Dicle University Journal of Engineering (DUJE)
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Araştırma Makalesi / Research Article

Bingöl ve Elazığ İlleri Özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi

Investigation of the Change of Acceleration Spectra in Bingöl and Elazığ Provinces According to 2007 and 2018 Turkish Earthquake Codes

Ömer Faruk Nemutlu[1], Bilal Balun[2], Ahmet Benli[3], Ali Sarı [4]

[1] Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, ofnemutlu@bingol.edu.tr
[2] Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Mimarlık Bölümü, Bingöl, Türkiye, bbalun@bingol.edu.tr
[3] Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, abenli@bingol.edu.tr
[4] İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, asari@itu.edu.tr

MAKALE BİLGİLERİ

Makale geçmişi:

Geliş: 12 Mart 2020
Düzeltme: 27 Nisan 2020
Kabul: 20 Mayıs 2020

Anahtar kelimeler:

Deprem Yönetmelikleri, İvme Spektrumları, Sismik Tasarım, TBDY 2018, DBYBHY 2007

Doi: 10.24012/dumf.703138

ÖZET

Günümüzde inşaat alanında meydana gelen teknolojik gelişmeleri uygulamada aktif ve doğru bir şekilde kullanabilmek için ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren 'Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' yerini 1 Ocak 2019 tarihi itibariyle 'Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne bırakmıştır. Türkiye sınırları içerisinde yoğun olarak aktif tektonik faylar bulunmasından dolayı depreme dayanıklı yapı tasarımı büyük önem arz etmektedir. Depreme karşı tasarımda yapılara etkiyecek deprem yüklerinin tespitinde tasarım ivme spektrumları kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, 2007 Türk deprem yönetmeliğinden 2018 Türk deprem yönetmeliğine geçilirken meydana gelen deprem hesap esaslarındaki değişimin incelenmesidir. Bu çalışmada 2007 Türk deprem yönetmeliğine göre iki farklı deprem bölgesinde yer alan Bingöl ve Elazığ il şehir merkezlerinin, 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerine göre ivme spektrumları karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan bölgeler için farklı deprem yer hareket düzeylerine göre ivme spektrumlarının, köşe periyotlarının, koordinata dayalı spektrum katsayılarının farklı zemin sınıflarına göre değişimi irdelenmiştir. 2007 deprem yönetmeliği ile 2018 deprem yönetmeliği karşılaştırıldığında, 2007 deprem yönetmeliğinde ivme spektrumları bölgesel olarak farklılık göstermez iken, 2018 yönetmeliğinde Afet ve Acil Durum Başkanlığı'nın oluşturduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından alınan ivme parametrelerinin koordinat odaklı değişimi bölgesel bir farklılık göstermesinden kaynaklı olarak ivme spektrumlarında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Deprem tasarım esaslarında koordinata bağlı çalışan 2018 Türk deprem yönetmeliğinde ivme spektrumları kullanılacağı konumuna göre değişiklik göstermektedir. 2007 Türk deprem yönetmeliğinde ise ivme spektrumları konuma göre değişiklik göstermemektedir. Bu nedenle deprem tasarım esasları açısından, 2018 Türk deprem yönetmeliğindeki ivme değerlerinin, 2007 Türk deprem yönetmeliğindeki sabit ivme değerlerine kıyasla ekonomik ve emniyetli bir durum gösterdiği söylenebilir.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12 March 2020
Revised: 27 April 2020
Accepted: 20 May 2020

Keywords:

Earthquake Codes, Response Spectrum, Seismic Design, TEC 2018, TEC 2007

ABSTRACT

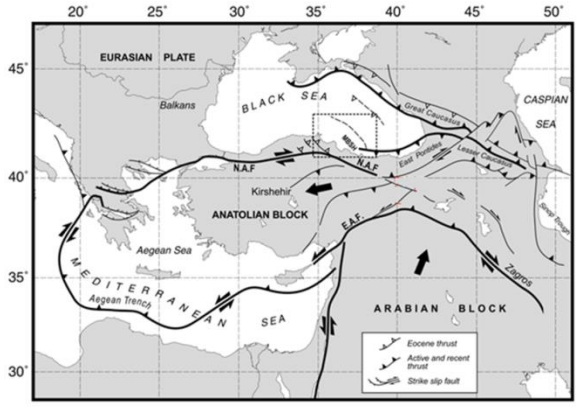
Nowadays, in order to be able to use the technological developments occurring in the construction field actively and correctly in practice, 2007 Turkish Earthquake Code was abolished as of January 01,2020 and 2018 Turkey Earthquake Code was introduced. Due to presence of active tectonic faults within the borders of Turkey, earthquake design in structure has great importance. Design acceleration spectra are used to determine the earthquake loads that will affect the structures in earthquake design. The aim of this study is to examine the changes in the earthquake calculation principles that occurred when passing from the 2007 Turkish earthquake code to the 2018 Turkish earthquake code. In this study, acceleration spectra of Bingöl and Elazığ city centers, which are located in two different earthquake zones according to the 2007 Turkish Earthquake Code, were compared according to the 2007 and 2018 Turkish Earthquake Codes. The variation of acceleration spectra, fundamental periods, and coordinate-based spectrum coefficients according to different ground classes for different earthquake ground motion levels for these regions in the study were examined. When the 2007 Turkish Earthquake Code and the 2018 Turkish Earthquake Code are compared, the acceleration spectra in the 2007 Turkish Earthquake Code do not differ regionally. In 2018 Turkish Earthquake Code, Ministry of Interior Disaster and Emergency Management Presidency created; Earthquake Hazard Map of Turkey, focused change of coordinates received acceleration parameters, show differences in acceleration spectrum as originating from a regional difference was seen to occur. Acceleration spectra varies according to the location of 2018 Turkish earthquake code working on coordinate in earthquake design principles. In the 2007 Turkish earthquake code, the acceleration spectra do not vary according to location. Therefore, in terms of earthquake design principles, it can be said that the acceleration values in the 2018 Turkish earthquake regulation show an economic and safe situation compared to the constant acceleration values in the 2007 Turkish earthquake code.

* Sorumlu yazar / Correspondence
Ahmet BENLİ
✉ abenli@bingol.edu.tr

Please cite this article in press as O. F. Nemutlu, B. Balun, A. Benli, A. Sarı, "Bingöl ve Elazığ İlleri Özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi", DUJE, vol. 11, no.3, pp. 1341-1356, September 2020.

Giriş

Türkiye, sınırları içerisinde bulunan aktif faylar nedeniyle tarih boyunca önemli depremlere maruz kalmıştır. Bu faylardan yaklaşık 1000 km uzunluğunda olan Kuzey Anadolu Fay hattı ve yaklaşık 400 km uzunluğunda olan Doğu Anadolu Fay hattı ülkeyi doğu-batı ve güneydoğu-kuzeydoğu ekseninde çevrelemektedir [1]. Şekil 1'de Türkiye'deki önemli fayları ve Türkiye sınırlarındaki plakları gösteren harita verilmiştir [2]. Bu faylar üzerinde önemli aktif tektonik hareketler tarih boyunca ülkemizde önemli depremler meydana getirmiştir. Bu depremler önemli can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Örneğin 1939 yılında meydana gelen Erzincan 7.9 (Ms) depremi, 23.10.2011 yılında meydana gelen Van 7.2 (Ms) depremi, 22.05.1971 tarihinde meydana gelen 6.8 (Ms) Bingöl depremi ve 17.08.1999 tarihinde meydana gelen Gölcük (Kocaeli) 7.8 (Ms) depremi verilebilir [3].

