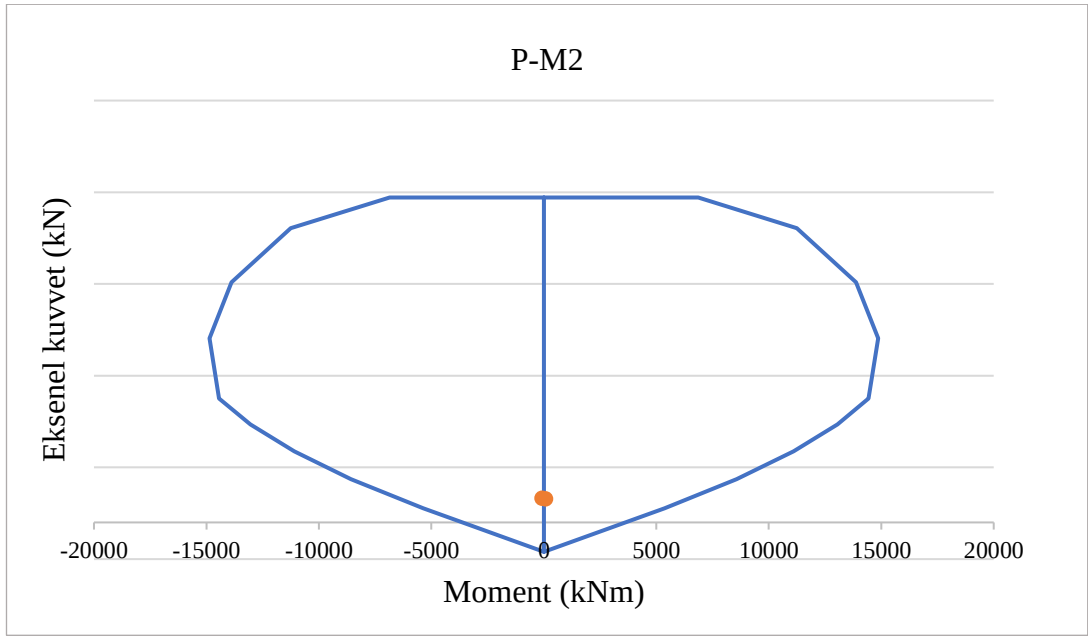
Şekil 41. Çekirdek perdesi P-M3 karşılıklı etki diyagramı



Şekil 42. Çekirdek perdesi P-M2 karşılıklı etki diyagramı



Şekil 43. P1 perdesi P-M3 karşılıklı etki diyagramı



Şekil 44. P1 perdesi P-M2 karşılıklı etki diyagramı

Kesme kuvveti dayanımı tüm perde kolları için izin verilen sınır içerisinde. P1 perdesinin kesme güvenliği bu bölümde hesaplanmıştır. Diğer perdeler için sonuçlar Tablo 38’de gösterilmiştir.

P1 perdesi için:

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = 8152 \text{ kN}$$

$$V_{mak} = 0.85 A_{ch} \sqrt{f_{ck}} = 22539 \text{ kN}$$

$$V_e = 2824.03 \text{ kN}$$

Tablo 38. Perdelerin kesme kuvveti tahkiki

| Perde | B <sub>w</sub><br>(mm) | L <sub>w</sub><br>(mm) | V <sub>r</sub><br>(kN) | V <sub>max</sub><br>(kN) | V <sub>e</sub><br>(kN) |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| P1    | 500                    | 7500                   | 8152.181               | 22539.03                 | 2824.03                |
| P2    | 500                    | 7500                   | 8152.181               | 22539.03                 | 2821.20                |
| P3    | 500                    | 13000                  | 14130.45               | 39067.65                 | 6190.70                |
| P4    | 500                    | 3250                   | 3532.612               | 9766.912                 | 1055.64                |
| P5    | 500                    | 3250                   | 3532.612               | 9766.912                 | 994.26                 |
| P6    | 500                    | 13000                  | 14130.45               | 39067.65                 | 4415.53                |
| P7    | 500                    | 3250                   | 3532.612               | 9766.912                 | 1049.49                |
| P8    | 500                    | 3250                   | 3532.612               | 9766.912                 | 981.28                 |
| P9    | 500                    | 13000                  | 14130.45               | 39067.65                 | 6364.80                |
| P10   | 500                    | 7500                   | 8152.181               | 22539.03                 | 2745.57                |
| P11   | 500                    | 7500                   | 8152.181               | 22539.03                 | 2745.57                |

### 3. BULGULAR VE İRDELEMELER

#### 3.1. Yüksek Yapı Tasarım Aşaması II

Ön tasarımı ile kesit boyutları ve donatıları hesaplanan yapıya bu aşamada, dayanıma göre tasarım yaklaşımıyla Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefini sağlamak üzere DD-4 deprem yer hareketi düzeyinde hesap yapılmıştır. Bu hesap yapılırken;

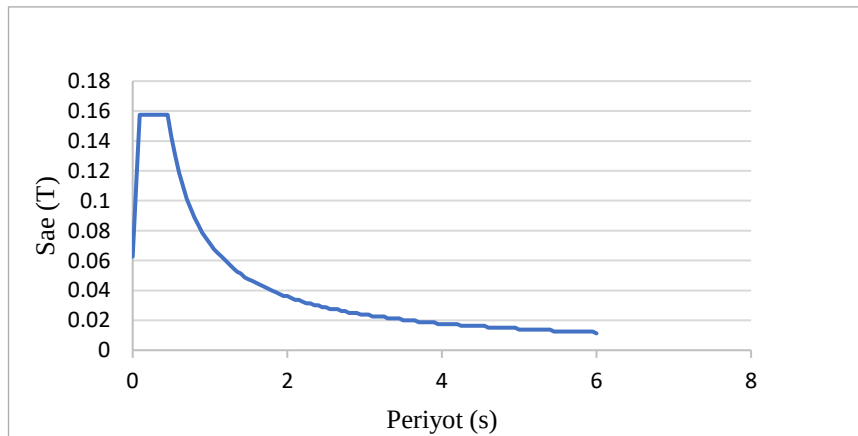
- Malzeme dayanımları Bölüm 1.8.5’ te açıklanan ortalama dayanıma göre hesaplanan değerler alınmıştır.
- Sönüm oranı %2.5 şeklinde olup,  $R/I= 1$  alınmıştır
- $D = 1$ ’ dir.
- Ek dış merkezlik TBDY-2018’ e göre dikkate alınmamıştır.

Tasarım aşaması II için kullanılacak malzeme dayanımları Tablo 39’ da gösterilmiştir.

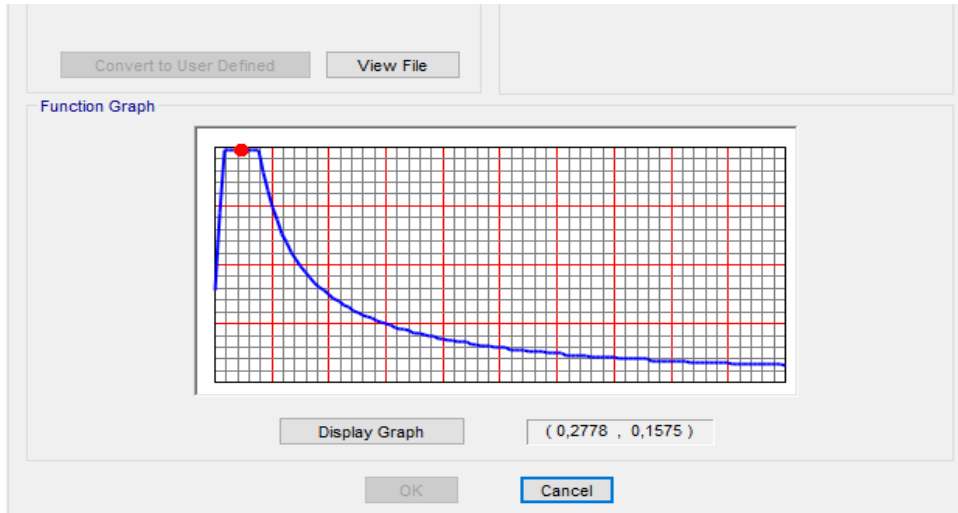
Tablo 39. Beklenen dayanımlar

| Malzeme       | Dayanım | Beklenen Dayanım |
|---------------|---------|------------------|
| Beton         | 50 Mpa  | 65 Mpa           |
| Donatı Çeliği | 420 Mpa | 504 Mpa          |
| Yapısal Çelik | 335 Mpa | 369 Mpa          |

DD-4 etkisi altında oluşturulan yatay elastik tasarım ivme spektrumu Şekil 45 ve 46’ da gösterilmiştir.



Şekil 45. DD-4 yer hareketinde tepki spektrumu



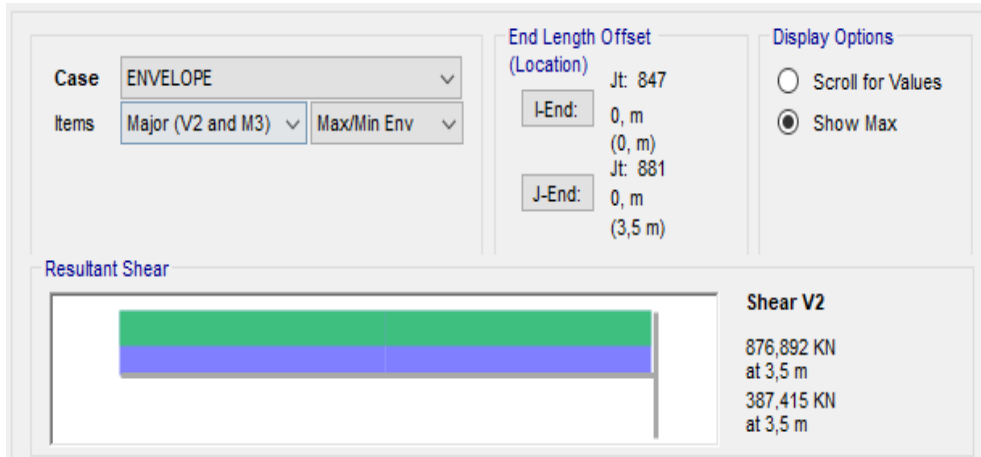
Şekil 46. Tepki spektrumunun Sap 2000’ de tanımlanması

Analiz sonucunda elemanlara etkiyen kuvvetlerin kapasitelerine oranı, sünek davranış sergileyen elemanlarda 1.5 sünek davranış sergilemeyen elemanlarda 0.7 değerini geçmemelidir. Analiz sonucunda elemanların sünek davranış sergileyerek etki-kapasite oranları istenilen sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.1. Kolonların Etki / Kapasite Oranları

90 cm en kesitli kolon için en elverişsiz yükleme altında en büyük kesme kuvveti 9. kattaki kolonda oluşmuştur. Analiz sonucunda kesme kuvveti,  $V = 876.89$  kN hesaplanmıştır (Şekil 47). Kolonun kesme kapasitesi 2322.26 kN’ dur. Bu durumda;

$$\text{Etki-kapasite oranı} = \frac{876.89}{2322.26} = 0.38 < 0.7 \text{ şeklinde hesaplanmıştır.}$$

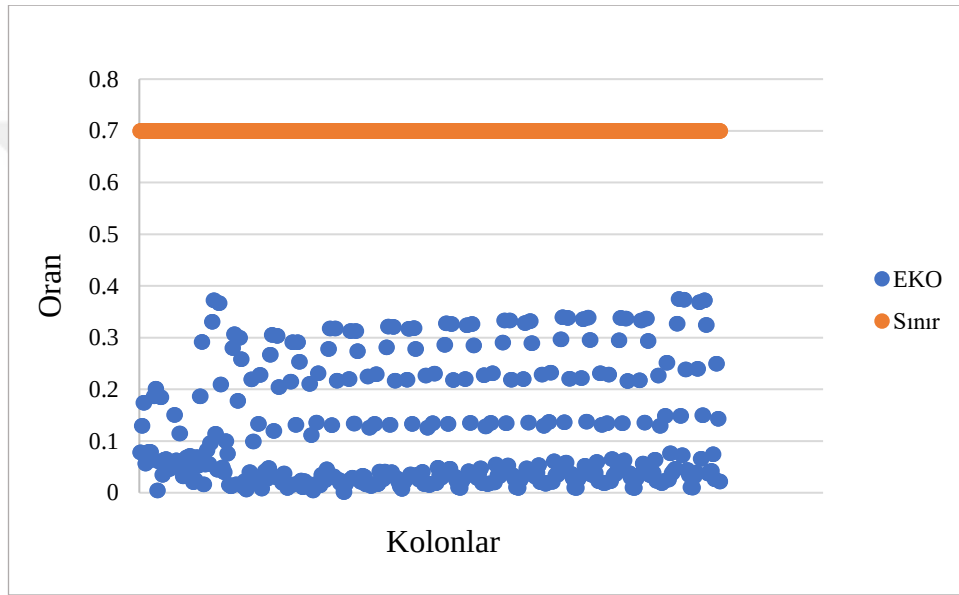


Şekil 47. Sap 2000 analiz sonucu

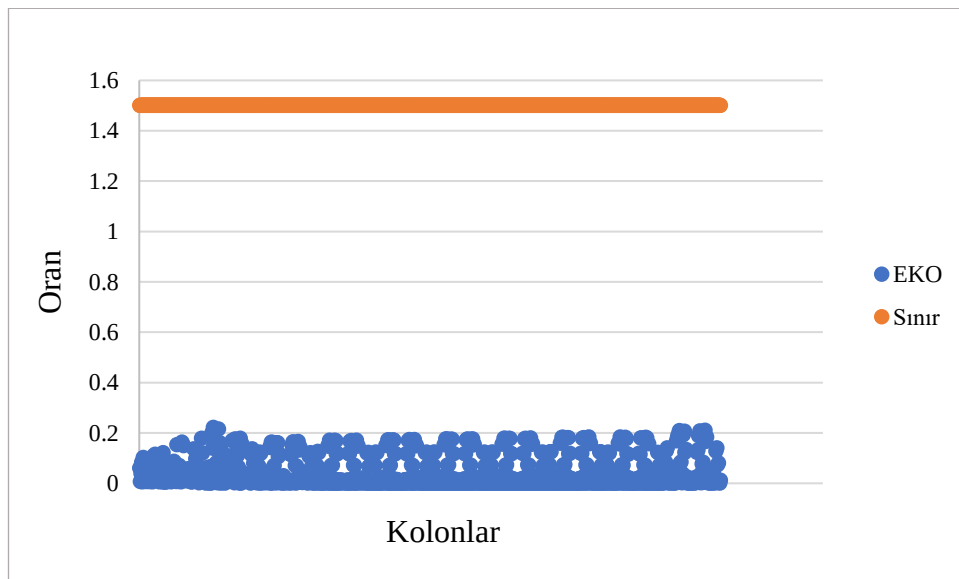
80 cm en kesitli kolon için en elverişsiz yükleme altında en büyük kesme kuvveti,  $V = 1152.47$  kN hesaplanmıştır. Kolonun kesme kapasitesi 1924.63 kN 'dur. Bu durumda;

$$\text{Etki-kapasite oranı} = \frac{1152.47}{1924.63} = 0.6 < 0.7 \text{ şeklinde hesaplanmıştır.}$$

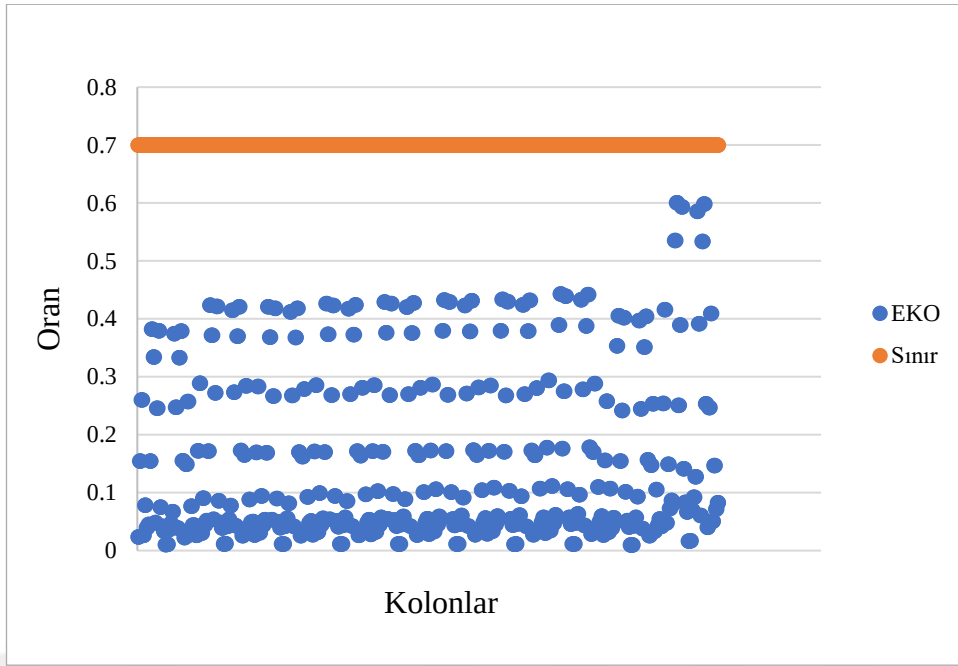
Yapıdaki 90x90 cm kesitli kolonlar için kesme dayanımı Etki/Kapasite (E/K) verisi Şekil 48, moment dayanımı E/K verisi Şekil 49' da verilmiştir. 80x80 cm kesitli kolonlar için kesme dayanımı E/K verisi Şekil 50, moment dayanımı E/K verisi Şekil 51' de verilmiştir.



