



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KAT ADEDİ FARKLI BİNALARIN TBDY-2018 VE EUROCODE 8 DEPREM
YÖNETMELİKLERİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL
OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMİ KULLANILARAK İRDELENMESİ**

Mehmet YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Şubat 2024**

KAT ADEDİ FARKLI BİNALARIN TBDY-2018 VE EUROCODE 8 DEPREM
YÖNETMELİKLERİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN
ANALİZ YÖNTEMİ KULLANILARAK İRDELENMESİ

Mehmet YILMAZ

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüsnü CAN

Konya
Şubat 2024

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

☐ Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

02 Şubat 2024

Mehmet YILMAZ

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Prof. Dr. Hüsnü CAN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

02 Şubat 2024

Mehmet YILMAZ



Geçmişten ders almayışımız yüzünden bugüne kadar yaşanmış depremlerde hayatını kaybeden tüm vatandaşlarımızın ve hayvan dostlarımızın hatıralarına...

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgilerini, fikirlerini, zamanını ve tecrübesiyle bana bu yolda ışık tutan ve hiçbir zaman ve konuda yardımlarını esirgemeyen kıymetli danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Hüsnü CAN'a, ve kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK'a, Sayın Prof. Dr. Okan ÖZCAN'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen ve beni bu günlere getiren sevgili aileme minnetlerimi sunar ve teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan ve gösterdikleri anlayıştan dolayı; sevgili nişanlım Fatmagül KÖKTAŞ'a, ve lisans eğitimimde kıymetli katkılarından dolayı değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. İzzet Ufuk ÇAĞDAŞ'a, ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hamid Farrokh GHATTE'ye teşekkürü borç bilirim.

02 Şubat 2024

Mehmet YILMAZ

ÖZET

Mehmet YILMAZ

Kat Adedi Farklı Binaların TBDY-2018 ve Eurocode 8 Deprem Yönetmeliklerinin
Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi Kullanılarak İrdelenmesi

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2024

Geçmişten günümüze yeryüzünde meydana gelmiş depremler neticesinde yapı ve deprem mühendisliğinde yapıların deprem performansı konusu belirgin bir şekilde öne çıkmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında taşıyıcı sistemi yüksek süneklığe sahip boşluksuz betonarme perde duvarlı çerçeve sistemden oluşan, aynı kat kalıp planına sahip; 10, 15 ve 20 katlı mevcut betonarme binaların sismik performans değerlendirilmesi Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) ve Eurocode 8 (EC 8) deprem yönetmeliklerine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Tez çalışması 8 ana bölümden oluşmakta olup giriş bölümü olarak adlandırılan 1. Bölümde yapılan çalışmanın konusuna, amacına ve kapsamına değinilmiştir. 2. Bölümde ise literatür çalışmalarına yer verilmiştir. 3. Bölümde ise çalışma kapsamındaki binalar, binaların yapı elemanları ve çalışma yöntemi hakkında genel bilgiler verilmiştir. 4. Bölümde ise TBDY-2018 deprem yönetmeliğine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile sismik performans değerlendirilmesi kriterleri açıklanmıştır ve gerekli bilgiler ifade edilmiştir. 5. Bölümde ise zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için kullanılacak deprem yer hareketi ivme kayıtları hakkında kriterler ve bilgiler yer almaktadır. 6. Bölümde ise Eurocode 8'e göre performans değerlendirme kriterleri ve kapsamı açıklanmıştır. 7. Bölümde ise mevcut yapıların SAP (2000) bilgisayar paket programında 3 boyutlu modellenmesi ve zaman tanım alanında yapılacak olan doğrusal olmayan analiz metodu ile alakalı sayısal çalışma yer almaktadır. 8. Bölümde ise tez çalışması boyunca elde edilen gözlemler ve analiz verileri açıklanmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

TBDY-2018, Eurocode 8, sismik performans, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, SAP 2000

ABSTRACT

Mehmet YILMAZ

Examination of Buildings with Different Number of Floors Using Non-linear Time
History Analysis According to TBEC-2018 and EC 8 Seismic Codes

Master's Thesis

Konya, 2024

As a result of the earthquakes that have occurred on earth from past to present, the issue of seismic performance of structures has come to the fore in structural and earthquake engineering.

Within the scope of this thesis study, the carrier system consists of a frame system with high ductility and unhollow reinforced concrete shear walls with the same floor formwork plan; seismic performance evaluation of 10, 15 and 20-storey existing reinforced concrete buildings was carried out using the non-linear time history analysis method according to the Turkish Building Earthquake Regulation 2018 (TBEC-2018) and Eurocode 8 (EC 8) earthquake regulations.

The thesis consists of 8 main chapters, and in the 1st Chapter, called the introduction, the subject, purpose, and scope of the study are mentioned. In Chapter 2, literature studies are included. In Chapter 3, general information is given about the buildings within the scope of the study, their structural elements, and the working method. In Chapter 4, the seismic performance evaluation criteria with the nonlinear time history analysis method according to the TBEC-2018 earthquake regulation are explained and the necessary information is expressed. Chapter 5 includes criteria and information about earthquake ground motion acceleration records to be used for nonlinear analysis in the time domain. In Chapter 6, the performance evaluation criteria and scope according to Eurocode 8 are explained. Chapter 7 includes 3D modeling of existing structures in the SAP2000 computer package program and a numerical study regarding the nonlinear time history analysis method to be performed. In Chapter 8, the observations and analysis data obtained throughout the thesis study are explained and interpreted.

Keywords

TBEC-2018, Eurocode 8, nonlinear time history analysis, seismic performance, SAP 2000

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM.....	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
1.2. Özgün Değer	7
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
3. YAPI PLANI VE YÖNTEM.....	10
3.1. Çalışma için Seçilen Yapılar Hakkında Genel Bilgiler	10
3.2. Yöntem.....	12
4. TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ	14
4.1. Doğrusal Olmayan Davranışa Giriş.....	14
4.2. TBDY-2018'e Göre Doğrusal Olmayan Davranış ve Analiz	14
4.3. Betonarme Malzeme Modeli.....	15
4.3.1. Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri	15
4.3.2. Donatı Çeliği Modeli.....	17
4.4. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri.....	19
4.4.1. Plastik Mafsallı Hipotezi	19
4.4.2. Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	22
4.5. Betonarme Binalardan Bilgi Toplanması	23
4.5.1. Toplanan bilgilerin kapsamı	23
4.6. Yapı Elemanlarının Hasar Limitleri ve Hasar Bölgeleri	26
4.6.1. Kesit Hasar Düzeyleri	26

4.7. Yapı Performans Hedefinin Belirlenmesi	28
4.7.1. Mevcut Yapıların Deprem Performans Değerlendirmesi	28
4.8. Doğrusal Olmayan Hesaplama Analiz Yöntemleri Kullanılarak Yapı Performansının Değerlendirilmesi	30
4.8.1. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri	30
4.9. Gerinim Deformasyonlarını ve Plastik Dönme Değerlerini Tanımlama	31
4.9.1. Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Deformasyon Limitleri	32
4.9.2. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için Değerlendirme	33
4.9.3. Kontrollü Hasar Performans Seviyesi için Değerlendirme	34
4.9.4. Sınırlı Hasar Performansı Seviyesi için Değerlendirme	34
5. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ VE DEPREM İVME KAYITLARI	35
5.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	35
5.1.1. DD-1 deprem yer hareketi düzeyi	35
5.1.2. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi	35
5.1.3. DD-3 deprem yer hareketi düzeyi	35
5.1.4. DD-4 deprem yer hareketi düzeyi	36
5.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları	36
5.2.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları	36
5.2.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları	37
5.2.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	37
5.2.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	39
5.3. Sahaya Özel Sismik Davranış Spektrumu	40
5.3.1. Sismik Tehlike Analizi	40
5.4. Deprem İvme Kayıt Kaynakları	41
5.4.1. Gerçek İvme Kayıtları	42
5.4.2. Yapay İvme Kayıtları	43
5.4.3. Zaman Tanım Alanında Analiz için Deprem Kayıtlarının Seçimi	44
5.4.4. Yer Hareketini Ölçekleme ve Eşleştirme Yöntemleri	45
6. EC 8 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ	47
6.1. Plastik Mafsal Değerlendirmesi	47
6.2. Hasar Sınır Durumu ve Hasar Bölgeleri	49
6.2.1. Göçmeye Yakın Sınır Durumu	49
6.2.2. Önemli Hasar Sınır Durumu	51

6.2.3. Sınırlı Hasar Sınır Durumu	51
6.2.4. Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	52
6.3. Zemin Koşulları ve Deprem Etkisi	53
6.3.1. Zemin Sınıfları	53
6.3.2. Deprem Etkisi	54
6.4. Yapısal Değerlendirme için Bilgiler	62
6.4.1. Bilgi Levelleri	63
6.4.2. Denetim ve Deney Seviyelerinin Tanımlanması	66
6.5. Yapısal Analiz	66
6.5.1. Analiz Metotları	66
7. SAYISAL ÇALIŞMA	68
7.1. Yapı Genel Bilgiler	68
7.2. Deprem Parametreleri	68
7.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	69
7.4. Deprem Tasarım Sınıfları	70
7.5. Bina Yükseklik Sınıfı	70
7.6. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları	71
7.7. Deprem Etkisi Altında Değerlendirilecek Yapılar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımı	71
7.8. Yapıların SAP2000 ile Modellenmesi	73
7.8.1. TBDY-2018'e Göre Modelleme	73
7.8.2. Eurocode 8'e Göre Modelleme	94
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	104
8.1. Sonuçların Değerlendirilmesi	104
8.2. Öneriler	109
KAYNAKLAR	110
ÖZGEÇMİŞ	115

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. 10 katlı bina için kiriş kesit detayı	10
Tablo 2. 10 katlı bina için kolon kesit detayı	11
Tablo 3. 10 katlı bina için perde duvar kesit detayı.....	11
Tablo 4. 15 katlı bina için kiriş kesit detayı	11
Tablo 5. 15 katlı bina için kolon kesit detayı	11
Tablo 6. 15 katlı bina için perde duvar kesit detayı.....	11
Tablo 7. 20 katlı bina için kiriş kesit detayı	11
Tablo 8. 20 katlı bina için kolon kesit detayı	11
Tablo 9. 20 katlı bina için perde duvar kesit detayı.....	11
Tablo 10. Yapılar hakkında genel bilgiler.....	12
Tablo 11. EC 8'e göre zemin sınıfları.....	53
Tablo 12. Eurocode 8'e göre binalar için önem sınıfları	54
Tablo 13. Sonuç sınıflarının tanım ve kapsamı	55
Tablo 14. Önerilen Tip 1 elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin değerleri.....	58
Tablo 15. Önerilen Tip 2 elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin değerleri.....	59
Tablo 16. Düşey elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin önerilen değerleri.....	60
Tablo 17. $\psi E, i$ değişkeninin hesaplanması için φ değişkeni değerleri	62
Tablo 18. EN 1990 kapsamında bazı mekân ve yapıların sınıflandırılması	62
Tablo 19. Bilgi düzeyleri ve bunlara karşılık gelen analiz yöntemleri ve güven faktörleri	65
Tablo 20. Farklı denetim ve deney seviyeleri için önerilen minimum gereklilikler	66
Tablo 21. Seçilen deprem kayıtlarına ait bazı bilgiler	88
Tablo 22. Seçilen deprem kayıtlarına ait bazı bilgiler	101
Tablo 23. Kirişler için hasar performansı (20 kat)	106
Tablo 24. Kolonlar için hasar performansı (20 kat)	106
Tablo 25. Perde duvarlar için hasar performansı (20 kat).....	106
Tablo 26. Kirişler için hasar performansı (15 kat)	106
Tablo 27. Kolonlar için hasar performansı (15 kat)	106
Tablo 28. Perde duvarlar için hasar performansı (15 kat).....	106
Tablo 29. Kirişler için hasar performansı (10 kat)	107

Tablo 30. Kolonlar için hasar performansı (10 kat)	107
Tablo 31. Perde duvarlar için hasar performansı (10 kat).....	107
Tablo 32. Tüm zaman geçmiş analizleri için maksimum üst kat deplasmanı.....	107
Tablo 33. Yapılara ait bina titreşim periyotları	107



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Güncel küresel deprem tehlike haritası 2023 (düzenlenmiş).....	1
Şekil 2. Avrupa deprem tehlike haritası (güncel)	2
Şekil 3. Türkiye deprem tehlike haritası (güncel)	2
Şekil 4. Son yüzyılda Türkiye’de meydana gelen 7 ve üzeri büyüklükteki depremler	4
Şekil 5. Türkiye’de gerçekleşen bazı büyük depremler	5
Şekil 6. Kahramanmaraş merkezli depremler özelinde bazı büyük depremler	6
Şekil 7. Bütün binalar için kat kalıp planı.....	10
Şekil 8. PEER (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi)	13
Şekil 9. Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	15
Şekil 10. Boyuna donatıları aynı ancak sargısı farklı 5 kolonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	16
Şekil 11. Betonarme donatı çeliği sınıfları ve özellikleri.....	17
Şekil 12. Donatı çelik sınıfları ve bazı sayısal veriler	17
Şekil 13. Donatı çeliği gerilme şekil değiştirme eğrisi	18
Şekil 14. Farklı beton çelikleri için gerilme-birim şekil değiştirme eğrileri.....	18
Şekil 15. Sürekli kirişin mesnet ve açıklık bölgesindeki plastik eğrilik değişimi	20
Şekil 16. Konsol kolon için yığılı plastik davranış modeli.	21
Şekil 17. Yığılı plastik ve yayılı plastik davranış modelleri	22
Şekil 18. Yapı elemanlarının etkin kesit rijitlik çarpanları	22
Şekil 19. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	26
Şekil 20. Deprem etkisi altında bina performans düzeyleri	27
Şekil 21. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	37
Şekil 22. $T=1,0$ saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları	37
Şekil 23. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$	38
Şekil 24. Yatay elastik tasarım spektrumu	38
Şekil 25. Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri.....	39
Şekil 26. Düşey elastik tasarım spektral ivmeleri.....	39
Şekil 27. Düşey elastik tasarım spektral ivme eğrisi	40
Şekil 28. Olasılıksal yaklaşım özeti.....	41
Şekil 29. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının kaynağı	42
Şekil 30. agR değişkeni için örnek bölgeleme haritası uygulaması	56
Şekil 31. Eurocode 8 kapsamında yatay elastik tepki spektrum ivme değerleri $S_e(T)$.	57

Şekil 32. Elastik tepki spektrumunun şekli	58
Şekil 33. A ile E zemin tipleri için önerilen Tip 1 elastik tepki spektrumları (%5 sönümleme)	59
Şekil 34. A ile E zemin tipleri için önerilen Tip 2 elastik tepki spektrumları (%5 sönümleme)	59
Şekil 35. Eurocode 8 kapsamında düşey elastik tepki spektrum ivme değerleri S_{vc}(T)	60
Şekil 36. TDTH interaktif web uygulamasından mevcut konum için verilerin elde edilmesi	68
Şekil 37. TBDY-2018'e göre yatay elastik spektrum eğrisinin elde edilmesi	69
Şekil 38. Bina önem katsayısı ve bina kullanım sınıfı	69
Şekil 39. Deprem tasarım sınıfları (DTS)	70
Şekil 40. Bina yükseklik sınıfları	70
Şekil 41. Taşıyıcı sistem türüne göre <i>R</i> ve <i>D</i> değerleri.....	71
Şekil 42. Yapılar için performans hedefleri ve uygulanacak yaklaşımlar	72
Şekil 43. Beklenen malzeme dayanımları	73
Şekil 44. C35/45 beton malzemenin programa tanıtılması	73
Şekil 45. S420 donatı çeliğinin programa tanıtılması.....	74
Şekil 46. SAP200'de 10 katlı yapı için kiriş kesitinin oluşturulması	74
Şekil 47. Tanımlanan kiriş kesiti için moment-eğrilik analizi ($\Theta=0$)	75
Şekil 48. Tanımlanan kiriş kesiti için moment-eğrilik analizi ($\Theta=180$)	75
Şekil 49. SAP200'de 10 katlı yapı için kolon kesitinin oluşturulması	76
Şekil 50. Tanımlanan kolon kesiti için moment-eğrilik analizi	76
Şekil 51. 4m açıklığa sahip perde duvar kesiti için idealleştirilmiş lif modeli	77
Şekil 52. 6m açıklığa sahip perde duvar kesiti için idealleştirilmiş lif modeli	77
Şekil 53. SAP2000'de 10 katlı binanın 3D modeli	78
Şekil 54. SAP2000'de 15 katlı binanın 3D modeli	78
Şekil 55. SAP2000'de 20 katlı binanın 3D modeli	79
Şekil 56. Kirişler için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması	79
Şekil 57. Kolonlar için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması.....	80
Şekil 58. Döşemeler için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması	81
Şekil 59. Perde duvarlar için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması.....	81
Şekil 60. Kirişler için deplasman kontrollü plastik mafsallı türünün seçilmesi	82
Şekil 61. Plastik mafsallı değerlerinin girilmesi.....	82
Şekil 62. Kirişler için plastik mafsallı ataması	83
Şekil 63. Kolonlar için deplasman kontrollü plastik mafsallı türünün seçilmesi	83

Şekil 64. Plastik mafsalları değerlerinin girilmesi.....	84
Şekil 65. Kolonlar için plastik mafsalları ataması	84
Şekil 66. Yüklemlerin tanımlanması.....	85
Şekil 67. Kütlenin tanımlanması.....	86
Şekil 68. Doğrusal olmayan itme yükleme.....	86
Şekil 69. PEER veri tabanına kullanıcı tanımlı spektrumun yüklenmesi	87
Şekil 70. Deprem yer hareketi kayıtları için arama ve ölçeklendirme kriterleri	88
Şekil 71. PEER veri tabanında seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumu.....	89
Şekil 72. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmemiş halde SeismoMatch programında görünümü.....	89
Şekil 73. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş hali	90
Şekil 74. Elde edilen spektrum eğrilerin karşılaştırılması	90
Şekil 75. Deprem ivme kaydının programa tanımlanması	91
Şekil 76. TBDY-2018'e göre tepki spektrumun programa tanımlanması	92
Şekil 77. Deprem ivme kaydının zaman aralığında tepki spektrumu ile eşleştirilmesi ..	92
Şekil 78. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yüklemenin tanımlanması	93
Şekil 79. Tanımlanan yüklemenin 90 derece döndürülmüş şekli.....	94
Şekil 80. C35/45 sınıfı betonun tanımlanması	95
Şekil 81. Çelik malzemenin tanımlanması.....	95
Şekil 82. 10 katlı yapının kiriş modeline ait moment-eğrilik analizi ($\Theta=0$)	96
Şekil 83. 10 katlı yapının kiriş modeline ait moment-eğrilik analizi ($\Theta=180$)	96
Şekil 84. 10 katlı binanın kolon kesiti için moment-eğrilik analizi.....	97
Şekil 85. EC8'e göre kirişler için etkin kesit rijitlik çarpanları.....	98
Şekil 86. EC8'e göre kolonlar için etkin kesit rijitlik çarpanları.....	98
Şekil 87. EC8'e göre döşemeler için etkin kesit rijitlik çarpanları.....	99
Şekil 88. EC8'e göre perde duvarlar için etkin kesit rijitlik çarpanları	99
Şekil 89. EC 8'e göre kütlenin modellenmesi	100
Şekil 90. EC 8'e göre doğrusal olmayan itme yükleme	101
Şekil 91. PEER veri tabanında seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumu.....	102
Şekil 92. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmemiş durumu	102
Şekil 93. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmiş durumu.....	103
Şekil 94. Ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumun elde edilmesi	103

Şekil 95. Yapıların bulunduğu konuma ait tepki spektrumlarının TBDY-2018 ve EC 8 kapsamında karşılaştırılması	105
Şekil 96. Yapılara ait bileşke yer değiştirme grafiği	108



SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
ϵ_{cc}	Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
f_{co}	Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{cc}	Sargılı beton dayanımı
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
ϵ_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sh}	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
σ_s	Donatı çeliğinde gerilme
ϵ_s	Donatı çeliğinin şekil değiştirmesi
L_p	Plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu
I	Bina önem katsayısı
DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
η_{bi}	Burulma düzensizlik katsayısı
Φ_t	Eleman uç kesitinin toplam eğrilik talebi
θ_k	Eleman uç kesitindeki yer değiştirmiş eksen akma dönmesi
θ_y	Eleman uç kesitindeki akma eğriliği
Φ_y	Betonarme sistemlerde eşdeğer akma eğriliği
$\epsilon_c^{G\ddot{O}}$	Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ω_{we}	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
α_{se}	Sargı donatısının etkinlik katsayısı

$\rho_{sh.min}$	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
f_{ywe}	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
α_i	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
b_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
h_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
s	Sargı donatısı aralığı [m]
A_{sh}	Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit)
b_k	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
$\epsilon_s^{GÖ}$	Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırı
$\theta_p^{GÖ}$	Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
Φ_u	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
L_s	Kesme açıklığı [m]
d_b	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
f_{ctm}	Mevcut betonun çekme dayanımı
d	Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
b_w	Kirişin gövde genişliği
ϵ_c^{KH}	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ϵ_s^{KH}	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırı
θ_p^{KH}	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
ϵ_c^{SH}	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ϵ_s^{SH}	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırı
θ_p^{SH}	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
a_{gR}	A tipi zeminde referans tepe yer ivmesi

$\nu_{s,30}$	10E-5 veya daha düşük kayma gerilmesinde toprak profilinin üst 30 m'sindeki dalgaların yayılma hızının ortalama değeri.
N_{SPT}	Standart penetrasyon testi darbe sayısı
c_u	Zeminin drenajsız kayma mukavemeti
γ_1	Önem katsayısı
$S_e(T)$	Yatay elastik tepki spektrumu ivme değerleri
a_g	A tipi zeminde tasarım yer ivmesi
S	Zemin kat sayısı
η	Sönümlendirme düzeltme faktörü
ξ	Viskoz sönümlendirme oranı
$S_{vc}(T)$	Düşey elastik tepki spektrumu ivme değerleri

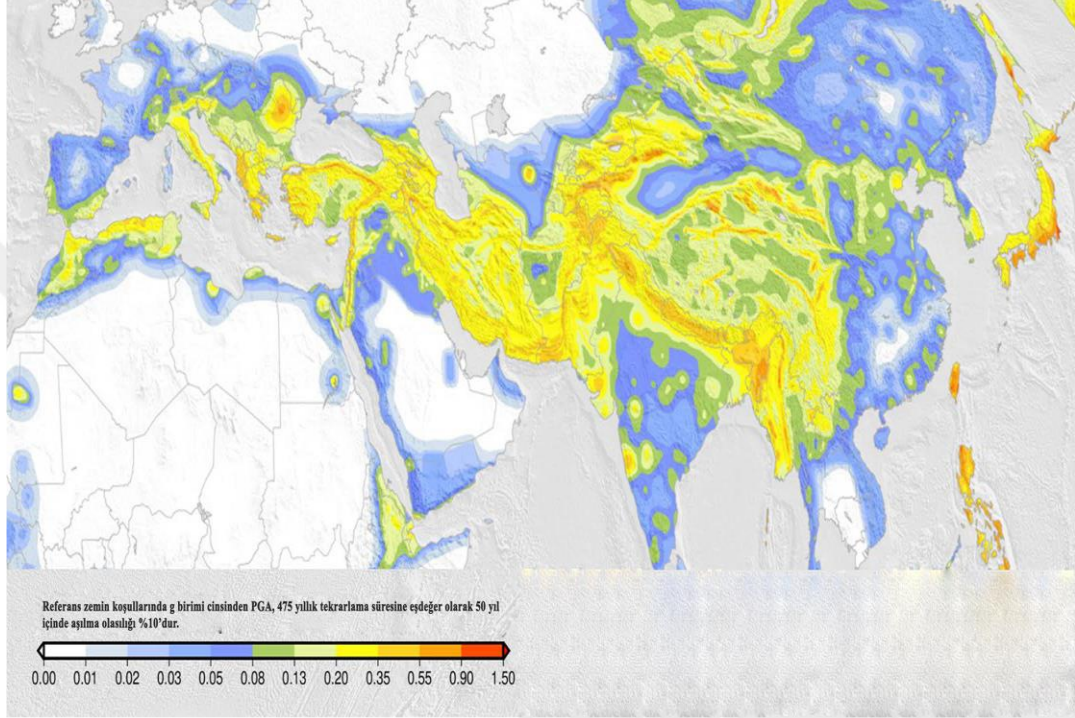


KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ABYYHY-1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
CC1	Consequences Class 1 (Sonuç Sınıfı 1)
CC2	Consequences Class 2 (Sonuç Sınıfı 2)
CC3	Consequences Class 3 (Sonuç Sınıfı 3)
DBYBHY-2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DL	Damage Limitation (Sınırlı Hasar)
EC 8	Eurocode 8
EN 1990 /A1	Eurocode 0
EN 1992-1-1	Eurocode 2 part 1-1
EN 1998-1	Eurocode 8 part 1
EN 1998-3	Eurocode 8 part 3
ESM	The European Strong Motion Database
FEMA 356	Federal Emergency Management Agency
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
ITACA	The Italian Accelometric Archive
KH	Kontrollü Hasar
KK	Kesintisiz Kullanım
NC	Near Collapse (Göçmeye Yakın)
PEER	Pacific Earthquake Engineering Research Center
PGA	Peak Ground Acceleration (Pik Yer İvmesi)
PI	Plastisite İndeksi
RC1	Reliability Class 1 (Güvenirlilik Sınıfı 1)
RC2	Reliability Class 2 (Güvenirlilik Sınıfı 2)
RC3	Reliability Class 3 (Güvenirlilik Sınıfı 3)
SD	Significant Damage (Önemli Hasar)
SH	Sınırlı Hasar
ŞGDT	Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme Tasarım
TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TBEC-2018	Turkish Building Earthquake Code 2018
VDC	The Strong Motion Virtual Data Center

1. GİRİŞ

Yeryüzünde meydana gelen, can ve mal kayıplarına sebep olan doğal afetlerin başında depremler gelmektedir. Ülkemiz, deprem risk bakımından önemli ve aktif deprem kuşaklarından biri olan, (Şekil 1) Azor Adaları'ndan başlayıp Güneydoğu Asya'ya kadar uzanan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır (B. Özmen & Nurlu, 1999).

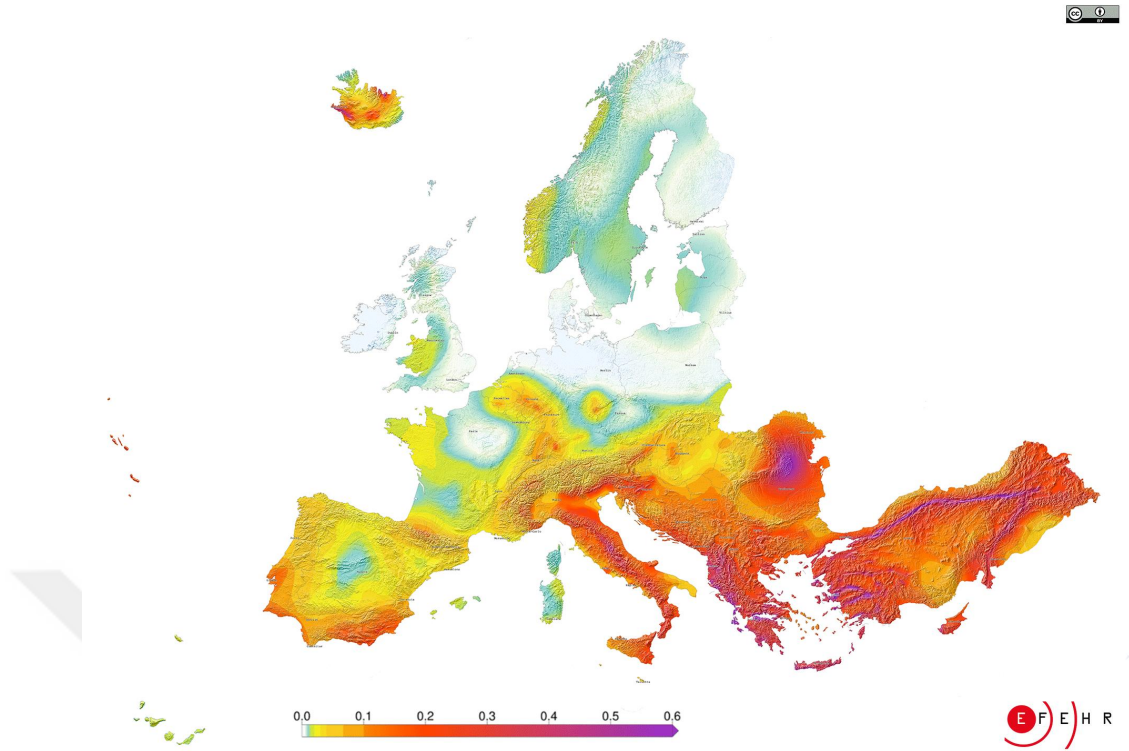


Şekil 1. Güncel küresel deprem tehlike haritası 2023 (düzenlenmiş)

(Kaynak: (GEM TEAM, 2009))

(Url: <https://www.globalquakemodel.org/product/global-seismic-hazard-map>)

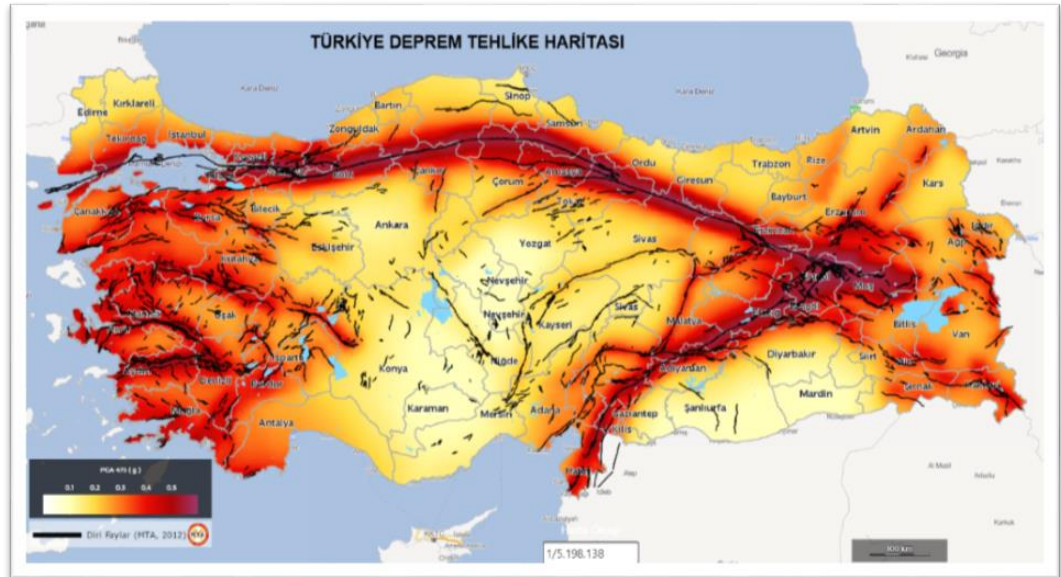
AFAD tarafından (2018) yılında hazırlanan "Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri" adlı raporda; Türkiye'de can ve mal kaybı açısından en fazla etkili olan afet türünün depremler olduğu ve afetler nedeniyle meydana gelen can kayıplarının yüzde 60 gibi önemli bir bölümünün depremlerden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Aynı raporda 1900 – 2017 yılları arasında büyüklüğü en az 6.0 Mw olan hasar yapıcı ve can kaybına neden olan 210 adet deprem meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Bu depremler sonucunda 86802 insanın hayatını kaybettiği yer almaktadır. 1900-2018 yılları arasında meydana gelmiş büyük depremler ele alındığı zaman Türkiye 77 adet büyük depremle dünya genelinde dördüncü sırada yer aldığı teyit edilmiştir.



Şekil 2. Avrupa deprem tehlike haritası (güncel)

(Kaynak: EFEHR (2021))

(Url: <http://www.efehr.org/earthquake-hazard/hazard-map/>)



Şekil 3. Türkiye deprem tehlike haritası (güncel)

(Kaynak: (AFAD, 2019b))

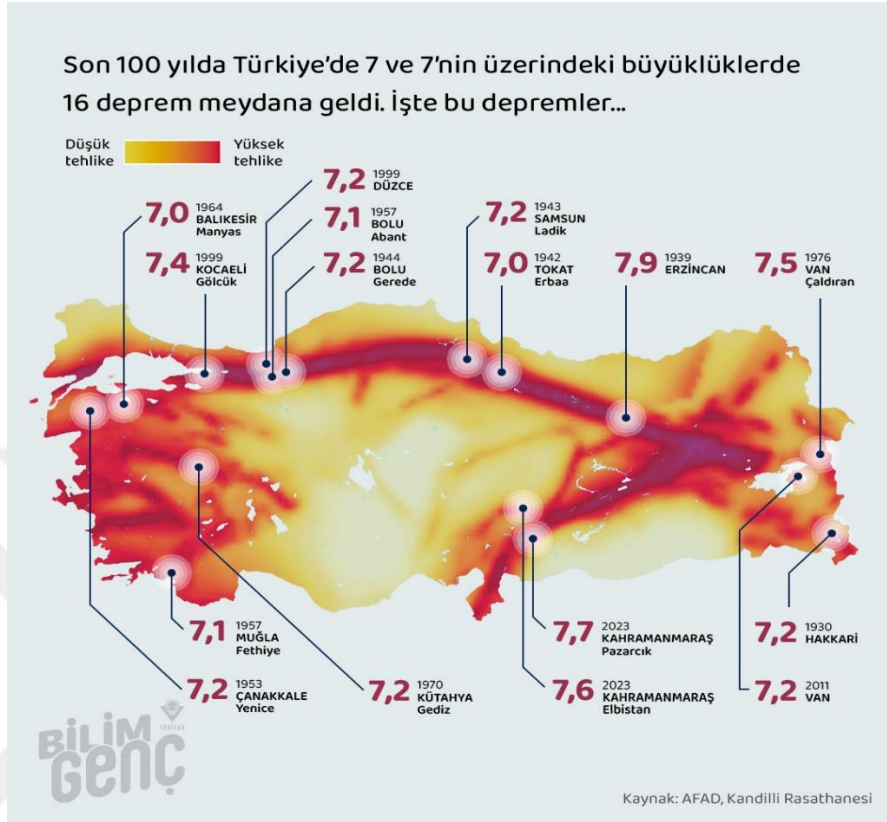
(Url: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>)

Şekil 1,2 ve 3' bakıldığı zaman Türkiye'nin deprem açısından ne kadar riskli konumda olduğu açık şekilde görülmektedir.

Geçmişten günümüze yeryüzünde meydana gelmiş depremler neticesinde yapı ve deprem mühendisliğinde yapıların deprem performansı konusu belirgin bir şekilde öne çıkmıştır. Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının bina yüksekliklerine ve deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak belirlenmesi noktasında doğrusal ve doğrusal olmayan hesaplama yöntemleri mevcuttur. Lineer hesap yöntemlerinde malzemelerin lineer elastik olduğu ve taşıyıcı sistemin yer değiştirmelerinin küçük olduğu varsayılmaktadır. Lineer olmayan analiz yöntemlerinde ise malzemelerin elastik olmayan davranışının sistem üzerindeki etkileri göz önüne alındığında yer değiştirmelerin daha büyük olduğu yaklaşımı vardır (Can & Çeltik, 2022).

Günümüz inşaat teknolojisinin gelişmesi neticesinde sunmuş olduğu imkanlarla depreme dayanıklı yüksek yapılar hayatımızda yaygınlaşmıştır, ancak yakın zamanda İzmir, Elâzığ, Van, Kahramanmaraş ve Hatay merkezli illerimizde meydana gelen şiddetli depremler sonucunda birçok binaların yıkılması ve çok fazla can kaybı yaşanması, mevcut binaların güvenliği noktasında yeterli önlemlerin alınmadığını göstermektedir. Depremlerin, yapılar üzerinde oluşturduğu hasarları ve yaşanan can kayıplarını en aza indirmek için yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması gerekmektedir.

Şekil 4, 5 ve 6’da Türkiye’de son yüzyılda meydana gelen bazı depremler ve sonucunda oluşan can ve mal kaybı ile alakalı görseller sunulmuştur.



