

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE DİCLE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DEPREM YER HAREKET DÜZEYLERİNİN BETONARME
YAPI PERFORMANSINA ETKİSİ

Eyyüp DEMİRKIRAN

TEMMUZ 2021

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DEPREM YER HAREKET DÜZEYLERİNİN BETONARME YAPI
PERFORMANSINA ETKİSİ

Hazırlayan
Eyyüp DEMİRKİRAN

Danışman
Doç. Dr. Ercan IŞIK

Jüri Üyeleri
Doç. Dr. Ercan IŞIK
Doç. Dr. Abdülhalim KARAŞİN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AVCİL

TEMMUZ 2021

ONAY

Eyyüp DEMİRKIRAN tarafından hazırlanan “**Farklı Deprem Yer Hareket Düzeylerinin Betonarme Yapı Performansına Etkisi**” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Abdülhalim KARAŞIN
(Başkan)

Doç. Dr. Ercan IŞIK
(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AVCİL
(Üye)

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN
Enstitü Müdürü

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Farklı Deprem Yer Hareket Düzeylerinin Betonarme Yapı Performansına Etkisi**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 09/07/2021

Eyyüp DEMİRKİRAN

ÖZET

FARKLI DEPREM YER HAREKET DÜZEYLERİNİN BETONARME YAPI PERFORMANSINA ETKİSİ

Eyyüp DEMİRKIRAN

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ercan IŞIK

Temmuz 2021, 48 sayfa

Güncel olarak kullanılan depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları çerçevesinde sahaya özel olarak elde edilecek tasarım spektrumları kullanılmaktadır. Yine güncel yönetmelik ile birlikte farklı aşılma olasılıkları için ifade edilen dört farklı yer hareket düzeyi belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında dört farklı yer hareket düzeyi dikkate alınarak deprem tehlikesi farklı olan dört farklı il için deprem-yapı parametreleri elde edilmiştir. Her il için elde edilen farklı yer hareket düzeyleri kullanılarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizlerde aynı özelliklere sahip örnek bir betonarme yapı seçilmiştir. Hem yer hareket düzeyleri hem de dört il için elde edilen tasarım spektrumları kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma ile hem deprem tehlikesi hem de yer hareket düzey değişimi ayrı ayrı incelenmiştir. İki değişkenin özellikle yapıdan beklenen hedef yer değiştirme değerlerini önemli ölçüde değiştirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, Statik İtme, Yer Hareket Düzeyi, Deprem

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT EARTHQUAKE GROUND MOTION LEVEL ON PERFORMANCE OF REINFORCED-CONCRETE STRUCTURES

Eyyüp DEMİRKIRAN

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate Education Institute

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ercan IŞIK

July 2021, 48 page

Site-specific design spectra are used within the framework of current earthquake resistant building design rules. Four different earthquake ground motion levels with different probabilities of exceedance were expressed with the current seismic design code. In this thesis, earthquake-structural parameters were obtained by taking into account four different ground motion levels for four different provinces with different earthquake hazards. Structural analyses were carried out using different earthquake ground motion levels obtained for each province. In the structural analysis, a sample reinforced-concrete structure with the same structural characteristics was selected. The results were obtained by using both ground motion levels and design spectra for four provinces. With this study, both the earthquake hazard and the ground motion level change were examined separately. It was determined that the two variables significantly changed the target displacement values expected from the structure.

Keywords: Reinforced-concrete, Pushover, Ground motion level, Earthquake

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma s¼recinde, tez çalıŐmamın planlanmasında ve y¼r¼t¼lmesinde her t¼rl¼ teknik ve akademik bilgisini paylaŐan ve deneyimlerinden faydalandığım, samimi ve iten yaklaŐımla teze olan bağlılığımı ve azmimi attırmama vesile olan, desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen yaratmıŐ olduğu iletiŐim bağı ile tez s¼recimin bitirilme s¼recini hızlandırdığı için kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ercan IŞIK'a teŐekk¼r¼ borç bilir ve sonsuz saygılarımı sunarım.

EĞitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olduklarımı hissettiren sevgili aileme de teŐekk¼r ederim.



ÖNSÖZ

Depreme dayanıklı yapı tasarım kurallarında zaman içerisinde yenilenme ve iyileştirme kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte yapı ve yapım teknolojileri geliştiğinden bunlar ile ilgili kurallarında oluşturulması gerekmektedir. Bu kurallar, ifade edilen ihtiyaçlardan dolayı ülkemizde de zaman içerisinde değişimleri kaçınılmaz yapmıştır. Son olarak 2018 yılında tamamlanıp, 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği yönetmelik değişimlerinin bir gereksinim olduğunu göstermiştir. Güncel olarak kullanılan bu yönetmelikte önemli değişimlerden biri de her bir coğrafik konuma ait tasarım spektrumlarının ayrı ayrı belirtilmesidir. Bu eğriler, bir önceki yönetmelik ve harita bölgesel bazda dikkate alınmakta idi. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması yardımı ile istenilen herhangi bir konum için deprem parametreleri çok kolay ve pratik bir şekilde elde edilebilmektedir. Uygulama güncel yönetmelik ile uyumlu bir şekilde deprem yer hareket düzeyi ve yerel zemin sınıflarını dikkate alarak deprem parametrelerini ve tasarım spektrumlarını vermektedir.

Bir önceki yönetmelikte sadece tekrarlanma periyodu 475 yıl olan ve standart tasarım depremi olarak ifade edilen deprem yer hareketi kullanılmakta idi. Ancak güncel yönetmelik ile birlikte farklı tekrarlanma periyotları ve aşılma olasılıklarına sahip dört farklı yer hareket düzeyi belirtilmiştir. Her bir yer hareket düzeyi için deprem parametre ve tasarım spektrumları farklılık göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında bir önceki deprem bölgeleri haritasında farklı deprem bölgelerinde yer alan dört farklı il seçilerek, her bir il dört farklı deprem yer hareket düzeyi için deprem-yapı parametreleri elde edilmiştir. Bu veriler ışığında seçilen bir yerel zemin sınıfı için tasarım spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen bu tasarım spektrumları kullanılarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması güncel yönetmelikte yer alan farklı deprem yer hareket düzeylerinin betonarme yapıların performansına etkisini ortaya koymak amacı ile yapılmıştır.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Statik İtme Analizi	8
2.2. Son İki Deprem Yönetmeliği Arasındaki Temel Farklar	9
2.3. Deprem Parametreleri	18
2.4. Örnek Olarak Seçilen Betonarme Yapı	24
3. BULGULAR	28
3.1. Deprem Parametrelerinin Karşılaştırılması	28
3.2. Yapısal Analiz Sonuçları	36
4. SONUÇ	43
5. KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Deprem yer hareketi düzeyleri	5
2.2. Yerel zemin sınıfları	6
2.3. Eurocode 8'de önerilen sınır durumlar	8
2.4. Deprem yönetmelikler tarihçesi	9
2.5. Zemin grupları	12
2.6. Yerel zemin sınıfları	12
2.7. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	13
2.8. Deprem tasarım sınıfları (DTS)	14
2.9. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	15
2.10. Bina performans düzeyleri karşılaştırılması	17
2.11. Elde edilecek deprem parametreleri ve kısaltmaları.....	18
2.12. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	21
2.13. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları	21
3.1. Seçilen iller için farklı aşılma olasılıkları için elde edilen PGA ve PGV değerleri	28
3.2. Farklı aşılma olasılıkları için elde edilen S_s ve S_1 değerleri	29
3.3. Spektral ivme katsayılarının ZC yerel zemin sınıfı özelinde karşılaştırılması.....	29
3.4. Erzincan için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC).....	30
3.5. Adana için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC).....	30
3.6. Gümüşhane için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC)	31
3.7. Ankara için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC).....	31
3.8. DD-1 yer hareketi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması	32
3.9. DD-2 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması	32
3.10. DD-3 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması	32
3.11. DD-4 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması	33
3.12. Erzincan için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	37
3.13. Adana için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması.....	38
3.14. Gümüşhane için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	38
3.15. Ankara için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	39
3.16. DD-1 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	40
3.17. DD-2 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	40

3.18. DD-3 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	41
3.19. DD-4 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması	41
3.20. PGA ve hedef yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması.....	42



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çalışmada dikkate alınan geometrik konumlar ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD,2020).....	5
2.2. Tipik statik itme ve idealleştirilmiş eğriler ve hesaplanan yer değiştirmeler	7
2.3. Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD,1996)	10
2.4. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	16
2.5. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	17
2.6. İnteraktif web deprem uygulaması için örnek seçim ekranı.....	19
2.7. İnteraktif web deprem uygulaması için örnek kullanıcı girdi ekranı	20
2.8. Yatay elastik tasarım spektrumu.....	22
2.9. $S_{de} - (T)$ grafiği.....	23
2.10. Düşey elastik tasarım spektrumu.....	24
2.11. Örnek olarak seçilen yapıya ait kat kalıp planı.....	26
2.12. Örnek olarak seçilen yapıya ait 2 boyutlu model	27
2.13. Örnek olarak seçilen yapıya ait 3 boyutlu mode	27
3.1. Erzincan ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması.....	33
3.2. Adana için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması.....	34
3.3. Gümüşhane için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması.....	34
3.4. Ankara için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması.....	35
3.5. Farklı iller için DD-2 yer hareket düzeyi için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması.....	35

SİMGELER DİZİNİ

S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
d_y	Yer değiştirme
d_{int}	intermediate
K_{elas}	Elastik rijitlik değeri
K_{eff}	Etkili rijitlik değeri
P_{GA}	En Büyük Yer İvmesi
P_{GV}	En Büyük Yer Hızı
$S_{ae}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aeD}(T)$	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{de}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirme
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_{LD}	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T	Doğal titreşim periyodu
g	Yer çekim ivmesi
I	Bina Önem Katsayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
DBYBHY-2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik -2007
DD	Deprem Yer Hareket Düzeyleri
DL	Sınırlı Hasar Durumu
SD	Önemli Hasar Durumu
NC	Göçme Öncesi Durumu
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
MN	Minimum Hasar Sınırı
GV	Güvenlik Sınırı
GÇ	Göçme Sınırı
SH	Sınırlı Hasar
KH	Kontrollü Hasar
GÖ	Göçme Öncesi Hasar
HK	Hemen Kullanım Seviyesi
KK	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi

1. GİRİŞ

Deprem sebepli oluşan hasarlar ve bu hasarlara bağılı olarak meydana gelen büyük çaplı mal ve can kayıpları, depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerinin önemini gözler önüne sermektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarım kurallarında, bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağılı olarak zaman içerisinde iyileştirme ve geliştirme ihtiyacının kaçınılmaz olduğu bir gerçektir. Bu bağlamda, ülkemizde de bu süreç zaman içerisinde yapılan çalışmalar ile devam etmiştir. 1940'lı yıllarda başlayan depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları değışik tarihlerde yenilenerek yapısal tasarım, analiz ve değerlendirme kapsamında kullanılmıştır. Son olarak kullandığımız ve 2007 yılından itibaren kullandığımız Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007), gerekli güncellemeler ile birlikte 2018 yılında son haline getirilmiş olup, 2019 yılı itibari ile kullanımı zorunlu olmuştur. Şu an kullanımda olan yönetmelik, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) adı altında sadece bina türü yapılar ile ilgili depreme dayanıklı yapı tasarım kurallarını içermektedir. 2011 yılından süregelen çalışmalar sonucu ortaya çıkan bu yönetmelik önemli değişiklikler içermektedir. Yeni yönetmelik ile birlikte deprem bölgeleri haritasının yerine güncellenen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu harita, Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması yardımı ile kullanılarak herhangi bir lokasyona ait deprem parametrelerinin elde edilmesi açısından önemli bir değişimdir.

Güncel deprem yönetmeliği ile birlikte sahaya özgü deprensellik kavramı kullanılmaya başlanmış ve bunun sonucu olarak bu tarihe kadar kullanılan deprem bölgeleri kavramı kaldırılmıştır. Bu değişim ile birlikte herhangi bir konum için deprensellik parametreleri ve tasarım spektrumları özel olarak elde edilmekte ve yapısal analizlerde bu veriler kullanılmaya başlanmıştır. Genel olarak herhangi bir konuma ait yerel zemin koşulları ve sismisite parametreleri birlikte kullanılarak yapısal analizlerde kullanılmak üzere tasarım spektrumlarına dönüştürülmektedir (Işık vd., 2020; Karaşin vd., 2020). Farklı genliklere sahip tasarım spektrumlarının kullanılması herhangi bir yapıdan beklenen hedef yer değiştirme taleplerini değiştirmektedir. Yapılarda hasar tahmini ve yapı performansının gerçekçi olarak elde edilmesi tasarım spektrumların doğru bir şekilde belirlenmesine bağılıdır (Kutunis vd., 2018; Karaşin ve Işık, 2017; Işık vd., 2016). Güncel yönetmelik ile birlikte dört farklı deprem yer hareket düzeyi belirtilmekte ve bunlara denk gelen tasarım spektrumları ayrı ayrı elde edilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında farklı yer hareket düzeyleri dikkate alınmıştır.

Güncel deprem yönetmeliği ve bir önceki deprem yönetmeliği arasındaki farklar ve değişimlerin yapı deprem davranışına etkisi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında aşağıda değinilmiştir.

Işık vd., (2020), tarafından yapılan çalışma ile Marmara Bölgesi'nde yer alan tüm yerleşim birimleri için tasarım spektrumları elde edilerek bu tasarım spektrumlarının yapısal analizlere etkisi incelenmiştir.

Karaşin vd., (2020), tarafından yapılan çalışmada ülkemizde yer alan yedi farklı coğrafi bölgeden birer il seçilerek, tasarım spektrumlarının il bazında farklılıkları ortaya konmaya çalışılmıştır.

Işık vd., (2021), tarafından yapılan çalışmada Kuzey Anadolu Fayı üzerinde yer alan 17 farklı coğrafik konum için deprem ve yapı parametreleri belirlenmiştir.

Koçer ve arkadaşları (2018), yaptıkları çalışma ile farklı yerel zemin koşulları ve farklı illeri dikkate alarak elde edilen spektral ivme değerlerini son iki deprem yönetmeliğine göre karşılaştırmışlardır.

Bozer (2020), ülkemizdeki tüm iller için tasarım spektral ivme katsayılarını elde ettiği çalışmasında sonuçları son iki yönetmelik kapsamında karşılaştırarak, yorumlamalar yapmıştır.

Keskin ve Bozdoğan (2018), yaptıkları çalışma ile son iki yönetmelikteki değişimleri Kırklareli özelinde değerlendirmişlerdir. Çalışma ayrıca yapısal analiz sonuçlarını da karşılaştırmayı içermektedir.

Öztürk (2018), tarafından yapılan çalışmada ise, İç Anadolu Bölgesi özelinde son iki deprem yönetmeliğindeki değişimi incelemiştir.

Sümer ve Hamsici (2020), yaptıkları çalışma ile son deprem yönetmeliğinde öngörülen tasarım spektrumların betonarme bir yapı üzerindeki etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır.

