

Research Article

TBDY 2018'de Farklı Yer İvmelerine Göre Farklı Zemin Sınıflarında Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması

Cevdet ŞENTÜRK¹, Ali TARMIGH², Perihan YAĞCI³

Geliş / Received: 05/10/2021

Revize / Revised: 28/10/2021

Kabul / Accepted: 14/12/2021

ÖZET

Türkiye birçok ana fay hattına sahip dünyanın deprem riski yüksek bölgelerinden biridir. Riskli durumda olmasından dolayı her dönemde deprem standardına ihtiyaç duyuluyordu hatta Osmanlı döneminde de yapılmış bir afet yönetimi planı kullanılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de daha önceki standartlarda bulunmayan kavramlara ve katsayılara yer verilmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre, farklı PGA değerleri kullanılarak farklı yerel zemin sınıflarında yatay elastik tasarım spektrumunun davranışı araştırılmıştır. Sonuçları daha doğru analiz etmek için yatay elastik tasarım spektrumunun kısa, orta ve uzun periyot aralığında davranışı incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: -TBDY 2018, En büyük yer ivmesi (PGA), Yerel zemin sınıfı, Yatay elastik tasarım spektrumu

¹ MSc. Civil Engineer, CEO of İndis Mühendislik, Istanbul, Turkey, <https://orcid.org/0000-0003-3766-8568>

² MSc. Civil Engineer, Kharazmi University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Dep., Tehran, <https://orcid.org/0000-0002-7458-055X>

³ Graduate student of Istanbul Aydın University, Graduate Education Institute, Istanbul , Turkey, <https://orcid.org/0000-0002-8793-6914>

*Corresponding author: cvdsenturk@gmail.com

Investigation of The Acceleration Response Spectrum in Different Types of Site Classifications on Different PGA in TBDY 2018

ABSTRACT

Turkey is one of the most high-risk regions in the world that has several major faults. For this reason, an earthquake standard has always been needed since long time ago, even a disaster plan has been used by the Ottoman government. Turkey Building Earthquake Code is the newest one which has been given to the concepts found in previous standards in 2018. In this study according to Turkey seismic hazard map, the behavior of the acceleration response spectrum in different types of site classifications on different PGA has been investigated. In order to analyze the results more accurately, the behavior of the acceleration response spectrum is studied in three short, medium and long period ranges.

KEYWORDS: *-TBDY2018, Peak ground acceleration, Response spectrum, Site classification*

1. GİRİŞ

Beklenmedik olaylar, evrenin yaratılmasının başlangıcından itibaren bilinmeyen bir yasaya dayanmıştır ve evrenin ortaya çıkışı böyle bir olaya dayanarak gerçekleşmiştir. Bu doğal afetler arasında deprem insanlık tarihinin en tehlikeli olaylarından biridir. İnsanlar tarih boyunca doğal afetleri kontrol etmeye çalıştılar ve kontrol etmeye çalışırken elde ettikleri bilgileri kullandılar ve bu bilgileri geliştirmeye devam ediyorlar. Aslında depremin kendisi tehlikeli değildir, ancak uzun yıllar boyunca ölümcül kazalara neden olan şey, insanlar tarafından yapılan güvensiz yapılarıdır. Bu nedenle, ekonomik ve emniyetli bir şekilde deprem riskini azaltmanın temel adımlarından biri binaların güvenliğini sağlamaktır. Deneyimlere göre; düzenleyici standartlara göre tasarlanmış yapılara ölü, hareketli, kar veya ısı yükleri gibi tasarım yükleri uygulanırsa yapısal elemanlarda gerçek yapısal davranışa yakın sonuçlar elde edilir ve yükler altında nadiren yapısal hasara neden olur. Sismik tasarım kodları, diğer tasarım kodlarına kıyasla benzersizdir. Bu nedenle sismik tasarım kodları zarar gören yapıların doğrusal olmayan davranışını görmeye izin verir ve çökmesini şekil değiştirmeye/dönmeye göre kontrol eder. Deprem yönetmelikleri, büyük yapıların, yıkılmadan yapısal çökmelere veya insan kayıplarına neden olan çöküntü riskine yol açmadan, büyük depremlere dayanmasına izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Birçok bina yararlı ömürlerinde bir deprem yaşayamayabilir, bu nedenle bu tür hasarlara zarar vermeden dayanacak şekilde tasarlanması çoğu yapı için ekonomik olarak mümkün değildir. Böylece, deprem kodları sayıya odaklanmak yerine yapısal kaliteye odaklanır. Beklenen deprem sırasında yapı, yanal dirençte önemli bir kayıp ve transfer kuvvetlerinde yapısal bütünleşme olmadan birçok deformasyona uğrayabilir. Yerçekimi ile yerde tutulur.

2. TÜRKİYE DEPREM RİSKİ YÜKSEK BİR ÜLKE

2.1. XIX. Yüzyıl

19. yüzyıl verilerine baktığımız zaman depremlerde en az 50000 insanın hayatını kaybettiği ve on binlerce binanın yıkıldığı ya da hasar gördüğü kayıtlara geçmiştir. Osmanlı arşivlerinde ve gazetelerinde net tanımlamalara yer verilmemiş, sayı ya da isimlere yer verilmemiştir ancak “evler yıkılmış”, “kasabalar harap olmuştur” gibi ifadeler kullanılmıştır. “XIX. yüzyılın ikinci yarısında Osmanlı padişahlarının büyük bir depremin yaşandığını haber aldıklarında, başkent İstanbul’dan deprem bölgelerine üst düzey özel memurlardan oluşan bir heyet göndermeleri, merkezi ve yerel hükümetler arasındaki ilişkinin daha kuvvetli olmasını sağlaması ve afet yönetiminde eksiklere meydan bırakılmaması açısından önem arz etmektedir.” [1] Bu gözlemler ve kaynaklar incelendiğinde Osmanlı İmparatorluğu’nun afet yönetiminde kendini geliştirdiği ve kriz yönetiminde başarılı olduğu görülmektedir.

2.2. XX. ve XXI. Yüzyıl

Türkiye’nin deprem riski yüksek bir ülke olduğu ve bu depremlerin yıkıcı etkide olduğu Tablo 1’de gösterilmiştir. 1900’den itibaren bu bölgede meydana gelen 120 büyük deprem görülüyor. Ortalamaya bakıldığında zaman her sene en az bir yıkıcı depremin gerçekleştiği söylenebilir. Bu durum bu coğrafi bölgenin sismik açıdan tehlikeli olabileceğini göstermektedir. Türkiye’nin yüzölçümü ve nüfusu, ayrıca bu bölgedeki her türlü yapının inşası gibi pek çok nedenden ötürü her zaman bir deprem standardı gereklidir.

Osmanlı döneminden sonra ilk olarak İtalyan standardı kullanıldı. Ülkenin şartlarına uygun bir standarda ihtiyaç olmasından dolayı Türkiye’ye özgü bir deprem standardı geliştirildi ve günümüze kadar olan süreçte yeniliklere ve güncellemelere gidildi. Son sürümü “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018” olarak geliştirilmiştir.

