



2007 ve 2018 Türkiye deprem yönetmeliklerindeki doğrusal hesap yöntemlerinin Sivas ili Merkez ilçesi özelinde karşılaştırılması

Comparison of linear calculation methods in 2007 and 2018 Turkish earthquake codes for the Central district of Sivas province

Alperen Türkay^{1,*} 

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas Türkiye

Öz

Bu çalışmada, Sivas ili Merkez ilçesinin depremselliği hem Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY-2007) esaslarına göre hem de Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) esaslarına göre araştırılmıştır. Bu kapsamda 5 ve 8 katlı betonarme binalar ETABS sonlu eleman programı kullanılarak tasarlanmıştır. Örnek binaların deprem hesaplarında, her iki yönetmelik için de hem eşdeğer deprem yükü yöntemi hem de mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Zemin sınıfları değiştirilerek analizler tekrarlanmıştır. Bu şekilde, Sivas ili Merkez ilçesinde bulunduğu düşünülen örnek binaların modal analiz sonuçları, taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırılarak Sivas ili Merkez ilçesinde olduğu düşünülen örnek binalar özelinde DBYBHY-2007 ile TBDY-2018 yönetmeliklerinin doğrusal hesap yöntemleri arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda sismik tehlike haritaları, deprem parametreleri, tasarım spektrumları ve zemin parametreleri gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda TBDY-2018'in daha ayrıntılı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Türkiye bina deprem yönetmeliği, Eşdeğer deprem yükü yöntemi, Mod birleştirme yöntemi, Tasarım spektrumu, Zemin sınıfı, Doğrusal hesap yöntemi

1 Giriş

Türkiye, depremsellik açısından dünya genelindeki riskli ülkelerden birisidir. Ülke topraklarının neredeyse tamamı deprem tehlikesi altındadır. Geçmişte meydana gelen birçok yıkıcı deprem bu durumun açık bir göstergesidir. Bu depremler, ülke açısından telafisi mümkün olmayan can kayıplarına ve çok büyük ekonomik zararlara sebep olmuştur. Fay hatlarının çok yoğun olduğu böyle bir ülkede, deprem yönetmelikleri büyük önem taşımaktadır. 1939 Erzincan depremi, 1942 Niksar-Erbaa depremi, 1944 Bolu-Gerede depremi gibi 1940'lı yıllarda meydana gelen depremler, ülke genelinde depreme dayanıklı yapı tasarımı çalışmalarını başlatmış ve bu çalışmaların sonucu olarak deprem yönetmeliklerini ortaya çıkarmıştır. Türkiye'de ilk deprem yönetmeliği 1940 yılında yayınlanmış olup

Abstract

In this study, the seismicity of the Central district of Sivas province was investigated according to the principles of both the Regulation on Buildings to be Constructed in Earthquake Zones 2007 (DBYBHY-2007) and the Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBDY-2018). 5 and 8 story reinforced concrete buildings were designed using the ETABS finite element program. In the seismic calculations of the sample buildings, both the equivalent seismic load method and the response spectrum analysis method were used for both codes. The analyses were repeated by changing the soil classes. In this way, the modal analysis results, base shear forces, and roof displacements of the sample buildings considered to be located in the Central district of Sivas province were obtained. By comparing the results, the differences between the linear calculation methods of the DBYBHY-2007 and TBDY-2018 codes were revealed, specifically for the sample buildings considered to be in the Central district of Sivas province. As a result of the comparisons, it is revealed that TBDY-2018 is more detailed when factors such as seismic hazard maps, earthquake parameters, design spectra and soil parameters are taken into consideration.

Keywords: Turkish building earthquake code, Equivalent earthquake load method, Response spectrum analysis method, Design spectrum, Soil class, Linear calculation method

günümüze kadar birçok kez güncellenmiştir (Tablo 1). Deprem yönetmelikleri, yapı ve deprem mühendisliğindeki gelişmeler göz önünde bulundurularak güncellenmektedir. Türkiye'de kullanılan son iki deprem yönetmelikleri, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY-2007) [1] ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'dir (TBDY-2018) [2]. Ayrıca, bu yönetmeliklerle birlikte kullanılmak ve ülkenin sismik risk bölgelerini ortaya koymak için, deprem bölgeleri haritaları da geçmişten günümüze kadar birçok kez yayınlanmıştır. Yapılan birçok çalışma deprem bölgeleri haritalarının oluşturulmasına ışık tutmuş ve yapılan çalışmalar ışığında deprem bölgeleri haritaları da zaman içinde revizyonlara uğramıştır (Tablo 2).

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: aturkay@cumhuriyet.edu.tr (A. Türkay)
Geliş / Received: 20.10.2025 Kabul / Accepted: 16.12.2025 Yayınlanma / Published: 15.01.2026
doi: 10.28948/ngumuh.1807671

Tablo 1. Türkiye deprem yönetmelikleri tarihsel gelişimi

Yönetmelik adı	Yürürlük tarihi
Zelzele muntakalarında yapılacak inşaatla ait İtalyan yapı talimatnamesi	1940
Zelzele muntakaları muvakkat yapı talimatnamesi	1944
Türkiye yer sarsıntısı bölgeleri yapı yönetmeliği	1949
Yer sarsıntısı bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik	1953
Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik	1962
Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik	1968
Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik	1975
Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik	1998
Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik	2007
Türkiye bina deprem yönetmeliği	2018

Tablo 2. Türkiye dep. bölgeleri haritaları tarihsel gelişimi

Harita adı	Yürürlük tarihi
Yer sarsıntısı bölgeleri haritası	1945
Yer sarsıntısı bölgeleri haritası	1947
Türkiye deprem bölgeleri haritası	1963
Türkiye deprem bölgeleri haritası	1972
Türkiye deprem bölgeleri haritası	1996
Türkiye deprem tehlike haritası	2018

Bu kapsamda, Türkiye deprem yönetmeliklerinin ve deprem bölgeleri haritalarının hem tarihsel gelişimleri ile alakalı hem de karşılaştırılmaları ile alakalı literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Pampal ve Özmen [3-4] yaptıkları çalışmalarda, Türkiye’de deprem çalışmalarına 1940’lı yıllardaki depremlerde meydana gelen büyük kayıplar neticesinde başladığını belirtmişlerdir. Çalışmalarda, geçmişten günümüze kadar olan deprem bölgeleri haritalarını araştırmak amaçlanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, Türkiye tarihi boyunca resmi olarak kullanılan deprem bölgeleri haritaları hakkında ayrıntılı bilgi vermek amaçlanmıştır [5]. Zemin koşullarının yapı tasarımında önemli bir rol oynadığı farklı bir çalışmada belirtilmiştir. Çalışmada, Kırıkkale ilinin zemin özelliklerinin belirlenmesi ve şehirleşmeye rehber olması açısından elde edilen veriler kullanılmıştır. Doğrusal hesaplarla tek boyutlu deprem tepki analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda bölgenin zemin özellikleri ve ivme parametreleri değerlendirilmiştir [6]. Tunç ve Tanfener [7] yaptıkları çalışmada, 2007 ve 2016 deprem yönetmeliklerinin farklarını ortaya koymuşlardır. Ayrıca örnek bir model üzerinden tasarımsal farklılıklar karşılaştırılmıştır. 2016 deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte uygulamada karşılaşılabilecek sorunlar açıklanmaya çalışılmıştır. Demir ve Kayhan [8] yaptıkları çalışmada, 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerini, zaman tanım alanında hesap yöntemi ile yapılan analiz sonuçlarını göz önünde bulundurarak karşılaştırmışlardır. Bu kapsamda farklı dinamik karakteristiklere sahip tek serbestlik dereceli sistemler oluşturulmuş ve bu sistemler kullanılarak doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ile maksimum ötelenme taleplerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Öztürk vd. [9] betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliklerinin yönetmeliklerde birbirlerinden farklı olduğunu

belirtmişlerdir. Yapılan çalışma ile etkin kesit rijitlikleri analitik olarak farklı yönetmelik koşullarına göre karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda Eurocode-8, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’in taslağı kullanılmıştır. Farklı enkesit ve donatılara sahip betonarme kolonlar kullanılarak etkin kesit rijitliklerindeki değişim ile analiz sonuçları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Xtract programıyla yapılan analiz sonuçları ile 3 yönetmeliğe göre belirlenen değerler karşılaştırıldığında, Eurocode-8 ve taslak TBDY-2018 yönetmelikleri tarafından belirlenen değerlerin analiz sonuçlarından oldukça farklı olduğu, DBYBHY-2007 yönetmeliği tarafından belirlenen değerlerin diğer yönetmeliklere nazaran analiz sonuçlarına daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri için tasarım spektrumları elde edilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmada, bölgelerin depremsellikleri göz önünde bulundurularak 4 tane il seçilmiştir. Aynı zamanda, farklı zemin sınıfları da göz önünde bulundurularak kıyaslama genişletilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde, zayıf zemin sınıflarında 2018 deprem yönetmeliğinin daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür [10]. Keskin ve Bozdoğan [11] yaptıkları çalışmada, Kırklareli ili için 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini kullanarak çeşitli karşılaştırmalarda bulunmuşlardır. İki yönetmelik koşulları göz önünde bulundurularak, farklı zemin sınıfları için tasarım spektrumları elde edilmiş ve kıyaslanmışlardır. Ayrıca, örnek 4 katlı bir bina için yine farklı zemin sınıfları göz önünde bulundurularak yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. 2018 deprem yönetmeliği ile, deprem analizlerinin daha gerçekçi hale getirildiği çalışma sonucunda belirtilmiştir. Öztürk [12] yaptığı bir çalışmada, 2019 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinin ve deprem tehlike haritalarının bir önceki yönetmelik koşullarına göre köklü değişiklikler içerdiğini belirtmiştir. Bu kapsamda çalışma, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini özellikle tasarım spektrumu açısından karşılaştırmıştır. İç Anadolu Bölgesi’nde deprem riski farklı olan 4 tane il seçilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ile güncellenen Türkiye Sismik Tehlike Haritalarının, dünya genelinde bu konuda gerçekleştirilen son çalışmaların dikkate alınması ile meydana getirildiği başka bir çalışmada bahsedilmiştir. Belirlenen yeni haritalarda, zemin sınıfları ve yıllık aşılma seviyeleri göz önünde bulundurulmuş olup özellikle kısa ve uzun periyot spektral ivme değerlerinin tüm ülkedeki değişimini gösterdiği çalışmada belirtilmiştir [13]. Ulutaş [14] yaptığı çalışmada, özellikleri farklı kiriş, kolon ve perde kesitlerinde hem 2007 deprem yönetmeliğine göre hem de 2018 deprem yönetmeliğine göre kesit hasar seviyeleri belirlemiştir. İki yönetmeliğin hasar seviyeleri açısından durumları karşılaştırılmıştır. Dayanımı yüksek malzemeye sahip elemanlar için hasar seviyeleri karşılaştırıldığında, iki yönetmelik değerlerinin birbirlerinden çok farklı olduğu tespit edilmiştir. Düşük dayanımlı malzeme ile oluşturulan elemanlarda ise hasar sınırlarının birbirlerine yakın çıktığı görülmüştür. Nemutlu vd. [15] yaptıkları çalışmada, Bingöl ve Elazığ il merkezleri için kullanılacak ivme spektrumlarını hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalarda, hem 2007 deprem yönetmeliği hem