Şekil 4. Son yüzyılda Türkiye’de meydana gelen 7 ve üzeri büyüklükteki depremler

(Kaynak: TÜBİTAK BİLİM GENÇ (2015))

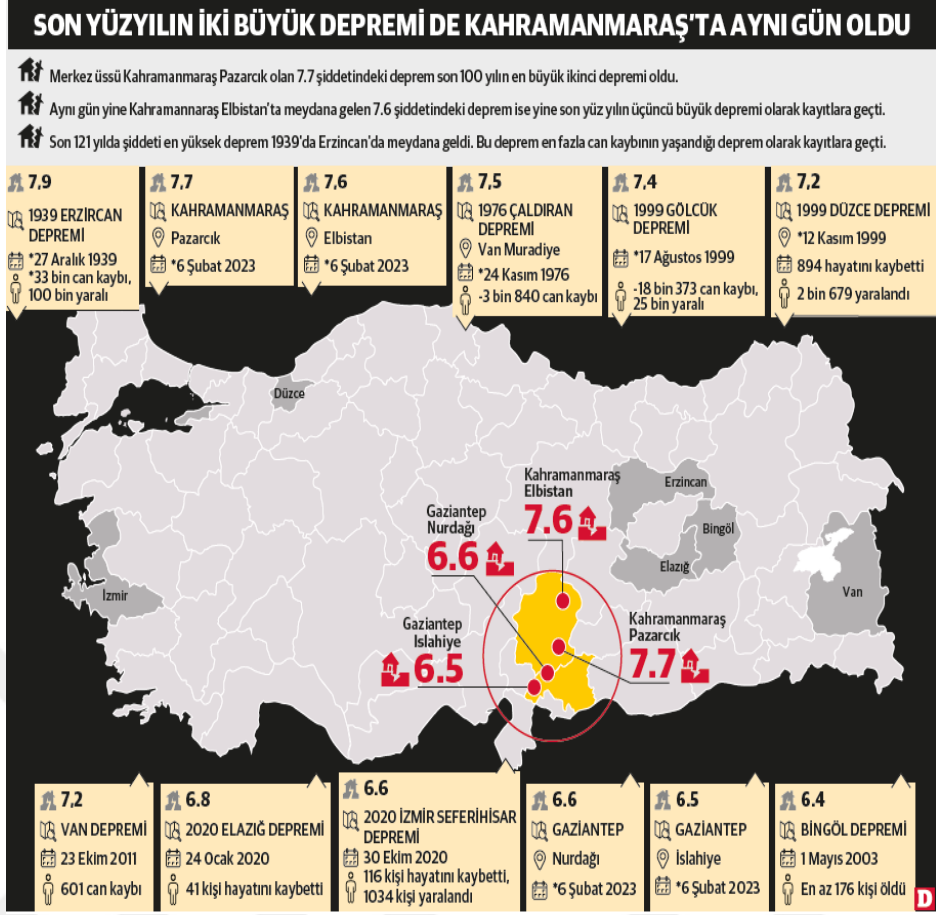
(Url: <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/>)



Şekil 5. Türkiye’de gerçekleşen bazı büyük depremler

(Kaynak:(Özkaynak, 2021))

(Url: <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/turkiyede-gerceklesen-buyuk-depremler-561205.html>)



Şekil 6. Kahramanmaraş merkezli depremler özelinde bazı büyük depremler

(Kaynak: (Kahramanmaraş Depremi Son Yüzyılın En Büyük İkinci Depremi, 2023))

(Url: <https://www.dunya.com/gundem/kahramanmaras-depremi-son-yuzyilin-en-buyuk-ikinci-depremi-haberi-685159>)

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, kat adedi farklı mevcut binaları iki farklı tasarım kodu olan EC 8 yani EN 1998-1 (Eurocode 8 part1: Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı) ve ülkemizde 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) yönetmelikleri kapsamında şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanarak; binaların deprem performansını, yapı elemanlarının hasar sınırlarını, yapı periyotlarını, kat ötelemelerini belirlemek ve sonuçları karşılaştırmaktır. Kat adedi farklı 3 bina üzerinde gerçeğe daha yakın sonuç almak amacıyla yapılacak olacak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanarak kapsamlı bir çalışma yapılarak

literatür çalışmalarına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre bina kat adedinin, bina deprem performansı üzerine olan etkisi de gözlemlenmiştir.

1.2. Özgün Değer

Betonarme mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi üzerine TBDY-2018 veya EC8'e göre çalışmalar olmasına rağmen her 2 yönetmelikle beraber yapılmış olan çalışmalar oldukça azdır. Tespit edilen çalışmaların geneli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ve Eurocode 8 ile alakalı iken çok az çalışma TBDY-2018 ve Eurocode 8 ile alakalıdır. Yeterli çalışmanın olmaması ve yapılan çalışmalar arasında ortak ve net bulguların olmamasından dolayı bu çalışmada Eurocode 8'e göre yapılacak olan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, daha kapsamlı araştırılacak ve Eurocode 8 bölüm 3 ve bölüm 4'teki zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analiz koşulları tam olarak yerine getirilerek daha gerçekçi sonuçlar elde edilecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yapılan kaynak taramasında Türkiye’de kullanılan deprem yönetmelikleri ve Eurocode 8 arasında karşılaştırma yapılarak yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır ve bu alanda detaylı ve kapsamlı çalışmaların olması gerektiğini göstermektedir.

Konak (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada önemli burulma etkilerine maruz 14 katlı bir bina TBDY-2018 ve EC 8 deprem yönetmeliklerine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ve itme analizi yöntemleri kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Beton dayanımının etkisini göstermek amacıyla C40, C20 ve C10 sınıfı beton malzemeleri kullanılmış ve beton dayanımı arttıkça yapı elemanlarının hasarlarının azaldığı görülmüştür. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi sonucunda ise hasarlı kiriş sayısının EC 8’de, hasarlı kolon sayısının ise TBDY-2018’de daha fazla olduğu görülmüştür. Bu farklılığın her 2 deprem yönetmeliğindeki kirişler ve kolonlar için tanımlanan etkin kesit rijitliklerinin arasındaki farklılıklar olduğu öne sürülmüştür.

Karakaş (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kat adedi 2 ile 8 arasında değişen toplam 126 adet betonarme bina modellenmiş ve modellenen binalar Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998) öncesi ve sonrasında inşa edilmiş olmak üzere eski ve yeni olarak adlandırılmıştır. Kesit hasar sınırları DBYBHY-2007, TBDY-2018 ve Eurocode 8 (EC 8) deprem yönetmelikleri esas alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında yapım yılına göre eski veya yeni olarak adlandırılan binaların, esas alınan deprem yönetmeliklerinin kesit hasar olasılıkları üzerine etken faktör olduğu gözlemlenmiştir. Analiz sonuçları neticesinde; TBDY-2018 deprem yönetmeliğine göre elde edilen kesit hasar olasılıkları diğer 2 deprem yönetmeliğine göre daha yüksek olduğu, DBYBHY-2007 deprem yönetmeliğine göre elde edilen kesit hasar olasılıkları diğer 2 deprem yönetmeliğine göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Buzuku (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada DBYBHY 2007’e göre projelendirilmiş 84 m yüksekliğinde 24 katlı bir betonarme yapı TBDY-2018 ve EC 8 deprem yönetmeliklerine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçları kıyaslanmıştır.

Sonuç olarak seçilen bir kolon üzerinde gözlemlenen hasar sınırı TBDY-2018 ve EC 8'in çok benzer sonuçlar verdiğini gözlemlenmiştir.

Severcan ve Sinani (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada örnek olarak 8 katlı 24 m yüksekliğinde mevcut bir betonarme yapı ele alınmıştır ve DBYBHY-2007 ve EC 8'e göre artımsal itme (Pushover) analizi ve eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak mevcut yapının performans değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre yapının; DBYBHY-2007'e göre "Göçme Durumu" performans seviyesinde olduğu, Eurocode 8'e göre ise kritik kattaki kolonların ve kirişlerin tamamının göçme durumunda olmadığını tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirilen eleman performans düzeylerine göre DBYBHY-2007'nin Eurocode 8'e göre daha güvenli bölgede kaldığını gözlemlemiştir.

Kazancı (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 3 farklı deprem bölgesinde ve 3 farklı zemin sınıfına göre tasarlanan kat adedi farklı betonarme yapılar, Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'de verilen eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, eşdeğer deprem yöntemi ve mod birleştirme yöntemi olarak 2 kategori altında yönetmeliklere göre kıyaslanmıştır. Sonuç olarak eşdeğer deprem yöntemi ile elde edilen değerlerin mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

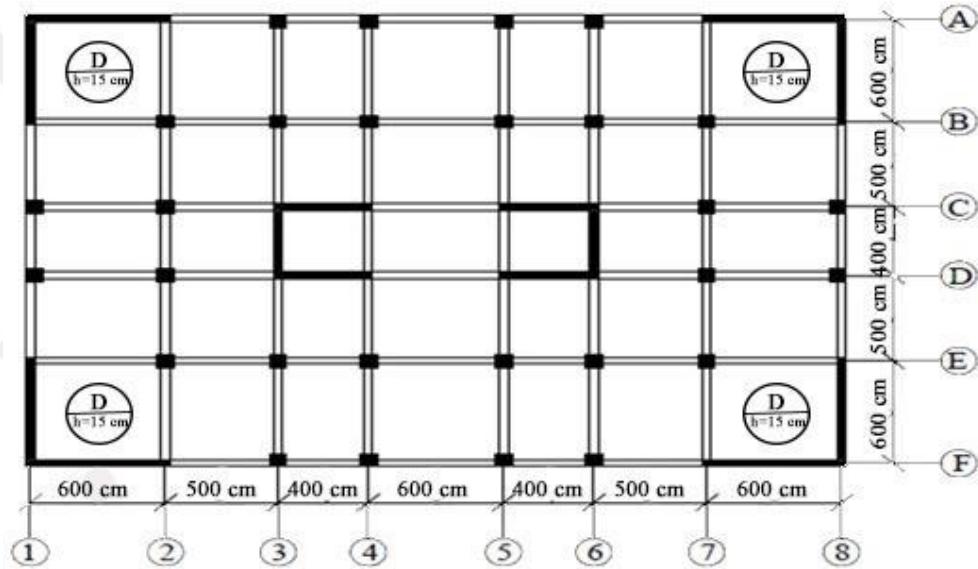
Kacar (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada DBYBHY-2007 ve Eurocode 8 arasında tasarım yaklaşımlarını ve içeriklerini ele alınmış ve somut bir görüntü amacıyla bir betonarme yapı örneği üzerinde analiz yaparak farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Işıltan (2010) tarafından yapılan çalışmada mevcut yapı ve yapı elemanlarının sismik performanslarının belirlenmesi ve depreme karşı güvenlik hususları DBYBHY-2007, Eurocode 8 ve FEMA 356 yönetmeliklerine göre incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca PEER veri tabanından farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen betonarme kolon deneyleri incelenmiştir. Yatay yükler etkisinde bulunan farklı özelliklere sahip betonarme sünek kolonlar; DBYBHY-2007, EC 8 ve FEMA 356 yönetmeliklerine göre deprem performansı belirlenmiştir deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yönetmeliklerin birbirinden farklı sonuçlar verdiği ve deney sonuçları ile oldukça uyumsuz sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

3. YAPI PLANI VE YÖNTEM

3.1. Çalışma için Seçilen Yapılar Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışmada X yönünde 7, Y yönünde 5 açıklıktan oluşan aynı kat kalıp planına sahip her katı 3 m yüksekliğinde, 36m x 26m kat taban alanına sahip 10, 15 ve 20 katlı olmak üzere 3 adet bina ele alınmıştır. Bu binalar İzmir ili Bayraklı ilçesi 38.4633126 kuzey enleminde 27.18229563 doğu boylamında mevcut binalar olarak kabul edilmiştir. Kullanım amacı konut olarak ele alınacak yapıların taşıyıcı sistemi, yüksek sünekliğe sahip boşluksuz betonarme perde duvarlı çerçeve sistemden oluşmaktadır. Verilen konum için zemin sınıf grubu ZD'dir.



Şekil 7. Bütün binalar için kat kalıp planı

Çalışma kapsamında ele alınacak binalara ait kolon, kiriş ve perdeye ait özellikler aşağıdaki tablolarda gösterildiği gibidir.

Bütün binalar için döşeme kalınlığı 15 cm.

Tablo 1. 10 katlı bina için kiriş kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Sol Üst Mesnet	Sol Alt Mesnet	Montaj	Alt Açıklık	Sağ Üst Mesnet	Sağ Alt Mesnet
Kiriş	25x50	4Ø16	2Ø16	1Ø16	2Ø16	4Ø16	2Ø16

Tablo 2. 10 katlı bina için kolon kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Donatı	Etriye
Kolon	65x 60	20Ø16	Ø10

Tablo 3. 10 katlı bina için perde duvar kesit detayı

Yapı Elemanı	P. Duvar Kalınlığı(cm)	Uç Bölge	Gövde
Perde Duvar	25	Ø20	Ø16/200mm

Tablo 4. 15 katlı bina için kiriş kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Sol Üst Mesnet	Sol Alt Mesnet	Montaj	Alt Açıklık	Sağ Üst Mesnet	Sağ Alt Mesnet
Kiriş	25x50	3Ø20	3Ø16	2Ø16	2Ø16	3Ø20	3Ø16

Tablo 5. 15 katlı bina için kolon kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Donatı	Etriye
Kolon	75x 85	26Ø18	Ø10

Tablo 6. 15 katlı bina için perde duvar kesit detayı

Yapı Elemanı	P. Duvar Kalınlığı(cm)	Uç Bölge	Gövde
Perde Duvar	25	Ø20	Ø16/200mm

Tablo 7. 20 katlı bina için kiriş kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Sol Üst Mesnet	Sol Alt Mesnet	Montaj	Alt Açıklık	Sağ Üst Mesnet	Sağ Alt Mesnet
Kiriş	30x55	4Ø20	3Ø20	2Ø20	2Ø20	4Ø20	3Ø20

Tablo 8. 20 katlı bina için kolon kesit detayı

Yapı Elemanı	Kesit(cmxcn)	Donatı	Etriye
Kolon	95x 90	28Ø20	Ø10

Tablo 9. 20 katlı bina için perde duvar kesit detayı

Yapı Elemanı	P. Duvar Kalınlığı(cm)	Uç Bölge	Gövde
Perde Duvar	30	Ø20	Ø16/200mm

Tablo 10. Yapılar hakkında genel bilgiler

Kat Adedi	10	15	20
Kullanım Amacı	Konut	Konut	Konut
Deprem Bölgesi	1	1	1
Zemin Sınıfı	ZD	ZD	ZD
Kat Yüksekliği (m)	3	3	3
Toplam Bina Yüksekliği (m)	30	45	60
Beton Sınıfı	C35	C35	C35
Donatı Çeliği	S420	S420	S420
Kolon Kesiti (cmxcm)	65x60	85x75	95x90
Kiriş Kesiti (cmxcm)	25x50	25x50	30x55
Döşeme Kalınlığı (cm)	15	15	15
P. Duvar Kalınlığı (cm)	25	25	30

3.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında bilimsel çalışmaların ve bilgisayar yazılımlarının sunduğu avantajlar dahilinde daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmada, merkezi UC Berkeley Üniversitesinde olup (1996) yılında oluşturulan, Oregon Devlet Üniversitesi, Washington Üniversitesi ve UC DAVIS gibi birçok üniversitenin ve özel kuruluşların katkılarıyla geliştirilen PEER (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi) veri tabanı ve AFAD (2020) yılında geliştirilen TADAS (Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi) uygulaması aracılığıyla, TBDY-(2018) bölüm 2 ve bölüm 5 uyarınca 11 adet deprem yer hareket takımı, EN 1998-1:(2004b) (Eurocode 8 part 1) bölüm 3 ve bölüm 4'e göre 4 adet deprem yer hareketi kayıtları seçilmiştir. Deprem yer hareketi kayıtları; fay tipi, büyüklük, Joyner-Boore-mesafesi (R_{JB}) ve kayma dalgası hızı (V_{s30}) parametreleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Her iki sismik koda göre seçilen deprem yer hareketi kayıtları PEER veri tabanı üzerinde ölçeklendirilmiştir. Elde edilen ölçekleme katsayıları SeismoMatch (Seismosoft, n.d.) programı ile test edilmiştir. Analiz ve hesaplamalar için bir bilgisayar yazılımı olan SAP(2000) tercih edilmiştir. Yönetmelikler kapsamındaki modelleme kuralları dikkate alınarak modellenen yapılar için her iki sismik koda göre etkin kesit rijitlikleri atanmış ve plastik mafsallar tanımlanmıştır. Daha sonra aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

Doğrusal olmayan zaman geçmişi analizi için, tepki spektrumu her iki sismik koda göre tanımlanmıştır.

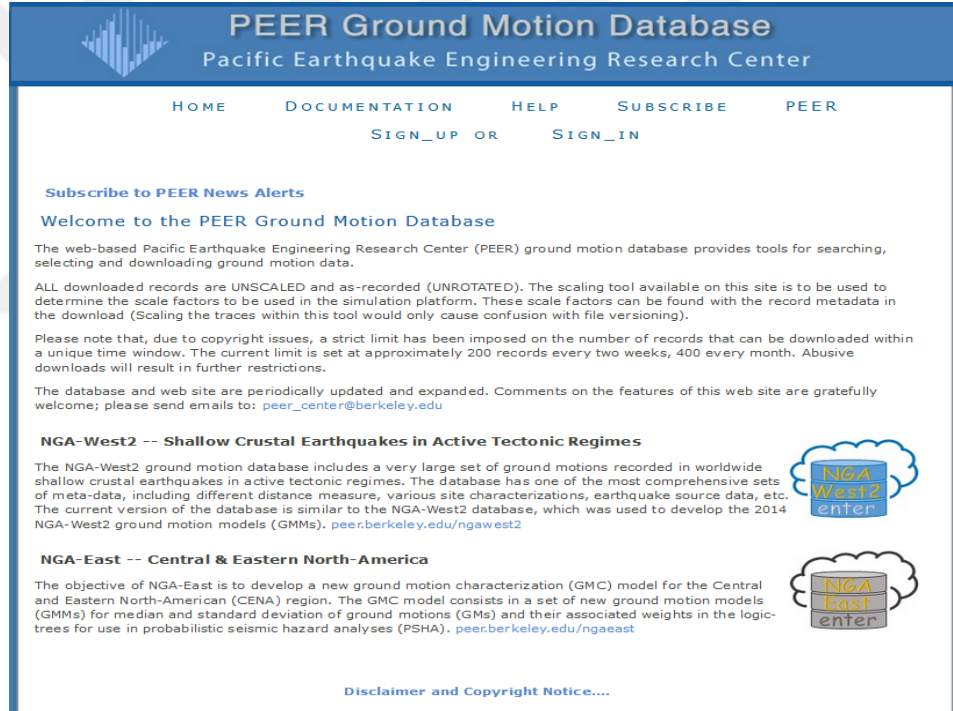
TBDY-2018'e göre tepki spektrumu için AFAD (2019a) Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması kullanılmıştır.

Eurocode göre tanımlanan tepki spektrumu verileri EN 1998-1 (Eurocode 8 part 1) yönetmeliğinden alınmıştır.

Seçilen deprem yer hareketi kayıtları SAP2000 üzerinde tanımlanmıştır ve tanımlanan spektrumlarla deprem yer hareketi kayıtları zaman bazlı eşleştirilmiştir.

Eşleştirme işlemi tamamlandıktan sonra doğrusal olmayan zaman geçmişi (doğrudan entegrasyon) fonksiyonu yük durumu olarak tanımlanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçları, görsel materyaller ve matematiksel ifadeler tezin ileri aşamasında yer almaktadır.



Şekil 8. PEER (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi)

(Kaynak: (Berkeley et al., 1996))

(Url: <https://ngawest2.berkeley.edu>)

4. TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Doğrusal Olmayan Davranışa Giriş

Bazı özel durumlar dışında yapılar düşey yükler altında yapı sistem elemanları genellikle doğrusal davranış gösterirler. Bu davranış sistemi kapsamında yapılan analiz yöntemlerinde, sistem şekil değiştirme halinin çok küçük olduğu ve malzemenin gerilme-şekil değiştirme ilişkisinin doğrusal olduğu ön görülmektedir. Ancak yapıya etkiyen harici kuvvetlerin, sistem düşey yük sınırını aşması durumunda sistem elemanları taşıma kapasitesine ulaşacaktır ve meydana gelen gerilmeler doğrusal- elastik limitini aşacaktır. Ayrıca sistem deplasmanı da çok küçük kabul edilemeyecek kadar artacaktır. Yapı sistem elemanlarının dış kuvvetler etkisi altındaki davranışlarının daha iyi analiz edilebilmesi neticesinde gerçeğe daha yakın sonuçlar ve ekonomik çözümler elde edilebilmesi için sistem elemanları doğrusal-elastik bölge sınırı ötesinde taşıma kapasitesi göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (Özer, 2009).

4.2. TBDY-2018'e Göre Doğrusal Olmayan Davranış ve Analiz

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme Tasarım (ŞGDT) yaklaşımına göre;

- 1) Önceden tasarlanmış veya mevcut olan yapıların yapı elemanlarının iç kuvvet – plastik deformasyon ilişkisini non-linear modelleme yöntemleri ile saptanır.
- 2) Yapıdan beklenen performans hedeflerine uyumlu belirlenmiş deprem yer hareketleri etkisinde taşıyıcı sistem, statik ve zaman tanım alanında dinamik artımsal analizlere tabi tutulur ve doğrusal olmayan sünek davranışa ilişkin şekil değiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım değerleri elde edilir.
- 3) Elde edilen şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri, beklenen performans hedefleri ile uyumlu olarak atanmış şekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri ile kıyaslanır.
- 4) Mevcut binalar için, şekil değiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya onları aştığı gösterilerek şekil değiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır.

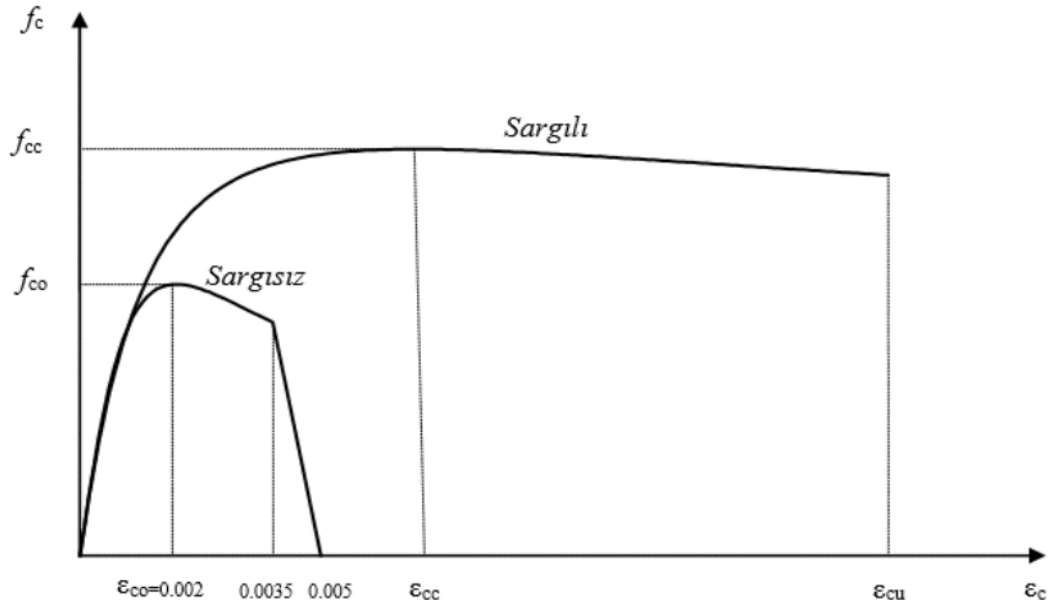
- 5) Yeni yapılacak veya güçlendirilecek mevcut binalar için şekil değiştirme ve dayanım talepleri, bunlara karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında ise şekil değiştirmeye göre tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak yeniden değerlendirme yapılır ve bu şekilde şekil değiştirmeye göre tasarım sonuçlandırılır.

4.3. Betonarme Malzeme Modeli

Yapı performansının belirlenmesinde hata oranlarının kabul edilebilir en alt seviyelerde olması açısından malzeme modeli seçimi ve taşıyıcı sistem elemanlarının deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranışın belirtilmesi daha güvenilir sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.

4.3.1. Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri

Bu çalışma kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile yapılacak yapı performansı değerlendirmesi için TBDY (2018) Ek 5A.1’de verilmiş olan malzeme modeli kullanılmıştır. Sargılı ve sargısız beton malzemesine ait gerilme – şekil değiştirme grafikleri ve bağıntıları aşağıda verilmiştir.



Şekil 9. Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

(Kaynak: TBDY (2018) Ek 5A.1 Şekil 5A.1)

ϵ_{cc} : Beton basınç birim şekil değıştirmesi

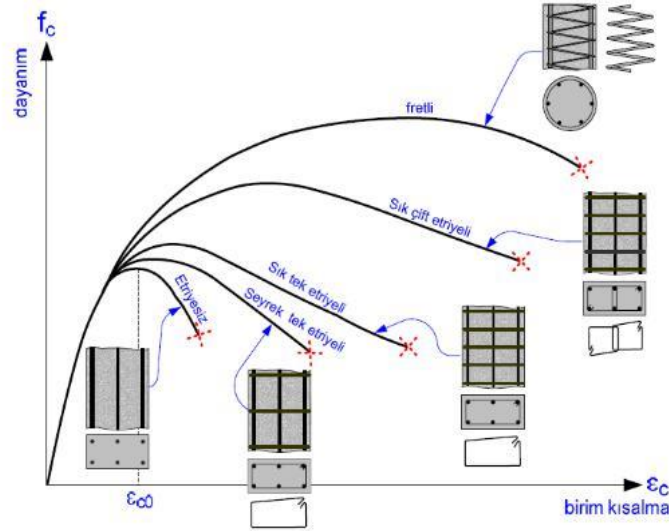
ϵ_{cu} : Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değıştirmesi

f_{co} : Sargısız betonun basınç dayanımı

f_{cc} : Sargılı beton dayanımı

Betonda sargı etkisi

Dayanımı, kesit alanı, boyuna donatısı aynı fakat sargısı farklı 5 adet kolonun eksenel yük altında göreceli dayanım-birim kısalma eğrileri



Şekil 10. Boyuna donatıları aynı ancak sargısı farklı 5 kolonun gerilme-şekil değıştirme ilişkisi

(Kaynak: (Ersoy & Özcebe, 2018, p. 37))

Prof. Dr. Uğur Ersoy ve Prof. Dr. Güney Özcebe yazmış oldukları Betonarme 1 kitabında sargı etkisine dair sargılı betonun gerilme-şekil değıştirme ilişkisinin sargısız betonun gerilme-şekil değıştirme ilişkisinden çok farklı olduğunu bahsedilmiştir. Şekildeki grafiğe bakıldığında sargılama işlemi süneklik ve dayanımı arttırmaktadır. Ayrıca dairesel fret en etkili sargı donatısı olduğu görülmektedir.

4.3.2. Donatı Çeliği Modeli

Bu çalışma kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile yapılacak yapı performansı değerlendirmesi için TBDY (2018) Ek 5A.2’de verilmiş olan malzeme modeli kullanılmıştır. Bölüm 3.1.3.2’de belirtildiği üzere donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 200$ GPa olarak dikkate alınmıştır. Malzemeye ait diğer bilgiler aşağıdaki şekillerde yer almaktadır.

Tip	Düz yüzeyli	Nervürlü					Profilli
Sınıf	S 220	S 420	B 420B	B 420C	B 500B	B 500C	B500A
Akma dayanımı (en az) R_e (N/mm ²)	220	420	420	420	500	500	500
Çekme dayanımı (en az) R_m (N/mm ²)	340	500	-	-	-	-	550
Çekme dayanımı/akma dayanımı oranı R_m/R_e	1,20 (en az)	1,15 (en az)	1,08 (en az)	$\geq 1,15$ < 1,35	1,08 (en az)	$\geq 1,15$ < 1,35	-
Deneysel akma dayanımı/karakteristik akma dayanımı oranı $R_{e,act}/R_{e,nom}$ (max)	-	1,30	-	1,30	-	1,30	-
Kopma uzaması (en az) A_5 (%)	18	10	12	12	12	12	5
En büyük yükte toplam uzama (en az) A_{gt} (%)	-	-	5	7,5	5	7,5	2,5
Bükme açısı (°)	180		-				
Bükme açısı/geri (ters) bükme açısı ^b (°)	-		90/20				

Şekil 11. Betonarme donatı çeliği sınıfları ve özellikleri

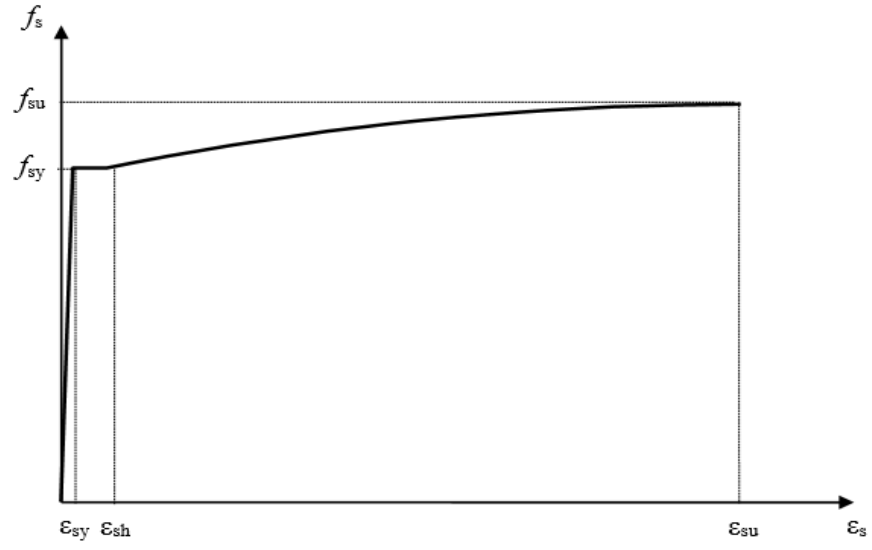
(Kaynak: TS708 Mart (2016))

Tablo 5A.1. Donatı Çeliklerine Ait Bilgiler

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

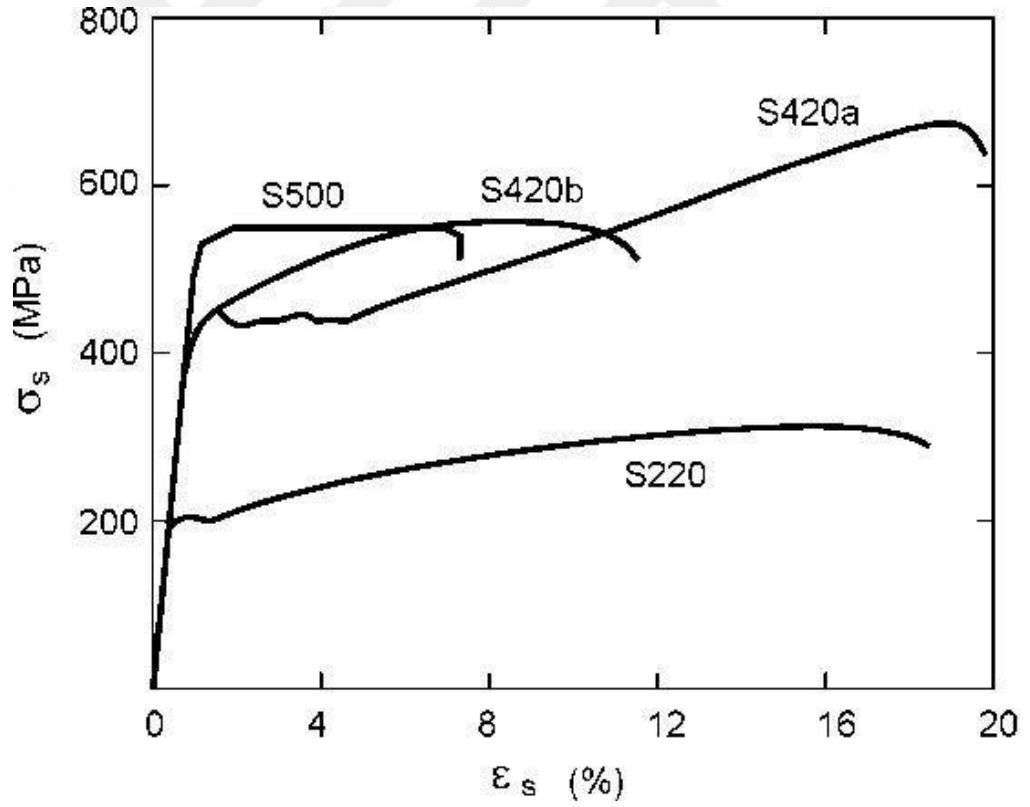
Şekil 12. Donatı çelik sınıfları ve bazı sayısal veriler

(Kaynak: TBDY (2018) Ek 5A.2 Tablo 5A.1)



Şekil 13. Donatı çeliği gerilme şekil değiştirme eğrisi

(Kaynak: TBDY (2018) Ek 5A.2 Şekil 5A.2)



Şekil 14. Farklı beton çelikleri için gerilme-birim şekil değiştirme eğrileri

(Kaynak: (Celep, 2019, p. 45))

Yukarıdaki gerilme-şekil değiştirme eğrisi incelendiğinde üç farklı çelik türü için başlangıçta aynı doğrusal elastik davranışı sergilediği ve bu alanda elastiklik modülünün iyi bir yaklaşımla $E_s=200$ GPa olarak kabul edilebileceği görülmektedir. Doğrusal davranışın sonunda gerilmenin az değiştiği bir akma sahanlığı ve devamında ise gerilmenin belirgin şekilde arttığı pekleşme bölgesi görülmektedir. Yüklemeye devam edilirse donatı çubuğu yerel zayıflığın bulunduğu bir noktadan incelerek kopacaktır. Bu kopma gerilmesi ve ona karşılık gelen birim uzama sırasıyla; f_{su} ve ϵ_{su} olarak gösterilir. Gerilme-şekil değiştirme eğrisi altında kalan alan, çeliğin kopmaya ulaşınca kadar verilen şekil değiştirme enerjisine denktir. Yani bu bölgenin büyümesi demek çeliğin daha sünek olduğu anlamına gelmektedir (Celep, 2019, p. 45;46).

4.4. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

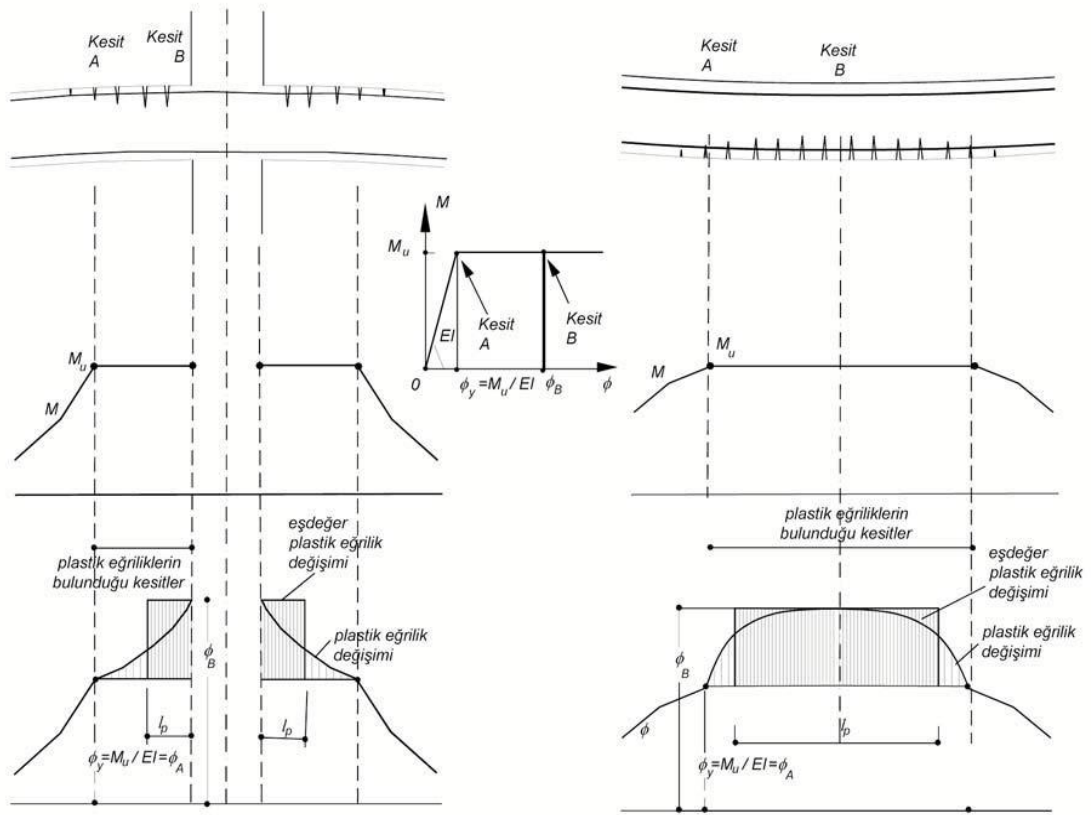
Sistem ve eleman rijitliği, yapı elemanları üzerinde etkiyen yük miktarı arttıkça azalmaktadır. Bu bağlamda sistem elemanlarının dayanım kapasiteleri TBDY-2018 yönetmeliğinde bahsedilen sınır değerlere ulaştığında mevcut yükleme altında deformasyon yaparak enerji kaybeder. Yük etkisindeki betonarme elemanların doğrusal ötesi davranışındaki dayanım ve deformasyon ilişkisi plastik mafsalsal olarak modellenir (H. B. Özmen et al., 2007).

Doğrusal olmayan davranış modeli ile alakalı TBDY (2018) Bölüm 5.3'te detaylı bilgiler mevcuttur.

4.4.1. Plastik Mafsalsal Hipotezi

Kolon ve kiriş gibi farklı yapı elemanlarına etki eden eğilme momentleri, kesitlerde dönme oluşturur. Düşük moment değerlerinden etkilenen elemanların davranışı doğrusal-elastik iken, daha büyük moment değerlerine maruz kalan bölümler, özellikle mesnetlere yakın bölgelerde, doğrusal olmayan bir davranış gösterir ve bunun sonucunda plastik dönmeler meydana gelir. Lineer olmayan bu deformasyonların küçük alanlarda toplandığını ve diğer bölgelerin lineer davranış gösterdiğini varsayan hipoteze Plastik Mafsalsal Hipotezi denir. Elastik olmayan deformasyonun meydana geldiği bölgeye plastik mafsalsal denir. Plastik mafsalsal, sünek kesitin taşıma gücü değerine ulaşana kadar moment

alabilir ve bu husus mafsalın standart mafsaldan farkı olarak tanımlanır (Celep, 2008).



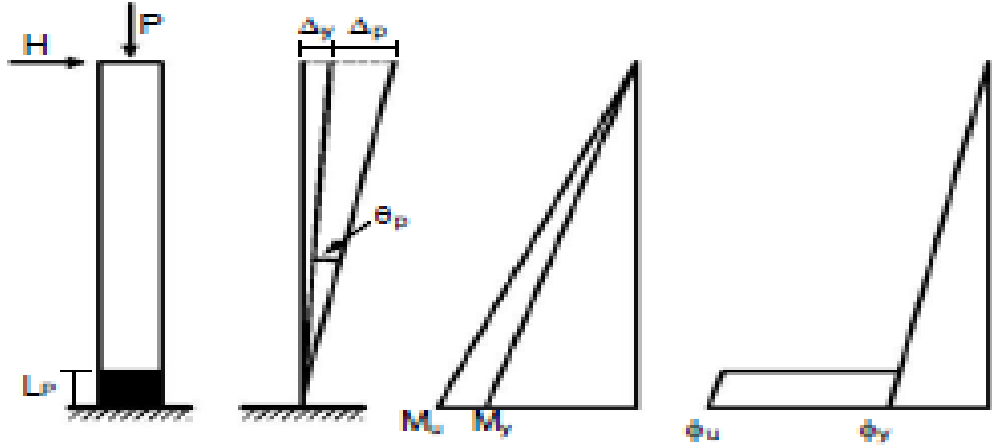
Şekil 15. Sürekli kirişin mesnet ve açıklık bölgesindeki plastik eğrilik değişimi

(Kaynak: Celep (2010, p. 10))

TBDY (2018) yönetmeliğinde iki farklı doğrusal olmayan davranış modelinden bahsedilmiştir. Bunlar yığılı plastik davranış modeli ve yayılmış plastik davranış modelidir.

