

2007 VE 2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE SPEKTRAL KARAKTERİSTİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

Eren BAYRAKCI^{1*}, Eren BALABAN², Mehmet İnanç ONUR³, Yücel GÜNEY⁴

- ¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-8948-6590>
- ² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-9559-0127>
- ³ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-2421-4471>
- ⁴ Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-9246-706X>

Anahtar Kelimeler	Öz
Spektral İvme Deprem TBDY 2018 DBYBHY 2007	<i>Tasarım aşamasında yapılara etkiyecek deprem yüklerinin belirlenebilmesi için statik ve dinamik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Statik analiz yöntemlerinden biri de tasarım ivme spektrumlarının hesaplanmasıdır. 2007 yılından itibaren kullanılmakta olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yönetmelik (DBYBHY) 2019 yılından itibaren kaldırılıp yerine Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin kullanılması zorunlu hale getirilmiştir. Bu çalışmada, her iki yönetmeliğe göre tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin köşe periyotları Eskişehir'deki farklı zemin sınıfları için karşılaştırılmıştır. Çalışmada, Eskişehir il merkezine ait 40 adet sondaj verisi kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. DBYBHY 2007'de Eskişehir için tanımlanan zemin köşe periyotları aynı yerel zemin sınıfı için sabit iken, TBDY 2018 için bu değerler, sondajın yapıldığı bölgeye bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, TBDY 2018'den elde edilen zemin köşe periyotlarının aynı zemin sınıfı için bile olsa küçük farklılıklar gösterirken, aynı yerel zemin sınıfı için spektral ivmelerde meydana gelen değişimin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.</i>

COMPARISON OF SPECTRAL CHARACTERISTICS ACCORDING TO 2007 AND 2018 TURKISH EARTHQUAKE CODES: ESKİŞEHİR CASE

Keywords	Abstract
Spektral Acceleration Earthquake TEC 2018 TEC 2007	<i>Earthquake loads that will act over a structure can be determined by static and dynamic methods. One of the static analysis methods is the calculation of design acceleration spectra. 2007 Turkish Earthquake Code was replaced by 2018 Turkey Earthquake Code. Spectral acceleration values defined according to both regulations and soil predominant periods were compared for different soil classes in Eskişehir. Calculations were made using the data of 40 drillings carried out in Eskişehir city center. The predominant periods defined for Eskişehir in the 2007 Turkish earthquake code are constant for same local soil class. These values for the 2018 Turkish Earthquake Code vary depending on the region where the drilling is done. Results revealed that predominant periods differ slightly from each other for the same soil class while change in spectral accelerations is more pronounced for same local soil class according to 2018 Turkish Earthquake Building code.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi

: 23.12.2021

Submission Date

: 23.12.2021

Kabul Tarihi

: 14.07.2022

Accepted Date

: 14.07.2022

* Sorumlu yazar; e-posta : erenbayrakci@eskisehir.edu.tr



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

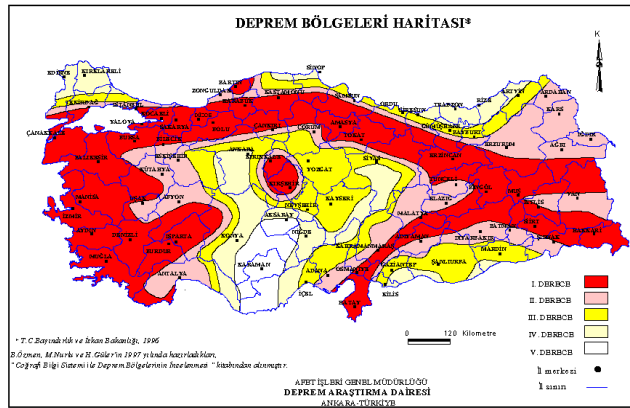
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Giriş

Türkiye, tarih boyunca yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Sınırlarımız içerisinde yer alan sırasıyla yaklaşık 1000 ve 400 km uzunlukları olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay hatları gibi aktif faylar ülkemizi tehdit etmektedir. 2007 DBYBH incelendiği zaman coğrafi ve yerleşim alanları itibarıyla ülkemizin oldukça büyük bir kısmının deprem bölgelerinde olduğu görülmektedir (İMO, 2010). Olası depremlerde yaşanacak olan can ve mal kayıplarını azaltmak için ülkemizde yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması konusu oldukça önem arz etmektedir.

Depreme dayanıklı tasarım yapabilmek ve deprem yükü hesaplarını gerçekleştirebilmek için gerekli sınırlamalar deprem yönetmeliklerinde verilmektedir. 1940 yılından itibaren; 1944, 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve 2018 olmak üzere ülkemizde 10 farklı deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. 1 Ocak 2019'dan itibaren kullanılması zorunlu olan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) ise bu yönetmeliklerin sonucusudur (Nemutlu, Balun, Benli ve Sarı, 2020).

