

2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Kullanılarak Farklı Zeminlere Göre ve Farklı Kentler İçin Elde Edilen Tasarım İvmelerinin Karşılaştırılması, Kapadokya Örneği

Hakan KARACA¹

Özet

2019 itibarı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile zemin parametrelerinde çok önemli yenilikler getirilmiş ve zemin-yapı etkileşiminin daha gerçeğe yakın modellenebilmesini mümkün hale gelmiştir. Zeminin özellikle büyütme ve küçültme etkisinin yeni şartnamede yer alması, yönetmeliğin bilimsel verilere daha uygun hale gelmesini sağlamıştır. Bu kapsamda, TBDY-2018'den resmi olarak yürürlüğe girmeden önce yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) kapsamında yapıların tasarımında kullanılan tasarım ivmeleri ile yeni deprem şartnamesine göre uygulanacak tasarım ivmelerini karşılaştırılması yapılmış ve Kapadokya bölgesi illerinin il merkezlerinde zemin koşullarına bağlı olarak tasarım ivmelerinin ne kadar artıp azaldığını belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda, herhangi bir salınım periyodu için, 2018 deprem yönetmeliğine göre tasarlanacak yapıların tasarımında kullanılacak tasarım ivmelerinin 2007 yönetmeliğine göre nasıl değiştiği ile ilgili bir örüntüye rastlanmamıştır. Sadece salınım periyotları büyüdükçe, yeni deprem şartnamesine göre kullanılacak olan tasarım ivmelerinin, eski yönetmelik değerlerine oranının azaldığı görülmüştür. Böylelikle, salınım periyotları daha yüksek olan yapıların tasarımında kullanılacak tasarım ivmelerinin eski yönetmelik değerlerine oranı, düşük salınım periyotlara sahip yapıların tasarım ivmeleri oranlarına göre daha düşük olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Zemin Sınıfları, Tasarım İvme Spektrumları, Zemin Büyütmesi

The Comparison of Design Acceleration Values of Turkish Earthquake Codes of 2007 and 2018, With Respect to Soil Classes and for Different Cities Cappadocian Case

Abstract

The Turkish Earthquake Code (TEC-2018) introduced new important approaches in modeling the soil parameters and the soil-structure interaction modeling become more realistic. Especially the introduction of ground amplification factors, made the Earthquake Code more aligned with the

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bina Bilgisi Anabilim Dalı, Niğde e-posta/e-mail: karaca26@hotmail.com ORCID No: 0000-0003-3291-5822

* Makalenin özeti TURK-COSE2020 Kongresinde bildiri olarak sunulmuştur.

Bu makaleye atıf yapmak için- *To cite this article*

Karaca, H., (2021). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Kullanılarak Farklı Zeminlere Göre ve Farklı Kentler İçin Elde Edilen Tasarım İvmelerinin Karşılaştırılması, Kapadokya Örneği. *Afet ve Risk Dergisi*, 4(1), 42-52.

scientifically proven facts. Within this context, the design acceleration values of the new code and the values obtained by the old Turkish Earthquake Code of 2007 (TEC-2007) are compared for the city centers in Cappadocia region. The variation of design acceleration values with respect to the soil classes for each city center is monitored both for TEC-2007 and TEC-2018. In the end, it is observed that there isn't a recognizable pattern on how the new code is going to influence the design acceleration values at any specific period. The only observed trend is that, as the period increases the ratio of new design acceleration values to the old ones decrease. Hence, the ratios of design acceleration values are going to be smaller for the structures with higher period of vibration than those with the lower period of vibration.

Keywords: Turkish Earthquake Code, Soil Classes, Design Acceleration Spectrum, Ground Amplification, Earthquake

1. GİRİŞ

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) kapsamında detaylı zemin analizi sonucunda belirlenen tasarım ivme spektrumlarının, zeminin deprem ivmelerini artırıcı ya da azaltıcı etkilerini göz önüne almaması nedeniyle aslında gerçeğe yakın bir modelleme yapılmamakta iken yeni deprem şartnamesi ile bu eksiklik giderilmiştir. Özellikle 1999 İzmit depreminin, deprem merkez üssüne İstanbul'un bütün yerleşim yerlerinden daha uzakta olan Avcılar ilçesinde meydana getirdiği hasar zamanının deprem yönetmeliğine göre açıklanamamışken, zemin büyütme etkisi ile açıklanmıştı (Tezcan vd., 2002). Zeminin büyütme etkisi uzun zamandır bilinmekte olduğu halde (Anastasiadis ve Riga, 2013; ve referansları) ilk olarak NEHRP-1997 kapsamında değerlendirilmiş, bilimsel verilere göre (Borchert, 1994) yeniden tanımlanan zemin sınıflarının büyütme ve küçültme etkisi sayısallaştırılmıştır. Bu bilgilerin; tasarım bağlamında değerlendirilmesi, verilerin doğrulanması ve genelde kabulü sonrasında (Eurocode-8, 2004; ICC, 2012) kendisine ancak TBDY-2018 şartnamesinde yer bulabilmiştir.