de 2018 deprem yönetmeliği kullanılmış ve yönetmelikler kıyaslanmıştır. Çalışmada iki farklı yer hareketi düzeyi kullanılmıştır. İvme spektrumları, köşe periyotları ve spektrum katsayıları incelenmiştir. 2018 deprem yönetmeliğinin kullandığı Türkiye deprem tehlike haritalarından dolayı iki yönetmelik arasında ivme spektrumlarının farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Daha ayrıntılı bir şekilde ivme spektrumlarının hesaplanmasına olanak sağlayan 2018 deprem yönetmeliğinin, bu konuda daha güvenli olduğu çalışmada belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, Türkiye'nin 81 il merkezi için spektral ivme değerleri, 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri kurallarına göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yönetmeliklerin karşılaştırılması sonucunda, özellikle zayıf zeminlerdeki tasarım spektral ivme değerleri için 2018 deprem yönetmeliğine göre hesaplananların daha büyük olduğu ortaya çıkmıştır [16]. Ünsal vd. [17] tarafından yapılan çalışmada, bina yükseklikleri farklı olan 26 adet model için analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde taban kesme kuvveti değerleri ve tepe deplasman değerleri elde edilmiştir. Bina yüksekliğinin değişmesinin, elde edilen sonuçları nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Tüm analizler hem TBDY-2018 hem de DBYBHY-2007 yönetmelikleri için gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda, TBDY-2018'e göre elde edilen taban kesme kuvvetlerinin daha düşük değerler aldığı ortaya çıkmıştır. Taban kesme kuvveti değerlerinin benzer olduğu modellerde ise TBDY-2018'e göre hesaplanan tepe deplasman değerlerinin daha büyük çıktığı çalışmada belirtilmiştir. Seyrek [18] yaptığı çalışmada, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin tasarım spektrumları arasındaki farkları Ege bölgesi için araştırmıştır. Zemin koşullarının hesaplamaları nasıl etkilediği çalışmada belirlenmiştir. İki yönetmeliğin kullandığı deprem bölgeleri haritalarının farklılıkları ortaya konulmuş, hesaplamaları nasıl etkilediği incelenmiştir. Karaca vd. [19] yaptıkları çalışmada, 2007 ve 2019 deprem yönetmelikleri arasındaki farkları ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu kapsamda, 2019 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan 5 adet binanın, 2007 deprem yönetmeliğine göre değerlendirmeleri yapılmıştır. Binaların tasarımı Niğde il merkezine göre yapılmıştır. 2019 deprem yönetmeliği ile gelen en önemli yeniliklerden birinin zemin etkisinin tasarım denklemlerine 2007 deprem yönetmeliğine göre daha fazla dahil olduğu çalışma sonucunda belirtilmiştir. Döndüren vd. [20] yaptıkları çalışmada, İstanbul ve Konya'da olduğu kabulü ile bina modelleri oluşturmuşlardır. Bu modellerde 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri için analizler gerçekleştirmişlerdir. Analizler sonucunda yapılan karşılaştırmalardan birinde, 2018 deprem yönetmeliğinde 2007 deprem yönetmeliğine göre kat deplasmanlarında artış, kat kesme kuvvetlerinde ise düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, Kapadokya bölgesinde bulunan illerin il merkezleri için 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri kullanılarak tasarım spektral ivme değerleri karşılaştırılmıştır. Zemin koşullarının tasarım spektral ivme değerlerini nasıl etkilediği iki yönetmelik için de incelenmiştir. Yönetmelik karşılaştırması dışında, zemin sınıfının değişiminin yapılarda meydana gelecek yükler üzerindeki etkileri de çalışma kapsamında araştırılmıştır

[21]. Çaycı ve Eldemir [22] yaptıkları çalışmada, 5 farklı betonarme bina için doğrusal olmayan analizler gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler ile, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007'de verilmiş olan hasar sınırları ve bina performans seviyeleri kıyaslanmıştır. Yönetmelikler arasında hasar sınırlarında önemli farklar olduğu ortaya konulmuştur. DBYBHY-2007 koşullarına göre performans düzeyini sağlayan binaların, daha katı sınır koşullarına sahip olan TBDY-2018 koşullarına göre yetersiz kalma ihtimali olduğu çalışmada belirtilmiştir. Karaca [23] yaptığı çalışmada, 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ndeki (TBDY-2019) zemin özelliklerinin yapı tasarımına etkilerini incelemiştir. Bu kapsamda, farklı özelliklere sahip binalar tercih edilmiş ve çatı katı yanal ötelemelerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Çalışma sonucunda, özellikle zayıf zeminlerde bir önceki yönetmelik olan 2007 Deprem Yönetmeliğine göre TBDY-2019'da çok daha büyük deprem yüklerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Akyıldız ve Ayhan [24] yaptıkları çalışmada, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerindeki farkların, yapıların tasarımlarını ve maliyetlerini etkilediğini belirtmişlerdir. İki deprem yönetmeliğine göre yapılan analizler sonucunda, yapıların tasarımları için ortaya çıkan yapı maliyetleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada 2018 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan bir binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarlanana göre daha maliyetli olduğu ortaya çıkmıştır. Bayrakçı vd. [25] yaptıkları çalışmada, Eskişehir il merkezi için farklı zemin sınıflarını göz önünde bulundurarak spektral ivme değerleri ve zemin köşe periyotları hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalarda, hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018 kullanılmıştır. İki yönetmelik sonuçları karşılaştırılmıştır. Cansız [26], çalışma kapsamında, Türkiye'de ilk çıkan deprem yönetmeliğinden günümüzde kullanılan deprem yönetmeliğine kadarki tüm yönetmelikleri incelemiş, yönetmeliklerdeki farklılıkları ve gelişmeleri gözlemlemiştir. Ayrıca örnek yapılar üzerinde yapılan analizler neticesinde, yönetmelikler ile alakalı iki farklı karşılaştırmada bulunmuştur. Birinci karşılaştırmada tüm Türk deprem yönetmelikleri için eşdeğer deprem yükü değerlerini karşılaştırmış, ikinci karşılaştırmada ise Amerikan yönetmeliği ile yürürlükte olan Türk deprem yönetmeliği için itme analizi sonuçlarını karşılaştırmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde, en yeni deprem yönetmeliğinin daha gerçekçi eşdeğer deprem yükü hesapladığı görülmüştür. Ayrıca itme analizi karşılaştırmalarında, Türk deprem yönetmeliğinin Amerikan yönetmeliğine göre daha güvenli tarafta kaldığı gözlemlenmiştir. Karaca [27] yaptığı çalışmada, 2023 yılında Kahramanmaraş'ın ilçelerinde meydana gelen iki büyük depremin birçok şehirde hissedildiğini, hissedilen şehirlerden birisinin de Niğde olduğunu belirtmiştir. Çalışma kapsamında, bu iki deprem için Niğde il merkezindeki aletler tarafından kaydedilen ivme değerleri ile tasarım ivmeleri karşılaştırılarak araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yapı periyodunun 1.00 saniye civarında olması durumunda Elbistan depremi için ivme değerlerinin tasarım ivmelerinin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Türkiye'nin orta Anadolu fay bölgesi için yapılan bir çalışmada, bölgede meydana gelen depremlerin yer hareketi kayıtları, mevcut

tasarım tepki spektrumlarına uygun tek serbestlik dereceli sistemler için incelenmiştir. Gerçek yer hareketi kayıtlarının kullanılabilmesi için yapılacak ölçeklemenin önemi çalışmada bahsedilmiştir. Tasarım spektrumlarına uyumlu olabilecek yer hareketi kayıtlarının belirlenmesinin önemli olduğu çalışmada vurgulanmıştır [28]. Yapılan başka bir çalışmada da, Türkiye'nin farklı sismik risk bölgelerini göz önünde bulundurarak iki prefabrik betonarme sanayi yapısının deprem davranışları araştırılmıştır [29].

Daha önce yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere, DBYBHY-2007 [1] ve TBDY-2018 [2] arasında birçok fark göze çarpmaktadır. Bu farklar yapı tasarımı ve analiz sonuçlarında da farklılıkları beraberinde getirmektedir. İki yönetmelikteki tasarım spektrumu esaslarında, yerel zemin sınıflarında, deprem bölgeleri haritalarında, doğrusal hesaplarda kullanılan deprem parametrelerinde farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada, Sivas ili Merkez ilçesi özelinde örnek binalar üzerinde bu farklılıklar araştırılmıştır. Bu kapsamda örnek binalara DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esasları çerçevesinde eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Örnek binaların zemin sınıfları değiştirilerek hesaplar tekrarlanmıştır. Elde edilen hesap sonuçları karşılaştırılarak yönetmeliklerin birbirlerinden farkları ortaya koyulmuştur.