4.4.1.1. Yığılı plastik davranış modeli

TBDY (2018) Bölüm 5.3.1'e göre yığılı plastik davranış modelinde; çerçeve elemanları olarak nitelendirilen kolon, kiriş ve TBDY (2018) Bölüm 4.5.3.8'de verilen şartları taşıyan betonarme perdelerde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine ulaştığı sonlu alanlarda plastik şekil değiştirmelerin düzgün ve yayılı olarak oluşabileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 16. Konsol kolon için yığılı plastik davranış modeli.

(Kaynak: (H. B. Özmen et al., 2007))

TBDY (2018) Bölüm 5.3.1'e göre plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), Denklem 1'de görüldüğü gibi çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'n yarısına eşit alınacaktır.

$$L_p = 0.5xh \quad (1)$$

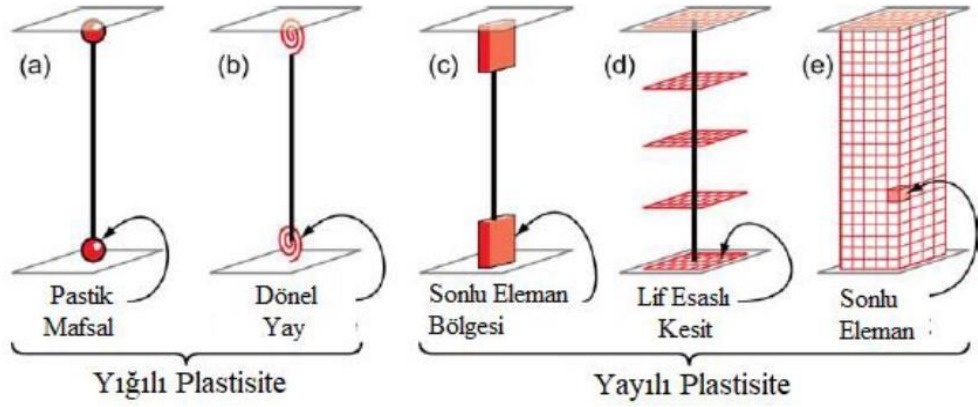
Ayrıca;

- Eksenel kuvvetler etkisi altında plastik şekil değiştirme yapan sistem elemanlarının plastik şekil değiştirme alanının uzunluğu, o sistem elemanının serbest boyuna eşit kabul edilecektir.
- Teorik olarak plastik mafsalsalın plastik şekil değiştirme bölgesinin ortasına konulması gerekmektedir, ancak pratik olması için kirişlerde ve kolanlarda Bölüm 5.4.2.3'te, betonarme perdelerde ise Bölüm 5.4.3.1'de açıklanmış olan yaklaşık yöntemlere göre yerleştirilebilir.

4.4.1.2. Yayılı plastik davranış modeli

TBDY (2018) Bölüm 5.3.2'ye göre; sistem elemanlarını oluşturan kolon, kiriş ve betonarme perdelerin sonlu uzunluktaki uç bölgelerinde veya yapı elemanının uzunluğu boyunca doğru ötesi şekil değiştirmeleri yayılı bir formatta modellenebilir. Yapı elemanı kesitlerinde; beton yeteri kadar küçük hücrelerle ve yapı çeliği ise mikro düzeyde hücrelerle beraber tekil olarak modellenebilmektedir.

Kesit hücre modelinin her bir hücresinde doğru ötesi eksenel gerilme-şekil değiştirme ilişkisi göz önünde bulundurulabilir ve betonarme perdelerin doğrusal olmayan modelleme aşamasında kullanılabilir.



Şekil 17. Yığılı plastik ve yayılı plastik davranış modelleri

(Kaynak: (Yığılı Plastik-Yayılı Plastik Davranış Modelleri-Doğrusal Olmayan Davranış, 2020))

(Url: <https://insapedia.com/yigili-plastik-yayili-plastik-davranis-modelleri-dogrusal-olmayan-davranis/>)

4.4.2. Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

Lineer olarak modellenecek olan döşeme ve betonarme perde duvarların düzlem içi ve düzlem dışı etkin kesit rijitlik değerleri Şekil 18’de görülen tabloya göre ele alınacaktır.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpımı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Şekil 18. Yapı elemanlarının etkin kesit rijitlik çarpanları

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 4.2)

Diğer durumlarda ise yapı elemanlarının etkin kesit rijitlikleri aşağıda yer alan Denklem 2'ye göre hesaplanacaktır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{3\theta_y} \quad (2)$$

Burada;

M_y çubuk elemanın uç kısmındaki plastik mafsalsal etkin akma momenti,

θ_y çubuk elemanın uç kısmındaki plastik mafsalsal akma dönmesi,

L_s kesme açıklığı

Plastik mafsalsal akma dönmesi aşağıdaki Denklem 3 ile hesaplanacaktır.

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

Burada;

ϕ_y plastik mafsalsal kesitinde akma eğriliği,

η kiriş ve kolon için 1, perde duvarlar için 0.5,

f_{ye} donatı çeliğinin ortalama basınç dayanımı

f_{ce} beton sınıfının ortalama basınç dayanımı

d_b mesnede kenetlenen donatıların ortalama çapı

h kesit yüksekliği

4.5. Betonarme Binalardan Bilgi Toplanması

4.5.1. Toplanan bilgilerin kapsamı

Mevcut taşıyıcı sistemlerin kapasitelerinin elde edilebilmesi ve dolayısıyla deprem sırasındaki dayanımlarının hesaplanabilmesi için yapı hakkında bilgi toplanması gerekmektedir. Bu nedenle yapı elemanlarının boyutları, yönetmelik detayları ve yapılarda kullanılan malzemeler rapor ve projelerden, yapıda yapılan ölçüm ve gözlemlerden ve yapıdan alınan malzeme örneklerine yapılan dayanım testlerinden okunmalıdır. Proje mevcutsa, doğruluğunu belirlemek için bir yapı mühendisi tarafından

kontrol edilmelidir. TBDY (2018), yapı hakkında bilgi toplama konusunda farklı bilgi düzeyleri sağlamıştır. Bunlar: sınırlı bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyidir.

4.5.1.1. Sınırlı bilgi düzeyi

TBDY (2018) Bölüm 15'e göre sınırlı bilgi düzeyi, yalnızca BKS=3 kullanım düzeyi ve I=3 önem düzeyine ait yapılar için kabul edilebilir olarak kabul edilir. Yapının özellikleri, yapıda yapılan ölçümlerle elde edilir. Bina geometrisi, eleman detayları, malzeme özellikleri gibi özellikleri bulmak için yerinde yapılan ölçüm aşağıda anlatıldığı gibi yapılır.

- Bina geometrisi: Mimari projesi mevcut ise taşıyıcı sistemin planı alınmalıdır. Matematiksel bir model yapabilmek için her katın her betonarme elemanının tüm durumlarını, kullanılan malzemeleri, elemanlar arasındaki mesafeyi vb. Temelin tipini ve özelliklerini belirlemek için yeterli sayıda kazı yapılması gerekir. Komşu nesnelerle ilişkisi de bağlantılı mı, ayrılmış mı veya aralarında dilatasyon eklemi var mı analiz edilmelidir.
- Eleman detayları: Donatı sayısını tahmin etmek için, kat başına en az bir kolon ve perde duvar ve kat başına bir kiriş olmak koşuluyla, toplam kolon ve perde sayısının %5'inden beton kaplama alınır. Kiriş ve kolonların merkezden başlayarak kayma işlemi üç yerde yapılır ve kontrolden sonra kaymış yerler uygun malzeme ile onarılır. Tüm kolon ve perdelerin %20'sine uygulanan donatı dedektör cihazı ile kaymamış kolon ve perde duvar elemanlarının donatı sayısı tahmin edilmektedir. Tespit edilen inşaat demiri oranı mümkün olan en düşük inşaat demiri oranına bölünür, sonuç birden küçükse inşaat demiri gerçekleşme katsayısı tahmin edilir. Bu katsayıyı kullanarak, diğer kolon ve perde duvar kesitlerindeki donatıların yaklaşık değerini tahmin edebiliriz.
- Malzeme özellikleri: Dayanımlarını test etmek için her katta kolon ve perde duvarlardan aynı çap ve uzunlukta 100 mm'den küçük olmayan üçer numune alınır. Alınan toplam numune sayısı üç ise en küçük değer beton dayanımı olarak kabul edilir. Üçten fazla numune varsa, her mukavemet değerinin ortalaması ile standart sapma arasındaki fark ($0,85 \cdot \text{ortalama}$) ile karşılaştırılır. En büyük değer o binanın beton dayanımı olarak kabul edilir. İnşaat demiri çeliğine gelince, inşaat

demiri sayısını kontrol etmek için beton kaydırıldığında çeliğin malzeme özellikleri kontrol edilecektir. Akma değeri, inşaat demiri çeliğinin bir mukavemet değeri olarak kabul edilecektir. Hesaplamalarda donatı korozyonları da dikkate alınacaktır.

4.5.1.2. Kapsamlı bilgi düzeyi

Kapsamlı bilgi düzeyi için nesne geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerinin tahmini TBDY (2018)'de tanımlanmıştır. Bu bilgi düzeyi, adından da anlaşılacağı üzere sınırlı bilgi düzeyinden daha ileri düzeydedir.

- Bina geometrisi: Mimari projesi mevcutsa, nesnenin yerinde ölçümü ile karşılaştırılması gerekir. Ölçüm sonuçları projeden farklıysa, projeden alınan bilgiler ihmal edilir. Yapı projesi yoksa ölçü alınarak taşıyıcı sistem planı elde edilir. Daha sonra matematiksel modeli oluşturmak için bir önceki yöntemde izlenen adımlar tekrar edilecektir.
- Eleman detayı: Statik tasarım projesi mevcutsa, yapıyı kontrol etme yöntemi sınırlı bilgi yöntemindekiyle aynıdır. Tüm kolon ve perdelerin %20'sine uygulanan donatı dedektör cihazı ile kaymamış kolon ve perde duvar elemanlarının donatı sayısı tahmin edilmektedir. Aynı işlem boyuna ve etriye donatı sayısı dahil olmak üzere kirişlerin %10'u için de yapılır. Proje mevcut değilse, donatı sayısını tahmin etmek için, her katta en az iki kolon ve perde duvar ve her katta bir kiriş olmak koşuluyla, toplam kolon ve perde duvar sayısının %10'undan beton kaplama alınır. Kontrolten sonra kaymış yerler uygun yüksek mukavemetli malzeme ile onarılır. Tüm kolon ve perdelerin %30'una, kirişlerin %15'ine uygulanan donatı dedektör cihazı ile kaymamış kolon ve perde duvar elemanlarının donatı sayısı tahmin edilmektedir.
- Malzeme özellikleri: Her kattaki kolon ve perde duvarlardan toplam en az dokuz adet olmak üzere taban kattan en az üç, diğer katlardan iki numune alınarak her 400 m²'de en az bir numune alınarak dayanımları test edilir. Her mukavemet değerinin ortalaması ile standart sapma arasındaki fark ($0,85 \times \text{ortalama}$) ile karşılaştırılır. En büyük değer o binanın beton dayanımı olarak kabul edilir. İnşaat demiri çeliğine gelince, inşaat demiri sayısını kontrol etmek için beton

kaydırıldığında çeliğin malzeme özellikleri de kontrol edilecektir. Her çelik türü için (S220, S420 vb.) bir numune deney ile kontrol edilecektir. Akma gerilimi, nihai gerilim ve gerinim değerleri bulunduktan sonra çeliğin kullanılabilirliği tartışılacaktır. Uygun özelliklere sahipse, karakteristik akma değeri, performans hesaplamaları sırasında mevcut çeliğin akma dayanımı olacaktır. Sonuçlar uygun değilse, en az üç numune daha alınacak ve analiz edilecektir. Akma dayanımının en küçük değeri, mevcut çeliğin akma dayanımı olarak kullanılacaktır. Hesaplamalarda donatı korozyonları da dikkate alınacaktır.

4.5.1.3. Bilgi düzeyi katsayıları

İnceleme yapılan yapılardan elde edilen bilgi seviyelerine göre eleman kapasiteleri için uygulanacak olan bilgi düzeyi katsayıları TBDY (2018)'de aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi verilmiştir. Yönetmelikte bu kapsamda dikkat edilmesi gereken bir nokta olarak yapı elemanlarının kapasite hesabında özellikle belirtilmedikçe malzeme dayanımları ilgili yönetmelikteki malzeme katsayıları ile bölünmeyip hesaplarda mevcut malzeme dayanımı olarak kullanılacaktır.

Tablo 15.1 – Binalar için Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Şekil 19. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

(Kaynak: TBDY (2018) Bölüm 15 Tablo 15.1)

4.6. Yapı Elemanlarının Hasar Limitleri ve Hasar Bölgeleri

4.6.1. Kesit Hasar Düzeyleri

Yapı performans düzeyleri belirli bir deprem etkisinde kalan binadan beklenen hasar sınır durumudur. TBDY (2018)'de depreme dayanıklı yapı tasarımında, hasarın belirli bir seviyede sınırlandırılması, hasarın kontrol altında tutulması ve tamamen göçmenin engellenmesi şeklinde hasar düzeyleri mevcuttur.

4.6.1.1. Sınırlı hasar (SH) düzeyi

Bu hasar düzeyinde; sistem taşıyıcı elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği yani doğrusal olmayan hasarın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşılık gelir. Bu bölge kapsamında meydana gelen küçük depremlerin yapının işlevselliğine herhangi bir olumsuz etki yapmaması beklenmektedir ve taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir onarım işlemine gerek gösteren herhangi bir hasarın meydana gelmemesi ön görülmektedir (Celep, 2019).

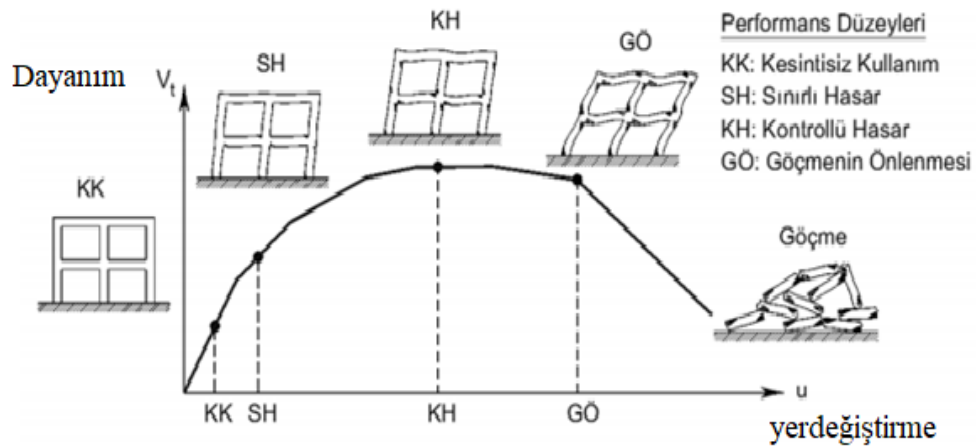
4.6.1.2. Kontrollü hasar (KH) düzeyi

Bu hasar düzeyinde; can güvenliğini sağlamak üzere yapı taşıyıcı elemanlarının çok ağır hasar almadığı ve hasar düzeyinin onarılması mümkün olduğu kabul edilir. Hasarın kontrolü ve can sağlığının sağlanması esastır. Bu hasar düzeyinde çelik donatı akma seviyesine gelirken, onarımı gerekli olan geniş çatlaklar oluşabilir (Celep, 2019).

4.6.1.3. Göçmenin önlenmesi (GÖ) düzeyi

Bu hasar düzeyinde; taşıyıcı sistem elemanlarının göçme öncesi durumda ileri seviyede ağır hasarın meydana geldiği kabul edilir ve yapının kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi esas alınır (Celep, 2019).

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri (TBDY Bölüm 3.4)



Şekil 20. Deprem etkisi altında bina performans düzeyleri

(Kaynak: Darılmaz (2018))

4.7. Yapı Performans Hedefinin Belirlenmesi

Tasarım depreminde kontrollü hasar performans düzeyi hedeflenerek tasarımı yapılan yapının, bölgede meydana gelme ihtimali çok düşük olan en büyük depremde göçmenin önlenmesi performans düzeyinin sağlanması beklenmektedir. Böyle bir depremin, sıradan bir yapıda sınırlı veya kontrollü hasarlı olarak karşılanması ekonomik olarak düşünüldüğünde uygun görülmemektedir. Ancak böyle bir durumda göçme mekanizması kontrol edilerek yapı içerisinde yaşayan canlıların hayatlarının kurtarılması esastır. Büyük depremlerde deprem etkisi yapının dayanım değerinden daha fazla olacağı için büyük plastik yer ve şekil değiştirmeler oluşturabilecek şekilde tasarım yapılması beklenmektedir ve bu yaklaşım tamamen göçme olmadan önemli can kayıplarının olmaması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Celep (2019) yazmış olduğu Betonarme Yapılar kitabında belirtilen üç hasar düzeyinin gerçekleşecek depremlerde sağlanabilmesi için; DD-3 düzeyi depremlerde yapıda hasarın sınırlı düzeyde kalabilmesi için yeterli yatay rijitlik, DD-2 düzeyi depremlerde ise hasarın kontrol altında olması ve can güvenliğinin sağlanabilmesi için azami derecede yapı dayanımı ve son olarak DD-1 düzeyi depremlerde ise yapının tamamen göçmesinin önlenmesi için de sistem içinde yeterli sünekliliğin oluşturulması gerektiğinden bahsetmiştir.

4.7.1. Mevcut Yapıların Deprem Performans Değerlendirmesi

Uygulanan sismik yükün etkisi olarak yapıda görülen hasarlar dikkate alınarak ve TBDY (2018)'de verilen doğrusal veya doğrusal olmayan bir hesaplama yöntemi kullanılarak yapının hasar bölgeleri tahmin edilebilmektedir ve dolayısıyla yapının performansı belirlenebilmektedir. TBDY (2018)'de, performans seviyesini hasar durumuna göre dört farklı şekilde tanımlanmıştır.

4.7.1.1. Mevcut yapıların sınırlı hasar performans seviyesi

Yapısal sistem elemanları yetersiz düzeyde hasar görmüş ve sağlamlıklarını korumuşlardır. Bu performans seviyesinde, betonarme yapının herhangi bir katında ve deprem yükünün uygulandığı herhangi bir yönde, diğer tüm elemanların içinde kalması şartıyla, toplam kiriş sayısının en fazla %20'si önemli hasar bölgesine ait olabilir. Sınırlı

hasar bölgesi. Kırılgan seviyede hasar gösteren herhangi bir eleman varsa güçlendirilmelidir.

4.7.1.2. Mevcut yapıların kontrollü hasar performans seviyesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının bir kısmı hasar görmüş, ancak yatay rijitlik ve mukavemetini kaybetmemiştir. Yani yapıda lokal veya topyekûn bir çökme söz konusu değildir. TBDY (2018)'e göre bu hasar seviyesi için kullanılan kriterler aşağıda belirtilmiştir.

- 1) Herhangi bir yönde deprem hesabı sonucunda yapının herhangi bir katında, düşey elemanlar (kolonlar, perde duvarlar) bakımından tali kirişler hariç toplam kiriş sayısının en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne ait olabilir. Kurallar aşağıdaki paragrafta açıklanmıştır.
- 2) İleri hasar bölgesine ait düşey elemanların taşıdığı kesme kuvveti miktarı, o döşemenin düşey elemanlarının taşıdığı toplam kesme kuvvetinin %20'sinden az olmalıdır. Son kat için ise, ileri hasar bölgesine ait düşey elemanların taşıdıkları kesme kuvveti miktarı, o katın düşey elemanlarının taşıdığı toplam kesme kuvvetinin %40'ından az olmalıdır.
- 3) Diğer her sistem elemanı, sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde kalır. Belirgin hasar sınırını geçen düşey elemanların alt ve üst kısımlarında aynı anda taşıdıkları kesme kuvveti miktarı, o kattaki düşey elemanların taşıdıkları toplam kesme kuvvetinin %30'undan az olmalıdır.

4.7.1.3. Mevcut yapılarda göçmenin önlenmesi performans seviyesi

Bu performans seviyesinde yapı elemanlarının önemli bir kısmı hasar görmüş, yatay rijitlik ve dayanım da yüksek oranlarda kaybolmuştur. Kırılgan bir şekilde hasar görmüş her eleman, göçme hasar bölgesine ait olduğu için düşünülmelidir. TBDY (2018)'e göre bu hasar seviyesi için kullanılan kriterler aşağıda belirtilmiştir.

- 1) Yapının herhangi bir katında ve deprem yükünün uygulandığı herhangi bir yönde, tali kirişler hariç toplam kiriş sayısının en fazla %20'si göçme hasar bölgesine ait olabilir.

- 2) Diğer sistem elemanları, sınırlı hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Herhangi bir dikey eleman, üst ve alt kısmında belirgin hasar sınırını geçmişse, o elemanın o katta taşıdığı kesme kuvvetinin oranı en fazla %30 olmalıdır.

4.7.1.4. Göçme durumu

Bina göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlayamıyorsa göçme durumundadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.8. Doğrusal Olmayan Hesaplama Analiz Yöntemleri Kullanılarak Yapı Performansının Değerlendirilmesi

4.8.1. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

TBDY (2018)'de doğrusal olmayan analiz hesaplama yönteminde şekil değiştirmeye göre tasarım yöntemi (ŞDGT) kullanılarak tasarlanan yapılar için malzemelerin doğrusal elastik davranış sınırını aşabileceği gerçeğini içerir. Deformasyon tabanlı yöntemlerin amacı, yapıların plastik mafsalları olarak kabul edilen ana noktalarında sismik yükler altında meydana gelen deformasyonların elde edilmesidir. Birkaç gelişmiş yazılım teknolojisi kullanarak, yapısal elemanların sismik yükler altında daha gerçekçi doğrusal olmayan davranışlarını gözlemleyebiliyoruz. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri üç türe ayrılır: Tek modlu itme analizi, Çok modlu itme analizi ve doğrusal olmayan zaman tanımlı analizdir.

4.8.1.1. Tek modlu itme analizi yöntemi

Tek modlu itme analizi, doğrusal modal süperpozisyon yönteminin artımlı eşdeğeridir. Kesin deprem yönünde ve titreşim moduyla orantılı sismik yük, deprem yer değiştirme değeri gerekli değere ulaşınca kadar adım adım uygulanır ve bu yer değiştirme sonucunda plastik deformasyonlar ve iç kuvvet artışları kümülatif değerleri hesaplanır. Son adımda deprem talebine karşılık gelen kümülatif değerler dikkate alınır. Bu yöntemi kullanmak için gerekli koşullar şunlardır: Ek dışmerkezlik dikkate alınmadan, burulma düzensizlik katsayısı $\eta_{bi} \leq 1,40$ olma koşulunu ve hâkim periyotta, herhangi bir katın

kesme kuvveti ile etkin kütle arasındaki oran en az 0,70 (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) olması zorunludur TBDY (2018).

4.8.1.2. Çok modlu itme analizi

Doğrusal olmayan çok modlu itme analizi yönteminin kullanılabilmesi için, hesaplama sonuçlarının, tasarım spektrumu başlangıç (elastik) sertliğine göre doğrusal yöntemler kullanılarak hesaplanan tüm iç kuvvetlerin ve yer değiştirme değerlerinin, mod süperpozisyon yöntemi kullanılarak hesaplanan iç kuvvetlere ve yer değiştirme değerlerine eşdeğer olduğunu doğrulaması gerekir. Ayrıca, çok modlu itme analizi yöntemine göre, ayrılan yapıya farklı modlar için tanımlanan sabit Tek mod vektörleri uygulandığında iç kuvvetlerin değeri istatistiksel olarak birleştirilmeyecek ve iç kuvvetler, modal birleştirilmiş elemanlar limit yer değiştirmeleri ve iç kuvvetler ile uyumlu olarak hesaplanacaktır TBDY (2018).

4.8.1.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Kaydedilmiş veya uyarlanmış deprem verilerini kullanarak ve yapının doğrusal olmayan davranışını dikkate alan bu yöntem, yapısal sistemin deprem yükleri altındaki hareket denklemlerinin adım adım entegrasyonunu sağlar. Yapının lineer olmayan davranışından dolayı, rijitlik matrisi zamanla değişir ve her artış adımı için iç kuvvetlerin ve elastik veya plastik deformasyonların maksimum değeri hesaplanır. Plastik deformasyonlar tanımlanarak kesit hasarları bulunabilir. Bu yöntemi daha gerçekçi kılan, analizin adım adım entegre edilmesidir TBDY (2018).

4.9. Gerinim Deformasyonlarını ve Plastik Dönme Değerlerini Tanımlama

TBDY (2018) Bölüm 15'e göre, yapılan analizler sonucunda eşdeğer deprem yükü veya mod süperpozisyon yöntemine göre yapılan hesaplamalar sonucunda, elemanın herhangi bir kenarındaki toplam yer değiştirme eksen değeri θ_k kullanılarak elemanların şekil değiştirme ve plastik dönme taleplerinin belirleneceği açıklanmıştır.

Yapı elemanlarının toplam eğrilik talebi Φ_t , aşağıda açıklandığı gibi Denklem 4'te tanımlanmıştır:

$$\Phi_t = \frac{(\theta_k - \theta_y)}{L_p} + \Phi_y \quad (4)$$

Φ_t : eleman uç kesitinin toplam eğrilik talebi

θ_k : eleman uç kesitindeki yer değiştirmiş eksen akma dönmesi

θ_y : eleman uç kesitindeki akma eğriliği

L_p : Plastik mafsallın etkin yöndeki boy kesitlerinin yarısına eşit uzunluğu

Φ_y : Betonarme sistemlerde eşdeğer akma eğriliği

4.9.1. Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Deformasyon Limitleri

Yapısal sistemin performansı, beton ve donatı çeliğinin şekil değiştirme istekleri ile aşağıda belirtilen deformasyon kapasitelerinin karşılaştırılmasıyla elde edilir. Sünek betonarme yapıların plastik deformasyonu sonucu oluşan farklı hasar limitlerinin izin verilen üst sınırları TBDY (2018) Bölüm 5 ve Bölüm 15'te tanımlanmıştır.

Mevcut betonarme binanın yapı performansının değerlendirilmesine dair hususlar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- 1) Boyuna çubuklarda kullanılan çelik çubuklar nervürlü değilse, deformasyon ve plastik deformasyon talep değerleri 1.5 ile çarpılacaktır.
- 2) Plastik deformasyonun meydana geldiği yüksek süneklığe sahip yapı elemanlarının çeşitli kesit hasar düzeyleri için geçerli olan üst sınırlar TBDY (2018) Bölüm 5.8'e göre hesaplanacaktır.
- 3) Betonarme kesitte birim şekil değiştirme hesabı yapılırken kesitteki kesme kuvveti oranı 0.65'ten küçük ise madde 2'ye göre hesaplanan değerler üst sınır olarak kabul edilecektir. Kesme kuvveti oranı 1.30'dan büyükse madde 2'ye göre hesaplanan değerler 0.5 ile çarpılacaktır.
- 4) Beton ve donatı çeliğinin TBDY (2018) Bölüm 15.5.4 ve Bölüm 15.6.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri yukarıda belirtilen koşullar altındaki sınır değerleri ile kıyaslanarak, kesit kapsamında sistem performansı belirlenecektir.

Yapı elemanlarında kesitteki kesme oranı aşağıda Denklem 5'te tanımlanmıştır.

$$\frac{V_e}{f_{ctm} x d x b_w} \quad (5)$$

TBDY (2018) Bölüm 5'te yer alan bilgilere göre göçmenin önlenmesi performans düzeyi için yapılacak olan değerlendirmelerde kullanılmak üzere yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliğinin toplam şekil değiştirmeleri için verilen izin aralıkları ve yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler açısından kabul edilen sınır değeri aşağıda 4.9.2'de belirtilmiştir.

4.9.2. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için Değerlendirme

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı dikdörtgen kesitler için Denklem 6'da tanımlanmıştır:

$$\epsilon_c^{GÖ} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (6)$$

Denklem 6'daki bağlantıda ilk terim olan 0.0035 değeri sargısız betonun birim kısalmasını ifade etmektedir. ω_{we} ifadesi ise etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını belirtmektedir ve Denklem 7'de tanımlanmıştır:

$$\omega_{we} = \alpha_{se} x \rho_{sh.min} x \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (7)$$

Denklem 7'de yer alan α_{se} ifadesi sargı donatısının etkinlik katsayısını, $\rho_{sh.min}$ ise dikdörtgen kesitteki yatay doğrultulardaki hacimsel donatı oranlarından küçük olanı ve f_{ywe} ise enine donatının beklenen akma dayanımı ifade etmektedir. α_{se} ve $\rho_{sh.min}$ ifadesi aşağıda Denklem 8'de ve Denklem 9'da tanımlanmıştır.

$$\alpha_{se} = (1 - \frac{\sum a_j^2}{6b_o h_o})(1 - \frac{s}{2b_o})(1 - \frac{s}{2h_o}) \quad (8)$$

$$\rho_{sh.min} = \frac{A_{sh}}{b_k \cdot s} \quad (9)$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliğinin çekme dayanımına karşılık gelen birim şekil değiştirmesi Denklem 10'da tanımlanmıştır:

$$\epsilon_s^{GÖ} = 0.4 \epsilon_{su} \quad (10)$$

ϵ_{su} : çekme dayanımına karşı gelen birim uzama

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi kapsamında yığılı plastik davranış modeline göre hesap edilen plastik dönmeler için sınır değeri Denklem 11'e göre hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{G\ddot{O}} = \frac{2}{3} [(\Phi_u - \Phi_y)L_p(1 - 0.5\frac{L_p}{L_s}) + 4.5\Phi_u d_b] \quad (11)$$

Bu denklemde yer alan Φ_u ifadesi, Denklem 6 ve Denklem 10'da ifade edilen beton ve donatı çeliğinin deformasyonu ile TBDY (2018) Ek 5A'da yer alan donatı çeliği ve beton örneklerinden faydalanarak kesite etki eden eksenel kuvvet göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen çözümlemeler sonucu elde edilen göçme öncesi toplam eğriliği ifade etmektedir.

4.9.3. Kontrollü Hasar Performans Seviyesi için Değerlendirme

Beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam gerinim ve plastik mafsallık aralıkları aşağıda verilen Denklem 12, 13 ve 14'te tanımlanan değerlere göre hesaplanacaktır.

$$\epsilon_c^{KH} = 0.75\epsilon_c^{G\ddot{O}} \quad (12)$$

$$\epsilon_s^{KH} = 0.75\epsilon_s^{G\ddot{O}} \quad (13)$$

$$\theta_p^{KH} = 0.75\theta_p^{G\ddot{O}} \quad (14)$$

4.9.4. Sınırlı Hasar Performansı Seviyesi için Değerlendirme

Beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam gerinim ve plastik mafsallık değerleri aşağıda verilen Denklem 15, 16 ve 17'de tanımlanan değerlere göre göz önünde bulundurulacaktır.

$$\epsilon_c^{SH} = 0.0025 \quad (15)$$

$$\epsilon_s^{SH} = 0.0075 \quad (16)$$

$$\theta_p^{SH} = 0 \quad (17)$$

5. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ VE DEPREM İVME KAYITLARI

Deprem ivme kayıtları, hiçbir veri kaybı olmadan yer hareketinin özelliklerini tam olarak gösterebilmektedir. Yoğun olarak dağıtılmış sismik istasyonlar ve iletişim ağı, gerçek zamanlı yer hareketi kayıtlarının elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Bir depremin ardından, deprem istasyonu ve iletişim ağı aracılığıyla merkez üssü yakınındaki yer hareketi kaydı hızlı bir şekilde alınabilmekte ve istasyonun enlem, boylam, kayıt süresi gibi bilgiler eş zamanlı olarak toplanabilmektedir. İzleme ve veri dönüştürme teknolojisinin gelişmesiyle, yoğun dağılımlı kuvvetli hareket ağı daha fazla bölgeyi kapsayacak ve deprem sonrası yer hareketi verilerine zamanında erişim daha kolay olmaktadır (Lu et al., 2019).

5.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında dört adet düzey tanımlanmıştır ve bunlar aşağıda belirtilmiştir.

5.1.1. DD-1 deprem yer hareketi düzeyi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda yineleme yapıp sınır değerleri geçme durumunun gerçekleşme oranının %2 olduğu ve buna tekabül eden yineleme süresinin 2475 yıl olduğu ender ve en büyük deprem yer hareketi olarak nitelendirilmektedir TBDY (2018).

5.1.2. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda yineleme yapıp sınır değerleri geçme durumunun gerçekleşme oranının %10 olduğu ve buna tekabül eden yineleme süresinin 475 yıl olduğu, ara sıra meydana gelen ve standart tasarım deprem yer hareketi olarak nitelendirilmektedir TBDY (2018).

5.1.3. DD-3 deprem yer hareketi düzeyi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda yineleme yapıp sınır değerleri geçme durumunun gerçekleşme oranının %50 olduğu ve buna tekabül eden yineleme süresinin 72 yıl olduğu, sık sık meydana gelen deprem yer hareketi olarak nitelendirilmektedir TBDY (2018).

5.1.4. DD-4 deprem yer hareketi düzeyi

Spektral büyüklüklerin 50 yılda yinleme yapıp sınır değerleri geçme durumunun gerçekleşme oranının %68 (30 yıl bazında %50) olduğu ve buna tekabül eden yinleme süresinin 43 yıl olduğu, çok sık meydana gelen deprem yer hareketi olarak nitelendirilmektedir TBDY (2018).

5.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Tasarım deprem yükünün yapı tasarımında belirlenmesi konusunda davranış spektrumları oluşturulur ve faydalanılır.

5.2.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Her bir sismik level için (DD-1, DD-2, DD-3) kayma dalga hızı $(Vs)_{30}=760$ m/s olarak referans noktası olarak göz önünde bulundurularak zemin koşullarına bağlı %5 sönüm oranı için verilen S_S ve S_1 harita spektral ivme katsayıları Türkiye deprem tehlike haritasında yapı konumunda meydana gelen depremler, mevcut fay hatları ve levha hareketleri baz alınarak tanımlanmıştır. Harita spektral ivme katsayıları yerçekimi ivmesine göre boyutsuzlaştırılarak tasarım spektral ivme katsayıları elde edilmiştir (Celep, 2019, p. 666). Tasarım spektral ivme katsayıları Denklem 18 ve 19'da tanımlanmıştır.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (18)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (19)$$

Burada F_S ve F_1 yerel zemin sınıf gruplarına bağlı katsayıları ifade etmektedir ve aşağıda Şekil 21 ve 22'de görülmektedir.

5.2.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
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	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Şekil 21. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

(Kaynak: TBDY (2018) Tablo 2.1)

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

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

Şekil 22. T=1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

(Kaynak: TBDY (2018) Tablo 2.2)

5.2.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

$S_{ae}(T)$ olarak adlandırılan yatay davranış spektrum ivmeleri TBDY (2018)'de yerçekimi ivmesine göre boyutsuzlaştırılarak Şekil 23'de görüldüğü gibi tanımlanmıştır

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
\end{aligned} \tag{2.2}$$

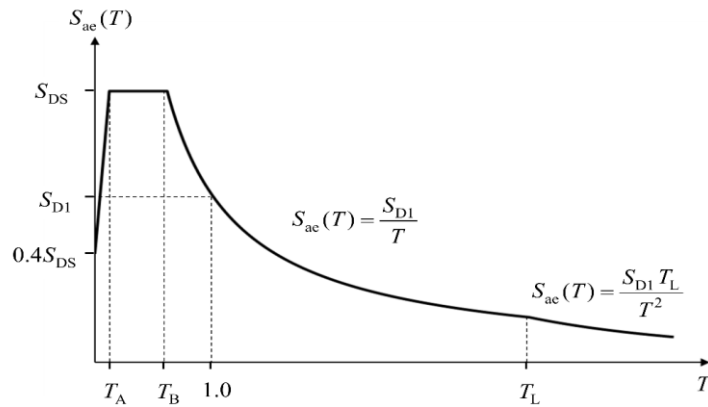
Şekil 23. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$

(Kaynak: TBDY (2018) Denklem 2.2)

Burada ifade edilen S_{DS} ve S_{D1} Denklem 18 ve 19’da tanımlanan değerlerdir. T ise yapının periyodunu göstermektedir. Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L , 6 s olarak göz önünde bulundurulacaktır. T_A ve T_B olarak simgelenen yatay tasarım spektrumu köşe periyotları aşağıda tanımlanmıştır TBDY (2018).

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{20}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{21}$$

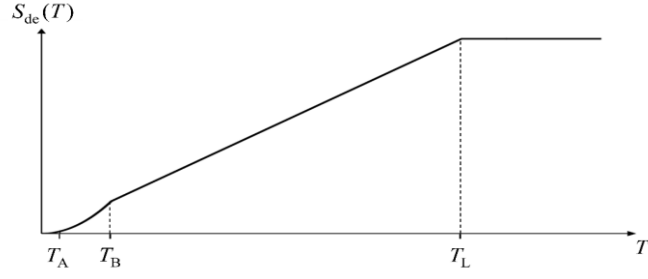


Şekil 24. Yatay elastik tasarım spektrumu

(Kaynak: TBDY (2018) Şekil 2.1)

Dikkate alınan herhangi bir levha hareketi leveli için yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrum eğrisinin ordinatı olarak kabul edilen ve $S_{de}(T)$ olarak simgelenen yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri, doğal titreşim periyodu cinsinden Denklem 22’de tanımlanmıştır TBDY (2018).