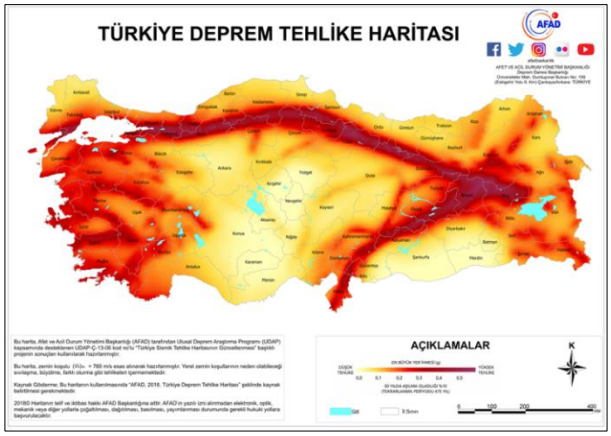


Şekil 1. Türkiye Fay Haritası [2]

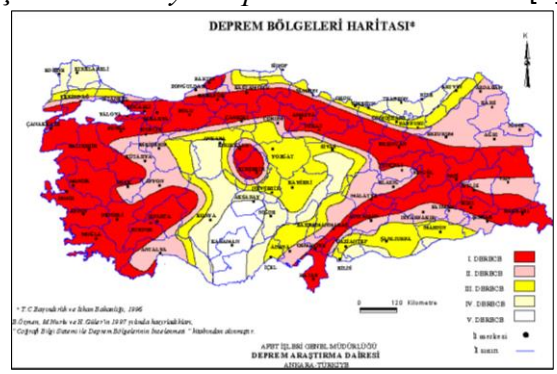
Bu depremler sonucunda ülkemizde yapıların depreme dayanıklı şekilde tasarlanması her zaman önemli bir kriter olmuştur. Bu nedenle ülkemizde tarih boyunca çağın gereksinimlerini karşılayacak ve deprem hesapları yapılırken göz önüne alınacak minimum tasarım koşulları ve sınırlar deprem yönetmelikleriyle verilmiştir. 2016 yılında taslak hali yayınlanan ve 18.03.2018 tarihli resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)'ne kadar 1940'tan itibaren ülkemizde 10 adet deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir [4–6]. Tablo 1'de bu yönetmelikler kronolojik sıra ile verilmiştir. 1998 deprem yönetmeliğinden sonra 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) hazırlanırken; çelik binalar için depreme dayanıklı yapı tasarımı bölümünün detaylandırılması, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bölümünün eklenmesi, 1998 yönetmeliğinde yer alan ahşap ve kerpiç binaların depreme dayanıklı tasarımına ait bölümlerin kaldırılması gibi küçük çaplı değişiklikler haricinde büyük çaplı bir değişiklik yapılmamıştır. Bu nedenle 1998 yönetmeliğinden itibaren ülkemizdeki deprem yönetmeliği yaklaşık 20 yıl gibi bir süre değişiklik görmeden kullanılmıştır [7]. Bu nedenle tamamen yeni bir yönetmelik olarak hazırlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır [8]. 2018 TBDY ülkemizde 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren kullanımı zorunlu hale gelerek Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'nin yerini almıştır. Ayrıca Afet ve Acil Durum Başkanlığı'nın (AFAD) yeni yönetmelik çalışmaları ile paralel olarak yürüttüğü Türkiye Deprem Tehlike Haritaları da yeni yönetmelikle birlikte kullanıma sunulmuştur [9]. İnteraktif web uygulaması üzerinden erişilebilen haritaya e-devlet bilgileri kullanılarak girilmektedir. 2007 DBYBHY'de dikkate alınan Türkiye Deprem Bölgeleri haritası yerine geçen tehlike haritaları, bölge haritalarında olduğu gibi sabit katsayılar ile çalışmak yerine kısa periyot ve uzun periyot için ayrı ayrı olmak üzere koordinata dayalı ivme parametreleriyle hesap yapmaya izin vermektedir. 2007 deprem yönetmeliğinde kullanılan Deprem Bölgeleri Haritası ve kullanımına geçilen 2018 deprem yönetmeliğinde kullanılan Deprem Tehlike Haritaları sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir [6, 9, 10].

Tablo 1. Türkiye'de tarih boyunca yürürlüğe girmiş olan yönetmelikler [4]

Yıl	Tam İsmi	Kısaltması
1940	Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata ait İtalyan Yapı Talimatnamesi	-
1944	Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi	-
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	-
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	-
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	ABYBHY
1968	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	ABYBHY
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	ABYBHY
1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	ABYBHY
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	DBYBHY
2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği	TBDY



Şekil 2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası[6]



Şekil 3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası[10]

Deprem yönetmeliklerinde verilen tasarım spektrumları, yapıların depreme karşı tasarımında ve yapılara etkiyen deprem yüklerini belirlemede kullanılır. Tepki spektrumları, tek serbestlik dereceli sistemlerde belirli bir sönüm oranı için elde edilen en büyük yer değiştirme, ivme veya hız değerlerinin periyot veya frekansa karşı değişimini göstermektedir. [11–13]. Bu çalışma kapsamında 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerindeki tasarım ivme spektrumları, 2007 deprem yönetmeliğine göre 1. derece deprem bölgesi olarak tanımlanan Bingöl ili şehir merkezi ve 2. Derece deprem bölgesi olarak tanımlanan Elazığ ili şehir merkezi için oluşturularak, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin köşe periyotları ve ivme değerleri arasındaki farklar ile farklı zemin sınıflarına göre tasarım spektrumlarında meydana gelen değişiklikler irdelenmiştir.

İvme Spektrumu Kavramı

İvme spektrumu, deprem etkisine maruz kalan tek serbestlik dereceli bir sistemin davranışının (hız, ivme ve yer değiştirme) maksimumunu, serbest titreşim periyoduna

bağlı olarak gösteren eğridir [14]. Tasarım spektrumları ise yeni yapıların tasarımında kullanılacak deprem yükünü belirlerken kullanılır. Bir tasarım spektrumu hazırlanırken dikkate alınan bölgede geçmişte ortaya çıkmış depremler göz önüne alınarak gelecekte ortaya çıkması olası depremlerin belirlenmesi amaçlanır. Yapıların deprem etkisi altındaki tasarımını tanımlarken deprem spektrumları kullanılır. İvme spektrum eğrisi, göz önüne alınan bir deprem yer hareketinin tek serbestlik dereceli sisteme uygulanmasıyla elde edilen mutlak ivmelerin en büyük değerlerinin toplanmasıyla elde edilir. İvme spektrumları tasarım spektrumlarına dönüştürülerek yapıya etki etkimesi beklenen kuvvetler yanında yer değiştirmeler de bulunabilir [14]. Genelde tasarım spektrumları bir bölgede kaydedilmiş çok sayıda deprem için çizilmiş spektrumların istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi sonucu elde edilirler. Tasarım spektrumlarının oluşturulması ile ilgili maksimum yer hareketi ivmesi yöntemi, Newmark-Hall yöntemi ve Housner yaklaşımı gibi yaklaşımlar literatürde mevcuttur [15–17]. Tasarım bazlı yer hareketlerinin tanımlanmasında kullanılan tasarım spektrumları genel olarak deprem tehlikesi bölge haritalarından belirlenecek deprem parametrelerine yani en büyük yer ivmesine bağımlı tasarım spektrumları, deprem tehlikesi haritalarından belirlenecek deprem parametrelerine (0.2 s ve 1 s periyotlarındaki spektral ivmeler) bağımlı tasarım spektrumları ve sahaya özel tehlike analizleri olarak ayrılmaktadır. Daha önceden yürürlükte olan 2007 DBYBHY'de en büyük yer ivmesine bağımlı tasarım spektrumları kullanılırken, 2018 TBDY, ASCE 7-16 ve IBC 2018 gibi yönetmeliklerde 0.2 s ve 1 s periyotlarındaki spektral ivmelere bağımlı tasarım ivme spektrumları kullanılmaktadır [18–26].

2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinde İvme Spektrumları

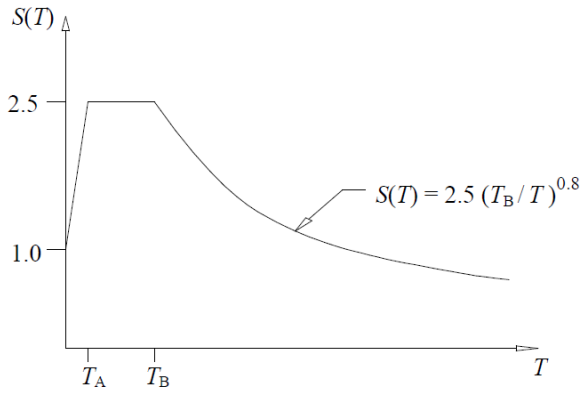
2007 DBYBHY'de spektrum katsayısı, S(T), yerel zemin koşullarına (TA ve TB) ve bina doğal periyoduna (T) göre değişmektedir. Bu yönetmelikte TA ve TB katsayıları yerel zemin sınıflarına göre değişmekle birlikte sabit katsayılar halinde verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1.5\frac{T}{T_A} \quad 0 \le T \le T_A$$
$$S(T) = 2.5 \quad T_A \le T \le T_B$$
$$S(T) = 2.5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} \quad T_B < T$$

2018 TBDY'de elastik tasarım spektral ivmesi, $S_{ae}(T)$, yer çekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyodu ile S_{DS} ve S^{D1} parametrelerine göre hesaplanabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken koşullardan biri olarak; köşe periyotları (TA ve TB) sabit katsayılar olarak verilmeyip S_{DS} ve S_{D1} parametrelerine göre değişiklik göstermektedir.