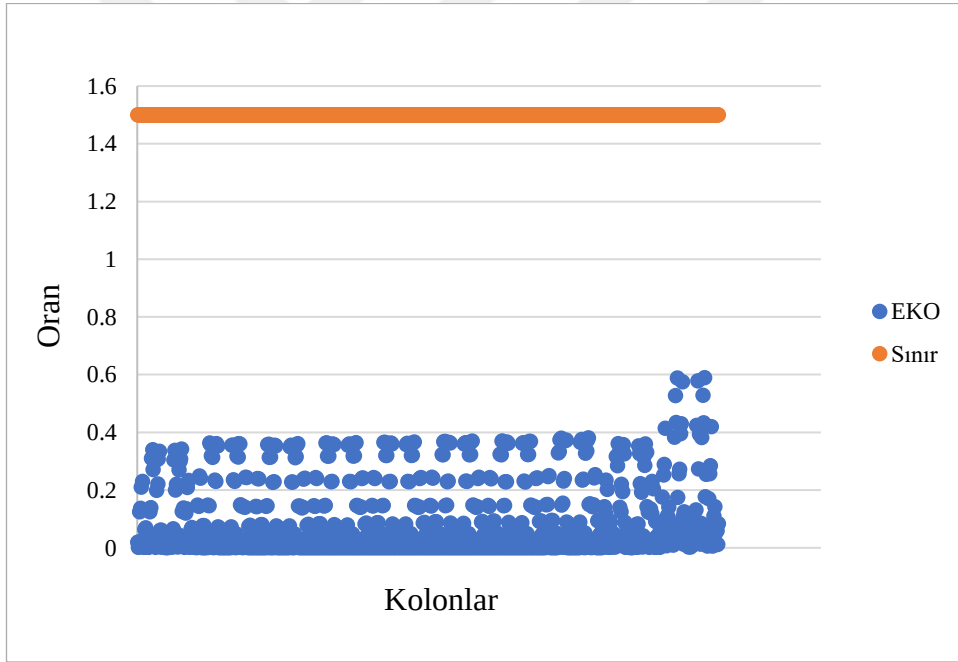
Şekil 48. Kesme dayanımı EKO (90X90 cm kolonlar)



Şekil 49. Moment dayanımı EKO (90X90 cm kolonlar)



Şekil 50. Kesme dayanımı EKO (80X80 cm kolonlar)



Şekil 51. Moment dayanımı EKO (80X80 cm kolonlar)

### 3.1.2. Kirişlerin Etki / Kapasite Oranları

En yüksek kesme kuvvetine maruz kalan kirişin bulunduğu 19. kattaki bazı kirişlere ait kesme ve moment dayanımı için E/K oran hesapları Tablo 40 ve 41’ de gösterilmiştir.

Tablo 40. Kirişlerin kesme dayanımında E/K oranları

| İsim   | $V_{max}$ | $V_r$  | EKO  |
|--------|-----------|--------|------|
| K40x80 | 208.294   | 927.96 | 0.22 |
| K40x80 | 344.915   | 927.96 | 0.37 |
| K40x80 | 103.325   | 927.96 | 0.11 |
| K40x80 | 254.672   | 927.96 | 0.27 |
| K40x80 | 493.651   | 927.96 | 0.53 |
| K40x80 | 143.959   | 927.96 | 0.16 |
| K40x80 | 134.161   | 927.96 | 0.14 |
| K40x80 | 157.441   | 927.96 | 0.17 |
| K40x80 | 303.169   | 927.96 | 0.33 |
| K40x80 | 483.339   | 927.96 | 0.52 |
| K40x80 | 400.014   | 927.96 | 0.43 |
| K40x80 | 130.542   | 927.96 | 0.14 |
| K40x80 | 400.658   | 927.96 | 0.43 |
| K40x80 | 478.597   | 927.96 | 0.52 |
| K40x80 | 161.706   | 927.96 | 0.17 |
| K40x80 | 142.039   | 927.96 | 0.15 |
| K40x80 | 295.224   | 927.96 | 0.32 |
| K40x80 | 247.559   | 927.96 | 0.27 |
| K40x80 | 493.644   | 927.96 | 0.53 |
| K40x80 | 161.951   | 927.96 | 0.17 |
| K40x80 | 143.267   | 927.96 | 0.15 |
| K40x80 | 135.929   | 927.96 | 0.15 |
| K40x80 | 327.953   | 927.96 | 0.35 |
| K40x80 | 176.509   | 927.96 | 0.19 |

Tablo 41. Kirişlerin moment dayanımı E/K oranları

| Kesit  | M<br>(kNm) | M <sub>r</sub><br>(kNm) | EKO  |
|--------|------------|-------------------------|------|
| K40x80 | 2335.354   | 2213                    | 1.06 |
| K40x80 | 2334.332   | 2213                    | 1.05 |
| K40x80 | 2332.683   | 2213                    | 1.05 |
| K40x80 | 2312.631   | 2213                    | 1.05 |
| K40x80 | 2309.886   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2307.591   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2301.697   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2299.146   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2298.786   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2295.118   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2293.135   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2293.086   | 2213                    | 1.04 |
| K40x80 | 2284.925   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2284.431   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2280.735   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2280.365   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2278.261   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2278.167   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2274.565   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2273.05    | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2271.924   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2270.333   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2269.553   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2268.827   | 2213                    | 1.03 |
| K40x80 | 2267.387   | 2213                    | 1.02 |
| K40x80 | 2264.991   | 2213                    | 1.02 |
| K40x80 | 2264.212   | 2213                    | 1.02 |
| K40x80 | 2261.584   | 2213                    | 1.02 |

### 3.2. Yüksek Yapı Tasarım Aşaması III

#### 3.2.1. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Bu aşamada ilk ve ikinci tasarımı tamamlanmış yüksek yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. 11 deprem takımı altında yapılan bu

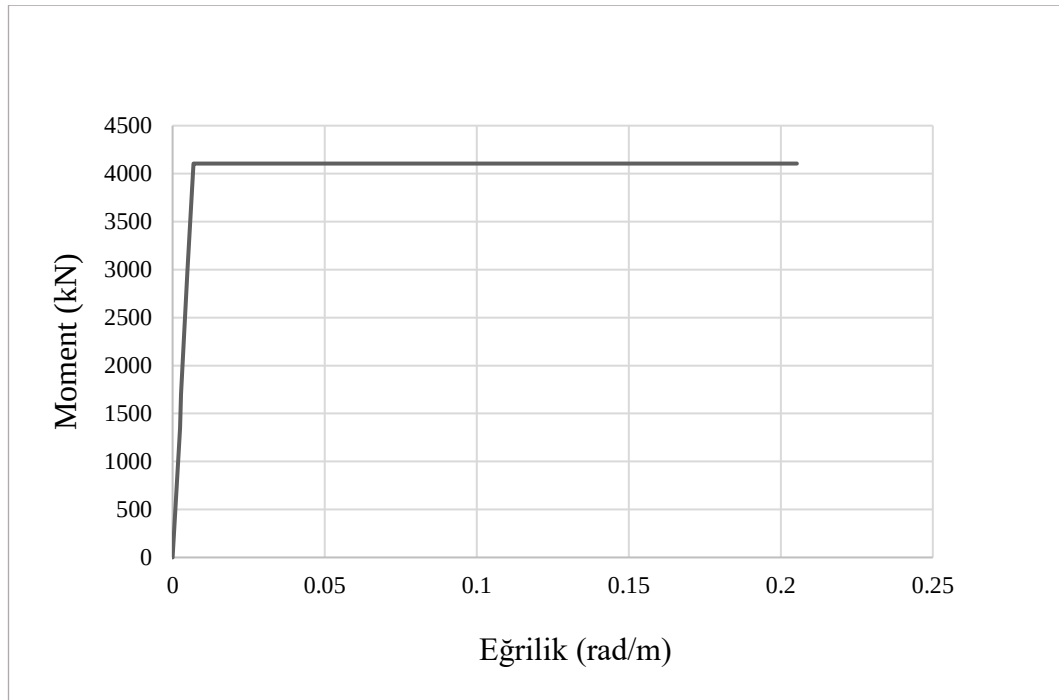
analizler sonucunda göçmenin önlenmesi performans düzeyinde sınır değerleri şekildeğiştirme talepleri ile karşılaştırılmıştır. Bu tasarım aşamasındaki deprem hesabı için;

- Üç boyutlu modelleme ile deprem hesabı yapılmıştır.
- Analizlerde ikinci mertebe etkileri dikkate alınmıştır.
- Ek dış merkezlik, ön tasarımdaki hesaplanan burulma düzensizliği bu bölüm için verilen koşulu sağladığından dikkate alınmamıştır.
- Sönüm oranı % 2.5 alınmıştır.
- Analizler, malzemenin beklenen dayanımları ile yapılmıştır.

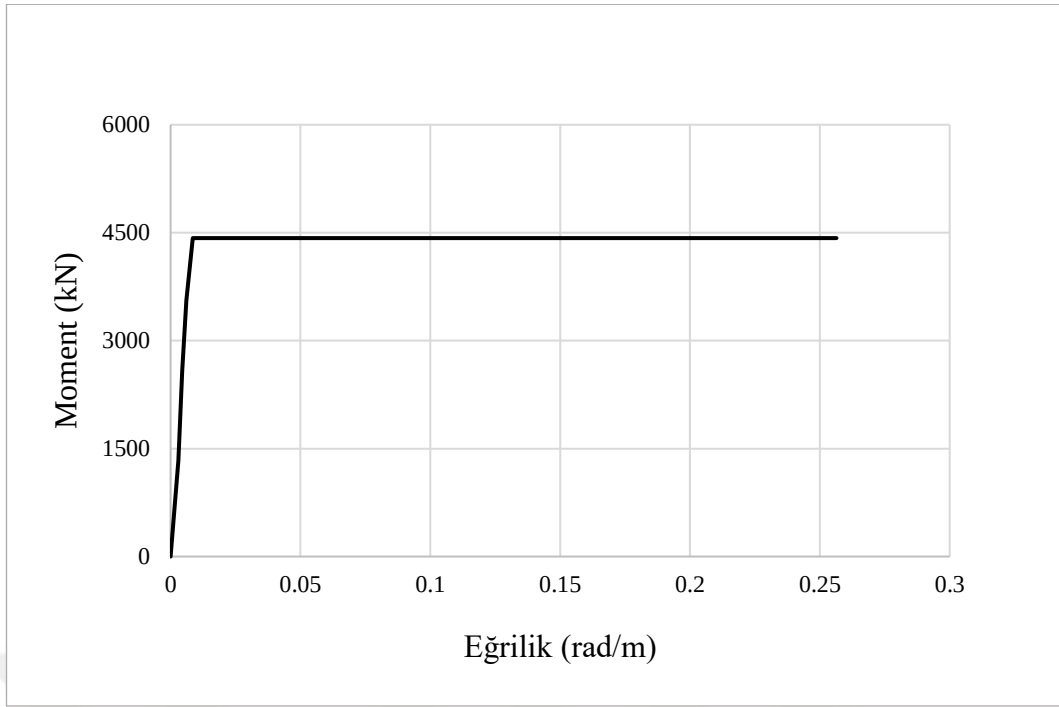
### 3.2.2. Moment-Eğrilik İlişkileri

Kesitlerin şekildeğiştirme parametreleri moment- eğrilik analizleri yardımı ile belirlenmektedir. Sap 2000 programında kullanıcı tarafından tasarım menüsünde çizimi yapılan kesitlerin eksenel yük etkisi altında oluşan moment kapasitesini dikkate alarak şekildeğiştirme sınırları için gerekli; kesitin elastik davranış sınırını aşp plastik deformasyona başladığı andaki taşıyabileceği maksimum moment olan akma momenti ( $M_y$ ), bu momente karşılık gelen akma eğriliği ( $\phi_y$ ) ve kopma eğriliği ( $\phi_u$ ) elde edilmiştir (Çavdar, 2022).

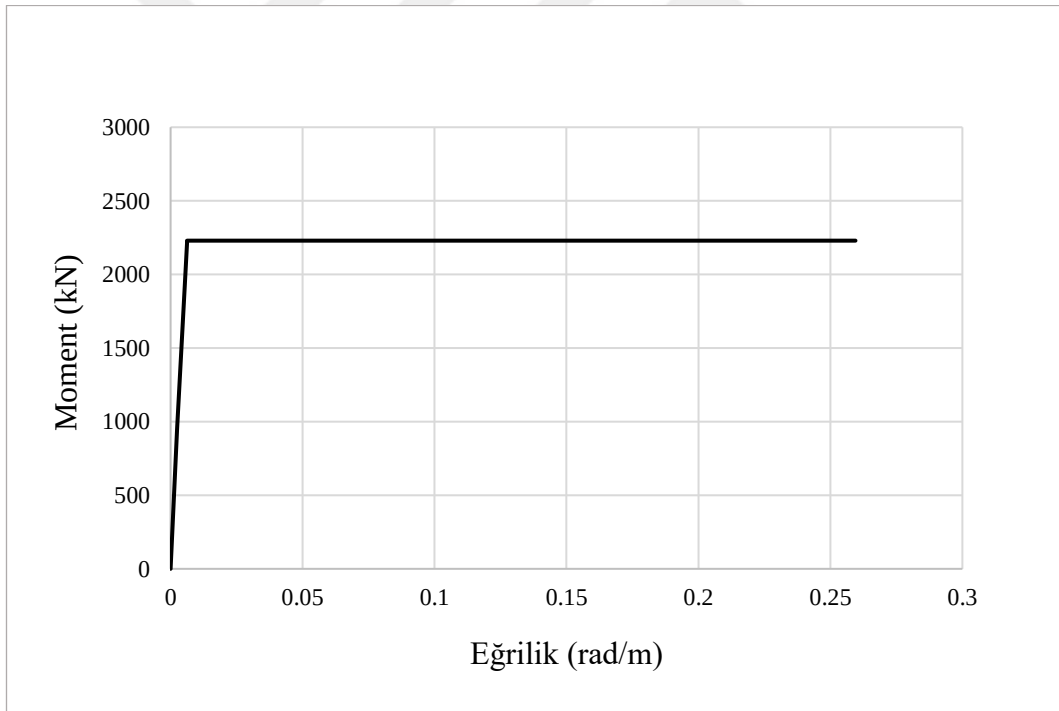
Şekil 52-54'te moment- eğrilik grafikleri verilmiş ve Tablo 42'de şekildeğiştirme için bağıntılar gösterilmiştir.



Şekil 52. Çelik gömme kompozit kolonun (90x90 cm) moment-eğrilik ilişkisi



Şekil 53. Çelik gömme kompozit kolonun (80x80cm) moment-eğrilik ilişkisi



Şekil 54. Çelik gömme kompozit kirişin moment-eğrilik ilişkisi

Tablo 42. Moment-Eğrilik ilişkisinden elde edilen veriler

| Eleman | Kesit<br>(cm) | My<br>(kNm) | $\phi_y$<br>(rad/m) | $\phi_u$<br>(rad/m) |
|--------|---------------|-------------|---------------------|---------------------|
| Kolon  | 90x90         | 4100        | 0.006534            | 0.045               |
| Kolon  | 80x80         | 4424        | 0.007111            | 0.05897             |
| Kiriş  | 40x80         | 2229        | 0.006262            | 0.05769             |

### 3.2.3. Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında Bölüm 1.8.6’ da zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem hesabında kesitler için kullanılacak etkin kesit rijitlikleri ile ilgili bağıntılar verilmiştir. Bu bağlamda kompozit elemanlar için akma dönmesi aşağıda hesaplanarak Tablo 43’ te etkin kesit rijitliği çarpanları ile birlikte verilmiştir.