2 Materyal ve metot

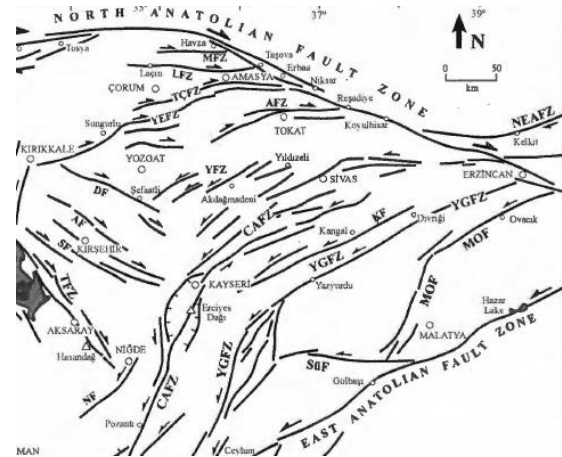
2.1 Sivas ili sismik risk durumu

Türkiye'nin yüzölçümü bakımından ikinci büyük ili olan Sivas, İç Anadolu Bölgesi'nin yukarı kıvrılmak bölümünde yer almaktadır (Şekil 1). Sivas ilinin her ne kadar Merkez ilçesi sismik açıdan çok riskli olmasa da, diğer ilçeleri de göz önünde bulundurulduğunda Sivas'ın depremsellik açısından riskli bir bölgede olduğu görülmektedir [30]. Şekil 2 ile verilen Orta Anadolu Bölgesi için oluşturulmuş haritalar da bu durumu doğrulamaktadır [31, 32]. Sivas'ın Gölova, Akıncılar, Suşehri ve Koyulhisar gibi kuzey ilçelerinden dünyaca bilinen ve sismik açıdan çok tehlikeli olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) geçmektedir. 1939 Erzincan depremi başta olmak üzere, Sivas ilinin kuzey bölgelerinde ve KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremlerden bahsi geçen dört ilçe çok fazla etkilenmiştir. Yine Sivas'ın kuzey bölgelerinde bulunan kelkit vadisi KAFZ'nun etkisi altında gelişmiştir. Sivas ili için önemli olan bir diğer fay Deliler fayıdır. Bu fay Sivas'ın Gemerek, Şarkışla ve Ulaş ilçelerinden geçmektedir. Zara ve Divriği ilçelerinden geçen Divriği fayı ise Deliler fayının devamında bulunmaktadır. Sarız, Ayvalı ve Gürün fayları Sivas'ın güneyinde bulunan Gürün ilçesinde bulunmaktadır. Merkez ilçesi için riskli olabilecek faylar, daha yakın olmasından dolayı Deliler fayı ve büyük depremler üretebilmesinden dolayı KAFZ'dur. Bu iki fay aynı zamanda Sivas ili için deprem riski oluşturabilecek aktif faylardır. Sivas ilinin diri fay haritası ve 1900-2020 yılları arasında meydana gelen magnitüd değeri 4'ten büyük olan depremler Şekil 3 ile verilmektedir. Bu tarihlerde ve büyüklüklerde toplam 48 adet deprem kaydı bulunmaktadır. Bahsedilen deprem kayıtlarından en önemlilerine örnek olarak, magnitüd değeri 6.4 olan 1909 Koyulhisar depremi, magnitüd değeri 6.1 olan 1929 Suşehri depremi söylenebilmektedir. Bu zaman diliminde Sivas kent

merkezine yakın olan en büyük depremin magnitüd değerinin 5.1 olduğu görülmektedir. Meydana gelen depremlerin büyük bir bölümünün magnitüd değerlerinin 4-5 arasında olduğu, daha büyük olan depremlerin ise sismik açıdan daha aktif olan bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir [30]. Bir önceki deprem bölgeleri haritası olan 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre, Sivas ili genelinin depremselliği Tablo 3 ile verilmektedir. Bahsi geçen harita depremselliği, 1. derece en riskli ve 5. derece en az riskli olmak üzere 5 derece ile ifade etmektedir. Tablo 3'ten de görüldüğü üzere Sivas ili toprakları neredeyse tüm sismik risk bölgelerini içermektedir. Sivas'ın kuzey bölgelerinde olan ilçeler 1. derece deprem bölgesinde yer alırken, güneye doğru geçişli olarak azalmakta ve 4. dereceye düşmektedir. KAFZ üzerindeki Koyulhisar, Suşehri, Akıncılar, Gölova, İmranlı, Zara ve Doğanşar ilçeleri 1. derece deprem bölgeleridir. Merkez ilçesi ise 3. derece deprem bölgesidir [30, 33]. Şu an yürürlükte olan 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritasında ise Sivas ili için en büyük yer imesi değerlerinin KAFZ ve Deliler fayı civarlarında yoğunlaştığı görülmektedir [30, 34].



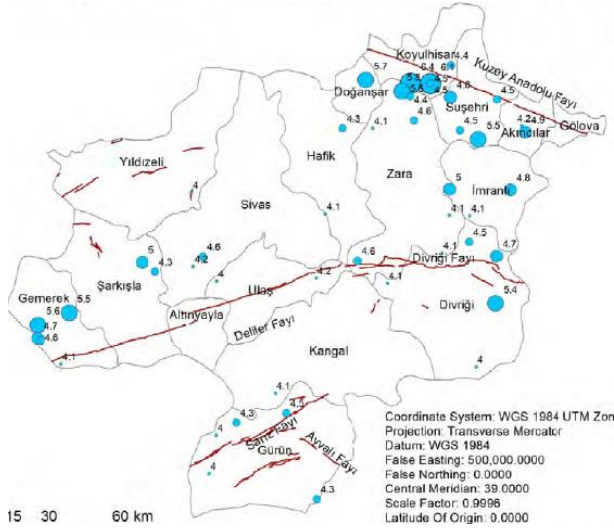
Şekil 1. Sivas ilinin Türkiye haritasındaki konumu [30]



Şekil 2. Orta Anadolu Bölgesi fayların konumu [31, 32]

Tablo 3. Sivas ili deprem bölgeleri [33]

Deprem bölgesi	İlçe adı
1. derece	Akıncılar, Doğanşar, Gölova, İmranlı, Koyulhisar, Suşehri, Zara
2. derece	Hafik
3. derece	Merkez, Altınyayla, Divriği, Gemerek, Şarkışla, Yıldızeli
4. derece	Gürün, Kangal, Ulaş
5. derece	-



Şekil 3. Sivas ilinin diri fay haritası ve 4'ten büyük meydana gelen depremler [30]

2.2 Örnek binaların genel özellikleri

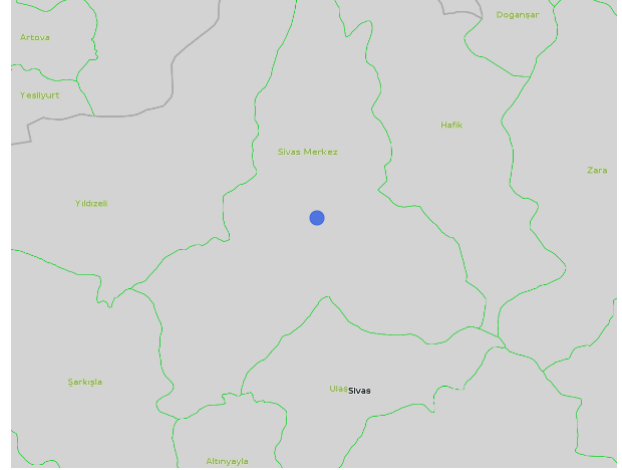
Yapılan çalışmada, 5 ve 8 katlı betonarme iki binada farklı zemin sınıfları için DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre deprem hesapları gerçekleştirilmiştir [1, 2]. Örnek binalar X ve Y doğrultularında simetrik olduğu için bir doğrultu için olan sonuçlar verilmiştir.

Çalışmaya konu olan yapılarındaki farklı parametreleri tanımlayabilmek için hesaplanan her model isimlendirilmiştir (Tablo 4). 2007_5k_Z1 şeklindeki bir isimlendirmede; 2007 hesabın DBYBHY-2007'ye göre yapıldığını, 5k binanın 5 katlı olduğunu ve Z1 yerel zemin sınıfını ifade etmektedir. Benzer şekilde 2018_8k_ZA şeklindeki bir isimlendirmede de; 2018 hesabın TBDY-2018'e göre yapıldığını, 8k binanın 8 katlı olduğunu ve ZA yerel zemin sınıfını ifade etmektedir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan modeller

DBYBHY-2007		TBDY-2018	
2007_5k_Z1	2007_8k_Z1	2018_5k_ZA	2018_8k_ZA
2007_5k_Z2	2007_8k_Z2	2018_5k_ZB	2018_8k_ZB
2007_5k_Z3	2007_8k_Z3	2018_5k_ZC	2018_8k_ZC
2007_5k_Z4	2007_8k_Z4	2018_5k_ZD	2018_8k_ZD
		2018_5k_ZE	2018_8k_ZE

Örnek binaların Sivas ili Merkez ilçesinde 39.752798 enlem ve 37.014788 boylam koordinatlarında olduğu düşünülmüştür (Şekil 4). 15.00 m yüksekliğinde 5 katlı ve 24.00 m yüksekliğinde 8 katlı olarak tasarlanan binaların kat yükseklikleri 3.00 m olarak belirlenmiştir. Binalar her iki doğrultuda da 5 açıklıklı olarak modellenmiş olup açıklık uzunlukları 4.00 m olarak belirlenmiştir. Bütün binalarda C25/30 ($f_{ck}=25$ MPa) beton sınıfı ve B420C ($f_{yk}=420$ MPa) donatı sınıfı göz önünde bulundurulmuştur. Betonun elastisite modülü $E_c=30250$ MPa, donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s=200000$ MPa olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bütün binalarda döşeme kalınlıkları 15.00 cm olarak belirlenmiştir. Kiriş ve kolonlara ait enkesit özellikleri Tablo 5 ile verilmektedir. 5 katlı binanın toplam ağırlığı 23023.076 kN, 8 katlı binanın toplam ağırlığı 41429.376 kN olarak hesaplanmıştır.