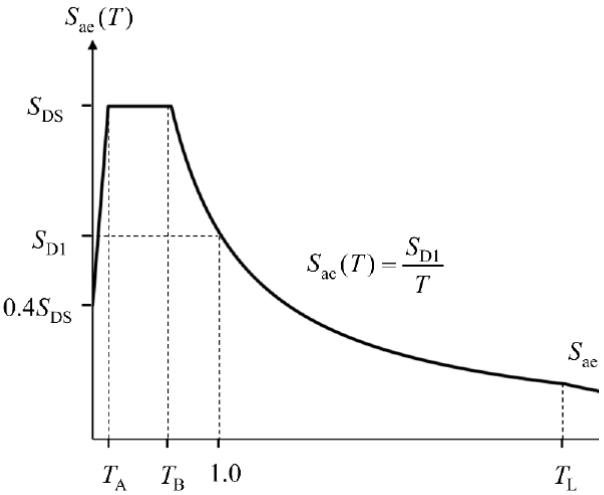
$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right)S_{DS} \quad 0 \le T \le T_A$$
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad T_A \le T \le T_B$$
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_B \le T \le T_L$$
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad T_L \le T$$
$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

2007 DBYBHY ve 2018 TBDY'deki elastik tasarım ivme spektrumları sırasıyla Şekil 4 ve 5'te verilmiştir. 2018 deprem yönetmeliğinde 2007'den farklı olarak düşey elastik tasarım ivme spektrumu tanımlanmıştır. Düşey deprem etkisi; DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar, açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar, kirişlere oturan kolonları içeren binalar ve kolonları düşeye göre eğimli olan binalarda dikkate alınır.



Şekil 4. 2007 DBYBHY elastik tasarım ivme spektrumu [10]

Şekil 4'te görüldüğü üzere 2007 DBYBHY deprem yönetmeliğinde yapıya etki ettirilecek maksimum ivme değeri spektrumda 2.5 g zirve değeri ile sınırlandırılmıştır. Şekil 5'teki TBDY 2018 yatay elastik tasarım ivme spektrumunda ise maksimum ivme değeri Türkiye deprem tehlike haritalarından alınan parametrelerden deprem etkisini ifade eden S_{DS} parametresiyle değişken zirve değerler almaktadır.

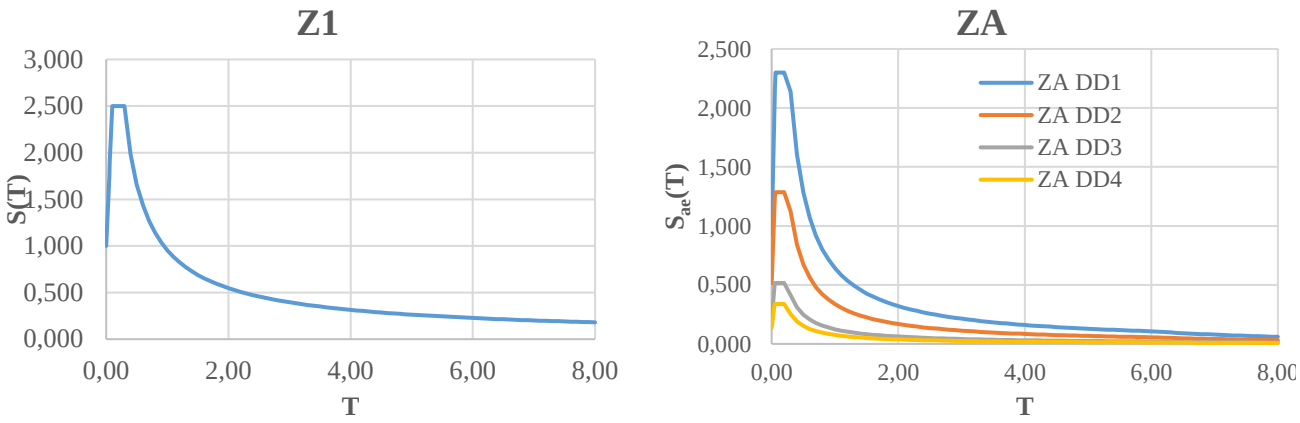


Şekil 5. 2018 TBDY yatay elastik tasarım ivme spektrumu[6]

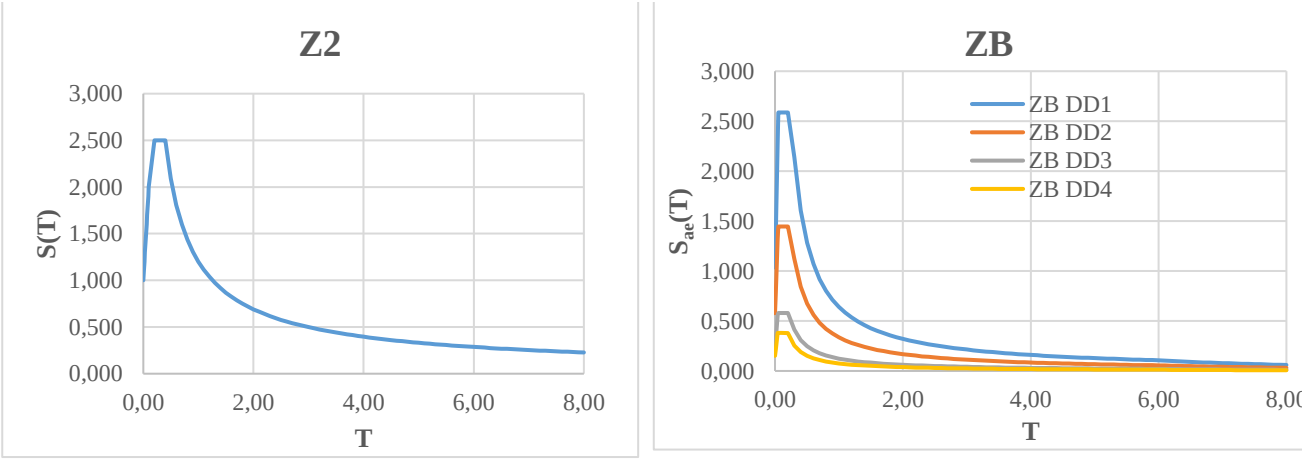
Çalışma ve Bulgular

Bu çalışmada 2007 DBYBHY ve 2018 TBDY'deki ivme spektrumları Bingöl ve Elazığ ili için farklı zemin sınıfları göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır 2007 deprem yönetmeliğindeki deprem bölgeleri kavramına göre, 38.8855 enlem ve 40.5101 boylamda bulunan Bingöl şehir merkezi 1. derece deprem bölgesi olarak, 38.6705 enlem ve 39.2373 boylamda bulunan Elazığ şehir merkezi 2. derece deprem bölgesi olarak kabul edilmiştir. 2007 deprem yönetmeliğine göre oluşturulan ivme spektrumları 475 yıl geri dönüş periyoduna sahip standart deprem yer hareketi düzeyine göre oluşturulmuştur. 2018 deprem yönetmeliğine göre oluşturulan ivme spektrumlarında ise Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığının (AFAD) oluşturduğu interaktif web uygulaması üzerinden DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 farklı deprem yer hareket düzeyi dikkate alınmıştır. Deprem yer hareket düzeyleri 2018 deprem yönetmeliğinde tanımlanmıştır [6]. Göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak ta adlandırılan DD-1 deprem yer hareket düzeyi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan ve tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketlerini belirtmektedir. Standart tasarım deprem yer hareketi olan DD-2 deprem yer hareket düzeyi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan çok sık depremleri tanımlamaktadır. DD-3 ve DD-4 deprem yer hareket düzeylerinin spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılıkları sırasıyla %50 ve %68'dir. DD-3 deprem yer hareket düzeyinin tekrarlanma periyodu 72 yıl iken DD-4 deprem yer hareket düzeyinin 43 yıldır. DD-3 deprem yer hareket düzeyi genel olarak sık meydana gelen depremleri niteler. Servis deprem yer hareketi olarak DD-4 deprem yer hareket düzeyi kabul edilmektedir.