Zemin büyütme ve küçültme katsayılarının zemin sınıflarına göre tanımlanarak tasarım ivmelerinin büyütülmesi ve küçültülmesi sonucunda yapılara TBDY-2018 kapsamında uygulanacak ivmelerin DBYBHY-2007'ye göre ne kadar değişeceği ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Tunç ve Tanfener, 2016; Fahjan, 2017; Koçer vd., 2018; Akansel vd., 2019; Kılıç vd., 2018; Nemutlu vd.,2020). Akansel vd. 2019'da bütün il merkezleri için hesaplanan ivme değerlerinin 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre nasıl değiştiği irdelenmiş ve çalışmanın sonucunda bu değerlerin sismik tehlike haritasındaki değişiklikler ve zemin etkilerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır. Nemutlu vd, 2020 Bingöl ve Elazığ il merkezleri için tasarım ivme değerlerinin nasıl değiştiğini incelemiş ve bu inceleme sonunda değerlerin sismik tehlike haritası verilerine ve zeminlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği vurgulanmıştır.

Diğer çalışmalarda da (Nemutlu vd., 2018, 2019; Azimi vd., 2019; Karaca, 2021) zemin sınıflarının yapı maliyetine ve diğer yapısal göstergelere nasıl etki ettiği çalışılmış ve bu çalışmalarda da zemin parametrelerinin değişken tasarım ivmelerine neden olduğu ve yapısal etkilerinin de aynı derecede değişken olduğu gösterilmiştir. Özellikle Karaca, 2021 tarafından gerçekleştirilen çalışma da zemin sınıflarının etkileri detaylı olarak incelenmiş ve özellikle zayıf zeminlerde tasarlanacak yapıların maliyet açısından olumsuz etkileneceği ve yapı yüksekliği arttıkça da maliyetin çok daha fazla artma eğiliminde olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmada da zemin etkisinin yapı tasarımına etkilerini irdelemek amacıyla, Niğde, Aksaray, Kayseri ve Nevşehir İl Merkezlerinde farklı zemin koşullarında tasarlanacak yapıların tasarım ivmelerindeki artış ve azalış irdelenmiş ve yeni zemin yaklaşımının yapı tasarımına ve genelde de imar çalışmalarına potansiyel etkisi araştırılmıştır. 2007 deprem yönetmeliğinde alana göre elde

edilen etkin yer ivme katsayısı ve zemin sınıfları kullanılarak elde edilen tasarım ivme değerleri ile 2018 deprem yönetmeliğine göre elde edilen harita spektral ivme katsayısı ve yerel zemin etki katsayıları kullanılarak elde edilen tasarım ivme değerleri karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonunda, her bir il merkezi için sismik tehlike bakımından değerlendirildiğinde artış ya da azalma olduğu, zemin sınıflarına göre değerlendirildiğinde ise özellikle ZE sınıfı zeminlerde yapıya etki eden ivme miktarlarındaki çok büyük artışların olduğu, aynı durumun ZA sınıfı zeminler için tersinin geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Sismik tehlikedeki artış ya da azalmadan bağımsız olarak değerlendirildiğinde, özellikle zayıf zeminlerde tasarlanacak yapıların çok daha fazla yüke maruz kalacağı ve bu nedenle de sadece yapıların tasarımında değil şehirleşme açısından değerlendirildiğinde de zayıf zeminli alanların yapılaşma için daha az tercih edileceği çıkarımı yapılırsa yanlış olmaz.

2. VERİLER

2.1. *TBDY-2019 ve DBYBHY-2007 Kapsamında Zemin Sınıfları*

DBYBHY-2007 kapsamında tanımlanan zemin sınıfları aslında TBDY-2018 kapsamında tanımlanan zemin sınıflarına göre detaylı ve kapsamlı çalışma gerektirmektedir. Her zemin grubu için alt gruplar tanımlanmış, her bir alt grubu için de standart penetrasyon, relatif sıklık, serbest basınç direnci ve kayma dalgası hızı mümkün olduğu durumlarda verilmiştir. Kayma dalgası hızı bütün zemin grupları ve alt grupları için tanımlanmıştır.

Kayma dalgası hızlarının hem zemin grupları hem de alt gruplar için örtüştüğü ve zemin sınıflarının sadece kayma dalgası hızına göre tanımlanmasının da mümkün olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda, kayma dalgasının bütün zemin grupları ve alt grupları için tanımlanabildiği de gözden kaçırılmamalıdır. Standart penetrasyon deneyi, relatif sıklık deneyi ve serbest basınç direncinin bütün zemin grupları ve alt grupları için tanımlanamadığı da gözden kaçırılmamalıdır.