Balun vd. (2020), tarafından yapılan çalışmada son iki yönetmelik arasındaki farklar ortaya konmaya çalışılmış ve son deprem yönetmeliğinin taban kesme kuvvetine etkisini incelemiştir.

Seyrek (2020), yaptığı çalışmada Ege Bölgesi'nde yer alan tüm illeri dikkate alarak, güncel deprem tehlike haritalarının bu bölgedeki değişimini incelemiştir.

Bu ve bunlara benzer çalışmalara literatürde rastlamak mümkündür. Bu çalışmaların büyük bir bölümünde sadece deprem parametre değişimleri ya da yapısal analizlerdeki farklılıklar ortaya konmuştur. Bazı çalışmalarda ise hem deprem hem de yapısal sonuç parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında iki farklı değişken seçilmiştir. Birinci değişken olarak bir önceki deprem bölgeleri haritasında farklı deprem bölgelerinde yer alan dört farklı ildir. İkinci değişken olarak güncel deprem yönetmeliğinde yer alan dört farklı yer hareket düzeyidir. Bu tez çalışmasında bu iki değişkenin karşılıklı etkileşimi incelenmeye çalışılmıştır.

Bir önceki deprem bölgeleri haritasında dört farklı deprem bölgesinde yer alan Erzincan, Adana, Gümüşhane ve Ankara seçimleri yapılmıştır. Erzincan 1. derece deprem bölgesi olarak; Adana 2. derece deprem bölgesi olarak; Gümüşhane 3. derece deprem bölgesi olarak ve Ankara 4.

derece deprem bölgesi olarak seçilmiştir. Bu iller için yeni deprem tehlike haritası kullanılarak deprem parametreleri ve tasarım spektrumları dört farklı yer hareket düzeyi için ayrı ayrı elde edilmiştir. Örnek olarak seçilen altı katlı örnek bir betonarme yapı için elde edilen tasarım spektrumları kullanılarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir il için dört farklı yer hareket düzeyi için taban kesme kuvvetleri, elastik ve efektif rijitlik değerleri ile yapıdan beklenen hedef yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Çalışma ile farklı yer hareket düzeylerini betonarme bir yapının deprem davranışına etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasındaki amaç, farklı yer hareket düzeylerinin farklı deprensellik ögelerine sahip coğrafik konumlarda deprem–yapı parametrelerini hangi düzeyde etkilediğini belirlemektir. Sahaya özgü tasarım spektrumların son yönetmelikle birlikte zorunlu olması açısından bu çalışma bu farklılıkları ortaya koymayı hedeflemiştir. Çalışma özellikle farklı düzeyde deprem yer hareketlerinin yapı performansına etkisinin incelenmesi açısından önemli bir yere sahip olacaktır.

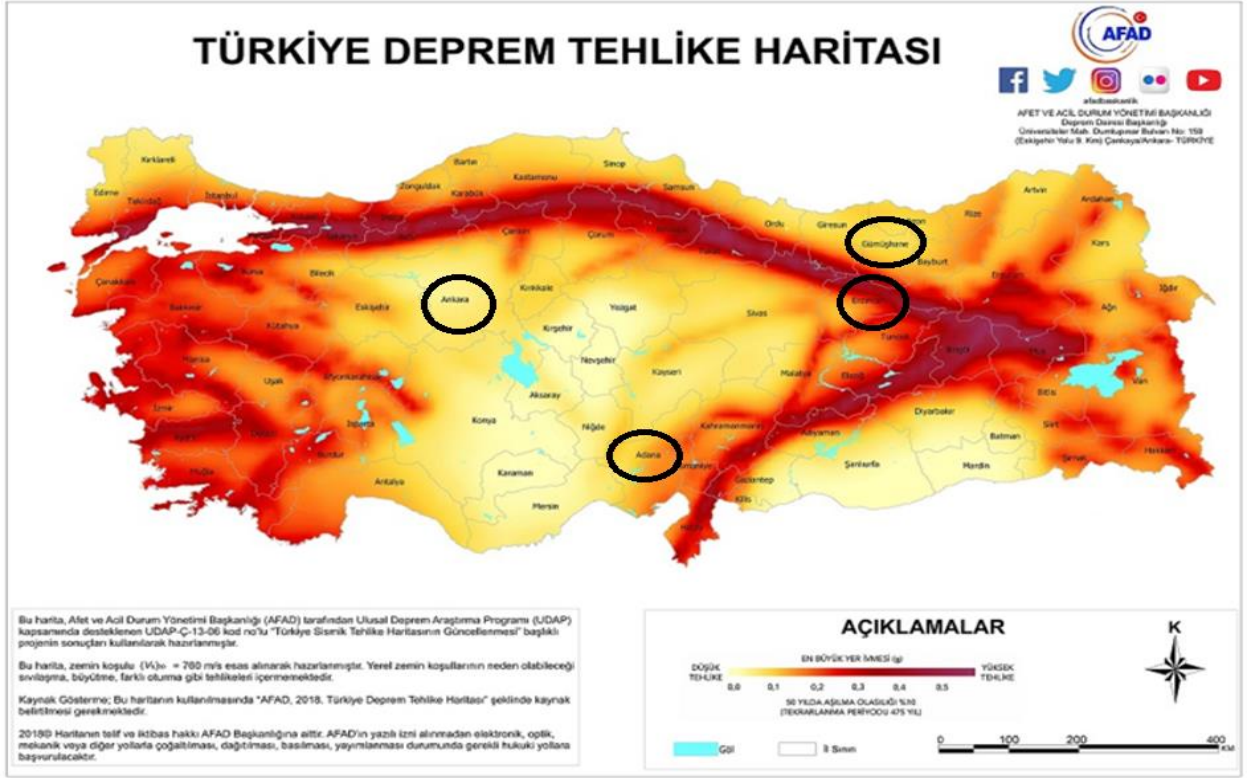
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Depremler sonucu oluşan yapısal hasarlar ile zaman içerisinde gelişen yapım teknolojileri ve yapı malzemelerinin de etkisi ile depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerinde değişikliklere gidilmesi kaçınılmazdır. Elde edilen deprem hasar verileri, yapı ile ilgili yönetmeliklerin gelişmesine önemli katkılar sunmaktadır. Türkiye, yaşadığı acı deprem olayları sonucu bu kurallarda önemli değişikliklere gitmiştir. Farklı tarihlerde kuralların bir kısmı güncellenerek ya da tamamen değiştirilerek, 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girerek en son şeklini almıştır.

Türkiye’de 1945, 1947, 1963, 1972 ve 1996 yenilenen deprem tehlike haritaları son olarak 2018 tarihinde güncellenmiş ve 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Son harita haricindeki tüm haritalar bölgesel risk tabanlı hazırlanmıştır. Yeni harita en güncel deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha fazla ve ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır. Yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerleri gösterilmiş ve “deprem bölgesi” kavramı ortadan kaldırılmıştır (Akkar vd., 2018; Özmen, 2012; Akkar vd., 2014). Bununla birlikte deprem tehlikesi artık coğrafi konuma özel olarak hesaplanmaya başlanmıştır (Çeken vd., 2017). Bu haritanın yanı sıra depreme dayanıklı yapı yönetmeliği 2018 tarihinde güncellenmiş ve 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikteki önemli değişikliklerden biri yerel zemin koşullarında olmuştur. Farklı zemin grup ve sınıfları birleştirilerek yerel zemin sınıfı olarak tek bir başlık altında birleştirilmiştir.

TBDY 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu yeni yönetmelik ile deprem etkilerinin belirlenmesi adına Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılmaya başlanılmıştır (TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete; 30364, 2018; (<https://tdth.afad.gov.tr/>)). Bu uygulama yardımı ile herhangi bir coğrafi konuma ait deprem etkilerinin yapısal analizlerde kullanılması için deprem parametre değerleri hesaplanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında bu uygulama kullanılmıştır. Uygulama ile herhangi bir nokta için yerel zemin koşulları ve deprem yer hareket düzeyi seçilerek deprem parametreleri hesaplanabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında farklı illerin seçimi yapılırken bir önceki deprem bölgeleri haritasında farklı deprem bölgelerinde yer alan dört farklı il seçimi yapılmıştır. Erzincan 1. derece deprem bölgesi olarak; Adana 2. derece deprem bölgesi olarak; Gümüşhane 3. derece deprem bölgesi olarak ve Ankara 4. derece deprem bölgesi olarak seçilmiştir. Seçilen bu illerin deprem tehlike haritası üzerinde gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada dikkate alınan geometrik konumlar ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2020)

Güncel olarak kullanılmakta olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY-2018), bir önceki deprem yönetmeliğine göre üç farklı yer hareket düzeyi daha ilave edilmiştir. DBYBHY-2007'de sadece tekrarlanma periyodu 475 yıl olan ve aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan standart tasarım deprem yer hareketi dikkate alınırken yeni yönetmelikte 50 yılda aşılma olasılığı farklı üç yer hareket düzeyi daha eklenmiştir. Güncel yönetmelikte yer alan dört farklı yer hareket düzeyi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Deprem yer hareketi düzeyleri (TBDY-2018)

Deprem Düzeyi	Tekrarlanma Periyodu	Aşılma Olasılığı (50 yılda)	Tanımı
DD-1	2475	0.02	En büyük deprem yer hareketi
DD-2	475	0.1	Standart tasarım deprem yer hareketi
DD-3	72	0.5	Sık deprem yer hareketi
DD-4	43	0.68	Servis deprem hareketi

Yapıların yapılacağı konumlardaki yerel zemin sınıflarının, yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarını etkilediği bilinmektedir (Borcherd, 2004; Işık vd., 2016). Güncel yönetmelik ile birlikte değişen bir diğer kısım da yerel zemin sınıfları olmuştur. DBYBHY 2007’de yerel zeminler ayrı grup ve ayrı sınıflar ile ifade edilirken, güncel yönetmelik olan TBDY-2018’de zemin grupları ile zemin sınıfları tek bir tabloda birleştirilerek altı farklı zemin sınıfı olarak dikkate alınmaya başlanmıştır. Çalışmaya esas olan tüm il merkezleri için beş farklı zemin sınıfı dikkate alınmıştır. ZF sınıfı zeminlerde sahaya özgü iş ve işlemlerin yapılarak gerekli olan değerlerin hesaplanması gerektiğinden bu tez çalışması kapsamında bu zemin sınıfı dikkate alınmamıştır. Güncel yönetmelikte yer alan yerel zemin sınıfları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

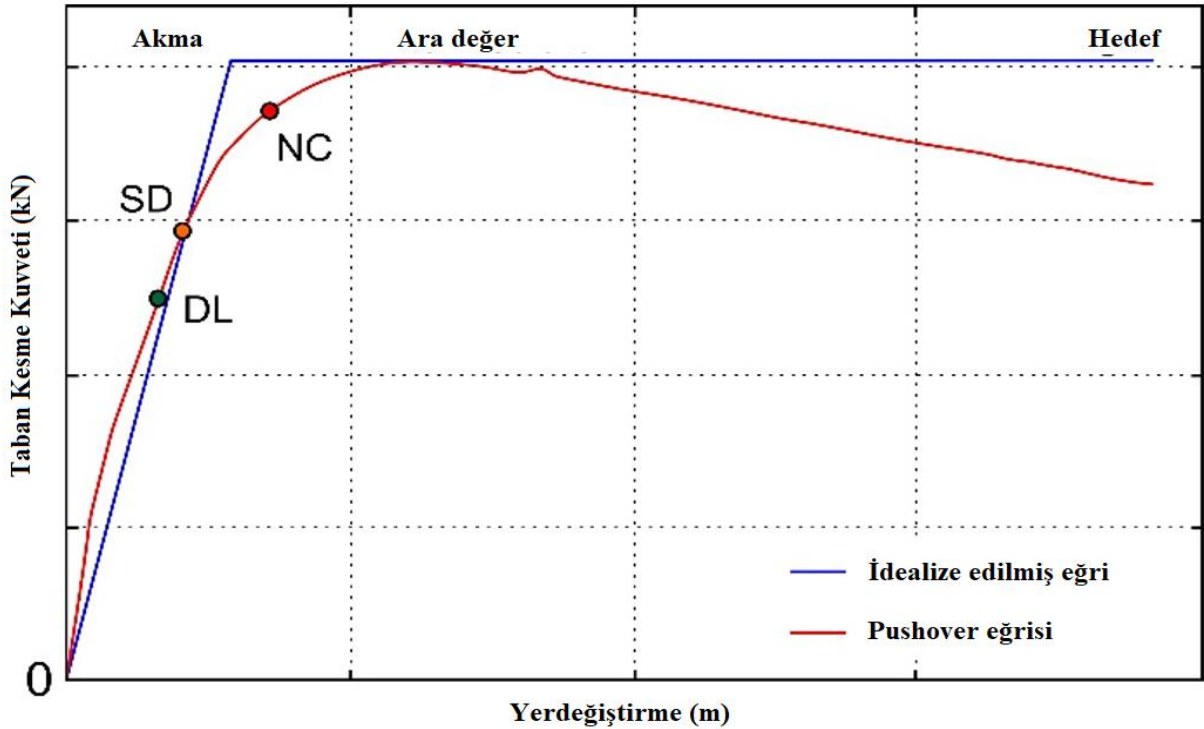
Çizelge 2.2. Yerel zemin sınıfları (TBDY-2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(VS)30 [m/s]	(N60)30 [darbe/30cm]	(Cu)30[kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 760	-	> 50 > 250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil Tabakaları	180- 360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları veya $P I > 20$ ve $w > 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70

Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler :

- 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),
- 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer,
- 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer ,
- 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.

Bu tez çalışmasında yapısal analiz sonuçlarının değişimlerinin ortaya konabilmesi adına TBDY-2018’de yer alan ZC yerel zemin sınıfı dikkate alınmıştır. Seçilen yerel zemin sınıfı dikkate alınarak çalışmaya esas teşkil eden dört farklı il için en büyük yer ivmesi (PGA), en büyük yer hızı (PGV), harita spektral ivme katsayıları (S_s ve S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_s ve F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} ile S_{D1}) ayrı ayrı elde edilmiştir. İnteraktif Web Deprem Uygulaması kullanılarak her bir yer hareket düzeyi ve her bir il için düşey ve yatay elastik tasarım spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen tasarım spektrumları, PGA değerleri ve yerel zemin sınıfları dikkate alınarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizler için tüm özellikleri aynı olan altı katlı betonarme simetrik bir yapı seçilmiştir. Yapısal analizler akademik lisanslı Seismostruct yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılım içerisinde yer alan statik itme analiz yöntemi kullanılmış olup, her bir yer hareket düzeyi ve her bir il için ayrı ayrı analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerle her bir farklı il için taban kesme kuvvetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan yer değiştirmelere göre idealize edilmiş eğri üzerinde bulunan üç farklı nokta için belirli değerler bulunmuş olup, bu değerlerden ilki değer akma anındaki yer değiştirme (d_y), ikinci değer intermediate (d_{int}) ve üçüncüsü ise hedef yer değiştirmeyi göstermektedir. Binada oluşacak hasar durumlarını tespit edebilmek için yukarıda tanımlanan değerler kullanılarak hedef deplasmanlar belirlenmektedir. Tipik bir statik itme eğrisi ve hesaplanan yer değiştirme değerleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tipik statik itme ve idealleştirilmiş eğriler ve hesaplanan yer değiştirmeler

Betonarme yapı elemanlarının rijitlik değerleri, deprem etkisi altında öngörülen rijitlik değerlerinden farklıdır. Bu nedenle, bu yapısal elemanların tasarımında ve analizinde etkin kesitsel rijitlik değerleri kullanılmaktadır. Betonarme yapı sistemlerinin deprem yükleri altındaki performansını belirlemek için çatlak kesitlerin rijitlikleri dikkate alınmaktadır. Elastik rijitlik değerinin öngörülen rijitlik azaltma katsayıları kullanılarak çatlak kesitlerin efektif rijitliği elde edilir (Çağlar vd., 2015; Wilding ve Beyer, 2018; Ugalde vd., 2020). Bu çalışmamızda elastik rijitlik değeri (K_{elas}) ile etkili rijitlik (K_{eff}) değerleri de göz önüne alınan her il için ayrı ayrı hesaplanarak bulunmuştur.