Anadolu coğrafyası yüzyıllardır deprem gerçeğiyle yaşamaktadır. Tarihi kaynaklar da bu görüşü destekler niteliktedir. Son iki yüzyıla baktığımızda depremlerden kaynaklanan maddi ve manevi kayıpların oldukça fazla olduğu, afet yönetiminde sıkıntılar çekildiği ve içinde bulunduğumuz yüzyılda ise bu sorunları çözmek için yönetmeliklerde sıkça revizeye gidildiği görülmüştür. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de daha önceki standartlarda bulunmayan kavramlara ve katsayılara yer verilmiştir. Bu kavramları ve katsayıları doğru özümsemek ve pratiğe doğru bir şekilde aktarmak önem arz etmektedir.

Tablo 1. 20. yüzyılın başlarından itibaren ülkemizde meydana gelen büyük depremler [2]

TARİH	YER	ŞİDDET	MAG (Ms)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
29.4.1903	Malazgirt (MUŞ)	IX	6.7	600	450
9.8.1912	Mürefte (TEKİRDAĞ)	X	7.3	216	5540
4.10.1914	BURDUR	IX	6.9	300	6000
13.9.1924	Horasan (ERZURUM)	IX	6.8	60	380
7.8.1925	Dinar (AFYON)	VIII	5.9	3	2043
22.10.1926	KARS - ERMENİSTAN	VIII	6	355	-
31.3.1928	Torbali (İZMİR)	IX	6.5	50	2500
18.5.1929	Suşehri (SİVAS)	VIII	6.1	64	1357
7.5.1930	TÜRK –İRAN SINIRI	X	7.2	2514	-
19.7.1933	Çivril (DENİZLİ)	VIII	5.7	20	200
4.1.1935	Erdek (BALIKESİR)	VIII	6.4	5	600
19.4.1938	KIRŞEHİR	IX	6.6	160	4066
22.9.1939	Dikili (İZMİR)	IX	6.6	60	1235
21.11.1939	Tercan (ERZİNCAN)	VII	5.9	43	-
27.12.1939	ERZİNCAN	X-XI	7.9	32968	116720
13.4.1940	YOZGAT -KAYSERİ	VIII	5.6	-	1000
23.5.1941	MUĞLA	VIII	6	-	200
10.9.1941	Erciş (VAN)	VIII	5.9	192	600
12.11.1941	ERZİNCAN	VIII	5.9	15	-
15.11.1942	Bigadiç (BALIKESİR)	VIII	6.1	16	2187
21.11.1942	Osmancık (ÇORUM)	VIII	5.5	2	150
20.12.1942	Erbaa (TOKAT)	IX	7	3000	32000
20.6.1943	Hendek (ADAPAZARI)	IX	6.6	336	2240
27.11.1943	Ladik (SAMSUN)	IX-X	7.2	4000	40000
1.2.1944	Gerede-Çerkeş (BOLU)	IX-X	7.2	3959	20865
25.6.1944	Gediz (UŞAK)	VIII	6	21	3476
6.10.1944	Ayvalık (BALIKESİR)	IX	6.8	30	5500

20.3.1945	Ceyhan-Misis(ADANA)	VIII	6	13	2500
21.2.1946	Ilgın (KONYA)	VIII	5.5	12	3349
31.5.1946	Varto-Hınıs (MUŞ)	VIII	5.9	839	3000
23.7.1949	Karaburun (İZMİR)	IX	6.6	7	865
17.8.1949	Karlıova (BİNGÖL)	IX	6.7	450	3500
8.4.1951	İskenderun(ANTAKYA)	VIII	5.8	6	13
13.8.1951	Kurşunlu (ÇANKIRI)	IX	6.9	50	3354
3.1.1952	Hasankale (ERZURUM)	VIII	5.8	41	701
22.10.1952	Ceyhan –Misis(ADANA)	VIII	5.6	10	617
18.3.1953	Yenice (ÇANAKKALE)	IX	7.2	265	6750
7.9.1953	Kurşunlu (ÇANKIRI)	VIII	6	2	230
16.7.1955	Söke-Balat (AYDIN)	IX	6.8	23	470
20.2.1956	ESKİŞEHİR	VIII	6.4	1	2819
25.4.1957	Fethiye Rodos (MUĞLA)	IX	7.1	67	3200
26.5.1957	Abant (BOLU)	IX	7.1	52	5200
25.4.1959	Köyceğiz (MUĞLA)	VIII	5.9	-	775
23.5.1961	Fethiye Rodos (MUĞLA)	VIII	6.3	-	61
18.9.1963	Çınarcık (İSTANBUL)	VIII	6.3	1	230
30.1.1964	Tefenni (BURDUR)	VIII	5.7	-	39
14.6.1964	MALATYA	VIII	6	8	847
6.10.1964	Manyas (BALIKESİR)	IX	7	23	5398
13.6.1965	DENİZLİ	VIII	5.7	14	488
7.3.1966	Varto-Hınıs (MUŞ)	VIII	5.6	14	1100
19.8.1966	Varto (MUŞ)	IX	6.9	2396	20007
22.7.1967	Mudurnu(ADAPAZARI)	IX	6.8	89	7116
26.7.1967	Pülümür (TUNCELİ)	VIII	5.9	97	1282
03.09.1968	Bartın (ZONGULDAK)	VIII	6.5	29	2478
23.03.1969	Demirci (MANİSA)	VIII	5.9	-	945
28.03.1970	Alaşehir (MANİSA)	VIII	6.5	53	3072
06.04.1969	Karaburun (İZMİR)	VIII	5.9	-	1360
28.03.1970	Gediz (KÜTAHYA)	IX	7.2	1086	19291
19.04.1970	Gediz (KÜTAHYA)	VIII	5.8	-	1360
23.04.1970	Demirci (MANİSA)	VIII	5.6	-	411
12.05.1971	BURDUR	VIII	5.9	57	3227
22.05.1971	BİNGÖL	VIII	6.8	878	9111
6.09.1975	Lice (DİYARBAKIR)	VIII	6.6	2385	8149
24.11.1976	Muradiye (VAN)	IX	7.5	3840	9232
05.07.1983	Biga (ÇANAKKALE)	VIII	6.1	3	85