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \tag{22}$$



Şekil 25. Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri

(Kaynak: TBDY (2018) Şekil 2.2)

5.2.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY (2018)'de herhangi bir levha hareket leveli için dikkate alınan düşey esnek davranış ivme spektrum ordinatı olan düşey elastik davranış spektral ivmeleri olarak ifade edilen $S_{aeD}(T)$, yapının doğal hakim periyoduna ve yatay levha hareketi için nitelendirilen kısa periyot davranış katsayısına bağlı olarak yerçekimi ivmesine göre boyutsuzlaştırılarak aşağıda Şekil 26'de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned}
 S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Şekil 26. Düşey elastik tasarım spektral ivmeleri

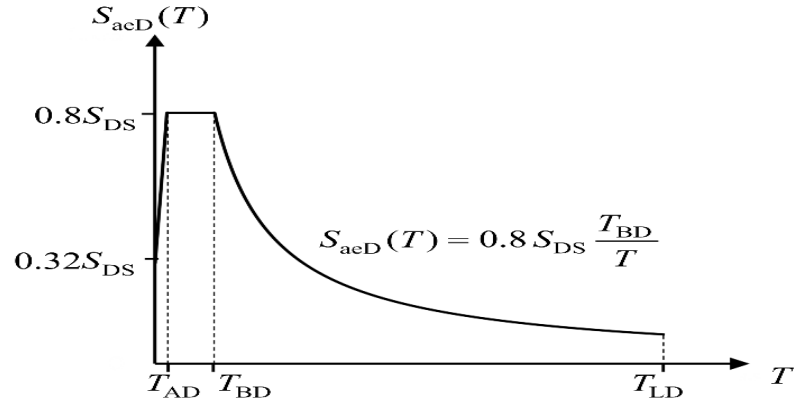
(Kaynak: TBDY (2018) Denklem 2.5)

Şekil 26'da T_{AD} , T_{LD} ve T_{BD} olarak simgelenen düşey spektrum köşe periyotları aşağıda Denklem 23, 24 ve 25'te tanımlanmıştır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \tag{23}$$

$$T_{BD} = \frac{T_B}{3} \tag{24}$$

$$T_{LD} = \frac{T_L}{2} \tag{25}$$



Şekil 27. Düşey elastik tasarım spektral ivme eğrisi

(Kaynak: TBDY (2018) Şekil 2.3)

5.3. Sahaya Özel Sismik Davranış Spektrumu

Ansal, Tönük ve Kurtuluş (2015) yılında yapmış oldukları çalışmada sahaya özel tasarım depremi spektrumu ile alakalı; tasarım aşamasında çeşitli performans seviyelerine karşılık gelen dönüşüm periyotlarının her biri için sahaya özel tasarım deprem özellikleri belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir ve zemin incelemelerine paralel olarak yapılacak zemin büyütme analizleri sonucunda sahaya özel ivme tasarım spektrumları elde edileceğinden bahsetmiştir. TBDY (2018)'e bakıldığında ise bu konu hakkında çok detay olmamakla beraber özel durumlarda alana özgü sismik tehlike analizlerinin ve alana özgü sismik davranış spektrumlarının tanımlanmasının gerekli olabileceği ve ayrıca tüm durumlarda uygulanabileceği yer almaktadır. Alana özgü sismik davranış spektrumlarının ordinatları, her zaman deprem yönetmeliğinde tanımlanan tasarım spektrumu ordinatlarının %90'ından büyük olmalıdır.

5.3.1. Sismik Tehlike Analizi

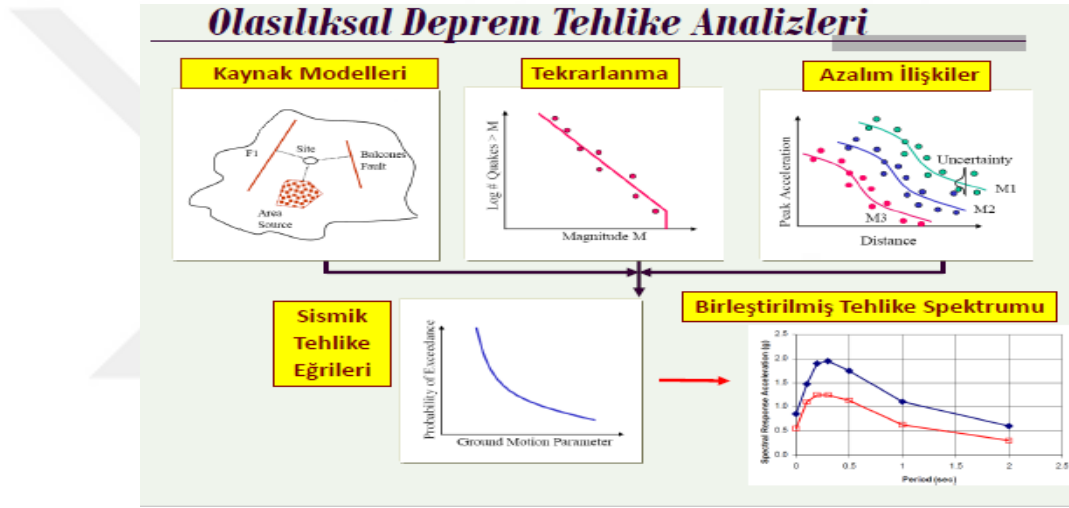
Sismik tehlike analizi sayesinde yapı ve taban zemininin, gerçekleşecek olan depremler sonucunda maruz kalacağı deprem yüklerinin tespitlerinde gerekli olan değişkenler elde edilmektedir. Sismik tehlike analizi deterministik yaklaşım ve olasılıksal yaklaşım olarak iki ayrı kategori altında ele alınmaktadır (Kayabalı, 1995).

5.3.1.1. Deterministik yaklaşım

Deterministik yaklaşım kısa öz olarak inşaat alanına yakın mesafedeki fay hattında oluşabilecek büyük depremlerin proje sahasının ana kayasında oluşturacağı maksimum yer ivmesi belirlenir (Akkar et al., 2016).

5.3.1.2. Olasılıksal yaklaşım

Sismik yer hareketinin stokastik metot yöntemiyle aynı konumda ve belirli zaman süreçleri içerisinde meydana gelme ihtimali olasılıksal yaklaşım olarak nitelenir (Kayabalı, 1995).



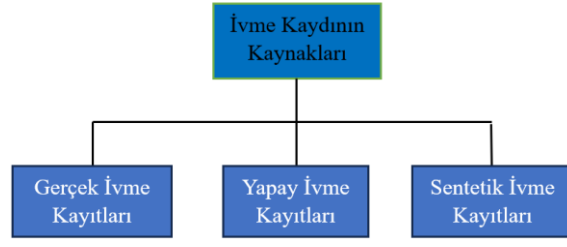
Şekil 28. Olasılıksal yaklaşım özeti

(Kaynak: (Fahjan, 2017))

5.4. Deprem İvme Kayıt Kaynakları

Araştırmalara bakıldığında tasarım mühendislerinin ivme zaman kayıt verilerinin elde edilmesi konusunda üç farklı kaynak yer almaktadır.

- 1) Gerçek depremlerde kaydedilen ivme kayıtları,
- 2) Tepki spektrumu ile uyumlu yapay ivme zaman serileri ve
- 3) Sismolojik modellerden elde edilen sentetik kayıtlar (Şekil 29).



Şekil 29. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının kaynağı

(Kaynak: (Plevris et al., 2017))

İlki, geçmiş depremler sırasında kaydedilen gerçek ivme kayıtlarını kullanmaktır. Mevcut kuvvetli yer hareketi veri tabanlarının artması nedeniyle, gerçek kuvvetli yer hareketi kayıtlarına çok sayıda kolayca erişilebilir ve bunların manipülasyonu nispeten basittir. Tasarım mühendisi bir dizi zaman geçmişi hazırlayabilir, ancak tasarım kodları gereklilikleriyle tutarlılık dikkate alınmalıdır (Plevris et al., 2017). İkincisi, yumuşatılmış tepki spektrumundan bir güç spektral yoğunluk fonksiyonu elde ederek bir hedef yanıt spektrumunu eşleştirmek için üretilen yapay ivme programlarını kullanmaktır (J. Bommer & Acevedo, 2004). Üçüncüsü, sismolojik kaynak modellerinden üretilen deprem simülasyonları yoluyla elde edilen ve dalga yayılma yolunu ve saha etkilerini hesaba katan ivme zaman geçmişi olan simüle edilmiş ivme programlarını kullanmaktır. Bu modeller, nokta kaynaklı stokastik simülasyonlardan sonlu kaynağa genişletilmeleri yoluyla tamamen dinamik stres salınımı modellerine kadar uzanır (Plevris et al., 2017).

5.4.1. Gerçek İvme Kayıtları

Gerçek kuvvetli yer hareketi ivme kayıtları, yer sarsıntısının doğası hakkında zengin bilgiler içerir ve tüm yer hareketi özelliklerini (genlik, frekans ve enerji içeriği, süre ve faz özellikleri) taşır ve ivme kayıtlarını etkileyen tüm faktörleri yansıtır. Mevcut güçlü yer hareketi kayıtlarının artması nedeniyle, gerçek kaydedilmiş ivme kayıtlarının kullanılması ve ölçeklendirilmesi, bu alanda en çok başvuru alan çağdaş araştırma konularından biri haline gelmiştir. Küresel kuvvetli hareket veri bankasının devam eden büyümesine rağmen, büyüklük, kırılma mekanizması, kaynaktan sahaya uzaklık ve saha sınıflandırması gibi iyi temsil edilmeyen birçok deprem parametresi kombinasyonu vardır ve bu da bazı durumlarda uygun kayıtların elde edilmesini zorlaştırabilir (J. Bommer et al., 2003).

Yapısal tepkinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi amacıyla, benzer güçlü hareket özelliklerine sahip ivme kayıtlarını garanti etmek için uygun şekilde seçilmiş gerçek yer hareketi kayıtlarının ölçeklendirilmesi kullanılabilmektedir Doğrusal olmayan tepki spektrum analizi için minimum dağılım ile medyan yapısal tepkinin doğru tahmin edilmesini sağlamak için yeterli sayıda ivme kaydı ile ölçekleme prosedürleri kullanılmalıdır (Ay & Akkar, 2014).

Yer hareketlerini seçmek ve ölçeklendirmek için en uygun yöntem, ilgili yapısal davranış parametrelerine, yapısal tepkideki kayıt değişkenliğinin tahmin edilip edilmeyeceğine ve maksimum tepkilerin mi yoksa çökme tepkilerinin mi tahmin edileceğine bağlı olacaktır. Yer hareketlerini seçmek ve ölçeklendirmek için en iyi yöntem, yapılan değerlendirmenin türüne bağlı olacaktır. Genel olarak, üç tür performans değerlendirmesi vardır:

- Sismik yoğunluk,
- Senaryo ve
- Zaman tabanlı

Yoğunluğa dayalı değerlendirmeler, üç tür arasında en yaygın olanıdır ve belirli bir yer sarsıntısı yoğunluğu için bir binanın ve bileşenlerinin tepkisini hesaplar. Senaryo tabanlı bir değerlendirme, bir binanın, tipik olarak deprem büyüklüğü ve deprem kaynağı ile yapı alanı arasındaki mesafe ile tanımlanan, kullanıcı tarafından belirlenen bir deprem olayına tepkisini hesaplar. Riske dayalı veya zamana dayalı bir değerlendirme, belirli bir süre boyunca yanıt hakkında bilgi sağlar.

5.4.2. Yapay İvme Kayıtları

Düzleştirilmiş tepki spektrumundan bir güç spektral yoğunluk fonksiyonu elde ederek bir tepki spektrumunu eşleştirmek ve ardından rastgele faz açıları ve genliklerine sahip sinüzoidal sinyaller üretmek için yapay ivme programları üretilir. Sinüzoidal hareketler daha sonra toplanır ve seçilen frekanslarda hedef ve gerçek yanıt ordinatları arasındaki oranı hesaplayarak tepki spektrumu ile eşleşmeyi iyileştirmek için yinelemeli bir prosedür başlatılabilir (J. Bommer & Acevedo, 2004). Yapay spektrum uyumlu kaydın süre gibi diğer özelliklerini elde etmek için, davranış spektrumundan ayrı olarak beklenen deprem hareketi hakkında ek bilgi elde etmek gerekir.

Elastik tasarım spektrumuyla neredeyse tamamen uyumlu ivme zaman serileri elde etmek mümkün olsa da üretilen ivme programları genellikle aşırı sayıda güçlü hareket döngüsüne sahiptir ve sonuç olarak gerçekçi olmayan yüksek enerji içeriğine sahiptir. Yapay zaman alanı oluşturma yöntemlerinin zorluğu, tek bir depremden gelen hareketi temsil etmesi amaçlanmayan, tek bir yer hareketini bir tasarım davranış spektrumuyla eşleştirmeye çalışmakta yatmaktadır (Naeim & Kelly, 1999). Tasarım davranış spektrumu, genellikle, birkaç sismik kaynağın etkisini aynı anda dikkate alan istatistiksel bir analizin sonucudur. Bu nedenle, farklı dönemlerdeki tepki, farklı kaynaklardaki depremler tarafından yönlendirilebilir ve spektrum, her bir senaryoya karşılık gelen spektrum zarfıdır (J. . Bommer et al., 2000; Reiter, 1990).

5.4.3. Zaman Tanım Alanında Analiz için Deprem Kayıtlarının Seçimi

Gerçek deprem kayıtları, genellikle elastik davranış spektrumuna dayalı olarak, yer hareketinin belirli özelliklerini eşleştirmek için seçilebilir. Tasarım kodu spektrumuna uyacak uygun zaman tanım alanı kayıtlarının seçim kriterleri, belirli bir sahadaki jeolojik ve sismolojik koşulları da dikkate almaktadır. Sismolojik ve jeolojik parametreler aşağıdakilere göre sınıflandırılabilir:

- Büyüklük,
- Fay tipi,
- Joyner-Boore mesafesi (R_{jb}),
- Kopma yönlülüğü,
- Saha durumu
- Spektral içerik

E. Kalkan ve A. Chopra (2010) yılında yapmış olduğu çalışmada, deprem kayıtlarının seçiminin ve ölçeklendirme aşamasının uygulanan herhangi bir doğrusal olmayan analizin başarısı için eşit derecede önemli unsurlar olduğundan bahsetmiştir. Belirli bir konum için tehlike koşullarına uygun şekilde kayıt seçmek, mühendislik talep parametrelerinin dağılımının azalmasına ve daha iyi tahminler elde ederek doğruluk payının artmasına yardımcı olur (Kalkan & Chopra, 2010).

Uygun gerçek kayıtların nasıl seçileceğine ilişkin sismik tasarım kurallarında verilen rehberlik, genellikle sismolojik parametrelerden ziyade davranış spektrumu ile

uyumluluğa odaklanır. Bu nedenle, çoğu zaman, ivme zaman geçmişi kayıtları, aşağıdakiler gibi güçlü hareket parametreleri temelinde seçilir:

- Pik yer ivmesi (PGA),
- Tepe yer hızı (PGV)
- Süre

Belirli bir tehlike düzeyine (veya geri dönüş süresine) karşılık gelen bir yoğunluk ölçüsünü temsil etmek için kullanılan yer hareketi zaman geçmişi, yer hareketi özelliklerini kontrol eden büyüklüğü, mesafeyi, saha durumunu ve diğer parametreleri yansıtmalıdır. Uygun büyüklüklere sahip kayıtların seçimi önemlidir, çünkü büyüklük, yer hareketinin frekans içeriğini ve süresini güçlü bir şekilde etkiler.

Uygun fay yeri mesafelerine sahip kayıtların seçimi özellikle faya yakın yerler için önemlidir, çünkü faya yakın yer hareketlerinin özellikleri diğer yer hareketlerinden farklıdır.

Saha koşulları, güçlü yer hareketi kayıtlarının özellikleri ve frekans içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yumuşak zeminlerde yer hareketleri kuvvetlendirilsede, yüksek frekanslı hareketler zayıflar. Bir kaya sahasındaki baskın spektral şekil periyodu, genellikle bir toprak sahasından daha düşüktür. Kayma dalga hızındaki azalma ile daha yüksek değerlere kayan baskın periyodun aksine, spektral şekillerin tepe yoğunluğu benzer kalır. Genel olarak, orta ila uzun periyottaki kayıtların spektral ivmesinde yer hareketi büyütme etkileri gözlemlenebilir.

5.4.4. Yer Hareketini Ölçekleme ve Eşleştirme Yöntemleri

Genel olarak, uluslararası sismik kodlar, mühendislik yapılarına gelen deprem yüklerini belirlemek için tasarım spektrumlarını belirtir ve dinamik zaman geçmişinde kullanmak üzere ilgili dönem aralığında bir tasarım tepki spektrumu ve eşleşen spektral ivme ile ilişkili sismik tehlikeyi temsil etmek için seçilen yer hareketlerinin değiştirilmesini önerir. Nadiren, dünyanın bazı bölgelerinde, belirli bir saha için, büyüklük, faya olan uzaklık, fay özellikleri ve zemin özellikleri dikkate alınarak önemli deprem senaryolarını temsil eden kayıtlı yer hareketi elde etmek mümkündür. Çoğu zaman, kontrol eden deprem senaryolarıyla eşleşen yeterli yer hareketine sahip olmak imkansızdır. Bu durumda, tepki

spektrum ordinatlarının ilgili bir periyot aralığında tasarım tepki spektral ordinatlarıyla eşleştiği değiştirilmiş zaman geğmişleri elde etmek için bazı kaydedilmiş ivme zaman geğmişlerini değiştirmek istenebilir. Literatürde, gerçek zaman geğmişi kaydını tasarım yanıt spektrumu ile tutarlı olacak şekilde değiştirmek için temel olarak iki yöntem uygulanabilir. Bu yöntemler ölçeklendirme ve spektral eşleştirmedir (Al Atik & Abrahamson, 2010).



6. EC 8 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında yer alan ve referans alınan bazı Eurocode yönetmeliklerinin kısaltmaları aşağıda yer almaktadır.

EN 1990/A1 Eurocode (Eurocode 0): Yapısal Tasarım Esasları

EN 1992-1-1 Eurocode 2: Betonarme Yapıların Tasarımı part 1.1

EN 1998-1 Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı part 1

EN 1998-3 Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı part 3

6.1. Plastik Mafsal Değerlendirmesi

Plastik mafsal uzunluğunun değeri, sargılı beton modelinin mukavemetindeki ve deformasyon kapasitesindeki artışın, ϕ_u kesit uç bölümünün sınır eğriliğinin hesaplanmasında nasıl dikkate alındığına bağlıdır. EN 1998-3:(2005b) kapsamında 2 farklı plastik mafsal uzunluğu yaklaşımı vardır.

İlk yaklaşım olarak; A ve B sınıfı donatılar için maksimum kuvvette karakteristik birim şekil değiştirme için EN 1992-1-1:(2004a) yani Eurocode 2 part 1-1 Tablo C.1'de verilen minimum değerler, C sınıfı donatılar için %6 sınır değeri ve EN 1992-1-1 Bölüm 3.1.9'de yer alan sargılı beton modelinin etkin yanal sınırlama geriliminin (σ), $\alpha \rho_{sx} f_{yw}$ ifadesine eşit alınmasıyla depreme dayanıklılık için detaylandırılmış ve akmanın beklediği kesitin yakınında boyuna donatıların üst üste bindirilmediği elemanlar için plastik mafsal uzunluğu L_{p1} , Denklem 26 ile hesaplanacaktır.

$$L_{p1} = 0.1L_v + 0.17h + 0.24 \left(\frac{d_{bL} f_y}{\sqrt{f_c}} \right) \quad (26)$$

Burada;

L_v (M/V) eleman ucundaki kesme açıklığı, moment/kesme oranına eşittir,

h kesit yüksekliği,

d_{bL} çekme donatısı çapı,

f_y çelik akma dayanımının tahmini ortalama değeri (MPa),

f_c beton basınç dayanımı (MPa)

Diğer yaklaşımda ise aşağıda yer alan ifadelere göre dikkate alınacaktır

- Sargılı betonun dayanımı (Denklem 27):

$$f_{cc} = f_c \left(1 + 3.7 \left(\frac{\alpha \rho_{sx} f_{yw}}{f_c} \right)^{0.86} \right) \quad (27)$$

- Sargılı betonunun birim şekil değiştirmesi (Denklem 28):

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_c 2 \left(1 + 5 \left(\frac{f_{cc}}{f_c} - 1 \right) \right) \quad (28)$$

- Sıklaştırma bölgesinin en uç lifinin sınır gerilmesi (Denklem 29):

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + 0.5 \left(\frac{\alpha \rho_{sx} f_{yw}}{f_{cc}} \right) \quad (29)$$

Burada;

f_{yw} enine donatı akma dayanımı (MPa)

α sargı donatısı etkinlik katsayısı (Denklem 30)

$$\alpha = \left(1 - \frac{\sum b_j^2}{6 b_o h_o} \right) \left(1 - \frac{S_h}{2 b_o} \right) \left(1 - \frac{S_h}{2 h_o} \right) \quad (30)$$

b_o ve h_o etriye/çiroz donatıları eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını

b_j etriye veya çiraz tarafından desteklenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki mesafe

ρ_{sx} x yükleme yönüne paralel enine donatı oranı (Denklem 31)

$$\rho_{sx} = A_{sx} / (b_w S_h) \quad (31)$$

A_{sx} yükleme yönü x'e paralel boyuna donatı kesit alanı

S_h enine donatı aralığı

Yukarıda verilen bilgiler kapsamında ele alınan sargılı beton modeli kullanılırsa depreme dayanıklılık için detaylandırılmış ve akmanın beklendiği kesitin yakınında boyuna donatıların üst üste bindirilmediği elemanlar için plastik mafsallık uzunluğu L_{p1} , Denklem 32 ile hesaplanacaktır.

$$L_{p1} = \frac{L_v}{30} + 0.2h + 0.11 \left(\frac{d_b L f_y}{\sqrt{f_c}} \right) \quad (32)$$

6.2. Hasar Sınır Durumu ve Hasar Bölgeleri

EN 1998-3 yani Eurocode 8 part 3'e göre üç sınır durumuna atıfta bulunulur. Bunlar; göçmeye yakın (NC), önemli hasar (SD) ve sınırlı hasar (DL) sınır durumudur.

6.2.1. Göçmeye Yakın Sınır Durumu

Her ne kadar taşıyıcı sistem elemanları düşey yükleri karşılayabilme kapasitesinde olsa bile, yapı genel olarak ağır hasar görmüştür ve taşıyıcı eleman olmayan bileşenlerin çoğu çökmüştür. Ağır hasar kapsamı dışında kalan sistem elemanlarının dayanımı ve rijitliği azalmıştır.

EN 1998-3 (EC 8 part 3) kapsamında göçmeye yakın performans düzeyi için periyodik yükleme altındaki beton elemanların θ_u noktasındaki toplam eksen dönme kapasitesinin elastik ve elastik olmayan kısmının değeri Denklem 33 ile hesaplanabilir:

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} * 0.016(0.3^v) \left[\frac{\text{maks}(0.01;\omega)}{\text{maks}(0.01;\tilde{\omega})} f_c \right]^{0.225} \left(\min(9; \frac{L_v}{h}) \right)^{0.35} 25^{(\alpha * \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c})} 1.25^{100\rho_d} \quad (33)$$

Burada;

γ_{el} birincil sismik elemanlar için 1.5, ikincil sismik elemanlar için 1'dir,

v ifadesi Denklem 34 ile hesaplanacaktır.

$$v = N/(bhf_c) \quad (34)$$

b sıklaştırma bölgesinin genişliği

N sıklaştırma bölgesi için pozitif eksenel kuvvet

ω çekme donatısının mekanik takviye oranı

$\tilde{\omega}$ basınç donatısının mekanik takviye oranı

ρ_d eğer varsa çapraz doğrultudaki donatı oranı

Perde duvarlar için θ_{um} değeri hesaplanırken Denklem 33 kullanılır ve elde edilen değer 0.58 ile çarpılır.

Eğer soğuk haddelenmiş gevrek çelik kullanılırsa, yapı elemanları için Denklem 33 ile elde edilen değer 1.6'ya bölünecektir.

Göçmeye yakın performans düzeyi için periyodik yükleme altındaki beton elemanların eksen dönme kapasitesinin plastik kısmının değeri Denklem 35 ile hesaplanabilir:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y = \frac{1}{\gamma_{el}} * 0.0145(0.25^v) \left[\frac{maks(0.01;\omega)}{maks(0.01;\bar{\omega})} f_c \right]^{0.3} f_c^{0.2} (\min(9; \frac{L_v}{h}))^{0.35} 25^{(\alpha * \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c})} 1.275^{100\rho_d} \quad (35)$$

Burada;

γ_{el} birincil sismik elemanlar için 1.8, ikincil sismik elemanlar için 1'dir

θ_y yapı elemanlarının akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi

Perde duvarlar için θ_{um}^{pl} değeri hesaplanırken Denklem 35 kullanılır ve elde edilen değer 0.6 ile çarpılır.

Eğer soğuk haddelenmiş gevrek çelik kullanılırsa, yapı elemanları için Denklem 35 ile elde edilen değer yarıya alınacaktır.

Deprem dayanımı için detaylandırılmamış yapı elemanları değerlendirilirken Denklem 33 ve Denklem 35 ile elde edilen değerler 1.2'ye bölünecektir.

Göçmeye yakın performans düzeyi için periyodik yükleme altındaki beton elemanların θ_u noktasındaki toplam eksen dönme kapasitesinin hesaplanmasına dair diğer bir alternatif hesap ise aşağıda Denklem 36'te ifade edilmiştir.

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{p1} \left(1 - \frac{0.5 L_{p1}}{L_v} \right)) \quad (36)$$

Burada;

φ_u kesitin uç kısmındaki sınır eğrilik değeri

φ_y kesitin uç bölgesindeki akma eğriliği

L_{p1} plastik mafsallık uzunluğu

Burada kesitin uç kısmının sınır eğriliğinin (φ_u) hesaplanmasında EN 1992-1-1 Bölüm 3.1.9 kapsamındaki sargılı beton modeli benimsenirse Denklem 26 ile elde edilen plastik mafsallık boyu değeri Denklem 36'da kullanılacaktır. Bu durumda buradaki γ_{el} faktörü birincil sismik elemanlar için 2'ye, ikincil sismik elemanlar için 1,0'a eşit alınabilir. Bunun yerine Denklem 27, 28 ve 29 kapsamında verilen sargılı beton modeli kullanılırsa, Denklem 32 ile elde edilen plastik mafsallık boyu değeri Denklem 36'da kullanılacaktır. Bu

durumda buradaki γ_{el} faktörü birincil sismik elemanlar için 1.7'ye, ikincil sismik elemanlar için 1.0'a eşit alınabilir.

6.2.2. Önemli Hasar Sınır Durumu

Yapı belirgin düzeyde hasar görmüş olup, taşıyıcı elemanların dayanım ve rijitliği azalmıştır. Taşıyıcı elemanlar düşey yükleri taşıyabilecek kapasitede olup taşıyıcı eleman olmayan bileşenler genel olarak hasar görmüş kabul edilir ancak bölme duvarlar ve dolgular düzlem dışına kaymamıştır. Yapı sismik performans açısından orta şiddette artçı depremlere dayanabilir kabul edilmektedir. Yapının onarım ve güçlendirilmesi mevcut olup ekonomik olmayacaktır.

EN 1998-3 (EC 8 part 3) kapsamında önemli hasar performans düzeyi için periyodik yükleme altındaki beton elemanların θ_u noktasındaki toplam eksen dönme kapasitesi hesabı göçmeye yakın performans düzeyi için hesaplanan değerlerin $\frac{3}{4}$ oranına denk geldiği varsayılmaktadır.

$$\theta_{SD} = 0.75\theta_u \quad (37)$$

6.2.3. Sınırlı Hasar Sınır Durumu

Yapı hafif hasarlı durumdadır ve yapı elemanlarının enkesitlerinde genel olarak akma sınırı, dayanım ve rijitlik özellikleri korunmuştur. Taşıyıcı eleman olmayan bileşenlerde çatlaklar görülmesi muhtemel olup kalıcı sürüklenmeler ihmal edilebilir düzeydedir.

Doğrulamalarda kullanılan bu sınır durum için kapasite, eksenel tasarım yükün etkisi altındaki akma momenti ve eğilme momentidir. Doğrulamanın deformasyonlar açısından yapılması durumunda karşılık gelen kapasite, θ_y akma noktasındaki toplam eksen dönmesi şeklinde ifade edilir ve aşağıdaki yer alan Denklem 38 ve Denklem 39'da görüldüğü gibi tanımlanır.

Kolon ve kirişler için:

$$\theta_y = \left(\frac{L_v + a_v z}{3} (\varphi_y) + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_v} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d''} \frac{d_{bL} f_y}{6\sqrt{f_c}} \right) \quad (38)$$

Perde duvarlar için:

$$\theta_y = \left(\frac{L_v + a_v z}{3} (\varphi_y) + 0.0013 + \frac{\varepsilon_y}{d - d''} \frac{d_{bL} f_y}{6 \sqrt{f_c}} \right) \quad (39)$$

Denklem 38 ve 39'ye eşdeğer alternatif ifadeler de yönetmelik kapsamında yer almaktadır. Denklem 40 ve 41'de alternatif gösterimler yer almaktadır.

Kolon ve kirişler için:

$$\theta_y = \left(\frac{L_v + a_v z}{3} (\varphi_y) + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_v} \right) + \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8 \sqrt{f_c}} \right) \quad (40)$$

Perde duvarlar için:

$$\theta_y = \left(\frac{L_v + a_v z}{3} (\varphi_y) + 0.0013 + \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8 \sqrt{f_c}} \right) \quad (41)$$

Burada;

z İç kuvvet kolunun uzunluğu, kirişlerde, kolonlarda veya çubuklu veya T kesitli duvarlarda $d-d'$ değerine veya dikdörtgen kesitli duvarlarda $0,8h$ değerine eşit alınır.

d etkin kesit derinliği (çekme donatısına kadar olan derinlik)

d'' basınç donatısına kadar olan mesafe

ε_y çeliğin birim şekil değiştirmesi ifade eder ve Denklem 42 ile hesaplanabilir.

$$\varepsilon_y = f_y / E_s \quad (42)$$

a_v ifadesini değerlendirmek gerekirse; kesme çatlağının uç kısmında eğilme olayı, akma olayından önce gelmesi bekleniyorsa yani uç bölümdeki akma momenti (M_y), EN 1992-1-1 bölüm 6.2.2(1)'e uygun olarak alınan kesme takviyesi olmadan dikkate alınan elemanın kesme direncinin ($V_{R,c}$) ile L_v çarpımından büyükse 1 olarak alınacak, aksi takdirde 0 olarak alınacaktır.

6.2.4. Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

EN 1998-1 kapsamında çatlaklı elemanların daha doğru bir analizi yapılmadığı takdirde, beton ve yığma elemanların elastik eğilme ve kesme rijitliği özellikleri, çatlaksız elemanların karşılık gelen rijitliğinin yarısına eşit olarak alınabileceği hususunda bir yaklaşım söz konusudur.

6.3. Zemin Koşulları ve Deprem Etkisi

6.3.1. Zemin Sınıfları

EN 1998-1 (2004b) yani Eurocode 8 part 1'e göre 7 farklı zemin sınıfı tanımlanmıştır. Bu zemin sınıflarına ait detaylar Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. EC 8'e göre zemin sınıfları

Zemin Sınıfı	Stratigrafik Profil Tanımı	Parametreler		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT}	c_u (kPa)
A	Yüzeyde en fazla 5 m daha zayıf malzeme içeren kaya veya diğer kaya benzeri jeolojik oluşum.	> 800		
B	Mekanik özellikleri derinlikle birlikte kademeli olarak artan, onlarca metre kalınlığındaki çok yoğun kum, çakıl veya çok sert kil birikintileri.	360-800	> 50	> 250
C	Kalınlığı yüzlerce metreye kadar ulaşabilen çok yoğun veya orta yoğun kum, çakıl veya sert kil birikintileri.	180-360	15-50	70-250
D	Gevşek ila orta derecede kohezyonsuz toprak (bazı yumuşak kohezyon katmanları olsun veya olmasın) veya ağırlıklı olarak yumuşak ila sıkı kohezyonlu toprak birikintileri.	<180	<15	<70
E	C veya D tipi $v_{s,30}$ değerlerine sahip ve kalınlığı yaklaşık 5 m ila 20 m arasında değişen bir yüzey alüvyon tabakasından oluşan ve altında $v_{s,30} > 800$ m/s olan daha sert bir malzeme bulunan bir toprak profili.			
S_1	Yüksek plastisite indeksine ($PI > 40$) ve yüksek su içeriğine sahip, en az 10 m kalınlığında yumuşak kil/siltlerden oluşan veya bu tabakayı içeren birikintiler.	<100		10-20
S_2	Sıvılaşabilir toprak, hassas kil birikintileri veya $A-S_1$ arası sınıflandırmaya dahil olmayan diğer toprak profilleri.			

(Kaynak: EN 1998-1 :(2004b) Tablo 3.1)

6.3.2. Deprem Etkisi

6.3.2.1. Önem sınıfı ve önem katsayısı

Eurocode 8 kapsamında sismik eylemin sonuçlarına göre dört farklı önem sınıfı ve buna bağlı önem katsayıları tanımlanmıştır. Önem sınıflarının tanımları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Eurocode 8'e göre binalar için önem sınıfları

Önem sınıfı	Binalar
I	Kamu güvenliği için düşük öneme sahip binalar, tarımsal binalar vb.
II	Diğer kategorilere dahil olmayan sıradan binalar.
III	Okullar, toplantı salonları gibi sismik direnci göçme ile ilişkili sonuçlar açısından önemli olan binalar, kültürel kurumlar vb.
IV	Deprem sırasında bütünlüğü sivil koruma için hayati önem taşıyan binalar, örneğin hastaneler, itfaiye istasyonları, enerji santralleri vb.

(Kaynak: EN 1998-1 Tablo 4.3)

Tablo 12'de yer alan önem sınıflarına karşılık gelen önem katsayıları (γ_1), EN 1998-1 bölüm 4.2.5'te sırasıyla 0.8, 1, 1.2 ve 1.4 olarak belirtilmiştir.

6.3.2.2. Sonuç sınıfları

Tablo 12'de tanımlanan önem sınıflarına karşılık gelebilecek üç farklı sonuç sınıfı EN 1990 /A1 (2005a) yani Eurocode 0 kapsamında tanımlanmıştır. Tablo 13'te sonuç sınıflarına ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 13. Sonuç sınıflarının tanım ve kapsamı

Sonuç Sınıfı	Tanım	Kapsam Alanı
CC3	Can kaybı açısından veya ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan yüksek sonuçlar.	Tribünler, hasar sonuçlarının yüksek olduğu kamu binaları (ör. konser salonu).
CC2	Orta düzey seviyesinde can kaybı ve ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan önemli sonuçlar.	Konut ve ofis binaları, hasar sonuçlarının orta düzeyde olduğu kamu binaları (ör. ofis binası)
CC1	Ekonomik, sosyal, çevresel ve can kaybı açısından düşük veya ihmal edilebilir sonuçlar.	İnsanların az sıklıkta bulunduğu tarım binaları (örneğin depo binaları), seralar

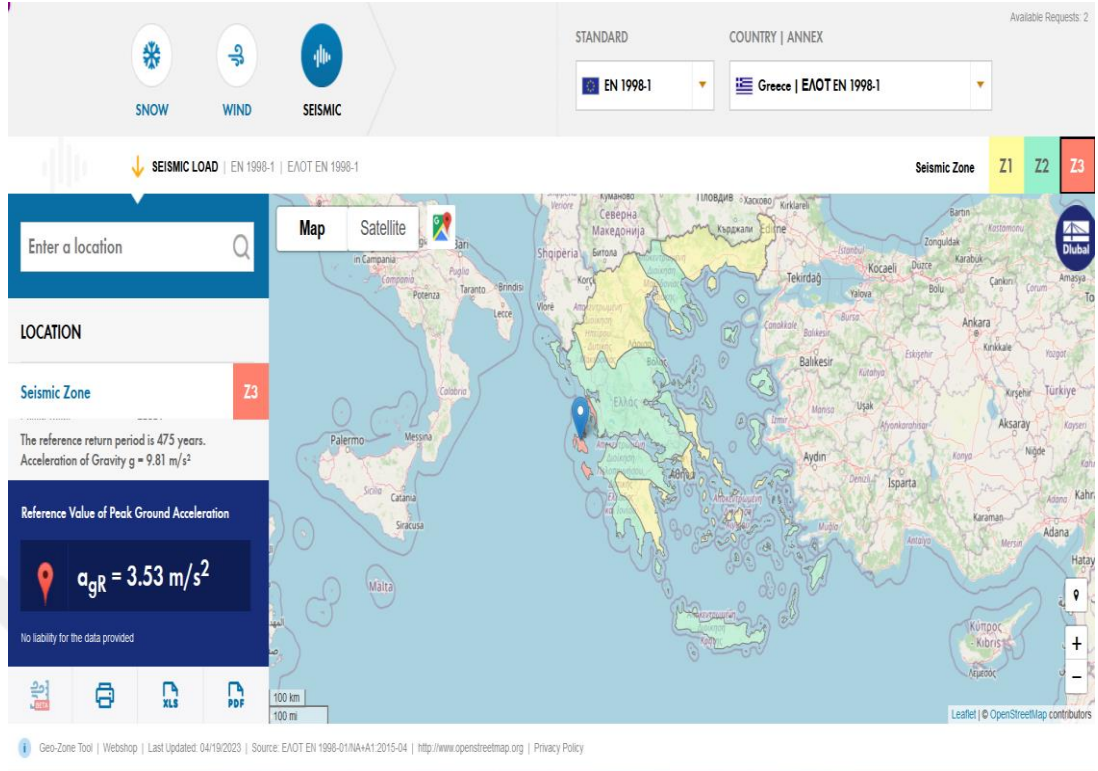
(Kaynak: EN 1990/A1 (2005a) Ek B Tablo B1)

6.3.2.3. Güvenilirlik sınıfları

EN 1990 kapsamında sonuç sınıflarıyla ilişkilendirilen üç farklı güvenilirlik sınıfı tanımlanmıştır. Buna göre RC1, RC2 ve RC3 güvenilirlik sınıf grupları sırasıyla CC1, CC2 ve CC3 sonuç sınıflarıyla ilişkilidir,

6.3.2.4. Sismik bölgeler

EN 1998'in amaçları kapsamında ulusal devlet bölgeleri, lokal tehlike bağlamında CEN üyeleri tarafından sismik bölgelere ayrılmıştır. Tanımlama kapsamında her bir sismik bölgedeki tehlike sabit olarak ele alınmıştır. EN 1998 kapsamındaki uygulamaların çoğu için tehlike durumu, tek bir değişken ile açıklanmıştır. Bu parametre, A sınıfı zemindeki referans pik yer ivmesinin değeri olan a_{gR} ile tanımlanır. Bir ülkede veya ülkenin bazı bölgelerinde kullanılacak olan a_{gR} değişkeni Ulusal Ek'te (National Annex) yer alan bölgeleme haritalarından elde edilebilir. Şekil 30'da a_{gR} değişkeninin elde edilmesine dair örnek bir bölgeleme haritası uygulaması görülmektedir. EC 8'de yer alan a_{gR} değişkeni TBDY-2018'de yer alan PGA değişkeni ile aynı değerdir.