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde yapısal elemanların belirli performans sınırlarına ulaşıldığında hasar tahmini için hedef deplasmanların belirlenmesi önemlidir. Yapısal analizde, dünya çapında kullanılan hasar tahmini için Eurocode-8'de (Bölüm 3) (Eurocode, 2005; Pinto ve Franchin, 2011), verilen limit durumlar dikkate alınmıştır. Hasar tahmini için Eurocode-8'de önerilen sınır durumları Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Yapısal analiz için hesaplanan tüm değerler iller için ayrı ayrı Bölüm 3.2'de verilmiştir. Eurocode-8'de bulunan hasar durumları için üç farklı sınır durum belirtilmiştir. Bu sınır durumlar; Sınırlı Hasar (DL) durumu, Önemli Hasar (SD) durumu ve Göçme Öncesi (NC) durumu olmak üzere üç farklı şekilde incelenmiştir.

Çizelge 2.3. Eurocode 8'de önerilen sınır durumlar (Eurocode, 2005; Pinto and Franchin, 2011)

Sınır Durum	Açıklama	Tekrarlanma Periyodu (Yıl)	50 yıldaki Aşılma Olasılığı
Sınırlı Hasar (DL)	Yalnızca hafif hasar görmüş, yapısal olmayan bileşenlerde hasar ekonomik olarak onarılabilir	225	0.20
Önemli hasar (SD)	Önemli ölçüde hasar görmüş, bir miktar artık mukavemet ve sertlik, yapısal olmayan bileşenler hasar görmüş, onarımı ekonomik değil	475	0.10
Göçme öncesi (NC)	Ağır hasarlı, çok düşük artık mukavemet ve sertlik, büyük kalıcı kayma ancak hala ayakta	2475	0.02

2.1. Statik İtme Analizi

Yapıların tasarımında ve değerlendirilmesinde binaların sismik kapasitelerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan biri statik itme analizidir (Hsiao vd., 2015; Estêvão ve Oliveira, 2015). Büyük yer değiştirmelerde, incelenen mekanizmanın kinematik değişken

konfigürasyonları dikkate alınarak, virtüel iş teoreminin uygulanmasıyla elde edilen statik çarpandan bir itme eğrisi hesaplanır. Bu artımlı kinematik analizle birlikte, bağlantıların katkısı nihai denge durumuna ulaşana kadar dikkate alınmaktadır. Her katkı için yer değiştirme kapasitesi, sistemin performans seviyesi olarak kabul edilen bir eşiktir (Casapulla ve Argiento, 2016; Jalayer vd., 2015). İtme analizi, yapısal sistemlerin doğrusal olmayan davranışını tahmin etmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Gholipour ve Alinia, 2016). İtme analizi, bir yapının yerçekimi yüklemesine ve nihai bir duruma ulaşılana kadar elastik ve esnek olmayan davranış yoluyla sürekli olarak artan monotonik yer değiştirme kontrollü bir yanal yük modeline maruz kaldığı statik-doğrusal olmayan bir analiz yöntemidir. Yanal yük, deprem yüklemesinin neden olduğu taban kesme aralığını temsil edebilir ve konfigürasyonu, kütlelerin bina yüksekliği, mod şekilleri veya diğer pratik etkiler boyunca dağılımıyla orantılı olabilir (Computers and Structures, 2011). Tipik bir statik itme eğrisi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

2.2. Son İki Deprem Yönetmeliği Arasındaki Temel Farklar

Deprem yönetmeliği ülkemizde ilk olarak 1940 yılında yürürlüğe girmiş ve zaman içerisinde 9 kez revize edilmiştir. Çizelge 2.4’te ülkemizde uygulanan deprem yönetmelikleri literatürdeki kaynaklar güncellenerek verilmiştir.

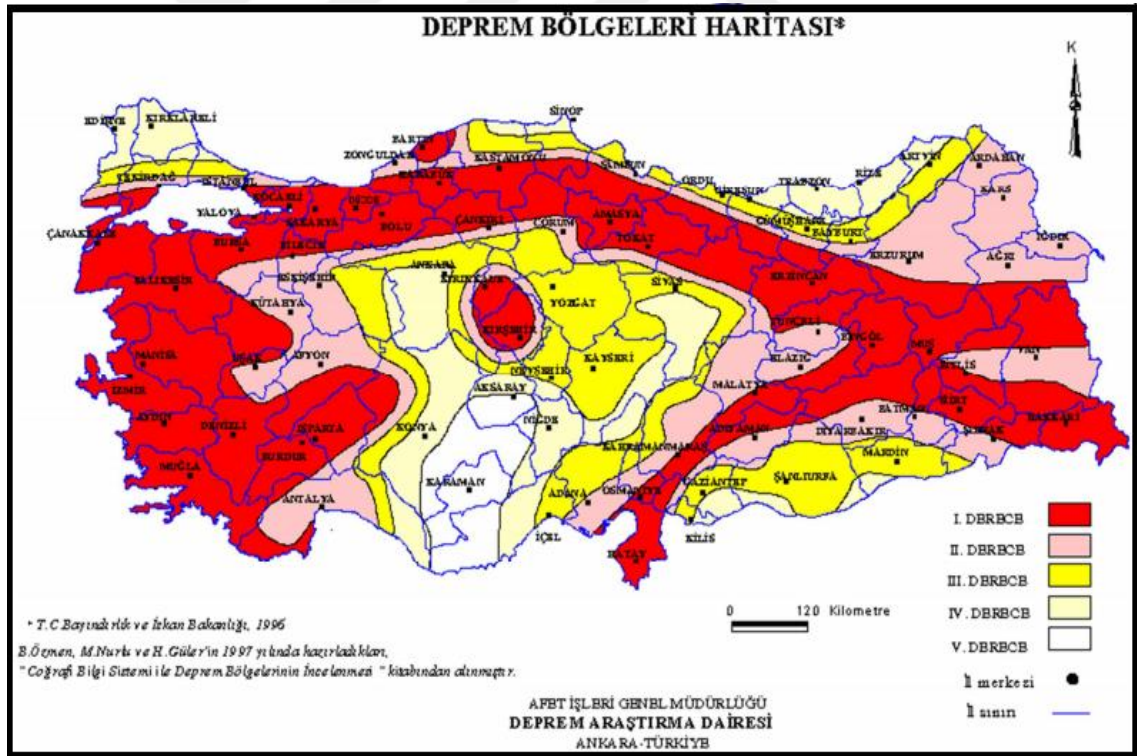
Çizelge 2.4. Deprem yönetmelikler tarihçesi (Keskin ve Bozdoğan, 2018)

Yönetmelik Adı	Yürürlülük Tarihi
Zelzele Mintıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi	1940
Zelzele Mintıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi	1944
Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	1949
Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1953
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1962
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1968
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1975
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1998
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	2007

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikteki (DBYBHY-2007 31.12.2018'e kadar yürürlükte kalmıştır.) eksikliklerin giderilmesi ve son zamanlarda deprem mühendisliği alanındaki çalışmaların getirdiği yeniliklerle beraber Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 18 Mart 2018 Tarihli ve 30364 Sayılı Resmî Gazete'de yayınlanarak, 1 Ocak 2019 (<https://tdth.afad.gov.tr/>) tarihinden itibaren uygulanmak üzere kabul edilmiş olup günümüzde uygulanmaya devam edilmektedir.

DBYBHY 2007 ile TBDY 2018 arasında temel farklılıklar bulunmakla beraber TBDY 2018 ile beraber getirilen yenilikler bulunmaktadır. DBYBHY 2007 ile TBDY 2018 arasındaki bazı farklılıklar ve getirilen bazı yenilikler aşağıda belirtilmiştir

DBYBHY 2007'de Deprem Bölgeleri Haritası bulunmakla beraber I. derece deprem tehlikesi bakımından en yüksek, V. derece ise depremselliğin olmadığı bölgeleri gösteren, beş farklı deprem bölgesinden (I, II, III, IV ve V) oluşan harita kullanılmaktaydı. Ancak TBDY 2018'de ise Türkiye Deprem Tehlike Haritaları mevcut ve deprem bölgeleri tanımlanmamış olup her nokta deprem bölgesi kabul edilmiştir.



Şekil 2.3. Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 1996)

Türkiye'deki her nokta için TBDY 2018'e göre Türkiye Deprem Tehlikesi Haritasından S_s ve S_1 değerleri okunabilecektir. S_s değeri $T=0.2$ saniye kısa periyoda S_1 değeri ise $T=1.0$ saniye uzun periyoda karşılık gelen harita spektral ivme katsayılarıdır. S_s ve S_1 değerlerinin, zemin

özelliklerini yansıtan yani ZA, ZB, ZC, ZD, ZE sınıflarına göre yerel zemin etki katsayıları ile çarpılması sonucunda ise tasarım spektral ivme katsayıları SD_s ile SD_1 bulunur ve tasarım ivme spektrumu bu değerlere bağlı olarak oluşturulur. Öncesinde binanın bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak tek bir değer alan spektral ivme katsayısı artık kısa ve uzun periyot bölgeleri için ayrı ayrı belirlenebilecektir. Tasarım spektrumu üzerinde, kısa periyot bölgesi spektral katsayının periyottan bağımsız olarak en yüksek değerleri aldığı ve ivmenin etkin olduğu bölge, uzun periyot bölgesi ise değerlerin periyoda bağlı olarak azaldığı ve hızın etkin olduğu bölgeyi ifade eder (Sadat, 2020).

TBDY 2018’de dört tane deprem yer hareket düzeyi tanımlanmaktadır. Bunlar DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem yer hareket düzeyleridir. DD1 deprem yer hareketi göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi, DD2 deprem yer hareketi standart tasarım deprem yer hareketi, DD3 deprem yer hareketi sık deprem yer hareketi ve DD4 deprem yer hareketi ise servis deprem yer hareketi olarak tanımlanmıştır. TBDY 2018’de tanımlanan DD2 deprem yer hareketi TDY 2007’de kullanılan deprem tasarımına denk gelmektedir. DBYBHY 2007’de DD kavramı bulunmamakla birlikte yeni yapı tasarlarken tek deprem kullanılıyordu. DBYBHY 2007’de sadece tekrarlanma periyodu 475 yıl olan ve aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan standart tasarım deprem yer hareketi dikkate alınırdı. TBDY 2018’de ise 50 yılda aşılma olasılığı farklı üç yer hareket düzeyi daha eklenmiştir.

DBYBHY 2007’de, düşey elastik tasarım spektrumu konusu bulunmamaktadır. Güncel olarak kullanılmakta olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde (TBDY 2018) düşey elastik tasarım spektrumu tanımlanmış olup aşağıda belirtilen durumlarda düşey deprem etkisi hesaplanmalıdır (TBDY 2018).

- (a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- (b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
- (c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- (d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

DBYBHY 2007’de zemin grupları ve yerel zemin sınıfları ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Zemin grupları sırasıyla en iyiden en kötüye göre zemin özelliklerini belirten A, B, C ve D olarak isimlendirilmiştir. A, B, C ve D zemin gruplarına ve en üst zemin tabakası kalınlığına (h_1) göre yerel zemin sınıfları Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere 4 grup olarak sınıflandırılmaktaydı. Burada en iyi Z1 zemin sınıfı ve en kötü Z4 zemin sınıfı olarak nitelendirilmiştir. TBDY 2018’de ise bir önceki yönetmelikte bulunan zemin grubu kavramı kaldırılmış olup zemin grupları ile yerel zemin sınıfları tek bir tabloda toplanılmıştır. Güncel yönetmelikte 6 gruba ayrılan yerel zemin sınıfları iyi zeminden kötü zemine doğru ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak gruplandırılmıştır. Sahaya özel

araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler olarak adlandırılan zeminler, ZF sınıfı yerel zeminler olarak isimlendirilmiş olup en kötü zemin özelliklerine sahiptir. ZF sınıfının tespiti için ekstra hesaplar yapılması ve zemini yerinde yapılacak testler ile uzman kontrolünde değerlerin belirlenmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Çizelge 2.5. Zemin grupları (DBYBHY 2007)

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	— > 50	— 85–100	> 1000 —	> 1000 > 700
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 32	—	> 400	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	—	—	—	—
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	—	—	500–1000 —	700–1000 400–700
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	200–400	300–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	—	—
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çokayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	— 10–30	— 35–65	< 500 —	400–700 200–400
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	8–16	—	100–200	200–300
	3. Katı kil ve siltli kil.....	—	—	—	—
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil....	< 8	—	< 100	< 200

Çizelge 2.6. Yerel zemin sınıfları (DBYBHY 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 2.5 'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Bina önem katsayısı DBYBHY 2007’de “Binanın Kullanım Amacı veya Türü” başlığı altında 4 önemli düzeyde tanımlanırken TBDY 2018’de binanın kullanım amacına göre 3 bina kullanım sınıfına ayrılmıştır (BKS= 1, BKS= 2, BKS= 3). DBYBHY 2007’de 2. önemli düzeyde “insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın sağlandığı binalar” başlığı altındaki okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler vb. bina önem katsayısı 1,4 iken TBDY 2018’de ise önem katsayısı arttırılarak BKS= 1 kullanım sınıfına alınmış olup bina önem katsayısı (I) 1,5 olarak kabul edilmiştir. DBYBHY 2007’de I= 1,4 katsayısının bina önem katsayısı olarak kullanılması TBDY 2018’den çıkarılmıştır.