Zemin gruplarının zemin çalışmaları sonrası belirlenmesi sonrasında bile zemin sınıflarının belirlenmesi için ayrıca bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Tablo 2'de dört adet tanımlanan zemin sınıflarının en üst zemin tabakasının kalınlığına göre tekrar değerlendirilmesi sonrası belirlenebileceği görülmektedir. Belirlenmesi için, bu derece kapsamlı değerlendirme gerektiren zemin sınıflarının neden büyütme ve küçültme etkilerini göz önüne almadan değerlendirildiği başka bir çalışmanın konusu olmakla birlikte, düşünülmesi gereken bir durumdur.

TBDY-2018 kapsamında tamamıyla yenilenen zemin tanımları Tablo-3'te gösterilmektedir. Tabloda en üst 30 m'lik tabakanın ortalama kayma dalgası hızının, V_{s30} , daha öncelikli bir konuma geldiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, Tablo 2'de ki zemin grupları arasındaki örtüşme tamamıyla ortadan kaldırılmış ve net aralıklarla zemin sınıfları tanımlanmıştır. Tablo 3'e göre aslında sadece V_{s30} kullanarak zeminlerin sınıflandırılması mümkün görünürken, standart penetrasyon testi ve serbest basınç direnci değerleri de zemin sınıflarının kesin olarak tanımlanması için kullanılmaktadır. Her iki deprem şartnamesine göre tanımlanan zemin parametreleri ve zemin sınıfları incelendiğinde TBDY-2019 şartnamesinde çok büyük bir sadeleşme olduğu ve sadeleşme ile birlikte de zemin büyütme ve küçültme sınıflarının da tanımlanmasının aslında birçok çalışma sonucunda elde edilen bilgilerin sonucunda elde edildiği de anlaşılmaktadır.

Tablo 1. DBYBHY-2007 Kapsamında Tanımlanan Zemin Grupları ve Grupların Belirlenmesi için Gerekli Deneyler (DBYBHY-2007 Tablo 6.1)

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (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	-	-	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100	-	>700
	3. Sert kil ve siltli kil	>32	-	>400	>700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	-	-	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30-50	65-85	-	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	-	-	<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10-30	35-65	-	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8-16	-	100-200	200-300
(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

Tablo 2. DBYBHY-2007 Kapsamında Zemin Gruplarına Göre Tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları (DBYBHY-2007 Tablo 6.2.)

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	(A) grubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h1 > 15 m olan (B) grubu zeminler h1 ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h1 ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler h1 ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h1 > 50 m olan (C) grubu zeminler h1 > 10 m olan (D) grubu zeminler

Tablo 3. TBDY-2018 Kapsamında Tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018 Tablo 16.1.)

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
ZF	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.			

2.2. TBDY-2019 ve Yeni Zemin Parametreleri

Yeni yönetmelikle birlikte yapı tasarımına esas olmak üzere kullanılacak olan yatay tasarım spektrum ivme değerleri, yeni sismik tehlike haritasında elde edilecek olan harita spektral ivme katsayıları, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s ve uzun periyot harita spektral ivme katsayısı S_l , ile kısa ve uzun periyot bölgeleri için geliştirilen yerel zemin etki katsayılarının, F_s ve F_l , çarpımından elde edilecektir.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (1)$$

$$S_{DI} = S_l F_l \quad (2)$$

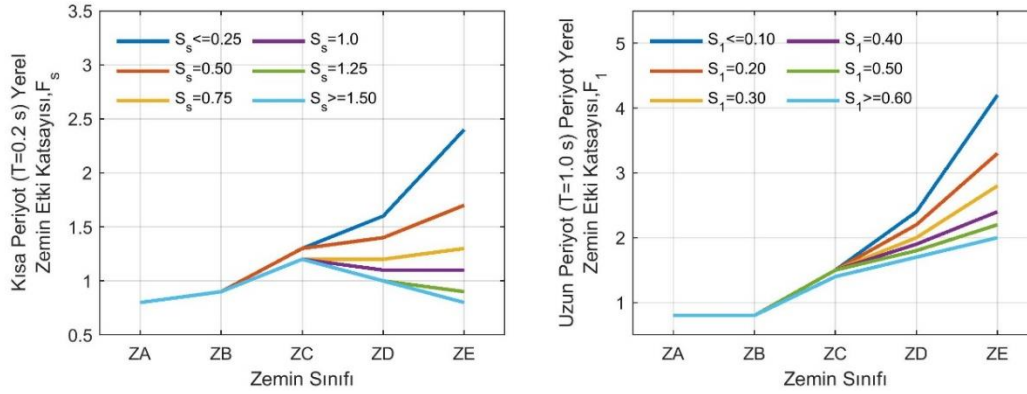
Yerel zemin etki katsayıları, yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanmış olup, Tablo 4 ve 5'te verilen değerlerden ve Şekil 1'den de değerlerin zemin gruplarına ve harita spektral katsayılarına göre nasıl değiştiği izlenebilir. Şekilden de izlenebileceği üzere, en sağlam zemin ZA olmak üzere, ZE zemin sınıfına kadar tanımlı olan katsayıların değişimi incelendiğinde, özellikle zeminlerin zayıf olması, o zemin üzerinde yapılması planlanan herhangi bir yapıya etkilettirilecek yüklerin, kısa periyot için bazı durumlarda en az 2.4'e varan ve uzun periyotlarda da 4.2'lere varan oranlarda artırılacağı anlaşılmaktadır. Her iki katsayı içinde, ZA ve ZB zeminlerinde katsayı 1 değerinin altına düşmekle birlikte zeminler zayıfladıkça katsayılar 1 değerinin üzerine çıkmaktadır.

