DÜMF Mühendislik Dergisi

web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Tasarım Spektral İvme Katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırması

Ali BOZER*
Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri
bozerali@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3632-2605

Geliş: 02.05.2019, Revizyon: 23.05.2019, Kabul Tarihi: 28.05.2019

Öz

Yapılara etkiyen deprem yüklerinin hesaplanmasında temel teşkil eden deprem tehlike haritaları, sismik tehlike hesapları ile ilgili yöntemlerindeki, deprem kaynaklarıyla ilgili veri tabanlarındaki ve yer hareketi tahmin denklemleri konularındaki gelişmeler neticesinde 1945 yılından günümüze kadar çeşitli değişikliklere uğramıştır. Bu gelişmelere paralel olarak güncellenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği uyarınca hesaplanan kısa periyot ve 1.0 sn periyot bölgelerindeki spektral değerler bir önceki Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada her iki yönetmeliğe ait hesap adımları ve 81 il merkezinde elde edilen spektral değerler detaylı olarak karşılaştırılmış, hesaplanan veriler Türkiye haritasında işlenerek görsel olarak sunulmuştur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan tasarım spektral değerleri özellikle zayıf zeminlerde, yürürlükte olmayan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre hesaplanan değerlere kıyasla birçok il merkezimizde artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Elastik Tasarım Spektrumu; Deprem Tehlike Haritası; TBDY 2018; DBYBHY 2007*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.559965

Giriş

Deprem tehlike haritaları, deprem kaynaklarıyla ilgili veri tabanlarındaki bilgilerin artması, sismik tehlike hesapları ve yer hareketi tahmin denklemleri konularındaki gelişmeler nedeniyle değişikliğe uğramaktadır. Türkiye'de deprem tehlike haritaları 1945, 1947, 1963, 1972, 1996 ve 2019 yıllarında yürürlüğe girmiştir. 1945 ve 1947 yıllarında yayımlanmış deprem tehlike haritaları, geçmiş yıllarda meydana gelmiş depremlerin yarattıkları hasara göre büyük hasara uğramış bölgeler, tehlikeli yer sarsıntısı bölgeleri ve deprem hasarı meydana gelmeyen bölgeler şeklinde üç bölgeye ayrılarak düzenlenmiştir (Özmen, 2012). 1963 ve 1972 yıllarında yayımlanmış deprem tehlike haritaları ise deprem katalogları, deprem dağılım haritaları, hissedilen maksimum şiddet haritaları ve sismotektonik haritaları temel alınarak deterministik yöntem ile hazırlanmıştır. 1963 yılında yayımlanmış deprem tehlike haritasında birinci derece deprem bölgeleri, ikinci derece deprem bölgeleri, üçüncü derece deprem bölgeleri ve tehlikesiz bölgeler olmak üzere dört bölge tanımlanmıştır. 1973 yılında ise 1963 yılında yayımlanmış deprem tehlike haritasına dördüncü derece deprem bölgesi eklenerek ülkemiz toplamda beş bölgeye ayrılmıştır (Özmen, 2012). 1973 yılı ve öncesindeki haritalarda deprem bölgeleri Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) şiddet cetveli esas alınarak belirlenmiştir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY, 2007) tanımlanmış olan elastik tasarım spektrumuna temel teşkil eden 1996 yılında yayımlanan deprem tehlike haritasında öncüllerinden farklı olarak sismik tehlike hesabı istatiksel yöntem (Cornell, 1968) ile belirlenmiştir. Bu yöntemde depremlerin tarihi, bölgenin jeolojik bilgileri ve sismik etkinliği deprem azalım ilişkileri ile birleştirerek olası bir sismik faaliyetin olasılık değeri hesaplanmaktadır (Gülkan vd., 1993). Haritanın hazırlanması sırasında 17 sismik kaynak bölgesi belirlenmiş ve kaynak bölgelerine ait sınırlar olasılıksal olarak tarif edilmiştir. Her bir kaynak için geçmişteki deprem verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve kaynak bölgelerde mühendislik yapılarını etkileyebilecek magnitüdlü deprem olma olasılıkları yer hareketi tahmin denklemleri ile belirlenmiştir. Olası bir depremin etkinliğinin odaktan uzaklaştıkça nasıl değişeceği deterministik azalım ilişkisi bağıntıları (Joyner ve Boore, 1981) ile hesaplanmıştır. Bu çalışmanın neticesinde 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan etkin yer ivmesi değeri aralıkları temel alınarak birinci deprem bölgeleri, ikinci derece deprem bölgeleri, üçüncü derece deprem bölgeleri, dördüncü derece deprem bölgeleri ve beşinci derece deprem bölgeleri olmak üzere deprem tehlike haritası beş bölgeye ayrılmıştır.

1996 yılında yayımlanan deprem tehlike haritasının oluşturulmasında kullanılan sismik tehlike hesabına ilişkin modellerde, deprem veri tabanındaki eksiklikler, deprem kaynaklarının coğrafi sınırlarındaki belirsizlikler ve yeterli yerel veri bulunmaması sebebiyle batı ABD ölçümlerinden elde edilmiş azalım ilişkisi kullanılması neticesinde ortaya çıkan hatalar ise ihmal edilmiştir (Gülkan vd., 1993). 1996 yılından günümüze kadar olan süreçte sismik tehlike hesapları ile ilgili yöntemlerde, deprem kaynaklarıyla ilgili veri tabanlarında, deprem katalogları ve yer hareketi tahmin denklemleri konularında pek çok çalışma yapılmıştır. Bu gelişmeler neticesinde Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) kapsamında desteklenen, "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı proje (Akkar vd., 2014) ile deprem tehlike haritası güncellenerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) ile birlikte 2019 yılında yürürlüğe girmiştir.