#### Zemin kattaki 90x90 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_y = \frac{0.006534 \times 2.25}{3} + 0.0015 \times 1 \left( 1 + 1.5 \frac{0.9}{2.25} \right) + \frac{0.006534 \times 0.026 \times 504}{8 \sqrt{65}}$$

$$\theta_y = 0.0086 \text{ rad}$$

#### 8. katta bulunan 90x90 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_y = \frac{0.006534 \times 1.75}{3} + 0.0015 \times 1 \left( 1 + 1.5 \frac{0.9}{1.75} \right) + \frac{0.006534 \times 0.026 \times 504}{8 \sqrt{65}}$$

$$\theta_y = 0.0078 \text{ rad}$$

#### 10. katta bulunan 80x80 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_y = \frac{0.007111 \times 1.75}{3} + 0.0015 \times 1 \left( 1 + 1.5 \frac{0.8}{1.75} \right) + \frac{0.007111 \times 0.026 \times 504}{8 \sqrt{65}}$$

$$\theta_y = 0.0081 \text{ rad}$$

#### Kirişler için:

$$\theta_y = \frac{0.006262 \times 3.25}{3} + 0.0015 \times 1 \left( 1 + 1.5 \frac{0.8}{3.25} \right) + \frac{0.006262 \times 0.026 \times 504}{8 \sqrt{65}}$$

$$\theta_y = 0.01 \text{ rad}$$

Tablo 43. Doğrusal olmayan analizde kullanılacak etkin kesit rijitlikleri

|                                     | 90x90 (Zemin kat) | 90X90      | 80x80     | K40x80    |
|-------------------------------------|-------------------|------------|-----------|-----------|
| El <sub>o</sub> (kNm <sup>2</sup> ) | 1435290.22        | 1435290.22 | 950703.31 | 459709.36 |
| My (kN)                             | 4100              | 4100       | 4424      | 2229      |
| L <sub>s</sub> (m)                  | 2.25              | 1.75       | 1.75      | 3.25      |

Tablo 43. (Devamı)

|                                      | 90x90 (Zemin kat) | 90X90     | 80x80     | K40x80    |
|--------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| $\theta_y$ (rad)                     | 0.0086            | 0.0078    | 0.0081    | 0.01      |
| $\phi_y$ (rad/m)                     | 0.006534          | 0.006534  | 0.007111  | 0.00626   |
| $d_b$ (m)                            | 0.026             | 0.026     | 0.026     | 0.026     |
| $f_{ce}$ (MPa)                       | 65                | 65        | 65        | 65        |
| $EI_e$ (kNm <sup>2</sup> )           | 357558.14         | 306623.93 | 318600.82 | 241475.00 |
| <b>Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı</b> | 0.25              | 0.21      | 0.33      | 0.53      |

### 3.2.4. Dönme limitleri

Kompozit kolon ve kirişler için dönme limiti değerleri aşağıda hesaplanmıştır.

#### Zemin katta 90x90 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (0.045 - 0.006534) \times 0.45 \left( 1 - 0.5 \frac{0.45}{2.25} \right) + 4.50 \times 0.045 \times 0.026 \right]$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.0139 \text{ rad}$$

#### 8. katta bulunan 90x90 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (0.045 - 0.006534) \times 0.45 \left( 1 - 0.5 \frac{0.45}{1.75} \right) + 4.50 \times 0.045 \times 0.026 \right]$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.0136 \text{ rad}$$

#### 10. katta bulunan 80x80 cm enkesitli kolon için:

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (0.05897 - 0.007111) \times 0.40 \left( 1 - 0.5 \frac{0.40}{1.75} \right) + 4.50 \times 0.05897 \times 0.026 \right]$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.0168 \text{ rad}$$

#### Kirişler için:

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[ (0.05769 - 0.00626) \times 0.40 \left( 1 - 0.5 \frac{0.40}{3.25} \right) + 4.50 \times 0.05769 \times 0.026 \right]$$

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0.0174 \text{ rad}$$

Perde duvarlar için ezilme limiti değerleri aşağıda hesaplanmıştır.

#### P1 Perdesi için ezilme limiti:

$$a_{se} = \left( 1 - \frac{24 \times 120^2 + 8 \times 150^2}{6 \times 1460 \times 460} \right) \left( 1 - \frac{100}{2 \times 1460} \right) \left( 1 - \frac{100}{2 \times 460} \right)$$

$$a_{se} = 0.75$$

$$\rho_{sh.} = \frac{1715}{1460 \times 100} = 0.012$$

$$\omega_{we} = 0.75 \times 0.012 \times \left(\frac{504}{65}\right) = 0.07$$

$$\varepsilon_c^{G\ddot{O}} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{0.07} = 0.014 \leq 0.018$$

**P3 perdesi için ezilme limiti:**

$$a_{se} = \left(1 - \frac{10 \times 120^2 + 46 \times 110^2}{6 \times 2560 \times 460}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 2560}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 460}\right)$$

$$a_{se} = 0.79$$

$$\rho_{sh.} = \frac{2697}{2560 \times 100} = 0.011$$

$$\omega_{we} = 0.79 \times 0.011 \times \left(\frac{504}{65}\right) = 0.067$$

$$\varepsilon_c^{G\ddot{O}} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{0.067} = 0.014 \leq 0.018$$

**P4 perdesi için ezilme limiti:**

$$a_{se} = \left(1 - \frac{6 \times 210^2 + 8 \times 200^2}{6 \times 960 \times 460}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 960}\right) \left(1 - \frac{100}{2 \times 460}\right)$$

$$a_{se} = 0.66$$

$$\rho_{sh.} = \frac{1268}{960 \times 100} = 0.013$$

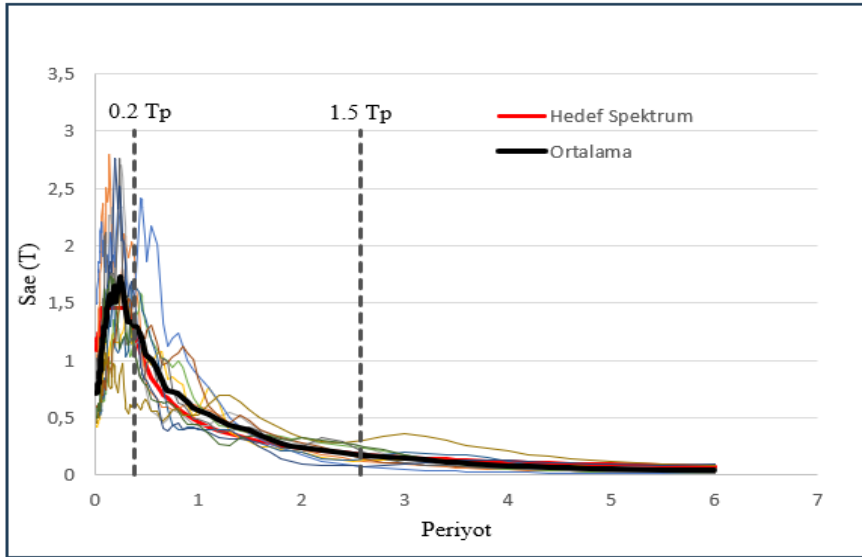
$$\omega_{we} = 0.66 \times 0.013 \times \left(\frac{504}{65}\right) = 0.067$$

$$\varepsilon_c^{G\ddot{O}} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{0.067} = 0.014 \leq 0.018$$

### 3.2.5. Deprem Kaydı Seçimi ve Ölçeklendirilmesi

Deprem kayıtlarının seçimi yapılırken kullanılacak spektrum DD-1 düzeyinde AFAD internet sitesinde yer alan deprem tehlike haritaları aracılığı ile oluşturulmuştur.

Seçilecek deprem kayıtlarının karelerinin toplamının karekökü sonucunda oluşan bileşke yatay spektrumun  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genlikleri, DD-1 düzeyinde oluşturulan tasarım spektrumunun değerlerinin  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  periyotları arasındaki genliklerine oranı 1.3' ten küçük olmamalıdır. Bu durumda seçimi yapılan deprem kayıtlarına ait spektrumlar hedef spektrum ile birlikte Şekil 55' te gösterilmiştir.



Şekil 55. Basit ölçekleme sonucu oluşan spektrumlar

Hedef spektrum belirlendikten sonra deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center) veri tabanı yardımıyla yapılmıştır (Şekil 56). Ölçeklendirilen deprem kayıtlarına ait bilgiler Tablo 44’te verilmiştir.

Load Sample Input Values

Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

**Record Characteristics:**

RSN(s) :  RSN1,...RSNn

Event Name :

Station Name :

**Search Parameters:**

Fault Type :  All Types

Magnitude :  4.7.9 min,max

RJB(km) :  0.90 min,max

Rrup(km) :  0.90 min,max

Vs30(m/s) :  360,760 min,max

D5-95(sec) :  min,max

Pulse :  Any Record

**Additional Characteristics:**

Max No. Records :  20 (<=100)

Initial ScaleFactor :  0.6 min,max

Suite

Spectral Ordinate :  SRSS

Damping Ratio :  5%

Suite Average :  Arithmetic

Scaling

Scaling Method :  Minimize MSE

MSE = Computed Weighted Mean Squared Error of record, and suite average, wrt target spectrum.

Weight Function

Used in both search and scaling when computing MSE. Values can be updated for rescaling. Intermediate points are interpolated with  $W = f_{\text{xn}}(\log(T))$

Period Points :  0.3,1.7,1.2,5.8 (T1,T2, ... Tn)

Weights :  1,1,1 (W1,W2, ... Wn)

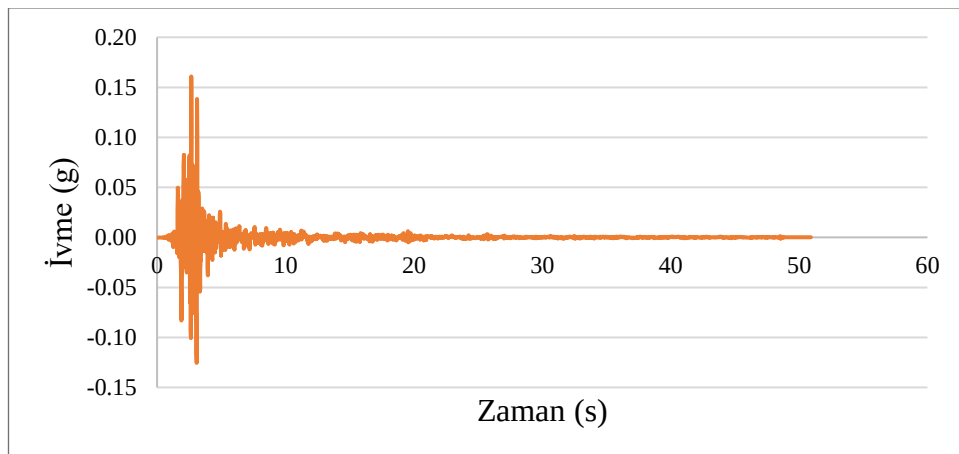
Şekil 56. Peer deprem araştırma arayüzü (PEER, 2024).

Tablo 44. Seçilmiş deprem kayıtları

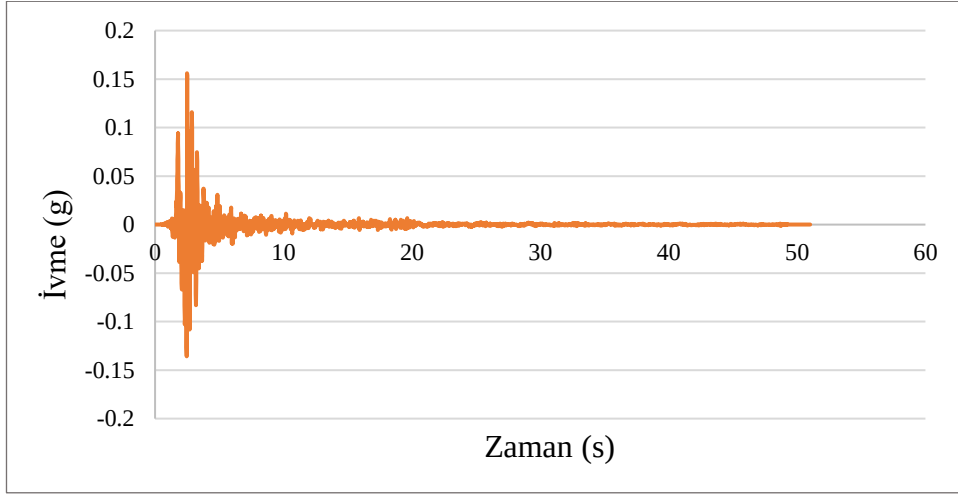
| RSN  | Tarih | Yer             | İstasyon                   | Doğrultuları |        | Büyüklik | PGA (g) | Kayıt Süresi (s) | Ölçek |
|------|-------|-----------------|----------------------------|--------------|--------|----------|---------|------------------|-------|
| 1    | 1935  | Helena Montana  | Carroll College            | HMC180       | HMC270 | 6        | 0.161   | 50.93            | 4.323 |
| 133  | 1976  | Friuli Italy    | San Rocco                  | SRO000       | RO270  | 5.91     | 0.134   | 16.45            | 5.179 |
| 164  | 1979  | Imperial Valley | Cerro Prieto               | CPE147       | CPE237 | 6.53     | 0.168   | 63.82            | 1.834 |
| 250  | 1980  | Mammoth Lakes   | Long Valley Dam            | LUL000       | LUL090 | 5.94     | 0.945   | 25.95            | 1.435 |
| 313  | 1981  | Corinth Greece  | Corinth                    | L            | T      | 6.6      | 0.296   | 41.32            | 1.566 |
| 587  | 1987  | New Zealand     | Matahina Dam               | MAT083       | MAT353 | 6.6      | 0.283   | 49.34            | 1.327 |
| 963  | 1994  | Northridge      | Castaic Old Ridge Route LA | ORR090       | ORR360 | 6.69     | 0.568   | 40               | 0.765 |
| 1006 | 1994  | Northridge      | UCLA Grounds               | UCL090       | UCL360 | 6.69     | 0.474   | 60               | 1.513 |
| 1611 | 1999  | Duzce Turkey    | Lamont                     | E            | N      | 7.14     | 0.107   | 39.01            | 3.351 |
| 1612 | 1999  | Duzce Turkey    | Lamont                     | E            | N      | 7.14     | 0.153   | 40.67            | 3.476 |
| 1633 | 1990  | Manjil Iran     | Abbar                      | L            | T      | 7.37     | 0.515   | 53.52            | 0.690 |

### 3.2.5.1. Seçilen Kayıtlara Ait İvme – Zaman Grafikleri ve Tepki Spektrumları

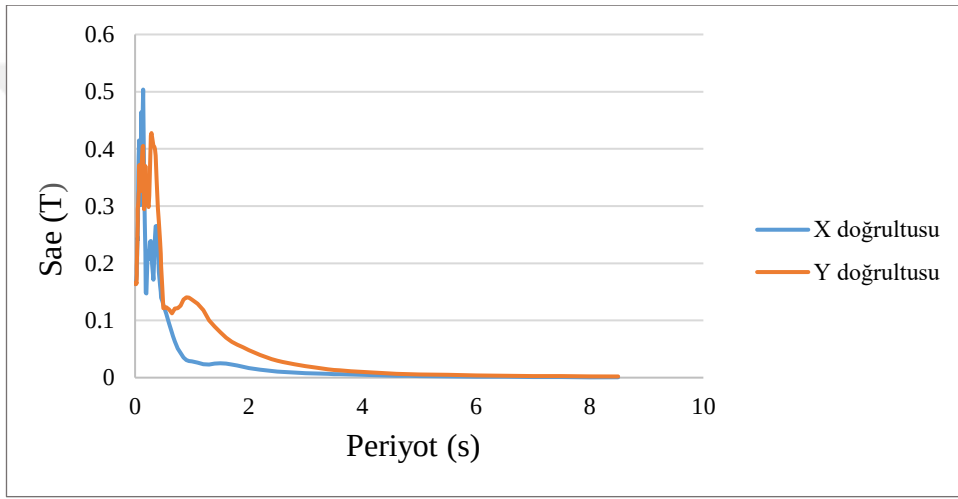
Belirlenen deprem kayıtlarına ait ivme-zaman grafikleri ve tepki spektrumları Şekil 57-89’ da verilmiştir.