Çizelge 2.7. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY 2018)

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

TBDY 2018’de yapıların sınıflandırılmasına yönelik olarak DBYBHY 2007 yönetmeliğinde yer almayan yeni tasarım kriterleri yer almıştır. Bu kriterlerden biri Deprem Tasarım Sınıflarıdır (DTS). DTS, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) ve Bina Kullanım Sınıflarına göre belirlenmektedir. Yapıların DTS değeri S_{DS} değerlerine göre 1, 2, 3 ve 4 değerlerinden birini alarak 4 farklı gruba ayrılmaktadır. DTS= 1 değerini aldığı anda deprem tehlikesi çok olan yerleri DTS= 4 değerini

aldığında deprem tehlikesi az olan yerleri göstermektedir. Bina Kullanım sınıfı (BKS)= 1 ise (Bina Önem Katsayısı $I= 1.5$ olur) Deprem Tasarım Sınıfı değeri yanına “a” indisini alarak tanımlanmaktadır. Bu şekilde Deprem tasarım sınıfları 1a, 2a, 3a, 4a, 1, 2, 3 ve 4 olmak üzere 8 grupta toplanmıştır. DTS= 1a değerini aldığı hem deprem tehlikesinin yüksek olduğu yeri hem de bina kullanım sınıfının bina önem katsayısının yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 2.8. Deprem tasarım sınıfları (TBDY 2018)

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
$0.33 < S_{DS} < 0.50$	DTS=3a	DTS=3
$0.50 < S_{DS} < 0.75$	DTS=2a	DTS=2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS=1a	DTS=1

DBYBHY 2007’de bulunmayıp TBDY 2018’e eklenen diğer bir yenilik ise Bina Yükseklik Sınıfları ile ilgilidir. Güncel yönetmelikte 8 adet Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) bulunmaktadır. TBDY 2018’de tanımlanan bu 8 adet bina yükseklik sınıfları 1’den 8’e kadar değer almakta olup çizelge 2.9’da gösterilmiştir.

Bina Yükseklik Sınıfını tespit etmek için Deprem Tasarım Sınıfını ve bina yüksekliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Burada $BYS= 1$ olarak değerlendirilen binalar yüksek binalar olarak kabul edilmektedir.

Deprem tasarım sınıfı 1a’dan 2’ye kadar olan binalarda yüksek bina olarak kabul edilme sınırı 70 m’dir. Deprem tasarım sınıfı 3a’dan 3’e kadar olan binalarda ise 91 m ve deprem tasarım sınıfı 4a’dan 4’e kadar olan binalar için de 105 m yüksek bina kabul edilme sınırı olarak belirlenmiştir. Bundan dolayı TBDY 2018’de 1. derece deprem bölgesinde bulunan ve kat yüksekliği 3 m olan 25 katlı bir konut binası için güncel yönetmelikle beraber özel tasarım kriterleri uygulanacaktır. Aynı şekilde 3. veya 4. derece deprem bölgesinde bulunan 35 katlı konut

binası da yüksek katlı bina olarak değerlendirilecek ve buna göre tasarlanacaktır. (Tunç ve Tanfener, 2016).

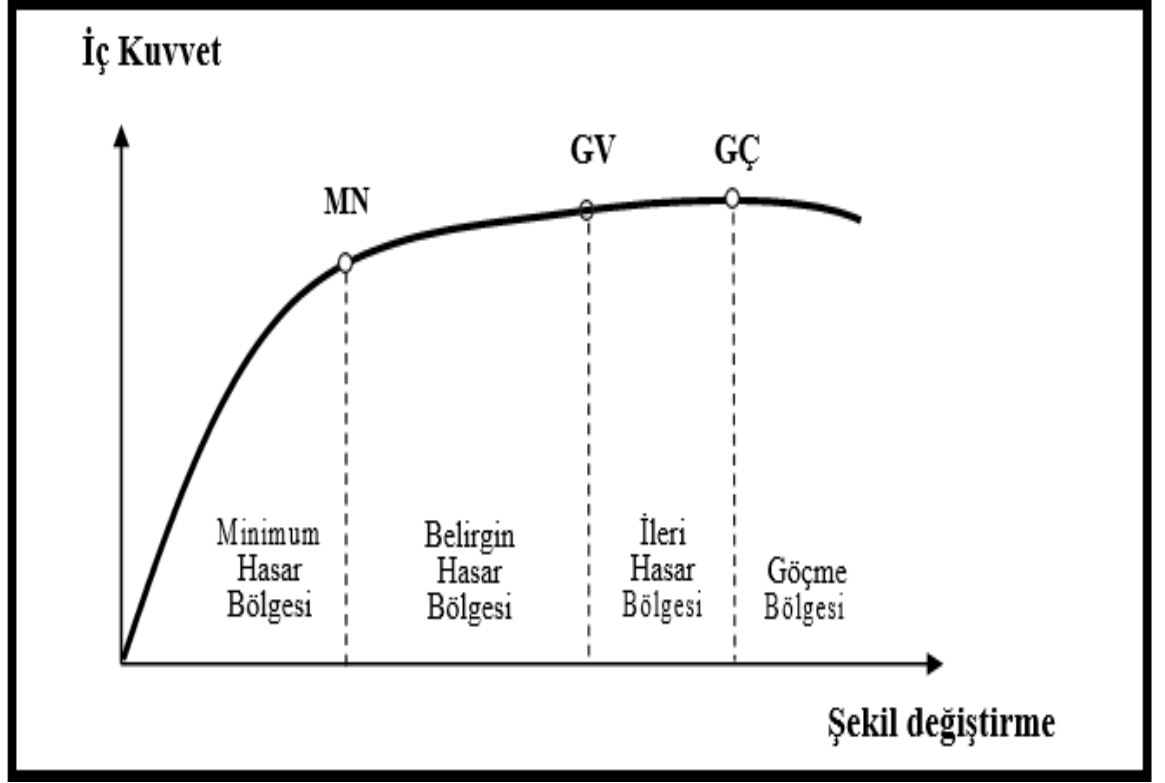
Çizelge 2.9. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY 2018)

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	$56 < H_N < 70$	$70 < H_N < 91$	$91 < H_N < 105$
BYS = 3	$42 < H_N < 56$	$56 < H_N < 70$	$56 < H_N < 91$
BYS = 4	$28 < H_N < 42$		$42 < H_N < 56$
BYS = 5	$17.5 < H_N < 28$		$28 < H_N < 42$
BYS = 6	$10.5 < H_N < 17.5$		$17.5 < H_N < 28$
BYS = 7	$7 < H_N < 10.5$		$10.5 < H_N < 17.5$
BYS = 8	$H_N < 7$		$H_N < 10.5$

DBYBHY 2007’de sünek davranış gösteren elemanlar için iç kuvvet-şekil değiştirme grafiğine göre üç sınır durum tanımlanmaktadır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olmak üzere kesit düzeyinde aşağıdaki Şekil 2.4’te gösterilmiştir. İç kuvvet-şekil değiştirme grafiğinde belirtilen üç sınır durum arasında kalan kısımlar ise Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi olacak şekilde gösterilmiştir.

Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli olmamaktadır. Kritik kesitlerinin hasarı MN’yi geçmeyen elemanlar Minimum Hasar Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar

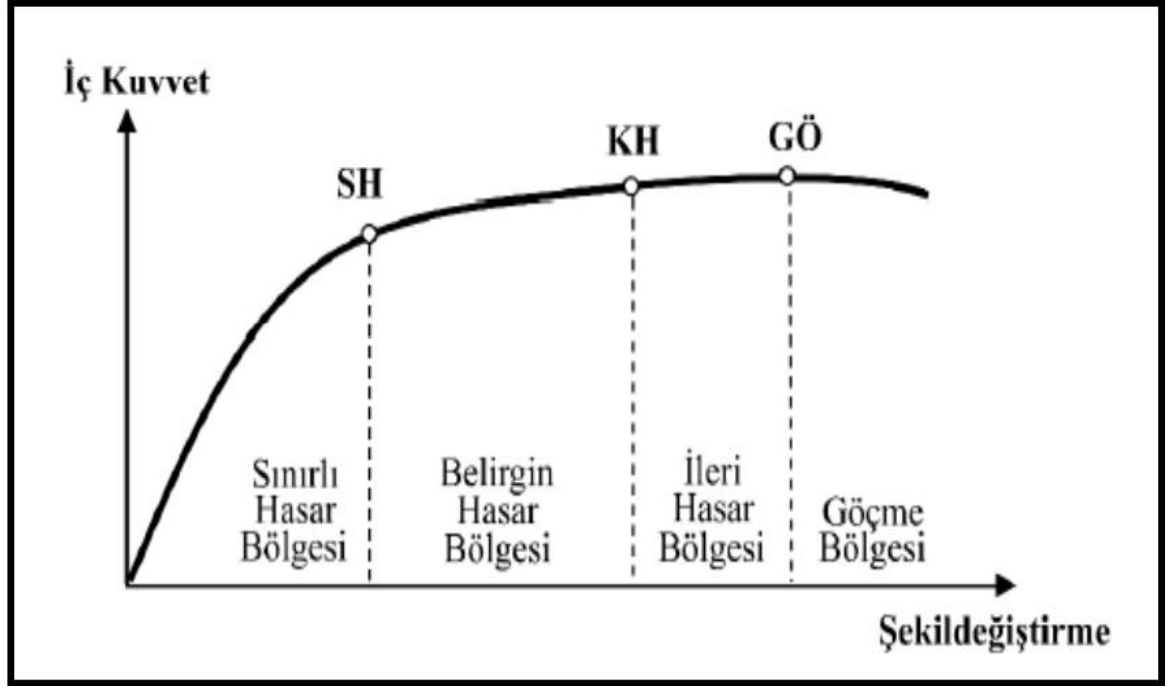
Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Ulutaş, 2018).



Şekil 2.4. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (DBYBHY 2007)

TBDY 2018'de Sünek davranış gösteren elemanlar için iç kuvvet-şekil değiştirme grafiğine göre kesit hasar sınırları üç sınır durum olarak tanımlanmaktadır. Bu üç sınır durum, Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumlarıdır ve aşağıdaki Şekil 2.5'de gösterilmiştir. İç kuvvet-şekil değiştirme grafiğinde belirtilen üç sınır durum arasında kalan kısımlar ise Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi olacak şekilde gösterilmiştir.

Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir. Kritik kesitlerinin hasarı SH'ya ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ'yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar. (Ulutaş, 2018).



Şekil 2.5. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (TBDY 2018)

DBYBHY 2007’de ise bina performans düzeyleri Hemen Kullanım Seviyesi (HK), Can Güvenliği Seviyesi, Göçme Öncesi Performans Seviyesi, Göçme Durumu olmak üzere 4 ayrı sınıfta tanımlanmaktadır. Güncel olarak kullanılan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde (TBDY-2018) bina performans düzeyleri yenilenerek, Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK), Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (SH), Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (KH) ve Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (GÖ) olarak 4 ayrı sınıfta tanımlanmaktadır.

Çizelge 2.10. Bina Performans Düzeyleri Karşılaştırılması

Bina Deprem Performans Düzeyleri	
DBYBHY 2007	TBDY 2018
Hemen Kullanım Seviyesi (HK)	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK)
Can Güvenliği Seviyesi	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (SH)
Göçme Öncesi Performans Seviyesi	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (KH)
Göçme Durumu	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (GÖ)

Bir önceki yönetmelik olan DBYBHY 2007’de ki minimum eleman boyutlarında değişiklikler yapılmıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir; perdelerin minimum kalınlığı DBYBHY 2007’de 20 cm ve perdenin uzun kenarının kalınlığına oranı 7 olarak düzenlenmişken TBDY 2018’de perdelerin minimum kalınlığı 25 cm ve perde uzun kenarının kalınlığına oranı 6 olacak şekilde değiştirilmiştir. Bir önceki yönetmelikte kolonlarda minimum kenar uzunluğu 25 cm verilmişken yeni yönetmelikte kolonların minimum kenar uzunluğu 30 cm olarak değiştirilmiştir. Ayrıca dairesel kolonların minimum çapı ise 30 cm’den 35 cm’e çıkarılmıştır. Yeni yönetmelikle birlikte boyutlarda yapılan değişiklikler dışında malzeme özelliklerinde de bir takım yeni sınırlandırmalar yapılmıştır. Mevcut yönetmelikte C20 ve C50 olarak tanımlanan minimum ve maksimum beton sınıfları sırasıyla C25 ve C80’e yükseltilmiştir (Tunç ve Tanfener, 2016).

2.3. Deprem Parametreleri

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Deprem Uygulaması kullanılarak depremsellik özellikleri farklı olan Erzincan, Adana, Gümüşhane ve Ankara illeri deprem parametreleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Yerel zemin sınıfı olarak ZC seçimi yapılmıştır. Bu uygulama üzerinden elde edilecek deprem parametreleri ve gösterimleri Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.11. Elde edilecek deprem parametreleri ve kısaltmaları

Simge	Tanımı
F_1	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
$S_{ae}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aed}(T)$	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{de}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi [m]
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_{LD}	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

Yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Tehlike Haritalarının kullanılması adına AFAD tarafından kullanıma açılan İnteraktif Web Deprem Uygulaması kullanım açısından kolay ve pratiktir. Uygulamada deprem parametrelerinin hesaplanacağı konum bilgileri (enlem ve boylam), deprem yer hareket düzeyi ve yerel zemin sınıfı seçimleri yapılarak istenilen herhangi bir konum için deprem parametreleri hesaplanabilmektedir. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasına ait örnek seçim ekranı Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. İnteraktif web deprem uygulaması için örnek seçim ekranı




Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

[Özet Raporu Göster](#) [Yazdır](#)

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	ERZİNCAN		
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi	
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	
Enlem:	39.74674°		
Boylam	39.491048°		

Çıktılar

$S_S = 1.440$	$S_1 = 0.414$	$PGA = 0.600$	$PGV = 39.394$
---------------	---------------	---------------	----------------

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 2.7. İnteraktif web deprem uygulaması için örnek kullanıcı girdi ekranı

İnteraktif Web Uygulaması yardımıyla kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_S) ile 1 s periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1) herhangi bir enlem-boylam değeri seçilerek yerel zemin sınıfı ve deprem yer hareket düzeyine bağlı olarak aşılma olasılığının dikkate alınması ile hesaplanmaktadır. Harita spektral ivme katsayıları oluşturulurken göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [(VS)30= 760 m/s] ve %5 sönüm oranı dikkate alınır. Harita spektral ivme katsayıları boyutsuzdur ve yer çekim ivmesine bölünerek elde edilir. 0,2 saniye ve 1 saniyelik periyotlara denk gelen harita spektral ivme katsayıları birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalaması şeklinde ifade edilir. Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı SD_S ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı SD_1 değerleri, elde edilen harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin katsayıları (F_S , F_1) kullanılarak aşağıdaki denklemler yardımı ile elde edilir.

$$SD_S = S_S \cdot F_S \quad (2.1)$$

$$SD_1 = S_1 \cdot F_1 \quad (2.2)$$

Güncel yönetmelik ile birlikte kullanıma başlanan yerel zemin etki katsayılarından F_S değerleri Çizelge 2.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.12. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı F_s					
	$S_s < 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s > 1,50$
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	1
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yine güncel deprem yönetmeliği ile birlikte kullanıma başlanan yerel zemin etki katsayılarından bir diğeri olan F_1 değerleri Çizelge 2.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.13. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı F_1					
	$S_1 < 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 = 0,50$	$S_1 > 0,60$
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	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

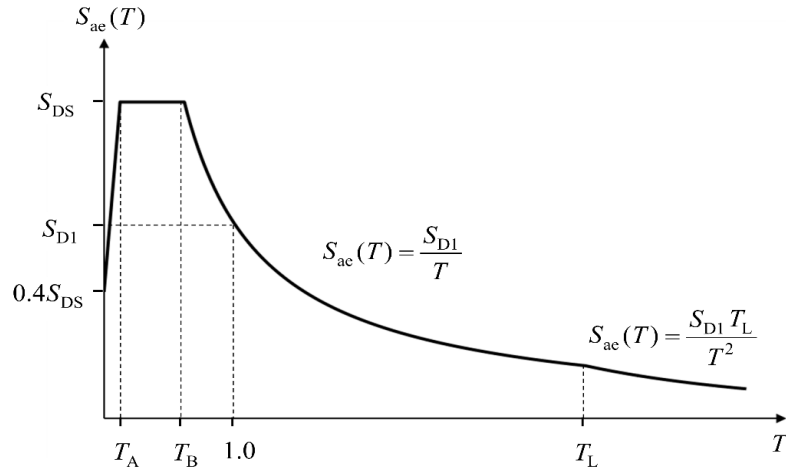
İnteraktif Web Deprem Uygulaması yardımı ile Türkiye Deprem Tehlike Haritasında enlem-boylam değerleri girilerek veya seçilecek herhangi bir coğrafi noktaya ait yatay elastik tasarım spektrumu bulunabilmektedir. Güncel yönetmelikte yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, dikkate alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olarak tanımlanmaktadır. Yatay elastik tasarım spektral ivmesi; doğal titreşim periyodu (T), kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{Ds}) ve 1,0 saniyelik periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}) değerlerine göre yerçekimi ivmesi [g] cinsinden aşağıdaki Denklem 2.3'e göre hesaplanarak bulunabilmektedir.