2019 yılında yürürlüğe giren deprem tehlike haritasının oluşturulmasına temel teşkil eden alan kaynakların belirlenmesi çalışmalarında, oluşturulan aktif fay veri tabanı (Emre vd., 2013) bilgileri ve deprem kataloğu (Kalafat vd., 2011) dikkate alınarak 105 adet alan deprem kaynağı

belirlenmiştir. Bu alan kaynaklara ait en büyük deprem büyüklükleri aletsel ve tarihsel deprem kataloglarının istatistiki olarak incelenmesi sonrası belirlenmiştir. Benzer sismotektonik yapıya sahip Türkiye, Yunanistan, İtalya ve Kaliforniya yer hareketi veri tabanlarını derleyerek büyük bir kuvvetli yer hareketi veri tabanı oluşturmuş ve bu veri tabanını en iyi temsil kabiliyetine sahip 4 yer hareketi tahmin denklemi farklı ağırlıklar verilerek olasılıksal sismik tehlike hesaplarında kullanılmıştır (Akkar vd., 2014). Bu çalışma neticesinde 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50 ve %68 olan yer hareketleri için deprem tehlike haritaları üretilmiştir. Bu yeni haritalarda en büyük yer ivmesi, en büyük yer hızı, kısa periyot ve 1.0 sn periyotlarında %5 sönüme sahip spektral ivmeler cinsinden yer hareketi parametreleri coğrafi koordinatlarda elde edilerek deprem bölgesi kavramı ortadan kaldırılmıştır.

Literatürde DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) yönetmeliklerinin karşılaştırmasını içeren bir dizi çalışma bulunmaktadır. DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) yönetmeliklerini; Erdem ve Bikçe (2017) maksimum azaltılmış göreli kat ötelenmeleri açısından, Tunç ve Tanfener (2016) tasarımsal benzerlikleri ve farklılıkları açısından, Demir ve Kayhan (2017) maksimum ötelenme talepleri açısından, Öztürk vd. (2017) kolonlardaki etkin kesit rijitlikleri açısından, Aydın ve Günaydın (2017) çelik yapıların tasarımı açısından karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada DBYBHY (2007) ile TBDY (2018)'e göre tanımlanan %5 sönüme sahip elastik tasarım spektrumlarının kısa periyot ve 1.0 sn periyot bölgelerindeki spektral değerlerinin hesaplanması ve karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaç ile TBDY (2018)'de ZA ve ZE yerel zemin sınıfları; DBYBHY (2007)'de Z1 ve Z4 yerel zemin sınıfları dikkate alınarak 81 il merkezinde spektral değerler ilgili bölümlerde açıklandığı üzere her iki yönetmelik şartlarına göre hesaplanmıştır.

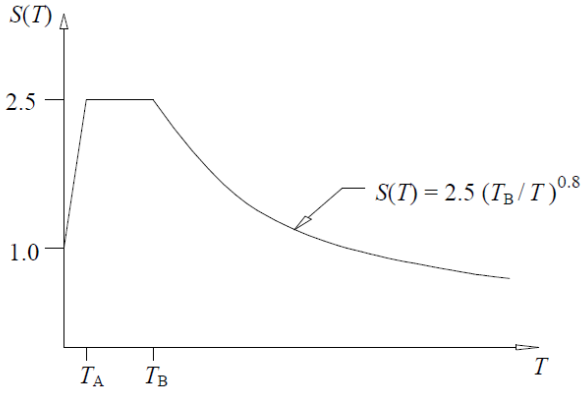
DBYBHY (2007) Elastik Tasarım Spektrumu

DBYBHY (2007)'de tasarıma esas teşkil eden elastik ivme spektrumu Şekil 1.'de verilen bina doğal titreşim periyoduna bağlı spektrum katsayılarının deprem bölgelerine göre belirlenen etkin yer ivmesi katsayısı ile çarpımından elde edilmektedir. Yönetmelikte belirtilen deprem bölgeleri, 18.04.1996 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda belirtilen deprem bölgeleridir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan etkin yer ivmesi değerleri birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgeleri için sırasıyla 0.4g, 0.3g, 0.2g ve 0.1g olarak belirlenmiştir. Spektrum karakteristik periyotları TA ve TB yerel zemin sınıfına göre Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY, 2007 Tablo 2.4)

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

Yerel zemin sınıfları DBYBHY (2007) Tablo 6.1'de tanımlanmış zemin gurubu ve en üst zemin tabakası kalınlığına göre belirlenmektedir. Zemin grupları standart penetrasyon darbe sayısı (N/30), relatif sıkılık, serbest basınç direnci ve kayma dalgası hızı değerleri dikkate alınarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1.DBYBHY (2007) spektrum katsayıları