Tablo 4. Kısa Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı (TBDY-2018 Tablo 2.1)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

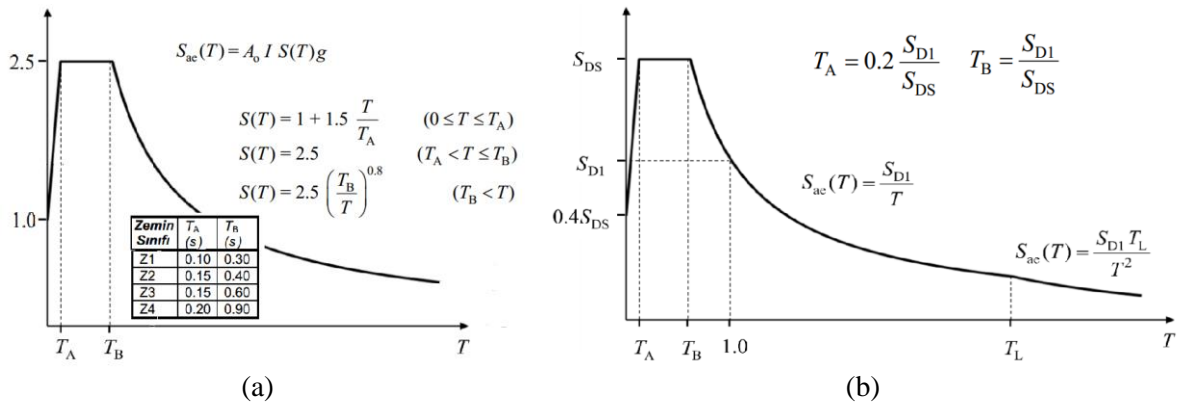
Tablo 5. 1.0 s Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı (TBDY-2018 Tablo 2.1)

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



Şekil 1. Kısa Periyot (T=0.2 s) ve Uzun Periyot (T=1.0 s) için Yerel Zemin Etki Katsayılarının Zemin Gruplarına Göre Değişimi (Karaca, 2020)

Denklem 1 ve 2 ile Şekil 2.b den de görüleceği üzere, TBDY-2018'e göre, yapı tasarımında en önemli girdilerden olan yatay elastik spektrum ivme değeri, sismik tehlike haritasından elde edilen verilerin, zemin büyütme parametreleri ile direkt çarpımında elde edilmektedir. Zemin etkisinin direkt olarak yapı tasarımına etki edeceği ve aynı bölgede hatta mahallelerdeki farklı zemin koşullarının yapıların boyutlandırılmasında ne kadar önemli rol oynayacağı açıktır. Özellikle Şekil 1'de zemin gruplarına göre değişimleri gösterilen yerel zemin etki katsayıları, kısa periyot yere zemin etki katsayısı, F_s ve uzun periyot yerele zemin etki katsayısı, F_1 , değerlerinin farklı zemin koşullarındaki değişimi izlenirse, bu etkinin boyutları ile ilgili olarak da bir ön fikir edinilmiş olur.



Şekil 2. DBYBHY-2007'ye göre (a) ve TBDY-2018'e Göre (b) Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumları

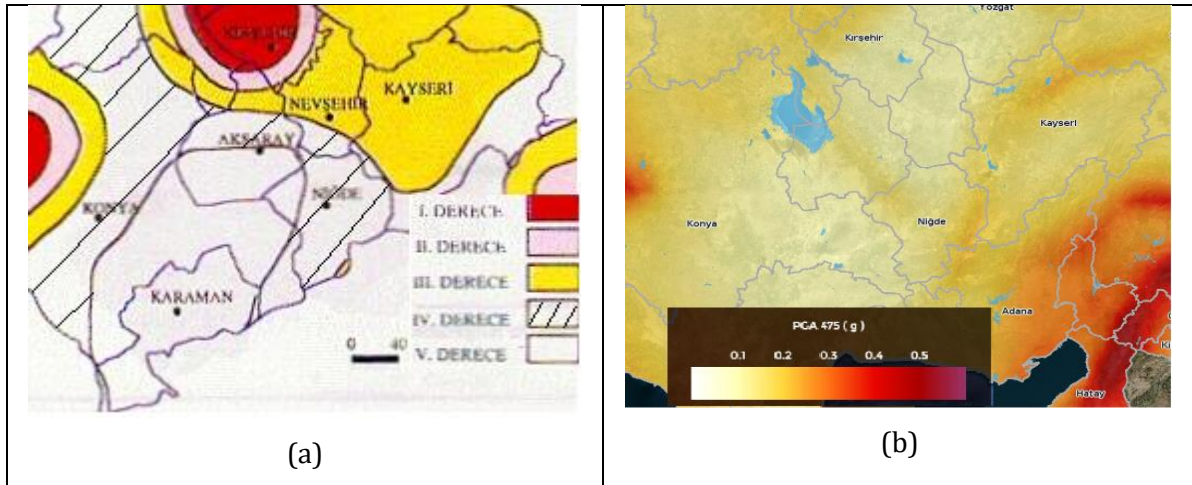
2007 deprem yönetmeliğine göre tasarım ivmelerinin elde edilmesi için kullanılan etkin yer ivmesi katsayısı, A_0 , değerleri 0 ile 0.4 arasında değişmekte olup, deprem tehlikesinin en yüksek

olduğu I. Derece bölgelerinde en yüksek değeri almakta ve deprem tehlikesinin bulunmadığı V. Derece deprem bölgelerinde 0 değerini almaktadır. Her iki tasarım ivme eğrileri incelenirse, en büyük yer ivmesi ile en yüksek spektral ivme oranlarının aynı olduğu görülebilir.

2.3. Kapadokya ve Çevresi Sismik Tehlike

Çalışmaya konu olan Kapadokya bölgesi göreceli olarak daha az sismik tehlikeye maruz kalan bir alan olmakla beraber, yer yer hemen sınırlarında bulunan Tuz gölü fay hattı ile Doğu Anadolu Fay Kuşağının ürettiği depremlere maruz kalmaktadır. Aksaray ve Niğde şehir merkezlerine çok yakın bölgelerden geçen Tuz Gölü fay hattı 20.09.2020 tarihli 5.1 büyüklüğündeki Niğde depremi ile yeniden gündeme gelmiş hareketli bir fay hattıdır. Bu dört Kapadokya şehrinde Nevşehir göreceli olarak daha az sismik tehlikeye maruz kalmıştır.

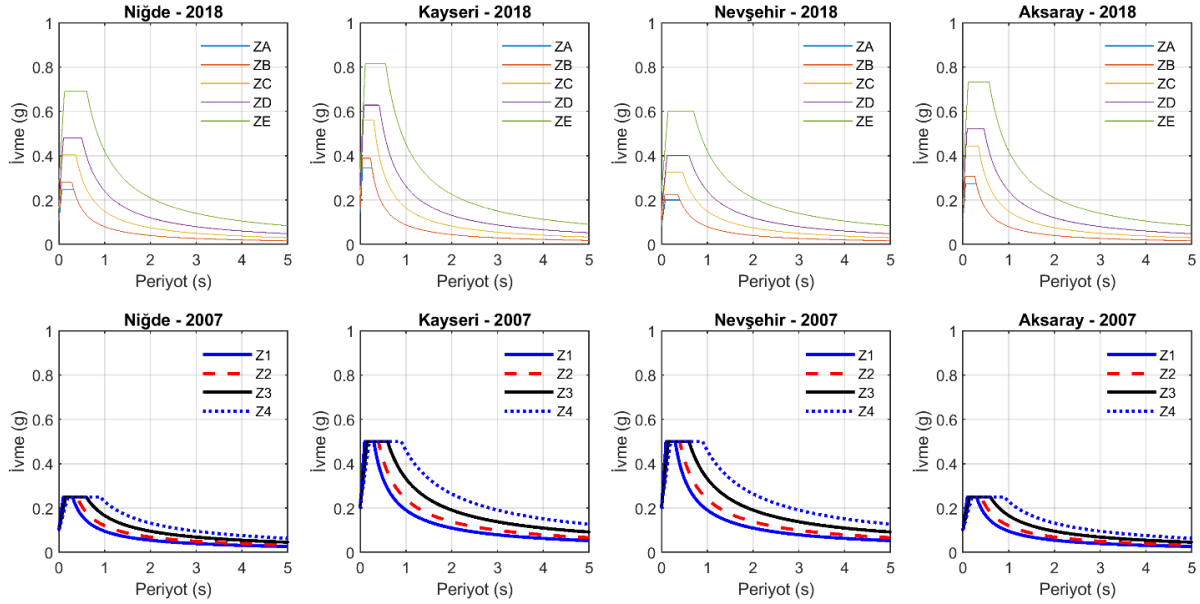
Şekil 3.b.'den de izlenebileceği üzere, deprensellik güneybatıda Adana ili ve yakın çevresinde yoğunlaşmış olup, Kapadokya sınırları içerisinde de yer yer hareketlilik görülmektedir. AFAD tarafından TBDY-2018 kapsamında kullanılan Türkiye Sismik Tehlike haritasının verileri kullanarak, Şekil 4'te verilen ivme tasarım spektrumları elde edilmiştir. Niğde, Kayseri, Nevşehir ve Aksaray için elde edilen tasarım ivme spektrumları, ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE sınıfları için ayrı ayrı hesaplanmış ve şekilde her bir il merkezi için gösterilmiştir. Buna göre Aksaray ve Niğde şehir merkezlerindeki tasarım ivme spektrum değerleri birbirine yakınken, özellikle Kayseri şehir merkezinde daha yüksek tasarım ivmesi gözlemlenmiş, Nevşehir il merkezinin ise çok daha düşük bir sismik tehlikeye maruz kaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 3. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Deprem Kullanılarak Geliştirilen Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A0, Haritası (a), 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Deprem Kullanılarak Geliştirilen En Büyük Yer İvmesi, PGA Değerlerinin Gösterir TBDY-2018 Sismik Tehlike Haritası (b), ($M_w > 4.0$ Kandilli Rasathanesi, 2020, Faylar, Maden Tetkik Arama, 2018)