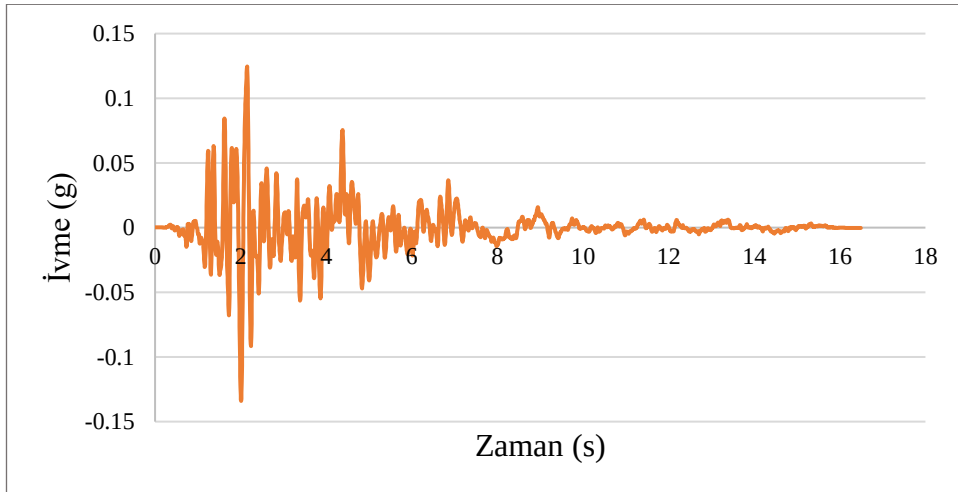
Şekil 57. RSN 1 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



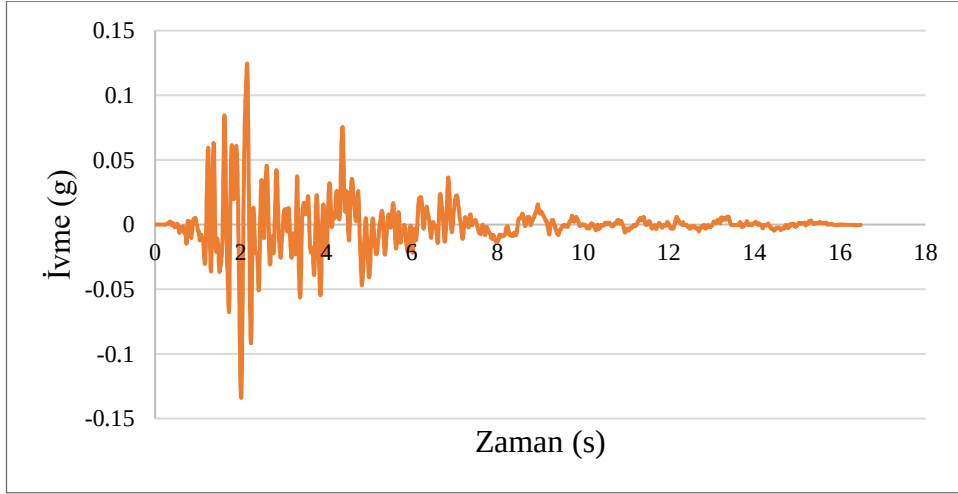
Şekil 58. RSN 1 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



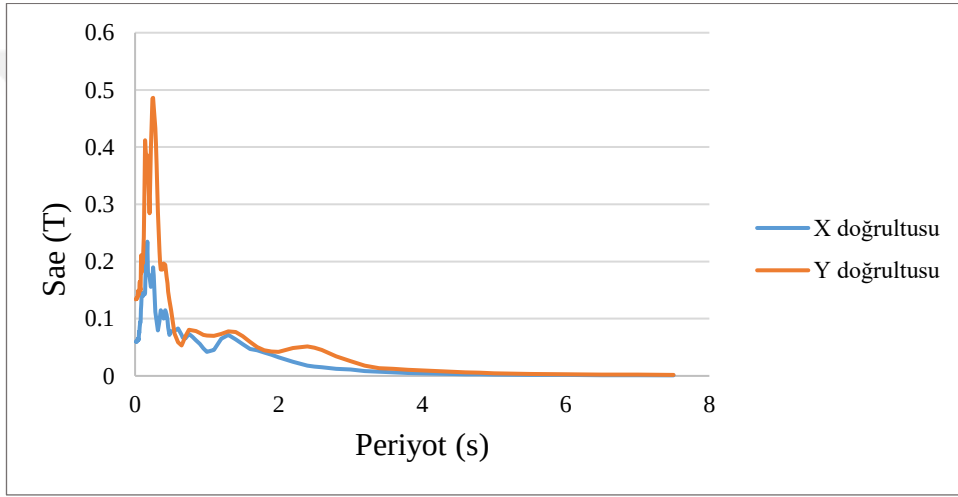
Şekil 59. RSN 1 depremi tepki spektrumu



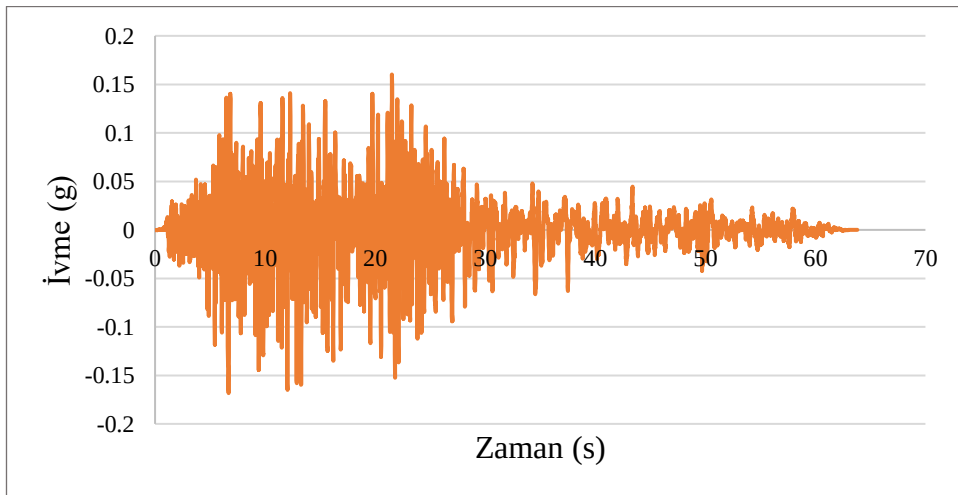
Şekil 60. RSN 133 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



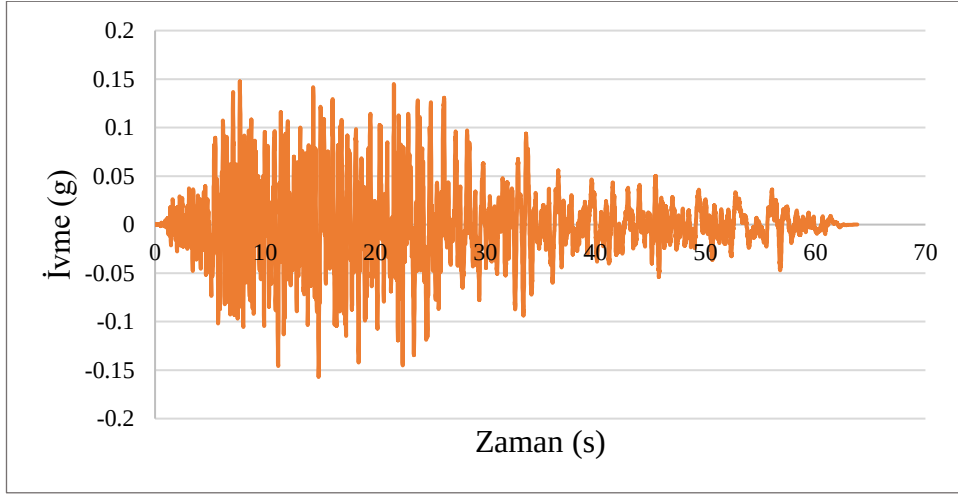
Şekil 61. RSN 133 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



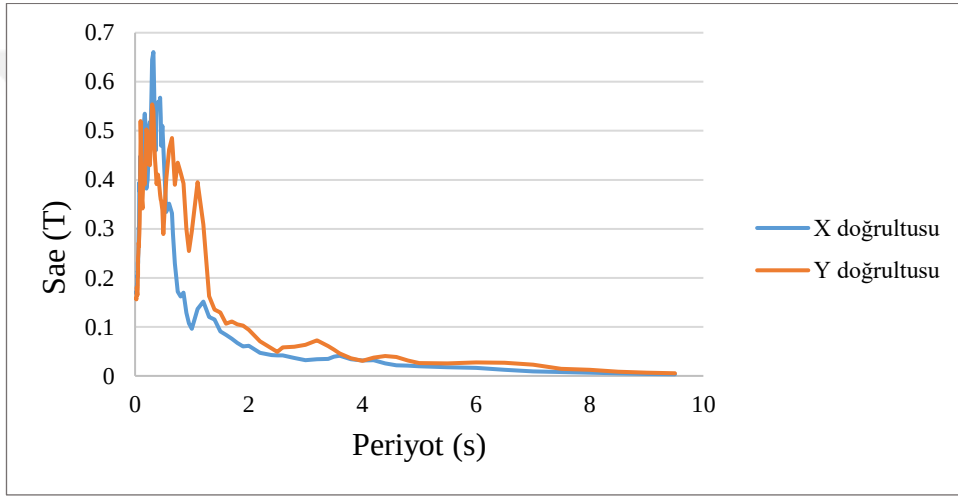
Şekil 62. RSN 133 depremi tepki spektrumu



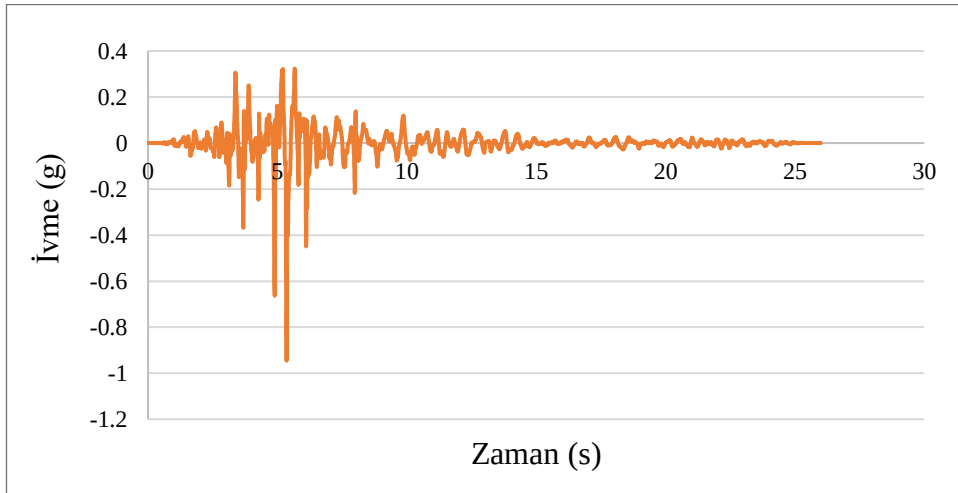
Şekil 63. RSN 164 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



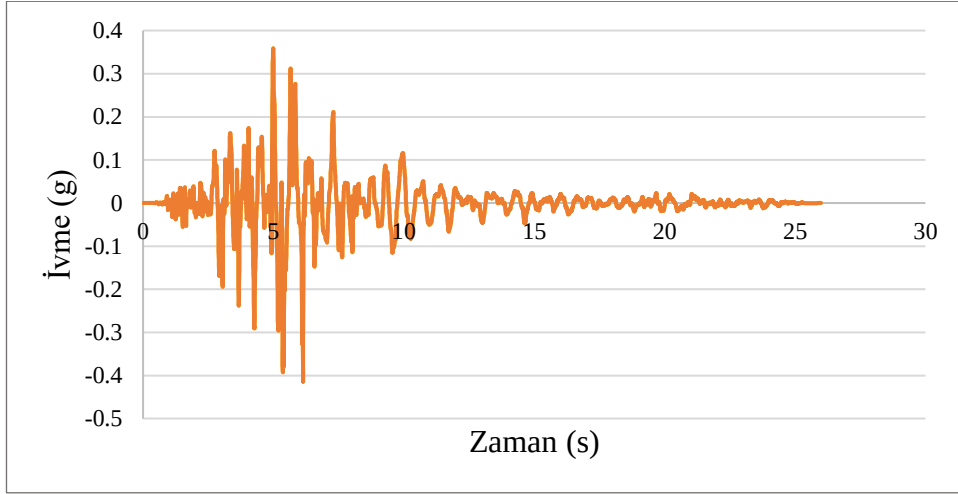
Şekil 64. RSN 164 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



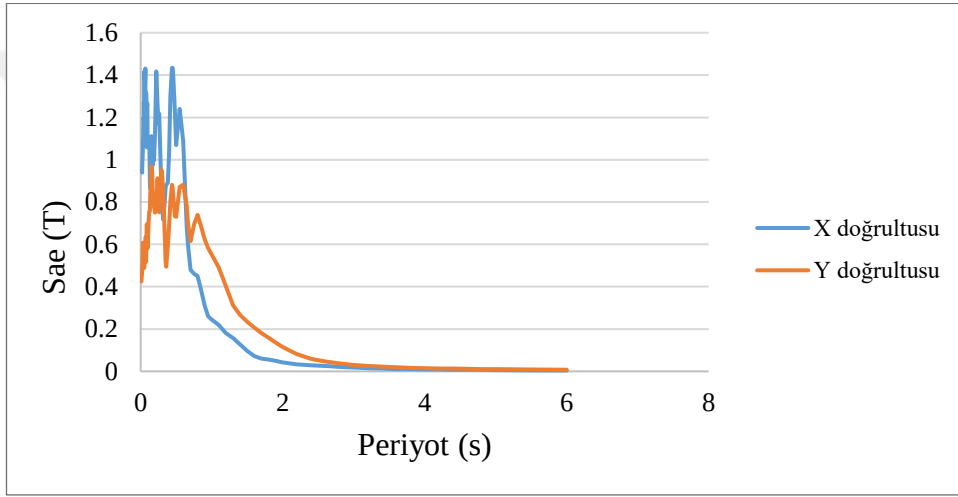
Şekil 65. RSN 164 depremi tepki spektrumu



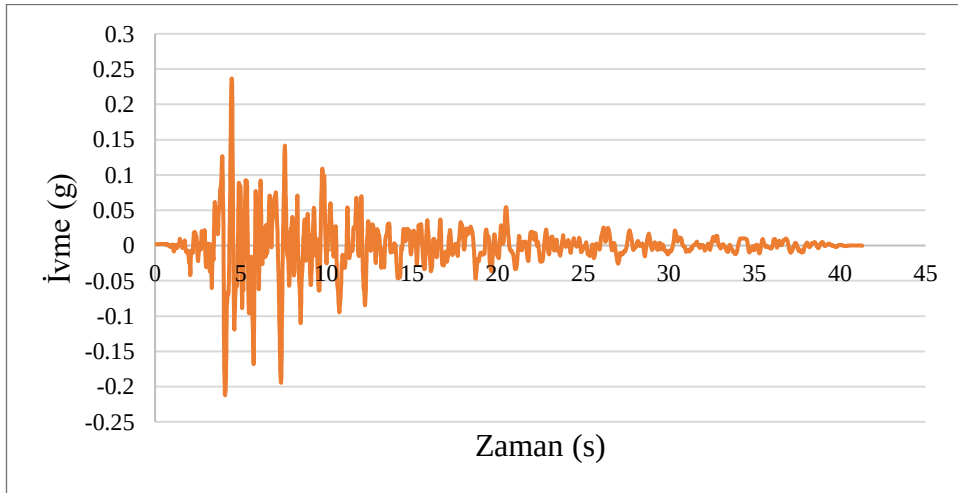
Şekil 66. RSN 250 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



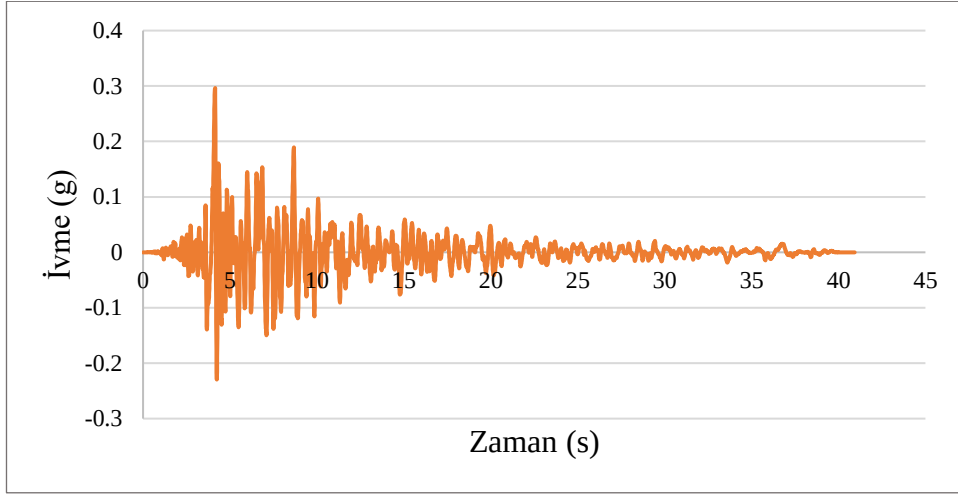
Şekil 67. RSN 250 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