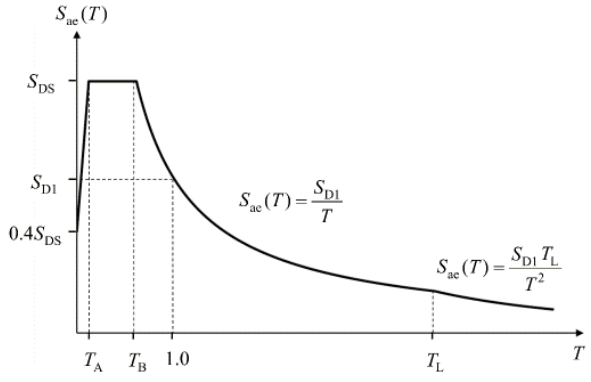
TBDY (2018) Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY (2018)'de tasarıma esas teşkil eden elastik ivme spektrumu Şekil 2.'de verilmiştir. Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı S_{D1} değerleri Denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$S_{DS} = S_S F_S$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (1)$$

Burada S_S ve S_1, 22.01.2018 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanan kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ve 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısını ifade etmektedir. Harita spektral ivme katsayıları 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50 ve %68 olan yer hareketleri için ayrı ayrı elde edilebilmektedir. Denklem 1'de görüleceği üzere Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından okunana spektral değerler Şekil 3.'de verilen yerel zemin eki katsayıları ile çarpılarak tasarım spektral ivme katsayıları elde edilmektedir. Spektrum köşe periyotları DBYBHY (2007)'de olduğu gibi zemin gurubuna bağlı olarak sabit değil $T_B = S_{D1}/S_{DS}$, $T_A = 0.2\ T_B$ eşitlikleri ile belirlenmektedir.



Şekil 2.TBDY (2018) tasarım ivme spektrumu

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \le 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \ge 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* (**Bkz.16.5**).					

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

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

Şekil 3.TBDY (2018) yerel zemin etki katsayıları

TBDY (2018)'de yerel zemin etki katsayıları yerel zemin sınıflarına bağlı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3). Yerel zemin sınıfı tanımları ve değerlendirme parametreleri DBYBHY (2007)'den farklılık arz etmektedir. Yerel zemin sınıfları, üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı, standart penetrasyon darbe sayısı (N/60) ve ortalama drenajsız kayma dayanımı değerleri dikkate alınarak belirlenmektedir.

İllere Göre Tasarım İvme Spektral Değerleri

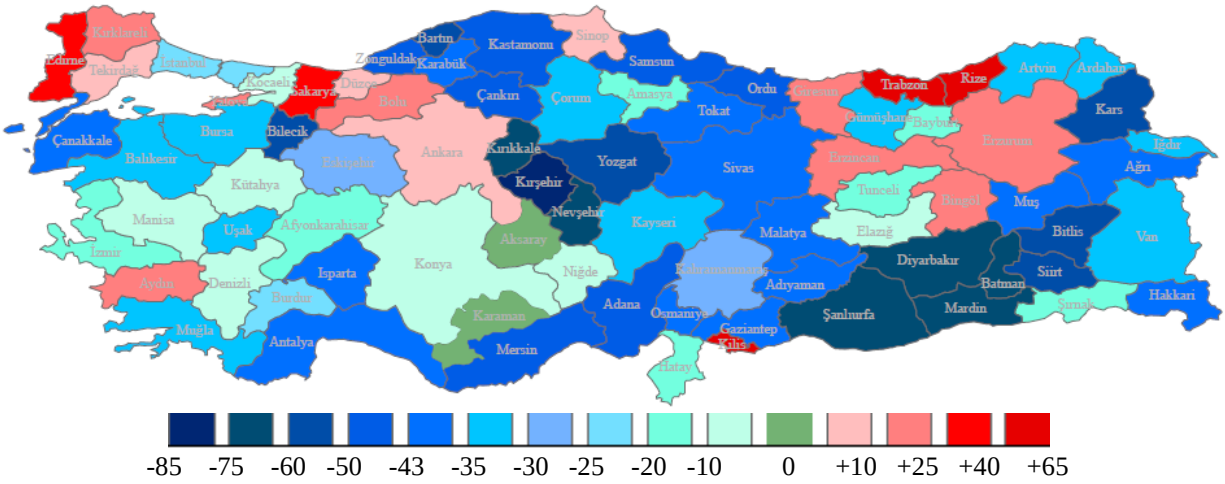
Bu çalışmada ülkemizdeki 81 il merkezi dikkate alınarak, TBDY (2018) ve DBYBHY (2007)'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı S_{D1} değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. TBDY (2018)'de verilen yerel zemin sınıfı tanımları ve değerlendirme parametreleri DBYBHY (2007)'den farklılık arz etmektedir. Dolayısıyla herhangi bir coğrafi koordinat noktasındaki zemin sınıfını TBDY (2018) ve DBYBHY (2007)'ye göre belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmalarının yapılması gereklidir. Bu çalışmada 81 il kapsamında zemin araştırması yapılmadığından spektral değerler en sert zemin ve en yumuşak zemin koşulları için hesaplanmıştır. Bu bağlamda TBDY (2018)'de ZA ve ZE yerel zemin sınıfları; DBYBHY

(2007)'de Z1 ve Z4 yerel zemin sınıfları dikkate alınmıştır.