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left\{0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right\} S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T) \quad (2.3)
\end{aligned}$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B aşağıdaki Denklem 2.4 ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.4)$$

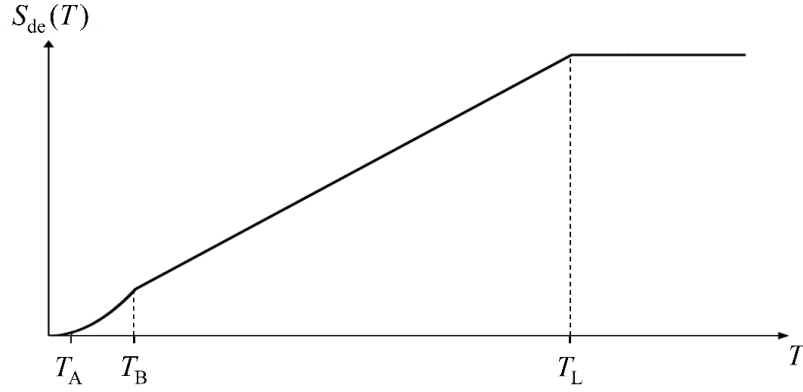
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s'dir. Şekil 2.8'de gösterilen yatay elastik tasarım spektrumu grafiği Denklem 2.3'te verilen formüller ile elde edilir.



Şekil 2.8. Yatay elastik tasarım spektrumu

Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri S_{de} simgesi ile gösterilmekte olup belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumunun ordinatları olarak tanımlanmaktadır. Yatak elastik tasarım spektrumu yer çekimi ivmesi (g) cinsinden ifade edildiği için denklem 2.5'te yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak metre (m) olarak ifade edilir. Şekil 2.9'da etkileşim grafiği verilmiştir.

$$S_{de} = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (2.5)$$



Şekil 2.9. $S_{de} - (T)$ grafiği

Yeni deprem yönetmeliği TBDY 2018'e göre düşey elastik tasarım spektrumu ilk kez düşey etki hesabında dikkate alınmaya başlanmıştır. Düşey elastik tasarım spektrumu $S_{aeD}(T)$ cinsinden ifade edilmekte olup belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olarak tanımlanmaktadır. İnteraktif Web Deprem Uygulaması yardımıyla yerel zemin sınıfları ve deprem yer hareket düzeylerine bağlı olarak herhangi bir coğrafi konumun düşey elastik tasarım spektrumu bulunabilir. Düşey tasarım ivme spektrumu bulunurken yatay tasarım ivme spektrumunun bulunmasında tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) ve doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden aşağıdaki Denklem 2.6'da gösterilmiştir.

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

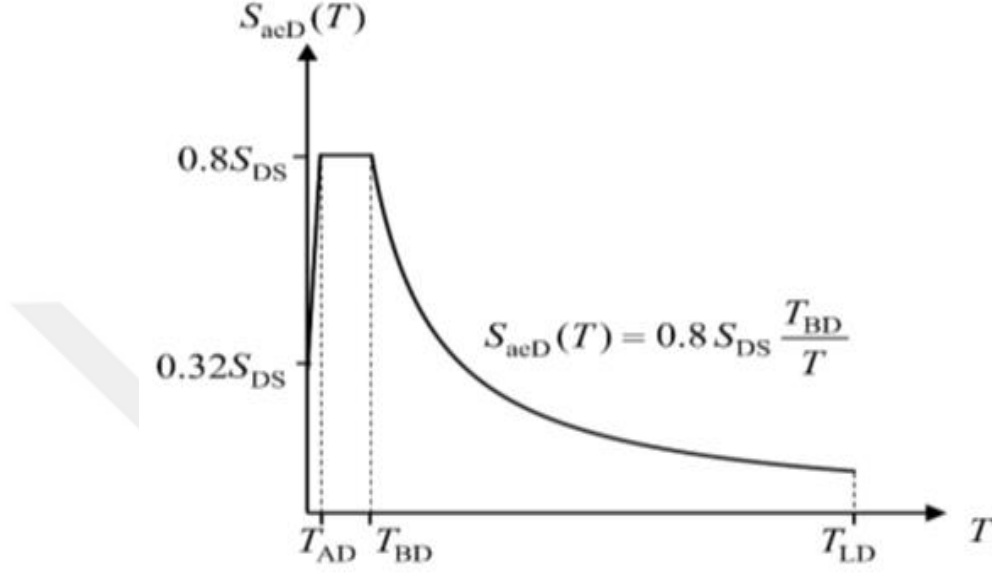
$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (2.6)$$

Denklem 2.4'te verilen düşey elastik tasarım spektrumu köşe periyotları T_{AD} ve T_{BD} ile T_{LD} periyot değerleri Denklem 2.5 yardımı ile aşağıdaki şekilde elde edilmektedir;

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{3} \quad (2.7)$$

Bu denklemlerde verilen deęerler kullanılarak elde edilecek örnek dūşey elastik tasarım spektrumu Őekil 2.6'da gōsterilmiřtir.



Őekil 2.10. Dūşey elastik tasarım spektrumu

2.4. rnek Olarak Seçilen Betonarme Yapı

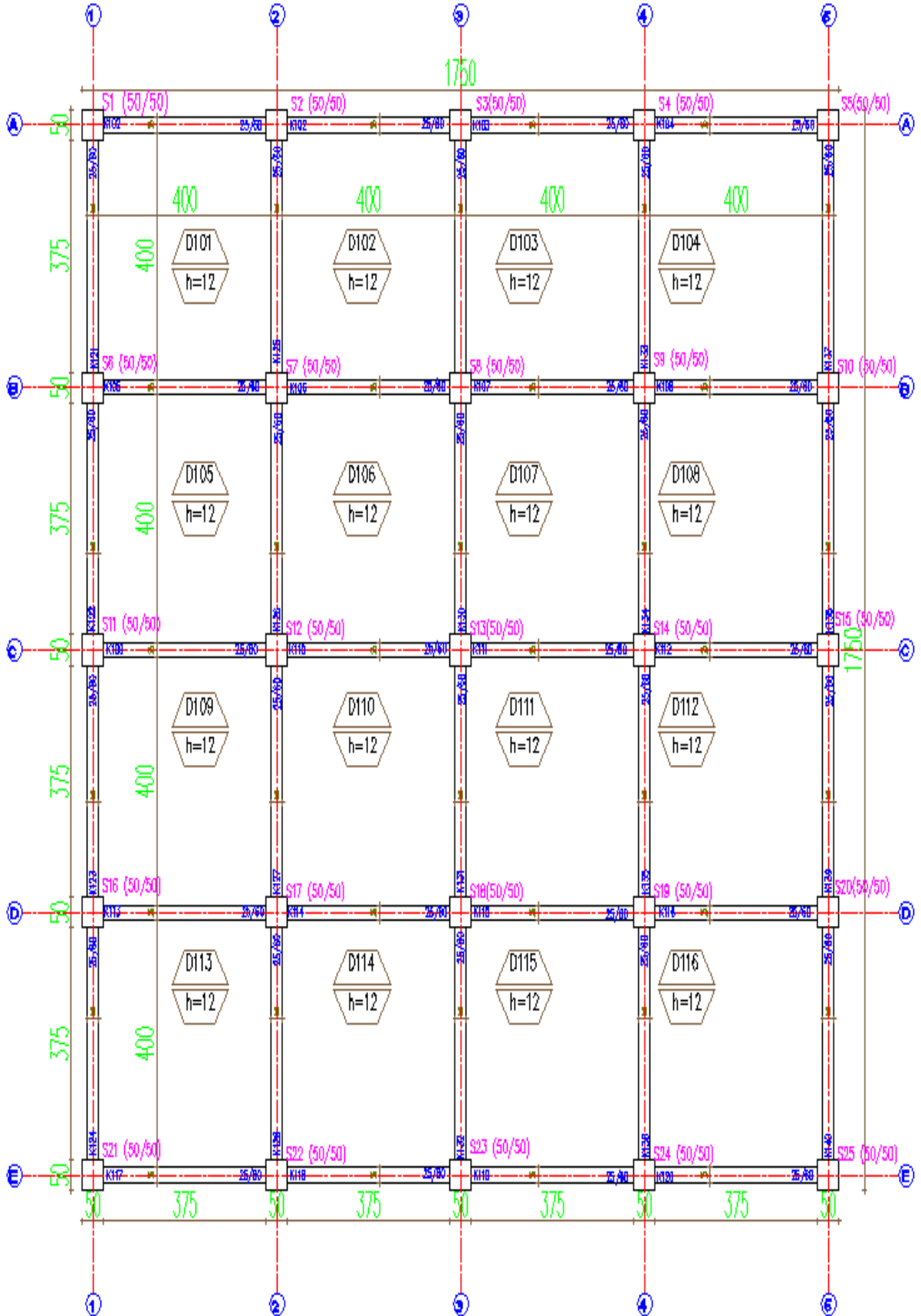
Bu tez çalışması kapsamında 6 katlı betonarme bir bina örnek olarak seçilmiştir. Yapı simetrik olarak seçildiğinden yapısal analizler sadece X doğrultusunda Seismostruct yazılımı ile (Seismosoft, 2018) gerçekleştirilmiştir. Seçilen referans binada herhangi bir dūzensizlik bulunmamaktadır. rnek olarak seçilen betonarme yapıda yapı önem sınıfı olarak III. sınıf ve sönüm oranı olarak %5 değeri dikkate alınmıştır. Oluřturulan referans bina modeli, bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan olumsuzluk parametreleri dikkate alınarak yeni yapısal modeller ayrıca oluşturulmuştur.

rnek olarak seçilen BA yapı modelinde malzeme olarak C25-S420 seçimi yapılmıştır. Hem kolon hem de kirişlerde enine donatı olarak $\phi 10/10$ seçilmiştir. Kolonlarda boyuna donatı olarak kōřelerde $4\phi 20$, diğer boyuna donatılar ise $8\phi 16$ olarak seçilmiştir. Kirişlerde ise alt ve st bōlgede $4\phi 14$ ve gōvde donatısı olarak de $2\phi 12$ seçimi yapılmıştır. Dikkate alınan betonarme yapıya ait kat kalıp planı Şekil 2.11'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan betonarme yapı için

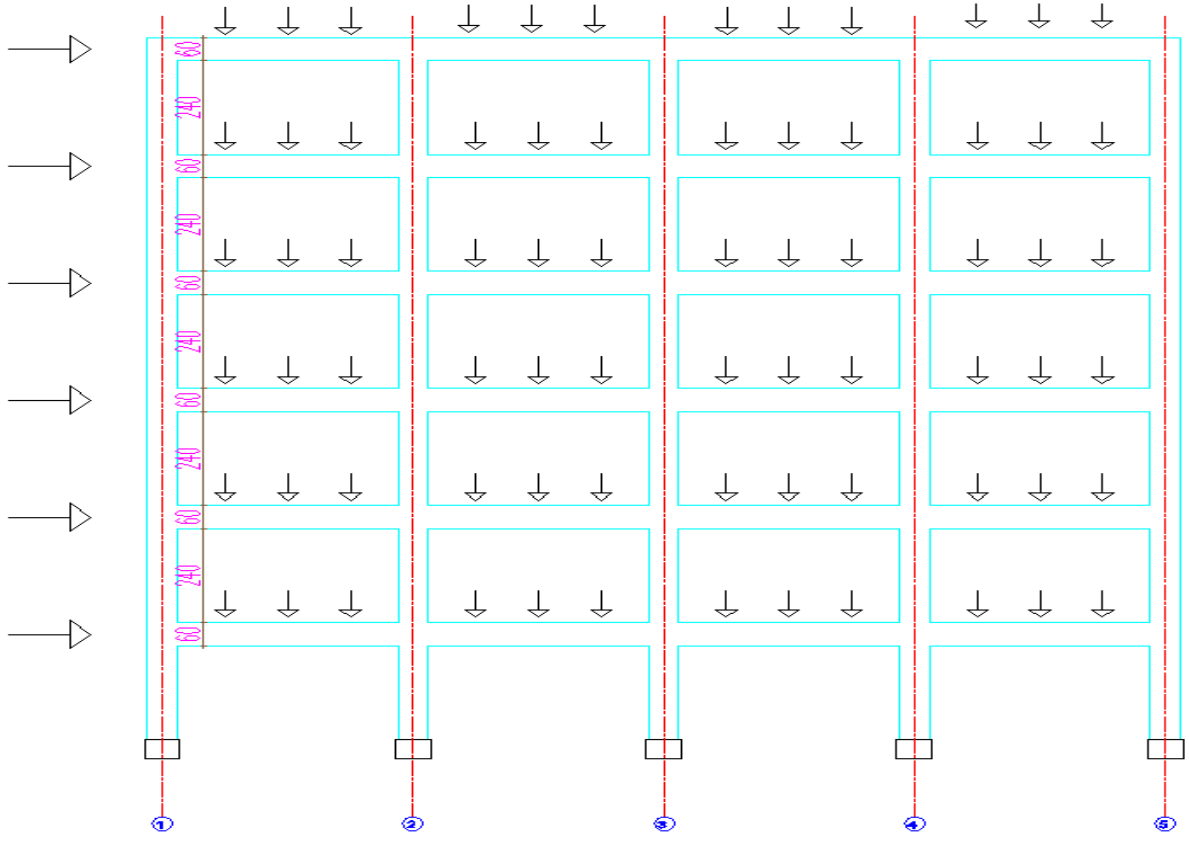
yazılım programından elde edilen iki ve üç boyutlu yapı modelleri ve uygulanan yüklerin gösterimi Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te verilmiştir.