Şekil 30. a_{gR} değişkeni için örnek bölgeleme haritası uygulaması

(Kaynak: (Dlubal Software, 1987))

(Url: <https://www.dlubal.com/en/solutions/online-services/snow-load-wind-speed-and-seismic-load-maps>)

6.3.2.5. Deprem etkisinin gösterimi

EN 1998 yani Eurocode 8 kapsamında yer kabuğu üzerindeki herhangi bir noktadaki sismik hareket elastik tepki spektrumu ile belirtilmiştir.

6.3.2.6. Yatay elastik tepki spektrumu

Eurocode 8 kısım 1 (EN 1998-1) bölüm 3.2.2.2 kapsamında sismik etkinin yatay bileşenleri için, elastik tepki spektrumu ivme değerleri $S_e(T)$ Şekil 31’da görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (3.2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (3.3)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (3.4)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \quad (3.5)$$

Şekil 31. Eurocode 8 kapsamında yatay elastik tepki spektrum ivme değerleri
 $S_e(T)$

(Kaynak: EN 1998-1 (2004b) bölüm 3.2.2.2)

Şekil 31’da yer alan ifadeleri tanımlamak gerekirse;

$S_e(T)$: elastik tepki spektrumu ivme değerleri

T : doğrusal tek serbestlik dereceli sistemin titreşim periyodu

a_g : A tipi zeminde tasarım yer ivmesi

T_B : sabit spektral ivme periyodunun alt sınırı

T_C : sabit spektral ivme periyodunun üst sınırı

T_D : spektrumun sabit yer değiştirme tepki aralığının başlangıcını tanımlayan değer

S : zemin kat sayısı

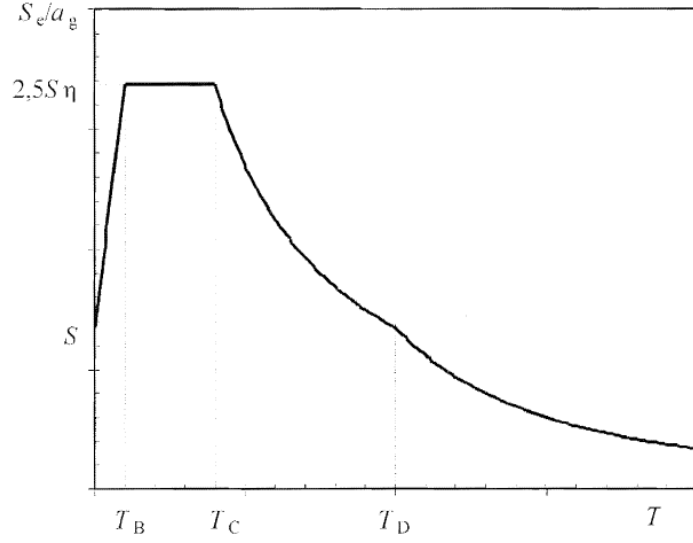
η : %5 viskoz sönümlleme için referans değeri $\eta=1$ olan sönümlleme düzeltme faktörü

Burada yer alan T_B , T_C , T_D ve S değişkenleri zemin sınıflarına göre farklı değerler almaktadır ve EN 1998-1 bölüm 3.2.1’de a_g değerinin, A tipi zeminde referans tepe yer ivmesi (a_{gR}) değeri ile önem katsayısı γ_1 değerinin çarpılmasıyla elde edildiği yer almaktadır (Denklem 43). Sönümlleme düzeltme faktörü η ’nin farklı sönümlleme oranları için değerleri Denklem 44’teki gibi belirlenebilir.

$$a_g = \gamma_1 * a_{gR} \quad (43)$$

$$\eta = \sqrt{10 + (5 + \xi)} \quad (44)$$

(ξ) ifadesi yapının viskoz sönümlleme oranını belirtmektedir ve yüzdesel olarak ele alınır.



Şekil 32. Elastik tepki spektrumunun şekli

(Kaynak: EN 1998-1 şekil 3.1)

Eurocode 8 kapsamında deprem yüzey dalgalarının büyüklüğüne göre 2 farklı tipte spektrum tanımlanmaktadır. Tip 1 olarak adlandırılan spektrum, deprem yüzey dalgalarının büyüklüğünün $5.5 M_S$ ve üzeri olduğu durumlarda tavsiye edilmektedir. Tip 2 olarak adlandırılan spektrum ise deprem yüzey dalgalarının büyüklüğünün $5.5 M_S$ altında olduğu durumlarda tavsiye edilmektedir. Şekil 33 ve Şekil 34'te Tip 1 ve Tip 2 spektrumlarına ait görüntüler yer almaktadır. Önerilen Tip 1 ve Tip 2 elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin değerleri Tablo 14 ve Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 14. Önerilen Tip 1 elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin değerleri

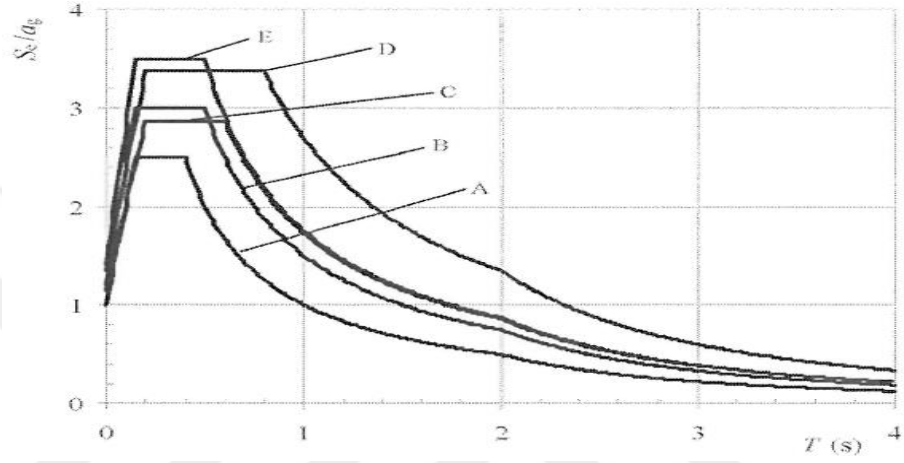
Zemin Sınıfı	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.15	0.4	2
B	1.2	0.15	0.5	2
C	1.15	0.20	0.6	2
D	1.35	0.20	0.8	2
E	1.4	0.15	0.5	2

(Kaynak: EN 1998-1 tablo 3.2)

Tablo 15. Önerilen Tip 2 elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin değerleri

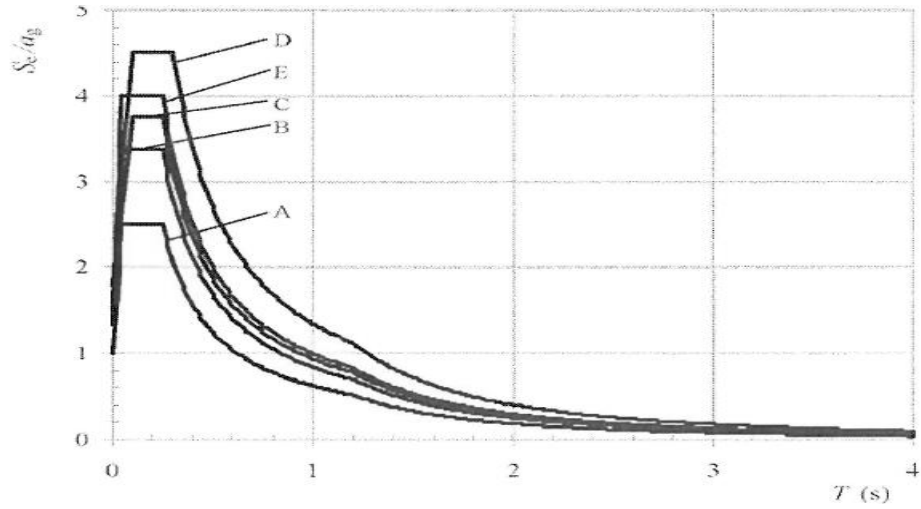
Zemin Sınıfı	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2

(Kaynak: EN 1998-1 tablo 3.3)



Şekil 33. A ile E zemin tipleri için önerilen Tip 1 elastik tepki spektrumları (%5 sönümleme)

(Kaynak: EN 1998-1 şekil 3.2)



Şekil 34. A ile E zemin tipleri için önerilen Tip 2 elastik tepki spektrumları (%5 sönümleme)

(Kaynak: EN 1998-1 şekil 3.3)

6.3.2.7. Düşey elastik tepki spektrumu

Eurocode 8 kısım 1 (EN 1998-1) bölüm 3.2.2.3 kapsamında sismik etkinin düşey bileşeni için, elastik tepki spektrumu ivme değerleri $S_{vc}(T)$ Şekil 35'te görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

$$0 \leq T \leq T_B : S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right] \quad (3.8)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \quad (3.9)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (3.10)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (3.11)$$

Şekil 35. Eurocode 8 kapsamında düşey elastik tepki spektrum ivme değerleri $S_{vc}(T)$

(Kaynak: EN 1998-1 (2004b) bölüm 3.2.2.3)

Tablo 16. Düşey elastik tepki spektrumlarını tanımlayan parametrelerin önerilen değerleri

Spektrum	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tip 1	0.90	0.05	0.15	1
Tip 2	0.45	0.05	0.15	1

(Kaynak: EN 1998-1 tablo 3.4)

6.3.2.8. Sismik eylemin alternatif temsilleri

a) Zaman – tarih gösterimi

Sismik hareket ayrıca deprem kaynaklı yer hareketi geçmişleri, yayılan ortamdaki dalga hızı ve yer değiştirme parametreleri ile temsil edilebilmektedir. Yapının 3 boyutlu modelinin söz konusu olduğu durumlarda sismik hareket, aynı zaman diliminde etki eden ve her iki yatay doğrultuda aynı ivme kaydının kullanılmadığı 3 ivme kaydından oluşacaktır. EN 1998'in ilgili bölümlerine uygun olarak basitleştirmeler yapılabilir. Sayısal çalışmanın içeriği ve mevcut olan bilgiler esas alınarak sismik hareket, yapay ivme kayıtları ve kaydedilen veya simüle edilmiş ivme kayıtları ile tanımlanabilir.

b) Yapay ivme kayıtları

Yapay ivme kaynakları hakkında detaylı bilgilendirme bu çalışma kapsamında bölüm 5.4.2’de açıklanmıştır. EN 1998-1 bölüm 3.2.3.1.2 kapsamında sismik etkininin alternatif gösterimine dair;

- Yapay deprem ivme kayıtlarının, yatay ve düşey elastik tepki spektrumuyla %5 viskoz sönümle oranı için uygun şekilde oluşturulmalıdır.
- Deprem kayıtlarının süresi, A tipi zeminde tasarım yer ivmesi a_g 'nin oluşumunda etkili olan depremin büyüklüğü ve diğer nicelikler ile uyumlu olmalıdır.
- Sahaya özgü verilerin mevcut olmadığı durumlarda ise deprem kayıtların durağan kısmının süresi minimum 10 saniye olmalıdır.

c) Kaydedilmiş (gerçek) ivme kayıtları

Kaydedilmiş deprem ivme kayıtları ve kaynakları hakkında detaylı bilgilendirme bu çalışma kapsamında bölüm 5.4.1’de açıklanmıştır. EN 1998-1 bölüm 3.2.3.1.3 kapsamında sismik etkininin alternatif gösterimine dair; kaydedilmiş deprem ivme kayıtları, kaynakların sismo genetik özelliklerine (sismik kaynak, dalga yayılım özelliği) ve sahaya uygun zemin koşullarına göre yeterince nitelikli olmaları ve spektral ivme değerlerinin söz konusu bölge için $a_g * S$ değerine ölçeklendirilmesi koşuluyla kullanılabilir.

6.3.2.9. Sismik eylem kombinasyonları

Tasarım sismik eyleminin atalet etkileri, tasarım durumunda ortaya çıkan tüm yerçekimi yükleri ile ilişkili kütlelerin varlığı dikkate alınarak Denklem 45’te görüldüğü gibi değerlendirilecektir.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} * Q_{k,i} \quad (45)$$

Burada;

$G_{k,j}$ j kalıcı eylemin karakteristik değeri,

$Q_{k,i}$ i değişken eylemin karakteristik değeri,

$\psi_{E,i}$ i değişken eylemin kombinasyon katsayısı

$\psi_{E,i}$ kombinasyon katsayısı Denklem 46 ile elde edilecektir.

$$\psi_{E,i} = \varphi * \psi_{2,i} \quad (46)$$

Burada;

φ dinamik büyütme faktörü

$\psi_{2,i}$ i değişken eyleminin yarı-kalıcı değeri için kombinasyon katsayısı

$\psi_{2,i}$ değişken değerleri EN 1990 kapsamında Tablo A1.1’de mevcuttur.

Tablo 17. $\psi_{E,i}$ değişkeninin hesaplanması için φ değişkeni değerleri

Kategori	Kat Tipi	φ
A-C	Çatı	1
	Birbiriyle ilişkili kullanımlara sahip katlar	0.8
	Bağımsız olarak kullanılan katlar	0.5
D-H		1

(Kaynak: EN 1998-1 tablo 4.2)

Tablo 17’de yer alan kategori grubundaki yapı ve mekân türlerine dair detaylı bilgiler Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. EN 1990 kapsamında bazı mekân ve yapıların sınıflandırılması

Kategori Türü	Açıklama
A	Ev, meskûn bölge
B	Ofis alanları
C	İbadet mekanları
D	Alışveriş merkezleri
E	Depolama alanları
F	Araç ağırlığının 30 kN eşit veya düşük olduğu trafik bölgesi
G	Araç ağırlığının 30 kN’den fazla, 160 kN’den az veya eşit olduğu trafik bölgesi
H	Çatılar

(Kaynak: EN 1990/A1 tablo A1.1)

6.4. Yapısal Değerlendirme için Bilgiler

Mevcut yapıların sismik performans değerlendirilmesinde; söz konusu yapıya özgü belgeler, genel veri kaynakları, saha incelemeleri ve laboratuvar ölçümleri varsa temin edilmeli ve gerekli kontroller yapılmalıdır.

6.4.1. Bilgi Levelleri

EN 1998-3 (EC 8 part3) kapsamında kabul edilebilir analiz tipinin ve uygun güven faktörü değerlerinin seçilmesi amacıyla üç bilgi düzeyi tanımlanmıştır. Toplanacak bilgilerin kapsamına dair detaylar bu çalışmada bölüm 4.5.1’de bahsedilmiştir.

6.4.1.1. Sınırlı bilgi (KL1)

Toplanan bilgiler, eleman kapasitesinin yerel doğrulamalarını yapmak ve doğrusal bir yapısal analiz modeli kurmak için yeterli olmalıdır. Sınırlı bilgi durumuna dayalı yapısal değerlendirme, statik veya dinamik doğrusal analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilmelidir.

- **Yapı geometrisi:** Genel yapı elemanları ve eleman boyutları; statik ve mimari projeler yardımıyla araştırma yapılarak incelenmeli ya da inşaat alanında yapı elemanlarına ait bir boyut örneği ele alınarak mimari ve statik projelerle kıyaslanmalıdır.
- **Yapısal detaylar:** Yapısal detaylar, mimari uygulama projesi çizimlerinden tam olarak anlaşılamaz ve inşaat sırasındaki genel uygulamalara uygun olarak simüle edilmiş tasarıma dayalı olarak varsayılabilir. Bu durumda, varsayımların gerçek duruma uyup uymadığını kontrol etmek için en kritik yapı elemanlarında sınırlı denetimler yapılmalıdır. Aksi takdirde daha kapsamlı yerinde inceleme yapılması gerekir.
- **Malzeme özellikleri:** Ne mimari uygulama projesi çizimlerinden ne de deney raporlarından inşaat malzemelerinin mekanik özelliklerine ilişkin doğrudan bilgi mevcut değildir. Varsayılan değerler, en kritik yapı elemanlarında yerinde sınırlı deneylerle birlikte, inşaat sırasındaki standartlara uygun olarak varsayılmalıdır.

6.4.1.2. Ortalama bilgi (KL2)

Elde edilen bilgiler, eleman kapasitesinin yerel doğrulamalarının yapılması ve doğrusal veya doğrusal olmayan bir matematiksel modelin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Bu bilgi durumuna dayalı yapısal değerlendirme, statik veya dinamik, doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle gerçekleştirilebilir.

- **Yapı geometrisi:** Yapının genel geometrisi ve eleman boyutları ya genişletilmiş bir araştırmadan ya da hem mimari uygulama projesi hem de sonraki değişiklikler için kullanılan ek proje çizimlerinden bilinmektedir. Diğer bir metot ise hem yapının genel geometrisi hem de eleman boyutunun yeterli olduğu bir yapı örneği sahada kontrol edilmelidir; Ana hat proje çizimlerinde önemli farklılıklar varsa, daha kapsamlı bir boyutsal araştırma yapılması gerekir.
- **Yapısal detay:** Yapısal detaylar ya genişletilmiş yerinde incelemelerden ya da tamamlanmamış mimari uygulama projelerinden elde edilebilmektedir. İkinci durumda, mevcut bilgilerin gerçek duruma uygun olup olmadığını kontrol etmek için en kritik yapı elemanlarında yerinde sınırlı denetimler gerçekleştirilmelidir.
- **Malzeme özelliği:** İnşaat malzemelerinin mekanik özelliklerine ilişkin bilgiler yerinde yapılan kapsamlı deneylerden veya mimari uygulama projesi çizimlerinden elde edilebilir. Bu ikinci durumda, yerinde sınırlı deneylerin yapılması gerekmektedir.

6.4.1.3. Kapsamlı bilgi (KL3)

Elde edilen bilgiler, eleman kapasitesinin yerel doğrulamalarının yapılması ve doğrusal veya doğrusal olmayan bir matematiksel modelin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Bu bilgi durumuna dayalı yapısal değerlendirme, statik veya dinamik, doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle gerçekleştirilebilir.

- **Yapı geometrisi:** Yapının genel geometrisi ve eleman boyutları ya genişletilmiş bir araştırmadan ya da hem mimari uygulama projesi hem de sonraki değişiklikler için kullanılan ek proje çizimlerinden bilinmektedir. Diğer bir metot ise hem yapının genel geometrisi hem de eleman boyutunun yeterli olduğu bir yapı örneği sahada kontrol edilmelidir ve mimari uygulama proje çizimlerinden önemli farklılıklar varsa, daha kapsamlı bir boyutsal araştırma yapılması gerekir.
- **Yapısal detay:** Yapısal detaylar ya kapsamlı yerinde incelemelerden ya da eksiksiz bir dizi ayrıntılı mimari uygulama projelerinden bilinmektedir. İkinci durumda, mevcut bilgilerin gerçek duruma uygun olup olmadığını kontrol etmek için en kritik yapı elemanlarında yerinde sınırlı deneyler gerçekleştirilmelidir.

- Malzeme özellikleri: İnşaat malzemelerinin mekanik özelliklerine ilişkin bilgiler yerinde yapılan kapsamlı deneylerden veya mimari uygulama projesi çizimlerinden elde edilebilir. Bu ikinci durumda, yerinde sınırlı deneylerin yapılması gerekmektedir.

Bilgi düzeyleri ile uygulanabilir analiz yöntemleri ve güven faktörleri arasındaki ilişki Tablo 19’da gösterilmektedir. Tablo 19’da yer alan kısaltmalardan bahsetmek gerekirse; LF, eşdeğer deprem yükü metodu ile analiz ve MRS ise modal tepki spektrum analizidir.

Tablo 19. Bilgi düzeyleri ve bunlara karşılık gelen analiz yöntemleri ve güven faktörleri

Bilgi Leveli	Yapı Geometrisi	Yapısal Detayı	Malzeme Özelliği	Analiz Türü	Güven Faktörü (CF)
KL1		İlgili uygulamalara ve yerinde yapılan sınırlı incelemeye uygun olarak simüle edilmiş tasarım	İnşaat sürecindeki standartlara ve yerinde yapılan sınırlı testlere uygun varsayılan değerler	LF-MRS	1.35
KL2	Örnek görsel araştırmayla birlikte mimari uygulama proje çizimlerinden veya tam araştırmadan	Tamamlanmamış mimari uygulama projesi ışığında yerinde sınırlı incelemeden veya yerinde kapsamlı incelemeden	Yerinde sınırlı deneylerle mimari uygulama projelerinden veya yerinde kapsamlı deneylerden	Hepsi	1.2
KL3		Detaylı mimari uygulama projesi kapsamında yerinde sınırlı incelemeden veya yerinde kapsamlı incelemeden	Deney raporları kapsamında yerinde sınırlı incelemeden ya da yerinde kapsamlı incelemeden	Hepsi	1

(Kaynak: EN 1998-3 Tablo 3.1)

6.4.2. Denetim ve Deney Seviyelerinin Tanımlanması

Denetim ve deney seviyelerinin sınıflandırılması, detaylar için kontrol edilmesi gereken yapısal elemanların yüzdesine ve ayrıca deney için kat başına alınması gereken malzeme numune sayısına bağlıdır. Bir ülkede kullanılacak denetim ve deneylerin miktarı o ülkenin ulusal ekinde bulunabilir. Olağan durumlar için önerilen minimum değerler Tablo 20'de verilmiştir. Bazılarının artırılması için değişiklik yapılması gereken durumlar olabilir. Bu durumlar Ulusal Ek'te belirtilmiştir.

Tablo 20. Farklı denetim ve deney seviyeleri için önerilen minimum gereklilikler

Detayların İncelenmesi		Malzeme Deneyleri
Her Bir Yapı Elemanı için:		
Denetim Yüzdesi	Detaylar için Kontrol Edilen Öğelerin Yüzdesi	Kat Başı Numune Sayısı
Sınırlı	20	1
Genişletilmiş	50	2
Kapsamlı	80	3

(Kaynak: EN 1998-3 Tablo 3.2)

6.5. Yapısal Analiz

6.5.1. Analiz Metotları

Eurocode 8 kapsamında eşdeğer deprem yükü yöntemi, modal tepki spektrum analizi, doğrusal olmayan itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri olmak üzere dört farklı metottan bahsedilmektedir.

Çalışma kapsamında tercih edilen doğrusal olmayan analiz yöntemi aşağıda anlatılmıştır.

6.5.1.1. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri

a) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Yapının zamana bağlı tepkisi, yer hareketlerini temsil etmek üzere tanımlanan ivme kayıtları kullanılarak diferansiyel hareket denklemlerinin doğrudan sayısal entegrasyonu yoluyla elde edilebilir. Tepki spektrumu, tanımlanan yer hareketleriyle birlikte en az yedi doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizinden elde ediliyorsa, tüm bu analizlerden elde edilen tepki niceliklerinin ortalaması, ilgili modeldeki eylem etkisi E_d tasarım değeri

olarak kullanılmalıdır. Aksi halde tepki miktarının analizler arasında en olumsuz değeri E_d olarak kullanılmalıdır.

b) Deprem ivme kayıtlarının seçimi

Seçilecek olan yapay ve kaydedilmiş deprem ivme kayıtları aşağıdaki şartları sağlamaları gerekmektedir;

- Minimum üç adet deprem ivme kaydı olmalıdır.
- Seçilen deprem ivme kayıtlarının spektral ortalaması, söz konusu mevcut saha için $a_g * S$ değerinden küçük olmamalıdır.
- T yapının temel periyodu olmak üzere tüm ivme kayıtlarının %5 sönüm oranlı ortalama spektrum değerleri, %5 sönüm oranlı elastik tepki spektrumunun 0.2T ile 2T periyot aralığındaki değerlerinin %90'ından az olmamalıdır.

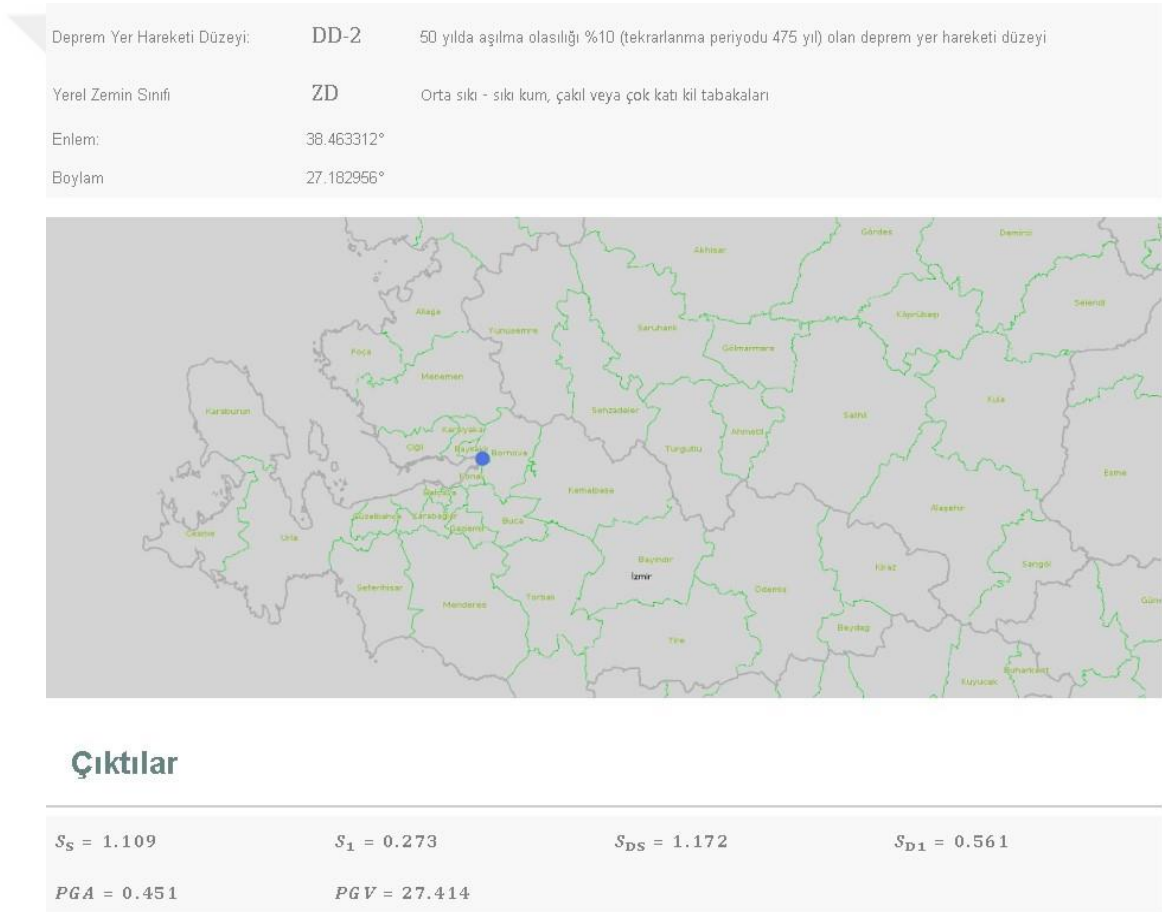
7. SAYISAL ÇALIŞMA

7.1. Yapı Genel Bilgiler

Çalışma kapsamında yer alan yapılar hakkında detaylı bilgiler tez çalışması kapsamında bölüm 3.1’de yer almaktadır.

7.2. Deprem Parametreleri

Çalışma kapsamındaki yapılara ait deprem tasarım parametreleri AFAD tarafından geliştirilen “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması” adlı web sitesinden elde edilmiştir ve aşağıda belirtilmiştir.

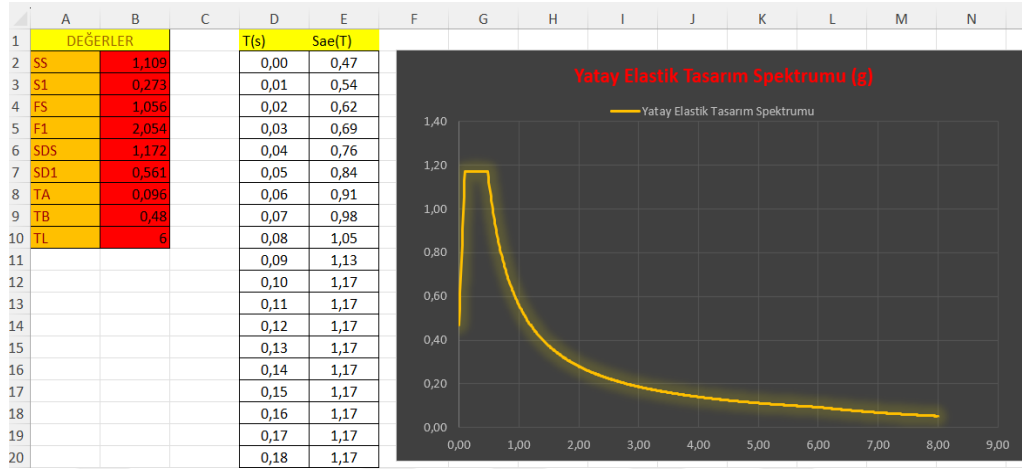


Şekil 36. TDTH interaktif web uygulamasından mevcut konum için verilerin elde edilmesi

(Kaynak: Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (AFAD, 2019a))

(Url: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>)

Elde edilen verilere göre microsoft excel dosyası üzerinde TBDY-2018'e göre yatay elastik spektrum eğrisi Şekil 37'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 37. TBDY-2018'e göre yatay elastik spektrum eğrisinin elde edilmesi

7.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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 a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Şekil 38. Bina önem katsayısı ve bina kullanım sınıfı

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 3.1)

Şekil 38'de yer alan bilgiler ışığında tüm yapılar için BKS=3 ve BÖK (I) değeri 1'dir.

7.4. Deprem Tasarım Sınıfları

TBDY-2018 bölüm 3.2’de, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi kapsamında kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ve bina kullanım sınıflarına bağlı olarak ifade edilen deprem tasarım sınıfları Şekil 39’da görüldüğü gibidir.

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

Şekil 39. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

Çalışma kapsamındaki yapıların bulunduğu konum için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} değeri 1.172 ve BKS=3 olarak elde edilmiştir (Şekil 36 ve Şekil 38). Buna göre mevcut yapılar için deprem tasarım sınıfı Şekil 39’dan DTS=1 olarak elde edilir.

7.5. Bina Yükseklik Sınıfı

TBDY-2018 kapsamında deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak sekiz farklı bina yükseklik sınıfı (BYS) Şekil 40’da görüldüğü gibitanımlanmıştır.

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

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

Şekil 40. Bina yükseklik sınıfları

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 3.3)

Burada H_N binanın toplam yüksekliğini ifade etmektedir. Buna göre çalışma kapsamındaki 10 katlı bina $BYS=4$, 15 katlı bina $BYS=3$ ve 20 katlı bina $BYS=2$ grubuna dahil olmaktadır.

7.6. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

TBDY-2018 kapsamında yapıların taşıyıcı sistem türüne ve bina yükseklik sınıflarına bağlı olarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) değerleri tanımlanmıştır. Çalışma kapsamındaki üç yapıya ait değerler Şekil 41’de görülmektedir.

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m’yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

Şekil 41. Taşıyıcı sistem türüne göre R ve D değerleri

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 4.1)

7.7. Deprem Etkisi Altında Değerlendirilecek Yapılar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımı

TBDY-2018 Bölüm 3.5’e göre deprem etkisi altında yapıların tasarlanması veya değerlendirilmesi aşamasında bazı metodlar şart koşulmuştur. Buna göre deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak yapıların tasarımı veya değerlendirilmesi noktasındaki yaklaşımlar Şekil 42’de görülmektedir.

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar ($BYS = 1$)

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

(c) Mevcut Yerde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ $BYS > 3$ olan binalarda uygulanacaktır.

⁽²⁾ $BYS = 2,3$ olan binalarda uygulanacaktır.

⁽³⁾ Ön tasarım olarak yapılacaktır.

⁽⁴⁾ $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.

⁽⁵⁾ Bkz. 3.5.2.2.

Şekil 42. Yapılar için performans hedefleri ve uygulanacak yaklaşımlar

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 3.4)

Şekil 41'e göre çalışma kapsamında olan mevcut yapılar için elde edilen DTS=1 ve DD-2 için performans hedefi kontrollü hasar (KH), ve değerlendirme yaklaşımı ŞGDT (şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı) olarak elde edilir.

7.8. Yapıların SAP2000 ile Modellenmesi

7.8.1. TBDY-2018'e Göre Modelleme

7.8.1.1. Malzeme özelliklerinin tanımlanması

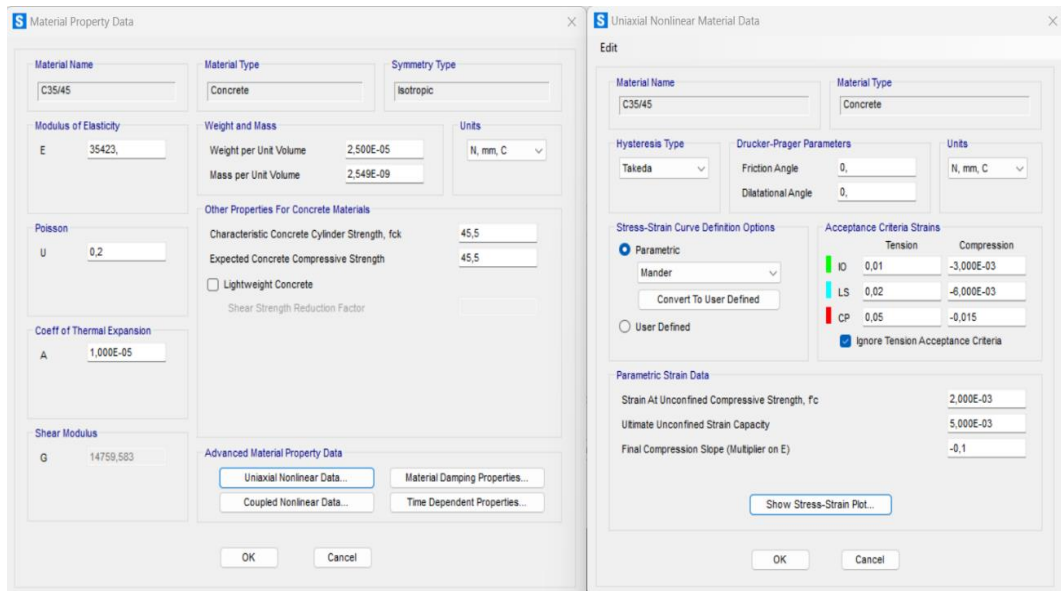
Tablo 5.1. Beklenen (Ortalama) Malzeme Dayanımları

Beton	$f_{ce} = 1.3 f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye} = 1.2 f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye} = 1.5 f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye} = 1.3 f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$

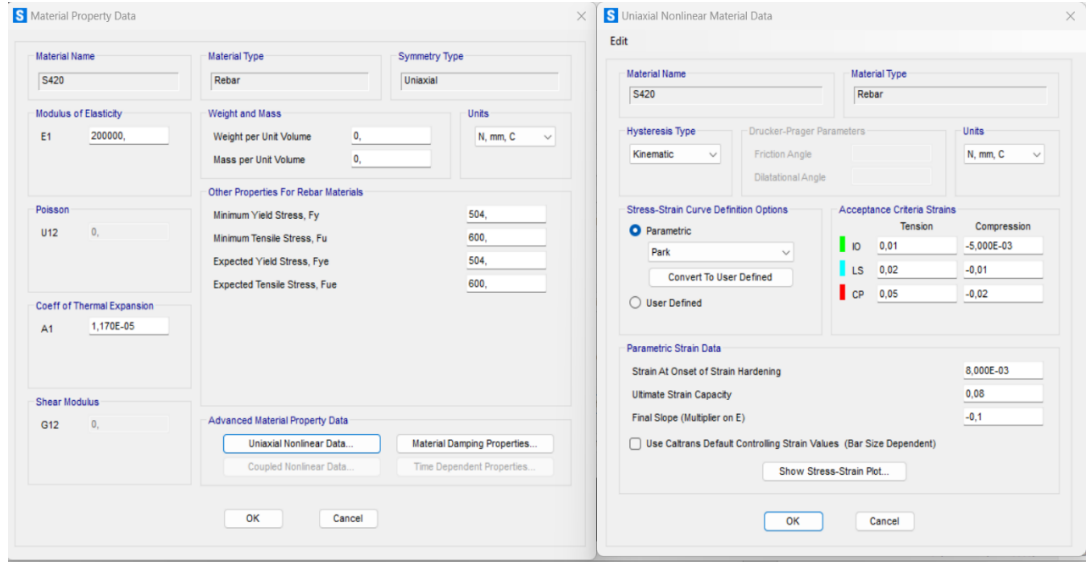
Şekil 43. Beklenen malzeme dayanımları

(Kaynak: TBDY-2018 Tablo 5.1)

TBDY-2018 kapsamında mevcut yapıların değerlendirilmesinde göz önüne alınacak malzeme dayanımları Şekil 43'de yer almaktadır. SAP2000 programına donatı çeliğini ve beton sınıfını tanımlarken bu duruma göre tanımlamalar yapılmıştır.