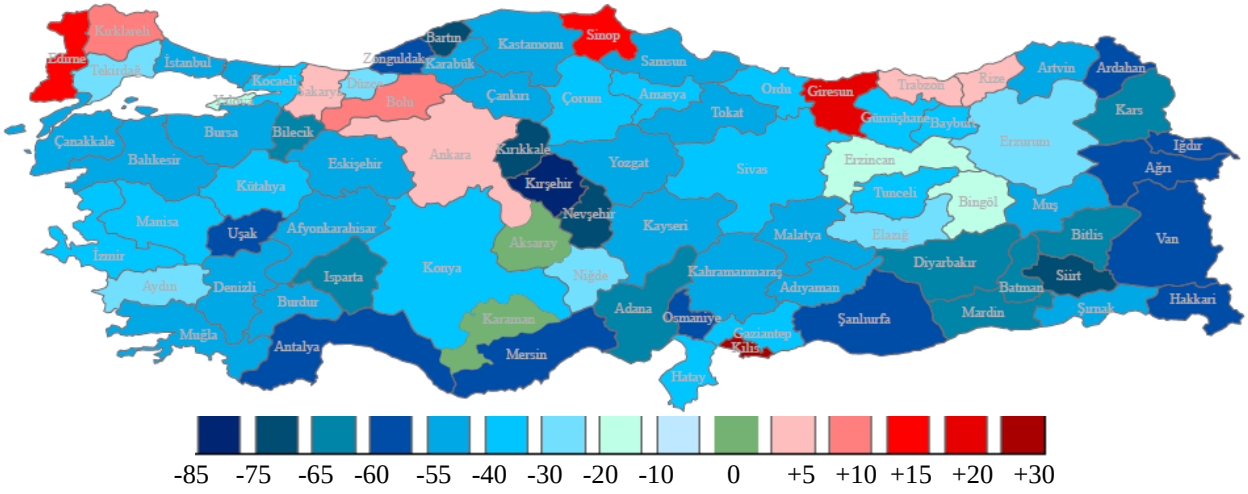
İl merkezlerindeki coğrafi koordinatlar, TBDY (2018) ve DBYBHY (2007)'ye göre hesaplanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değerleri ve bu değerlerdeki değişim yüzdesi; sert zeminler (ZA, Z1 yerel zemin sınıfı) için Tablo 2'de, yumuşak zeminler için (ZE, Z4 yerel zemin sınıfı) Tablo 3'de verilmiştir. Yer darlığından dolayı Tablo 2 ve Tablo 3'de sadece spektral değerlerinde artış olan iller gösterilmiştir. Ayrıca hesaplanan değişim yüzdeleri Türkiye haritasında işlenerek Şekil 4-Şekil 7'de görsel olarak sunulmuştur.

Tablo 2. ZA (TBDY, 2018), Z1 (DBYBHY, 2007) Yerel Zemin Sınıfı için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi

İL			DBYBHY 2008		TBDY 2018		Değişim (%)	
	Enlem	Boylam	SDS (g)	SD1 (g)	SDS (g)	SD1 (g)	SDS	SD1
ANKARA	39.92	32.85	0.25	0.10	0.28	0.10	10.8	1.7
AYDIN	37.86	27.84	1.00	0.38	1.15	0.29	15.0	-24.5
BİNGÖL	39.06	40.77	1.00	0.38	1.28	0.34	28.2	-12.0
BOLU	40.58	31.58	1.00	0.38	1.22	0.34	22.1	-10.1
EDİRNE	41.68	26.56	0.25	0.10	0.34	0.11	36.0	11.1
ERZİNCAN	39.75	39.50	1.00	0.38	1.16	0.33	16.1	-12.5
ERZURUM	39.90	41.27	0.75	0.29	0.88	0.23	17.7	-19.7
GİRESUN	40.91	38.39	0.25	0.10	0.31	0.11	25.2	16.3
KIRKLARELİ	41.73	27.22	0.25	0.10	0.31	0.10	24.4	6.9
RİZE	41.02	40.52	0.25	0.10	0.41	0.10	65.2	3.8
SAKARYA	40.69	30.44	1.00	0.38	1.41	0.39	41.4	1.1
SİNOP	42.02	35.15	0.25	0.10	0.27	0.11	9.6	12.1
TEKİRDAĞ	40.98	27.52	0.75	0.29	0.80	0.22	6.4	-23.1
TRABZON	41.00	39.72	0.25	0.10	0.37	0.10	49.6	0.6
YALOVA	40.65	29.27	1.00	0.38	1.16	0.31	15.8	-19.3
KİLİS	36.72	37.12	0.25	0.10	0.39	0.12	54.0	26.8
DÜZCE	40.84	31.16	1.00	0.38	1.05	0.29	5.4	-25.1



Şekil 4. ZA(TBDY 2018), Z1 (DBYBHY 2007) Yerel Zemin Sınıfı, kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi (%)



Şekil 5. ZA(TBDY 2018), Z1 (DBYBHY 2007) Yerel Zemin Sınıfı, 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi (%)

TBDY (2018)'de ZA ve DBYBHY (2007)'de Z1 yerel zemin sınıfları dikkate alınarak yapılan karşılaştırmada TBDY 2018'e göre hesaplanan tasarım spektral ivme katsayısı değerlerinde DBYBHY 2007'ye göre hesaplanan değerlere kıyasla ülke genelinde bir azalış gözlemlenmektedir (Şekil 4, Şekil 5).