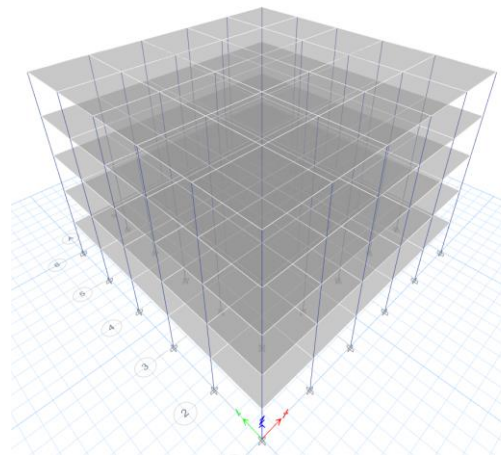


Şekil 4. Binaların bulunduğu düşünüldüğü konum

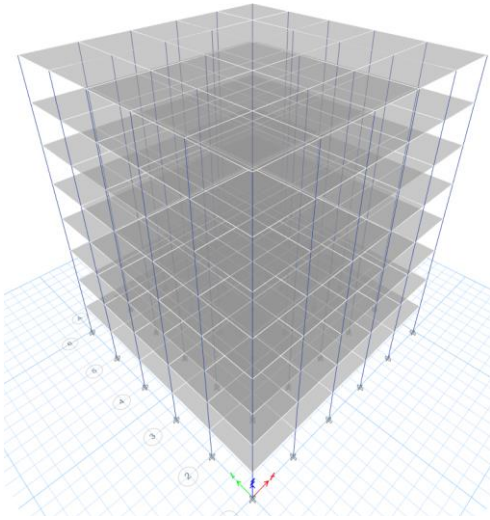
Tablo 5. Kirişlere ve kolonlara ait enkesit özellikleri (cm)

Elemanlar	5 katlı binalarda	8 katlı binalarda
Kirişler	25x50	30x60
Kolonlar	40x40	50x50

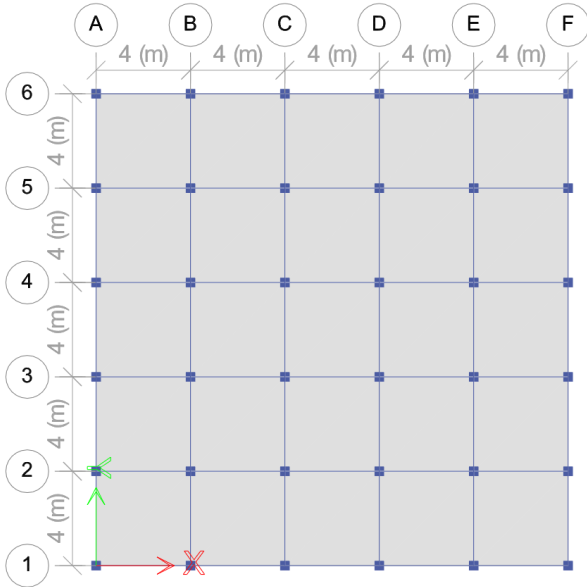
Yapısal analizler ETABS sonlu eleman programı ile gerçekleştirilmiştir [35]. Modellerin örnek görünüşleri Şekil 5-7 ile verilmektedir. Örnek binalar, konut türü ve süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sisteme sahip binalar olarak tasarlanmıştır. Yapılan tüm analizlerde dış merkezlik (eksantrisite) oranı ihmal edilmiştir. DBYBHY-2007'de tasarım depremi olarak tanımlanan, TBDY-2018'de ise DD-2 deprem yer hareketi düzeyi olarak tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyi için analizler gerçekleştirilmiştir. DBYBHY-2007'nin doğrusal hesap yöntemlerinde çatlamış kesit hesaba katılmadığı için, DBYBHY-2007'ye göre yapılan analizlerde çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri göz önünde bulundurulmamıştır. TBDY-2018'de ise betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında etkin kesit rijitliklerinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtildiğinden, TBDY-2018'e göre yapılan analizlerde etkin kesit rijitlikleri hesaba dahil edilmiştir (Tablo 6).



Şekil 5. Örnek ETABS [35] modeli (5 katlı)



Şekil 6. Örnek ETABS [35] modeli (8 katlı)



Şekil 7. 5 ve 8 katlı binaların kat planları

Tablo 6. TBDY-2018 [2] etkin kesit rijitlikleri

Betonarme taşıyıcı sistem el.	Etkin kesit rijitliği çarpımı
Döşemeler	0.25
Kirişler	0.35
Kolonlar	0.70

Binaların modal analizleri sonucunda elde edilen titreşim periyotları ve kümülatif etkin kütle katılım oranları Tablo 7-8 ile verilmektedir. Tablo 7-8 incelendiğinde, 1. mod için periyot değerlerinin DBYBHY-2007'ye göre olan 5 katlı binalar için 0.672 s., TBDY-2018'e göre olan 5 katlı binalar için 0.950 s., DBYBHY-2007'ye göre olan 8 katlı binalar için 0.782 s., TBDY-2018'e göre olan 8 katlı binalar için 1.121 s. olduğu görülmektedir. Yönetmeliklere göre periyotların farklı çıkmasının temel sebebi, DBYBHY-2007 çatlamış kesit rijitliğini göz önünde bulundurmazken TBDY-2018'in çatlamış kesit rijitliğini göz önünde bulundurmasıdır. Ayrıca 1. moda ait etkin kütle katılım

oranları da, 5 katlı binalar için DBYBHY-2007'ye göre olanlarda %84.3 ve TBDY-2018'e göre olanlarda %82.8, 8 katlı binalar için DBYBHY-2007'ye göre olanlarda %82.2 ve TBDY-2018'e göre olanlarda %81.2 şeklindedir.

Tablo 7. 5 katlı binaların modal analiz sonuçları

Mod	Periyot, T (s)		Kümülatif etkin kütle katılım oranı	
	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018
1.	0.672	0.950	0.843	0.828
2.	0.672	0.950	0.843	0.828
3.	0.606	0.849	0.843	0.828
4.	0.219	0.301	0.944	0.933
5.	0.219	0.301	0.944	0.933
6.	0.198	0.269	0.944	0.933
7.	0.128	0.168	0.945	0.973
8.	0.128	0.168	0.980	0.974
9.	0.116	0.152	0.980	0.974

Tablo 8. 8 katlı binaların modal analiz sonuçları

Mod	Periyot, T (s)		Kümülatif etkin kütle katılım oranı	
	DBYBHY-2007	TBDY-2018	DBYBHY-2007	TBDY-2018
1.	0.782	1.121	0.822	0.812
2.	0.782	1.121	0.822	0.812
3.	0.703	1.001	0.822	0.812
4.	0.256	0.361	0.922	0.912
5.	0.256	0.361	0.922	0.912
6.	0.230	0.323	0.922	0.912
7.	0.148	0.204	0.956	0.951
8.	0.148	0.204	0.959	0.951
9.	0.134	0.184	0.959	0.951

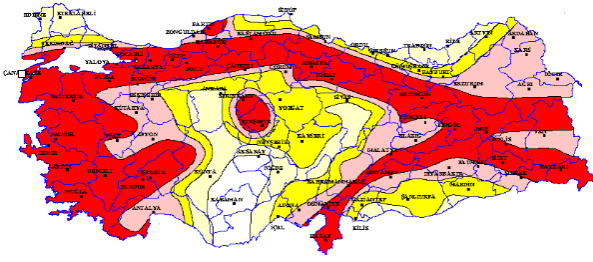
2.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

2.3.1 DBYBHY-2007 [1] esasları

Bu yönetmeliğe göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Tablo 9 ile verilmektedir. Tablo 9'da geçen deprem bölgesi, yönetmeliğin göz önünde bulundurduğu 1996 Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre belirlenmektedir (Şekil 8) [33]. Bu haritaya göre ülke, sismik risk durumuna göre 5 bölgeye ayrılmaktadır. Yöntemde kullanılan etkin yer ivmesi katsayısı da (A_0), en riskli bölgeler olan 1. derece deprem bölgelerinde 0.40, 2. derece deprem bölgelerinde 0.30, 3. derece deprem bölgelerinde 0.20 ve 4. derece deprem bölgelerinde ise 0.10 olarak kullanılmaktadır.

Tablo 9. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar (DBYBHY-2007) [1]

Dep. böl.	Bina türü	Top. yük. sın.
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve B2 düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m



Şekil 8. 1996 Türkiye deprem bölgeleri haritası [33]

Bu yöntemle göre toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t Denklem (1) ile belirlenmektedir. Denklemdeki W binanın toplam ağırlığını, $A(T_1)$ spektral ivme katsayısını, $R_a(T_1)$ deprem yükü azaltma katsayısını, T_1 binanın birinci doğal titreşim periyodunu, A_0 etkin yer ivmesi katsayısını, I bina önem katsayısını göstermektedir. Spektral ivme katsayısı, $A(T)$ ve %5 sönüm oranı için tanımlanan elastik ivme spektrumu'nun ordinatı olan elastik spektral ivme, $S_{ae}(T)$ Denklem (2)-(3) ile verilmektedir. Denklemdeki $S(T)$ spektrum katsayısını, g yer çekimi ivmesini göstermektedir. Spektrum katsayısı, $S(T)$ yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (4)-(6) ile hesaplanabilmektedir. Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B yerel zemin sınıflarına bağlı olarak belirlenmektedir. DBYBHY-2007'de Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere 4 adet yerel zemin sınıfı bulunmaktadır. Yönetmelikte bulunan elastik tasarım ivme spektrumu Şekil 9 ile verilmektedir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW \quad (1)$$