30.10.1983	ERZURUM – KARS	VIII	6.9	1155	3241
18.09.1984	Balkaya (ERZURUM)	VIII	6.4	3	570
05.05.1986	Doğanşehir(MALATYA)	VIII	5.9	7	824
06.06.1986	Doğanşehir(MALATYA)	VIII	5.6	1	1174
07.12.1988	Kars – ERMENİSTAN	X	6.9	4	546
13.03.1992	ERZİNCAN	VIII	6.8	653	8057
15.03.1992	Pülümür (TUNCELİ)	VII	5.8	-	439
06.11.1992	Doğanbey (İZMİR)	VII	6	-	55
28.01.1994	MANİSA	VI	5.1	-	44
01.10.1995	Dinar (AFYON)	VIII	6.1	90	14156
05.12.1995	Kığı (TUNCELİ)	VI+	5.7	1	-
14.08.1996	Mecitözü (AMASYA)	VI+	5.6	1	2606
22.01.1997	ANTAKYA	VI+	5.4	1	1841
13.04.1998	Karlıova (BİNGÖL)	VI	5	-	148
27.06.1998	Ceyhan (ADANA)	VIII	6.2	146	31463
17.08.1999	Gölcük (KOCAELİ)	X	7.8	17480	73342
12.11.1999	DÜZCE	IX	7.5	763	35519
06.06.2000	Orta (ÇANKIRI)	VII	6.1	1	1766
15.12.2000	Sultandağı (AFYON)	VII	5.8	6	547
25.06.2001	OSMANİYE	VII	5.5	-	66
03.02.2002	Çay - Sultandağı (AFYON)	VII	6.4	44	622
27.01.2003	Pülümür (TUNCELİ)	VII	6.2	1	50
01.05.2003	BİNGÖL	VIII	6.4	176	6000
25.03.2004	Kandilli- Aşkale(ERZURUM)	VII	5.6	9	1280
02.07.2004	Doğubayazıt (AĞRI)	VII	5.1	17	1000
11.08.2004	Sivrice (ELAZIĞ)	VII	5.9		
25.01.2005	Hakkari	VII	5.9		
12.03.2005	Karlıova (BİNGÖL)	VI	5.7		
14.03.2005	Karlıova (BİNGÖL)	VII	5.9		
23.03.2005	Karlıova (BİNGÖL)	VI	5.7		
06.06.2005	Karlıova (BİNGÖL)	VI	5.7		
17.10.2005	Sığacık Körfezi (İZMİR)	VI	5.7		
17.10.2005	Sığacık Körfezi (İZMİR)	VII	5.9		
21.10.2005	Sığacık Körfezi (İZMİR)	VII	5.9		
09.02.2007	Sivrice (ELAZIĞ)	VI	5.5		
21.02.2007	Sivrice (ELAZIĞ)	VII	5.9		
20.12.2007	Bala (ANKARA)	VII	5.7		

27.12.2007	Bala (ANKARA)	VI	5.5		
08.03.2010	Başyurt-Karakoçan (ELAZIĞ)	VII	6.1	42	
08.03.2010	Başyurt-Karakoçan (ELAZIĞ)	VI	5.6		
19.05.2011	Simav (Kütahya)	VI	5.9	3	
22.09.2011	Cengerli-Refahiye (ERZİNCAN)	VI	5.6		
23.10.2011	Van	VIII	7.2	644	17005
23.10.2011	Van Gölü	VI	5.6		
23.10.2011	Halkalı (VAN)	VI	5.6		
23.10.2011	Mollakasım (VAN)	VI	5.9		
25.10.2011	Değirmenözü (VAN)	VI	5.6		
9.11.2011	Edremit (VAN)	VI	5.6	40	
10.06.2012	Ölü Deniz Açıkları (AKDENİZ)	VI	6		
14.06.2012	Yeniköy-Silopi (ŞIRNAK)	V	5.5		
08.01.2013	Kuzey Ege Denizi	VI	6.2		
15.06.2013	GİRİT ADASI-AKDENİZ	VI	6.0		
17.06.2013	GİRİT ADASI-AKDENİZ	VI	5.7		
28.12.2013	ANTALYA KÖRFEZİ- AKDENİZ	VI	6.0		
24.05.2014	GÖKÇEADA AÇIKLARI- EGE DENİZİ	VII	6.8		

Türkiye’de Afet (Deprem) Yönetmelikleri:

“1940 - Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi

1944 - Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi

1949 - Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği

Deprem Yönetmeliğine kadar yürürlüğe giren deprem yönetmelikleri henüz betonarme binalardan tam olarak söz etmemişlerdir. Betonarme binaların yaygın olarak kullanılmamasından dolayı bu yönetmeliklerde deprem hesabı ile ilgili çalışmalar bulunmamaktadır. İlk deprem hesabı çok basitte olsa 1949 Deprem Yönetmeliği’nde mevcuttur.

1953 - Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1962 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

1968 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

1975 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

1998 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

Dikkat edilirse 1975 ile 1997 yılları arasında da büyük depremler yaşanmış olmasına rağmen, 1975 Deprem Yönetmeliği uzun yıllar yürürlükte kalmıştır. Depremlerin hemen sonrasında gündeme genellikle, malzeme kalitesizliği, yapım hataları ve yönetmeliklerin yetersizliği gibi konular gelmektedir. Bunula birlikte önemli konulardan biride yönetmelik ve standartlara ne kadar uygun tasarım yapıldığıdır.

2007 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)

2018 - Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” [3]

3. SİSMİK TEHLİKENİN İNCELENMESİ

3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi

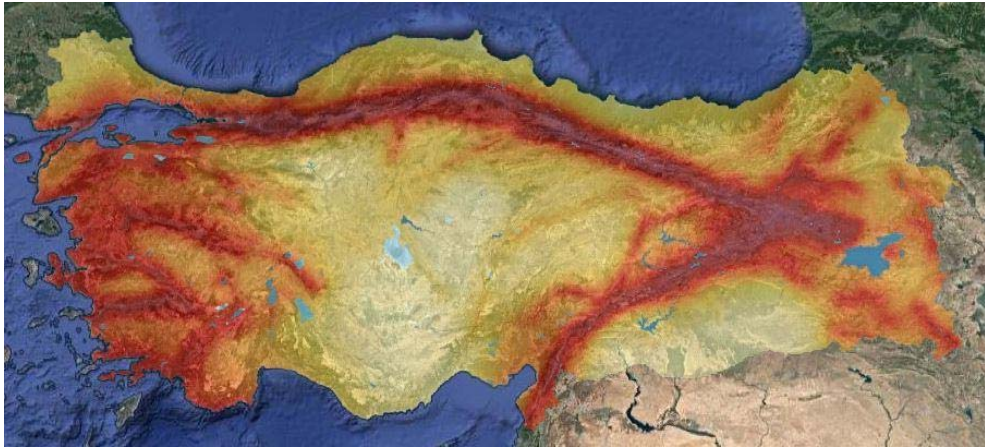
2018 yılında yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”ne göre (TBDY 2018), dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem vardır:

“Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1: spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2: spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3: spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4: spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.” [4]



Şekil 1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası [5]

Deprem standardının açık metnine göre, Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, tehlike seviyesi farklı deprem spektrumlarının araştırılması için standart tehlike seviyesi (DD-2) kullanılacaktır.