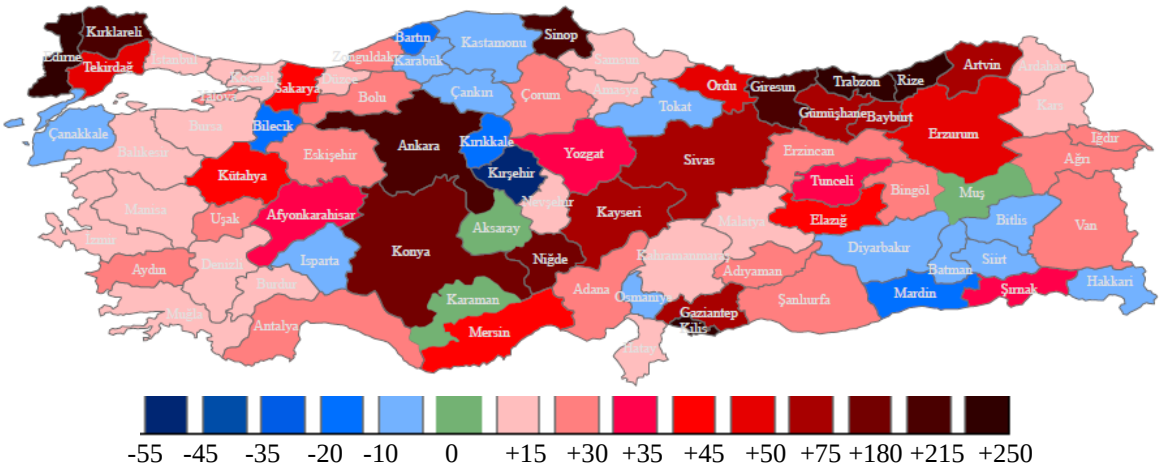
Tablo 2'den görüleceği üzere kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değeri %5'in üzerinde artış gösteren 17 ilimiz bulunmaktadır. Rize, Trabzon ve Kilis il merkezlerinde %50 ve üzeri artış tespit edilmiştir. Bu il merkezlerinin hepsi DBYBHY (2007)'de dördüncü derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Birinci derece deprem bölgesinde bulunan 7 ilimizde artış tespit edilmiştir. Bu illerden Bingöl'de %28.2, Bolu'da %22.1 ve Sakarya'da %41.4 artış dikkat çekicidir.

1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değerleri, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerleri kadar artış göstermemiş hatta bazı illerde azalım göstermiştir. Azalım gösteren il merkezlerinin hepsinin DBYBHY (2007)'de birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunduğu göz önüne alınırsa, TBDY (2018)'e göre hesaplanan uzun periyoda geçiş periyodunun (T_B) şiddetli depremlerde DBYBHY (2007)'ye göre daha küçük olduğu sonucu çıkmaktadır.

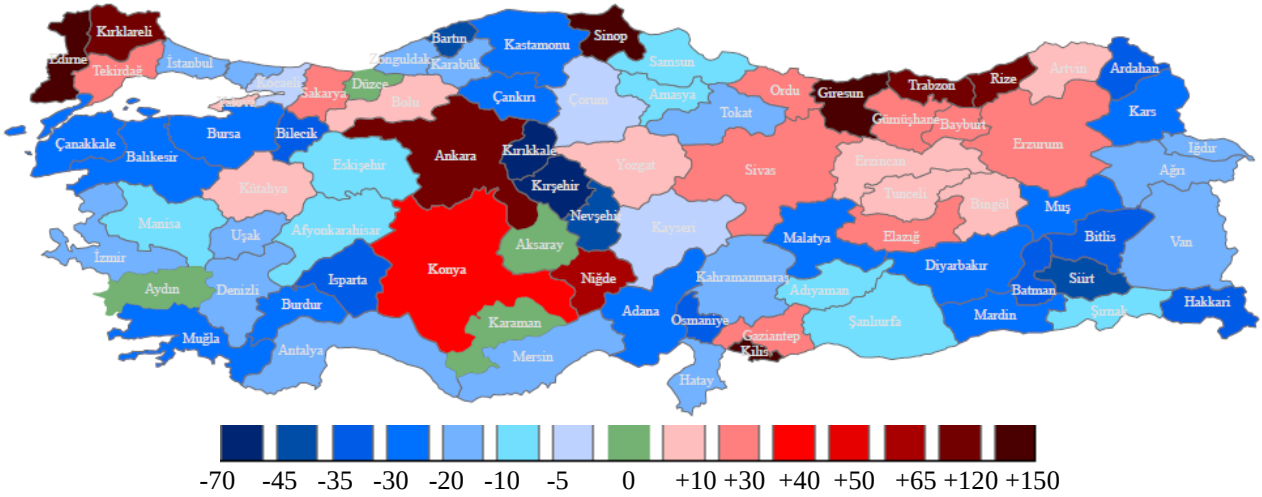
Tablo 3. ZE (TBDY, 2018), Z4 (DBYBHY, 2007) Yerel Zemin Sınıfı için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi

İL			DBYBHY 2008		TBDY 2018		Değişim (%)	
	Enlem	Boylam	SDS (g)	SD1 (g)	SDS (g)	SD1 (g)	SDS	SD1
ADANA	37.00	35.32	0.75	0.69	0.87	0.51	15.6	-25.9
ADIYAMAN	37.76	38.28	0.75	0.69	0.92	0.64	22.0	-7.9
AFYON	38.75	30.56	0.75	0.69	1.01	0.63	34.3	-8.6
AĞRI	39.63	43.02	0.75	0.69	0.91	0.58	21.5	-15.4
AMASYA	40.65	35.84	1.00	0.92	1.11	0.87	11.3	-5.3
ANKARA	39.92	32.85	0.25	0.23	0.74	0.49	194.8	111.1
ANTALYA	36.88	30.71	0.75	0.69	0.90	0.56	20.0	-18.3
ARTVİN	41.18	41.82	0.50	0.46	0.81	0.47	62.4	2.3
AYDIN	37.86	27.84	1.00	0.92	1.19	0.92	18.6	0.3
BALIKESİR	39.65	27.88	1.00	0.92	1.05	0.70	5.2	-23.6
BİNGÖL	39.06	40.77	1.00	0.92	1.28	0.99	28.2	7.8
BOLU	40.58	31.58	1.00	0.92	1.22	1.01	22.1	9.3
BURDUR	37.46	30.07	1.00	0.92	1.09	0.71	9.1	-22.3
BURSA	40.27	29.06	1.00	0.92	1.04	0.72	4.2	-21.5
ÇORUM	40.55	34.96	0.75	0.69	0.95	0.68	26.4	-0.9
DENİZLİ	37.78	29.09	1.00	0.92	1.13	0.78	12.6	-14.8
EDİRNE	41.68	26.56	0.25	0.23	0.81	0.52	224.8	124.6
ELAZIĞ	38.68	39.23	0.75	0.69	1.07	0.78	42.5	12.9
ERZİNCAN	39.75	39.50	1.00	0.92	1.19	0.99	18.9	7.4
ERZURUM	39.90	41.27	0.75	0.69	1.12	0.82	49.7	19.5
ESKİŞEHİR	39.78	30.52	0.75	0.69	0.96	0.63	27.7	-8.9
GAZİANTEP	37.07	37.38	0.50	0.46	0.79	0.54	57.0	17.1
GİRESUN	40.91	38.39	0.25	0.23	0.78	0.54	213.6	132.8
GÜMÜŞHANE	40.44	39.51	0.50	0.46	0.82	0.57	63.0	22.9
HATAY	36.40	36.35	1.00	0.92	1.11	0.80	11.4	-12.5
MERSİN	36.80	34.63	0.50	0.46	0.71	0.39	42.0	-14.9
İSTANBUL	41.01	28.98	1.00	0.92	1.09	0.80	9.3	-13.5
İZMİR	38.42	27.13	1.00	0.92	1.13	0.80	12.5	-12.5
KARS	40.62	43.10	0.75	0.69	0.83	0.51	10.5	-25.9
KAYSERİ	38.73	35.48	0.50	0.46	0.82	0.45	63.6	-1.6
KIRKLARELİ	41.73	27.22	0.25	0.23	0.78	0.51	212.8	119.8
KOCAELİ	40.85	29.88	1.00	0.92	1.13	0.89	12.7	-3.1

KONYA	37.87	32.48	0.25	0.23	0.69	0.31	175.2	33.6
KÜTAHYA	39.42	29.98	0.75	0.69	1.05	0.71	39.9	2.4
MANİSA	38.62	27.43	1.00	0.92	1.13	0.82	12.8	-10.9
K.MARAŞ	37.59	36.94	1.00	0.92	1.06	0.74	6.1	-19.1
MUĞLA	37.22	28.36	1.00	0.92	1.05	0.70	4.5	-23.8
NİĞDE	37.97	34.68	0.25	0.23	0.69	0.36	175.2	57.1
ORDU	40.98	37.88	0.50	0.46	0.74	0.55	47.4	20.3
RİZE	41.02	40.52	0.25	0.23	0.86	0.49	245.6	115.0
SAKARYA	40.69	30.44	1.00	0.92	1.41	1.08	41.4	17.3
SAMSUN	41.29	36.33	0.75	0.69	0.87	0.63	15.3	-8.6
SİNOP	42.02	35.15	0.25	0.23	0.73	0.52	193.6	127.2
SİVAS	39.75	37.02	0.50	0.46	0.79	0.57	58.4	24.9
TEKİRDAĞ	40.98	27.52	0.75	0.69	1.10	0.80	46.5	16.6
TRABZON	41.00	39.72	0.25	0.23	0.84	0.48	235.2	109.8
TUNCELİ	39.31	39.44	0.75	0.69	1.00	0.74	32.7	7.6
Ş.URFA	37.16	38.80	0.50	0.46	0.59	0.41	17.6	-10.4
UŞAK	38.68	29.41	0.75	0.69	0.94	0.57	24.8	-17.0
VAN	38.49	43.41	0.75	0.69	0.94	0.59	25.1	-14.7
YOZGAT	39.82	34.81	0.50	0.46	0.67	0.49	34.4	6.8
ZONGULDAK	41.46	31.80	0.75	0.69	0.87	0.58	16.3	-16.3
BAYBURT	40.26	40.22	0.50	0.46	0.89	0.59	77.6	27.9
ŞIRNAK	37.42	42.49	0.75	0.69	1.01	0.63	34.8	-8.6
ARDAHAN	41.11	42.70	0.75	0.69	0.82	0.47	8.9	-31.8
IĞDIR	39.89	44.00	0.75	0.69	0.95	0.58	26.0	-15.7
YALOVA	40.65	29.27	1.00	0.92	1.19	0.95	18.9	3.0
KİLİS	36.72	37.12	0.25	0.23	0.84	0.57	237.2	145.9
DÜZCE	40.84	31.16	1.00	0.92	1.15	0.92	15.0	-0.1