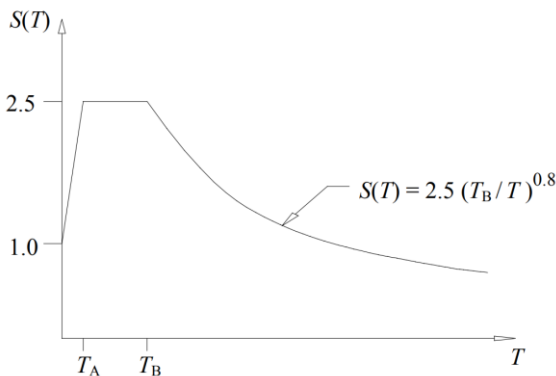
$$A(T) = A_0IS(T) \quad (2)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)g \quad (3)$$

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (5)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (6)$$



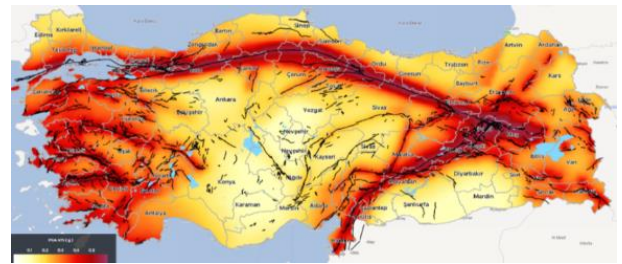
Şekil 9. Elastik tas. ivme spekt. (DBYBHY-2007) [1]

2.3.2 TBDY-2018 [2] esasları

Türkiye'de yürürlükte olan TBDY-2018'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Tablo 10 ile verilmektedir. Yönetmelik, binaları yükseklikleri bakımından 8 adet bina yükseklik sınıfına (BYS) ayırmaktadır. Deprem tasarım sınıfına (DTS) ve bina yüksekliğine bağlı olarak binaların BYS belirlenmektedir. DTS ise bina kullanım sınıflarına (BKS) ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan DD-2 deprem yer hareketi düzeyi (standart tasarım deprem yer hareketi) için elde edilen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (SDS) göre belirlenmektedir. İvme katsayıları gibi deprem parametrelerine binanın uygulanacağı konuma özel olarak Türkiye deprem tehlike haritaları vasıtası ile ulaşılabilmektedir (Şekil 10) [34]. Haritanın interaktif web uygulamasına, binanın uygulanacağı konum bilgileri ve o konuma ait zemin sınıfı bilgileri girildiği takdirde istenen deprem yer hareketi düzeyi için deprem parametreleri elde edilebilmektedir. TBDY-2018'de aşılma olasılıklarına bağlı olarak DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere dört adet yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Ayrıca ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler olan ZF olmak üzere altı adet yerel zemin sınıfı bulunmaktadır.

Tablo 10. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar (TBDY-2018) [2]

Bina türü	İzin verilen bina yükseklik sınıfı.	
	DTS= 1, 1a, 2, 2a	DTS= 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve B2 düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6



Şekil 10. 2018 Türkiye deprem tehlike haritası [34]

Bu yöntemle göre toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t Denklem (7) ile belirlenmektedir. Denklemdeki m_t binanın toplam kütlelerini, $S_{ar}(T)$ azaltılmış tasarım spektral ivmesini, $T_p^{(X)}$ (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunu, I bina önem katsayısını, SDS kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, g yer çekimi ivmesini ifade etmektedir. $S_{ar}(T)$ Denklem (8) ile hesaplanmaktadır. $S_{ae}(T)$ DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için belirlenen yatay elastik tasarım spektral ivmesini (Denklem (9)-(12)), $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısını göstermektedir. SDS ve SD1 tasarım spektral ivme katsayılarını, T doğal titreşim periyodunu, T_A ve T_B ise yatay tasarım spektrumu köşe periyotlarını göstermektedir.

Yönetmelikte bulunan yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 11 ile verilmektedir.

$$V_t = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (7)$$

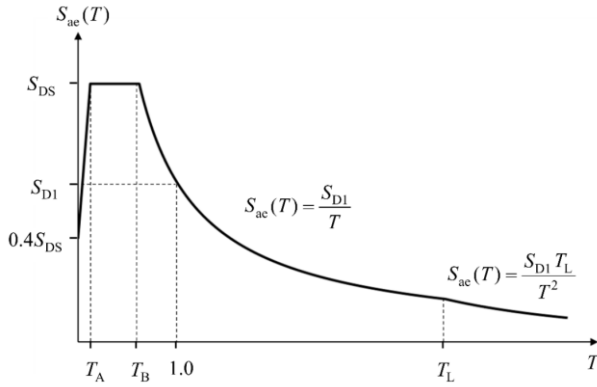
$$S_{aR}(T) = S_{ae}(T) / R_a(T) \quad (8)$$

$$S_{ae}(T) = (0.4 + 0.6 T / T_A) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (9)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (10)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1} / T \quad (T_B < T \leq T_L) \quad (11)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1} T_L / T^2 \quad (T_L < T) \quad (12)$$



Şekil 11. Yatay elastik tasarım spekt. (TBDY-2018) [2]

2.4 Mod birleştirme yöntemi

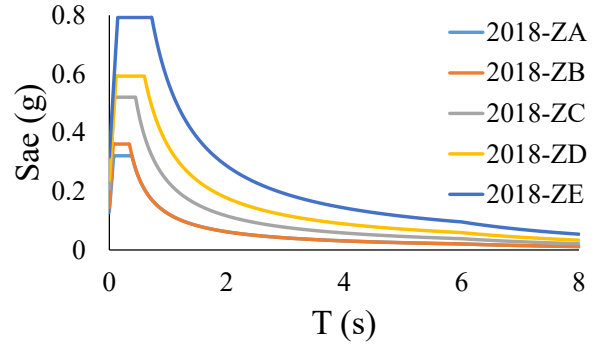
Bu yöntemde yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan en büyük modal davranış büyüklükleri istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüğü hesaplanmaktadır. Modal davranış büyüklüklerinin hesabı için yönetmeliklerde bulunan deprem tasarım spektrumlarından faydalanılmaktadır. Mod birleştirme yöntemi için iki yönetmelikteki farklılıklardan biri deprem tasarım spektrumlarının yönetmeliklerde farklı olmasıdır. DBYBHY-2007 [1] ve TBDY-2018 [2] arasındaki bir diğer önemli fark, hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısının belirlenmesi ile alakalıdır. DBYBHY-2007’de her bir deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90’ından fazla

olması gerektiği belirtilmektedir. Bu kural TBDY-2018’de %95’e çıkarılmıştır. Ayrıca yeni yönetmelikte katkısı %3’ten büyük olan bütün modların göz önüne alınması gerektiği belirtilmektedir.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 TBDY-2018 [2] esaslarına göre yapılan analizler

TBDY-2018 [2] ve 2018 Türkiye deprem tehlike haritası [34] kapsamında binaların bulunduğu düşünüldüğü konuma ait tasarım spektrumları (Elastik tasarım ivme spektrumu, S_{ae} – Periyot, T grafikleri) Şekil 12 ile, deprem parametreleri ve deprem hesabı sonuçları Tablo 11-14 ile verilmektedir. Şekil 12 incelendiğinde, yerel zemin sınıfına bağlı olarak spektral ivme değerlerinde çok büyük farklar olduğu görülmektedir. En büyük spektral ivme değerleri ZA zemin sınıfı için 0.321 g, ZB zemin sınıfı için 0.361 g, ZC zemin sınıfı için 0.521 g, ZD zemin sınıfı için 0.593 g, ZE zemin sınıfı için 0.793 g’dir. Bu durum, TBDY-2018’de zemin etkisinin tasarım spektrumlarına ayrıntılı bir şekilde yansıtıldığını göstermektedir. Tablo 11-14 incelendiğinde, taban kesme kuvveti değerleri için eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen değerlerin, mod birleştirme yönteminden elde edilen değerlere göre %10-15 mertebelerinde daha büyük olduğu görülmektedir. 5 katlı binalarda, eşdeğer deprem yükü yöntemine ve mod birleştirme yöntemine göre sırası ile taban kesme kuvvetleri- tepe deplasmanları; ZA zemin sınıfı için 375.640 kN – 5.901 mm ve 339.410 kN – 4.773 mm, ZE zemin sınıfı için 1738.848 kN – 27.331 mm ve 1506.603 kN – 22.054 mm’dir. 8 katlı binalarda ise ZA zemin sınıfı için 572.842 kN – 7.190 mm ve 515.746 kN – 5.627 mm, ZE zemin sınıfı için 2651.702 kN – 33.297 mm ve 2274.851 kN – 25.940 mm olarak elde edilmiştir.



Şekil 12. TBDY-2018 elastik tasarım spektrumları

Tablo 11. TBDY-2018 deprem parametreleri

Deprem parametreleri	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Deprem tasarım sınıfı, DTS	4.000	3.000	2.000	2.000	1.000
Bina yükseklik sınıfı, BYS (5 katlı)	7.000	7.000	6.000	6.000	6.000
Bina yükseklik sınıfı, BYS (8 katlı)	6.000	6.000	5.000	5.000	5.000
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Bina önem katsayısı, I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Deprem yükü azaltma katsayısı, R_a	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Dayanım fazlalığı katsayısı, D	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Bina kullanım sınıfı, BKS	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu, T_L (s)	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000

Tablo 12. TBDY-2018 ivme ve spektrum parametreleri

Deprem parametreleri	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, S_s (boyutsuz)	0.401	0.401	0.401	0.401	0.401
1.0 s. periyot için harita spektral ivme katsayısı, S_1 (boyutsuz)	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, S_{DS} (boyutsuz)	0.321	0.361	0.521	0.593	0.793
1.0 s. periyot için tasarım spektral ivme katsayısı, S_{D1} (boyutsuz)	0.124	0.124	0.233	0.355	0.574
En büyük yer ivmesi, PGA (g)	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173
En büyük yer hızı, PGV (cm/sn)	12.870	12.870	12.870	12.870	12.870
Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı, F_s	0.800	0.900	1.300	1.479	1.977
1.0 s. periyot için yerel zemin etki katsayısı, F_1	0.800	0.800	1.500	2.290	3.705
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, T_A (s)	0.077	0.069	0.089	0.120	0.145
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, T_B (s)	0.386	0.344	0.447	0.599	0.724