Yeni yönetmelikle birlikte Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) tarafından kullanıma sunulmuştur (AFAD, 2018). 2007 DBYBH'deki Türkiye Deprem Bölgeleri haritasında sabit katsayılar ile çalışmalar yapılırken, yeni tehlike haritasında koordinata dayalı ivme parametreleriyle hesaplamalar yapılabilmektedir. Eski ve yeni deprem yönetmeliklerine temel kaynak oluşturan Deprem Tehlike Haritaları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2007)



Şekil 2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD 2018)

DBYBH-2007'den farklı olarak TBDY-2018 ile yer ivmeleri yanı sıra spektral ivme değerlerine de ulaşma olanağı bulunmaktadır. Yer ivmesi değerleri ve spektral ivme değerleri 43 yıl, 72 yıl, 475 yıl ve 2475 yıl dönüş periyotlarına göre hesaplanmıştır.

Bir deprem sırasında yapılara etkiyecek olan dinamik yüklerin bulunabilmesi amacıyla, tek serbestlik dereceli sistemler için belirli bir sönüm oranında en yüksek ivme, hız veya yer değiştirme değerlerinin hangi frekans veya periyoda karşılık geldiğini gösteren tepki spektrumları kullanılmaktadır. Tasarım spektrumları, meydana gelmiş birçok depremin yer hareketi kaydının istatistiksel analizi ile oluşturulmuş tasarım eğrileridir. Bir depremin yer hareketi kayıtları ve bu kayıtlardan elde edilebilen deprem tepki spektrumu ise yerel zemin koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Tasarım yapılırken sismik tasarımın göz önünde bulundurulması ve gelecekte meydana gelmesi muhtemel depremlerin binalara etkisinin araştırılması bir zorunluluktur (Fan, Wang ve Xiao 2018).

Depreme dayanıklı yapı tasarımı zemin ve yapı etkileşiminin doğru tanımlanması ile mümkün olmaktadır. Bir zemin yapısı için tasarım spektrumlarının belirlenebilmesi bölgenin depremselliği ve yerel zemin koşulları ile ilintilidir. Spektrum eğrilerinde meydana gelen değişiklikler yapıyı da etkilemektedir. Yapının yer değiştirme eğilimleri tasarım spektrumlarına bağlı olarak değişmektedir (Karasin, Işık, Demirci ve Aydın 2020).

Tasarım ve deprem etki spektrumlarının belirlenmesiyle ilgili olarak literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ptilakis, Gazepis ve Anastasiadis (2004) tarafından yapılan çalışmada, sismik zemin tepkisi özelliklerinin kapsamlı bir teorik ve deneysel analizine dayalı, farklı saha koşulları için geliştirilmiş spektral büyütme faktörleri önerilmiştir. Sanchez-Silva ve Arroyo (2005) farklı kabul edilebilirlik kriterleri kullanarak spektral tasarım ivme değerlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma

gerçekleştirmişlerdir. Çalışma, tasarım ivmesinin aşılması olasılığını içeren olasılıksal bir tasarım spektrumu önermektedir. Raghu Kanth ve Iyengar 2007 yılında sismolojik bir modele dayanarak yaptıkları çalışmada, büyüklüğün ve kaynaktan sahaya olan mesafenin bir fonksiyonu olarak %5 sönümlü tepki spektrumunu tahmin eden, anakaya ve zemin koşullarını da kapsayan ampirik bir ilişkiye ulaşmak için Hindistan'daki yer hareketini istatistiksel olarak incelemiştir. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının seçilmesi için verilen yöntemler ve şartlar Fahzan (2008) tarafından özetlenmiştir. Deprem bölgesi, bina önem katsayısı ve zemin sınıfı belirlenen örnekler üzerinde kayıtların ölçeklenmesi detaylı olarak açıklanmıştır. İyisan ve Haşal (2011) yaptıkları çalışmada zemin büyütmesine etkisi olan yerel zemin özelliklerinin etkisini incelemiştir. Bu amaçla 1D ve 2D dinamik analizler 6 adet deprem kaydının anakaya verileri kullanılarak tepe ve ova zeminlerinin davranışları incelenmiştir. Bu çalışmayla 19 farklı yüzey noktasının ivme zaman ve ivme spektrumlarının değişimi farklı depremler ve mesafe için incelenmiştir. Ye ve Wang (2011) yapısal dinamik analiz ve enerji değerlendirmesi için gerçek deprem ivme kayıtlarının seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Gerçek deprem ivme kayıtları için veri tabanı oluşturma, kayıt tarama, seçim ilkesi, ölçekleme ayarları ve örnekleme boyutu için kriterler tartışılmıştır. Kayhan (2012) sezgisel armoni araştırması optimizasyon yöntemini kullanarak zaman tanım alanında yapılacak analizler için seçilen ivmelerin ölçeklendirilmesi için bir algoritma önerisi sunmuştur. Bu çalışma ile önerilen DBYBH yönetmeliğinde tanımlanmış olarak bulunan Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel sınıfındaki zeminler için uygun olabilecek ivme spektrumlarının sunulan ölçeklendirme metoduyla elde edilebileceği gösterilmiştir. Kale ve Akkar (2015) yaptıkları çalışmada Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde seçtikleri bir lokasyon için olasılıksal sismik tehlike analiz sonuçlarına göre tasarım spektrumu kontrol periyotları ve zemin amplifikasyon katsayıları önermişlerdir. Farklı dönüş periyotlarına ve farklı zemin türlerine göre sonuçlar elde edilmiştir. Koçer vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, Kocaeli, Eskişehir, Kayseri, Konya illeri için etkin yer ivme katsayıları ve illerin merkez koordinatlarına göre Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD)'ından alınan deprem ivme değerlerine bağlı olarak spektral ivme değerleri TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılmıştır. Bozer (2019) tarafından yapılan çalışmada, spektral ivme katsayıları DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 için karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar harita üzerinde verilmiştir. Spektral ivme değerlerinin özellikle zayıf zeminlerde, TBDY 2018'de birçok il merkezinde DBYBHY 2007'ye göre daha büyük olduğu gösterilmiştir. Nemutlu ve diğ. (2020) yaptıkları çalışmada Elazığ ve Bingöl illeri için tasarım spektrum ivmelerini hem DBYBHY 2007 hem de TBDY 2018 yönetmeliklerine göre incelemiştir. Bu çalışmada