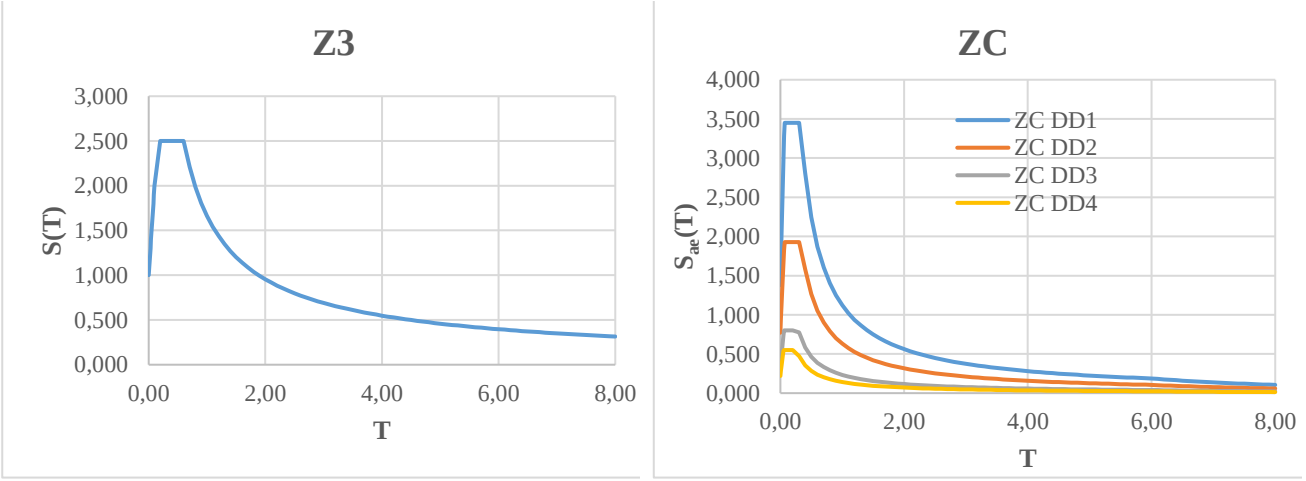
2018 TBDY'de DD-2 olarak tanımlanan standart deprem yer hareket düzeyi, 2007 DBYBHY'de göz önüne alınan standart deprem yer hareket düzeyi (50 yılda aşılma olasılığı %10 ve dönüş periyodu 475 yıl) ile eş değerdir. Bu nedenle oluşturulan grafiklerde 2007 DBYBHY'de tek ivme spektrumu 2018 TBDY'de ise 4 farklı ivme spektrumu eğrileri verilmiştir. Bingöl ili şehir merkezi için 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri ivme spektrumları Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Elazığ ili Şehir merkezi için 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri ivme spektrumları ise Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14 ve Şekil 15'te gösterilmektedir.



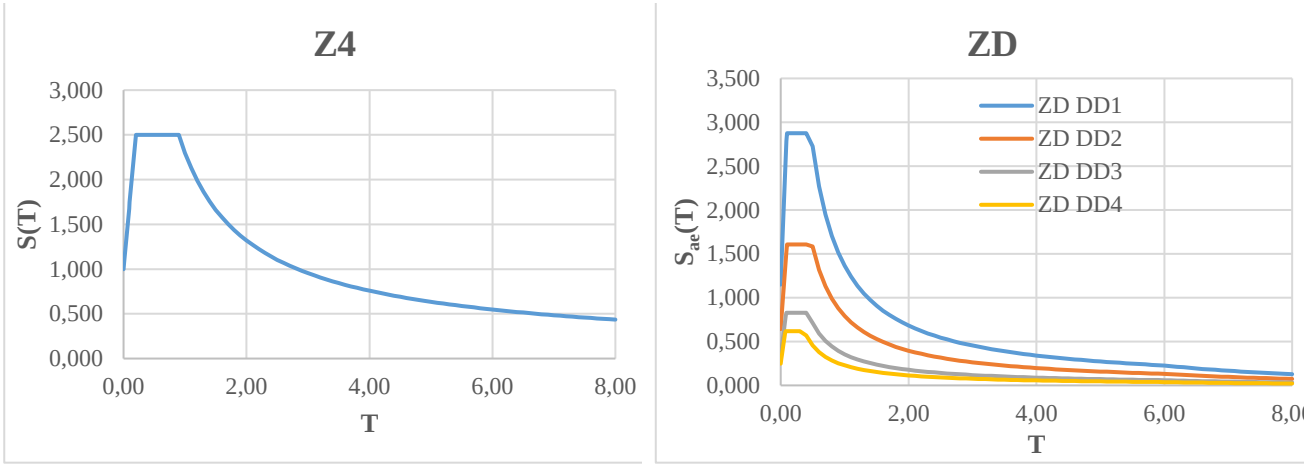
Şekil 6. Bingöl ili Z1- ZA ivme spektrumları



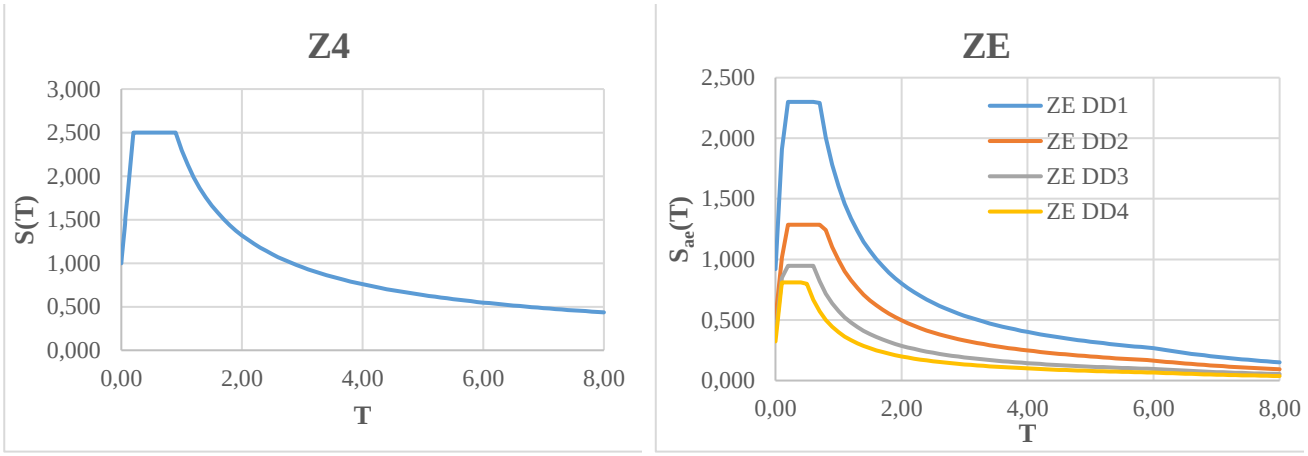
Şekil 7. Bingöl ili Z2- ZB ivme spektrumları