Tablo 13. TBDY-2018 deprem hesabı sonuçları (5 katlı)

Deprem hesaplamaları	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Yatay elastik tasarım spektral ivmesi, S_{ae} (T) (g)	0.131	0.131	0.245	0.374	0.604
Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, $S_{aR}(T)$ (g)	0.016	0.016	0.031	0.047	0.076
Minimum koşul= $0.04x_m \times I_x S_{DS} \times g$ (kN)	295.616	332.453	479.800	546.107	730.291
Toplam eşdeğer deprem yükü, V_i (kN)	375.640	375.640	705.839	1075.420	1738.848
Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvveti, V_i (kN)	339.410	342.583	632.090	942.656	1506.603
Tepe deplasmanı (eşdeğer deprem yükü yöntemi) (mm)	5.901	5.901	11.065	16.893	27.331
Tepe deplasmanı (mod birleştirme yöntemi) (mm)	4.773	4.776	8.984	13.650	22.054

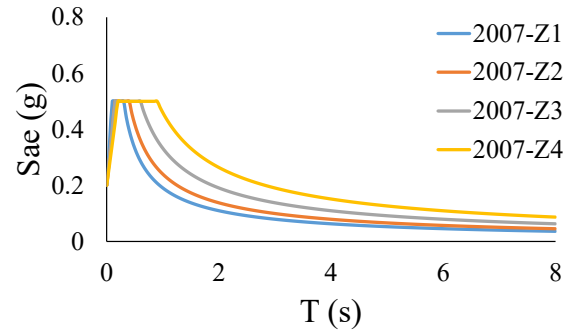
Tablo 14. TBDY-2018 deprem hesabı sonuçları (8 katlı)

Deprem hesaplamaları	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Yatay elastik tasarım spektral ivmesi, S_{ae} (T) (g)	0.111	0.111	0.208	0.317	0.512
Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, $S_{aR}(T)$ (g)	0.014	0.014	0.026	0.040	0.064
Minimum koşul= $0.04x_m \times I_x S_{DS} \times g$ (kN)	531.953	598.240	863.388	982.704	1314.139
Toplam eşdeğer deprem yükü, V_i (kN)	572.842	572.842	1076.388	1639.990	2651.702
Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvveti, V_i (kN)	515.746	519.967	956.773	1424.723	2274.851
Tepe deplasmanı (eşdeğer deprem yükü yöntemi) (mm)	7.190	7.507	13.481	20.581	33.297
Tepe deplasmanı (mod birleştirme yöntemi) (mm)	5.627	5.629	10.555	16.051	25.940

3.2 DBYBHY-2007 [1] esaslarına göre yapılan analizler

DBYBHY-2007 [1] ve 1996 Türkiye deprem bölgeleri haritası [33] kapsamında binaların bulunduğu düşünüldüğü konuma ait tasarım spektrumları Şekil 13 ile, deprem parametreleri ve deprem hesabı sonuçları Tablo 15-17 ile verilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda modellere ait taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasman değerleri elde edilmiştir. Şekil 13 incelendiğinde, en büyük spektral ivme değerlerinin tüm yerel zemin sınıfları için 0.500 g olduğu görülmektedir. Yerel zemin sınıfının değişmesi ile birlikte en büyük spektral ivmeden etkilenecek periyot aralığının değiştiği grafikten anlaşılmaktadır. Tablo 15-17 incelendiğinde, taban kesme kuvveti değerleri için eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen değerlerin, mod birleştirme yönteminden elde edilen değerlere göre %15-20 mertebelerinde daha büyük olduğu görülmektedir. 5 katlı binalarda, eşdeğer deprem yükü yöntemine ve mod birleştirme yöntemine göre sırası ile taban kesme kuvvetleri - tepe deplasmanları; Z1 zemin sınıfı için 754.823 kN – 5.836 mm ve 659.488 kN – 4.762 mm, Z4 zemin sınıfı için

1438.942 kN – 11.121 mm ve 1226.083 kN – 9.035 mm'dir. 8 katlı binalarda ise Z1 zemin sınıfı için 1203.151 kN – 7.319 mm ve 1033.783 kN – 5.737 mm, Z4 zemin sınıfı için 2589.336 kN – 15.754 mm ve 2151.097 kN – 12.304 mm olarak elde edilmiştir.



Şekil 13. DBYBHY-2007 elastik tasarım spektrumları

Tablo 15. DBYBHY-2007 deprem parametreleri

Deprem parametreleri	Z1	Z2	Z3	Z4
Deprem bölgesi	3. derece	3. derece	3. derece	3. derece
Etkin yer ivmesi katsayısı, A_0	0.200	0.200	0.200	0.200
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R	8.000	8.000	8.000	8.000
Bina önem katsayısı, I	1.000	1.000	1.000	1.000
Deprem yükü azaltma katsayısı, R_a	8.000	8.000	8.000	8.000
Spektrum karakteristik periyotları, T_A (s)	0.100	0.150	0.150	0.200
Spektrum karakteristik periyotları, T_B (s)	0.300	0.400	0.600	0.900

Tablo 16. DBYBHY-2007 deprem hesabı sonuçları (5 katlı)

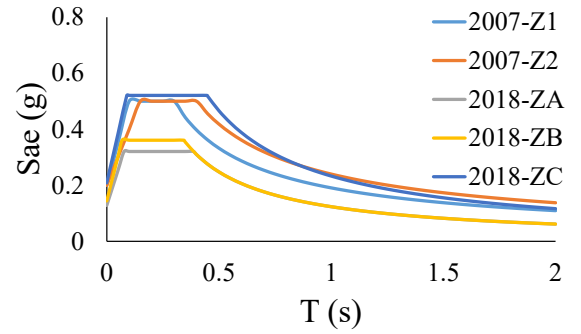
Deprem hesaplamaları	Z1	Z2	Z3	Z4
Spektrum katsayısı, $S(T)$	1.311	1.651	2.283	2.500
Elastik spektral ivme, $S_{ae}(T)$ (g)	0.262	0.330	0.457	0.500
Azaltılmış ivme spektrumu, $S_{ar}(T)$ (g)	0.033	0.041	0.057	0.063
Minimum koşul= $0.10 \times A_0 \times I \times W$ (kN)	460.462	460.462	460.462	460.462
Toplam eşdeğer deprem yükü, V_i (kN)	754.823	950.158	1314.223	1438.942
Taban kesme kuvveti (mod birleştirme yöntemi), V_i (kN)	659.488	821.200	1125.147	1226.083
Tepe deplasmanı (eşdeğer deprem yükü yöntemi) (mm)	5.836	7.346	10.161	11.121
Tepe deplasmanı (mod birleştirme yöntemi) (mm)	4.762	5.989	8.279	9.035

Tablo 17. DBYBHY-2007 deprem hesabı sonuçları (8 katlı)

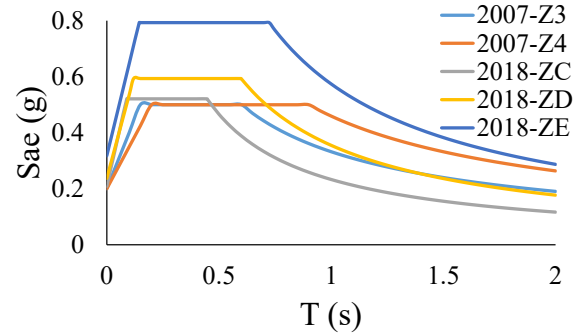
Deprem hesaplamaları	Z1	Z2	Z3	Z4
Spektrum katsayısı, $S(T)$	1.162	1.462	2.023	2.500
Elastik spektral ivme, $S_{ae}(T)$ (g)	0.232	0.293	0.405	0.500
Azaltılmış ivme spektrumu, $S_{ar}(T)$ (g)	0.029	0.037	0.051	0.063
Minimum koşul= $0.10 \times A_0 \times I \times W$ (kN)	828.588	828.588	828.588	828.588
Toplam eşdeğer deprem yükü, V_i (kN)	1203.151	1514.506	2094.807	2589.336
Taban kesme kuvveti (mod birleştirme yöntemi), V_i (kN)	1033.783	1282.714	1752.582	2151.097
Tepe deplasmanı (eşdeğer deprem yükü yöntemi) (mm)	7.319	9.213	12.743	15.754
Tepe deplasmanı (mod birleştirme yöntemi) (mm)	5.737	7.217	9.980	12.304

3.3 TBDY-2018 [2] ve DBYBHY-2007 [1] esaslarına göre yapılan analizlerin karşılaştırılması

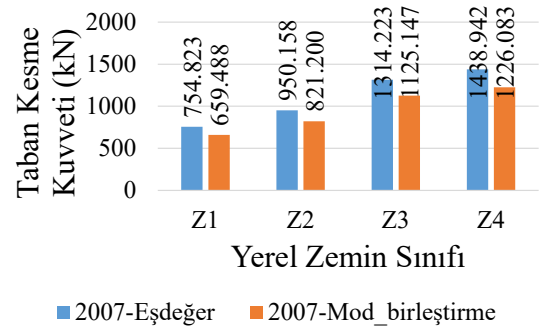
Yapılan analizler neticesinde elde edilen değerler hem mod birleştirme yöntemine göre hem de eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmıştır. Ayrıca DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri için analizler tekrarlanmıştır. 5 ve 8 katlı binalarda tüm zemin sınıfları göz önünde bulundurularak analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar Şekil 14-23 ile verilmektedir. Şekil 14-15 ile zemin sınıfları da göz önünde bulundurularak her iki yönetmeliğin tasarım spektrumları karşılaştırılmıştır. Sağlam zeminlerde TBDY-2018'e göre olan spektral ivme değerlerinin DBYBHY-2007'ye göre olan spektral ivme değerlerine göre daha küçük olduğu, zayıf zeminlerde ise TBDY-2018'e göre hesaplanan spektral ivme değerlerinin DBYBHY-2007'ye göre hesaplanan spektral ivme değerlerine göre çok daha büyük olduğu yapılan karşılaştırmalardan anlaşılmaktadır. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinin en sağlam ve en zayıf yerel zemin sınıfları göz önünde bulundurulduğunda, 5 katlı binalar için eşdeğer deprem yükü yöntemine ve mod birleştirme yöntemine göre sırası ile taban kesme kuvvetleri - tepe deplasmanları; Z1 zemin sınıfı için 754.823 kN – 5.836 mm ve 659.488 kN – 4.762 mm, ZA zemin sınıfı için 375.640 kN – 5.901 mm ve 339.410 kN – 4.773 mm, Z4 zemin sınıfı için 1438.942 kN – 11.121 mm ve 1226.083 kN – 9.035 mm, ZE zemin sınıfı için 1738.848 kN – 27.331 mm ve 1506.603 kN – 22.054 mm'dir (Şekil 16-19). 8 katlı binalarda ise Z1 zemin sınıfı için 1203.151 kN – 7.319 mm ve 1033.783 kN – 5.737 mm, ZA zemin sınıfı için 572.842 kN – 7.190 mm ve 515.746 kN – 5.627 mm, Z4 zemin sınıfı için 2589.336 kN – 15.754 mm ve 2151.097 kN – 12.304 mm, ZE zemin sınıfı için 2651.702 kN – 33.297 mm ve 2274.851 kN – 25.940 mm olarak elde edilmiştir (Şekil 20-23).