3.2. TBDY 2018'e Göre Yerel Zemin Sınıfları

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre Yerel Zemin Sınıfları altı gruba ayrılmıştır. ZF zemin sınıfı; sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminleri içerdiği için bu araştırmanın içeriğinde yer verilmeyecektir. Araştırmada yararlanılacak olan ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE sınıfları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yerel Zemin Sınıfları [4]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V_s) ₃₀ [m/s]	(N_{60}) ₃₀ [darbe /30 cm]	(c_u) 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 $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70

4. EN BÜYÜK YER İVMESİ (PGA) DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

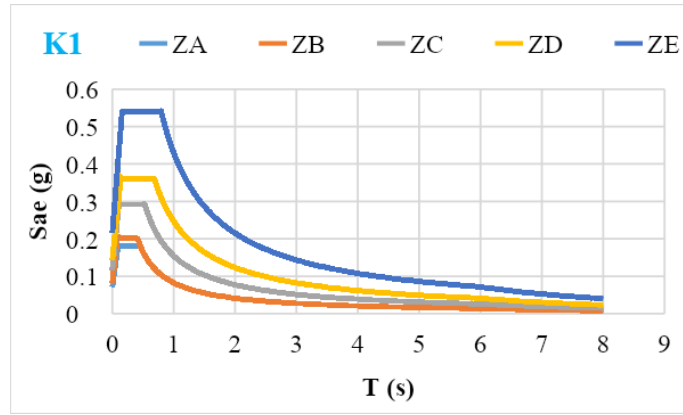
Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2'ye göre minimum PGA (En Büyük Yer İvmesi) değeri 0,061g ve maksimum PGA değeri 0,811g bulunmuştur. Başlangıç ve bitiş değerleri olan bu değerler arasında referanslar seçilmiştir. 0.1g, 0.2g, 0.3g, 0.4g, 0.5g, 0.6g, 0.7g ve 0.8g ivmelerine göre bir temsilci koordinat seçilecek ve o koordinata göre spektrum incelemesi yapılacaktır. Koordinatlar Tablo 3'te gösterilmiştir. PGA değerlerine göre seçmiş olduğumuz koordinatların ayrı ayrı yerel zemin sınıflarına göre Yatay Elastik Tasarım Spektrumları bulunacaktır. Her PGA değeri ayrı bir şekilde 5 yerel zemin sınıfında tanımlanarak Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Çizelge' de gösterilmiştir.

Tablo 3. Seçilen PGA Değerine Göre Seçilen Koordinatlar [5]

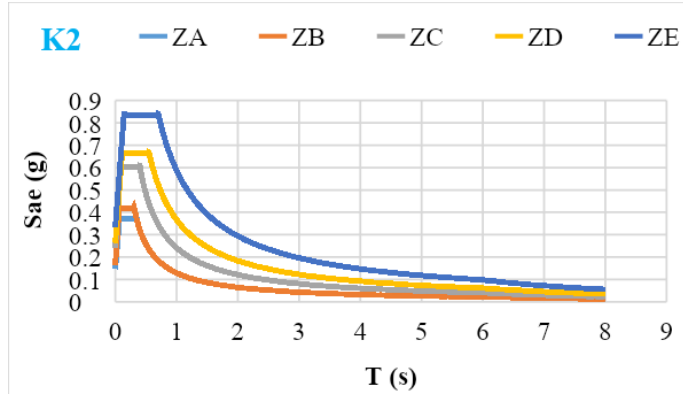
Ad	Koordinat	En Büyük Yer İvmesi (g) - PGA	Yer
		50 Yılda Aşılma Olasılığı	

	Boylam	Enlem	% 2	% 10	% 50	% 68	
K1	41,050	39,350	1,354	0,811	0,356	0,199	Karlıova - Bingöl
K2	38,650	40,050	1,206	0,700	0,288	0,168	Gölova - Sivas
K3	40,150	38,950	1,074	0,600	0,231	0,153	Karakoçan - Elazığ
K4	38,750	38,050	0,891	0,500	0,187	0,123	Pütürge - Malatya
K5	42,850	37,950	0,809	0,400	0,128	0,084	Çatak - Van
K6	29,050	39,650	0,572	0,300	0,119	0,087	Harmancık - Bursa
K7	39,150	40,450	0,376	0,200	0,077	0,054	Torul - Gümüşhane
K8	37,750	36,850	0,193	0,100	0,042	0,031	Nizip - Gaziantep

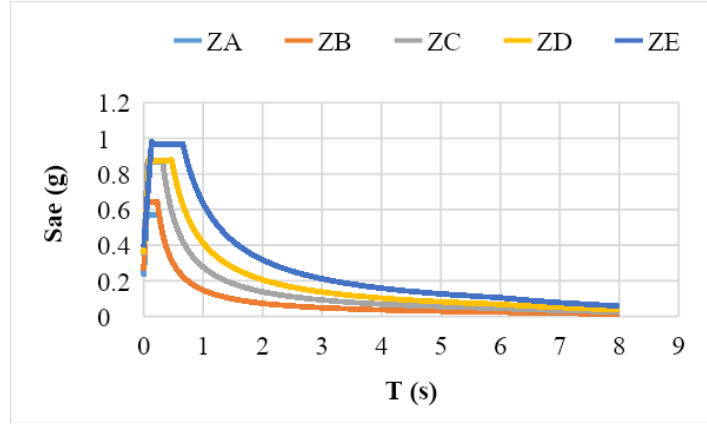
Çizelge 1a. PGA değeri 0,1g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



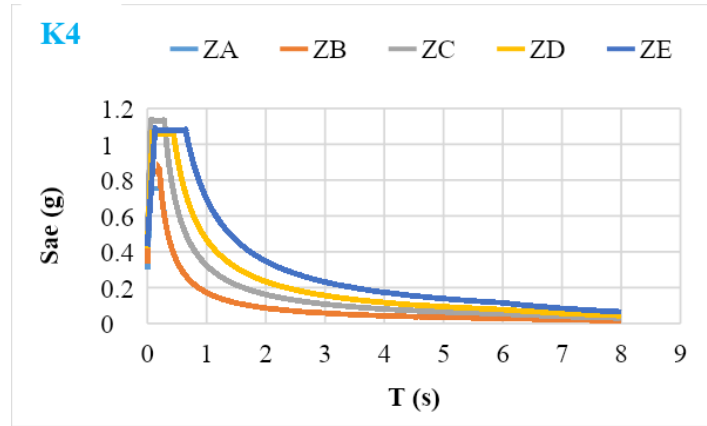
Çizelge 1b. PGA değeri 0,2g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



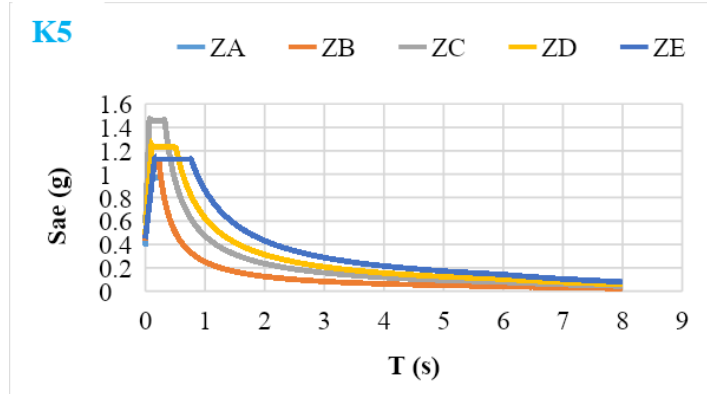
Çizelge 1c. PGA değeri 0,3g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