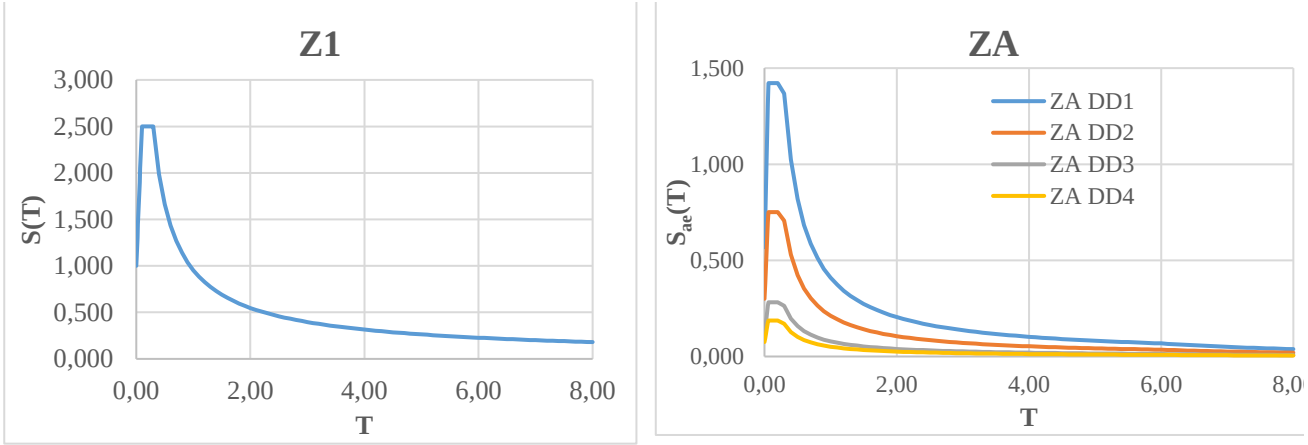
Şekil 8. Bingöl ili Z3- ZC ivme spektrumları



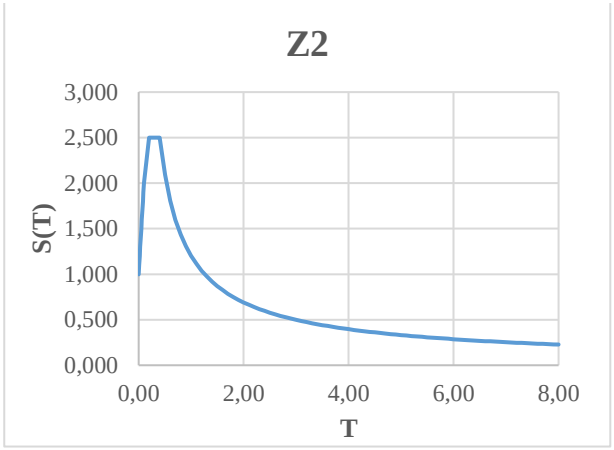
Şekil 9. Bingöl ili Z4- ZD ivme spektrumları

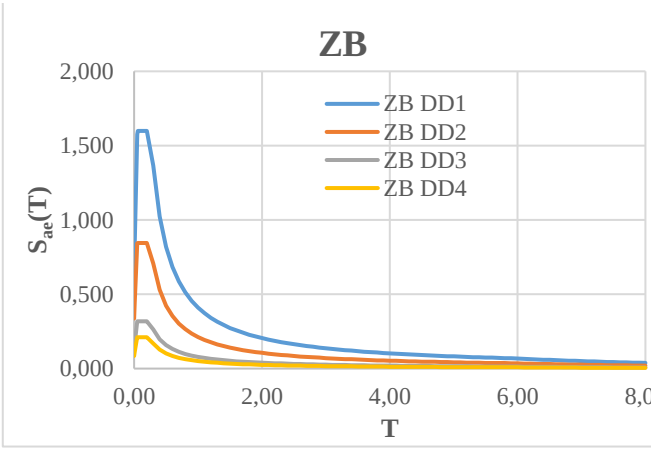


Şekil 10. Bingöl ili Z4- ZE ivme spektrumları

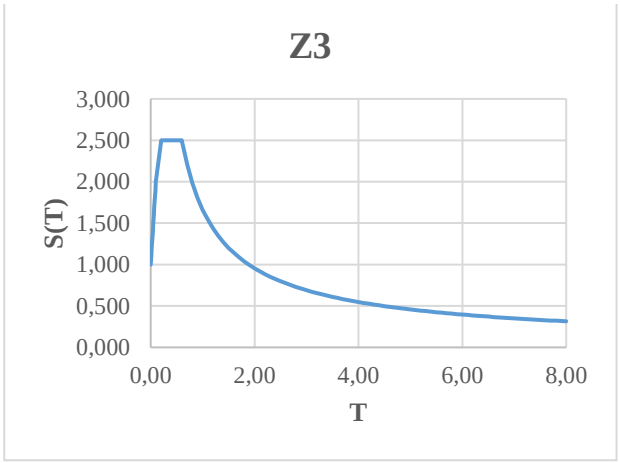


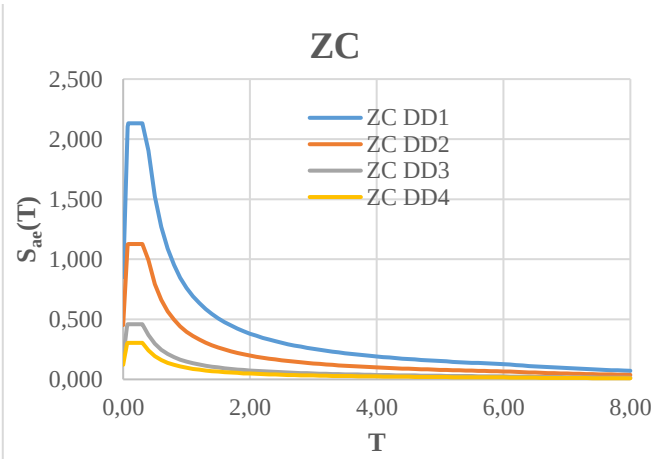
Şekil 11. Elazığ ili Z1- ZA ivme spektrumları



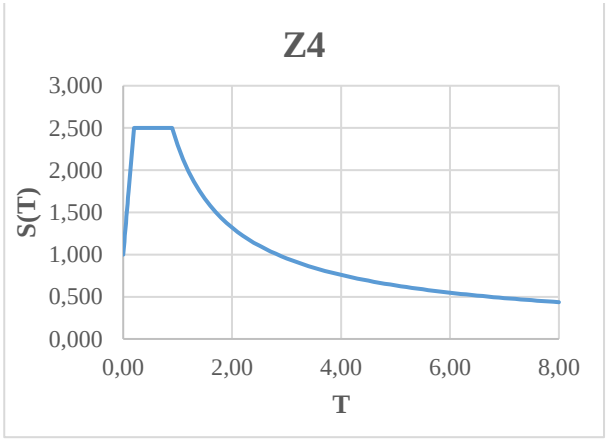


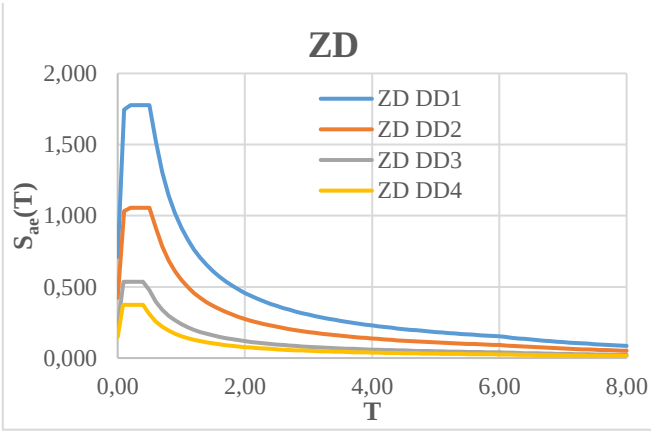
Şekil 12. Elazığ ili Z2- ZB ivme spektrumları