ivme değerlerinin 2007 yönetmeliğinde sabit olduğu ancak 2018 yönetmeliğinde koordinatlara göre değiştiği için incelenen spektrumlarda farklılıklar görülmüştür. Dávalos ve Miranda (2021) tarafından yapılan çalışma, yapının titreşim periyodunun beşte biri ile üç katı arasındaki %5 sönümlü spektral koordinatların geometrik ortalaması olarak tanımlanan $S_{a,avg}$ 'in tarihsel gelişimini özetlemiş ve $S_{a,avg}$ 'in yatay bileşeni için bir yer hareketi tahmin modeli sunmuştur. Civelekler, Okur ve Afacan, (2021) ise Eskişehir ili için 42 sondaj verisini değerlendirerek yerel zemin karakteristikleri ve dinamik davranışı modellemiştir.

Bu çalışma kapsamında, Eskişehir il merkezine ait 40 adet sondaj verisi temin edilmiş ve DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 'de tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin köşe periyotları belirlenerek farklı zemin sınıfları için karşılaştırılmıştır. Sondaj verileri 080240 No'lu "Eskişehir Yerleşim Yeri, CBS Teknikleri Kullanılarak Geoteknik, Yapı ve Jeofizik Bilgi Sisteminin Oluşturulması" Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi'nden elde edilmiştir (Güney vd., 2013).

2. DBYBHY (2007) Elastik Tasarım Spektrumu

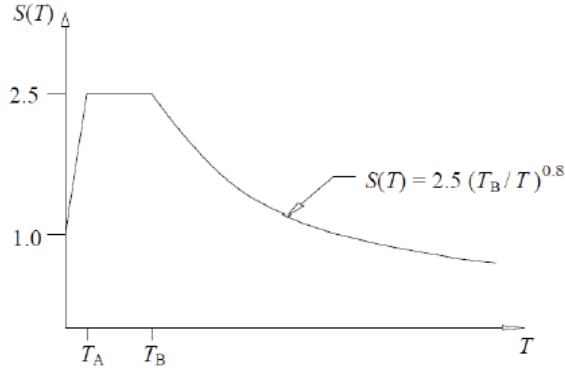
2007 deprem yönetmeliğinde (DBYBHY 2007) tanımlanan spektrum katsayısı $S(T)$, bina doğal periyoduna ve yerel zemin koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Yine yönetmeliğe göre, köşe zemin periyotları (T_A ve T_B) yerel zemin sınıfına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu periyotlar sabit katsayılar halinde verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1

Zemin Köşe Periyotları (DBYBHY 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (Saniye)	T_B (Saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Şekil 3'de, DBYBHY (2007)'de verilmiş olan bina doğal titreşim periyoduna bağlı spektrum katsayılarının grafiği gösterilmiştir. Tasarım için gerekli olan elastik ivme spektrumu belirlenirken, Şekil 3'de verilen spektrum katsayılarının deprem bölgesine göre tespit edilmiş etkin yer ivmesi ve bina önem katsayısı ile çarpımından faydalanılmaktadır. Deprem bölgesine bağlı etkin yer ivmesi değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. DBYBHY (2007) Spektrum Katsayıları