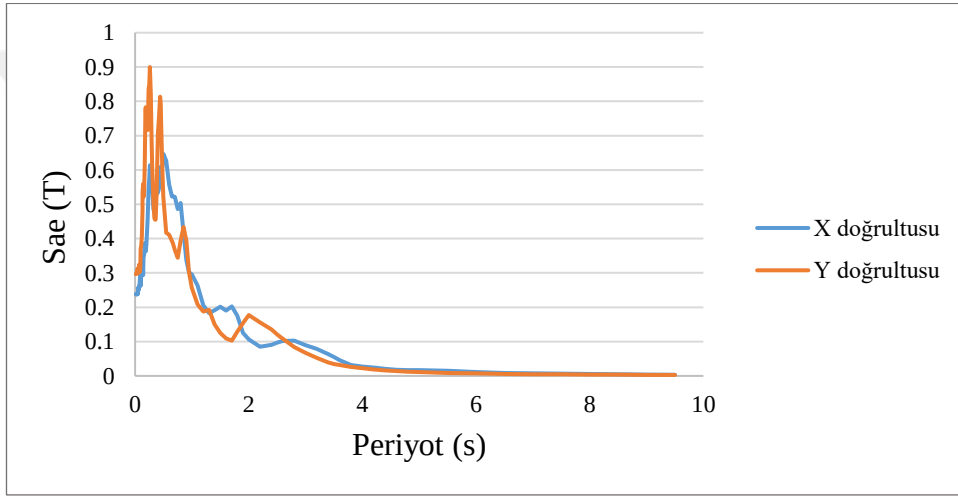
Şekil 68. RSN 250 depremi tepki spektrumu



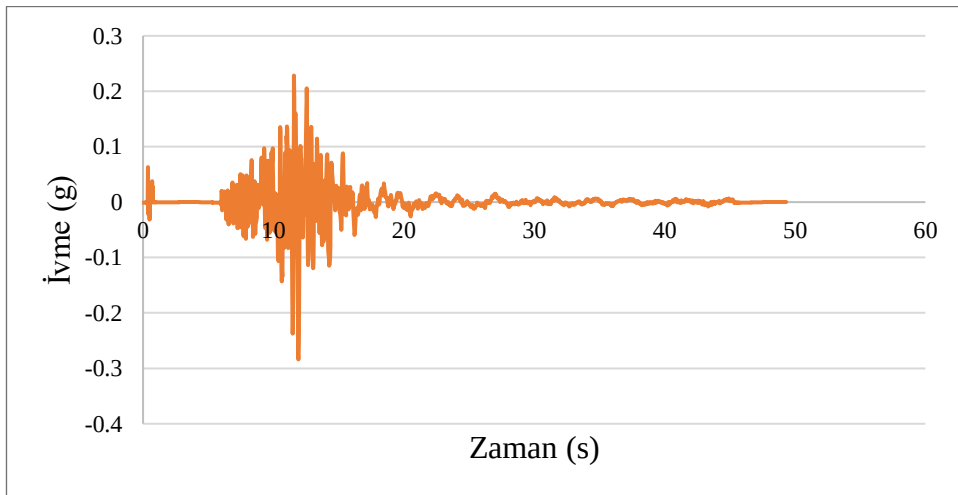
Şekil 69. RSN 313 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



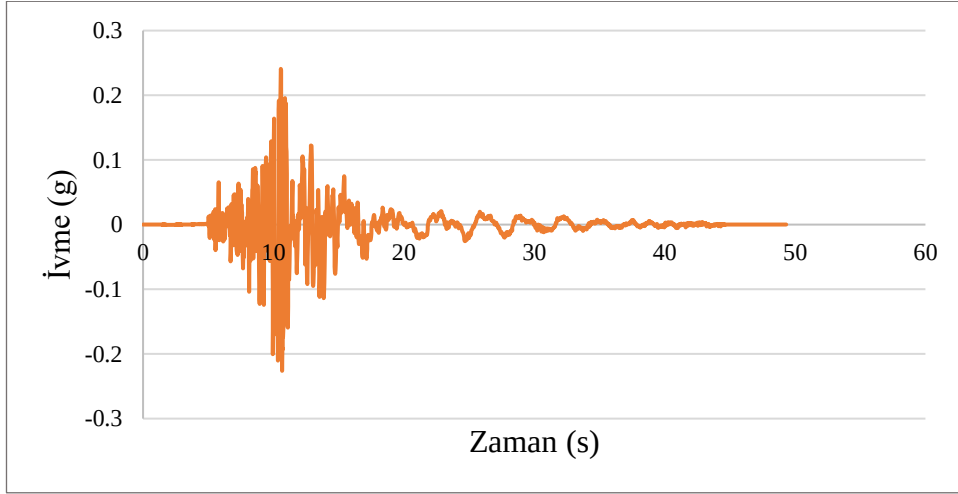
Şekil 70. RSN 313 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



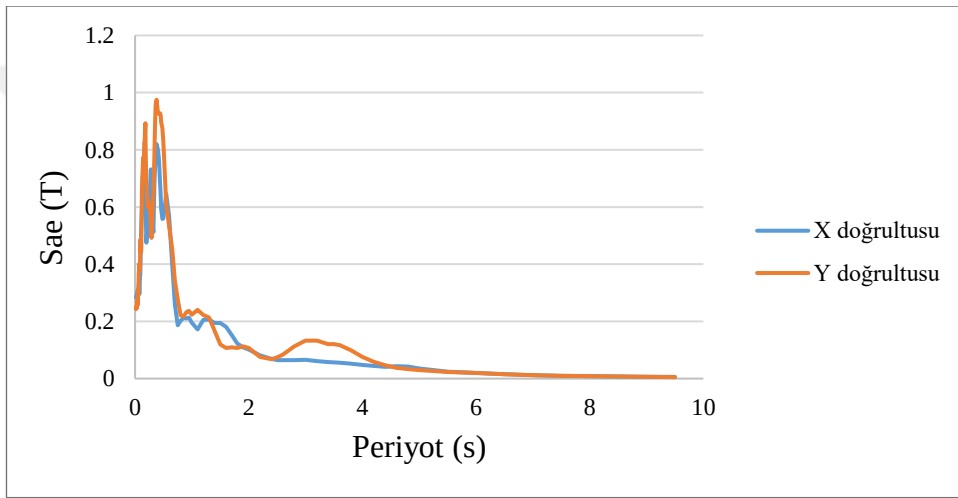
Şekil 71. RSN 313 depremi tepki spektrumu



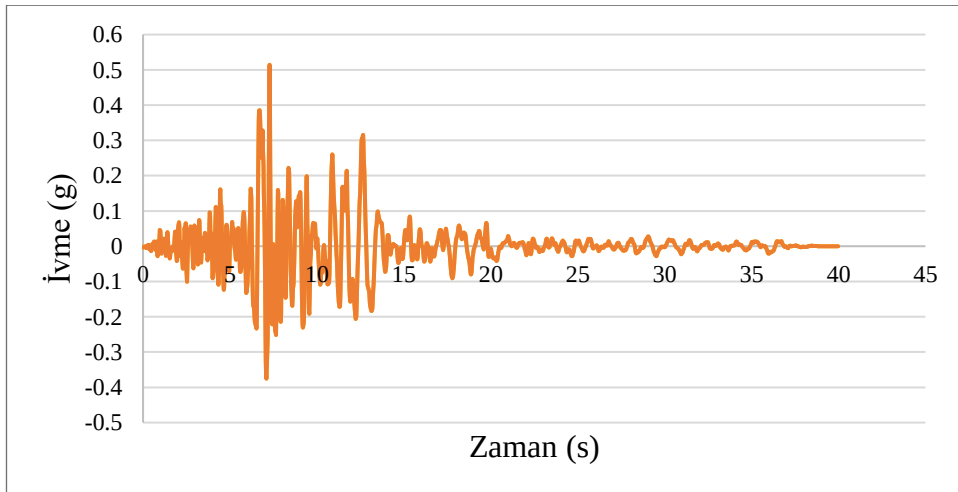
Şekil 72. RSN 587 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



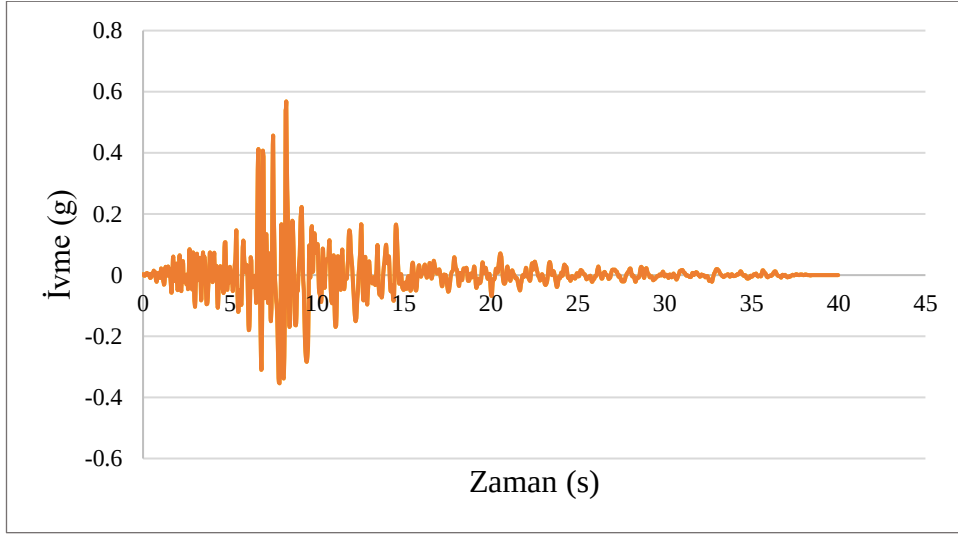
Şekil 73. RSN 587 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



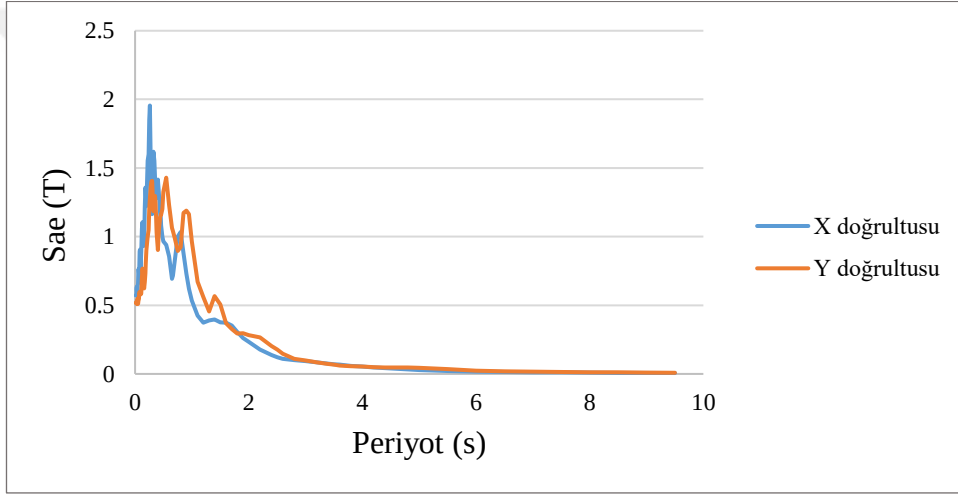
Şekil 74. RSN 587 depremi tepki spektrumu



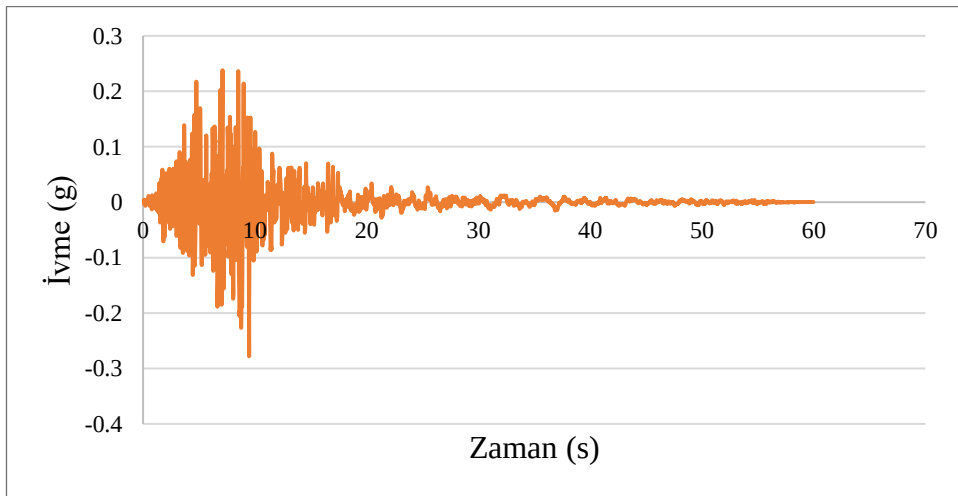
Şekil 75. RSN 963 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



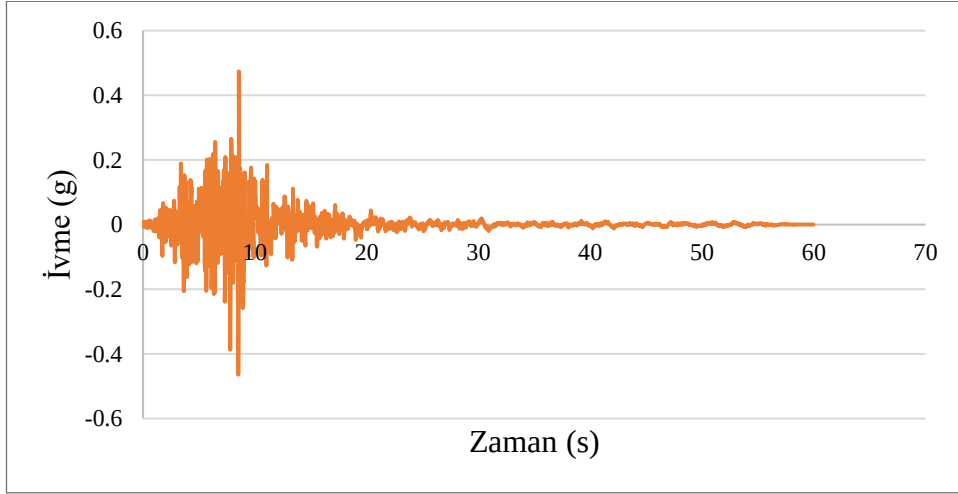
Şekil 76. RSN 963 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



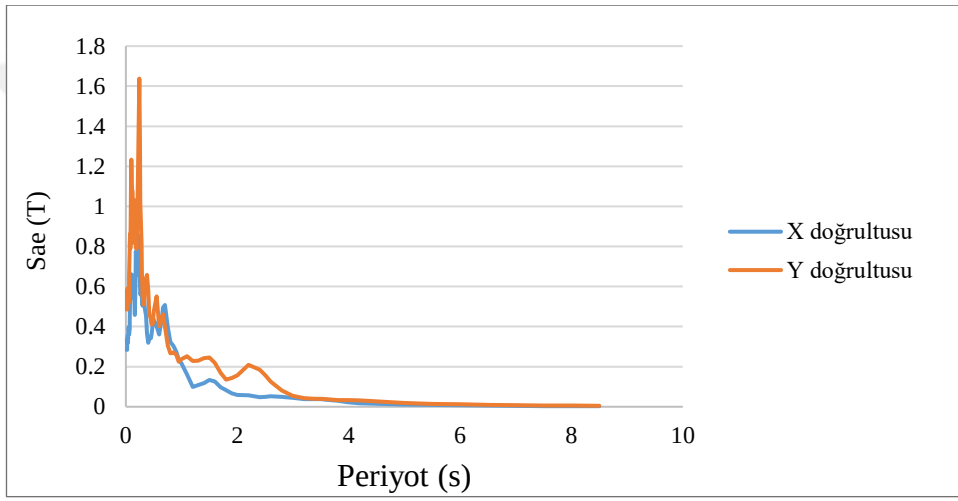
Şekil 77. RSN 963 depremi tepki spektrumu