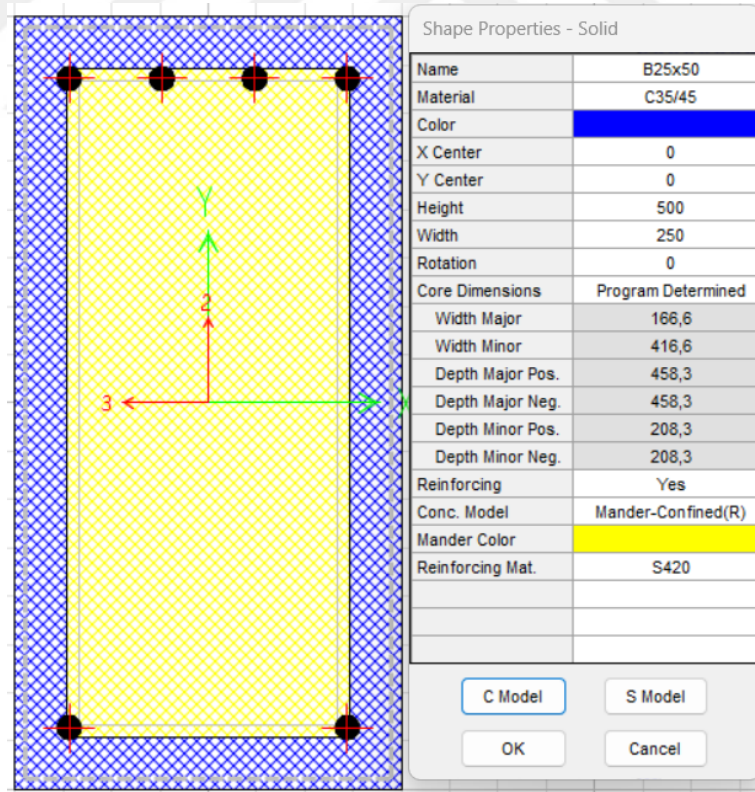
Şekil 44. C35/45 beton malzemenin programa tanıtılması



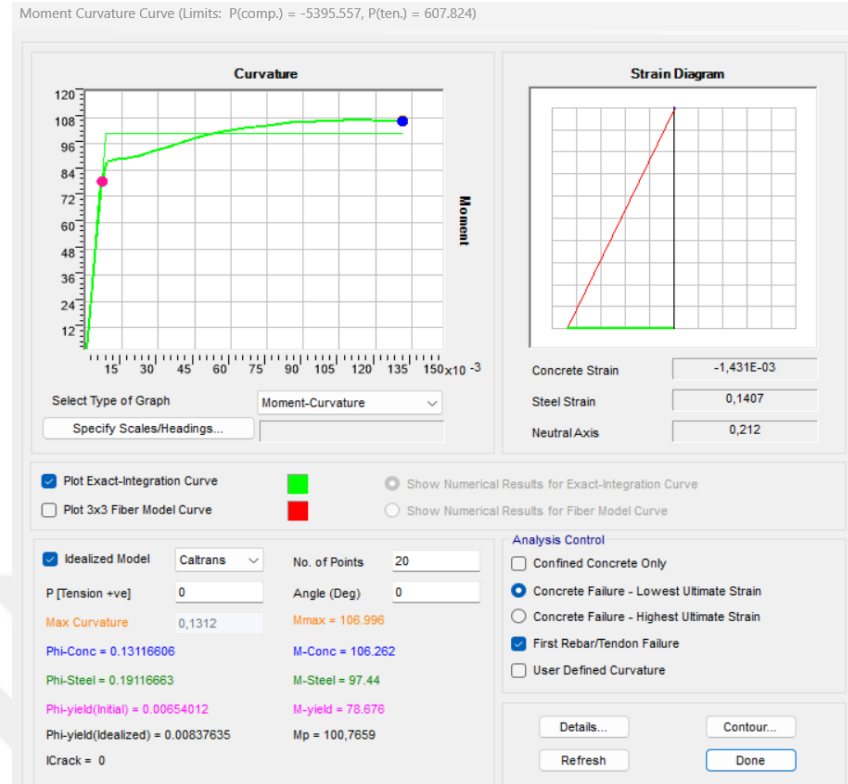
Şekil 45. S420 donatı çeliğinin programa tanıtılması

7.8.1.2. Kesit profillerinin tanımlanması

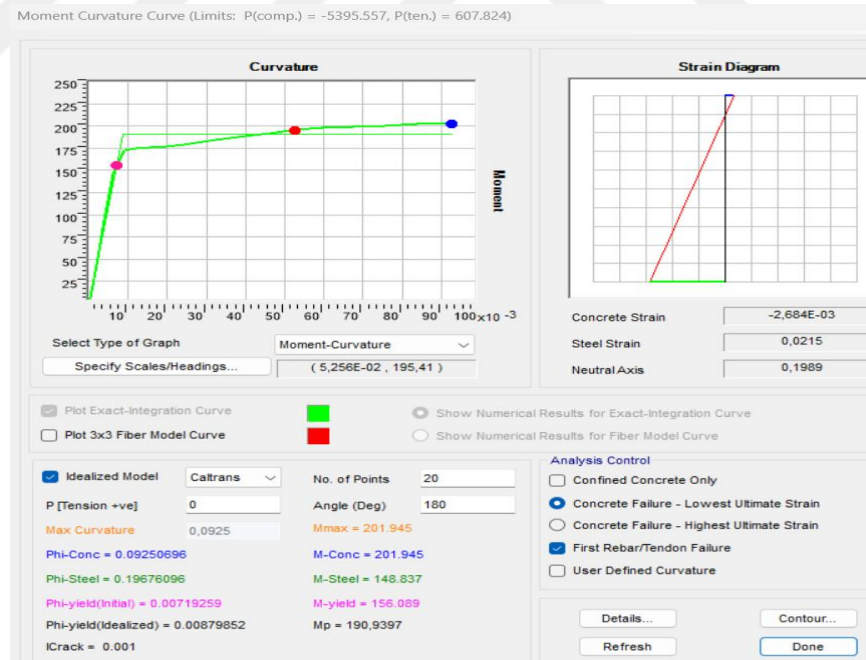
Yapılara ait kesit modelleri aşağıda şekillerde görüldüğü gibi tanımlanmıştır.



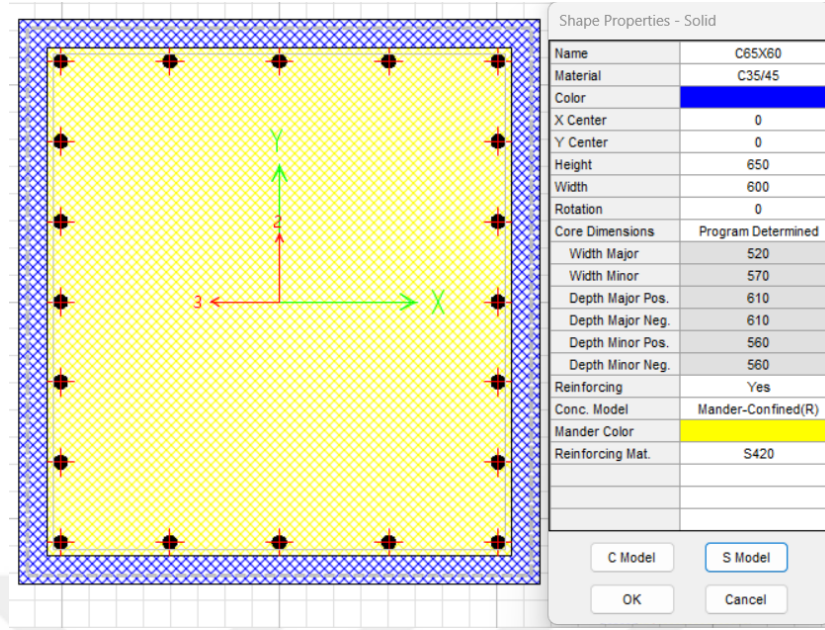
Şekil 46. SAP200’de 10 katlı yapı için kiriş kesitinin oluşturulması



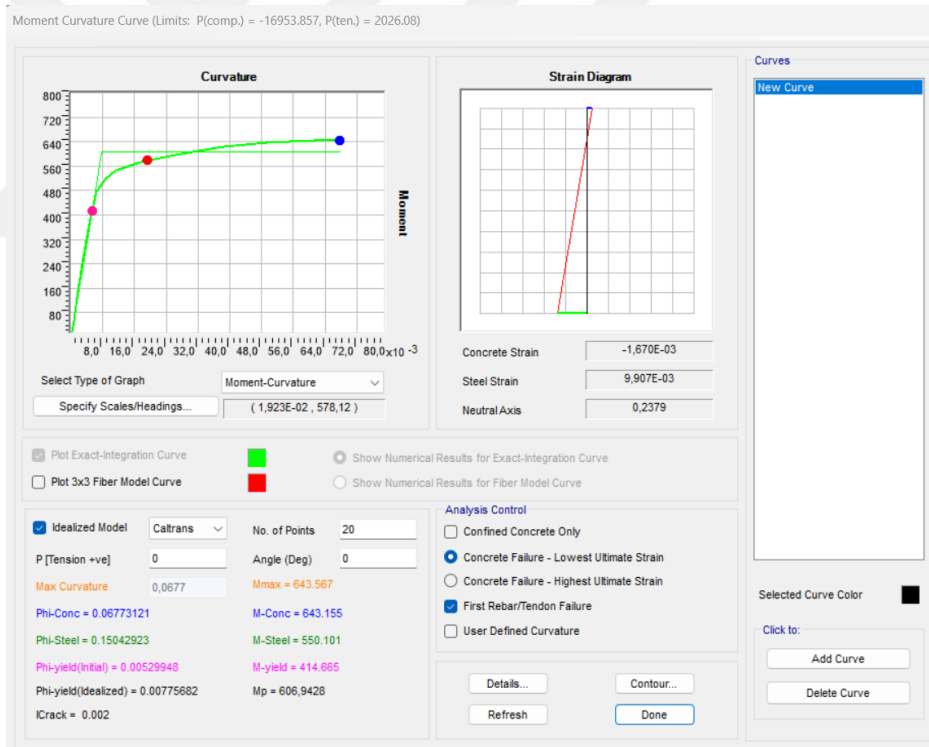
Şekil 47. Tanımlanan kiriş kesiti için moment-eğrilik analizi ($\Theta=0$)



Şekil 48. Tanımlanan kiriş kesiti için moment-eğrilik analizi ($\Theta=180$)

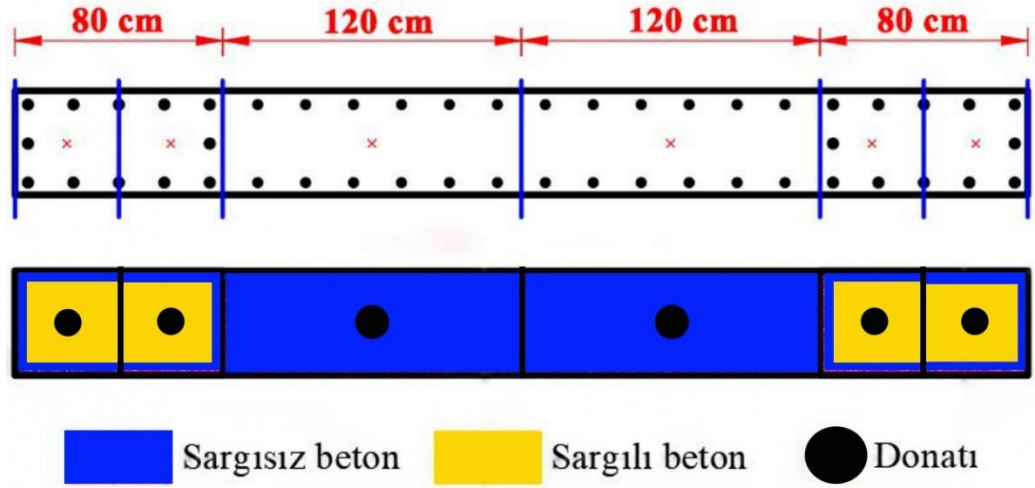


Şekil 49. SAP2002'de 10 katlı yapı için kolon kesitinin oluşturulması

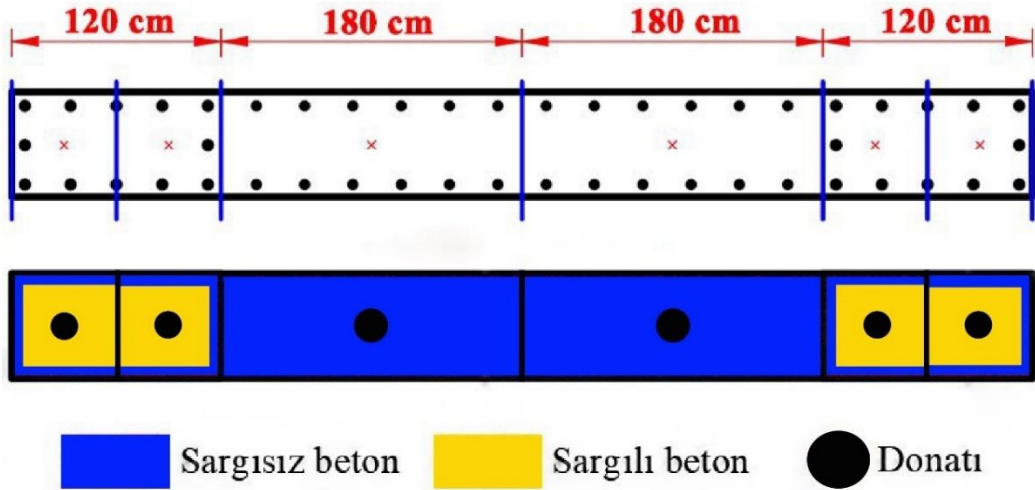


Şekil 50. Tanımlanan kolon kesiti için moment-eğrilik analizi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanıldığı için betonarme perdelerde lif modeli kullanma zorunluluğu TBDY-2018 Bölüm 5.4.3 uyarınca yer almaktadır. Bu durumda aşağıda görülen idealleştirilmiş lif modeli kullanılacak ve yayılı plastik mafsallık davranış göz önünde bulundurulacaktır.



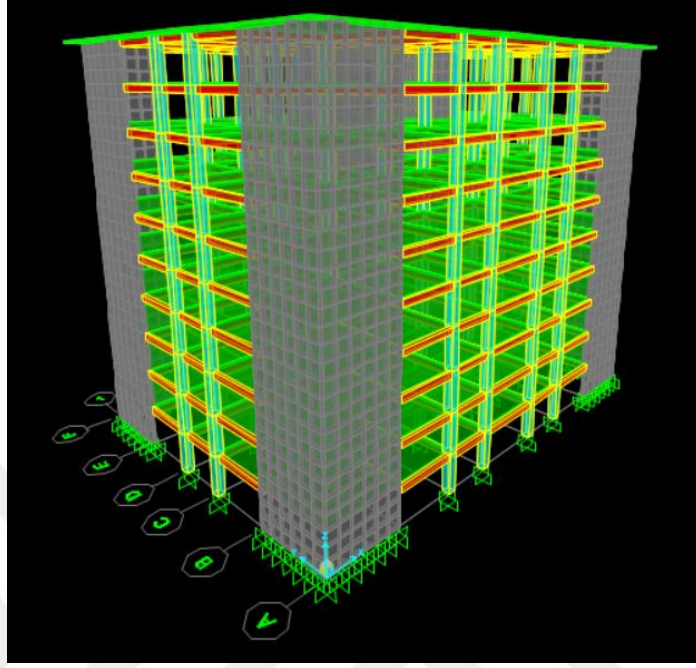
Şekil 51. 4m açıklığa sahip perde duvar kesiti için idealleştirilmiş lif modeli



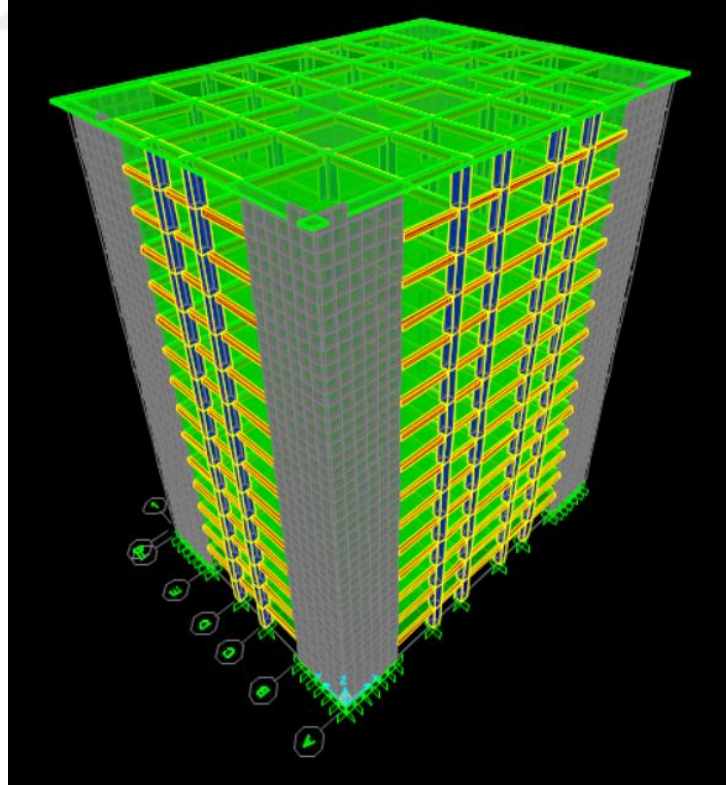
Şekil 52. 6m açıklığa sahip perde duvar kesiti için idealleştirilmiş lif modeli

7.8.1.3. 3D model

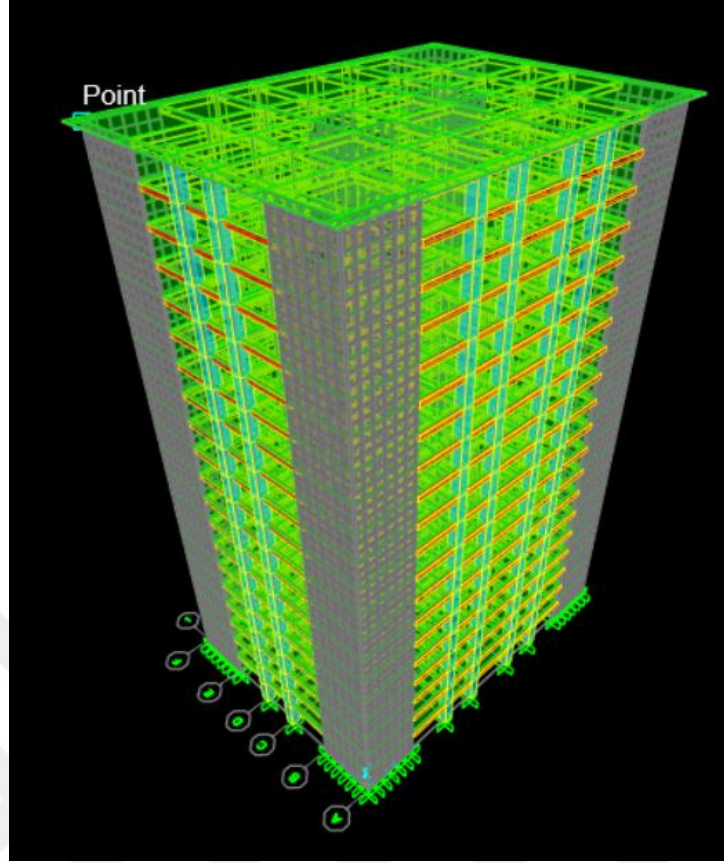
Yapılara ait üç boyutlu görünümler aşağıda yer almaktadır.



Şekil 53. SAP2000'de 10 katlı binanın 3D modeli



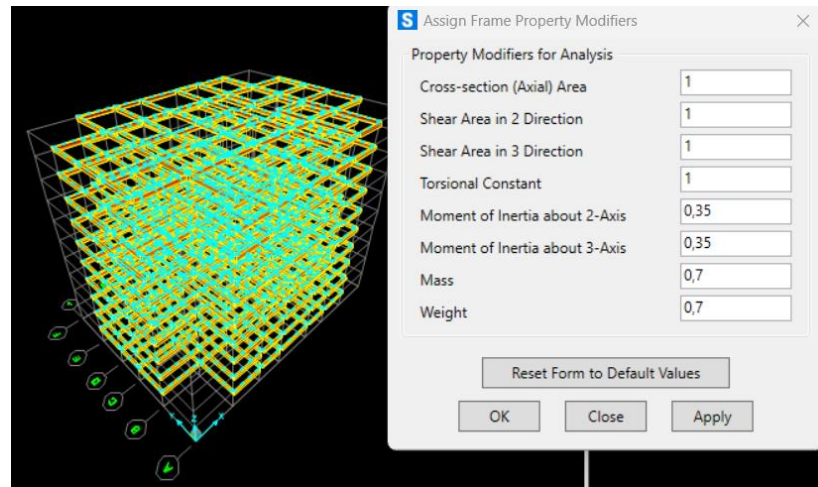
Şekil 54. SAP2000'de 15 katlı binanın 3D modeli



Şekil 55. SAP2000'de 20 katlı binanın 3D modeli

7.8.1.4. Etkin kesit rijitlik çarpanlarının atanması

Yapı elemanlarına TBDY-2018 Tablo 4.2 uyarınca etkin kesit rijit çarpanları şekillerde görüldüğü gibi tanımlanmıştır.



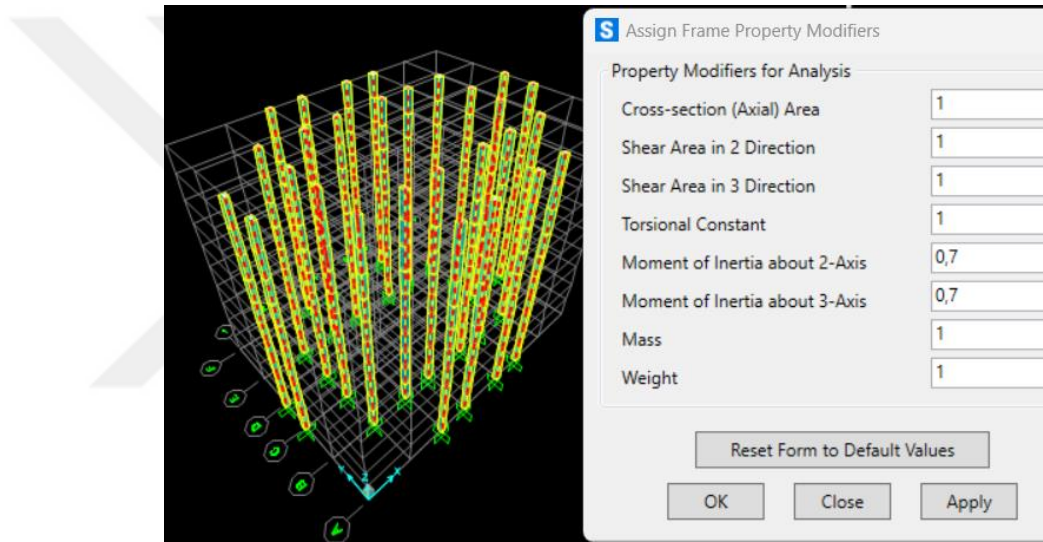
Şekil 56. Kirişler için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması

Burada ağırlık ve kütle kat sayısının girilmesi programın arayüzü ile alakalıdır. SAP2000 programında kolonlar ve kirişler modellendikten sonra döşemeler modellenirken, program döşemeyi kiriş yokmuş gibi kirişin mevcut konumunu kapsayacak şekilde tanımlamaktadır. Yani döşeme kalınlığı yüksekliğinde ve kiriş genişliği kadar bir alan program tarafından tekrardan hesaba katılmaktadır. Bu ekstra yapı ağırlığını azaltmak için aşağıda görüldüğü gibi hesap yapılarak kirişlerin ağırlığı ve kütlesi azaltılmıştır.

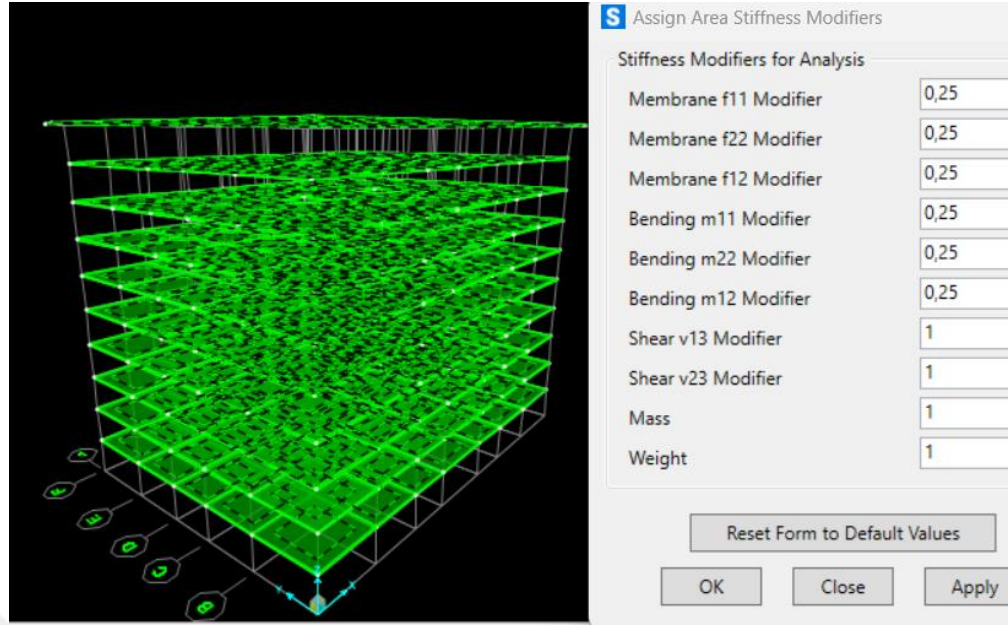
Kirişler (bxh):25cmx50cm, Döşemeler: 15cm

Döşeme yüksekliğinin kiriş kesitinin yüksekliğine oranı kadar bir azaltma gerekmektedir.

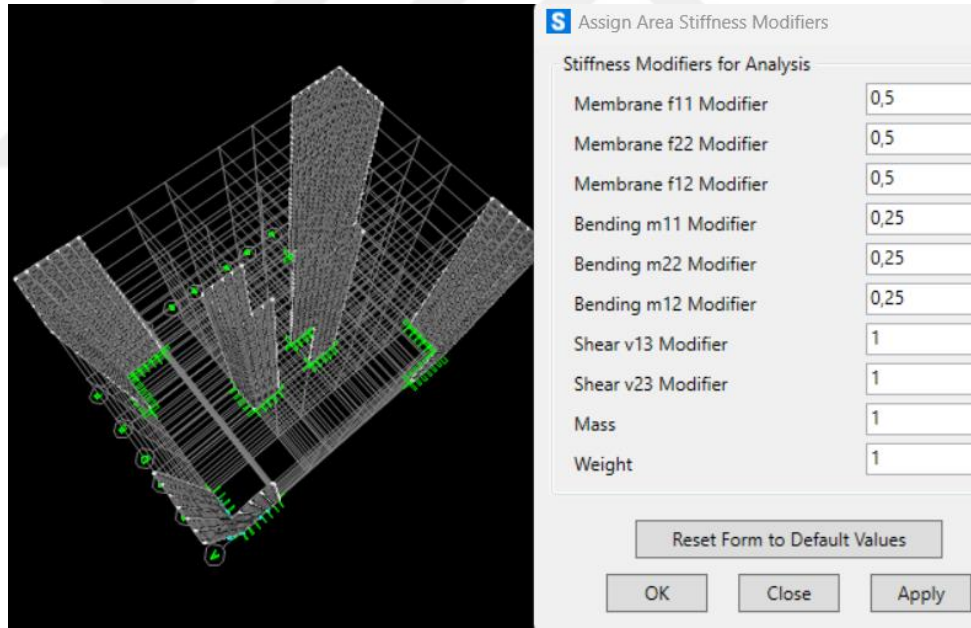
$$15/50 = 0.3 > 1-0.3=0.7$$



Şekil 57. Kolonlar için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması



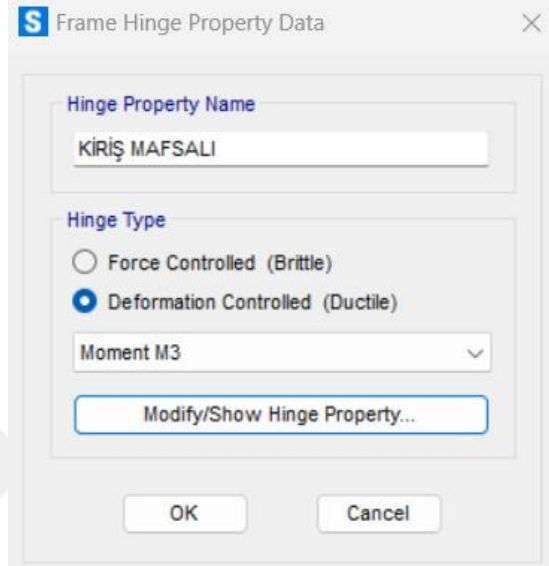
Şekil 58. Döşemeler için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması



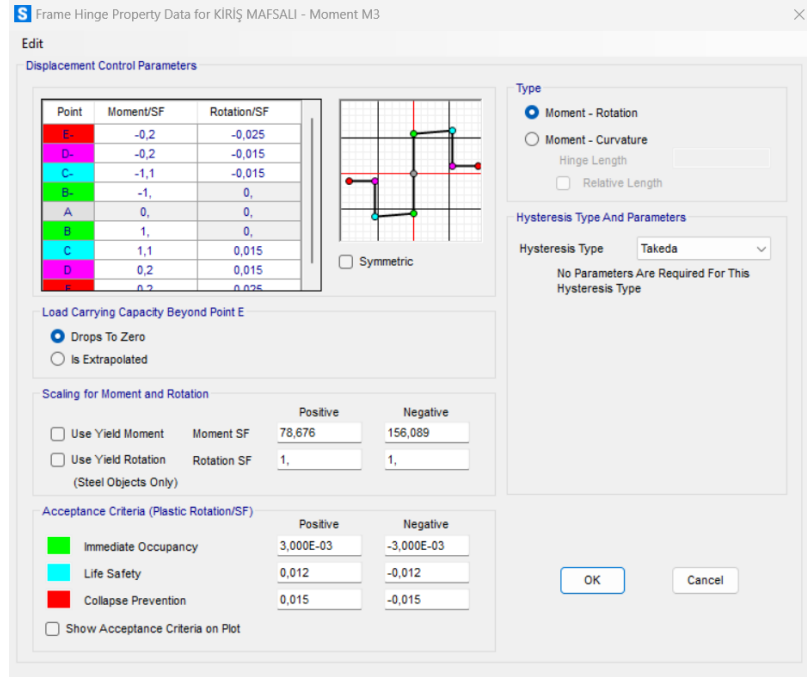
Şekil 59. Perde duvarlar için kesit rijitlik çarpanlarının tanımlanması

7.8.1.5. Plastik mafsalları atamaları

Kolonlar ve kirişler için TBDY-2018 kapsamında yer alan yığılı plastik modeli tercih edilmiştir. İlgili model için şartlar göz önünde bulundurulmuştur. Perde duvarlar için TBDY-2018 Bölüm 5.4.3 dikkate alınarak yayılı plastik modeli tercih edilmiştir.

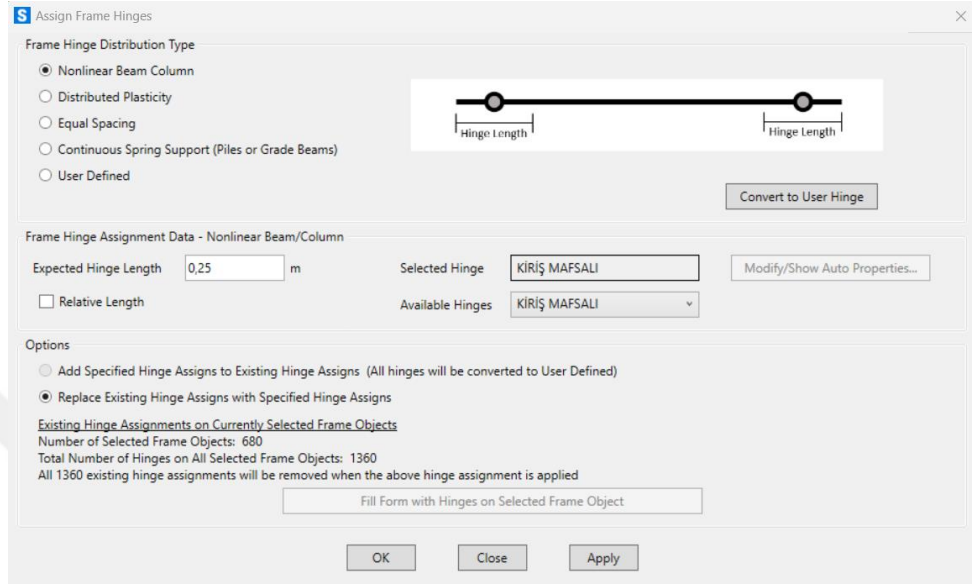


Şekil 60. Kirişler için deplasman kontrollü plastik mafsalları türünün seçilmesi

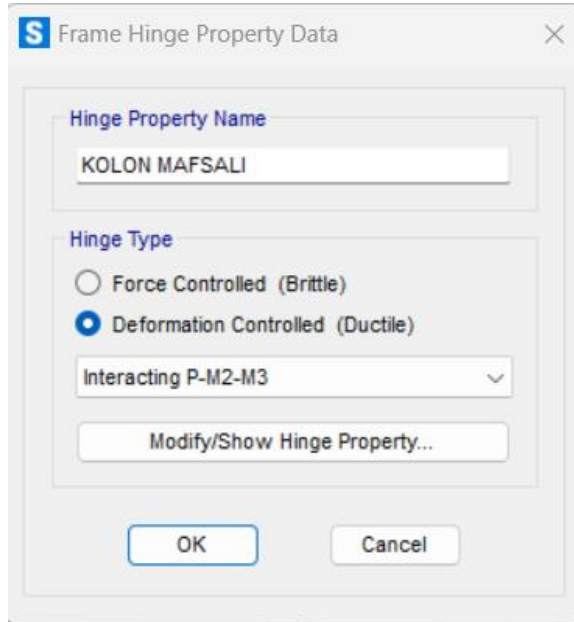


Şekil 61. Plastik mafsalları değerlerinin girilmesi

Buradaki değerler ilgili kiriş kesitinin moment-eğrilik analizi sonuçlarından elde edilmiştir ve programa tanıtılmıştır. Tanıtma işlemi yapıldıktan sonra kiriş elemanları seçilerek aşağıdaki gibi plastik mafsallar atanmıştır. Plastik mafsal boyu tez çalışması kapsamındaki Denklem 1’den faydalanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 62. Kirişler için plastik mafsal ataması



Şekil 63. Kolonlar için deplasman kontrollü plastik mafsal türünün seçilmesi

S Frame Hinge Property Data for KOLON MAFSALI - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

☐ SF is Yield Rotation per ASCE 41-13 Eqn. 9-2 (Steel Objects Only)

☒ User SF

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition

☐ Moment Rotation Dependence is Circular

☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

1 Specify curves at angles of 0° and 90°.

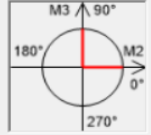
2 If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces

Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles



Şekil 64. Plastik mafsal değerlerinin girilmesi

S Assign Frame Hinges

Frame Hinge Distribution Type

☒ Nonlinear Beam Column

☐ Distributed Plasticity

☐ Equal Spacing

☐ Continuous Spring Support (Piles or Grade Beams)

☐ User Defined

Frame Hinge Assignment Data - Nonlinear Beam/Column

Expected Hinge Length m

Selected Hinge

☐ Relative Length

Available Hinges

Options

☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns (All hinges will be converted to User Defined)

☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns

Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects

Number of Selected Frame Objects: 280

Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 565

All 565 existing hinge assignments will be removed when the above hinge assignment is applied



Şekil 65. Kolonlar için plastik mafsal ataması

7.8.1.6. Yapıya etkiyen yükler

a) Ölü yükler

Döşemeler üzerindeki ölü yükler (normal kat döşemeleri):

Mermer kaplama: $0.03 \times 27 = 0.81 \text{ kN/m}^2$

Şap+Tesviye harcı: $0.05 \times 21 = 1.05 \text{ kN/m}^2$

Sıva: $0.02 \times 20 = 0.4 \text{ kN/m}^2$

Toplam: 2.26 kN/m^2

Kirişler üzerindeki ölü yükler (normal kat döşemeleri):

Kenar kirişlerde sıvalı tuğla ağırlık: 4.2 kN/m^2

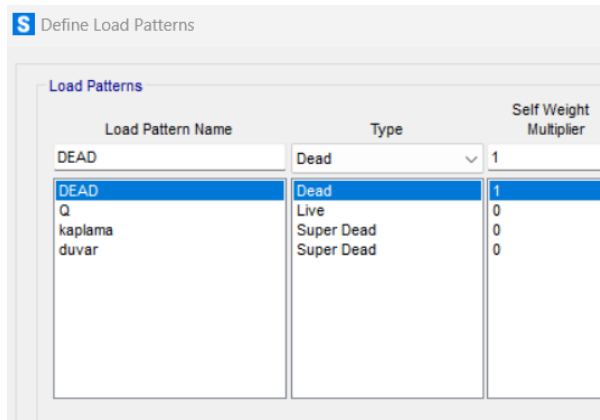
İç aks kirişlerinde boşluklu tuğla sıvalı ağırlık: 2.5 kN/m^2

Çatı katı kirişleri için herhangi bir yük değeri ele alınmamıştır. Çatı katı döşemeleri için ölü yük değeri ise 1 kN/m^2 olarak değerlendirilmiştir.

b) Hareketli yükler

Yapılar konut binası olduğu için TS-498 (2021) çizelge 6'ya göre döşemeler için hareketli yük değeri 2 kN/m^2 olarak ele alınmıştır. Çatı katı döşemeleri için de TS-498 kapsamında çizelge 6'da yer alan zaman zaman kullanılan çatılar ifadesine istinaden hareketli yük değeri 2 kN/m^2 olarak ele alınmıştır.

7.8.1.7. Yük kombinasyonları



Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier
DEAD	Dead	1
DEAD	Dead	1
Q	Live	0
kaplama	Super Dead	0
duvar	Super Dead	0

Şekil 66. Yüklerin tanıtılması

Mass Source Name: W

Mass Source:

- ☐ Element Self Mass and Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns:

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1,
DEAD	1,
kaplama	1,
duvar	1,
Q	0,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 67. Kütlenin tanıtılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için ön koşul olan doğrusal olmayan itme yüklemesi aşağıda tanımlanmıştır.