Tablo 2

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) (DBYBHY, 2007)

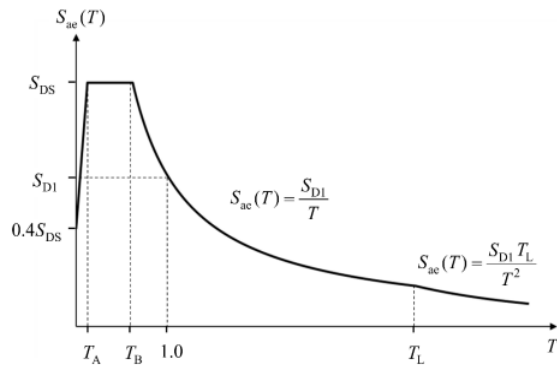
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

3. TBDY (2018) Elastik Tasarım Spektrumu

2018 deprem yönetmeliğinde (TBDY, 2018) tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumu ($S_{ae}(T)$), yer çekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyodu ile kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}) parametrelerine bağlı olarak hesaplanabilmektedir. DBYBHY (2007)'de spektrum köşe periyotları zemin grubuna bağlı olarak sabit katsayılar olarak verilmişken, TBDY (2018)'de aşağıda verilmiş Eş.1 ve Eş.2 ile belirlendiği için konuma ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Şekil 4'de, TBDY (2018)'de verilmiş olan tasarım için gerekli olan elastik ivme spektrumu grafiği gösterilmiştir.

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1)$$

$$T_A = 0.2T_B \quad (2)$$



Şekil 4. TBDY (2018) Elastik Tasarım İvme Spektrumu

Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı Eş.3 ile ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı Eş.4 ile hesaplanmaktadır. S_s ve S_1 değerleri, Türkiye Deprem Tehlike Haritasında kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ve 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmıştır. F_s ve F_1 değerleri ise, Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterildiği gibi, TBDY (2018)'de yerel zemin etki katsayıları olarak tanımlanmıştır.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (4)$$

Tablo 3

Yerel Zemin Sınıfına Bağlı Olarak F_s Katsayıları (TBDY-2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1	1
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılır					

Tablo 4

Yerel Zemin Sınıfına Bağlı Olarak F_1 Katsayıları (TBDY-2018)

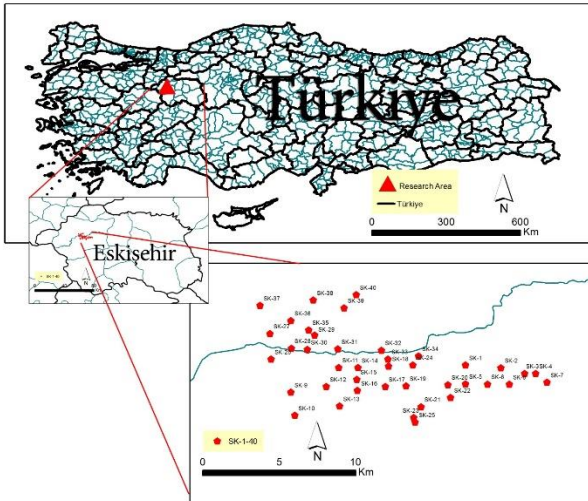
Yerel Zemin Sınıfı	1 Saniye Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_s \leq 0.10$	$S_s = 0.20$	$S_s = 0.30$	$S_s = 0.4$	$S_s = 0.50$	$S_s \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılır					

TBDY (2018) yerel zemin sınıfı tanımlaması DBYBHY (2007)'e göre farklılık göstermektedir. İsimlendirme dışında, belirlenmesi açısından ele alınan faktörler de güncellenmiştir. Yeni yönetmeliğe göre, zemin tabakalarının üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı, ortalama drenajsız kayma dayanımı ve standart penetrasyon darbe sayısı (N_{60}) değerleri dikkate alınarak yerel zemin sınıfları tayin edilmektedir.

4. Çalışma ve Bulgular

Çalışmada, Eskişehir ili sınırları içerisinde ait 40 adet sondaj verisi kullanılmıştır. Sondaj derinlikleri kaya tabakasına rastlanılmadığı sürece 30 metre olarak seçilmiştir. Sondajlar sırasında her 1.5 metrede bir standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmıştır. Yapılan