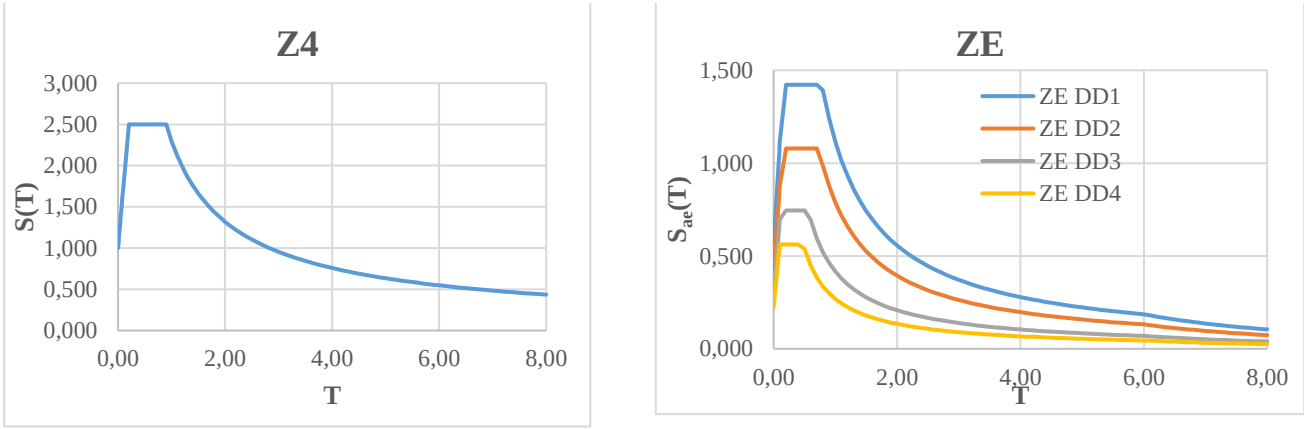


Şekil 13. Elazığ ili Z3- ZC ivme spektrumları





Şekil 14. Elazığ ili Z4- ZD ivme spektrumları



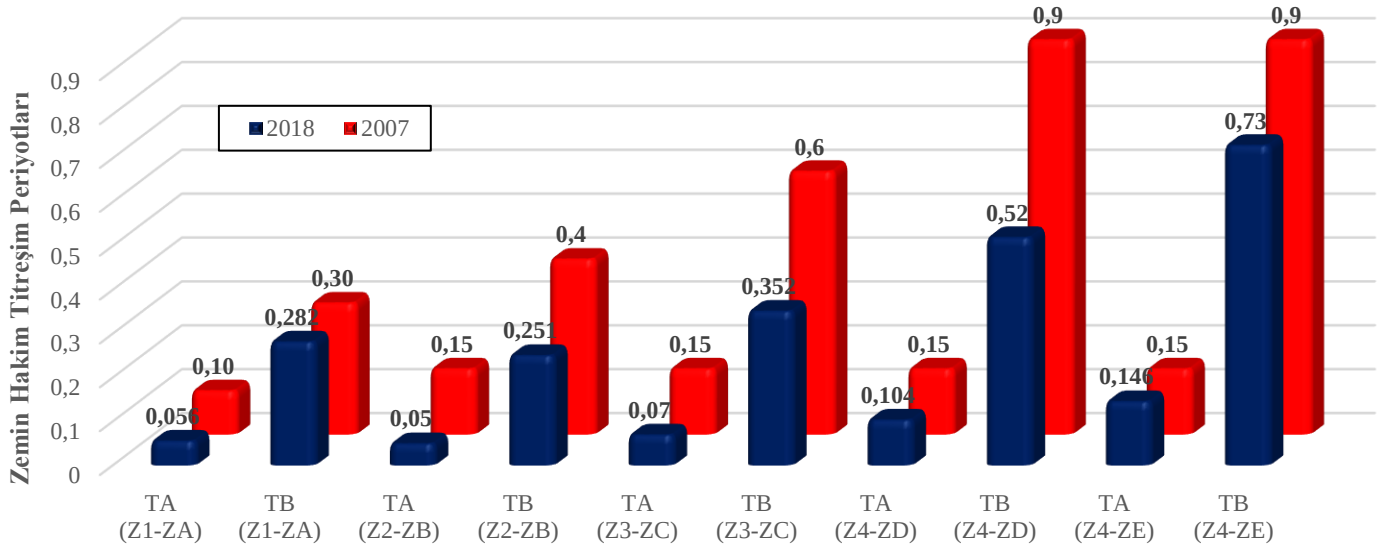
Şekil 15. Elazığ ili Z4- ZE ivme spektrumları

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere 2007 DBYBHY'deki ivme spektrumları tek bir spektrum eğrisi ile ifade edilirken 2018 deprem yönetmeliğinde yönetmelikte tanımlanan deprem yer hareket düzeyleri aynı zemin sınıfında 4 farklı spektrum eğrisi ile ifade edilmektedir. Bu durum 2018 TBDY'de spektrum eğrilerinin deprem yer hareket düzeylerine göre değiştiğini göstermektedir. Her iki bölge için, 2007 DBYBHY'de elastik ivme spektrumundaki köşe periyotlarının ivme değerleri sabit 2.5 değerinde iken, 2018 TBDY'de bu değer koordinata dayalı S1 ve SS parametrelerinin etkisiyle farklı zemin sınıfları ve farklı deprem yer hareket düzeyleri için değişiklik göstermektedir. 2018 TBDY'de farklı deprem yer hareket düzeylerine göre en yüksek ivme değeri DD-1'de görülmekte iken en düşük ivme değerleri DD-4'te elde edilmiştir. 2007 DBYBHY'de deprem tehlikesi tek parametre yani etkin yer ivme katsayısı (A_0) ile ifade edilmektedir. 2018 TBDY'de ise deprem tehlikesi S_S ve S_1 parametreleri ile tanımlanmaktadır. 2007 DBYBHY'de zemin koşulları TA ve TB'yi etkilese dahi ivme spektrumunun yalnızca azalan bölgesi yerel zemin koşullarından etkilenmektedir. Ama 2018 TBDY'de TA ve TB'nin yerel zemin koşullarından etkilenmesinin yanı sıra ivme spektrumunun ivme, hız, deplasman olmak üzere 3 bölgesi de yerel zemin koşullarından etkilenmektedir. Bu etki Türkiye deprem tehlike haritalarından çalışma bölgesi için alınan parametrelerinden zemin özelliklerini ifade eden S_1 parametresi sayesinde gerçekleşmektedir.

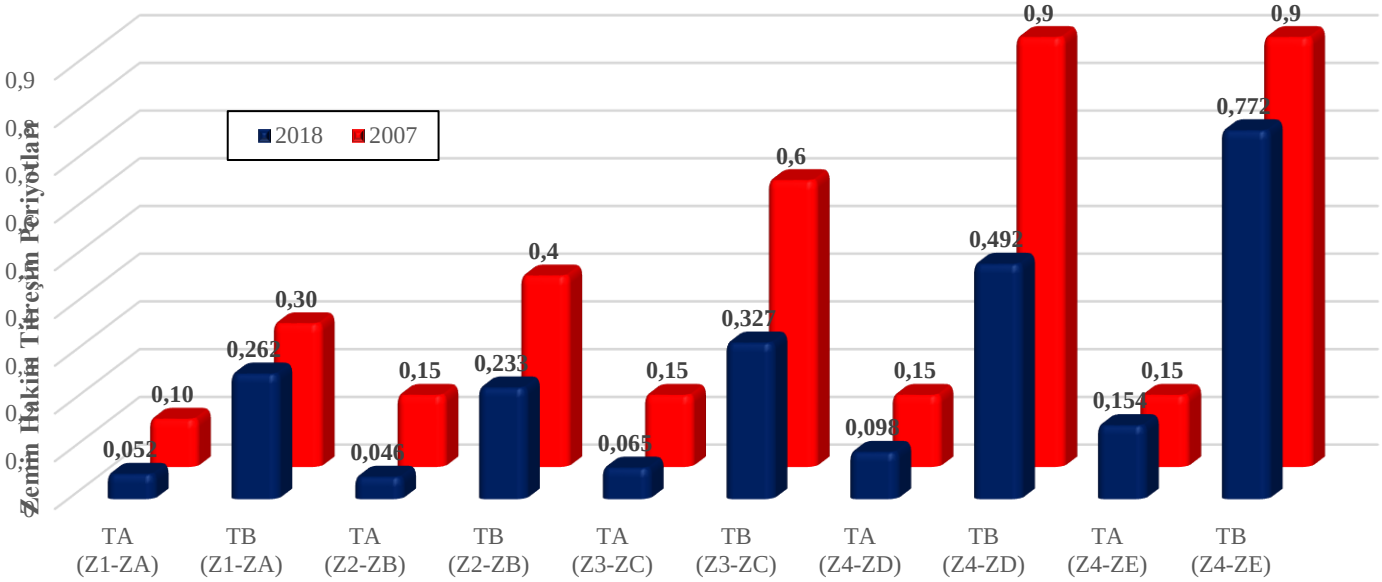
2007 DBYBHY'de spektrumun azalan bölgesindeki spektral ivme $T^{0.8}$ ile değişirken, 2018 TBDY'de T'nin tersi ile değişmektedir. Böylelikle uzun periyotlarda spektral ivme göreli olarak azalmaktadır. 2018 TBDY'deki ivme spektrumunda T_L= 6 sn'den daha uzun periyotlarda sabit spektral yer değiştirme bölgesine geçilmekte ve bu bölgede ivme T^2'nin tersi ile değişmektedir [14]. Bu bilgiler ışığında yukarıdaki grafikler incelendiğinde iki farklı bölgede bulunan Bingöl ve Elazığ illerinin spektrumlarının 2018 TBDY'ne göre farklı olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Bingöl ve Elazığ ili için DD-2'ye göre köşe periyotlarının (T_A ve T_B) karşılaştırılması