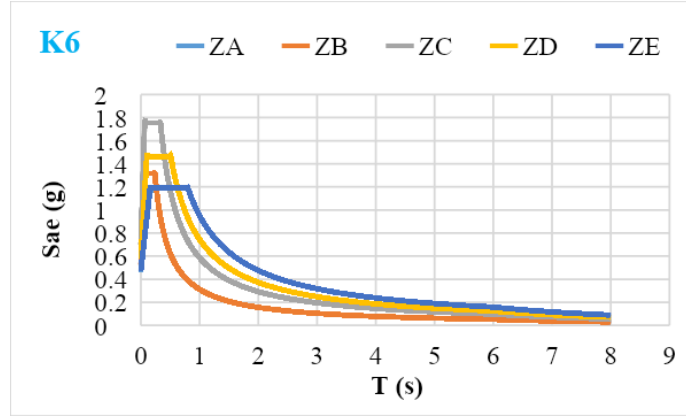
Çizelge 1d. PGA değeri 0,4g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



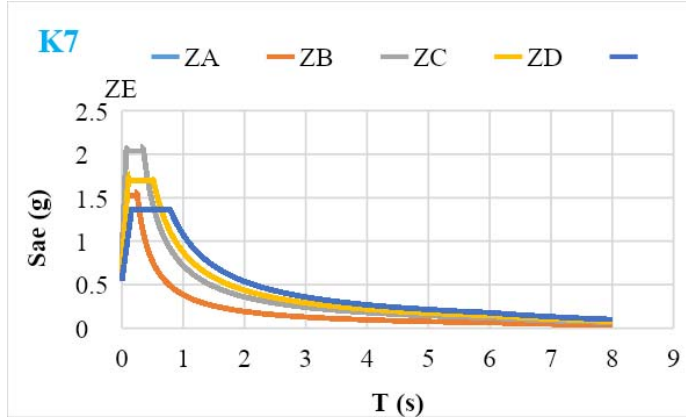
Çizelge 1e. PGA değeri 0,5g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



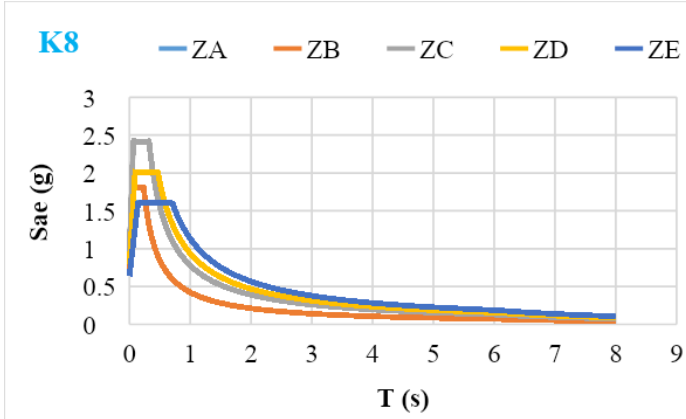
Çizelge 1f. PGA değeri 0,6g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Çizelge 1g. PGA değeri 0,7g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Çizelge 1h. PGA değeri 0,8g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Farklı yerel zemin sınıflarında her PGA değeri için grafik çizildikten sonra, ayrı ayrı karşılaştırılmalıdır. Şekil 1.a'dan şekil 1.h'ye kadar her zemin sınıflandırmasına göre bir grafik oluşturulmuştur. Şekil 1a-c'de ZA'dan ZE'ye kadar olan yerel zemin sınıfları normal bir davranış gösterir. Tablo 2'de belirtildiği gibi, ZA en sağlam ve ZE en gevşek yerel zemin sınıflandırmasıdır. Bu nedenle olağan olarak ZA'dan ZE'ye kadar yatay elastik tasarım spektrumu büyür.

Zemin sağlam durumdan gevşek duruma gittikçe yatay elastik tasarım spektrumu her bir yerel zemin sınıfında normal olarak artar, ancak özel olarak ZC ve ZE incelendiğinde, PGA değerinin artmasıyla ZC diyagramının Sae oranının arttığı ve ZE diyagramının azaldığı gözlenir. ZA ve ZE diyagramlarında PGA değerleri arttıkça önemli ölçüde çakışma gözlemlenmiştir. PGA değeri 0,4g'den itibaren yatay elastik spektrumda normal olmayan davranış

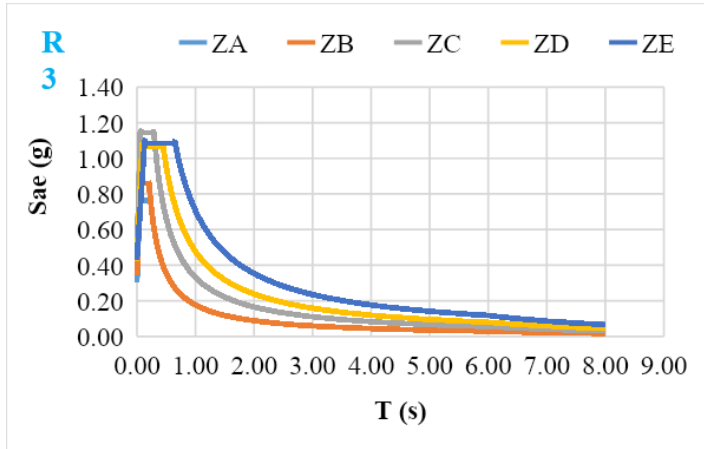
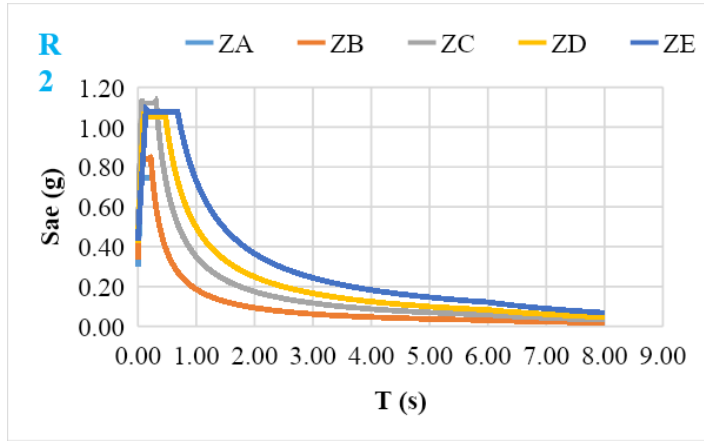
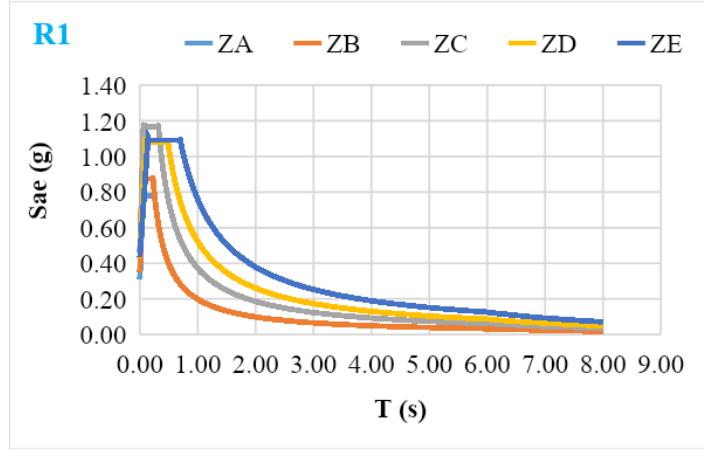
göstermiştir. Yatay elastik tasarım spektrumu diyagramının en sağlam (ZA) ve en gevşek (ZE) zemin tiplerinde örtüştüğü PGA değeri 0.8g'de meydana geldiği görülmüştür. Bu davranışın yüksek PGA değerlerinde, yatay elastik tasarım spektrum diyagramının zemin sınıflarından bağımsız olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan analizlerin sonuçlarını doğrulamak ve grafiklerin davranışını daha doğru bir şekilde incelemek için, normal olmayan davranışa sahip PGA değerlerinde Türkiye'nin farklı yerlerinden üç koordinat seçilerek tekrar analiz yapılacaktır. Seçilen bu koordinatların farklı yerel zemin sınıflarındaki davranışlarının karşılaştırılması, önceki analizlerin sonuçlarının doğruluğunun tespiti için gereklidir.