Load Case Name: push-Q

Load Case Type: Static

Analysis Type: Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: P-Delta

Mass Source: W

Loads Applied:

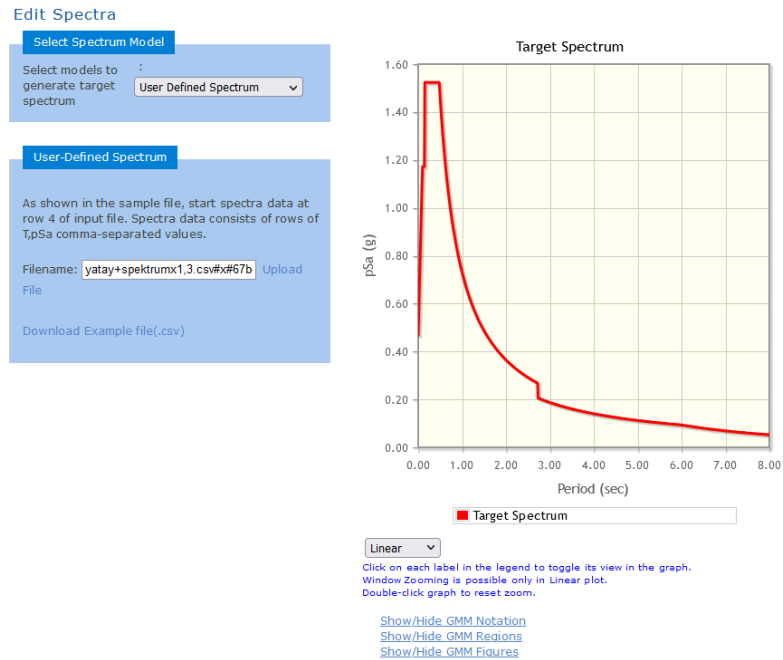
Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1,
Load Pattern	DEAD	1,
Load Pattern	duvar	1,
Load Pattern	kaplama	1,
Load Pattern	Q	0,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 68. Doğrusal olmayan itme yüklemesi

7.8.1.8. Seçilen deprem kayıtları

Öncelikle olarak yapıların bulunduğu konum için AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulamasından elde edilen rapordaki değerler ile TBDY-2018 bölüm 2.3.4'te yer alan yatay elastik tasarım spektrum denklemleri kullanılarak Microsoft excel üzerinde spektrum eğrisi elde edilmiştir (Şekil 37). Daha sonra yapılara ait titreşim periyotlarından en küçük değer ile en büyük değer baz alınarak elde edilen spektrum eğrisinin 0.2Tp ile 1.5Tp değer aralığı tespit edilmiştir. TBDY-2018 Bölüm 2.5.1'de yer alan bilgiler doğrultusunda seçilen deprem kayıtlarının her iki doğrultusunun spektrum değerlerinin kareleri toplamının karekökü alınarak oluşturulan bileşke spektrumun 0.2Tp ile 1.5Tp değer aralığındaki genlik değerlerine oranının 1.3 ve üzeri olma yani en az %30 fazlası durumundan kaynaklı olarak elde edilen elastik tasarım spektrumunun 0.2Tp ile 1.5Tp aralığındaki genlik değerleri %30 arttırılarak PEER veri tabanına kullanıcı tanımlı (user defined) spektrum olarak kaydedilmiştir. Daha sonra fay tipi, büyüklük, deprem merkezine olan mesafe ve kayma dalga hızı parametreleri uygun şekilde seçilerek deprem kayıtları seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtları PEER veri tabanının sunmuş olduğu ölçeklendirme metodu ile ölçeklendirilip, TBDY-2018 kapsamında 0.2Tp ile 1.5Tp aralığı genlik değerlerinin %30 fazlası şeklinde oluşturulan spektrum eğrisi ile kıyaslanarak sağlama yaptığı görülmüştür.



Şekil 69. PEER veri tabanına kullanıcı tanımlı spektrumun yüklenmesi

Deprem yer hareketi kayıtları için arama kriterleri, AFAD tarafından geliştirilen TADAS interaktif web uygulaması aracılığıyla yapıların konumuna en yakın istasyon kayıtları, diri fay hatları incelenerek ve TBDY 2018 kapsamında yer alan zemin özellikleri dikkate alınarak aşağıda belirtildiği gibi tanımlanmıştır.

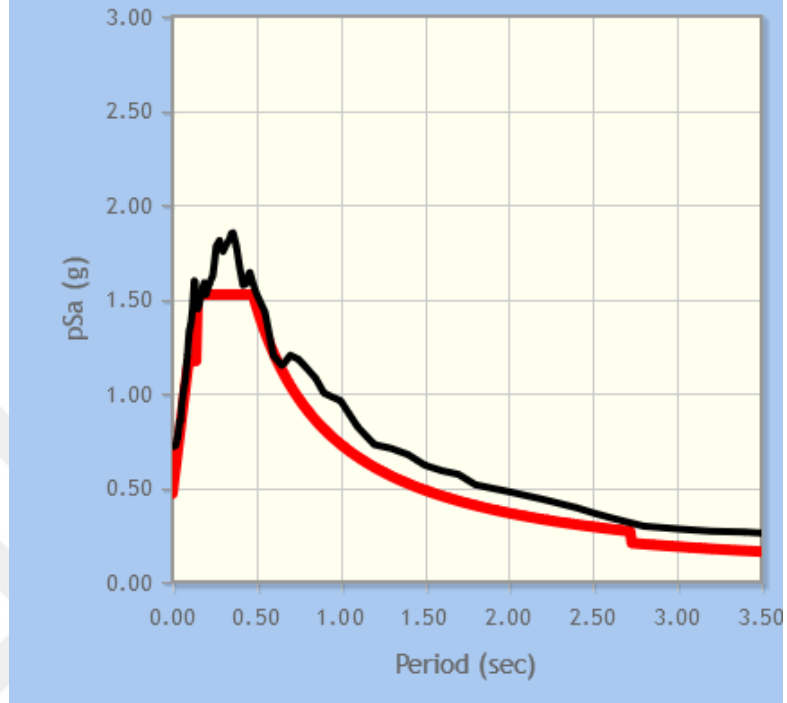
The screenshot displays the 'Edit Search' interface of the TADAS web application. It is divided into several sections: 'Search', 'Suite', 'Scaling', and 'Weight Function'. The 'Search' section includes fields for 'Record Characteristics' (RSN(s), Event Name, Station Name) and 'Search Parameters' (Fault Type, Magnitude, RJB(km), Rrup(km), Vs30(m/s), D5-95(sec), Pulse). The 'Suite' section has dropdowns for 'Spectral Ordinate' (SRSS), 'Damping Ratio' (5%), and 'Suite Average' (Arithmetic). The 'Scaling' section shows 'Scaling Method' (Minimize MSE) and a description of MSE. The 'Weight Function' section includes 'Period Points' (0.1, 1, 10) and 'Weights' (1, 1, 1), with a graph showing the weight function W over a period of 0.00 to 10.00 seconds.

Şekil 70. Deprem yer hareketi kayıtları için arama ve ölçeklendirme kriterleri

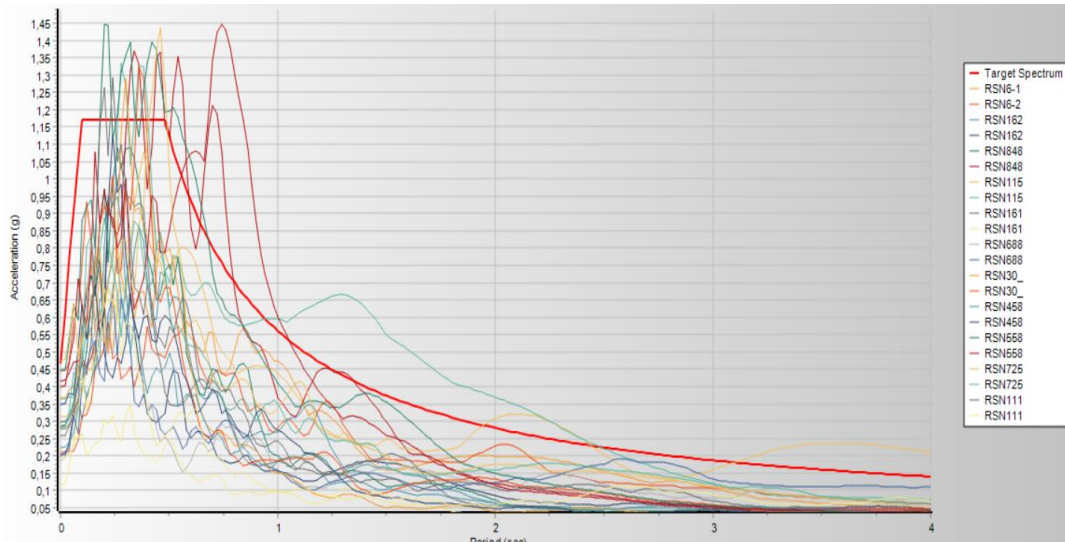
Tablo 21. Seçilen deprem kayıtlarına ait bazı bilgiler

PEER Kayıt No	Yer	İstasyon	Büyüklik (Mw)	Fay Tipi	Kayma Dalga Hızı (m/s)	Rjb (km)	Ölçeklendirme Katsayısı
6	Imperial Valley	El Centro Array	6.95	Yanal Atımlı	213.44	6.09	2.11
30	Parkfield	Cholame Shandon Array	6.19	Yanal Atımlı	289.56	9.58	1.47
162	Imperial Valley	Calexico Fire Station	6.53	Yanal Atımlı	231.23	10.45	2.07
458	Morgan Hill	Gilroy Array	6.19	Yanal Atımlı	349.85	13.01	1.72
558	Chalfant Valley	Zack Brothers Ranch	6.19	Yanal Atımlı	316.19	6.44	1.13
725	Superstition Hills	Poe Road	6.54	Yanal Atımlı	316.64	11.16	1.63
848	Landers	Coolwater	7.28	Yanal Atımlı	352.98	19.74	1.5
1118	Kobe, Japan	Tadoka	6.9	Yanal Atımlı	312.0	31.69	1.26
1158	Kocaeli, Turkey	Düzce	7.51	Yanal Atımlı	281.86	13.6	2.04
1615	Duzce, Turkey	Lamont	7.14	Yanal Atımlı	338	9.14	2.33
6886	Darfield, New Zealand	Christchurch Hospital	7	Yanal Atımlı	194	18.4	2.64

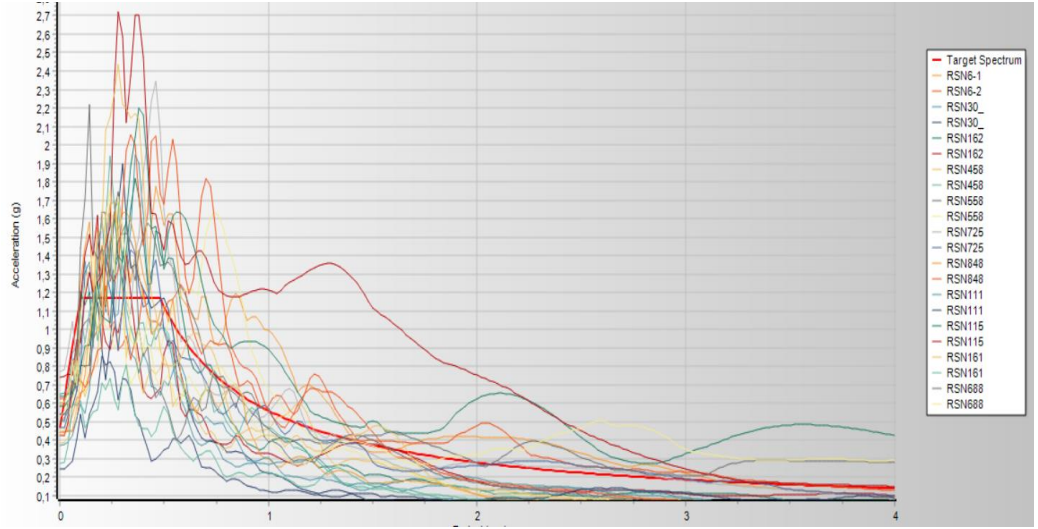
Seçilen deprem kayıtları PEER veri tabanının sunmuş olduğu ölçeklendirme işlemi uygulanmış olup elde edilen ortalama spektrum eğrisi aşağıda siyah renkle gözükmektedir. Kırmızı renkli spektrum ise TBDY-2018'e göre hedef spektrumdur.



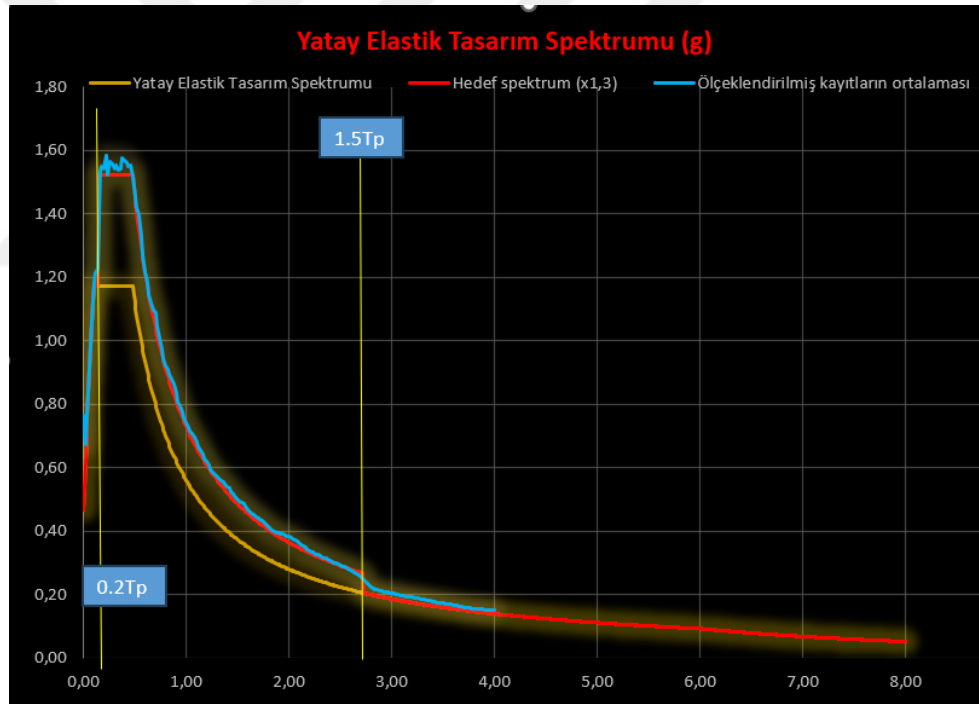
şekil 71. PEER veri tabanında seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumu



şekil 72. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmemiş halde SeismoMatch programında görünümü



Şekil 73. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş hali

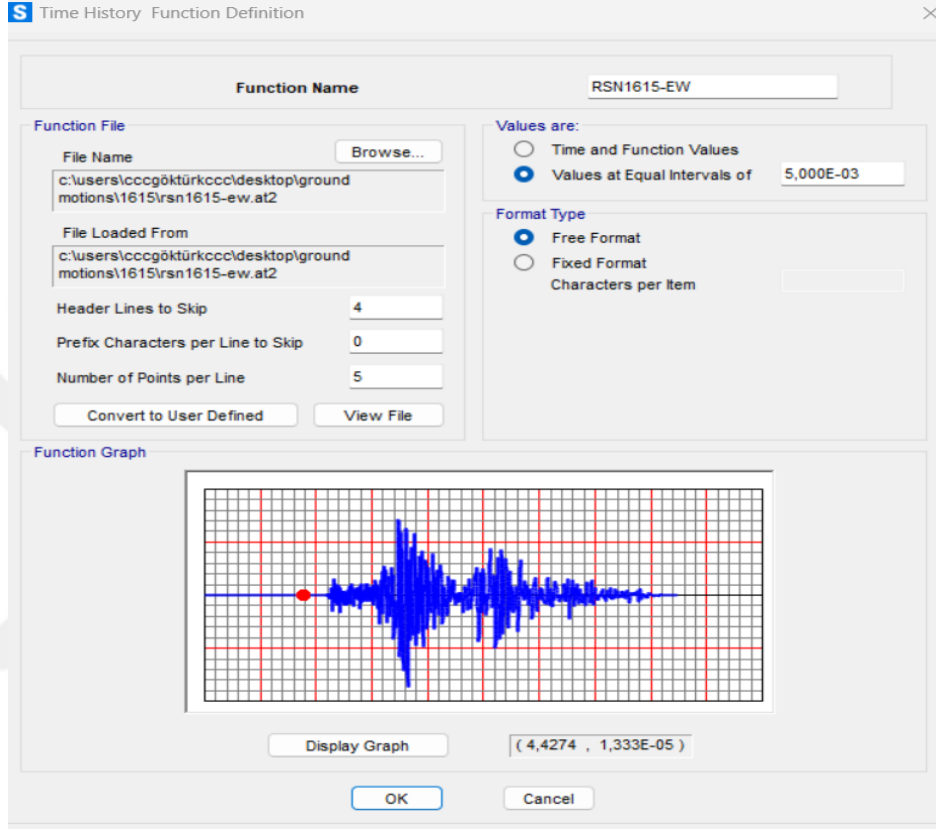


Şekil 74. Elde edilen spektrum eğrilerin karşılaştırılması

SeismoMatch programı aracılığıyla ölçeklendirilen ivme kayıtlarının ortalama spektrum eğrisi elde edilmiştir ve excel grafiği üzerinde yönetmelik kapsamında elde edilen spektrum eğrisi, hedeflenen spektrum eğrisi ve ortalama spektrum eğrisi şekilde görüldüğü üzere kıyaslanmıştır. Böylece PEER veri tabanından elde edilen ölçekleme katsayılarının doğruluğu tespit edilmiştir.

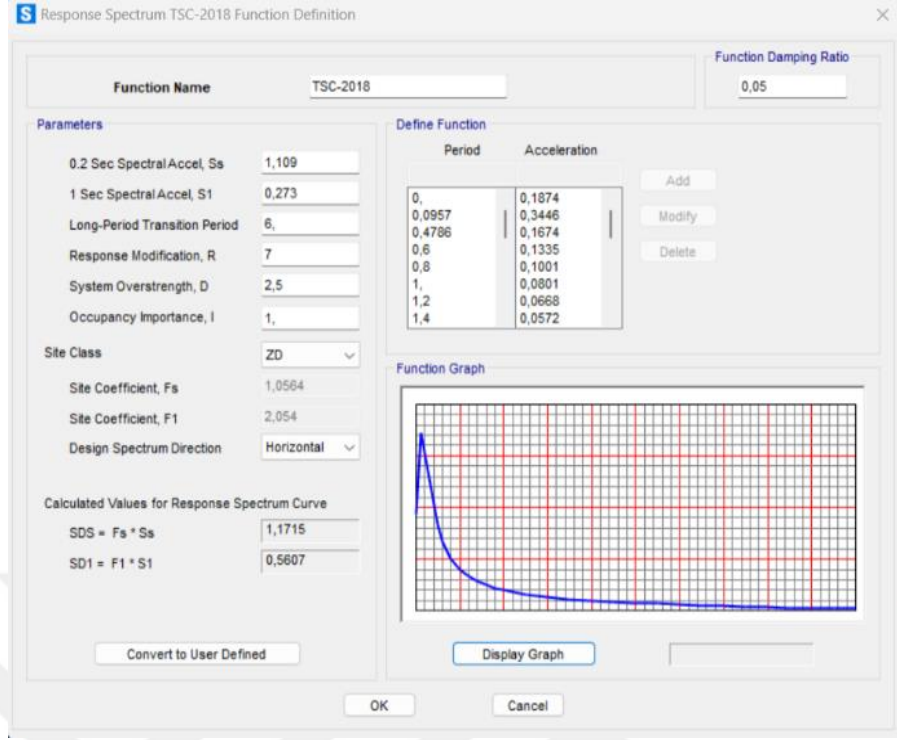
7.8.1.9. Seçilen deprem kayıtlarının programa tanıtılması

Seçilen deprem kayıtları programa uygun formatta tanıtılmıştır ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan yük tanımlaması için gereken işlemler yapılmıştır. Detaylar aşağıda görsellerde yer almaktadır.



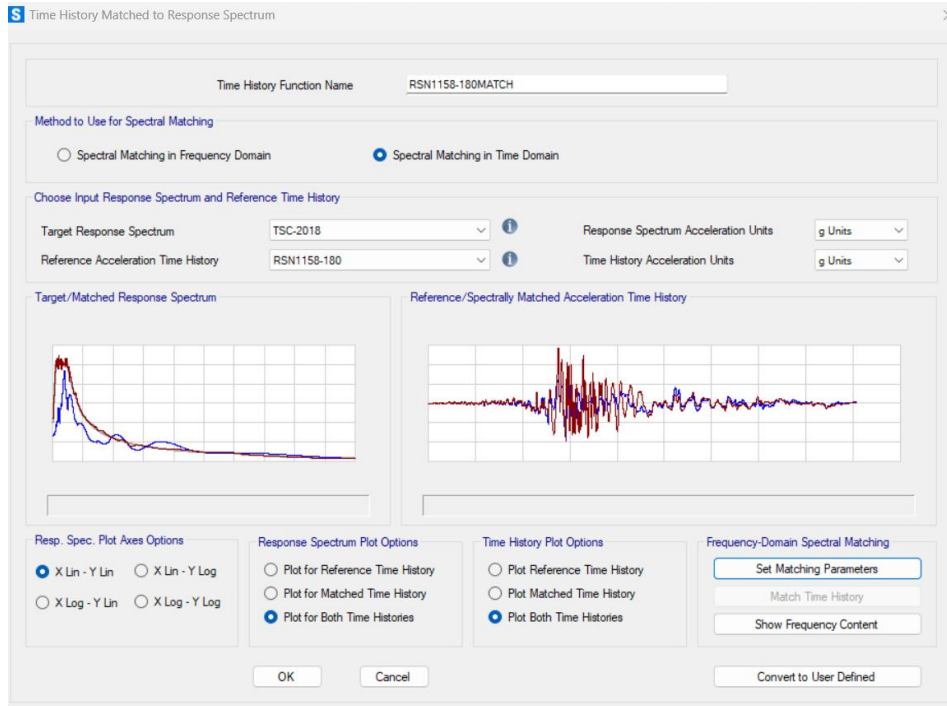
Şekil 75. Deprem ivme kaydının programa tanıtılması

Seçilmiş olan 11 adet deprem kaydının 22 bileşeni yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi tanımlanmıştır. Daha sonra mevcut konum için elde edilen deprem parametrelerine göre tepki spektrum eğrisi tanımlanmıştır.



Şekil 76. TBDY-2018'e göre tepki spektrumun programa tanımlanması

Tepki spektrumun tanımlanmasından sonra deprem ivme kayıtlarının her bir bileşeni sırasıyla tepki spektrumu ile eşleştirilmiştir.



Şekil 77. Deprem ivme kaydının zaman aralığında tepki spektrumu ile eşleştirilmesi

Deprem ivme kayıtlarına ait her bir bileşen şekilde görüldüğü gibi eşleştirilmiştir. Eşleştirme işlemleri bittikten doğrusal olmayan itme yüklemesine bağlı zaman tanım alanında doğrusal olmayan yük fonksiyonu aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: THRSN6-ANG0 **Set Def Name** **Notes:** Modify/Show...

Initial Conditions:
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case **PUSH-Q**
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:
 Use Modes from Case

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RSN6-180MATC	20,693
Accel	U2	RSN6-270MATC	20,693

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:
 Number of Output Time Steps: 5372
 Output Time Step Size: 0,1

Other Parameters:
 Damping: Modal **Modify/Show...**
 Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor **Modify/Show...**
 Nonlinear Parameters: Default **Modify/Show...**

Load Case Type: Time History **Design...**

Analysis Type:
☐ Linear ☒ Nonlinear
☐ Modal ☒ Direct Integration

Solution Type:
☐ P-Delta ☒ P-Delta plus Large Displacements

Geometric Nonlinearity Parameters:
☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type:
☒ Transient ☐ Consider Collapse
☐ Periodic

Mass Source: W

OK **Cancel**

Şekil 78. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yüklemenin tanımlanması

Burada “scale factor” olarak geçen ölçekleme katsayısı PEER veri tabanından elde edilen katsayı ile yer çekim ivmesinin çarpılması sonucu elde edilir. SAP2000 programında bu yüklemeler yapılırken “kN, m” biriminde çalışmak yapılacak olan yüklemeyi doğru kılacaktır. Aksi takdirde hatalı sonuçlara sebep vermektedir. PEER’den indirilen ivme kayıt dosyasında yer alan bilgilere göre diğer bilgiler düzenlenmiştir. Yukarıda tanımlanan yüklemenin TBDY-2018 kapsamında yer alan koşul sebebiyle 90 derece döndürülmüş şekli aşağıda tanımlanmıştır.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: THRSN6-ANG90 **Set Def Name** **Notes**: Modify/Show...

Initial Conditions: ☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case **PUSH-Q**

Modal Load Case: Use Modes from Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RSN6-180M/	20,693
Accel	U2	RSN6-180MATC	20,693
Accel	U1	RSN6-270MATC	20,693

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data: Number of Output Time Steps: 5372 Output Time Step Size: 0,1

Other Parameters: Damping: Modal Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor Nonlinear Parameters: Default

Analysis Type: ☐ Linear ☒ Nonlinear **Solution Type**: ☐ Modal ☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters: ☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type: ☒ Transient ☐ Periodic ☐ Consider Collapse

Mass Source: W

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 79. Tanımlanan yüklemenin 90 derece döndürülmüş şekli

Toplam 22 adet analiz yüklemesi belirtilen koşullarda tanımlanmıştır ve analizler gerçekleştirilmiştir.

7.8.2. Eurocode 8'e Göre Modelleme

7.8.2.1. Malzeme özelliklerinin tanımlanması

Eurocode 8'e göre mevcut yapıların değerlendirilmesine ilişkin literatür çalışmaları ve yönetmelikte kapsamındaki kriterler ışığında malzeme bilgilerinin programa tanımlanması Şekil 80 ve Şekil 81'de yer almaktadır.

S Material Property Data

Material Name: C35/45

Material Type: Concrete

Symmetry Type: Isotropic

Modulus of Elasticity: E = 33000,

Poisson: U = 0,2

Coeff of Thermal Expansion: A = 1,000E-05

Shear Modulus: G = 13750,

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 2,500E-05, Mass per Unit Volume = 2,549E-09

Units: N, mm, C

Other Properties For Concrete Materials: Characteristic Concrete Cylinder Strength, fck = 35, Expected Concrete Compressive Strength = 35, ☐ Lightweight Concrete, Shear Strength Reduction Factor =

Advanced Material Property Data: Uniaxial Nonlinear Data..., Material Damping Properties..., Coupled Nonlinear Data..., Time Dependent Properties...

OK Cancel

Şekil 80. C35/45 sınıfı betonun tanımlanması

S Material Property Data

Material Name: S420

Material Type: Rebar

Symmetry Type: Uniaxial

Modulus of Elasticity: E1 = 200000,

Poisson: U12 = 0,

Coeff of Thermal Expansion: A1 = 1,170E-05

Shear Modulus: G12 = 0,

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 0, Mass per Unit Volume = 0,

Units: N, mm, C

Other Properties For Rebar Materials: Minimum Yield Stress, Fy = 420, Minimum Tensile Stress, Fu = 500, Expected Yield Stress, Fye = 420, Expected Tensile Stress, Fue = 500,

Advanced Material Property Data: Uniaxial Nonlinear Data..., Material Damping Properties..., Coupled Nonlinear Data..., Time Dependent Properties...

OK Cancel

Şekil 81. Çelik malzemenin tanımlanması

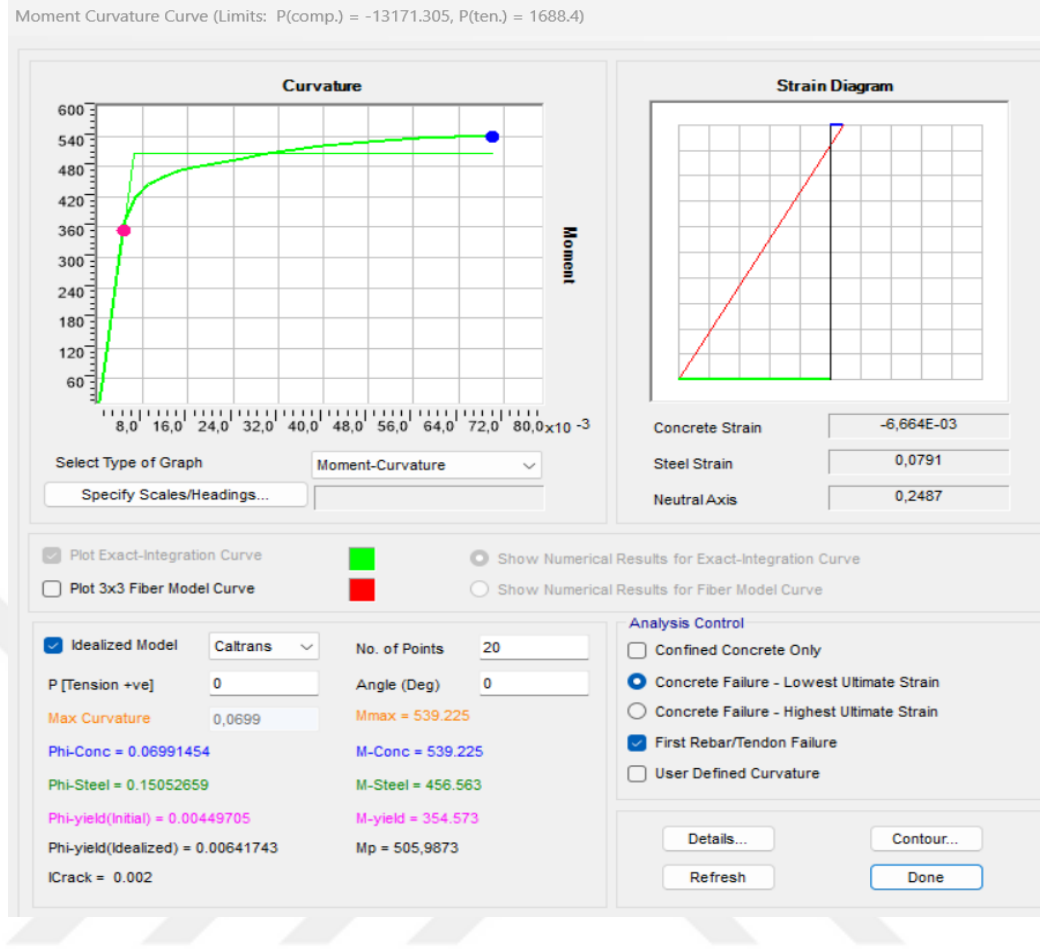
7.8.2.2. Kesit profillerine ait moment eğrilik analizi



Şekil 82. 10 katlı yapının kiriş modeline ait moment-eğrilik analizi ($\Theta=0$)



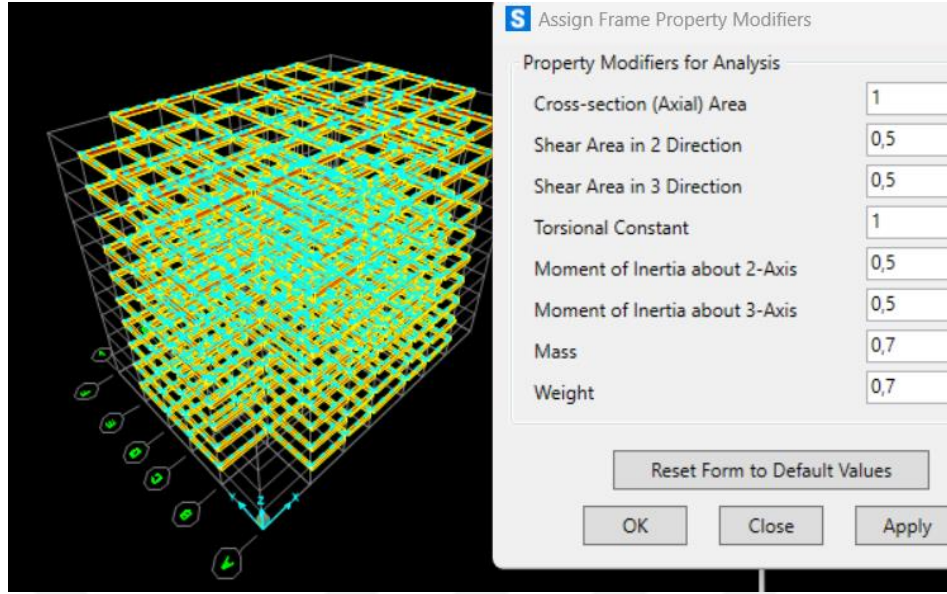
Şekil 83. 10 katlı yapının kiriş modeline ait moment-eğrilik analizi ($\Theta=180$)



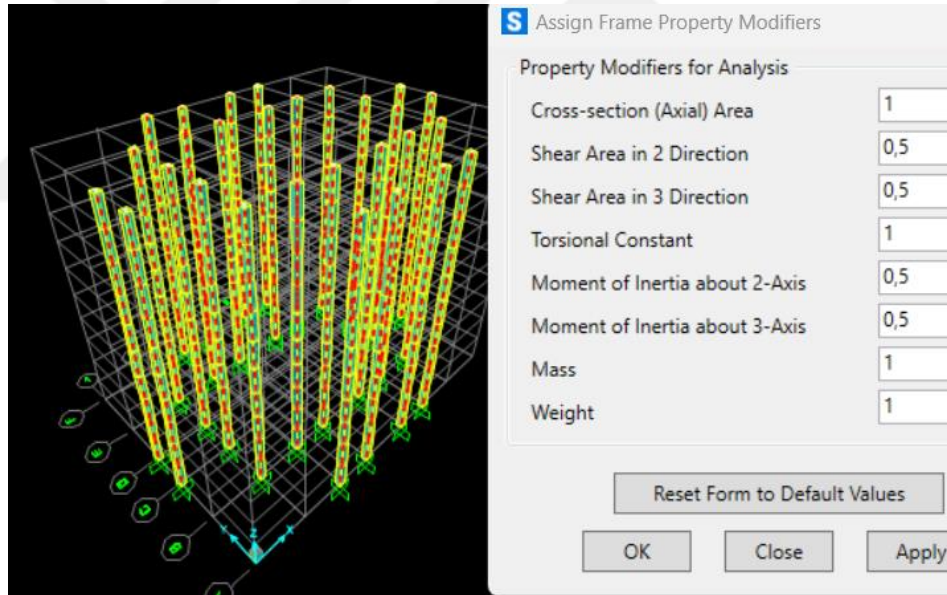
Şekil 84. 10 katlı binanın kolon kesiti için moment-eğrilik analizi

7.8.2.3. Etkin kesit rijitlik çarpanlarının atanması

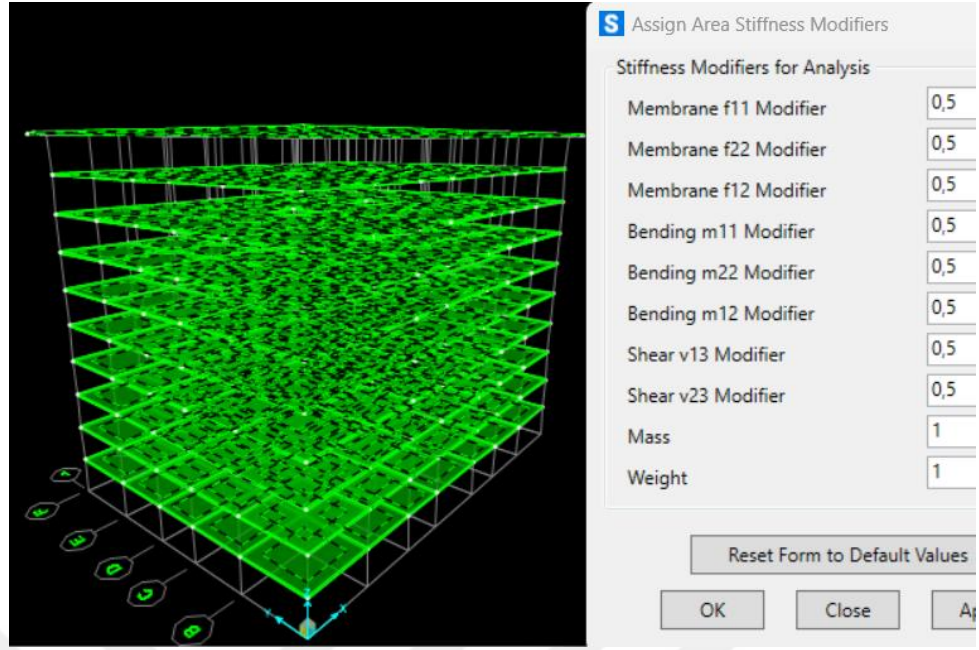
EN 1998-1 bölüm 4.3 ve tez çalışması bölüm 6.2.4 uyarınca yapı elemanlarına ait etkin kesit rijitlikleri, çatlaksız kesitin rijitliğinin yarısı olarak göz önünde bulundurulmuştur. Böylece yapı elemanlarının kesme, eğilme, kayma ve eksenel rijitlik değerleri 0.5 olarak atanmıştır.