sondajların coğrafi koordinatları Şekil 5’de verilmiştir. Sondaj ile elde edilen zemin profili ve SPT sayılarına bağlı olarak 2007 deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları belirlenmiştir. Yapılan sondaj sonuçlarına göre Eskişehir’de 2007 deprem yönetmeliğine göre tüm yerel zemin sınıflarına rastlanabilmektedir. 2018 deprem yönetmeliğine göre, sondaj yapılan bölgelerde ZA, ZB, ZC, ZD, ZE yerel sınıflarına rastlanmıştır. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre belirlenen zemin sınıfları Tablo 5’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm sondajlar için elastik tasarım ivme spektrum grafikleri çizilmiş ve T_A ve T_B köşe periyotları belirlenerek Şekil 6’da gösterilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğinde spektral elastik tasarım ivme değerlerinin hesaplanmasında yapı önem katsayısı da dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada 2007 deprem yönetmeliğine göre hesaplanan spektral tasarım eğrileri konutlar için hesaplanmış olup, yapı önem katsayısı “1” olarak kabul edilmiştir. 2018 deprem yönetmeliği için elde edilen veriler ise yönetmelikte tasarım yer hareketi düzeyi olarak belirtilmiş olan DD-2’ye uygun olarak elde edilmiştir.



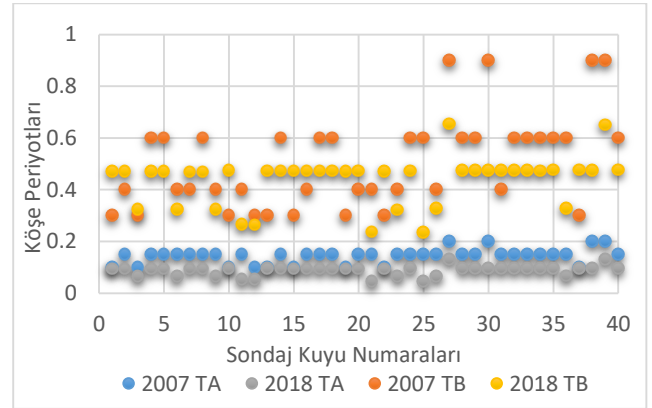
Şekil 5. Sondajların Coğrafi Koordinatları

Tablo 5

Yerel Zemin Sınıfları

Sondaj Kuyusu	Yerel Zemin Sınıfı		Sondaj Kuyusu	Yerel Zemin Sınıfı	
	DBYBHY (2007)	TBDY (2018)		DBYBHY (2007)	TBDY (2018)
SK-1	Z1	ZD	SK-21	Z2	ZB
SK-2	Z2	ZD	SK-22	Z1	ZD
SK-3	Z1	ZC	SK-23	Z2	ZC
SK-4	Z3	ZD	SK-24	Z3	ZD
SK-5	Z3	ZD	SK-25	Z3	ZB
SK-6	Z2	ZC	SK-26	Z2	ZC
SK-7	Z2	ZD	SK-27	Z4	ZE
SK-8	Z3	ZD	SK-28	Z3	ZD
SK-9	Z2	ZC	SK-29	Z3	ZD

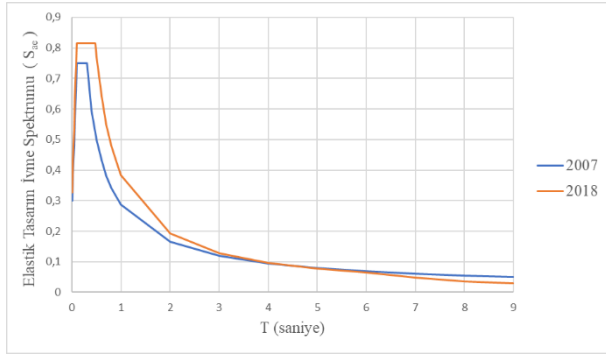
SK-10	Z2	ZD	SK-30	Z4	ZD
SK-11	Z1	ZA	SK-31	Z2	ZD
SK-12	Z2	ZA	SK-32	Z3	ZD
SK-13	Z1	ZD	SK-33	Z3	ZD
SK-14	Z1	ZD	SK-34	Z3	ZD
SK-15	Z3	ZD	SK-35	Z3	ZD
SK-16	Z1	ZD	SK-36	Z3	ZC
SK-17	Z2	ZD	SK-37	Z1	ZD
SK-18	Z3	ZD	SK-38	Z4	ZD
SK-19	Z3	ZD	SK-39	Z4	ZE
SK-20	Z1	ZD	SK-40	Z3	ZD

Şekil 6. T_A ve T_B 'nin Farklı Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması

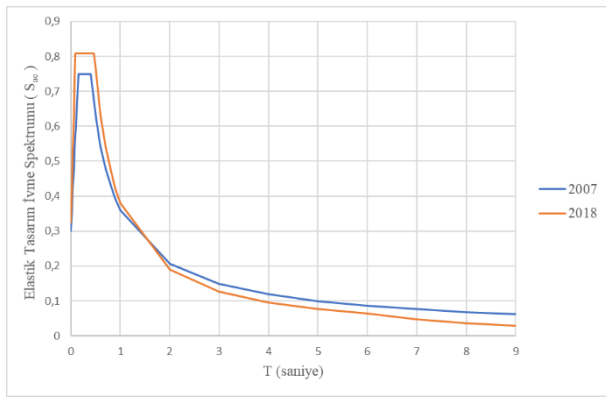
4.1. 2007 - 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması

2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini karşılaştırılabilmesi için öncelikle 2007 deprem yönetmeliğinde yer alan her bir yerel zemin sınıfına göre gruplandırma yapılmıştır. Aşağıda verilen Şekil 5’te SK-1 için çizilen elastik tasarım spektral ivmeler gösterilmiştir. SK-1 sondaj kuyusu, 2007 deprem yönetmeliğine göre Z1, 2018 deprem yönetmeliğine göre ZD yerel zemin sınıfındadır.

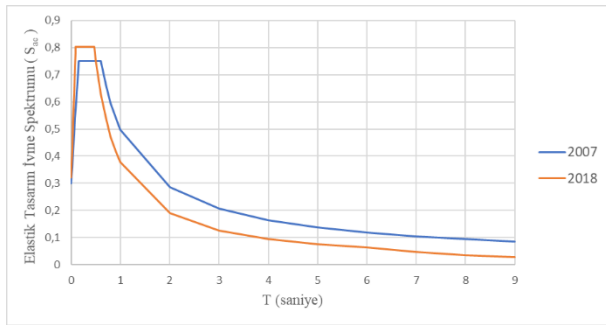
Spektral elastik tasarım ivmelerini bulabilmek için 2007 deprem yönetmeliğine göre Z2 yerel zemin sınıfına karşılık gelen sondaj kuyusu olarak SK-2, Z3’e karşılık SK-4 ve Z4’e karşılık olarak SK-39 seçilmiştir. Seçilen bu sondaj kuyularının (SK-2, SK-4 ve SK-39) 2018 deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı ise sırasıyla ZD, ZD ve ZE olarak belirlenmiştir. Bu sondaj kuyuları için çizilen elastik tasarım ivme spektrum grafikleri Şekil 7, 8, 9 ve 10’da verilmiştir.



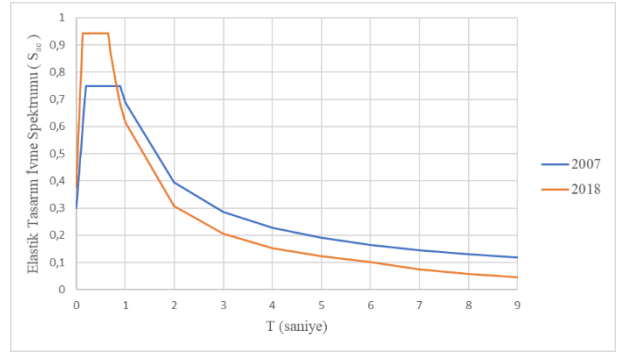
Şekil 7. SK-1'in 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Hesaplanmış Elastik Tasarım İvme Spektrumu Grafikleri



Şekil 8. SK-2'nin 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Hesaplanmış Elastik Tasarım İvme Spektrumu Grafikleri



Şekil 9. SK-4'ün 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Hesaplanmış Elastik Tasarım İvme Spektrumu Grafikleri



Şekil 10. SK-39'un 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Hesaplanmış Elastik Tasarım İvme Spektrumu Grafikleri

En büyük elastik tasarım ivme spektrumu 2007 deprem yönetmeliğine göre sabit bir değer (0,75) olarak belirlenirken, 2018 deprem yönetmeliğinde S_{Ds} 'e karşılık gelen $S_{ae}(T)$ değeri konuma ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Elde edilen sonuçlar 2007 ve 2018 yönetmelikleri için karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı konumlardaki aynı yerel zemin sınıfları için 2018 yönetmeliğine göre de karşılaştırılmış ve Tablo 6'de gösterilmiştir.

Tablo 6

Yerel Zemin Sınıfına Bağlı T_A , T_B ve $S_{ae}(T)$ Karşılaştırması (TBDY, 2018)