Yükler için üniform dağılım seçeneği kullanılmıştır. Tüm yapısal modeller oluşturulurken kolon ve kirişler için kuvvete dayalı plastik mafsallı çerçeve elemanları (infrmFBPH) kullanılmıştır. Bu elemanlar yayılı inelastisiteyi kuvvete dayalı olarak modeller ve yalnızca plastisiteyi sonlu bir uzunlukla sınırlandırır. Kesitte bulunan ideal fiber (lif) sayısı kesitteki gerilme-birim şekil değiştirme dağılımını modellemeye yetecek kadar olmalıdır (Antoniou ve Pinho, 2003). Seçilen yapısal kesitler için 100 (yüz) adet fiber (lif) elemanı tanımlanmıştır. Bu değer bu tür kesitler için yeterli olmaktadır.

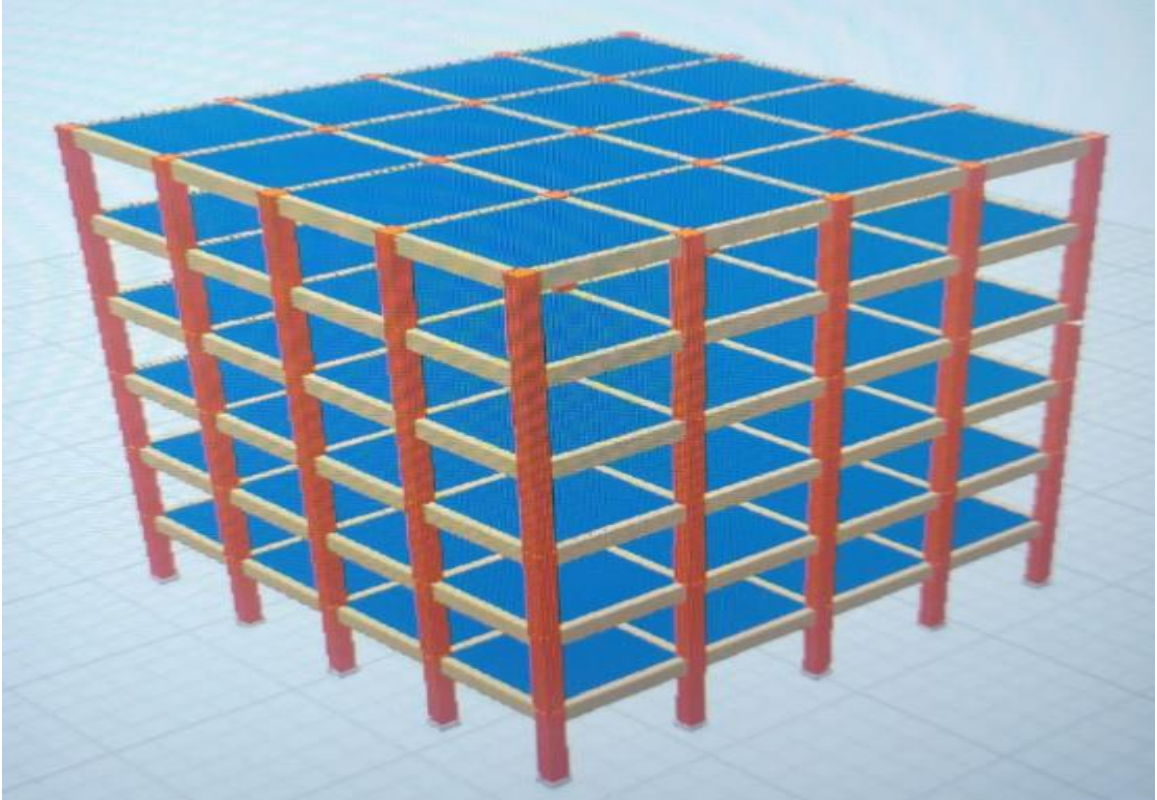




Şekil 2.11. Örnek olarak seçilen yapıya ait kat kalıp planı



Şekil 2.12. Örnek olarak seçilen yapıya ait 2 boyutlu model



Şekil 2.13. Örnek olarak seçilen yapıya ait 3 boyutlu model

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılarak dört farklı il için deprem parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen tasarım spektrumları kullanılarak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında öncelikle dikkate alınan dört farklı il için elde edilen deprem parametrelerinin değişimi sonuçları belirtilmiştir. Sonraki bölümde ise yapısal analiz sonuçları belirtilmiştir.

3.1. Deprem Parametrelerinin Karşılaştırılması

Bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan dört farklı il merkezinden rastgele seçilen birer coğrafik konum için dört farklı deprem yer hareket düzeyi kullanılarak, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s), 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1), en büyük yer ivmesi (P_{GA}), en büyük yer hızı (P_{GV}), yerel zemin etki katsayıları (F_s ve F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ile 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}) ve yatay ile düşey elastik spektrum değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılarak dikkate alınan konumların her biri için farklı deprem yer hareket düzeyleri için en büyük yer ivmesi (P_{GA}), en büyük yer hızı (P_{GV}) değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Farklı aşılma olasılıkları için kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s), 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1), değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Seçilen iller için farklı aşılma olasılıkları için elde edilen PGA ve PGV değerleri

İl	Pik yer ivmesi (g)-PGA				Pik yer hızı (cm/s)-PGV			
	50 yılda aşılma olasılığı				50 yılda aşılma olasılığı			
	2%	10%	50%	68%	2%	10%	50%	68%
Erzincan	1.093	0.598	0.217	0.148	74.605	39.337	12.392	8.384
Adana	0.450	0.232	0.084	0.057	24.161	11.325	4.564	3.287
Gümüşhane	0.354	0.182	0.070	0.048	21.945	11.889	5.260	3.711
Ankara	0.296	0.149	0.058	0.042	17.930	10.168	4.331	3.162

Çizelge 3.2. Farklı aşılma olasılıkları için elde edilen S_s ve S_1 değerleri

İl	Kısa periyot ivme katsayısı (S_s)				1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)			
	50 yılda aşılma olasılığı				50 yılda aşılma olasılığı			
	2%	10%	50%	68%	2%	10%	50%	68%
Erzincan	2.713	1.438	0.500	0.334	0.835	0.414	0.133	0.086
Adana	1.069	0.529	0.189	0.129	0.258	0.129	0.051	0.036
Gümüşhane	0.846	0.426	0.157	0.108	0.262	0.131	0.061	0.043
Ankara	0.697	0.345	0.130	0.094	0.212	0.120	0.051	0.037

Spektral ivme katsayılarının karşılaştırılması sadece DD-2 yer hareket düzeyine göre yapılmıştır. Bunun sebebi bir önceki deprem yönetmeliğinde sadece tekrarlanma periyodu 475 yıl, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareket düzeyinin kullanılmasıdır. Bu yer hareket düzeyi dikkate alınarak, spektral ivme katsayılarının son iki deprem yönetmeliğine göre karşılaştırılması Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Spektral ivme katsayılarının ZC yerel zemin sınıfı özelinde karşılaştırılması

İl	Spektral İvme Katsayıları				Yatay				Düşey			
	Tüm zeminler		ZC		ZC		ZC		ZC		ZC	
	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018
	S_{DS}	$0.40S_{DS}$	S_{DS}	$0.40S_{DS}$	T_A	T_B	T_A	T_B	T_{AD}	T_{BD}	T_{AD}	T_{BD}
Erzincan	1	0.40	1.726	0.690	0.15	0.60	0.072	0.360	Bu yönetmelikte bununla ilgili değer bulunmamaktadır.		0.024	0.120
Adana	0.75	0.30	0.682	0.273	0.15	0.60	0.058	0.288		0.019	0.096	
Gümüşhane	0.50	0.20	0.554	0.223	0.15	0.60	0.081	0.404		0.027	0.135	
Ankara	0.25	0.10	0.448	0.179	0.15	0.60	0.080	0.401		0.027	0.134	

Bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan illerden biri Erzincan ilidir. 1939 yılında meydana gelen ve yaklaşık 33000 can kaybının gerçekleştiği Erzincan depreminden dolayı özellikle bu il seçilmiştir. Bir önceki deprem bölgeleri haritasında Erzincan 1. derece deprem

bölgesinde yer almaktadır. Bu il için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen deprem parametrelerinin karşılaştırılması Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Erzincan için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC)

Yer								
Hareket	F_s	F₁	S_{DS}	S_{D1}	T_A	T_B	T_{AD}	T_{BD}
Düzeyi								
DD-1	1.200	1.400	3.256	1.169	0.072	0.359	0.024	0.120
DD-2	1.200	1.500	1.726	0.621	0.072	0.360	0.024	0.120
DD-3	1.300	1.500	0.650	0.199	0.061	0.307	0.020	0.102
DD-4	1.300	1.500	0.434	0.129	0.059	0.297	0.020	0.099

Çalışmada dikkate alınan diğer bir il ise Adana ilidir. Adana için elde edilen değerlerin karşılaştırılması Çizelge 3.5'te gösterilmiştir. Bir önceki deprem bölgeleri haritasında Adana ili 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Son olarak 1998 Ceyhan (Adana) depreminde 145 can kaybı ve 10675 ağır hasarlı bina oluşmuştur.

Çizelge 3.5. Adana için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC)

Yer								
Hareket	F_s	F₁	S_{DS}	S_{D1}	T_A	T_B	T_{AD}	T_{BD}
Düzeyi								
DD-1	1.200	1.500	1.283	0.387	0.060	0.302	0.020	0.101
DD-2	1.288	1.500	0.682	0.197	0.058	0.288	0.019	0.096
DD-3	1.300	1.500	0.246	0.076	0.062	0.311	0.021	0.104
DD-4	1.300	1.500	0.168	0.054	0.064	0.322	0.021	0.107

Çalışmada dikkate alınan diğer bir il ise Gümüşhane ilidir. Gümüşhane ili için elde edilen değerlerin karşılaştırılması Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. Bir önceki deprem bölgeleri haritasında Gümüşhane ili 3. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Gümüşhane için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC)

Yer								
Hareket	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Düzeği								
DD-1	1.200	1.500	1.015	0.393	0.077	0.387	0.026	0.129
DD-2	1.300	1.500	0.554	0.224	0.081	0.404	0.027	0.135
DD-3	1.300	1.500	0.204	0.091	0.090	0.448	0.030	0.149
DD-4	1.300	1.500	0.140	0.065	0.092	0.459	0.031	0.153

Çalışmada dikkate alınan diğer bir il ise Ankara ilidir. Ankara ili için elde edilen değerlerin karşılaştırılması Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. Bir önceki deprem bölgeleri haritasında Ankara ili 4. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Çizelge 3.7. Ankara için deprem parametre değerlerinin karşılaştırılması (DD-1 / ZC)

Yer								
Hareket	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Düzeği								
DD-1	1.221	1.500	0.851	0.318	0.075	0.374	0.025	0.125
DD-2	1.300	1.500	0.448	0.180	0.081	0.404	0.027	0.135
DD-3	1.300	1.500	0.169	0.076	0.091	0.453	0.030	0.151
DD-4	1.300	1.500	0.122	0.056	0.091	0.454	0.030	0.151

Çalışma kapsamında dikkate alınan ve farklı sismisite özelliklerine sahip dört farklı il için aynı yer hareket düzeyleri için elde edilen sonuçların karşılaştırması ayrıca yapılmıştır. En büyük deprem olarak adlandırılan DD-1 için elde edilen deprem parametrelerinin karşılaştırılması Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. DD-1 yer hareketi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması

İl	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Erzincan	1.200	1.400	3.256	1.169	0.072	0.359	0.024	0.120
Adana	1.200	1.500	1.283	0.387	0.060	0.302	0.020	0.101
Gümüşhane	1.200	1.500	1.015	0.393	0.077	0.387	0.026	0.129
Ankara	1.221	1.500	0.851	0.318	0.075	0.374	0.025	0.125

Standart tasarım deprem yer hareketi olan DD-2 için elde edilen sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. DD-2 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması

İl	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Erzincan	1.200	1.500	1.726	0.621	0.072	0.360	0.024	0.120
Adana	1.288	1.500	0.682	0.197	0.058	0.288	0.019	0.096
Gümüşhane	1.300	1.500	0.554	0.224	0.081	0.404	0.027	0.135
Ankara	1.300	1.500	0.448	0.180	0.081	0.404	0.027	0.135

Sık deprem yer hareket düzeyi olan DD-3 için elde edilen sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. DD-3 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması

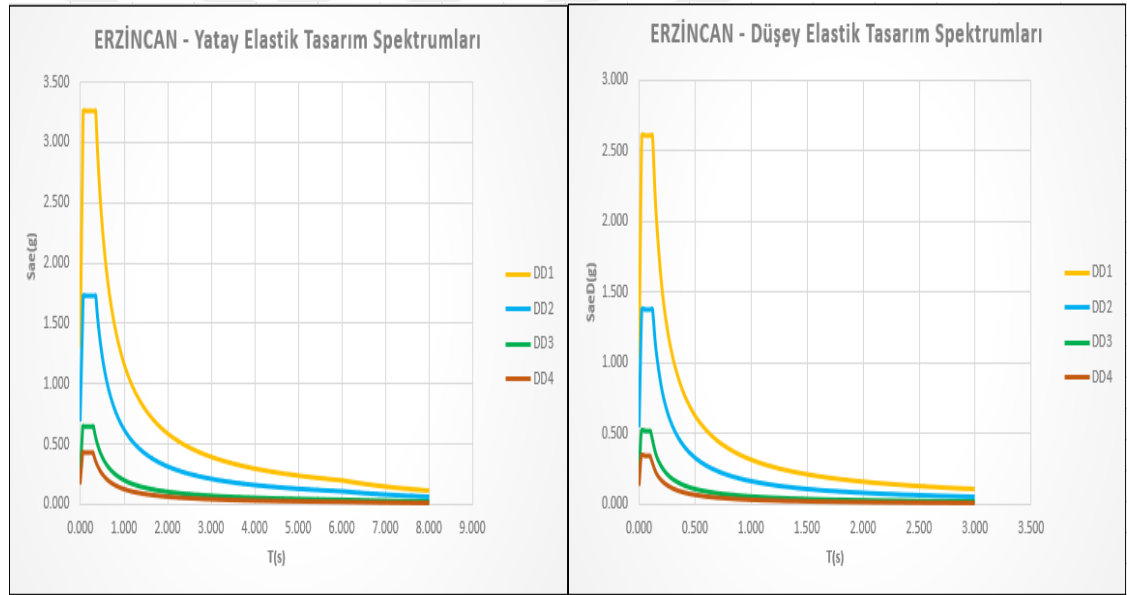
İl	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Erzincan	1.300	1.500	0.650	0.199	0.061	0.307	0.020	0.102
Adana	1.300	1.500	0.246	0.076	0.062	0.311	0.021	0.104
Gümüşhane	1.300	1.500	0.204	0.091	0.090	0.448	0.030	0.149
Ankara	1.300	1.500	0.169	0.076	0.091	0.453	0.030	0.151

Servis deprem yer hareket düzeyi olan DD-4 için elde edilen sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. DD-4 yer hareket düzeyi için elde edilen değerlerin karşılaştırılması