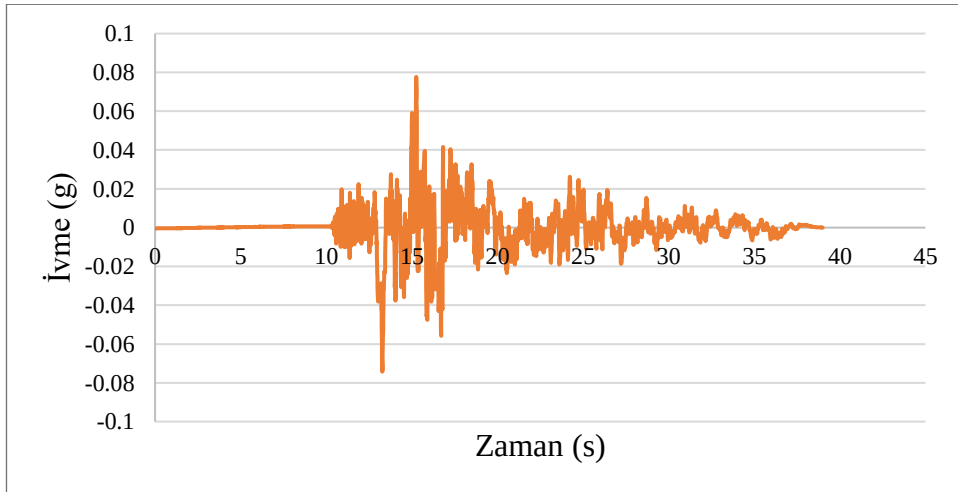
Şekil 78. RSN 1006 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



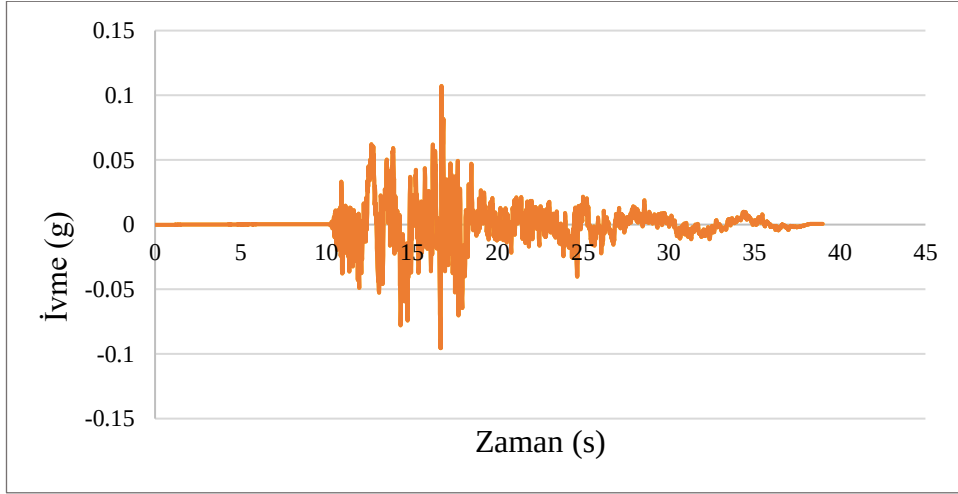
Şekil 79. RSN 1006 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



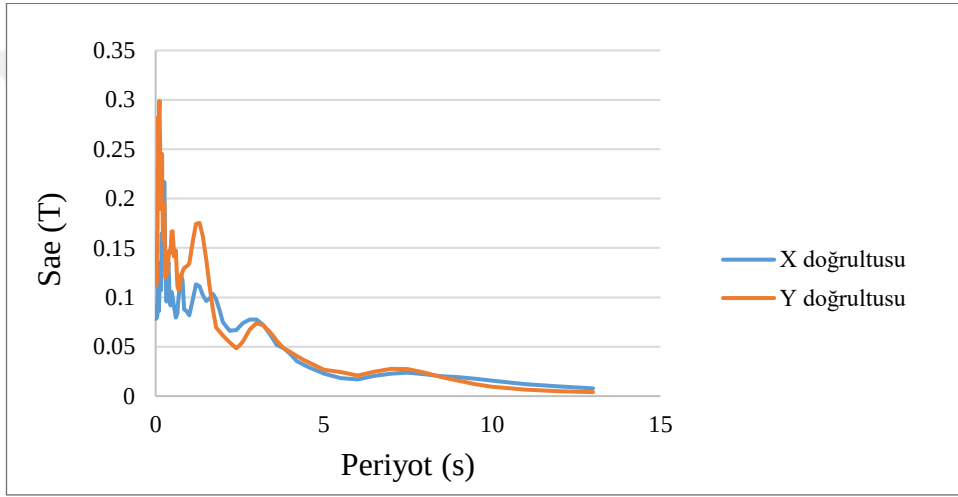
Şekil 80. RSN 1006 depremi tepki spektrumu



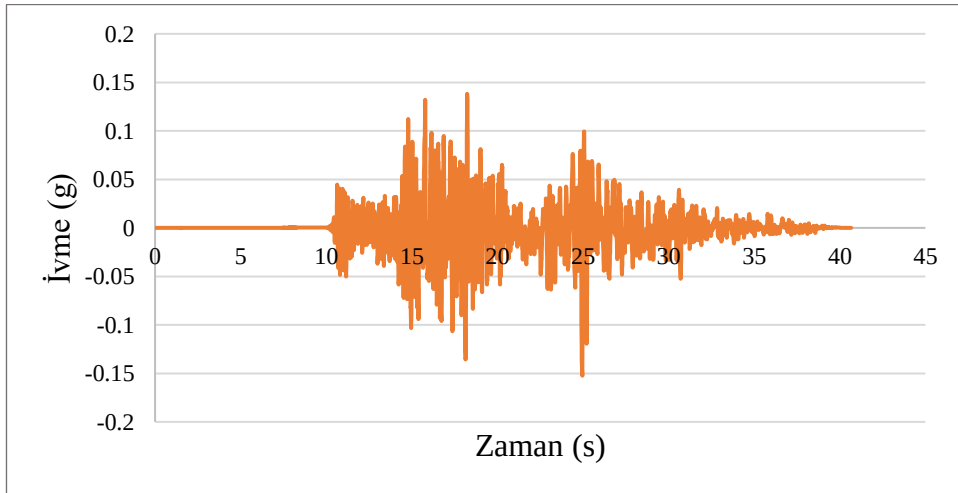
Şekil 81. RSN 1611 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



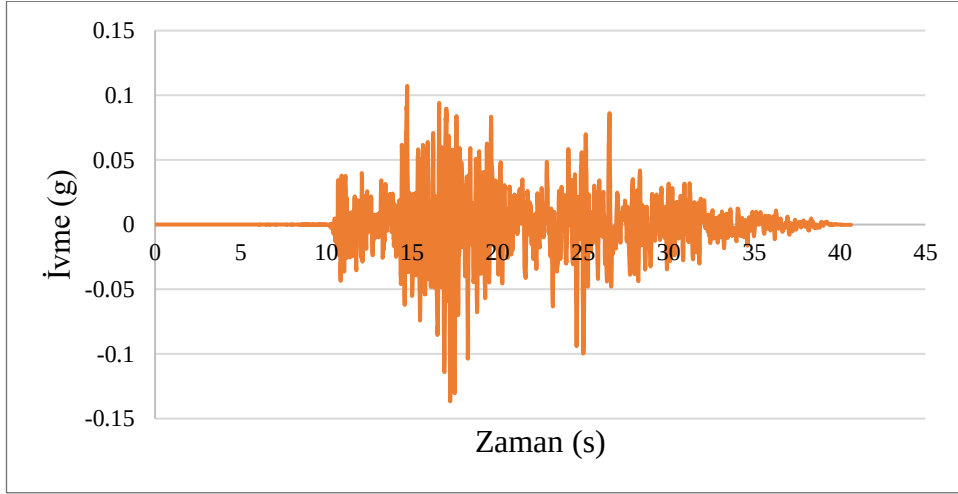
Şekil 82. RSN 1611 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



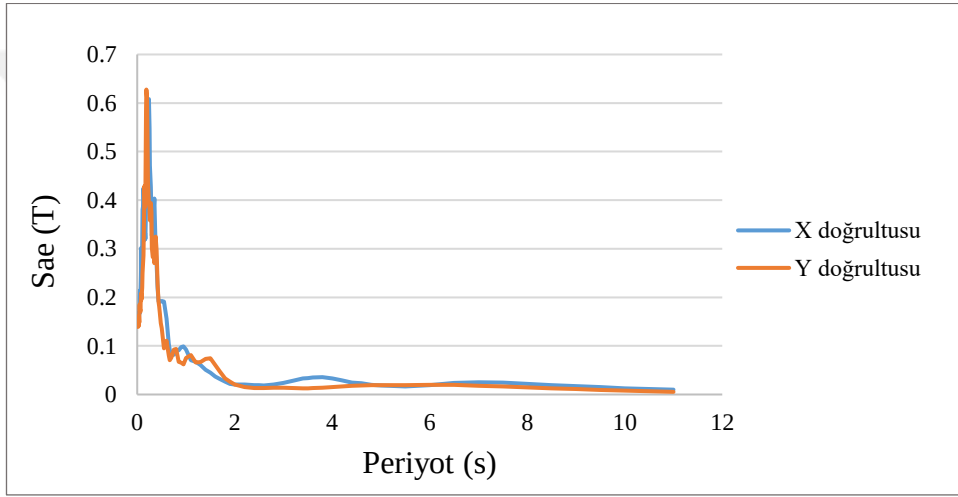
Şekil 83. RSN 1611 depremi tepki spektrumu



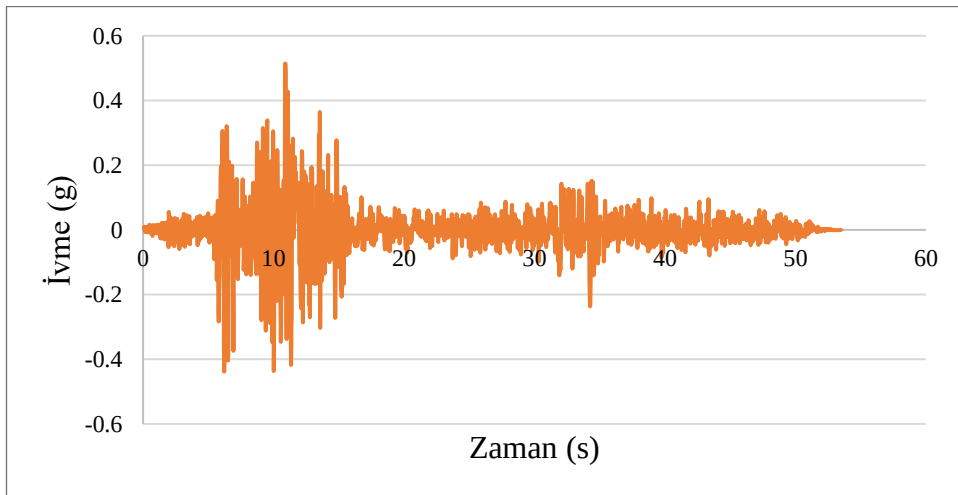
Şekil 84. RSN 1612 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



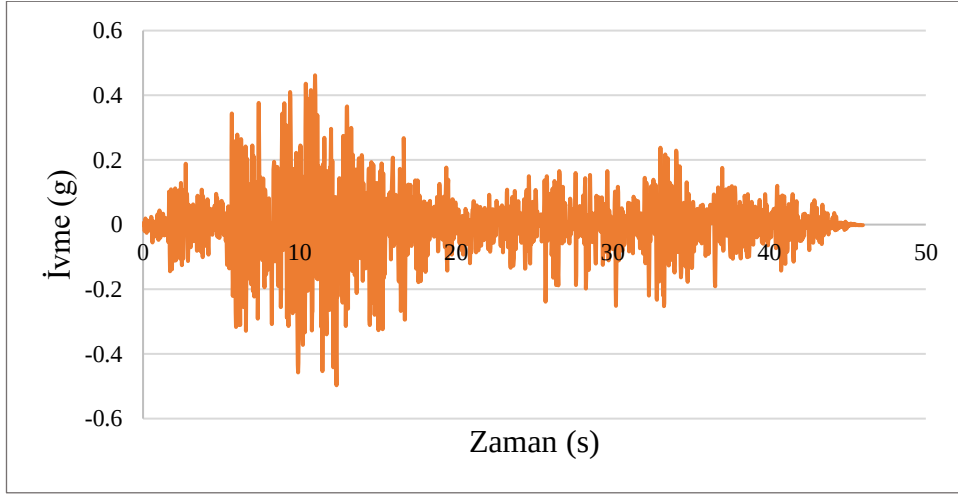
Şekil 85. RSN 1612 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



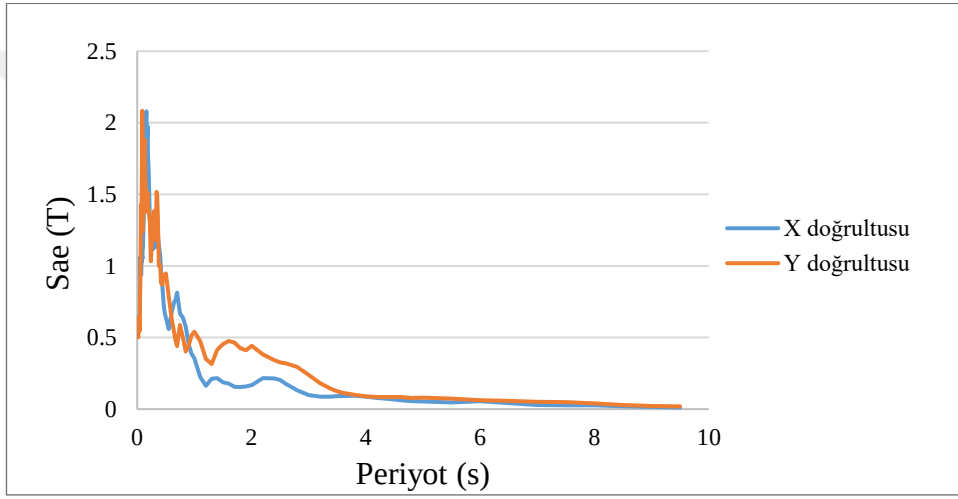
Şekil 86. RSN 1612 depremi tepki spektrumu



Şekil 87. RSN 1633 depremi X doğrultusu ivme- zaman grafiği



Şekil 88. RSN 1633 depremi Y doğrultusu ivme- zaman grafiği



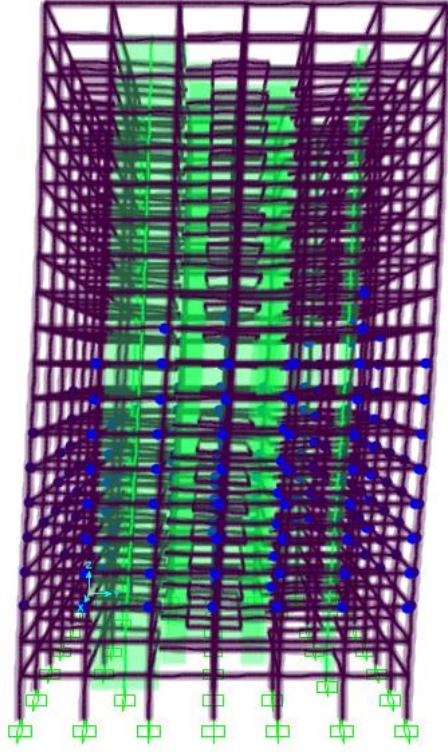
Şekil 89. RSN 1633 depremi tepki spektrumu

### 3.2.6. Performans Analizi Sonuçları

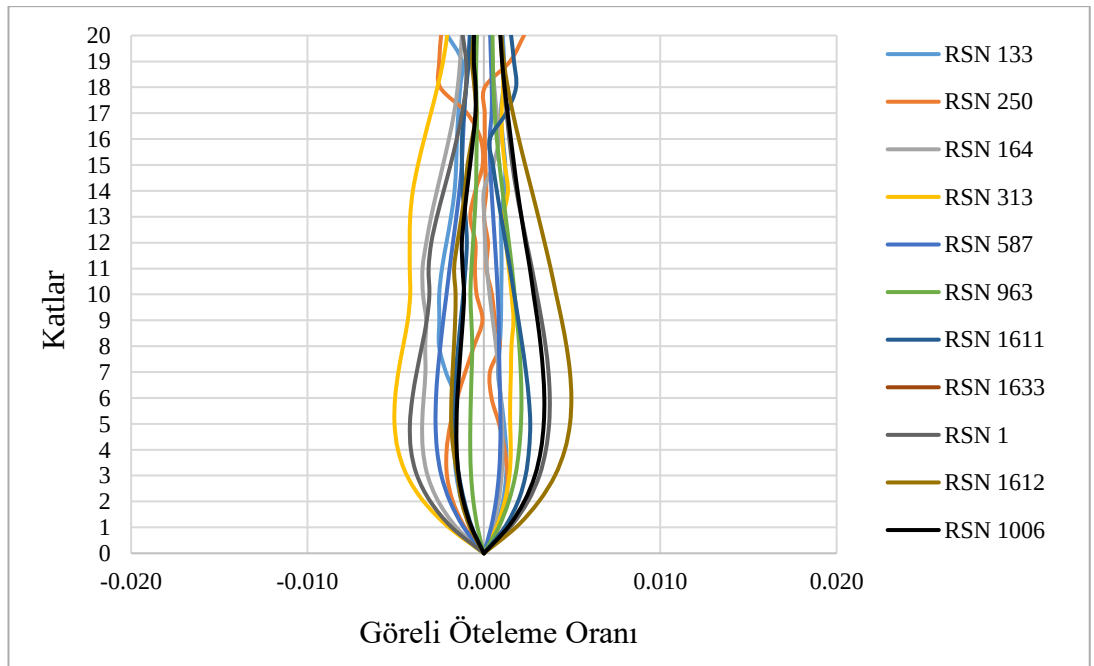
Analizlerden elde edilen şekildeğiştirme verilerinin, ilgili kesitler için her bir depremden mutlak değerce en büyükleri alınarak ortalaması hesaplanmıştır. Bu duruma bağlı olarak RSN 1 numaralı deprem kaydı sonucu oluşan mafsallaşma Şekil 90’ da verilmiştir. Görelî kat öteleme oranları her bir deprem için Şekil 91 ve 92’ de tüm analizler için Şekil 93 ve 94’ te verilmiştir. Bu sonuçlara göre X ve Y doğrultularında her bir deprem kaydı sonucu oluşan görelî öteleme oranı yönetmelikçe belirtilen 0.045 değerini, tüm depremlerden elde edilen görelî öteleme oranının ise 0.03 değerini geçmediği belirlenmiştir.