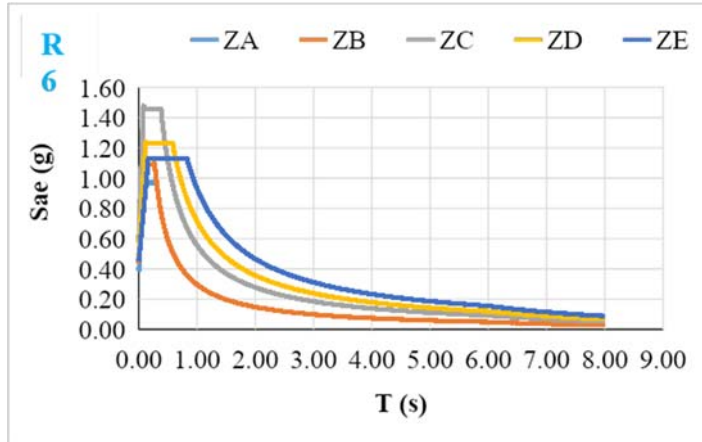
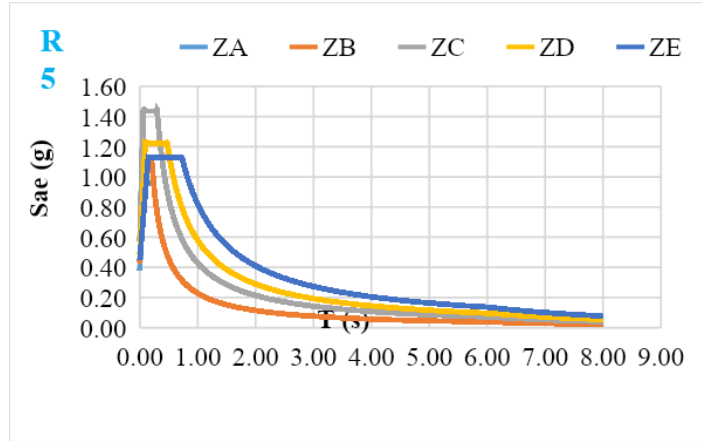
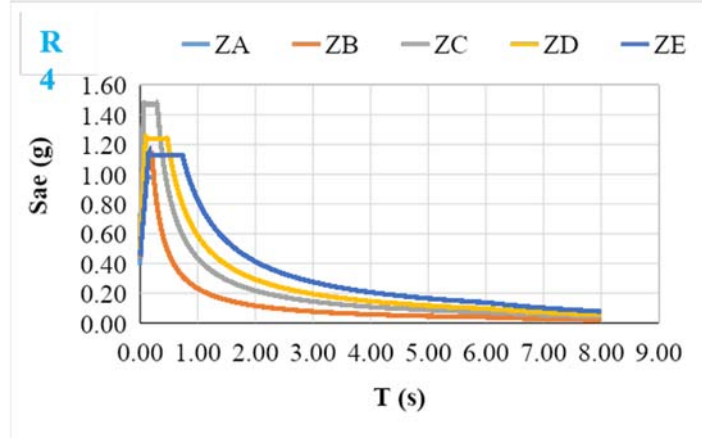
Tablo 4. Seçilen PGA Değerine Göre Seçilen Yeni Koordinatlar

Ad	Koordinat		En Büyük Yer İvmesi (g) - PGA				YER
			50 Yılda Aşılma Olasılığı				
	Boylam	Enlem	% 2	% 10	% 50	% 68	
R1	26,750	39,650	0,715	0,400	0,158	0,112	Edremit - Balıkesir
R2	30,050	37,750	0,746	0,400	0,152	0,109	Merkez - Burdur
R3	30,050	39,750	0,840	0,400	0,115	0,079	İnönü - Eskişehir
R4	28,950	37,950	0,901	0,500	0,200	0,145	Sarayköy - Denizli
R5	29,350	38,950	0,949	0,500	0,175	0,121	Gediz - Kütahya
R6	35,150	40,950	0,851	0,500	0,213	0,150	Gümüşhacıköy- Amasya
R7	31,850	40,650	1,010	0,600	0,209	0,123	Merkez - Bolu
R8	33,750	40,950	1,030	0,600	0,229	0,154	Ilgaz - Çankırı
R9	40,150	38,950	1,074	0,600	0,231	0,153	Karakoçan - Elazığ
R10	38,650	40,050	1,206	0,700	0,288	0,168	Gölova - Sivas
R11	40,850	39,250	1,171	0,701	0,298	0,195	Karlıova - Bingöl
R12	41,050	39,150	1,191	0,700	0,294	0,189	Karlıova - Bingöl
R13	36,750	40,650	1,323	0,793	0,349	0,196	Erbaa - Tokat
R14	40,950	39,150	1,311	0,779	0,306	0,193	Karlıova - Bingöl
R15	41,050	39,350	1,354	0,811	0,356	0,199	Karlıova - Bingöl