Şekil 6. ZE(TBDY 2018), Z4 (DBYBHY 2007) Yerel Zemin Sınıfı, kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi (%)



Şekil 7. ZE(TBDY 2018), Z4 (DBYBHY 2007) Yerel Zemin Sınıfı, 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değişimi (%)

TBDY 2018'de ZE ve DBYBHY 2007'de Z4 yerel zemin sınıfları dikkate alınarak yapılan karşılaştırmada, TBDY 2018'e göre hesaplanan tasarım spektral ivme katsayısı değerlerinde DBYBHY 2007'ye göre hesaplanan değerlere kıyasla ülke genelinde bir artış gözlemlenmektedir (Şekil 6, Şekil 7).

Tablo 3'den görüleceği üzere kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değeri %5'in üzerinde artış gösteren 57 ilimiz bulunmaktadır. Ankara, Edirne, Giresun, Kırklareli, Konya, Niğde, Rize, Sinop, Trabzon ve Kilis il merkezlerinde %175 ve üzeri artış tespit edilmiştir. Bu il merkezlerinin hepsi DBYBHY (2007)'de dördüncü derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Birinci derece deprem bölgesinde bulunan 19 ilimizde artış tespit edilmiştir. Bu illerden Bingöl'de %28.2, Bolu'da %22.1 ve Sakarya'da %41.4 artış Tablo 2'den hesaplanan değerlerle birebir aynıdır. Bu illerde kısa periyot harita spektral ivme değeri 1.5 g değerinin üzerindedir ve TBDY (2018) Tablo 2.1'e göre (Şekil 3) ZA ve ZE yerel zemin sınıflarının her ikisinde yerel zemin etki katsayısı F_s aynı değeri almaktadır.

1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değeri %5'in üzerinde artış gösteren 24 il bulunmaktadır. Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı artış göstermesine rağmen 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değeri azalım gösteren il merkezlerinin hepsi yumuşak zeminlerde de sert zeminlerde olduğu gibi DBYBHY (2007)'de birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada ülkemizdeki 81 il merkezi dikkate alınarak, TBDY (2018) ve DBYBHY (2007)'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ve 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

TBDY (2018)'e göre hesaplanan tasarım spektral değerleri özellikle zayıf zeminlerde DBYBHY (2007)'ye göre hesaplanan değerlere kıyasla birçok il merkezimizde artış göstermiştir. Bu artışın en çok görüldüğü il merkezlerinin genellikle DBYBHY (2007)'ye göre dördüncü derece deprem bölgesinde bulunduğu anlaşılmaktadır.

TBDY (2018)'e göre hesaplanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değeri ZA yerel zemin sınıfı için 3 il merkezimizde %50 ve üzeri artış hesaplanmıştır öte yandan ZE zemin sınıfı için 10 il merkezimizde %175 ve üzeri artış tespit edilmiştir. Yumuşak zeminlerdeki artışın

sert zeminlere nazaran çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değerleri, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerleri kadar artış göstermemiş hatta bazı illerde azalım göstermiştir. Azalım gösteren il merkezlerinin hepsinin DBYBHY (2007)'de birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunduğu göz önüne alınırsa, hem yumuşak hem de sert zeminlerde TBDY (2018)'e göre hesaplanan uzun periyoda geçiş periyodunun (T_B) şiddetli depremlerde DBYBHY (2007)'ye göre daha küçük olduğu sonucu çıkmaktadır.

TDBY (2018)'de DBYBHY (2007)'den farklı olarak betonarme elemanlarda çatlamış kesit rijitliği kullanılmaktadır dolayısıyla bina doğal titreşim periyotlarında bir uzama söz konusudur. Ayrıca eşit yerdeğiştirme prensibinin TDBY (2018)'de $T \geq T_B$ bölgesinde DBYBHY (2007)'de ise $T \geq T_A$ bölgesinde uygulanması benimsenmiştir. Bu durumda taban kesme kuvvetlerinin bina özelinde bir çözümleme yapılmadan yürürlükteki yönetmeliğe göre yapılan hesaplarda ne derece değişeceğini kestirmek mümkün olmamaktadır. Yine de tasarım ivme spektrumunun tepe değeri olan kısa periyot spektral ivmelerinin özellikle ZE yerel zemin sınıfında büyük artış göstermesinin hesaplanan taban kesme kuvvetlerinde de bir artışa sebebiyet vereceğini söylemek yanlış olmaz. Yazar yeni yönetmeliğe göre yapılan hesaplarda taban kesme kuvvetinin artış gösterdiği mahallerde mevcut yapı stokunun deprem performansının tekrardan değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşündedir. Böyle bir değerlendirme için, 81 il merkezinde genel durumun tespit edildiği bu çalışma kapsamının il bazında zemin araştırmalarını da içeren daha detaylı bir çalışma ile genişletilmesi daha doğru olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma sürecine katılarak destek sunan lisans öğrencisi Ercan Bayır'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

Akkar, S., Eroğlu Azak, T., Çan, T., Çeken, U., Demircioğlu, M. B., Duman, T., Ergintav, S., Kadirioğlu, F. T., Kalafat, D., Kale, Ö., Kartal, R. F., Kılıç, T., Özalp, S., Şeşetyan, K., Tekin, S., Yakut, A., Yılmaz, M. T., Zülfikar Ö. (2014). Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi, (UDAP – Ç – 13-06), Ulusal Deprem Araştırma Programı, Ankara.