Analizlere ait taban kesme kuvvetleri Tablo 45’ te verilmiştir. Tüm analizlerden elde edilen şekildeğiştirme değerleri; P1 perdesi için 15 m yüksekliği boyunca Tablo 46 ve 47’ de, zemin kat ve 10. kattaki kolonlar için sırasıyla Tablo 48 ve 49’ da gösterilmiştir. Talep ve kapasite değerleri karşılaştırıldığında P1 perdesindeki beton ve donatı

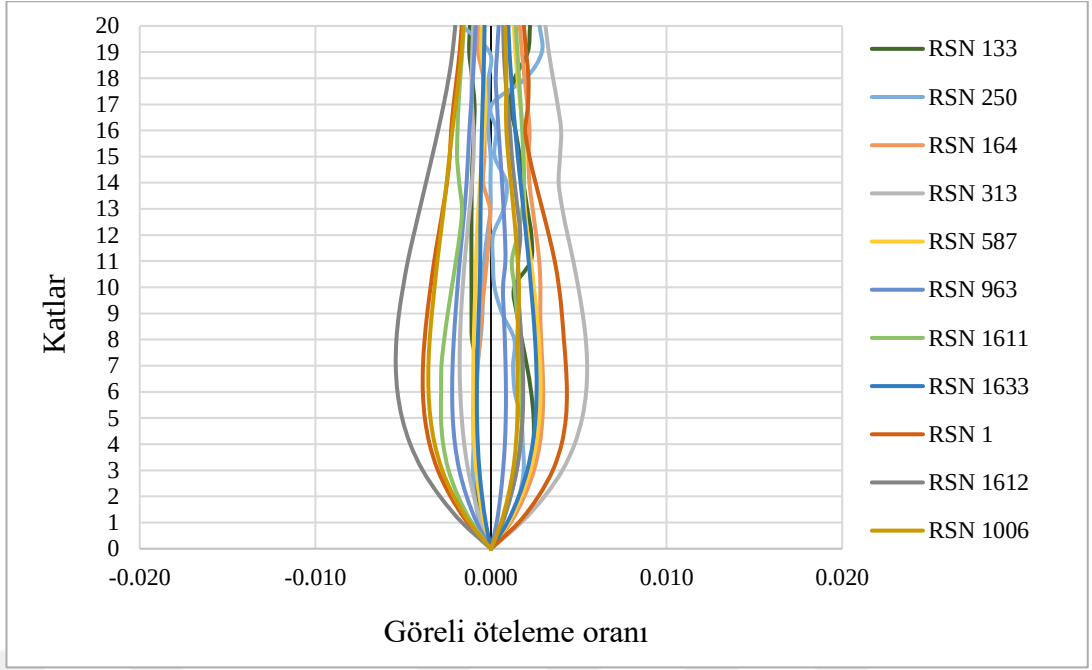
şekildeğiştirmeleri, yönetmelikte sınırlı hasar performans düzeyi için verilen 0.0025 ve 0.0075 değerinin altında kaldığından herhangi bir hasarın oluşmadığı kabul edilmiştir. Tablo 48 ve 49’ da, hesaplanan kapasite ve talep dönme değerlerine göre kolonların göçmenin önlenmesi performans hedefi için belirlenen dönme değerinin çok daha altında kalarak kontrollü hasar performans hedefini sağladığı görülmüştür.



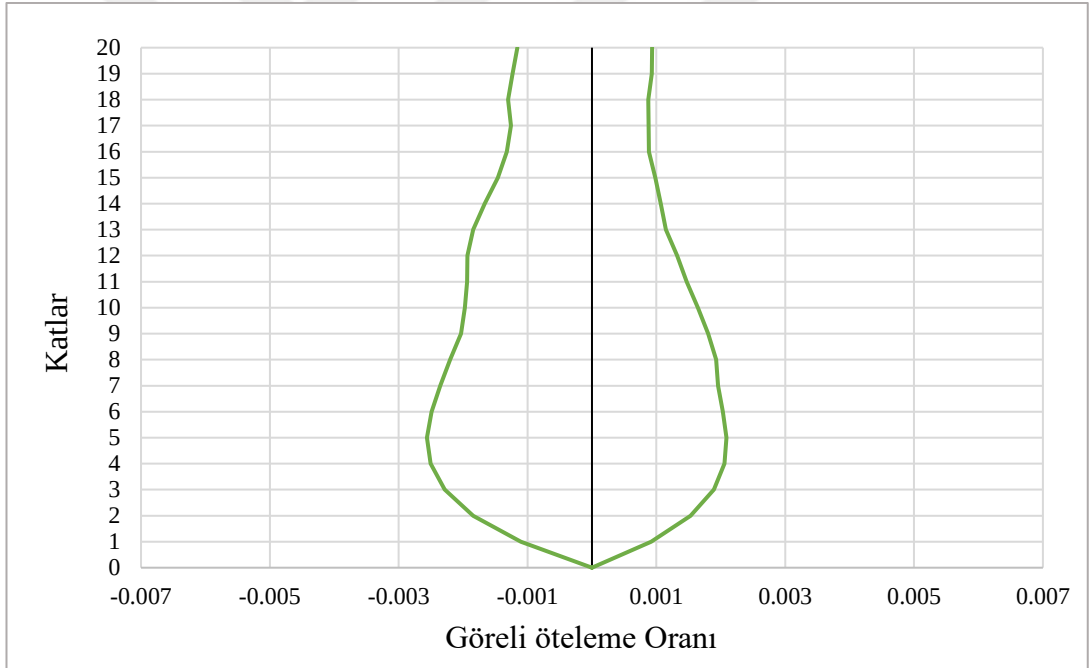
Şekil 90. RSN 1 depremi sonucu oluşan plastik mafsallaşma



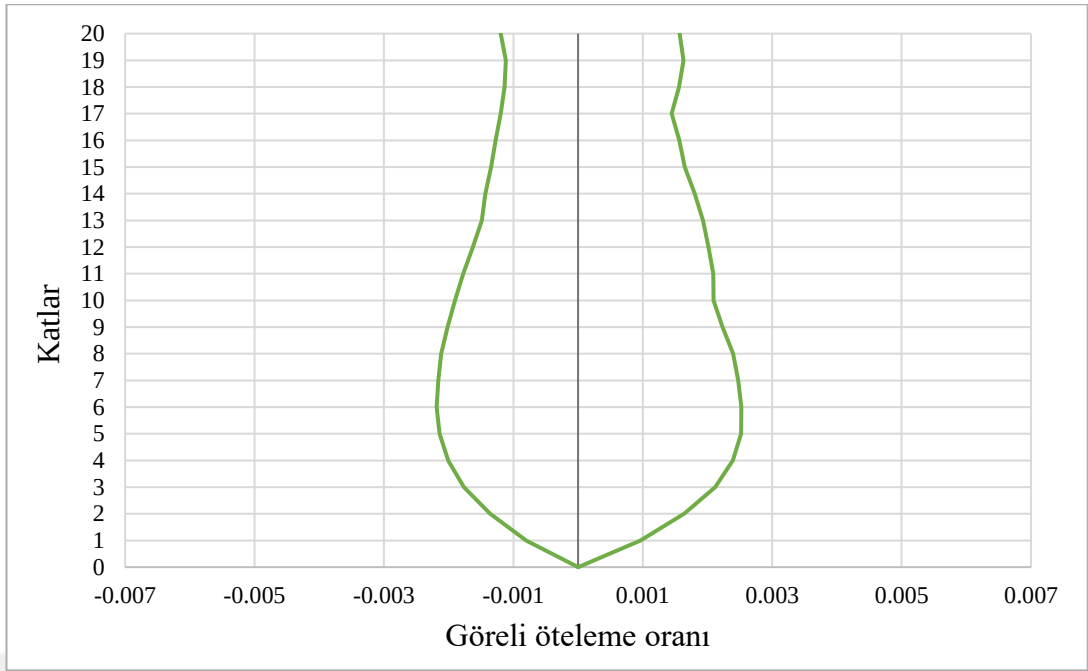
Şekil 91. Her bir deprem kaydından X doğrultusunda elde edilen görelî kat öteleme



Şekil 92. Her bir deprem kaydından Y doğrultusunda elde edilen görelî kat öteleme



Şekil 93. Tüm deprem kayıtlarından elde edilen X doğrultusundaki görelî kat öteleme



Şekil 94. Tüm deprem kayıtlarından elde edilen Y doğrultusundaki görelî kat öteleme

Tablo 45. Analizler sonucu oluşan taban kesme kuvvetleri

| Deprem No | Doğrultu | V <sub>x</sub> , max (kN) | V <sub>y</sub> , max (kN) |
|-----------|----------|---------------------------|---------------------------|
| RSN1      | EW       | 11078.98                  | 19802.57                  |
|           | NS       | 18694.77                  | 12702.98                  |
| RSN 133   | EW       | 27087.71                  | 42707.38                  |
|           | NS       | 41270.93                  | 23573.34                  |
| RSN 164   | EW       | 21332.10                  | 45410.57                  |
|           | NS       | 56002.69                  | 17569.82                  |
| RSN 250   | EW       | 29928.61                  | 49273.68                  |
|           | NS       | 42421.91                  | 21828.69                  |
| RSN 313   | EW       | 16282.01                  | 59120.01                  |
|           | NS       | 59288.49                  | 16995.68                  |
| RSN 587   | EW       | 6741.18                   | 9519.54                   |
|           | NS       | 7613.03                   | 8435.49                   |
| RSN 963   | EW       | 7369.37                   | 11322.95                  |
|           | NS       | 10192.94                  | 9470.28                   |
| RSN 1006  | EW       | 4995.35                   | 23121.24                  |
|           | NS       | 25082.03                  | 8754.09                   |
| RSN 1611  | EW       | 40839.62                  | 24090.06                  |
|           | NS       | 24271.23                  | 43275.05                  |
| RSN 1612  | EW       | 58863.04                  | 25341.11                  |
|           | NS       | 26939.88                  | 59345.53                  |
| RSN 1633  | EW       | 11852.70                  | 35950.05                  |
|           | NS       | 34759.19                  | 11862.17                  |

Tablo 46. P1 Perdesi beton şekildeğiştirme değeri

| Kat   | Eleman | Mafsal | Materyal | $\varepsilon_c$ | $\varepsilon_c^{(GÖ)}$ | $\varepsilon_c < \varepsilon_c^{(GÖ)}$ |
|-------|--------|--------|----------|-----------------|------------------------|----------------------------------------|
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000384       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000575       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000436       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000390       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000590       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000439       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000398       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000581       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH1    | C50      | 0.0000437       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000466       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000522       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000539       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000469       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000545       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000539       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000471       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000540       | 0.014                  | ✓                                      |
| Zemin | P1     | PH2    | C50      | 0.0000538       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000446       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000533       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000436       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000449       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000549       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000437       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000448       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000541       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000437       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000446       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000579       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000518       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000450       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000589       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000524       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000455       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000583       | 0.014                  | ✓                                      |
| 1     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000526       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000399       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000523       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000431       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000403       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000529       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000432       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000405       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000524       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH1    | C50      | 0.0000433       | 0.014                  | ✓                                      |
| 2     | P1     | PH2    | C50      | 0.0000440       | 0.014                  | ✓                                      |

Tablo 46. (Devamı)

| Kat | Eleman | Mafsal | Materyal | $\epsilon_c$ | $\epsilon_c^{(GÖ)}$ | $\epsilon_c < \epsilon_c^{(GÖ)}$ |
|-----|--------|--------|----------|--------------|---------------------|----------------------------------|
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000547    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000470    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000444    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000551    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000472    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000446    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000550    | 0.014               | ✓                                |
| 2   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000474    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000382    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000497    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000413    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000385    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000504    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000413    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000388    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000498    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH1    | C50      | 0.0000414    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000438    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000524    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000473    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000440    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000531    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000475    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000442    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000525    | 0.014               | ✓                                |
| 3   | P1     | PH2    | C50      | 0.0000476    | 0.014               | ✓                                |

Tablo 47. P1 Perdesi donatı şekildeğiştirme değerleri

| P1       | Zemin kat |          | 1. Kat   |          | 2. Kat   |          | 3.Kat    |          |
|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | ALT       | ÜST      | ALT      | ÜST      | ALT      | ÜST      | ALT      | ÜST      |
| RSN1     | 0.000126  | 0.000215 | 0.000106 | 0.000121 | 0.000088 | 0.000105 | 0.000074 | 0.000086 |
| RSN 133  | 0.000093  | 0.000130 | 0.000082 | 0.000091 | 0.000076 | 0.000080 | 0.000073 | 0.000075 |
| RSN 164  | 0.000093  | 0.000129 | 0.000082 | 0.000091 | 0.000073 | 0.000081 | 0.000070 | 0.000073 |
| RSN 250  | 0.000083  | 0.000122 | 0.000074 | 0.000082 | 0.000070 | 0.000073 | 0.000069 | 0.000070 |
| RSN 587  | 0.000093  | 0.000127 | 0.000082 | 0.000090 | 0.000070 | 0.000081 | 0.000063 | 0.000069 |
| RSN 963  | 0.000087  | 0.000115 | 0.000077 | 0.000085 | 0.000068 | 0.000076 | 0.000061 | 0.000067 |
| RSN 313  | 0.000118  | 0.000188 | 0.000102 | 0.000114 | 0.000084 | 0.000100 | 0.000075 | 0.000083 |
| RSN 1611 | 0.000088  | 0.000123 | 0.000076 | 0.000085 | 0.000065 | 0.000075 | 0.000060 | 0.000064 |

Tablo 47. (Devamı)

| P1              | Zemin kat |          | 1. Kat   |          | 2. Kat   |          | 3.Kat    |          |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 | ALT       | ÜST      | ALT      | ÜST      | ALT      | ÜST      | ALT      | ÜST      |
| RSN 1633        | 0.000078  | 0.000104 | 0.000069 | 0.000076 | 0.000060 | 0.000068 | 0.000053 | 0.000059 |
| RSN 1612        | 0.000099  | 0.000159 | 0.000087 | 0.000096 | 0.000075 | 0.000086 | 0.000065 | 0.000073 |
| RSN1006         | 0.000089  | 0.000127 | 0.000077 | 0.000086 | 0.000065 | 0.000076 | 0.000057 | 0.000064 |
| <b>Ortalama</b> | 0.000095  | 0.000140 | 0.000083 | 0.000092 | 0.000072 | 0.000082 | 0.000065 | 0.000071 |