Zemin Sondaj Sınıfı	Sondaj Kuyusu	T_A	T_B	$S_{ae}(T)$	Zemin Sondaj Sınıfı	Sondaj Kuyusu	T_A	T_B	$S_{ae}(T)$
	SK-1	0,094	0,471	0,816	SK-20	0,094	0,472	0,827	
	SK-2	0,094	0,470	0,809	SK-22	0,094	0,470	0,826	
	SK-4	0,094	0,471	0,803	SK-24	0,095	0,473	0,828	
	SK-5	0,094	0,471	0,820	SK-28	0,095	0,475	0,848	
	SK-7	0,094	0,469	0,802	SK-29	0,095	0,475	0,840	
	SK-8	0,094	0,469	0,811	SK-30	0,095	0,474	0,846	
ZD	SK-10	0,095	0,474	0,846	ZD	SK-31	0,095	0,475	0,840
	SK-13	0,095	0,473	0,842	SK-32	0,095	0,474	0,831	
	SK-14	0,095	0,473	0,844	SK-33	0,095	0,474	0,832	
	SK-15	0,094	0,472	0,845	SK-34	0,095	0,473	0,824	
	SK-16	0,094	0,472	0,839	SK-35	0,095	0,476	0,839	
	SK-17	0,094	0,472	0,834	SK-37	0,095	0,476	0,837	
	SK-18	0,094	0,472	0,834	SK-38	0,095	0,475	0,825	
	SK-19	0,094	0,471	0,824	SK-40	0,095	0,476	0,815	
	SK-3	0,065	0,324	0,772	SK-23	0,064	0,322	0,810	
ZC	SK-6	0,065	0,325	0,785	ZC	SK-26	0,065	0,327	0,836
	SK-9	0,065	0,325	0,840	SK-36	0,066	0,328	0,814	
ZA	SK-11	0,053	0,266	0,542	ZA	SK-12	0,053	0,265	0,540
ZB	SK-21	0,047	0,237	0,586	ZB	SK-25	0,047	0,236	0,588
ZE	SK-27	0,131	0,654	0,957	ZE	SK-39	0,130	0,651	0,944

Tablo 6 incelendiğinde yerel zemin sınıfları aynı olsa bile sondaj yeri değiştiğinde hem köşe periyotlarda hem

de $S_{ae}(T)$ değerlerinin değiştiği görülmektedir. ZD zemin sınıfı için T_A değerinin neredeyse aynı olduğu görülürken, T_B değerinin 0,469 ile 0,476 arasında değiştiği görülmektedir. $S_{ae}(T)$ değerinin ise 0.802 ile 0.848 arasında değiştiği görülmektedir. ZC zemin sınıfında ise T_A ve T_B değerlerinin bu çalışma kapsamında göz ardı edilebilecek değişimler sergilerken, $S_{ae}(T)$ değerinin 0,772 ile 0,840 arasında değiştiği ortaya konmuştur. ZA ve ZB zemin sınıflarında bu çalışma için lokasyona bağlı farklılıkların ihmal edilebilir olduğu görülmüştür. ZE zemin sınıfında da $S_{ae}(T)$ 'nin 0,957 ile 0,944 olarak bulunduğu görülmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, Eskişehir ili sınırları içerisinde ait 40 adet sondaj verisi kullanılarak 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre elastik tasarım ivme spektrum grafikleri çizilmiştir. T_A ve T_B köşe periyotları belirlenmiştir. Tüm sondajların iki yönetmeliğe göre yerel zemin sınıfları belirlenmiş, buna bağlı olarak köşe periyotlarının ve en büyük elastik tasarım ivme spektrumunun ($S_{ae}(T)$) değişimi gözlemlenmiştir. Tüm sonuçlar 2007 ve 2018 yönetmelikleri için karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

❖ Yeni deprem yönetmeliği olan TBDY (2018)'de 4 adet deprem yer hareket düzeyine göre (DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4) elastik tasarım ivme spektrumları elde edilirken, DBYBHY (2007)'e göre tek deprem yer hareket düzeyine göre elde edilmektedir. Ayrıca, DBYBHY (2007)'e göre tasarıma esas teşkil eden elastik ivme spektrumu belirlenirken, spektrum katsayılarının deprem bölgesine bağlı etkin yer ivmesi ve bina önem katsayısı ile çarpılması gerekmektedir.

❖ DBYBHY (2007)'de dört farklı deprem bölgesi tanımlanmış ve buna bağlı olarak tanımlanmış sabit etkin yer ivme katsayıları verilmiştir. TBDY (2018)'de ise deprem bölgesi kavramı tamamen kaldırılmıştır. Türkiye Deprem Tehlike haritasına bağlı olarak ivme katsayıları koordinata dayalı elde edilmektedir.

❖ DBYBHY (2007)'de zemin köşe periyotları yerel zemin sınıflarına bağlı olarak sabit değerler olarak verilmiş ve "spektrum karakteristik periyotları" olarak tanımlanmıştır. TBDY (2018)'de ise köşe periyotları bölgenin spektral ivme değerleri (S_{D1} ve S_{D5}) baz alınarak hesaplanmaktadır.

❖ Çalışmada, TBDY 2018'e göre belirlenen köşe periyotlarının yaklaşık olarak aynı olduğu ancak tasarıma esas teşkil eden elastik ivme spektrumu değerlerinin aynı yerel zemin sınıfına sahip farklı bölgelerde farklılıklar gösterdiği gözlemlenmiştir. Yine aynı sondaj kuyuları için, TBDY 2018'e göre elde edilen

elastik tasarım ivme spektrumu değerleri genel olarak TDY 2007'ye göre daha yüksektir. Buna bağlı olarak, çalışma verileri ile sınırlı olmakla beraber, TBDY 2018'in TDY 2007'ye göre genel olarak zayıf zemin sınıfları için daha güvenli tarafta kaldığını söylemek mümkündür.