Aynı şekil, 2007 şartnamesine göre hesaplanan tasarım ivme spektrumlarını da göstermektedir. Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları için hesaplanan tasarım spektrum ivme değerlerinin maksimum değerleri aynı olup, herhangi bir büyütme veya küçültme söz konusu değildir. Ancak aynı şekilde TBDY-2018'e göre değişen zemin sınıfları maksimum tasarım ivme değerlerini etkilemiş ve en büyük tasarım ivme değerlerinin ZE sınıfı için çok daha büyük olarak hesaplanmıştır. ZE zemin sınıfına göre tasarlanacak bir yapının ZA zemin sınıfına göre tasarlanacak bir yapıya göre en az 2.5 kat daha fazla tasarım ivmesine göre tasarlanması gerektiği açıktır.

Şekil 4'te TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'ye göre elde edilen tasarım spektrum eğrilerinin karşılaştırılması için ZA ve ZE zeminleri ile Z1 ve Z4 zemin sınıflarına ait eğriler oranlanmıştır. Ara zemin sınıflarının hangisinin hangi zemin sınıfı ile eşleştiğini söylemek tam olarak mümkün değildir. Ancak şurası da bir gerçektir ki ara zemin grupları için elde edilecek oranlar büyük olasılıkla ZA/Z1 ve ZE/Z4 oranları arasında kalacaktır. Dolayısıyla 2007 şartnamesine göre hangi zemin sınıfının 2018 şartnamesine göre hangi zemin sınıfı ile eşleştiğini belirlemeye gerek olmadan, tasarım ivmelerinde ki değişim izlenebilir.



Şekil 4. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e Göre Niğde, Kayseri, Nevşehir ve Aksaray il Merkezleri için Hesaplanan Tasarım Spektrum Eğrileri

Şekilden izlemenin zor olduğu değerleri karşılaştırma amaçlı olarak Tablo 6'da sunulan veriler hazırlanmıştır. Bu veriler 2007 Deprem Yönetmeliğine göre en güçlü zemin grubu olan Z1 ve 2018 Deprem Yönetmeliğine göre karşılığı olan ZA ve en zayıf zemin grupları olan Z4 ve ZE zeminlerine göre 0.2 s spektral periyot için elde edilen tasarım ivme değerleridir. Değerlerin aynı zamanda en büyük tasarım ivmelerine denk geldiğini belirtmek gerekir. Böylelikle tablo verilerini inceleyip en büyük tasarım ivme değerlerinin çalışmaya konu il merkezlerinde nasıl değiştiği izlenebilir.

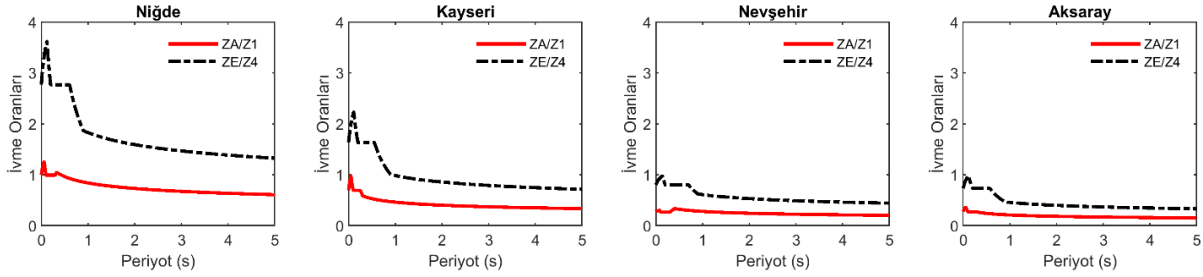
Tablo 6. Çalışmaya Konu İl Merkezlerinde 2007 ve 2018 Tasarım İvme Değerlerinin Z1/ZA ve Z4/ZE zeminleri için Değişimi (Spektral Periyot $t=0.2$ s)