Tablo 48. Zemin kat kolonları dönme değerleri

| Kolon | Mafsalsal | Lp   | $\theta_p$ | $\theta_p^{(GÖ)}$ | $\theta_p < \theta_p^{(GÖ)}$ |
|-------|-----------|------|------------|-------------------|------------------------------|
| S101  | ALT       | 0.45 | 0.000207   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000049   | 0.139             | ✓                            |
| S102  | ALT       | 0.45 | 0.000109   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000075   | 0.139             | ✓                            |
| S103  | ALT       | 0.45 | 0.000089   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000113   | 0.139             | ✓                            |
| S104  | ALT       | 0.45 | 0.000219   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000031   | 0.139             | ✓                            |
| S105  | ALT       | 0.45 | 0.000166   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000031   | 0.139             | ✓                            |
| S106  | ALT       | 0.45 | 0.000116   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000056   | 0.139             | ✓                            |
| S107  | ALT       | 0.45 | 0.000182   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000049   | 0.139             | ✓                            |
| S108  | ALT       | 0.45 | 0.000131   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000072   | 0.139             | ✓                            |
| S109  | ALT       | 0.45 | 0.000099   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000111   | 0.139             | ✓                            |
| S110  | ALT       | 0.45 | 0.000101   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000115   | 0.139             | ✓                            |
| S111  | ALT       | 0.45 | 0.000168   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000018   | 0.139             | ✓                            |
| S112  | ALT       | 0.45 | 0.000198   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000025   | 0.139             | ✓                            |
| S113  | ALT       | 0.45 | 0.000138   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000123   | 0.139             | ✓                            |
| S114  | ALT       | 0.45 | 0.000184   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000034   | 0.139             | ✓                            |
| S115  | ALT       | 0.45 | 0.000194   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000024   | 0.139             | ✓                            |
| S116  | ALT       | 0.45 | 0.000187   | 0.139             | ✓                            |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000040   | 0.139             | ✓                            |

Tablo 48. (Devamı)

| Kolon | Mafsal | Lp   | $\theta_p$ | $\theta_p^{(G\ddot{O})}$ | $\theta_p < \theta_p^{(G\ddot{O})}$ |
|-------|--------|------|------------|--------------------------|-------------------------------------|
| S117  | ALT    | 0.45 | 0.000113   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000052   | 0.139                    | ✓                                   |
| S118  | ALT    | 0.45 | 0.000118   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000043   | 0.139                    | ✓                                   |
| S119  | ALT    | 0.45 | 0.000203   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000031   | 0.139                    | ✓                                   |
| S120  | ALT    | 0.45 | 0.000166   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000010   | 0.139                    | ✓                                   |
| S121  | ALT    | 0.45 | 0.000103   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000113   | 0.139                    | ✓                                   |
| S122  | ALT    | 0.45 | 0.000212   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000084   | 0.139                    | ✓                                   |
| S123  | ALT    | 0.45 | 0.000165   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000020   | 0.139                    | ✓                                   |
| S124  | ALT    | 0.45 | 0.000119   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000076   | 0.139                    | ✓                                   |
| S125  | ALT    | 0.45 | 0.000208   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000101   | 0.139                    | ✓                                   |
| S126  | ALT    | 0.45 | 0.000193   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000093   | 0.139                    | ✓                                   |
| S127  | ALT    | 0.45 | 0.000147   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000040   | 0.139                    | ✓                                   |
| S128  | ALT    | 0.45 | 0.000142   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000024   | 0.139                    | ✓                                   |
| S129  | ALT    | 0.45 | 0.000128   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000040   | 0.139                    | ✓                                   |
| S130  | ALT    | 0.45 | 0.000140   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000027   | 0.139                    | ✓                                   |
| S131  | ALT    | 0.45 | 0.000191   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000035   | 0.139                    | ✓                                   |
| S132  | ALT    | 0.45 | 0.000160   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000054   | 0.139                    | ✓                                   |
| S133  | ALT    | 0.45 | 0.000147   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000022   | 0.139                    | ✓                                   |
| S134  | ALT    | 0.45 | 0.000149   | 0.139                    | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000025   | 0.139                    | ✓                                   |

Tablo 49. 10. Kat kolonlarının dönme değerleri

| Kolon | Mafsalsal | Lp   | $\theta_p$ | $\theta_p^{(G\ddot{O})}$ | $\theta_p < \theta_p^{(G\ddot{O})}$ |
|-------|-----------|------|------------|--------------------------|-------------------------------------|
| S1101 | ALT       | 0.45 | 0.000222   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000136   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1102 | ALT       | 0.45 | 0.000193   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000141   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1103 | ALT       | 0.45 | 0.000224   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000173   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1104 | ALT       | 0.45 | 0.000339   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000218   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1105 | ALT       | 0.45 | 0.000239   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000157   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1106 | ALT       | 0.45 | 0.000120   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000111   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1107 | ALT       | 0.45 | 0.000231   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000130   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1108 | ALT       | 0.45 | 0.000161   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000168   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1109 | ALT       | 0.45 | 0.000330   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000177   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1110 | ALT       | 0.45 | 0.000305   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000131   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1111 | ALT       | 0.45 | 0.000183   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000073   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1112 | ALT       | 0.45 | 0.000196   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000207   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1113 | ALT       | 0.45 | 0.000345   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000157   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1114 | ALT       | 0.45 | 0.000259   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000138   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1115 | ALT       | 0.45 | 0.000228   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000164   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1116 | ALT       | 0.45 | 0.000292   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000216   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1117 | ALT       | 0.45 | 0.000104   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000148   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1118 | ALT       | 0.45 | 0.000133   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000122   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1119 | ALT       | 0.45 | 0.000355   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000175   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1120 | ALT       | 0.45 | 0.000252   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000133   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1121 | ALT       | 0.45 | 0.000202   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000180   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1122 | ALT       | 0.45 | 0.000283   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST       | 0.45 | 0.000316   | 0.0168                   | ✓                                   |

Tablo 49. (Devamı)

| Kolon | Mafsal | Lp   | $\theta_P$ | $\theta_P^{(G\ddot{o})}$ | $\theta_P < \theta_P^{(G\ddot{o})}$ |
|-------|--------|------|------------|--------------------------|-------------------------------------|
| S1123 | ALT    | 0.45 | 0.000282   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000103   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1124 | ALT    | 0.45 | 0.000126   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000116   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1125 | ALT    | 0.45 | 0.000204   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000277   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1126 | ALT    | 0.45 | 0.000234   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000310   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1127 | ALT    | 0.45 | 0.000220   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000088   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1128 | ALT    | 0.45 | 0.000205   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000124   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1129 | ALT    | 0.45 | 0.000131   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000186   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1130 | ALT    | 0.45 | 0.000170   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000225   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1131 | ALT    | 0.45 | 0.000352   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000192   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1132 | ALT    | 0.45 | 0.000196   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000187   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1133 | ALT    | 0.45 | 0.000117   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000134   | 0.0168                   | ✓                                   |
| S1134 | ALT    | 0.45 | 0.000193   | 0.0168                   | ✓                                   |
|       | ÜST    | 0.45 | 0.000122   | 0.0168                   | ✓                                   |

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, çelik gömme kompozit kolon ve kirişli bir yapı normal yapılardan farklı olarak yüksek bir yapı şeklinde tasarlanmış, doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılarak deprem performansı belirlenmiştir. Kullanım amacı işyeri olan bu yapının dayanıma göre tasarımında deprem etkileri mod birleştirme yöntemi ile yapılmış, şekildeğiştirmeye göre tasarım yöntemi olarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar TBDY-2018' de açıklanan yüksek yapıların tasarımıyla ilgili özel kurallar çerçevesinde yapılarak ilk aşamada DGT yaklaşımı ile KH performansı sağlanmıştır. Bu aşamadaki hesaplar sonucunda X doğrultusunda meydana gelen taban kesme kuvveti minimum koşulu sağlamıştır ancak Y doğrultusunda bu durum sağlamadığından bu değer yönetmelikçe belirtilen  $\beta$  katsayısı ile çarpılarak artırılmıştır. Perdeler tarafından karşılanan devrilme momenti oranı X doğrultusunda 0.50, Y doğrultusunda 0.45 hesaplanmış ve bu değerlerin 0.40 ile 0.75 arasında olduğu belirlenmiştir. Düzensizlik kontrolleri sonucunda herhangi bir düzensizliğin meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Yönetmelikçe ilk aşamada belirtilen koşullar sağlandıktan sonra ikinci aşamaya geçilmiş ve beklenen malzeme dayanımları ile DD-4 yer hareketinde KK performansı elde edilmiştir. Kolon, kiriş ve perdelerde meydana gelen iç kuvvet değerleri, kapasiteleri ile karşılaştırılmış ve birbirleriyle olan oransal ilişkiler izin verilen 1.5 değerinin oldukça altında seyretmiştir. Bu durumun meydana gelmesi üçüncü aşama için tasarımın olumlu anlamda öngörülebilirliğini destekler niteliktedir.

Üçüncü aşamada 11 deprem kaydı ile P-Delta etkisi dikkate alınarak 22 analiz yapılmış ve analizler neticesinde elde edilen değerlerin mutlak değerce en büyükleri baz alınmıştır. İstatiksel işlemler sonucu 11 deprem kaydında meydana gelen değerler, yapıdaki her bir eleman için tek bir değere indirgenerek bu değerler ile kesitlerin şekildeğiştirme kapasiteleri mukayese edilmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda yönetmelik tarafından bu aşamada izin verilen GÖ performans hedefi; kompozit kolon, kompozit kiriş ve betonarme perde tarafından sağlandığı tespit edilmiştir.

Tüm bu analizler sonucunda kompozit kesitli yapıdaki şekildeğiştirme kapasitelerinin ilgili talepleri iyi bir değer ile karşılaması, betonarme yapı tasarımlarıyla biriken tecrübe karşısında çelik gömme kompozit kesitlerin yapı stabilitesi açısından avantajı olduğunu göstergesidir.

Devrilme momenti değerinin yönetmelikçe belirtilen değer aralığında olması taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı seçiminin uygunluğunu gösterir özelliktedir.

Betonarme, elik ya da dış destek kirişli yüksek bir yapı oluşturularak elde edilen kesit tesirlerine karşılık kompozit kesit tasarımı veya kompozit kesitli yapıdan elde edilen kesit tesirlerine karşılık betonarme veya elik kesit tasarımı yapılarak yapı sektörünü şekillendiren ekonomiklik kavramı üzerine çalışmalara ağırlık verilebilir. Aynı zamanda kompozit kesitli elemanlar için yönetmelikçe özel bir plastik dönme bağıntısı olmadığından bu konu üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir.

elik gömme kompozit kesitli elemanlardan tasarlanan yapıda yapı zemin etkileşimi dikkate alınmamıştır. Bundan sonraki çalışmalarda yapı zemin etkisi de dikkate alınarak çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Açıkelli, G. S. (2019). Çelik Gömme Kompozit Kolon, Kiriş ve Bağ Kirişli Bir Binanın Yapısal Tasarımı ve Doğrusal Olmayan Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Baş, E. (2022). Çelik Kolonlu ve İçi Beton Doldurulmuş Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yapıların Karşılaştırmalı Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Chen, C. C. ve Lin, N. J. (2006). Analytical model for predicting axial capacity and behavior of concrete encased steel composite stub columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 62(5), 424-433. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2005.04.021>
- Cisr, H. E., Elkady, A. ve Lignos, D. G. (2019). Composite steel beam database for seismic design and performance assessment of composite-steel moment-resisting frame systems. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(6), 3015-3019.
- Çavdar, Ö. (2022). Seismic performance of a high-rise building by using linear and nonlinear methods. *Naturel Hazards*, 112, 1359-1378. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05231-z>
- ÇYTHYE (2018) Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- Ellobody, E. ve Young, B. (2010). Investigation of concrete encased steel composite columns at elevated temperatures. *Thin-Walled Structures*, 48(8), 597-608. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2010.03.004>.
- Elnashai, A. S. ve Broderick, B.M. (1994). Seismic resistance of composite beam-columns in multi-storey structures. Part 1: Experimental studies. *Journal of Constructional Steel Research*, 30(3), 201-229. [https://doi.org/10.1016/0143-974X\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0143-974X(94)90001-9)
- Ertaş, B. (2018). Taşıyıcı Sistemi Süneklik Düzeyi Yüksek Kompozit Kolonlu Moment Aktaran Çelik Çerçevelerden Oluşan Binalar İçin Tasarım Esaslarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Güler, K. (2019). Farklı Yükseklik ve Zemin Sınıfına Sahip Betonarme Bina Kolonlarına Etki Eden Yüklerle Çelik ve Kompozit Kolon Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.

- Hadım, O. (2018). Taşıyıcı Sistemi Beton Dolgulu Kompozit Kolonlar İçeren Dışmerkez Çaprazlı Çerçevelerden Oluşan Bir Binanın Tasarımı ve Doğrusal Olmayan Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Huang, Z., Huang, X., Li, w., Mei, L. V ve Liew, J. Y. R. (2019). Experimental behavior of VHSC encased composite stub column under compression and end moment. *Steel and Composite Structures*, 31(1), 69-83. <https://doi.org/10.12989/scs.2019.31.1.069>
- Lacki, P., Derlatka, A. ve Kazsa, P. (2018). Comparison Of Steel-Concrete Composite Column And Steel Column. *Composite Structures*, 202, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.11.055>
- Lai, B., Lee, E., K. H. ve Wang, D. H. (2009). Experimental and analytical investigation of composite columns made of high strength steel and high strength concrete. *Steel and Composite Structures*, 33(1), 67-69. <https://doi.org/10.12989/scs.2019.33.1.067>
- Lundberg, J. E. ve Galambos, T. V. (1996). Load And Resistance Factor Design Of Composite Columns. *Structural Safety*, 18(2), 169-177. [https://doi.org/10.1016/0167-4730\(96\)00009-4](https://doi.org/10.1016/0167-4730(96)00009-4)
- Nasery, M. M., Hüsem, M. ve Altunişik, A. C. (2019). Damage effect on experimental modal parameters of haunch strengthened concrete-encased composite column-beam connections. *International Journal of Damage Mechanics*. 29(2). <https://doi.org/10.1177/1056789519843330>
- Nie, J. ve Cai, C. S. (2003). Steel-Concrete Composite Beams Considering Shear Slip Effects. *Journal of Structural Engineering*, 129(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2003\)129:4\(495\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:4(495))
- PEER (2024). Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database, <http://ngawest2.berkeley.edu>
- Pucinotti, R., Bursi, O. S. ve Demonceau, J. F. (2011). Post-earthquake fire and seismic performance of welded steel-concrete composite beam-to-column joints. *Journal of Constructional Steel Research*, 67(9), 1358-1375. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2011.03.006>
- Ren, F., Tian, S., Gong, L., Wu, J., Mo, J., Lai, C. ve Lai, M. (2023). Seismic performance of a ring beam joint connecting FTCES column and RC / ESRC beam with NSC. *Journal of Building Engineering*, 63(8). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105366>

- Roik, K. ve Bergmann, R. (1990). Design method for composite columns with unsymmetrical cross-sections. *Journal of Constructional Steel Research*, 15(1-2), 153-168. [https://doi.org/10.1016/0143-974X\(90\)90046-J](https://doi.org/10.1016/0143-974X(90)90046-J)
- SAP2000 (2015). Integrated finite element analysis and design of structures, computers and structures inc, California.
- Shanmugam, N. E. ve Lakshmi, B. (2001). State of the art report on steel-concrete composite columns, *Journal of Constructional Steel Research*, 57(10), 1041-1080. [https://doi.org/10.1016/S0143-974X\(01\)00021-9](https://doi.org/10.1016/S0143-974X(01)00021-9)
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- TS 498 (1997). Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, [https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r\\_Piramitleri](https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r_Piramitleri) 18 Aralık 2024.
- URL-2, <https://www.tickets-rome.com/tr/colosseum/> 06 Aralık 2024.
- URL-3, <https://passerelles.essentiels.bnf.fr/fr/chronologie/construction/5975c2d4-8549-4941-8d1d-cb647f1e5eb9-cathedrale-notre-dame-chartres> 06 Aralık 2024.
- URL-4, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Empire\\_State\\_Binas%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/Empire_State_Binas%C4%B1) 06 Aralık 2024.
- URL-5, <https://pixabay.com/photos/burj-khalifa-dubai-skyscraper-city-6933855/> 06 Aralık 2024.
- URL-6, <https://www.limak.com.tr/sektorler/insaat/projeler/yurtici/merkez-bankasi-turkiye> 06 Aralık 2024.
- URL-7, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Metropol\\_%C4%B0stanbul](https://tr.wikipedia.org/wiki/Metropol_%C4%B0stanbul) 06 Aralık 2024.
- URL-8, <https://www.dreamtown.com/buildings/john-hancock-center> 06 Aralık 2024.
- URL-9, <https://www.projeinsaat.net> 06 Aralık 2024.
- Uslu, F., Taşkın, K. ve Saraçoğlu, M. H. (2021). Eksenel Yük ve Moment Etkisi Altındaki Çelik Gömme Kompozit Kolonların Dayanımları ve Süneklikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 333-344. <https://doi.org/10.21597/jist.789886>

## ÖZGEÇMİŞ

Halil İbrahim UYAR, Lise eğitimini 2016 yılında Giresun’ da tamamladı. Aynı yıl girdiği üniversite sınavı sonucu Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2020 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümünden ve çift anadal programı ile başladığı Harita Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2021 yılında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’ nda yüksek lisans programına başladı.