❖ Çalışma verilerinden edilen sonuçlara göre zemin sınıfı ZA'dan ZE'ye doğru değiştikçe elde edilen $S_{ae}(T)$ değerlerinin lokasyona bağlı olarak daha fazla değişim gösterdiği elde edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonunca kabul edilen 080240 No'lu proje verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Yazarlar, proje çalışanlarına teşekkür eder.

Araştırmacıların Katkısı

Eren BAYRAKCI, sondaj verilerini 2007 deprem yönetmeliğine uygun olarak değerlendirdi. Eren BALABAN, sondaj verilerini 2018 deprem yönetmeliğine göre değerlendirdi. Mehmet İnanç ONUR, elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını yaptı. Yücel GÜNEY ise bu makalede kullanılan sondaj verilerinin elde edildiği projenin yürütücüsüdür. Tüm yazarlar makalenin yazımında görev aldı. Dört yazar da makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2018). <https://www.afad.gov.tr/>
- Bozer, A. (2020). Tasarım spektral ivme katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11 (1), 393-404. DOI: 10.24012/dumf.559965.
- Civelekler, E., Okur, V.D. ve Afacan, K.B. (2021). A study of the local site effects on the ground response for the city of Eskişehir, Turkey, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 80, 5589-5607 DOI:10.1007/s10064-021-02285-4.
- Dávalos, H., ve Miranda, E., (2021). A ground motion prediction model for average spectral acceleration, Journal of Earthquake Engineering, 25:2, 319-342, DOI: 10.1080/13632469.2018.1518278.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2007), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

- Fan, X., Wang, K., Xiao, S., (2018). Large-scale parallel computation for earthquake response spectrum analysis, *Engineering Computations*, 35, 800–817. Doi:10.1108/EC-08-2016-0294.
- Güney, Y., Ecevitoglu, B., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M., Kaplan, O., ... Akdeniz, E. (2013). Eskişehir yerleşim yerinde, CBS teknikleri kullanılarak geoteknik, yapı ve jeofizik bilgi sisteminin oluşturulması. Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No:080240.
- Türkiye’de deprem gerçeği ve hastanelerin durumu. (2010). İnşaat Mühendisleri Odası (İMO). Erişim adresi:https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7c2a65b264b5bda_ek.pdf?dergi=138.
- İyisan, R., Haşal, M.E., (2011) ‘Zemin büyütmesi ve yerel koşulların spektral ivmeye etkisi’, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 10: 4, 47-56.
- Kale, Ö., Akkar, S., Kale, Ö. (2015). Tasarım spektrumu köşe periyotları ve zemin amplifikasyon katsayılarının olasılıksal sismik tehlike analizleri ile belirlenmesi, 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, İzmir.
- Karasin, İ. B., Işık, E., Demirci, A. ve Aydın, M. C. (2020). Coğrafi konuma özel tasarım spektrumlarının betonarme yapı performansına etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1319-1330. Doi:10.24012/dumf.682377.
- Kayhan, A. H., (2012), ‘Armoni araştırması ile ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirme’, İMO Teknik Dergi, 2012 5751-5775, Yazı 368.
- Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M. G. ve Arslan, M. H. (2018). Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007’ye göre karşılaştırılması. *Selçuk Teknik Dergisi*, 17(2), 43-58.
- Nemutlu, Ö. F., Balun, B., Benli, A. ve Sarı, A. (2020). Bingöl ve Elâzığ illeri özelinde 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerine göre ivme spektrumlarının değişiminin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11 (3), 1341-1356. DOI: 10.24012/dumf.703138.
- Pitilakis, K., Gazepis, C., Anastasiadis, A., (2004). Design response spectra and soil classification for seismic code provisions, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, Paper No: 2904.
- Raghu Kanth, S. T. G. ve Iyengar. R. N. (2007), Estimation of seismic spectral acceleration in Peninsular India. *Journal of Earth System Science*, 116, 199–214, <https://doi.org/10.1007/s12040-007-0020-8>.
- Sanchez-Silva, M., Arroyo, O., (2004). Comparing target spectral design acceleration values by using different acceptability criteria, *Structural Safety*, 27, 73–91. Doi:10.1016/j.strusafe.2004.08.001.
- Türkiye Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2018), Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.
- Ye, X. G., Wang D. C. (2011). Selection of real earthquake accelerograms for structural dynamic analysis and energy evaluation. *Science China Technological Sciences*, 54: 2878-2885. Doi: 10.1007/s11431-011-4541-7.