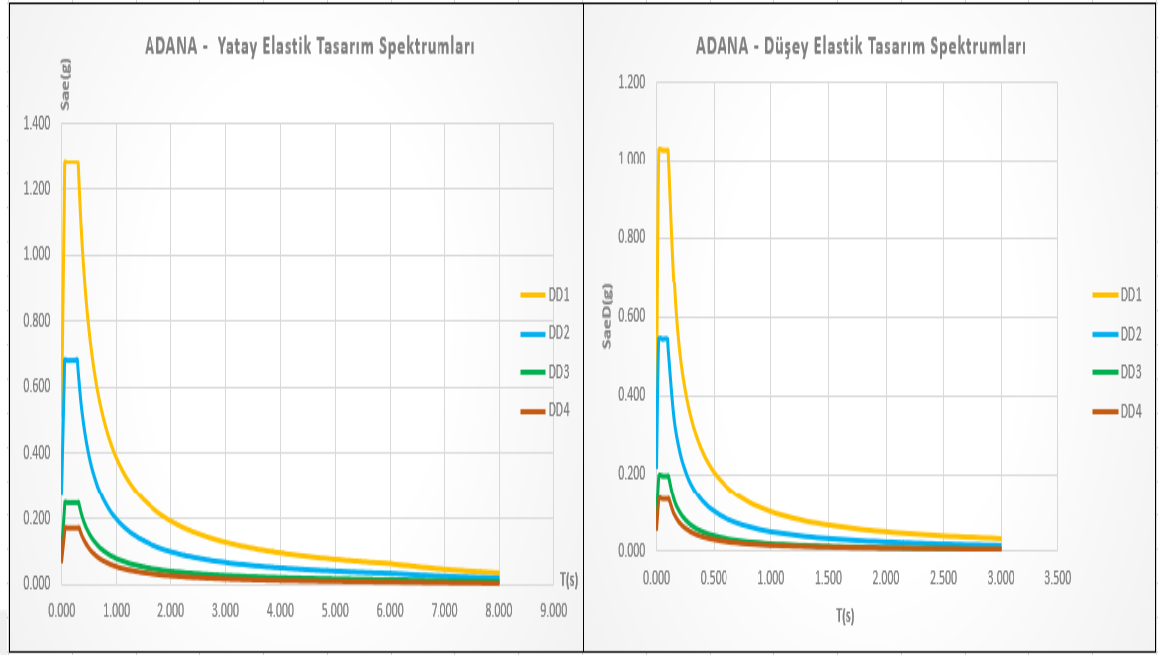
İl	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	T _{AD}	T _{BD}
Erzincan	1.300	1.500	0.434	0.129	0.059	0.297	0.020	0.099
Adana	1.300	1.500	0.168	0.054	0.064	0.322	0.021	0.107
Gümüşhane	1.300	1.500	0.140	0.065	0.092	0.459	0.031	0.153
Ankara	1.300	1.500	0.122	0.056	0.091	0.454	0.030	0.151

Çalışmada dikkate alınan iller için farklı yer deprem yer hareket düzeyleri için elde edilen yatay ve düşey elastik tasarım spektrumlarının karşılaştırılması ayrıca yapılmıştır. Erzincan ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



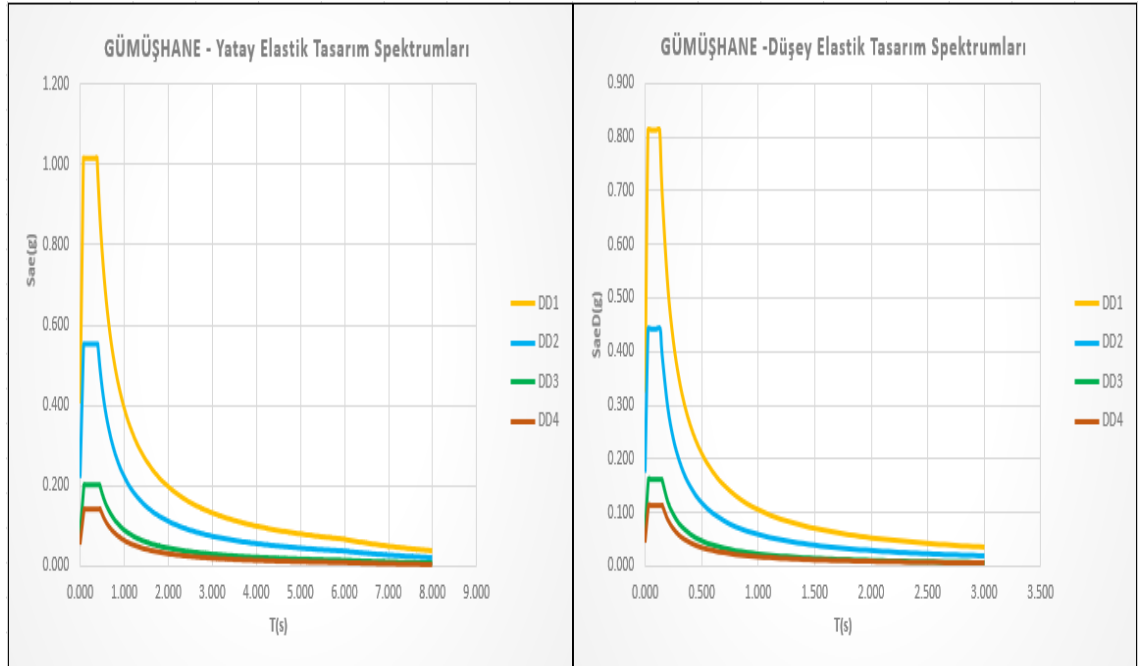
Şekil 3.1. Erzincan ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Adana ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



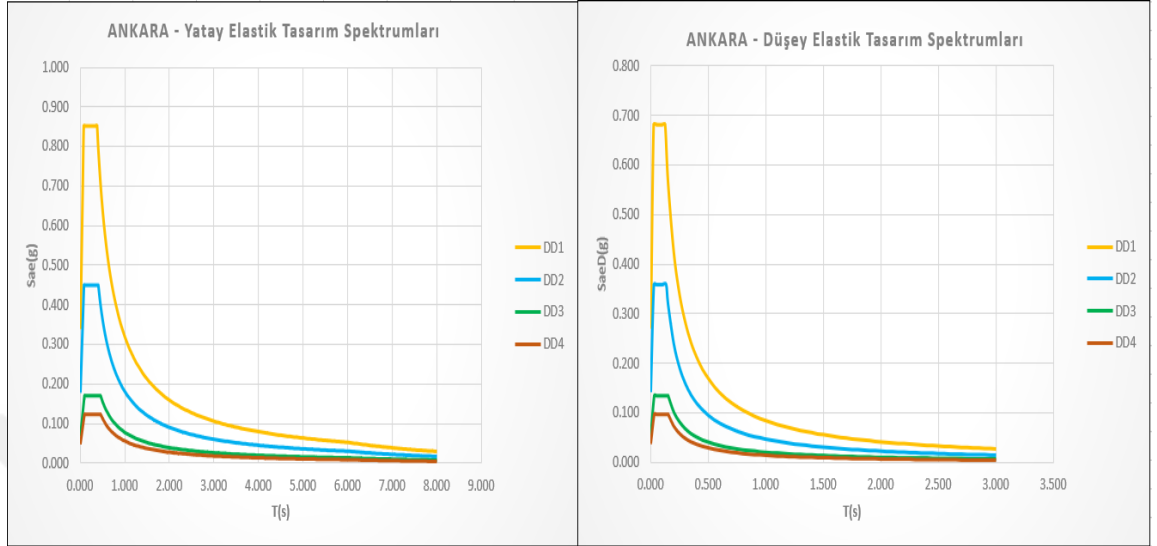
Şekil 3.2. Adana için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Gümüşhane ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



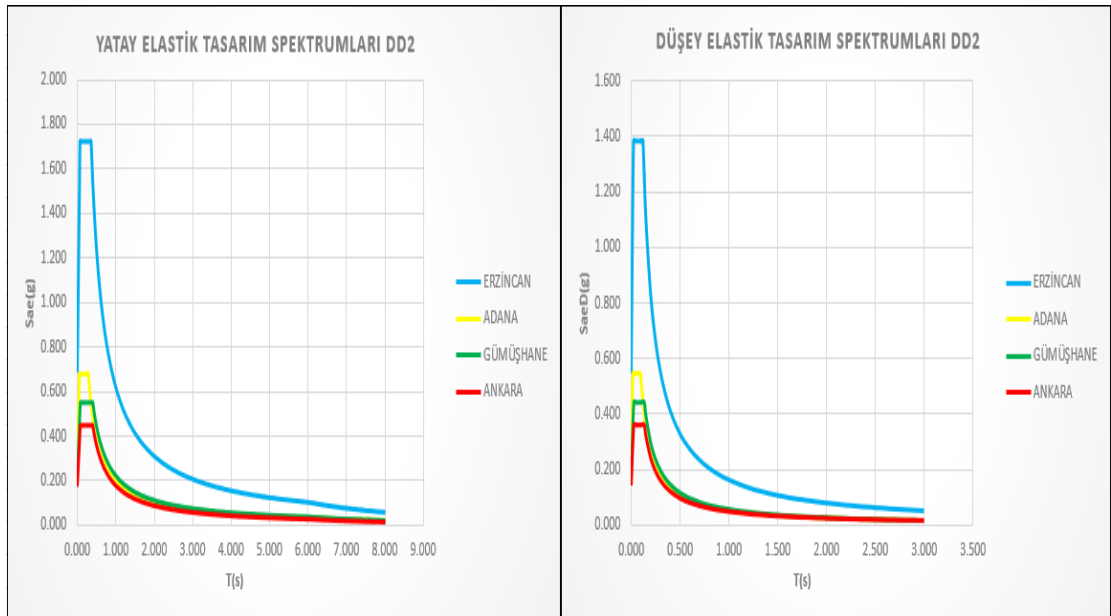
Şekil 3.3. Gümüşhane için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Ankara ili için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Ankara için farklı yer hareket düzeyleri için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Standart tasarım depremi olan DD-2 yer hareket düzeyi için elde edilen yatay ve düşey elastik tasarım spektrumlarının dört farklı il için karşılaştırılması Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Farklı iller için DD-2 yer hareket düzeyi için elde edilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Aynı yerel zemin koşulunun dikkate alınması durumunda farklı deprem yer hareket düzeyleri için elde edilen deprem parametreleri deprensellik koşulları farklı olan iller için farklı değerler almıştır. Ayrıca her bir il için 50 yılda aşılma olasılıkları değiştikçe deprem parametreleri değişmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan iller arasında harita spektral ivme katsayıları (S_s ve S_1) en büyük değerleri Erzincan ilinde almıştır. En düşük değerler ise Ankara ili için elde edilmiştir. Aynı zamanda Erzincan ili için elde edilen PGA ve PGV değerleri en yüksek değerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da çalışma kapsamında dikkate alınan dört ilden deprem tehlikesinin en yüksek olduğu il Erzincan ili olduğunu göstermektedir. PGA ve PGV için en küçük değerler Ankara için elde edilmiştir. Yerel zemin katsayıları olan F_s ve F_1 değerleri yerle zemin sınıfı değişmediğinden çok düşük farklılıklar dışında birbirlerine eşit çıkmıştır. Yerel zemin katsayılarının (F_s ve F_1) değişimi S_{DS} ve S_{D1} parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [T_A], düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [T_{AD}], yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [T_B], düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [T_{BD}] değerlerini de doğru orantılı olarak etkilemektedir. Elde edilen değerler ve yönetmelikte kullanılan yaklaşımların yardımı ile F_s ve F_1 değerleri, S_{DS} ve S_{D1} değerlerini; S_{DS} ve S_{D1} değerleri ise T_A ve T_B değerlerini bu değerler ise T_{AD} ve T_{BD} değerlerini orantılı olarak etkilemektedir.

Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) en yüksek değeri Erzincan'da, en düşük değeri Ankara'da almıştır. Düşey elastik tasarım spektrumları, yatay elastik tasarım spektrumu grafiğine göre (S_{DS}) değerlerinin başlangıç noktasında 0,4'ten 0,32'ye ve üst limitte 1'den 0,8'e düşmüştür. Ayrıca tasarım ivme spektrumu köşe periyodu T_{BD} 'den sabit yer değiştirme bölgesine geçiş T_{LD} 'ye doğru geçişin yatay elastik tasarım spektrumu grafiğine göre daha daraldığı daha keskin bir geçişin sağlandığı görülmektedir. Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş T_L ve T_{LD} kıyasında da bu değer yaklaşık olarak 8'den 3'e düştüğü görülmektedir.

3.2. Yapısal Analiz Sonuçları

Betonarme binamız için analiz türü olarak statik itme analizi (pushover) türü seçilmiştir. Seçilen betonarme yapıya ait yapısal özellikler Bölüm 2.4'te detayları ile belirtilmiştir. Seçilen betonarme yapı tüm illerde yapısal özellikleri değiştirilmeden analizler gerçekleştirilmiştir. Seçilen betonarme yapı için doğal titreşim periyodu tüm iller ve tüm yer hareket düzeyleri için 0.351 sn olarak elde edilmiştir. Yer hareket düzeyi ve illerin değişimi olmasına rağmen, yapısal özellikler değişmediğinden doğal titreşim periyodu değişmemiş, sabit olarak kalmıştır. Bu bölümde öncelikle elde edilen sonuçlar her bir il için farklı deprem yer hareket düzeyleri için

karşılaştırılmıştır. Bir sonraki kısımda ise yer hareket düzeyi sabit tutularak il bazında karşılaştırmalar yapılmıştır. Erzincan ili için elde edilen tüm yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.12’de gösterilmiştir. Adana ili için elde edilen tüm yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.13’te gösterilmiştir. Gümüşhane ili için elde edilen tüm yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.14’te gösterilmiştir. Ankara ili için elde edilen tüm yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Erzincan için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

Yer Hareket Düzeyi	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Yer Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
DD-1	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.1370	0.179	0.318
		0.1440					
		0.3600					
DD-2	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.071	0.093	0.169
		0.1440					
		0.3600					
DD-3	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.026	0.033	0.057
		0.1440					
		0.3600					
DD-4	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.018	0.023	0.039
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.13. Adana için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

Yer	Taban	Yer					
Hareket	Kesme	Değiştirme	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Düzeyi	Kuvveti (kN)	(m)					
DD-1	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.053	0.068	0.124
		0.1440					
		0.3600					
DD-2	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.027	0.035	0.061
		0.1440					
		0.3600					
DD-3	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.0099	0.0128	0.022
		0.1440					
		0.3600					
DD-4	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.0068	0.0087	0.0150
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.14. Gümüşhane için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

Yer	Taban	Yer					
Hareket	Kesme	Değiştirme	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Düzeyi	Kuvveti (kN)	(m)					
DD-1	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.042	0.054	0.095
		0.1440					
		0.3600					
DD-2	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.022	0.028	0.048
		0.1440					
		0.3600					
DD-3	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.008	0.011	0.018
		0.1440					
		0.3600					
DD-4	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.006	0.0073	0.0126
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.15. Ankara için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

Yer Hareket Düzeyi	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Yer Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
DD-1	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.035	0.045	0.078
		0.1440					
		0.3600					
DD-2	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.018	0.023	0.039
		0.1440					
		0.3600					
DD-3	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.007	0.009	0.015
		0.1440					
		0.3600					
DD-4	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.005	0.006	0.011
		0.1440					
		0.3600					