İl	Enlem	Boylam	2007		2018	
			Zemin	$S_{ae}(0.2)(g)^*$	Zemin	$S_{ds}(0.2)(g)$
Niğde	37.97	34.68	Z1	0.250	ZA	0.248
			Z4	0.250	ZE	0.692
Kayseri	38.72	35.48	Z1	0.500	ZA	0.346
			Z4	0.500	ZE	0.817
Nevşehir	38.69	34.69	Z1	0.500	ZA	0.200
			Z4	0.500	ZE	0.600
Aksaray	38.23	33.98	Z1	0.250	ZA	0.274
			Z4	0.250	ZE	0.733

I değeri 1,0 olarak kabul edilmiştir.

Şekil 5, her bir il merkezi için elde edilen bu oranları göstermektedir. Özellikle düşük periyotlarda ZE/Z4 değerlerinin sismik tehlikenin azalmasına rağmen yüksek seyrettiği açıktır. Özellikle Niğde

ve Kayseri şehir merkezlerinde sismik tehlikenin de çok fazla azalmadığı ve bunun etkisiyle ZE/Z4 değerlerinin düşük periyotlarda neredeyse Niğde için 3.62 ve Kayseri için de 2.23 civarında olduğu vurgulanmalıdır.



Şekil 5. ZA/Z1 ve ZE/Z4 Tasarım İvme Oranları

Ayrıca, Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere, en yüksek yer ivmesi ile spektral periyot 0.2 s'deki oranların aynı olacağı ancak belirli periyotların üzerindeki değerlerin oranlarının farklılaşacağı düşünülerek, PGA, SA (T=0.2 s) ve SA (T=1.0 s) için hesaplanan tasarım ivme değerleri oranları elde edilmiştir. Tablo 7'de listelenen verilere göre bütün şehir merkezlerinde ZA zemin sınıfına ait zeminlerde tasarlanacak olan yapılar, eski şartnameye göre daha küçük tasarım ivmelerine maruz kalacaktır. Ancak ZE zeminli alanlarda tasarlanacak yapılar için ise aynı şey söylenemez. Özellikle Niğde şehir merkezinde ZE zemin sınıfına ait zeminlerde çok daha fazla tasarım ivmeleri ile karşılaşılacaktır. Aksaray ve Nevşehir şehir merkezlerinde ise tasarım ivme değerlerinin eski yönetmelik değerlerine göre daha küçük olduğu anlaşılmakta olup, bu şehir merkezlerinde tasarlanacak yapıların çok daha az yüklerle maruz kalacağı da anlaşılmıştır.

Tablo 7. ZA ve Z1 ile ZE ve Z4 zemin sınıfları Kullanılarak Niğde, Kayseri, Nevşehir ve Aksaray Şehir Merkezleri için Elde Edilen PGA, SA (T=0.2 s) ve SA (T=1.0 s) Değerlerinin Karşılaştırılması

		Niğde	Kayseri	Nevşehir	Aksaray
PGA, SA (T=0.2s)	ZA/Z1	0.992	0.691	0.267	0.274
	ZE/Z4	2.767	1.633	0.800	0.733
SA (T=1.0s)	ZA/Z1	0.838	0.461	0.280	0.210
	ZE/Z4	1.828	0.984	0.609	0.457

3. SONUÇ

Çalışmanın sonucunda ulaşılan sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

1. TBDY-2018 kapsamında yenilenen zemin sınıflarının tasarım ivme değerlerini belirgin derecede değiştirdiği, bazı yerleşim yerlerinde gözlemlenen sismik tehlikedeki azalmalara rağmen etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonucun özellikle düşük periyotlar da çok daha fazla belirgin olması, zayıf zeminlerde tasarlanacak olan düşük periyotlu yapıların çok daha fazla etkileneceği anlamına geldiği, aslında zayıf zeminlerde periyotları yüksek olan yüksek katlı yapıların daha az etkileneceği açıktır.
2. Ayrıca güçlü zeminlerde, sismik tehlikenin arttığı yerleşim yerlerinde bile, tasarım ivmelerinin azaldığı, yüksek periyotlar da bu azalmanın çok daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Sismik tehlikenin arttığı Niğde İl merkezinde bile, yüksek periyotlarda tasarım ivmelerinde azalma olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla, güçlü zeminlerde tasarlanacak olan yapıların göreceli olarak çok daha az deprem yüklerine göre

tasarlanacağı açıktır. Böyle bir durumda, TBDY-2018'de tanımlanan zemin sınıflarının sadece yapıların boyutları, ekonomisi değil, şehirleşme açısından da fark yaratacağı anlaşılmaktadır.