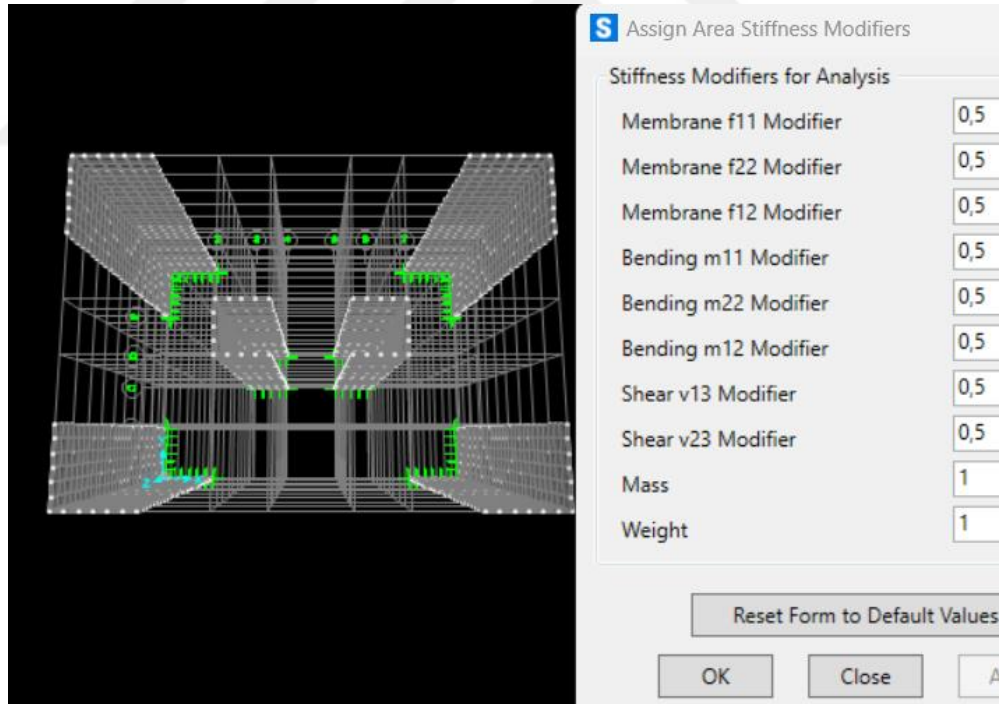
Şekil 85. EC8'e göre kirişler için etkin kesit rijitlik çarpanları



Şekil 86. EC8'e göre kolonlar için etkin kesit rijitlik çarpanları



Şekil 87. EC8'e göre döşemeler için etkin kesit rijitlik çarpanları



Şekil 88. EC8'e göre perde duvarlar için etkin kesit rijitlik çarpanları

7.8.2.4. Plastik mafsal atamaları

Yapının modelinde yer alan sargılı beton modeli Eurocode 8 kapsamında tez çalışması bölüm 6.1’de yer alan diğer yaklaşım kategorisine girdiği için plastik mafsal hesabı Denklem 32 kullanılarak hesaplanmış ve yapı elemanlarına atanmıştır. Betonarme perdeler için Eurocode 8 kapsamında özel bir kriter olmadığı için TBDY-2018 lif modeli göz önünde bulundurulmuştur.

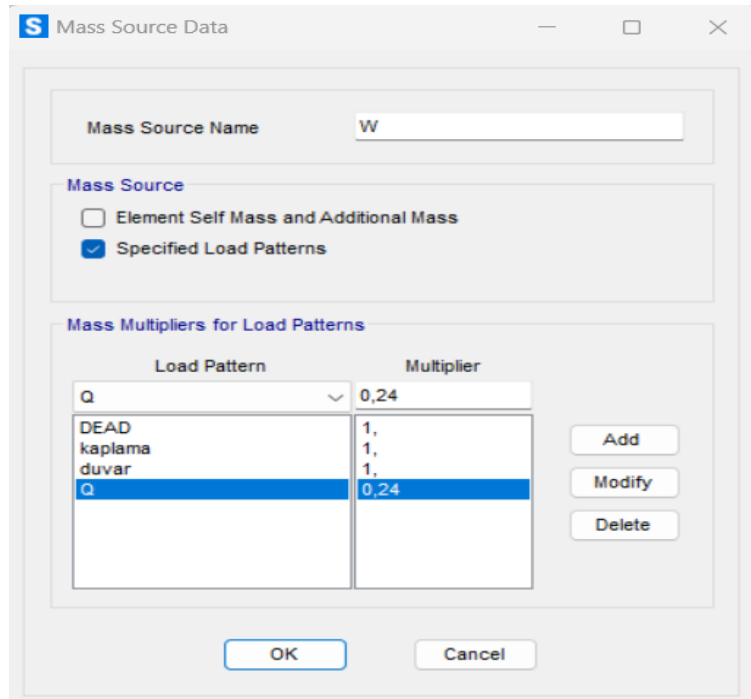
Denklem 32 kullanılarak elde edilen plastik mafsal uzunlukları aşağıda yer almaktadır.

6m açıklığa sahip kirişler için plastik mafsal boyu 32.5 cm olarak, 5m açıklığa sahip kirişler için plastik mafsal boyu 31 cm olarak ve 4m açıklığa sahip kirişler için plastik mafsal boyu 29.2 cm olarak hesaplanmıştır. Kolonlar için ise bu değer 27.5 cm olarak hesaplanmıştır.

7.8.2.5. Yapıya etkiyen yükler

Yapıya etkiyen yükler için bölüm 7.8.1.6’da yer alan değerler baz alınmıştır.

7.8.2.6. Yük kombinasyonları



Load Pattern	Multiplier
Q	0,24
DEAD	1,
kaplama	1,
duvar	1,
Q	0,24

Şekil 89. EC 8’e göre kütlenin modellenmesi

Burada hareketli yükün katsayısı tez çalışması bölüm 6.3.2.9’da detayları mevcuttur.

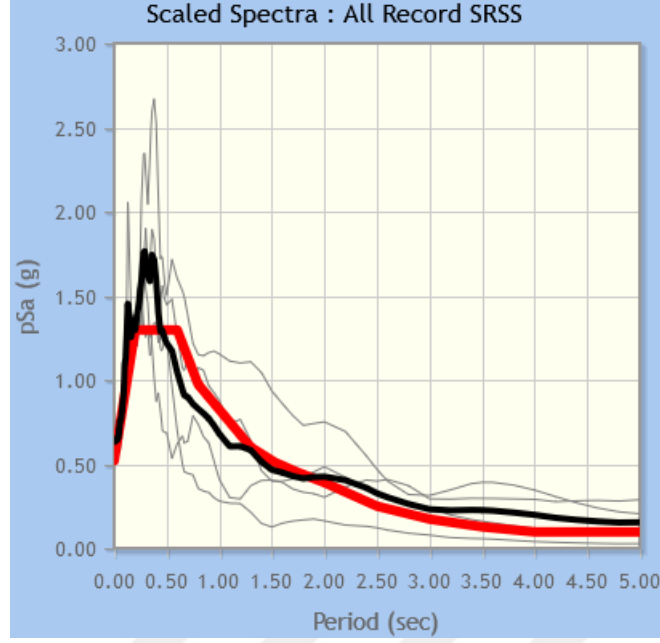
Şekil 90. EC 8’e göre doğrusal olmayan itme yüklemesi

7.8.2.7. Seçilen deprem kayıtları

EC 8 kapsamında seçilmiş olan 4 deprem kaydına ait bilgiler aşağıda görülmektedir.

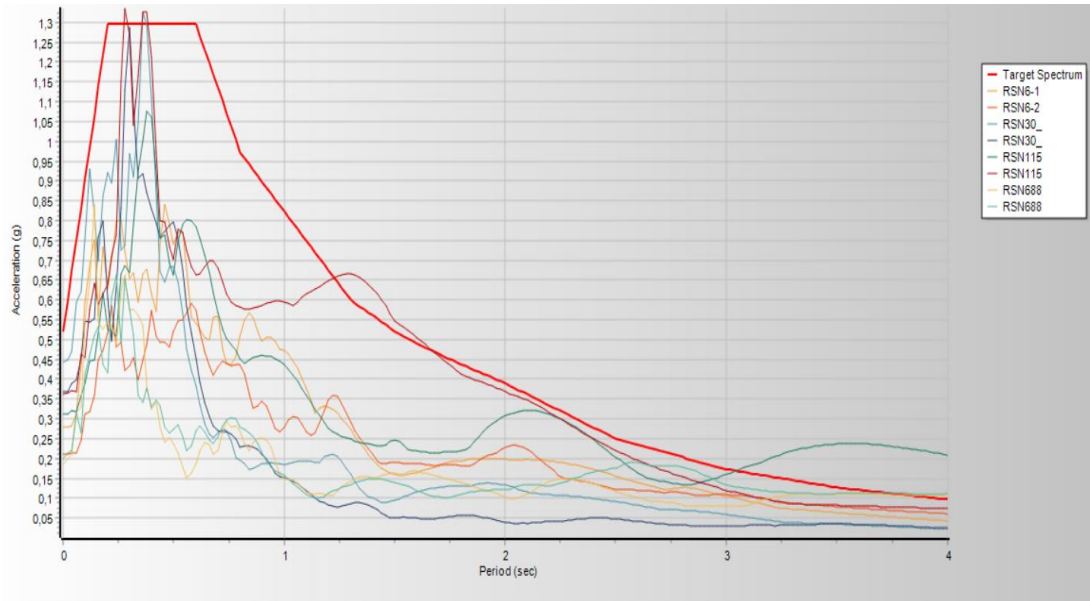
Tablo 22. Seçilen deprem kayıtlarına ait bazı bilgiler

PEER Kayıt No	Yer	İstasyon	Büyük­lük (Mw)	Fay Tipi	Kayma Dalga Hızı (m/s)	Rjb (km)	Ölçeklen dirme Katsayısı
6	Imperial Valley	El Centro Array	6.95	Yanal Atımlı	213.44	6.09	1.82
30	Parkfield	Cholame Shandon Array	6.19	Yanal Atımlı	289.56	9.58	1.27
1158	Kocaeli, Turkey	Düzce	7.51	Yanal Atımlı	281.86	13.6	1.63
1615	Duzce, Turkey	Lamont	7.14	Yanal Atımlı	338	9.14	2.03

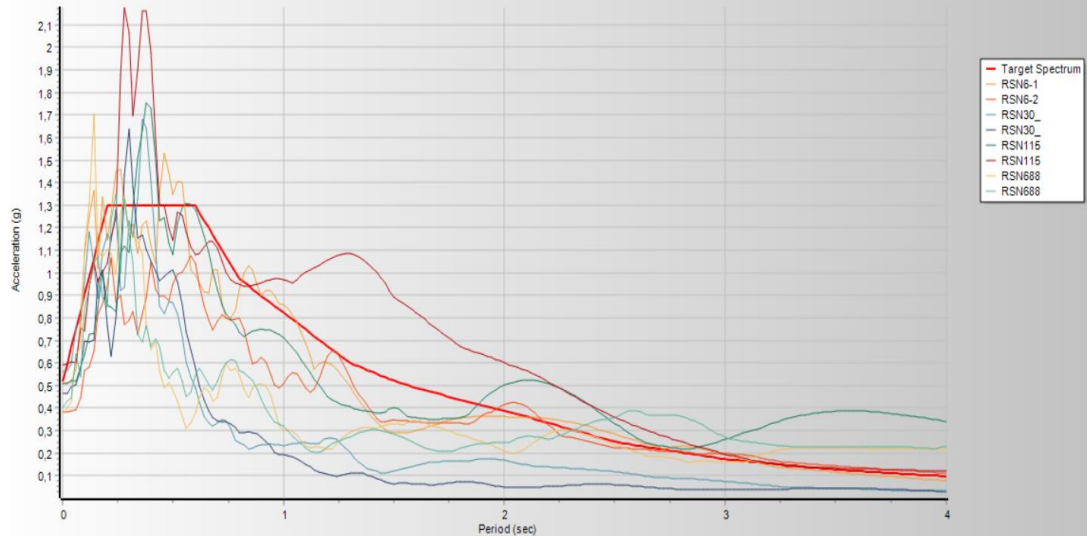


Şekil 91. PEER veri tabanında seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumu

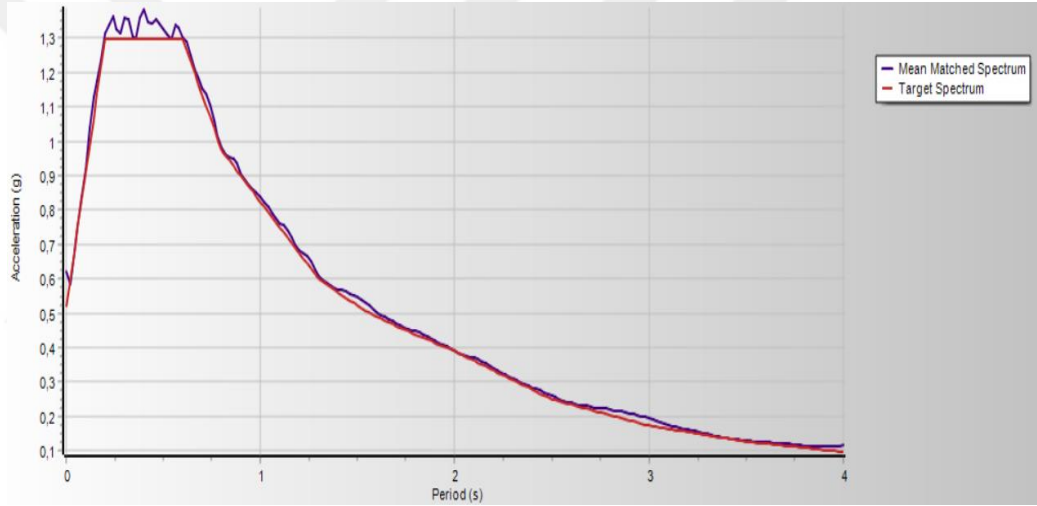
Şekil 91’de kırmızı renkli olan spektrum eğrisi EN 1998 kapsamında tanımlı olan tepki spektrumudur. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmesine ilişkin detaylar tez kapsamında bölüm 6.5.5.1’de mevcuttur. Şekilde ortalama spektrumun tanımlı spektrumun ivme değerlerinin 0.9 katından küçük olmama koşulunun sağlandığı görülmektedir. Nihai sonucun görülmesi için SeismoMatch programında test yapılmıştır ve sonuçlar aşağıda yer almaktadır.



Şekil 92. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmemiş durumu



Şekil 93. Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmiş durumu



Şekil 94. Ölçeklendirme sonrası ortalama spektrumun elde edilmesi

Şekil 94'e göre PEER veri tabanından elde edilen ölçekleme katsayılarının doğruluğu tespit edilmiştir ve EN 1998-1 kapsamında yer alan ortalama spektrum değerleri, %5 sönüm oranlı elastik tepki spektrumunun 0.2T ile 2T periyot aralığındaki değerlerinin %90'nından az olmamalıdır koşulu sağlanmıştır.

Bundan sonraki aşamalar tez çalışması bölüm 7.8.1 ile benzer şekildedir. 15 ve 20 katlı yapılar için aynı adımlar tekrarlanmıştır ve analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları tez çalışması bölüm 4, bölüm 5 ve bölüm 6 kapsamında yer alan bilgiler kapsamında değerlendirilmiş ve bu bölümde yer alan denklemler sayesinde gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu tez çalışması kapsamında faydalanılan kaynaklar neticesinde ve yapılan analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre TBDY-2018 ve Eurocode 8 arasında mevcut yapıların değerlendirilmesi kriterleri ve yaklaşımları arasında farklılıklar olduğu görülmüştür.

Matematiksel model için TBDY-2018 kapsamında sınırlar ve kriterler açık ve net olarak tanımlanmışken Eurocode 8 kapsamında modelleme kurallarına ilişkin kriter ve sınırlar TBDY-2018'e göre yüzeysel kalmaktadır.

Her iki yönetmeliğe göre tanımlanan plastik mafsallı yaklaşımları arasında da farklılıklar mevcuttur. TBDY-2018 kapsamında kesitin çalışma doğrultusunda yaklaşık olarak $h/2$ olarak ele alınmışken, Eurocode 8 kapsamında sargılı beton modeline göre ve kesme açıklığına bağlı iki farklı yaklaşım vardır. Bunun sonucu olarak çalışma kapsamında Eurocode 8'e göre kirişlere ait üç farklı plastik mafsallı uzunluğu elde edilmiş ve elde edilen plastik mafsallı uzunlukları, TBDY-2018'e göre elde edilen değerden daha yüksektir. Kolonlarda ise TBDY-2018'e göre elde edilen plastik mafsallı uzunluğu Eurocode 8'e göre elde edilen plastik mafsallı uzunluğundan daha yüksek olarak elde edilmiştir.

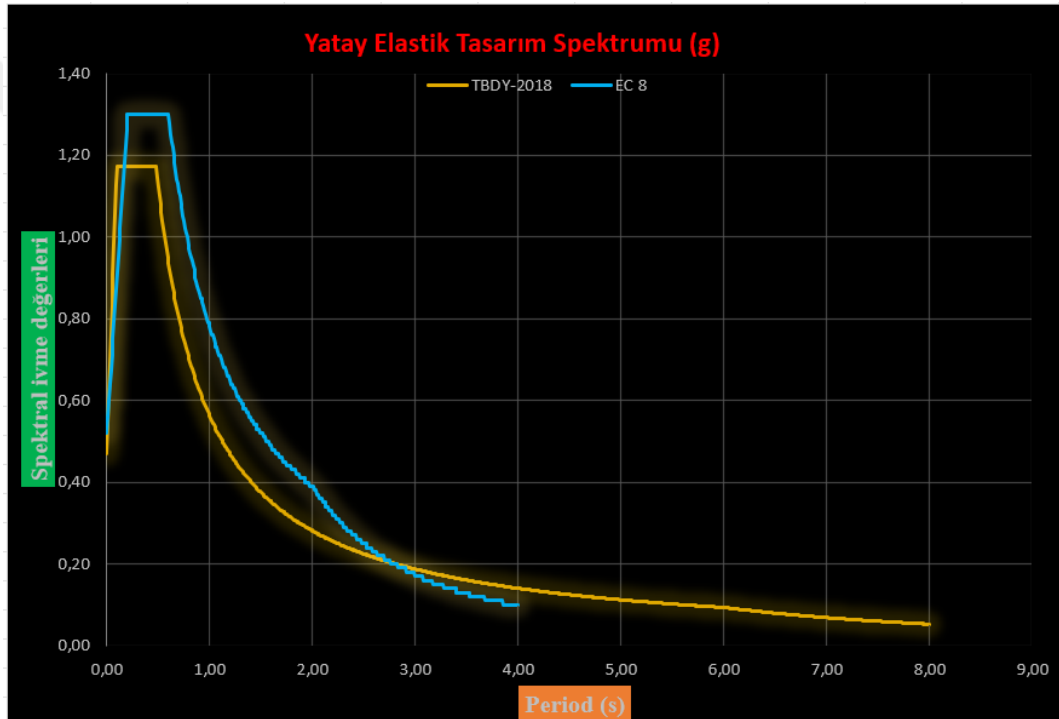
TBDY-2018'e göre mevcut yapılar için malzeme dayanımlarına ilişkin net kriterler yer alırken, Eurocode 8 kapsamında mevcut yapılar için malzeme dayanımlarına ilişkin koşul veya kriter sınırlıdır. TBDY-2018 kapsamında beton malzeme ve donatı çeliği için beklenen ortalama dayanım değerleri, Eurocode 8 kapsamında ele alınan değerlerden sırasıyla %30 ve %20 daha fazladır. Bunun sonucu olarak, kiriş ve kolonlarda yapılan moment-eğrilik analizi sonucu elde edilen veriler kıyaslandığında, TBDY-2018'e göre elde edilen değerlerin Eurocode 8'e göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Plastik mafsallı uzunlukları ve malzeme dayanıklılıkları arasındaki farklılıklar neticesinde yapı elemanlarının TBDY-2018'e göre hesaplanan hasar sınır değerleri, Eurocode 8'e göre elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

Etkin kesit rijitlikleri açısından da her iki yönetmelikte farklı tanımlamalar ve değerler yer almaktadır. TBDY-2018 kapsamında kategoriler halinde etkin kesit rijitlikleri

(eğilme, kesme, kayma ve eksenel) için ayrı ayrı değerler yer alırken, Eurocode 8 kapsamında ise genel bir yaklaşım olan çatlak kesit söz konusu olduğunda çatlama kesitin rijitliğinin yarısı alınabilir yaklaşımı yani 0.5 çarpanı söz konusudur. Bunun sonucu olarak yapıların titreşim periyotları TBDY-2018'e göre daha yüksek elde edilmiştir.

Yapıların bulunduğu mevcut konum için her iki yönetmelikte tanımlanan tepki spektrumları arasında da fark olduğu çalışma kapsamında tespit edilmiştir. Her iki yönetmelik kapsamında yer alan tanımlamalar arasındaki farklılıklardan kaynaklı olarak period bazlı spektral ivme değerlerinin değişimi grafiksel olarak aşağıda yer almaktadır.



Şekil 95. Yapıların bulunduğu konuma ait tepki spektrumlarının TBDY-2018 ve EC 8 kapsamında karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler kapsamında TBDY-2018'e göre 22 adet ve Eurocode 8'e göre sekiz adet analiz yapılmıştır. Her iki yönetmelik kapsamında yapılan analizlerin ortalaması ele alındığı zaman, yapı elemanlarında hedeflenen kontrollü hasar performans düzeyi TBDY-2018 Bölüm 15.8.4 ve EN 1998-3 Bölüm 2.2 kapsamında sağlandığı görülmüştür. Her iki yönetmeliğe göre yapılara en çok etkiyen deprem kaydı RSN1615 kodlu Düzce depremi olmuştur. Bu depreme ait yapıların hasar performansları aşağıda tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 23. Kirişler için hasar performansı (20 kat)

Kirişler	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
SH (DL)	884	775	65	56.98
KH (SD)	473	574	34.78	42.21
GÖ (NC)	3	11	0.22	0.81

Tablo 24. Kolonlar için hasar performansı (20 kat)

Kolonlar	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	275	244	49.11	43.57
SH (DL)	260	279	46.43	49.82
KH (SD)	25	37	4.46	6.61

Tablo 25. Perde duvarlar için hasar performansı (20 kat)

Perde Duvarları	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	114	113	95	94.17
SH (DL)	4	5	3.33	4.17
KH (SD)	2	2	1.67	1.67

Tablo 26. Kirişler için hasar performansı (15 kat)

Kirişler	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	54	26	5.3	2.55
SH (DL)	666	622	65.29	60.98
KH (SD)	300	372	29.41	36.47

Tablo 27. Kolonlar için hasar performansı (15 kat)

Kolonlar	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	175	132	41.67	31.43
SH (DL)	209	235	49.76	55.95
KH (SD)	36	53	8.57	12.62

Tablo 28. Perde duvarlar için hasar performansı (15 kat)

Perde Duvarları	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	87	86	96.67	95.56
SH (DL)	2	3	2.22	3.33
KH (SD)	1	1	1.11	1.11

Tablo 29. Kirişler için hasar performansı (10 kat)

Kirişler	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	109	56	16.03	8.235
SH (DL)	434	425	63.82	62.5
KH (SD)	137	199	20.15	29.265

Tablo 30. Kolonlar için hasar performansı (10 kat)

Kolonlar	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	74	36	26.43	12.86
SH (DL)	163	176	58.21	62.86
KH (SD)	43	68	15.36	24.28

Tablo 31. Perde duvarlar için hasar performansı (10 kat)

Perde Duvarları	TBDY-2018	EC 8	% (TBDY-2018)	% (EC 8)
KK	58	58	96.67	96.67
SH (DL)	2	2	3.33	3.33
KH (SD)	0	0	0	0

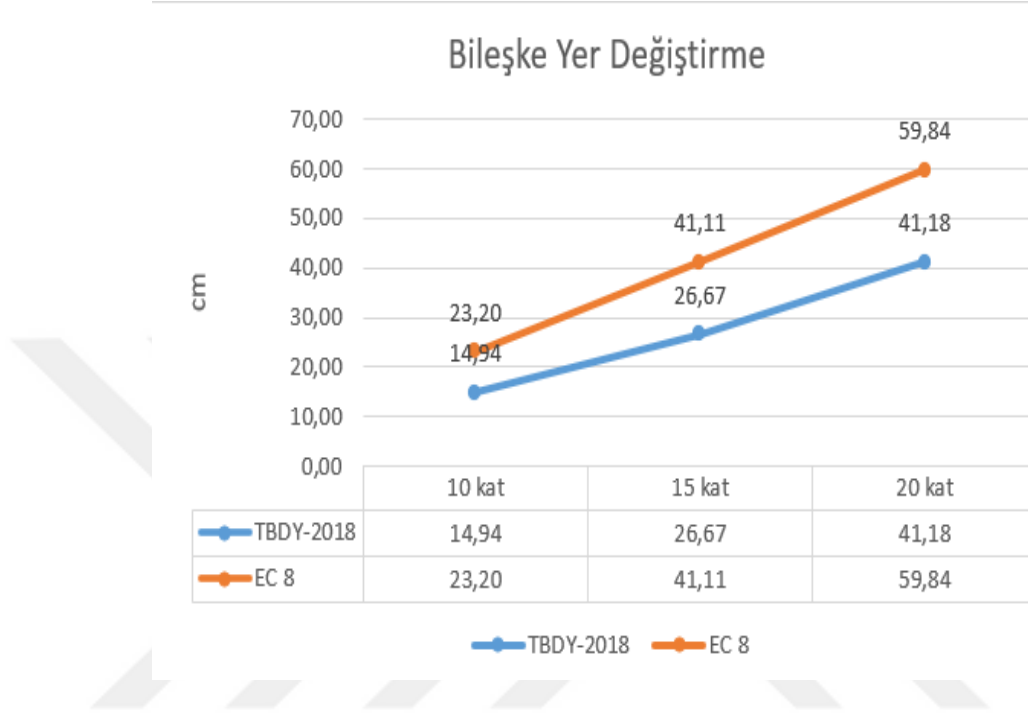
Tablo 32. Tüm zaman geçmişi analizleri için maksimum üst kat deplasmanı

	Ux (cm)	Uy (cm)
10 kat		
TBDY-2018	10.58	10.54
EC 8	16.28	16.53
15 kat		
TBDY-2018	18.46	19.25
EC 8	28.73	29.41
20 kat		
TBDY-2018	29.63	28.59
EC 8	42.37	42.26

Tablo 33. Yapılara ait bina titreşim periyotları

	Tx (s)	Ty (s)
10 kat		
TBDY-2018	0.7928	0.7751
EC 8	0.7456	0.7288
15 kat		
TBDY-2018	1.3780	1.3680
EC 8	1.2490	1.2453
20 kat		
TBDY-2018	1.8137	1.8014
EC 8	1.6205	1.6103

Modal analiz sonucunda TBDY-2018'e göre elde edilen bina titreşim periyotları Eurocode 8'e göre elde edilen değerlerden daha büyüktür. Bunun nedeni TBDY-2018 kapsamında tanımlanan etkin kesit rijitlik değerlerinin, Eurocode 8'e göre daha büyük değerlere sahip olmasındandır.



Şekil 96. Yapılara ait bileşke yer değiştirme grafiği

Tüm zaman geçmiş analizleri sonucunda; TBDY-2018'e göre elde edilen binaların maksimum deplasman değerleri EC 8'e göre daha düşük olarak elde edilmiştir. Ayrıca kat adedi arttıkça TBDY-2018 ve EC 8'e göre elde edilen deplasman sonuçlarının arasındaki sayısal farkın arttığı Tablo 32 ve Şekil 96'da olduğu gibi görülmektedir.

Yapılan analizler sonucunda 20 katlı yapıda her iki yönetmeliğe göre göçme öncesi olarak adlandırılan belirgin hasar bölgesine geçen kirişler tespit edilmiştir ancak elde edilen hasar oranları yönetmelikler kapsamında kabul edilebilir düzeydedir. Belirgin hasar bölgesinde yer alan kirişler bazında; TBDY-2018'e göre üç adet yani tüm kirişlere oran olarak %0.22'si, Eurocode 8'e göre ise 11 adet yani oransal olarak %0.81'i bu bölgeye geçmiştir. Analizlerden elde edilen verilere göre; kat sayısındaki artışa bağlı olarak kirişlerdeki hasar oranının arttığı tespit edilmiştir, kolonlarda ise kat sayısı arttıkça hasar oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca perdelerin karşıladığı kesme kuvvetinin kat sayısı artışına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde, TBDY-2018'in Eurocode 8'e kıyasla daha güvenli tarafta kaldığı tespit edilmiştir.

8.2. Öneriler

Çalışma kapsamında elde edilen bilgiler, veriler ve sonuçlar ışığında TBDY-2018 ve Eurocode 8 arasındaki kıyaslamaların daha iyi olabilmesi amacıyla Eurocode yönetmeliklerine tabi olan ülkelerden herhangi birinin özelinde kullanılan yönetmelik tercih edilerek kıyaslama yapmak daha belirgin sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Bunun sebebi Eurocode kapsamında konulara yaklaşım ve değerlendirme noktasında esneklik olması ve National Annex olarak adlandırılan Eurocode yönetmeliklerine tabi olan ülkelerde kullanılan yönetmeliklere yönlendirme yapılmasıdır. Her iki yönetmelik arasında kat adedinin artışına bağlı olarak; yapı periyodu, kat ötelemeleri ve yapı elemanlarının hasar oranları kıyaslandığında farkın arttığı görülmektedir bu yüzden daha yüksek katlı yapılar baz alınarak daha belirgin sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AFAD. (2018). *Türkiye’de afet yönetimi ve doğa kaynaklı afet istatistikleri*.
https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf
- AFAD. (2019a). *Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması*. T.C İç İşleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>. Erişim tarihi: 22 Ocak 2022
- AFAD. (2019b). *Türkiye deprem tehlike haritası*. T.C İç İşleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>. Erişim tarihi: 13 Ağustos 2022
- AFAD. (2020). *TADAS (Türkiye ivme veri tabanı ve analiz sistemi)*. T.C İç İşleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://tadas.afad.gov.tr>. Erişim tarihi: 15 Nisan 2023
- Akka, S., Azak, T. E., Çan, T., Çeken, U., Demircioğlu, M. B., Duman, T., Ergintav, S., Kadrioğlu, T. F., Kalafat, D., Kale, Ö., Kartal, R. F., Kılıç, T., Özalp, S., Şeşetyan, K., Tekin, S., Yakut, A., Yılmaz, M. T., Utkucu, M., & Zülfikar, Ö. (2016). *Türkiye sismik tehlike haritasının güncellenmesi projesi (UDAP-Ç-13-06)* (Sismolab (Ed.)). AFAD, DASK.
- Al Atik, L., & Abrahamson, N. (2010). An improved method for nonstationary spectral matching. *Earthquake Spectra*, 26(3), 601–617. <https://doi.org/10.1193/1.3459159>
- Ansal, A., Tönük, G., & Kurtuluş, A. (2015). Sahaya özel tasarım depremi. In TMMOB İMO İstanbul & Türkiye Deprem Vakfı Deprem Mühendisliği Komitesi (Eds.), *Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*. İMO, İstanbul.
- Ay, B. Ö., & Akka, S. (2014). Evaluation of a recently proposed record selection and scaling procedure for low-rise to mid-rise reinforced concrete buildings and its use for probabilistic risk assessment studies. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 43(6), 889–908. <https://doi.org/10.1002/eqe.2378>
- Berkeley, U., University, O. S., DAVIS, U., Irvine, U., UCLA, USC, Caltech, University, S., San Diego, U., Reno, U. of N., & University of WASHINGTON. (1996). *The pacific earthquake engineering research center (PEER)*. University of California,

Berkeley. <https://ngawest2.berkeley.edu>. Erişim tarihi: 15 Nisan 2023

- Bommer, J. ., Scott, S. ., & Sarma, S. . (2000). Hazard consistent earthquake scenarios. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 19(4), 219–231. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(00\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(00)00012-9)
- Bommer, J., & Acevedo, A. B. (2004). The use of real accelerograms as input to dynamic analysis. *Journal of Earthquake Engineering*, 8(1), 43–91. <https://doi.org/10.1080/13632460409350521>
- Bommer, J., Acevedo, A. B., & Douglas, J. (2003). The selection and scaling of real earthquake accelerograms for use in seismic design and assessment. In American Concrete Institute (Ed.), *ACI International Conference*. American Concrete Institute.
- Buzuku, J. (2019). *Seismic performance evaluation of 24 story rc building nonlinear time history analysis utilizing TBDY 2018 and EC 8*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Can, H., & Çeltik, B. (2022). Comparison of performance evaluation of an existing reinforced concrete structure and post-retrofitting analysis results with linear and non-linear calculation methods. *Advanced Engineering Days*, 5(1), 100–102.
- Celep, Z. (2008). *Betonarme sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme* (2nd ed.). Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Celep, Z. (2010). Betonarme sistemlerde doğrusal olmayan davranış: Plastik mafsal kabülü ve çözümleme. *İMO İstanbul Bülten*, 109.
- Celep, Z. (2019). *Betonarme yapılar* (10th ed.). Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Darılmaz, K. (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018'e göre tasarıma kısa bakış betonarme sistemlerin modellenmesi, analizi ve boyutlandırılması* (İMO Antalya Şubesi (Ed.)). TMMOB.
- Dlubal Software. (1987). *Structural analysis and design software*. Dlubal Software. <https://www.dlubal.com/en/solutions/online-services/snow-load-wind-speed-and-seismic-load-maps>. Erişim tarihi: 01 Mayıs 2023
- EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk). (2021). *The earthquake*

- hazard map of Europe*. Thematic Core Service (TCS). <http://www.efehr.org/earthquake-hazard/hazard-map/> Erişim tarihi: 06 Mayıs 2023
- Ersoy, U., & Özcebe, G. (2018). *Betonarme 1* (8th ed.). Evrim Yayınevi.
- European Commission. (2004a). *EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*. Joint Research Center. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-2-design-concrete-structures>
- European Commission. (2004b). *EN 1998-1:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. Joint Research Center. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-8-design-structures-earthquake-resistance>
- European Commission. (2005a). *EN 1990:2002+A1:2005 Eurocode - Basis of structural design*. Joint Research Center. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-basis-structural-design>
- European Commission. (2005b). *EN 1998-3:2005 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings*. Joint Research Center. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-8-design-structures-earthquake-resistance>
- Fahjan, Y. (2017). *Türk bina deprem yönetmeliği tabanlı tasarım spektrumları* (İMO İZMİR (Ed.)). TMMOB.
- GEM TEAM. (2009). *Global earthquake model (GEM)*. <https://www.globalquakemodel.org/> Erişim tarihi: 13 Nisan 2023
- Işiltan, Ö. (2010). *Betonarme kolonlar için DBYBHY 2007, Eurocode 8 ve FEMA 356 ile yapılan performans değerlendirmelerinin deney sonuçları ile karşılaştırılması*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kacar, B. (2011). *A comparison of Turkish earthquake code with Eurocode 8 in reinforced concrete buildings*. Master's thesis, Kingston Universty, London.
- Kahramanmaraş depremi son yüzyılın en büyük ikinci depremi*. (2023). DÜNYA HABER. <https://www.dunya.com/gundem/kahramanmaras-depremi-son-yuzyilin->

en-buyuk-ikinci-depremi-haberi-685159. Erişim tarihi: 23 Nisan 2023

- Kalkan, E., & Chopra, A. K. (2010). *Practical guidelines to select and scale earthquakerecords for nonlinear response history analysis of structures*. <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1068/>
- Karakaş, . . (2022). *Mevcut binaların Türkiye bina deprem yönetmelikleri ve Eurocode 8'e göre hasar grebilirliklerinin irdelenmesi*. Doktora tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Kayabalı, K. (1995). Sismik tehlike analizi: Teori ve uygulama. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 0(46), 28–43.
- Kazancı, S. (2018). *Türkiye deprem yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'e göre tasarlanan betonarme binalarda doğrusal analiz yöntemlerinin karşılaştırılması*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Konak, A. (2022). *Nonlinear performance assesment of rc buildings based on displacement design by implementing tsc 2018 with comparison to eurocode*. Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Lu, X., Cheng, Q., Xu, Z., Xu, Y., & Sun, C. (2019). Real-time city-scale time-history analysis and its application in resilience-oriented earthquake emergency responses. *Applied Sciences*, 9(17), 16. <https://doi.org/10.3390/app9173497>
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of seismic isolated structures*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470172742>
- Özer, E. (2009). *Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizi*.
- zkaynak, ř. (2021). *Türkiye'de gerçekleşen büyük depremler*. TRT HABER. <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/turkiyede-gerceklesen-buyuk-depremler-561205.html>. Erişim tarihi: 15 Mart 2023
- zmen, B., & Nurlu, M. (1999). Deprem bölgeleri haritası ile ilgili bazı bilgiler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni*, 99(2–3), 32–35.
- zmen, H. B., İnel, M., & Bilgin, H. (2007). Betonarme elemanların doğrusal ötesi davranışlarının modellenmesi. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 2(6), 10.
- Plevris, V., Kremmyda, G., & Fahjan, Y. (2017). *Performance-based seismic design*

- of concrete structures and infrastructures (V. Plevris, G. Kremmyda, & Y. Fahjan (Eds.); 1st ed.). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2089-4>
- Reiter, L. (1990). *Earthquake hazard analysis; issues and insights*. Columbia University.
- SAP2000. (2000). *Structural analysis and design* (v25.1.0). Computers and Structures, Inc. <https://www.csiamerica.com/products/sap2000>
- Seismosoft. (n.d.). *SeismoMatch* (v2023). <https://seismosoft.com/>
- Severcan, M. H., & Sinani, B. (2019). Mevcut betonarme yapıların deprem performansının analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 12.
- T.C. İçişleri Bakanlığı, & Başkanlığı, A. ve A. D. Y. (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği*. Resmi Gazete. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24468&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- TK10 Yapı Malzemeleri Teknik Komitesi, T. İ. İ. K. (2016). *TS 708 Çelik: Betonarme için donatı çeliği*. Türk Standartları Enstitüsü. <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073089043103111080079089090113071086>
- TSE. (2021). *TS 498:Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri*. <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073082104121083101079078072106111114>
- TÜBİTAK. (2015). *Bilim genç*. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/> Erişim tarihi: 23 Mart 2023
- Yığılı plastik-yayıllı plastik davranış modelleri-doğrusal olmayan davranış. (2020). Insapedia. <https://insapedia.com/yigili-plastik-yayili-plastik-davranis-modelleri-dogrusal-olmayan-davranis/> Erişim tarihi: 23 Nisan 2022

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Yılmaz

Doğum Yeri – Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2020, Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği (İngilizce)

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2024, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Ana Bilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (C1), Rusça (A2)

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : 2019, Stajyer, ULU İnşaat

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : 2023-2023, Saha Sorumlusu, Akça İnşaat

2022-2022, Saha Sorumlusu, NİL-TA PETROL ÜRÜNLERİ
İNŞAAT MÜTEHİTLİK TAAHHÜT NAKLİYE SAN

2021-2021, Saha Sorumlusu, NİL-TA PETROL ÜRÜNLERİ
İNŞAAT MÜTEHİTLİK TAAHHÜT NAKLİYE SAN