Farklı deprem yer hareket düzeylerinin farklı iller arasındaki farkların ortaya konması noktasında elde edilen sonuçlar farklı yer hareket düzeyleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. DD-1 yer hareket düzeyi için elde edilen yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.16'da; DD-2 yer hareket düzeyi için karşılaştırmalar Çizelge 3.17'de; DD-3 yer hareket düzeyi için sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3.18'de ve DD-4 yer hareket düzeyinin dikkate alınması durumunda elde edilen sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. DD-1 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

İl	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Yer					
		Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Erzincan	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.137	0.179	0.318
		0.1440					
		0.3600					
Adana	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.053	0.068	0.124
		0.1440					
		0.3600					
Gümüşhane	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.042	0.054	0.095
		0.1440					
		0.3600					
Ankara	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.035	0.045	0.078
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.17. DD-2 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

İl	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Yer					
		Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Erzincan	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.071	0.093	0.169
		0.1440					
		0.3600					
Adana	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.027	0.035	0.061
		0.1440					
		0.3600					
Gümüşhane	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.022	0.028	0.048
		0.1440					
		0.3600					
Ankara	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.018	0.023	0.039
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.18. DD-3 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

İl	Taban	Yer					
	Kesme Kuvveti (kN)	Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Erzincan	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.026	0.033	0.057
		0.1440					
		0.3600					
Adana	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.010	0.0128	0.022
		0.1440					
		0.3600					
Gümüşhane	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.008	0.011	0.018
		0.1440					
		0.3600					
Ankara	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.007	0.009	0.015
		0.1440					
		0.3600					

Çizelge 3.19. DD-4 yer hareket düzeyi için yapısal sonuç değerlerinin karşılaştırılması

İl	Taban	Yer					
	Kesme Kuvveti (kN)	Değiştirme (m)	K_elas	K-eff	DL	SD	NC
Erzincan	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.018	0.023	0.039
		0.1440					
		0.3600					
Adana	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.0068	0.0087	0.0150
		0.1440					
		0.3600					
Gümüşhane	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.006	0.0073	0.0126
		0.1440					
		0.3600					
Ankara	6434.74	0.0776	174945.59	82880.23	0.005	0.006	0.011
		0.1440					
		0.3600					

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yapısal özellikler değişmediğinden yani aynı yapısal özellikleri sahip örnek betonarme yapı için doğal titreşim periyodunda bir değişiklik olmamıştır. Bu durum, yapının taban kesme kuvveti, idealize edilen eğri üzerinden hesaplanan yer değiştirme değerleri, elastik ve efektif rijitlik değerleri için de geçerliliğini korumuştur ve herhangi bir değişim elde edilmemiştir. İncelenen her bir il için farklı deprem yer hareket düzeylerinde yapıdan beklenen hedef yer değiştirme değerleri önemli bir ölçüde değişmiştir. İl için aşılma olasılığı azaldıkça yani daha büyük depremlerin oluşması durumunda yer değiştirme istem talepleri daha büyük değerler almıştır. Daha sık olan küçük depremlerde bu değerler azalmıştır. Farklı iller için elde edilen değerler karşılaştırıldığında ise PGA değerlerinin artması durumunda yapılarda performans değerlendirilmesinde kullanılacak yer değiştirme değerleri de önemli bir ölçüde artış göstermiştir.

Elde edilen en büyük yer ivmesi (PGA) ve hedef yer değiştirmeler arasındaki karşılaştırmalar için örnek olması açısından standart tasarım deprem düzeyi olan tekrarlanma periyodu 475 yıl olan ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan DD-2 deprem yer hareketi dikkate alınmıştır. Bu yer hareket düzeyi için elde edilen PGA değerleri ve hedef yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 3.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.20. PGA ve hedef yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması

İl	PGA (g)	DL	SD	NC
Erzincan	0.598	0.071	0.093	0.169
Adana	0.232	0.027	0.035	0.061
Gümüşhane	0.182	0.022	0.028	0.048
Ankara	0.149	0.018	0.023	0.039

4. SONUÇ

Güncel deprem yönetmeliği ile birlikte deprem yer hareket düzeyleri de farklı aşılma olasılıkları ile ifade edilmiştir. Bir önceki yönetmelikte yer alan tek bir yer hareket düzeyi sayısı dörde çıkarılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında güncel deprem yönetmeliğinde belirtilen dört farklı yer hareket düzeyi birinci değişken olarak seçilmiştir. Ayrıca güncel yönetmelik ile birlikte coğrafi konuma özel deprem parametre ve tasarım spektrumları elde edilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında ikinci değişken olarak da dört farklı coğrafi konum seçilmiştir. Coğrafi konumlar seçilirken bir önceki deprem tehlike haritasında dört farklı deprem bölgesinde yer alan birer il seçilmiştir. 1. derece deprem bölgesi için Erzincan, 2. derece deprem bölgesi için Adana, 3. derece deprem bölgesi için Gümüşhane ve 4. derece deprem bölgesi için Ankara ili dikkate alınmıştır. Hem yer hareket düzeyleri hem de iller için öncelikle deprem parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen tasarım spektrumları kullanılarak örnek bir betonarme bina için yapısal analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapısal özellikler değişmediği için elde edilen taban kesme kuvvetleri, elastik ve efektif rijitlik değerlerinde herhangi bir değişim söz konusu olmamıştır. Ancak tasarım spektrum değerleri değiştiğinde yapılarda hasar tahmini için kullanılan hedef yer değiştirme değerleri önemli ölçüde değişmiştir. Bu da yapılar için öngörülen performans düzeyleri ve hasar tahminlerinin daha gerçekçi olacağı sonucunu bir kez daha gözler önüne sermiştir. Bu bağlamda güncel yönetmelik ile birlikte sahaya özgü tasarım spektrumlarının kullanılmasının önemli bir kazanım olduğunu göstermektedir.

Kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ZC yerel zemin özelinde DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 arasındaki değişim yüzdeleri; Erzincan ili %72.6, Adana ili -%9.07, Gümüşhane ili %10.8 ve Ankara ili %79.2 oranında olmaktadır. 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}) ZC yerel zemin özelinde DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 arasındaki değişim yüzdeleri; Erzincan ili % 72.5, Adana ili -% 9.0, Gümüşhane ili %11.5 ve Ankara ili % 79.0 oranında olmaktadır. En büyük deprem olarak adlandırılan DD-1'den servis deprem yer hareket düzeyi olan DD-4'e doğru elde edilen değerlerin kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı için değişim yüzdeleri ise; Erzincan ili %86.67, Adana ili %86.91, Gümüşhane ili %86.21 ve Ankara ili için ise %85.66 oranında azalma olmaktadır.

Pik yer ivmesi (PGA) değeri için 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50, %68'e göre arttıkça; Erzincan ili % 86.49, Adana ili %87.33, Gümüşhane ili %86.44 ve Ankara ili %85.81 oranında azalma olmaktadır. Pik yer hızı (PGV) değeri için 50 yılda aşılma

olasılığı %2, %10, %50, %68'e göre arttıkça; Erzincan ili %88.76, Adana ili %86.40, Gümüşhane ili %83.09 ve Ankara ili %82.36 oranında azalma olmaktadır.

Aynı yerel zemin koşulunun dikkate alınması durumunda farklı deprem yer hareket düzeylerinde, 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50, %68'e göre arttıkça kısa periyot ivme katsayısı (S_s); Erzincan ili %87.67, Adana ili %87.93, Gümüşhane ili %87.23 ve Ankara ili %86.51 oranında azalma olmaktadır. Aynı yerel zemin koşulunun dikkate alınması durumunda farklı deprem yer hareket düzeylerinde, 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50, %68'e göre arttıkça 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1); Erzincan ili %89.70, Adana ili %86.05, Gümüşhane ili %83.59 ve Ankara ili %82.55 oranında azalma olmaktadır.

Her bir il için farklı deprem yer hareket düzeyleri için DD-1'den DD-4'e doğru yer değiştirme değerlerindeki değişim yüzdeleri; Erzincan ili DL %86.86, SD %87.15, NC %87.84; Adana ili DL %87.17, SD %87.21, NC %87.90; Gümüşhane ili DL %85.71, SD %86.48, NC %86.73 ve Ankara ili DL %85.71, SD %86.67, NC %85.90 oranında olmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Akkar S, Azak T, Çan T, Çeken U, Tümsa MD, Duman TY, Kale Ö, 2018. Evolution of Seismic Hazard Maps in Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16: 3197–3228.
- Akkar S, Eroğlu Azak T, Can T, Çeken U, Demircioğlu MB, Duman T, Kartal RF, 2014. Türkiye Sismik Haritasının Güncellenmesi. UDAP-Ç-13-06. In *Ulusal Deprem Araştırma Programı: Disaster and Emergency Management Presidency Press*, Ankara, Turkey. Available Online: <http://deprem.gov.tr/belgeler2016/tsth.Pdf> (Erişim Tarihi: 02 Mayıs 2021).
- Akkar S, Kale Ö, Yakut A, Çeken U, 2018. Ground – Motion Characterization for the Probabilistic Seismic Hazard Assessment in Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16: 3439-3463.
- Analysis of Framed Structures, Available From <http://www.seismosoft.com>. (Erişim tarihi: 06 Mayıs 2021).
- Antonioni S, Pinho R, 2003. *Seismostruct–Seismic Analysis Program by Seismosoft. Technical User Manual*, SeismoStruct: Pavia, Italy.
- Balun B, Nemutlu ÖF, Sarı A, 2020. TBDY 2018 Basitleştirilmiş Tasarım Kurallarının Taban Kesme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9 (Özel Sayı): 173-181.
- Borcherdt RD, 2004. A Theoretical Model for Site Coefficients in Building Code Provisions. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, 1-6 August 2014, Vancouver, Canada, s: 3029.
- Bozer A, 2020. Tasarım Spektral İvme Katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine göre Karşılaştırması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11 (1): 393-404.
- Casapulla C, Argiento LU, 2016. The Comparative Role of Friction in Local out-of-Plane Mechanisms of Masonry Buildings. *Pushover Analysis and Experimental Investigation. Engineering Structures*, 126: 158–173.
- Computers and Structures. 2011. Sap2000 15.1.0. Berkeley.
- Çağlar N, Demir A, Ozturk H, Akkaya A, 2015. A Simple Formulation for Effective Flexural Stiffness of Circular Reinforced Concrete Columns. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 38: 79-87.
- Çeken U, Dalyan İ, Kılıç N, Köksal TS, Tekin BM, 2017. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. 4. In *Proceedings of the International Earthquake Engineering and Seismology Conference*, 14-17 June 2017, Bucharest, Romania.
- DBYBHY-2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Ankara, Türkiye.

- Estêvão JM, Oliveira CS, 2015. A New Analysis Method for Structural Failure Evaluation. *Engineering Failure Analysis*, 56: 573–584.
- Eurocode, C.E.N. 2005. Eurocode -8: Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings, EN1998-3. European Committee for Standardization Brussels, Belgium.
- Gholipour M, Alinia MM, 2016. Considerations on the Pushover Analysis of Multi-Story Steel Plate Shear Wall Structures. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60 (1): 113–126.
- Hsiao FP, Oktavianus Y, Ou YC, 2015. A Pushover Seismic Analysis Method for Asymmetric and Tall Buildings. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 38 (8): 991–1001.
- <https://tdth.afad.gov.tr/> (Erişim tarihi: 05 Mayıs 2021).
- Işık E, 2016. Consistency of the Rapid Assessment Method for Reinforced Concrete Buildings. *Earthquakes and Structures*, 11 (5): 873-885.
- Işık E, Büyüksaraç A, Ekinci YL, Aydın MC, Harirchian E, 2020. The Effect of Site-Specific Design Spectrum on Earthquake-Building Parameters. A Case Study from the Marmara Region (NW Turkey). *Applied Sciences*, 10 (20): 7247.
- Işık E, Ekinci YL, Sayıl N, Büyüksaraç A, Aydın MC, 2021. Time-Dependent Model for Earthquake Occurrence and Effects of Design Spectra on Structural Performance: A Case Study from the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30 (2): 215-234.
- Işık E, Kutanis M, 2015. Determination of Local Site-Specific Spectrum Using Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Bitlis Province, Turkey. *Earth Sciences Research Journal*, 19 (2): 129–134.
- Işık E, Kutanis M, Bal İE, 2016. Displacement of the Buildings According to Site-Specific Earthquake Spectra. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60 (1): 37–43.
- Jalayer F, De Risi R, Manfredi G, 2015. Bayesian Cloud Analysis: Efficient Structural Fragility Assessment Using Linear Regression. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13 (4): 1183–1203.
- Karaşin İB, Işık E, 2017. Farklı Yapı Davranış Katsayıları için Zemin Koşullarının Yapı Performansına Etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8 (4): 661-673.
- Karaşin İB, Işık E, Demirci A, Aydın MC, 2020. Coğrafi Konuma Özel Tasarım Spektrumlarının Betonarme Yapı Performansına Etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3): 1319-1330.
- Keskin E, Bozdoğan KB, 2018. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (1): 74-90.

- Koçer M, Nakipoğlu A, Öztürk B, Al-Hagri MG, Arslan MH, 2018. Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre Karşılaştırılması. Selçuk Teknik Dergisi, 17 (2): 43-58.
- Kutunis M, Ulutaş H, Işık E, 2018. PSHA of Van Province for Performance Assessment Using Spectrally Matched Strong Ground Motion Records. Journal of Earth System Science, 127 (7): 99.
- Özmen B, 2012. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 55 (1): 43-55.
- Öztürk M. 2018. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme. Selçuk Teknik Dergisi, 17 (2): 31-42.
- Pinto PE Franchin P, 2011. Eurocode 8-Part 3: Assessment and Retrofitting Buildings, Eurocode 8 Background and Applications, 10-11 February 2011, Lisbon, Portugal.
- Sadat SQ, 2020. Mevcut Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve Yürürlükten Kaldırılan Deprem Yönetmeliği (TDY-2007)'nin Yeni Betonarme Bina Tasarımı Açısından Kıyaslanması. Yüksek Lisans Tezi , Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Seismosoft, 2018. SeismoStruct 2018– A Computer Program for Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures, Available From <http://www.seismosoft.com>. (Erişim tarihi:04 Mayıs 2021).
- Seyrek E, 2020. Yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Ege Bölgesi İçin Değerlendirilmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (1): 414-423.
- Sümer Y, Hamsici M, 2020. Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile Tanımlanan Spektrum Eğrilerinin Etkisi. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 8 (2): 349-354.
- TBDY-2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete; 30364, Ankara, Türkiye.
- Tunç G. ve Tanfener T, 2016. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi. 3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik, 24-26 Kasım 2016, Ankara.
- Ugalde D, Lopez-Garcia D, Parra PF, 2020. Fragility-Based Analysis of the Influence of Effective Stiffness of Reinforced Concrete Members in Shear Wall Buildings. Bulletin of Earthquake Engineering, 18 (5): 2061-2082.
- Ulutas H, 2019. DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17: 351-359.
- Wilding BV, Beyer K, 2018. The Effective Stiffness of Modern Unreinforced Masonry Walls. Earthquake Engineering Structural Dynamics, 47 (8): 1683-1705.

ÖZGEÇMİŞ