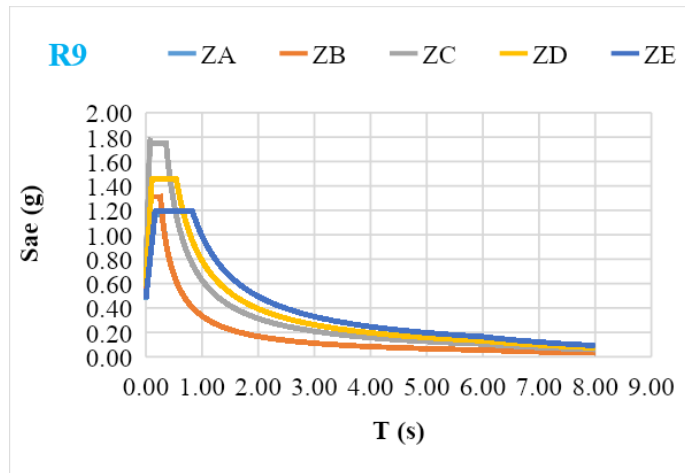
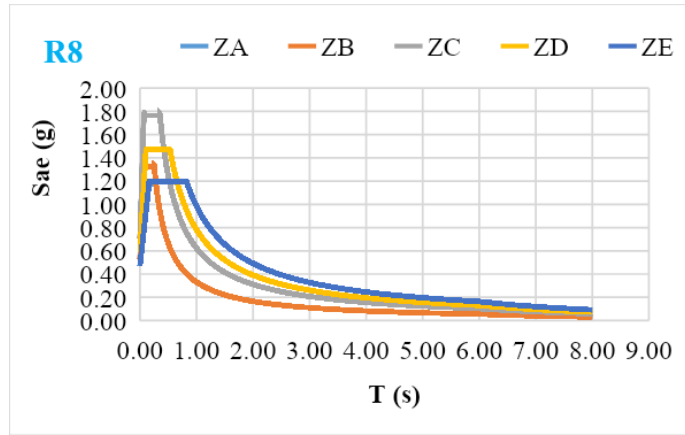
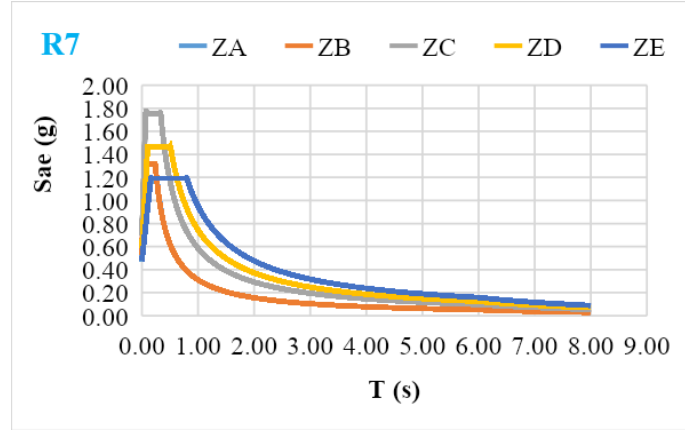
Çizelge 2a. PGA değeri 0,4g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



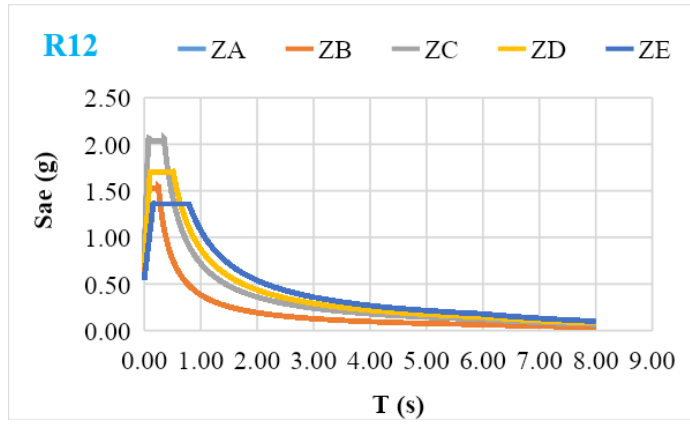
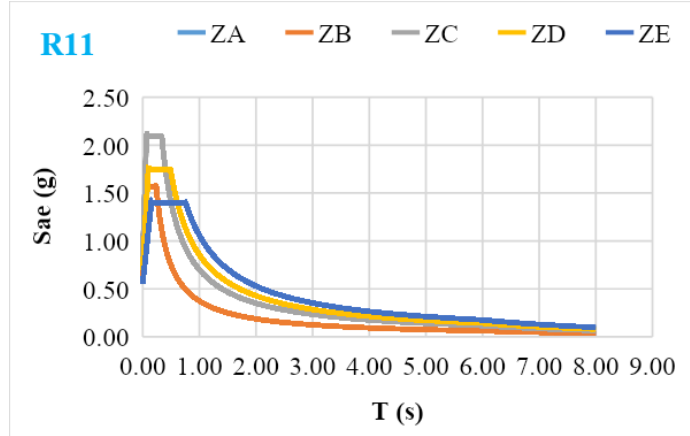
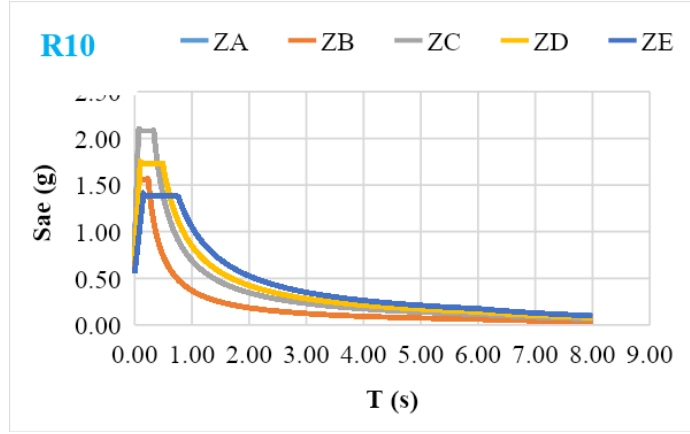
Çizelge 2b. PGA değeri 0,5g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