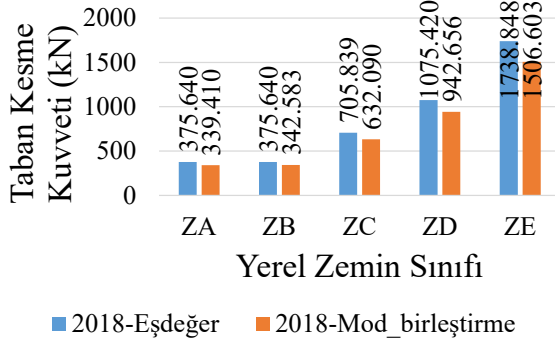
Şekil 14. Tasarım spektrumları (Z1, Z2, ZA, ZB, ZC)



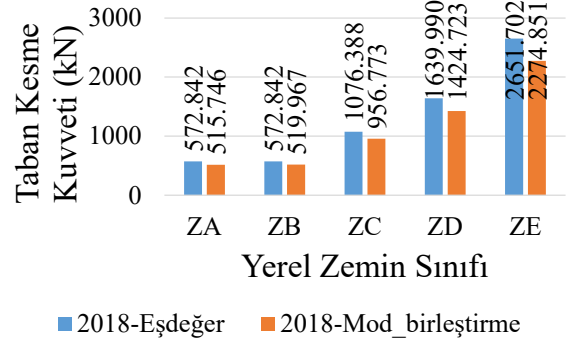
Şekil 15. Tasarım spektrumları (Z3, Z4, ZC, ZD, ZE)



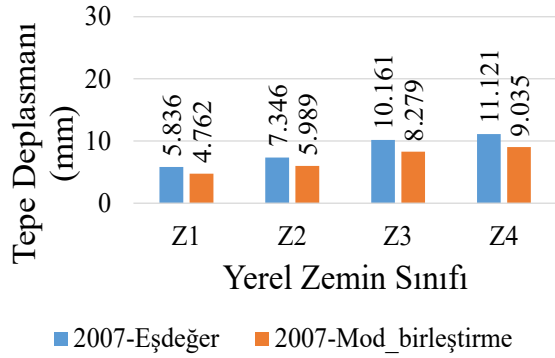
Şekil 16. 5 katlı binalar için V_i (DBYBHY-2007)



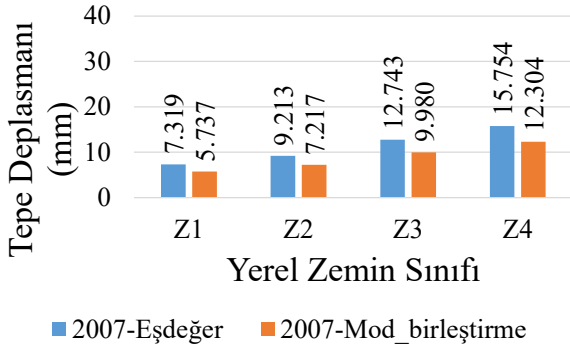
Şekil 17. 5 katlı binalar için V_t (TBDY-2018)



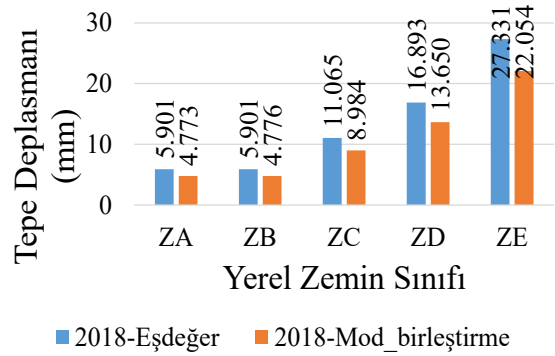
Şekil 21. 8 katlı binalar için V_t (TBDY-2018)



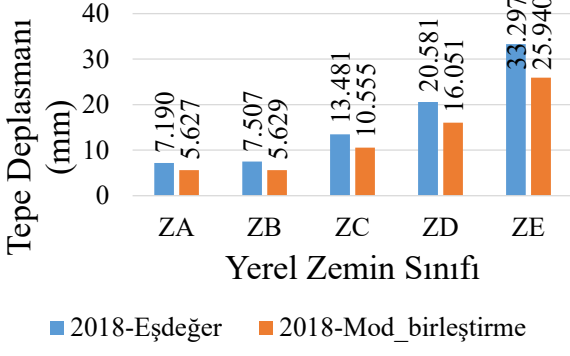
Şekil 18. 5 katlı binaların tepe dep. (DBYBHY-2007)



Şekil 22. 8 katlı binaların tepe dep. (DBYBHY-2007)



Şekil 19. 5 katlı binaların tepe dep. (TBDY-2018)

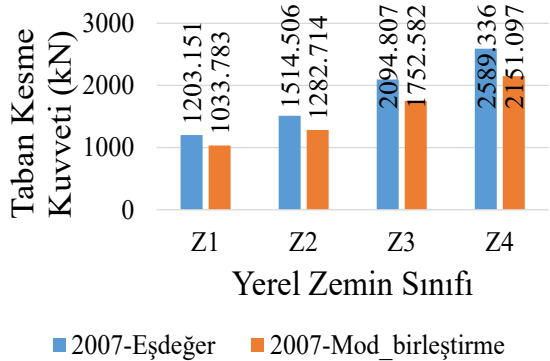


Şekil 23. 8 katlı binaların tepe dep. (TBDY-2018)

4 Sonuçlar

Bu çalışmada Sivas ili Merkez ilçesinde yapılacağı düşünülen 5 katlı ve 8 katlı örnek binaların TBDY-2018 [2] ve DBYBHY-2007 [1] esaslarına göre doğrusal deprem hesapları gerçekleştirilmiştir. Deprem hesap yöntemleri olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca yönetmeliklerde bulunan tüm yerel zemin sınıfları göz önünde bulundurularak hesaplar tekrarlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda örnek binalar özelinde yönetmelik farklılıkları ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 esaslarına göre elde edilen modal analiz sonuçları incelendiğinde, TBDY-2018'e göre elde edilen 1. mod periyot değerlerinin DBYBHY-2007'e göre elde edilenlerden %40-45 mertebelerinde daha büyük çıktığı görülmektedir. TBDY-2018'in analizlerde



Şekil 20. 8 katlı binalar için V_t (DBYBHY-2007)

çatlamış kesit rijitliğini hesaba dahil etmesi bu durumu açıklamaktadır.

- TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 esaslarına göre elde edilen elastik tasarım spektrumları incelendiğinde, TBDY-2018'in kullanmış olduğu 2018 Türkiye deprem tehlike haritaları sayesinde TBDY-2018 ile elde edilen tasarım spektrumlarının daha gerçekçi ve ayrıntılı olduğu söylenebilmektedir. Özellikle yerel zemin sınıfı etkisinin TBDY-2018 ile elde edilen tasarım spektrumlarında çok daha etkili bir şekilde yansıtıldığı anlaşılmaktadır. İki yönetmelik tasarım spektrumları karşılaştırıldığında ise, sağlam zeminlerde TBDY-2018 spektral ivme değerlerinin daha küçük olduğu, zayıf zeminlerde ise TBDY-2018 spektral ivme değerlerinin daha büyük olduğu görülmektedir.
- TBDY-2018 esaslarına göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasman değerleri incelendiğinde, en sağlam zemin sınıfı olan ZA zemin sınıfı için elde edilen değerlerin en zayıf zemin sınıfı olan ZE zemin sınıfından elde edilen değerlere göre, hem 5 katlı hem de 8 katlı binalarda yaklaşık 4.60 kat daha küçük olduğu görülmektedir. DBYBHY-2007'ye göre Z1 ve Z4 zemin sınıfı için elde edilen değerlerde bu fark 5 katlı binalar için 1.90 kat mertebelerinde, 8 katlı binalar için 2.15 kat mertebelerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, zemin etkisinin TBDY-2018'de daha detaylı bir şekilde hesaplara yansıtıldığını göstermektedir.
- TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 esaslarına göre elde edilen taban kesme kuvvetleri incelendiğinde, 5 katlı binalarda iki yönetmeliğin en sağlam zeminleri olan ZA ve Z1 zemin sınıflarına göre yapılan hesaplarda, 2007_5k_Z1 modelinin taban kesme kuvvetinin 2018_5k_ZA modeline göre yaklaşık 2.00 kat daha büyük olduğu görülmektedir. En zayıf zeminler olan ZE ve Z4 zemin sınıflarına göre yapılan hesaplarda ise, 2007_5k_Z4 modelinin taban kesme kuvvetinin 2018_5k_ZE modeline göre yaklaşık 1.20 kat daha küçük olduğu tespit edilmiştir. 8 katlı binalar için yapılan benzer karşılaştırmalarda da yaklaşık olarak aynı oranlar elde edilmiştir.
- TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 esaslarına göre elde edilen tepe deplasmanları incelendiğinde, hem 5 katlı hem de 8 katlı binalarda iki yönetmeliğin en sağlam zeminleri olan ZA ve Z1 zemin sınıflarına göre yapılan hesaplarda elde edilen tepe deplasmanlarının yaklaşık olarak aynı mertebelerde olduğu görülmektedir. En zayıf zeminler olan ZE ve Z4 zemin sınıflarına göre yapılan hesaplarda ise, ZE zemin sınıfına göre yapılan hesaplardan elde edilen tepe deplasman değerlerinin Z4 zemin sınıfından elde edilenlere göre yaklaşık 2.00-2.50 kat daha büyük olduğu tespit edilmiştir.
- İki yönetmelik için yapılan taban kesme kuvvetleri karşılaştırmalarında, sağlam zeminlerde DBYBHY-2007 esaslarının daha güvenli tarafta

kaldığı, zayıf zeminlerde ise TBDY-2018 esaslarına göre elde edilenler daha büyük olsa da çok büyük bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Tepe deplasmanları için yapılan karşılaştırmalardan da, sağlam zeminlerde iki yönetmeliğe göre elde edilen değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu, zayıf zeminlerde ise TBDY-2018'e göre elde edilenlerin DBYBHY-2007'ye göre elde edilenlerden çok daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