DD-2	2007 DBYBHY								2018 TBDY									
	Z1		Z2		Z3		Z4		ZA		ZB		ZC		ZD		ZE	
	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B
BİNGÖL	0.10	0.30	0.15	0.40	0.15	0.60	0.15	0.90	0.056	0.282	0.050	0.251	0.070	0.352	0.104	0.520	0.146	0.730
ELAZIĞ									0.052	0.262	0.046	0.233	0.065	0.327	0.098	0.492	0.154	0.772



Şekil 6. Bingöl ili için DD-2'ye göre köşe periyotlarının (T_A ve T_B) değişimi



Şekil 7. Elazığ ili için DD-2'ye göre köşe periyotlarının (T_A ve T_B) değişimi

Tablo 2'de Bingöl ve Elazığ ili için DD-2'ye göre köşe periyotları verilmiştir. Köşe periyotlarının (TA ve TB) değişimi Bingöl ve Elazığ için sırasıyla Şekil 16 ve Şekil 17'de gösterilmiştir. Her iki grafikten de görüldüğü üzere, 2007 DBYBHY'ne göre Bingöl ve Elazığ ili ivme spektrumlarının köşe periyotları aynı değerleri almaktadır. 2018 TBDY'ne göre ise Bingöl ve Elazığ ilinin benzer zemin koşullarında köşe periyotları SDS ve SD1 parametrelerine bağlı olduğu için farklılık göstermektedir. Koçer vd. [12] Türkiye'deki farklı bölgelerin ivme spektrumlarını inceledikleri çalışmada, 2007 deprem yönetmeliğindeki köşe periyotları bölgesel olarak değişmediği, 2018 TBDY'deki köşe periyotlarının ise bölgesel farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde verilen yerel zemin sınıfları sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. 2007 DBYBHY yerel zemin sınıfları[6]

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	**1.** Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar…	-	-	>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 kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar….	-	-	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 kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar…	-	-	<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 4. 2018 TBDY yerel zemin sınıfları[6]

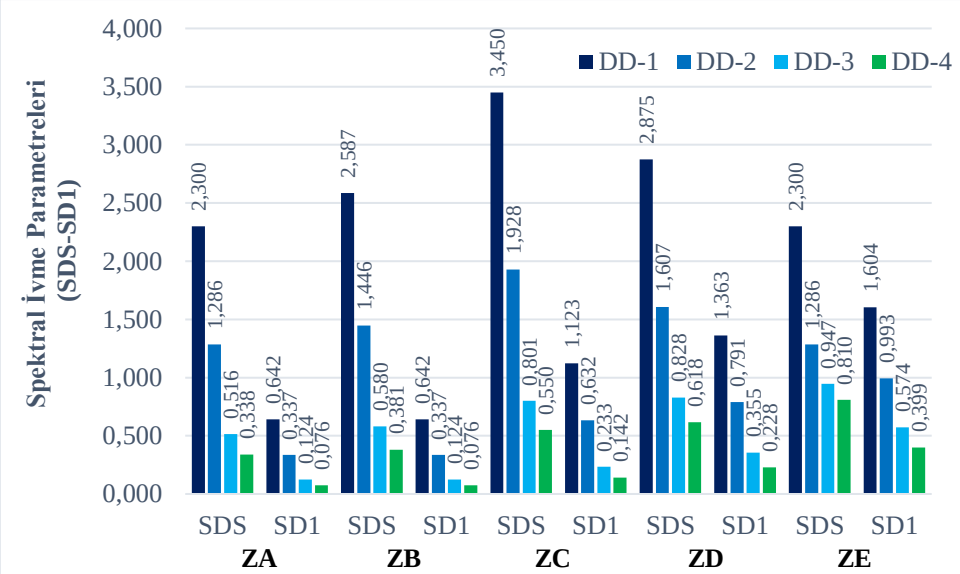
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama $(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrışmış orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>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 (cu<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(sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, 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			

Tablo 5. 2018 TBDY kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları[6]

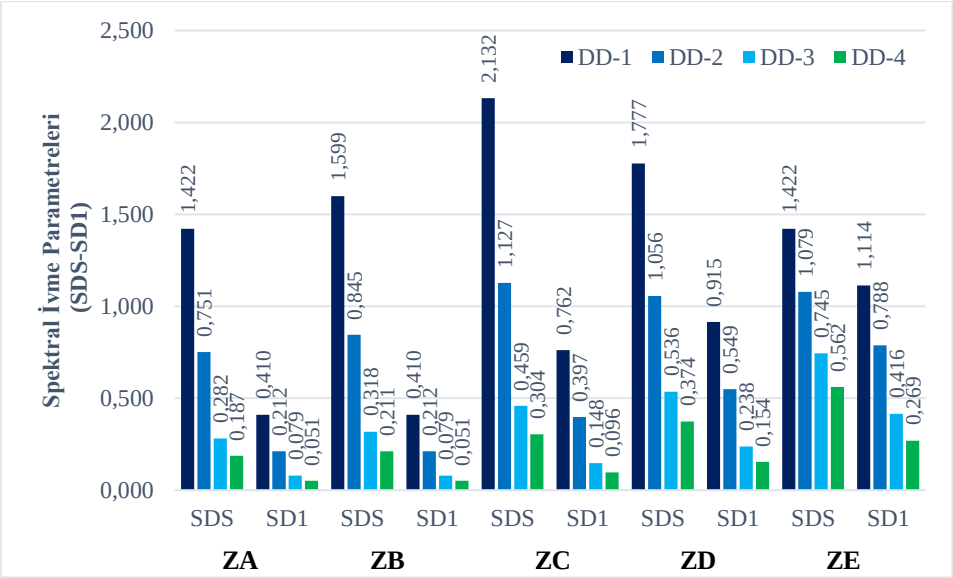
Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı Fs					
	Ss ≤ 0.25	Ss = 0.50	Ss = 0.75	Ss = 1.00	Ss = 1.25	Ss ≥ 1.50
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Tablo 6. 2018 TBDY 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları [6]

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
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 8. 2018 TBDY Bingöl ili için spektral ivme parametrelerinin zemin sınıfı ve deprem tasarım sınıfı için değişimi



Şekil 9. 2018 TBDY Elazığ ili için spektral ivme parametrelerinin zemin sınıfı ve deprem tasarım sınıfı için değişimi

2018 TBDY'de ivme spektrumlarının oluşturulması için kullanılan koordinata dayalı parametreler olan S_{DS} ve S_{D1} değerleri Tablo 5 ve Tablo 6'teki yerel zemin etki katsayılarına göre değişiklik göstermektedir. Şekil 18 ve Şekil 19'da sırasıyla Bingöl ve Elazığ illeri için bu değerlerin değişimi verilmiştir. Şekil 18'de Bingöl ili için verilen S_{DS} ve S_{D1} değerlerinin değişimi incelendiğinde; ZA zemin sınıfından ZC zemin sınıfına doğru S_{DS} değerlerinde bir artış meydana gelmiş iken ZC zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru gidildikçe S_{DS} değerleri azalmıştır. Bu sonuç Şekil 19'daki Elazığ ili için de geçerlidir. Fakat aynı değişim S_{D1} değerleri için geçerli değildir. Şekil 18 ve Şekil 19 incelendiğinde çalışma kapsamında ele alınan her iki bölge için S_{D1} değerleri ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru bir artış göstermektedir. 2018 deprem yönetmeliğinde verilen yerel zemin etki katsayıları tabloları incelendiğinde, kısa periyot ivme katsayıları için verilen F_S yerel zemin etki katsayıları (Tablo 3), S_S değerinin 1'den büyük olduğu durumlarda, ZA zemin sınıfından ZC zemin sınıfına kadar bir artış, ZC zemin sınıfından ZE zemin sınıfına kadar bir azalma göstermesidir. F_S yerel zemin etki katsayılarındaki bu değişimin temel nedeni S_S değerinin 1'den küçük ya da büyük olma durumudur. 2018 TBDY'de verilen yerel zemin etki katsayıları tabloları incelendiğinde, uzun (1.0 sn) periyot ivme katsayıları için verilen F_1 yerel zemin etki katsayıları (Tablo 4), S_1 değerinin ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına kadar bir artış göstermektedir. Şekil 18 ve Şekil 19 incelendiğinde ele alınan bölgelerdeki zemin durumu koordinata dayalı ivme parametrelerinin değişimini doğrudan etkilemektedir.