3. Daha zayıf zeminlerde yapılara etkiyen yükler doğrultusunda, yapıların daha sağlıklı tasarlanmasını sağlamak olan yeni yönetmelik bu bağlamda hedefine ulaşmış, zayıf zeminli alanlarda yapı tasarlanırken daha dikkatli olunması gerektiği vurgulanmıştır. Karar vericiler ve yöneticiler açısından düşünüldüğünde de özellikle 1999 İzmit depreminde yaşanan Avcılar deneyiminden sonra, zayıf zeminlerde yapılaşmanın sorunları da beraberinde getireceği düşünülerek, zayıf zeminlerde yapılaşmanın daha zorlaştırıldığı anlaşılmaktadır. Bir başka deyişle, amacı, zayıf zeminlerde yapıların maruz kaldığı büyük deprem yüklemelerini doğru modellemek olan bu yaklaşım, özellikle şehirleşmesinin zayıf zeminler üzerinden sürdüren birçok kentimizin yeniden şekillenmesi için belki de başat bir rol oynayacaktır. Böylelikle, asıl amacı, özellikle İzmit Depremi nedeniyle İstanbul, Avcılarda meydana gelen hasarların o zaman geçerli olan deprem yönetmeliği kapsamında öngörülemediği olması nedeniyle oluşan boşluğun doldurulması ve daha gerçekçi deprem modellemesi olan, bu yaklaşım, aynı zamanda imar planlarını etkileme potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

Akansel, V.H., Soysal, B.F., Kadaş, K., Gülkan, P., (2019) *An evaluation of the 2019 seismic hazard map of Turkey on the basis of spectrum intensity*, 5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, October 8-11, Ankara, Turkey

Anastasiadis, A., Riga, E., (2013). Site Classification and Spectral Amplification for Seismic Code Provisions. in Vol. 28 of *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, , pp. 23-72.

Azimi, P., Gazi H., Alhan C. (2019) Zemin Büyütme Katsayılarının Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sismik Performans Potansiyeline ve Maliyetine Etkileri, *Teknik Dergi*, 8803-8834

Borcherdt, R.D., (1994) Estimates of site-dependent response spectra for design (Methodology and Justification)", *Earthquake Spectra*, 10, 617-673

Çetin, K., Demir, A., Altıok, T.Y., (2020) 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yerel Zemin Sınıflarının Yapılardaki Burulma Düzensizliğine Etkisi, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 282-290

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007) , *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara

Eurocode 8: (2004) Design of structures for earthquake resistance, part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. *CEN (European Committee for Standardization) EN 1998-1:2004*, Brussels, Belgium

Fahjan, Y., (2017) Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2017) Tabanlı Tasarım Spektrumları, İMO İzmir Şubesi, İzmir

International Building Code (2012). *International Code Council, (ICC) Inc.* www.iccsafe.org/Pages/default.aspx

Karaca, H., (2020) Örneklerle TBDY 2019 Zemin Parametrelerinin Kullanılan Yapısal Malzeme Miktarına ve Çatı Katı Yanal Ötelenmesine Etkisi, *Politeknik Dergisi*, Erken Görünüm,

Kılıç, İ.E., Kutlu, Z., Özcan, O.E., (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Uyarınca Bir İnceleme Alanının Zemin Etüdü Açısından İncelenmesi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*. 10(1, 100-112

Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M.G., Arslan, M.H. (2018) Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre Karşılaştırılması, *Selçuk Teknik Dergisi*,17(2), 43-58

NEHRP (2001) *Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures*, Building Seismic Safety Council, USA

Nemutlu, Ö.F., Balun, B., Benli, A., Sarı, A., (2020) Bingöl ve Elazığ İlleri Özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi* 11(3), 1341-1356

Nemutlu, Ö.F., Sarı, A., (2019). *2018 Yeni Türk Deprem Yönetmeliği İle Amerikan Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması*, 5th International Conference Earthquake Engineering and Seismology., Ankara,Türkiye

Nemutlu, Ö.F., Sarı, A., (2018). *Comparison Of Turkish Earthquake Code in 2007 With Turkish Earthquake Code in 2018*, International Engineering and Natural Science Conference, Diyarbakır, pp. 14–25.

Tezcan, S., Kaya, E., Bal, E.I., Özdemir, Z. (2002) Seismic amplification at Avcılar, İstanbul, *Engineering Structures*, 24, 661–667

Tunç, G., Tanfener, T., (2016). *2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi*, 3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, Ankara

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) (2019) *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara, Türkiye

Ulutaş, H., (2019) DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 351-359