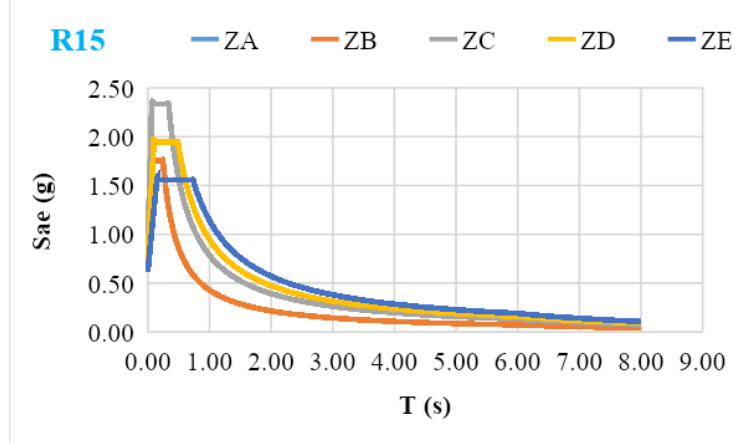
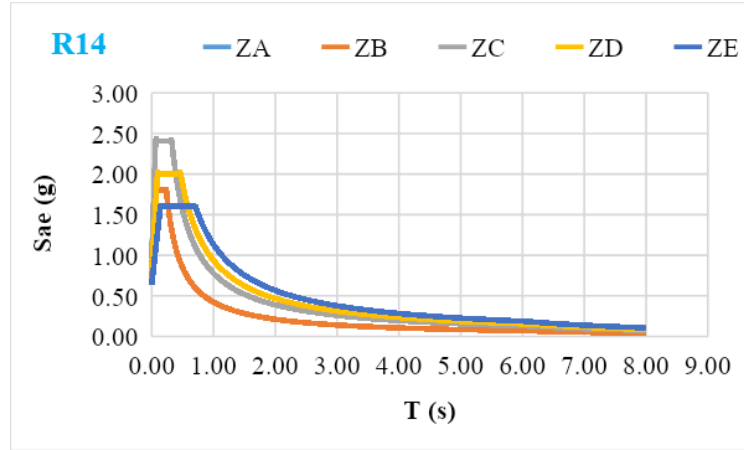
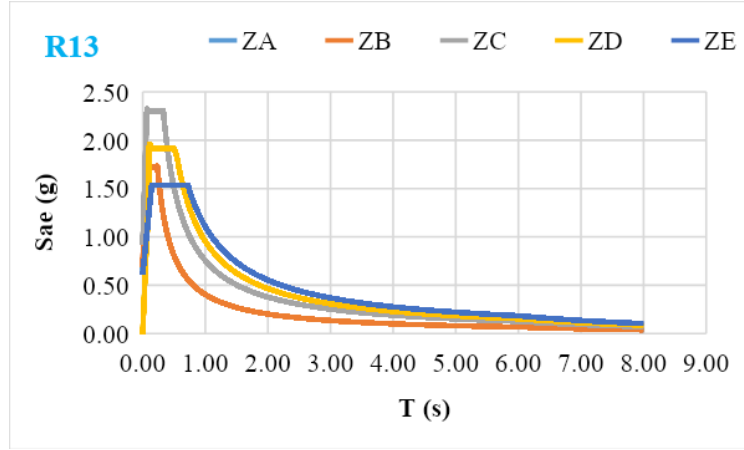
Çizelge 2c. PGA değeri 0,6g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Çizelge 2d. PGA değeri 0,7g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Çizelge 2e. PGA değeri 0,8g için Yatay Elastik Tasarım Spektrumları



Farklı PGA aralıklarındaki her bir grafiğin, farklı tipteki yerel zemin sınıflarındaki davranışı karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar grafik olarak Şekil 2a'dan 2e'ye kadar olan kısımda gösterilmiştir. Her bir PGA aralığında, grafiklerin normal olmayan davranışı, sağlam zeminden gevşek zemine kadar farklı tipteki zemin sınıflarında incelenmiştir.

0.4g aralığında ZC yerel zemin sınıfı hariç, ZA, ZB, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarındaki grafiklerin makul bir performans gösterdiği görülmüştür. PGA değeri 0.5g'den itibaren, yatay elastik tasarım spektrumu grafikleri bütün yerel zemin sınıflarında normal olmayan davranış göstermiştir. ZA ve ZE yerel zemin sınıflarında yatay elastik tasarım spektrumları kabaca örtüşmektedir, bu da yüksek PGA değerlerindeki yatay elastik tasarım spektrumunun yerel zemin sınıflarından bağımsız olarak çalıştığını gösterir.

4.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumlarının Yerel Zemin Sınıflarında Karşılaştırılması

Yatay elastik tasarım spektrumu her aralıkta daha kesin olarak incelenirse, her spektrum üç bölüme ayrılabilir:

- Yapı periyodu TA'dan küçük olan kısım
- Yapı periyodu TA ve TB arasındaki kısım
- Yapı periyodu TB'den büyük olan kısım

4.1.1. Kısa Periyot

Kısa periyotlar TA'dan küçük periyotları ifade eder; yapının doğal periyodu TA'dan küçükse, kısa periyotlar kategorisine girer.

Yatay elastik tasarım spektrumlarında PGA değeri 0.4g'den itibaren farklı yerel zemin sınıflarıyla yeniden incelendiğinde tüm spektrumlarda anormal davranış olduğu görülmüştür. Bu davranış en gevşek yerel zemin sınıfı ZE'den beklenirken, ZC'nin kısa sürede en büyük yatay elastik tasarım spektrumuna sahip olduğu görülmüştür.

4.1.2. Orta Periyot

Orta periyot TA'dan büyük ve TB'den küçük periyotları ifade eder; başka bir deyişle yapının doğal periyodu TA'dan daha büyük ve TB'den daha küçükse orta periyot kategorisine girer.

PGA değeri 0.4g olan yatay elastik tasarım spektrumları incelendiğinde, tüm spektrumlar normal olmayan davranış göstermiştir ve istisnasız bütün spektrumlarda, ZC'nin en yüksek yatay elastik tasarıma sahip olduğu görülmüştür.

4.1.3. Uzun Periyot

Uzun periyotlar TB'den büyük periyotları ifade eder; başka bir deyişle yapının doğal periyodu TB'den büyükse, uzun periyotlar kategorisine girer.

En sağlam zemin ZA'dan en gevşek zemin ZE'ye yatay elastik tasarım spektrumunun grafiği uzun periyot bölgesinde normal davranış gösterir. Normal davranışta yatay elastik spektrum; ZA yerel zemin sınıfında en düşük Sae ve ZE yerel zemin sınıfında en yüksek Sae değerlerini alır.

PGA değerlerinin kısa, orta ve uzun periyot bölgelerinde göstermiş olduğu davranışlar, normal olup olmama durumuna göre Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. PGA değerlerinin farklı periyot bölgelerindeki davranışları

PGA	Kısa Periyot	Orta Periyot	Uzun Periyot
0.1g	√	√	√
0.2g	√	√	√
0.3g	√	√	√
0.4g	x	x	√
0.5g	x	x	√
0.6g	x	x	√
0.7g	x	x	√

0.8g	x	x	√
------	---	---	---

√ : Normal davranış

x : Normal olmayan davranış

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada PGA 0,1g'den 0,8g'ye kadar incelenmiştir. PGA 0,4g dahil olmak üzere beklenen davranışı göstermemektedir. Bu davranışı test etmek için farklı koordinatlarla denemeler yapıldı. Bu denemeleri detaylı yapmak amacı ile yatay elastik tasarım spektrumları üç farklı bölge seçilerek değerlendirildi. Bu çalışma kapsamında kısa ve orta periyotların, PGA değeri 0,4g'den itibaren yerel zemin sınıflarında beklenen anlamlı davranışları göstermediği görüldü. Bu araştırma sonucunda farklı yatay elastik tasarım spektral ivmelerinin anlamlı sonuç vermemesi, tasarım ve değerlendirmelerde hesap esaslarına etki eder.

KAYNAKLAR

- [1] Satılmış, S., Osmanlı Devleti'nde Afet Yönetimi ve Depremlerin Sosyo-Ekonomik Etkileri, Kaya, Y.E., İstanbul, 2019
- [2] Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem- Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Son güncelleme, 22 Ocak, 2020.
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>.
- [3] Alyamaç, K.E., Erdoğan, A.S., Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri Ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005
- [4] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
- [5] T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, 22.01.2020.
(<https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>)