- Çalışma kapsamında Sivas ili Merkez ilçesinde bulunduğu düşünülen örnek binalar özelinde yönetmelik karşılaştırmaları amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri karşılaştırmalarını, çalışmada kullanılan örnek binalar ve binaların yapıldığı düşünüldüğü konum üzerinden değerlendirmenin daha doğru olacağı düşünülmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen taban kesme kuvvetleri, tepe deplasmanları gibi sonuçlardan iki yönetmelik farkı açısından bir genelleme yapmak doğru olmayacaktır. Çünkü yönetmeliklerde yapı periyotları, zemin parametreleri, sismik tehlike haritaları gibi birçok farklılık bulunmaktadır ve bu farklılıklar örnek binalara göre değişiklik gösterecektir. İki yönetmeliğe göre elde edilen hesap sonuçlarında genelleme yapabilmek için çok daha fazla örnek binalara ve çok daha fazla farklı konumlara ihtiyaç olacağı düşünülmektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %19

Kaynaklar

- [1] DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.
- [2] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2018.
- [3] S. Pampal ve B. Özmen, Türkiye deprem bölgeleri haritalarının gelişimi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.
- [4] S. Pampal ve B. Özmen, Türkiye deprem bölgeleri haritaları. 17. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi Konferansı, Ankara, Türkiye, 14-17 Kasım 2006.
- [5] B. Özmen, Türkiye deprem bölgeleri haritalarının tarihsel gelişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 55 (1), 43-55, 2012.
- [6] Y.B. Sönmezer, S.O. Akbaş ve N.S. Işık, Kırıkkale ili yerleşim alanı için en büyük ivme, zemin büyütmesi ve hakim titreşim periyodu özelliklerinin değerlendirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 30 (4), 711-721, 2015. <https://doi.org/10.17341/gummfd.54639>.
- [7] G. Tunç ve T. Tanfener, 2007 ve 2016 Türkiye bina deprem yönetmeliklerinin örneklerle mukayesesi. 3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım

- Güvenlik ve Erişebilirlik, Ankara, Türkiye, 24-26 Kasım 2016.
- [8] A. Demir ve A.H. Kayhan, Deprem yönetmeliği 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile uyumlu zaman tanım alanında analiz sonuçlarının karşılaştırılması. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 11-13 Ekim 2017.
- [9] H. Öztürk, A. Demir, G. Dok ve H. Güç, Betonarme kolonların etkin kesit rijitlikleri üzerine yönetmeliklerin yaklaşımları. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 11-13 Ekim 2017.
- [10] M. Koçer, A. Nakipoğlu, B. Öztürk, M.G. Al-Hagri ve M.H. Arslan, Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılması. Selçuk-Teknik Dergisi, 17 (2), 2018.
- [11] E. Keskin ve K.B. Bozdoğan, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin Kırklareli ili özelinde değerlendirilmesi. Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 4 (1), 74-90, 2018.
- [12] M. Öztürk, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye deprem tehlike haritası ile ilgili İç Anadolu Bölgesi bazında bir değerlendirme. Selçuk-Teknik Dergisi, 17 (2), 2018.
- [13] S. Akkar, T. Eroğlu Azak, T. Çan, U. Çeken, M.B. Demircioğlu, T. Duman, M. Erdik, S. Ergintav, F.T. Kadirioglu, D. Kalafat, Ö. Kale, R.F. Kartal, T. Kılıç, S. Özalp, K. Şeşetyan, S. Tekin, A. Yakut, M.T. Yılmaz ve Ö. Zülfişkar, Güncellenmiş Türkiye deprem tehlike haritası ve mühendislik uygulamalarına etkisi. Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, 28 Ocak-1 Şubat 2019.
- [14] H. Ulutaş, DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) deprem yönetmeliklerinin kesit hasar sınırları açısından kıyaslanması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17, 351-359, 2019. <https://doi.org/10.31590/ejosat.620827>
- [15] Ö.F. Nemutlu, B. Balun, A. Benli ve A. Sarı, Bingöl ve Elazığ illeri özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre ivme spektrumlarının değişiminin incelenmesi. DÜMF Mühendislik Dergisi, 11 (3), 1341-1356, 2020. <https://doi.org/10.24012/dumf.703138>.
- [16] A. Bozer, Tasarım spektral ivme katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırılması. DÜMF Mühendislik Dergisi, 11 (1), 393-404, 2020. <https://doi.org/10.24012/dumf.559965>.
- [17] İ. Ünsal, F.A. Öncel ve M.F. Şahan, TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre yapı yüksekliğinin taban kesme kuvveti ve tepe deplasmanı üzerindeki etkisinin incelenmesi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8 (4), 930-942, 2020. <https://doi.org/10.36306/konjes.752139>.
- [18] E. Seyrek, Yeni Türkiye sismik tehlike haritasının Ege bölgesi için değerlendirilmesi. NÖHÜ Müh. Bilim. Derg., 9 (1), 414-423, 2020. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.617268>.
- [19] H. Karaca, S.M. Oral ve M. Erbil, Yapısal tasarım bağlamında 2007 ve 2019 deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması, Niğde örneği. NÖHÜ Müh. Bilim. Derg., 9 (2), 898-903, 2020. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.667365>.
- [20] M.S. Döndüren, Ş. Hava ve A.S. Ecemiş, Betonarme bir binanın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre analizi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (2), 507-521, 2021. <https://doi.org/10.36306/konjes.867309>.
- [21] H. Karaca, 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri kullanılarak farklı zeminlere göre ve farklı kentler için elde edilen tasarım ivmelerinin karşılaştırılması, Kapadokya örneği. Afet ve Risk Dergisi, (4) 1, 42-52, 2021. <https://doi.org/10.35341/afet.828828>.
- [22] B.T. Çaycı ve O. Eldemir, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 deprem yönetmelikleri performans seviyelerinin karşılaştırılması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9 (4), 1386-1397, 2021. <https://doi.org/10.21923/jesd.876935>.
- [23] H. Karaca, Örneklerle TBDY 2019 zemin parametrelerinin kullanılan yapısal malzeme miktarına ve çatı katı yanal ötelenmesine etkisi. Politeknik Dergisi, 25 (2), 467-475, 2022. <https://doi.org/10.2339/politeknik.680595>.
- [24] M.H. Akyıldız ve E. Ayhan, 2007 ve 2018 yılları Türkiye deprem yönetmeliklerine göre zemin parametreleri ve deprem verilerinin karşılaştırılması; Siirt ili vaka çalışması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37 (1), 271-282, 2022. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1095089>.
- [25] E. Bayrakçı, E. Balaban, M.İ. Onur ve Y. Güney, 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerine göre spektral karakteristiklerin karşılaştırılması: Eskişehir örneği. ESOGÜ Müh Mim Fak Derg., 30 (3), 340-347, 2022. <https://doi.org/10.31796/ogummf.1040793>.
- [26] S. Cansız, Türkiye'de kullanılan deprem yönetmeliklerinin özellikleri ve eşdeğer yatay deprem yükü hesabının değişimi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 14 (1), 58-71, 2022. <https://doi.org/10.29137/umagd.948025>.
- [27] H. Karaca, 2023 Maraş depremleri ve Niğde'deki yer hareketliliği. NÖHÜ Müh. Bilim. Derg., 13 (1), 216-222, 2024. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1363994>.
- [28] E. Gumus, B. Ozturk ve F.M. Nazri, Scaling method application for seismic design along the central anatolian fault zone. Advances in Civil Engineering, 2022 (6), 1-19, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1963553>.
- [29] B. Ozturk, H.E. Sahin ve C. Yildiz, Seismic performance assessment of industrial structures in Turkey using the fragility curves. 15th World Conference on Earthquake Engineering 2012 (15WCEE), Lisbon, Portugal, 24-28 Eylül 2012.
- [30] İRAP-2022, Sivas İl Afet Risk Azaltma Planı Raporu (İRAP). Sivas Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Sivas, Türkiye, 2022.
- [31] E. Bozkurt, Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta, 14 (1-3), 3-30, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0985-3111\(01\)01066-X](https://doi.org/10.1016/S0985-3111(01)01066-X).

- [32] M. Erdik, K. Şeşetyan, M.B. Demircioğlu ve E. Durukal, Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları ve Havameydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği için Deprem Tehlikesi Belirlenmesi. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [33] TDBH-1996, Türkiye deprem bölgeleri haritası 1996. Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 1996.
- [34] TDTH-2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası 2018. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2018.
- [35] CSI-ETABS, Extended 3D Analysis of Building Systems Software (ETABS), Version 21.0.1., Computers and Structures, Inc, Berkeley, CA, USA, 2023.