2018 TBDY'de verilen koordinata dayalı deprem parametrelerinden S_S değeri ilgili bölgenin deprem etkisini, S_1 değeri ele alınan bölgenin zemin özelliklerini ifade etmektedir. 2018 TBDY ile birlikte verilen deprem tehlike haritaları zemin ortamının en üst 30 m'sindeki ortalama kayma dalgası hızının 760 m/sn olduğu zemin durumu için oluşturulmuştur. Bu değer deprem yönetmeliğinde tanımlanan zemin sınıflandırmasında ZB ile ZC arasında bir değere karşılık gelmektedir [14]. Bu nedenle 2018 deprem yönetmeliğinde verilen yerel zemin etki katsayısı tabloları (Tablo 3, Tablo 4) ZA ve ZB yerel zemin sınıfları için bir azaltma ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için ise bir büyütme öngörmektedir. Sadece, S_S ivme parametresi için verilen F_S yerel zemin etki katsayısı değerleri S_S'in 1 ve 1'den büyük olduğu durumlarda ZC zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru yapılması gereken büyütme oranında bir azalma göstermektedir. Bunun nedeni ivme değerlerinin büyük olduğu durumlarda ek bir zemin büyütmesinin önüne geçmektir.

Sonuçlar

Bu çalışmada 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre Bingöl ve Elazığ ilinin ivme spektrumları arasındaki farklar incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 2007 deprem yönetmeliğinde tek deprem yer hareket düzeyine göre (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan standart deprem yer hareketi) ivme spektrumu oluşturulurken, 2018 deprem yönetmeliğinde DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 farklı deprem yer hareket düzeyine göre ivme spektrumları elde edilmektedir.

- 2007 deprem yönetmeliğinde deprem bölgesi kavramı bulunurken 2018 deprem yönetmeliğinde koordinata dayalı deprem parametreleri elde etmeye olanak sağlayan deprem tehlike haritaları getirilmiştir.

- 2007 deprem yönetmeliğinde ivme parametresi olarak A_0, etkin yer ivme katsayısı yerel zemin sınıflarına göre sabit katsayılar olarak verilmiş iken, 2018 deprem yönetmeliğinde ivme katsayıları koordinata dayalı olarak deprem tehlike haritalarından elde edilmektedir.

- 2007 deprem yönetmeliğinde köşe periyotları sabit değerler alırken, 2018 deprem yönetmeliğine göre S_{DS} ve S_{D1} parametrelerine bağlı olarak bölgesel değişmektedir.

- S_S'in 1'den küçük olduğu değerler için verilen yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak S_{DS} değerleri sürekli bir artış gösterirken, 1 ve 1'den büyük değerleri için yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak S_{DS} değerinin ZC yerel zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru artış miktarında bir azalma meydana gelmiştir.

- S_1 parametresinin bütün değerlerinde zemin sınıflarında iyi zeminden kötü zemine doğru S_{D1} parametresi sürekli bir artış göstermektedir.

- Deprem tasarım esaslarında koordinata bağlı çalışan 2018 Türk deprem yönetmeliğinde ivme spektrumları kullanılacağı konumuna göre değişiklik göstermektedir. 2007 Türk deprem yönetmeliğinde ise ivme spektrumları konuma göre değişiklik göstermemektedir. Bu nedenle deprem tasarım esasları açısından, 2018 Türk deprem yönetmeliğindeki ivme değerlerinin, 2007 Türk deprem yönetmeliğindeki sabit ivme değerlerine kıyasla ekonomik ve emniyetli bir durum gösterdiği söylenebilir.

- Bu çalışma, ülkemizde uzun yıllardan beri kullanımda olan Deprem Binalarında Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'den Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e geçildikten sonra yapılan çalışmaların, günümüz inşaat teknolojisine uyumlu, güncel hesap yaklaşımlarıyla yapıların davranışlarını daha doğru yansıtabildiğini göstermektedir. Çalışmanın literatürde yer alan mevcut çalışmalara kıyasla yönetmeliklerdeki ivme spektrum kavramını daha detaylı olarak açıklamakta ve örneklerle karşılaştırmaktadır. Ayrıca, çalışma ile birlikte 2018 Türk deprem yönetmeliğine göre deprem hesapları yapılırken, hesaplarda büyük öneme sahip ivme spektrumu kavramı daha kolay anlaşılacaktır.

Kaynaklar

[1]Celep, Z.,Kumbasar, N., (2005). Betonarme Yapılar, *Beta Basım Yayın*.

[2]Rangin, C.,Bader, A.G., Pascal, G., Ecevitoğlu, B., Görür, N., (2002). Deep structure of the Mid Black Sea High (offshore Turkey) imaged by multi-channel seismic survey (BLACKSIS cruise), *Marin Geology*.

[3]K.R. ve D.A. Enstitüsü, (2019). Türkiye'de Meydana Gelen Büyük Depremler, Kandilli Rasath. *koeri.boun.edu.tr*.

[4]Alyamaç, K.E., Erdoğan, A.S., (2005). Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, *Deprem Sempozyumu*. 707–715.

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

[6]Afet ve Acil Durum Başkanlığı,(2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018(TBDY-2018).

[7]Tunç, G., Tanfener, T., (2016). 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi.

[8]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.

[9]Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2018). *http//:tdth.afad.gov.tr*.

[10]Afet ve Acil Durum Başkanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007(DBYBHY-2007), (2007).

[11]Öztürk, D., Bozdoğan, K.B., (2013). Elastik Ötesi Spektrum Kullanılarak Yapıların Doğrusal Olmayan Analizi, *SDU International Technol. Sci. 5*, 49–55.

[12]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**, 43–58.

[13]Fan, X., Wang, K., Xiao, S., (2018). Large-scale parallel computation for earthquake response spectrum analysis, *Engineering Computations* **35**, 800–817.

[14]Aydınoğlu, N.M., Celep, Z., Özer, E., Özaydın, K., (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Eğitim Sunumları, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası*.

[15]Housner, G.W., (1952). Spectrum Intensities of Strong-Motion Earthquakes, *Symp. Earthq. Blast Effect Structure*.

[16]Seed, H.B., Idriss, I., M., (1982). Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquakes.

[17]Newmark, N., Hall, W., (1982). Earthquake Spectra and Design, *EERI Monogr.*

[18]International Building Code 2018(IBC-2018), (2018). *International Code Council.*

[19]Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures(ASCE 7-16), (2017). *American Society of Civil Engineers.*

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

[21]Chopra, A., K., (2007). Elastic response spectrum: A historical note, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. **36**, 3-12.

[22]Song, J., Chu, Y., Liang, Z., Lee, G., C., (2007). Estimation of peak relative velocity and peak absolute acceleration of linear SDOF systems, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. **6(1)**, 1-10.

[23]Uçar, T., Merter, O., (2012). Binaların deprem hesabında kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemleriyle ilgili bir irdeleme, *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg*. **2**, 15-31.

[24]Kale, Ö., Akkar, S., (2015). Tasarım spektrumu köşe periyotları ve zemin amplifikasyon katsayılarının olasılıksal sismik tehlike analizleri ile belirlenmesi, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, DEÜ- İzmir.

[25]Yon, B., Calayir, Y., (2015). The soil effect on the seismic behaviour of reinforced concrete buildings, *Earthquake and structures* **8**, 133-152.

[26]Yon, B., Oncu, M.E., Calayir, Y., (2015). Effects of seismic zones and local soil conditions on response of RC buildings, *Gradevinar* **67**, 585-596.