Aydın, M. R., Günaydın, A., (2017). Çelik Yapılar Açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağına Bir Bakış, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.

Cornell, C.A., (1968). Engineering Seismic Risk Analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58:6, 1583-1606.

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

Demir, A., Kayhan, A. H., (2017). Deprem Yönetmeliği 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., (2013). Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, VI+89s.+bir pafta, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara.

Erdem, M. M., Bikçe, M.,(2017). Maksimum Azaltılmış Göreli Kat Ötelemelerinin Güncel (DBYBHY2007) ve Yeni Yönetmelik Taslağına (TBDY2016) Göre Mukayesesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32:2, 253-262.

Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yücemen, M. S., Doyuran, V. ve Başöz, N., (1993). En Son Verilere Göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, (Rapor No. 93-01), ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara.

Joyner, W.B., Boore, D.M., (1981). Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Strong Motion Records Including Records from the 1979 Imperial Valley, California, Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 71:6, 2011-2038.

Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yılmazer, M., (2011), Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010; M >=4.0), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul.

Özmen B., (2012). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 55:1, 43-55.

Öztürk, H., Demir, A., Dok, G., Güç, H., (2017). Betonarme Kolonların Etkin Kesit Rijitlikleri Üzerine Yönetmeliklerin Yaklaşımı, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.

TBDY, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, AFAD, Ankara.

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, Ankara.

Comparison of Spectral Accelerations According to DBYBHY 2007 and TBDY 2018 Earthquake Codes

Extended abstract

Seismic zonation maps provide a basis in calculation of seismic design loads. Due to the developments in ground-motion database, seismic hazard assessment procedures and ground-motion prediction equations, seismic zonation maps have undergone various changes since 1945. Accordingly seismic design spectrum and corresponding spectral values in current Turkish Earthquake Code (TEC 2018) differs from the previous code (TEC 2007).

In TEC 2007, seismic zones are used to describe seismicity in a region. Seismic zones are numbered as 0,1,2,3,4 which corresponds to a certain peak ground acceleration value. This concept is no longer used by TEC 2018 since a single map cannot properly display hazard for all probabilities of exceedance and within the boundaries of a zone possible variations in peak ground acceleration is neglected. Therefore with TEC 2018 seismic hazard map having numbered zones is replaced with maps showing contours of design ground motion.

In TEC 2007, soil classes fall into four category namely Z1, Z2, Z3 and Z4 sorted from strong to weak soils. According to soil profile only corner periods of the spectrum is determined. Whereas in TEC 2018, six soil classes are determined namely ZA, ZB, ZC, ZD, ZE and ZF which are again sorted from strong to weak soils. For a very weak soil ZF site specific analyses are required and for the rest, hazard map spectral values are modified by soil factors to obtain design spectral values. Soil class affects both corner periods and the short period spectral acceleration value.

In this study seismic load calculation steps and spectral values of 81 provincial centers are compared according to both recent and previous codes. Since soil profile is not known due to lack of field and laboratory studies, strongest (soil class ZA) and weakest (soil class ZE) soils are taken into account. The analyzed data is then visualized in terms of percent change on a political map.

For strong soils, calculated short period spectral acceleration values with TEC 2018 has increased in a few provinces in comparison to TEC 2007. In 17 provinces there has been an increase more than 5% and in only in 3 provinces more than 50% increase is observed.

On the other hand when weak soils are considered, calculated short period spectral acceleration values with TEC 2018 has increased in most of the provinces when compared to TEC 2007. In this case there has been a 5% or more increase in 57 province centres. In 10 province centres the increase is calculated as 175% or more.

It is seen that two factors mostly affect the percent change in short period spectral acceleration values. One is the state of soil. For weak soils the total percent change is higher and more widespread. The other factor is the seismicity of the region. Again the percent change is higher when the region has a low seismicity.

In this paper a generalized study is undertaken in all 81 provincial centres. Since soil profile is not known due to lack of field and laboratory studies, the most strong and most weak soils are taken into account. The scope of this paper can be extended to cover actual soil profile of each province by micro or macro zonation and calculations could be repeated for each zone to achieve a higher resolution in results.

Especially for weak soils there has been an increase in calculated short period spectral acceleration values between the recent and previous earthquake codes. Since calculated seismic design loads are based on spectral acceleration values it is not wrong to say that design loads of building stock is underestimated for many regions in Turkey. Therefore it is suggested a re-assessment of building stock following a detailed evaluation of spectral acceleration values in each province.

Keywords: *Elastic Design Spectrum, Acceleration, Seismic Zonation Maps, Seismic Hazard Maps, Turkish Earthquake Code 2018, Turkish Earthquake Code 2007*