

Farklı Zemin Sınıflarının Bina Deprem Performansına Etkisi

*¹Elif Orak BORU

*¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Özet

2007 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde ilk defa performansa dayalı tasarım ve değerlendirme kavramlarına yer verilmiştir. Deprem Yönetmeliği'nde binaların deprem performansının belirlenmesi için yer değiştirme esaslı hesap yöntemleri sunulmuştur. Bu çalışmada Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 Yedinci Bölüm'de sunulan performans değerlendirme yöntemi kullanarak farklı zemin sınıflarının bina performansına olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen amaç doğrultusunda betonarme beş katlı, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan bir bina üzerinde farklı zemin sınıfları göz önüne alınarak binanın deprem performansı belirlenmiştir. Performans değerlendirilmesi aşamasında yönetmelikteki Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Farklı zemin sınıfları için elde edilen performans değerlendirme sonuçları grafik ve tablolar halinde sunulmuş ve zemin sınıfının bina performansına olan etkisi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Zemin sınıfı, performans değerlendirmesi, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Abstract

In Turkish Seismic Rehabilitation Code which was come into force in 2007, performance based design and evaluation concepts were included for the first time. In Turkish Seismic Rehabilitation Code displacement based calculation methods are suggested for existing buildings' earthquake performance evaluation. In this study it's aimed to determine effect on building performance with performance evaluation methods in Turkish Seismic Rehabilitation Code 2007 in Seventh Chapter. In accordance with this purpose, earthquake performance analysis with different soil classifications was performed on five story, reinforced concrete frame system building. In performance evaluation Incremental Equivalent Seismic Load Method which is suggested in Turkish Seismic Rehabilitation Code 2007 is used. Performance evaluation results are presented in graphs and tables for different soil classifications and effect of soil classification to building performance is determined.

Key words: Soil classification, performance evaluation, Incremental Equivalent Seismic Load Method

1. Giriş

Maddi ve manevi birçok kayıp ile atlatılan 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi ülkemiz için deprem tedbiri açısından dönüm noktası olmuştur. Depremi ardından 2007 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) binaların deprem performansının belirlenmesi için ilk defa yer değiştirme esaslı yöntemlere yer verilmiştir. Yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımında, hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında hasar oluşmaması, orta şiddetteki depremlerde yapısal veya yapısal olmayan elemanlardaki hasarın sınırlı ve onarılabılır seviyede olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması için kalıcı yapı

*Corresponding author: Adres: 1Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya TÜRKİYE. E-mail address: eorak@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955733

hasarlarının sınırlanması göz önüne alınmıştır. Mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesinde de genel olarak aynı felsefe dikkate alınmıştır [1]. Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007’de binaların deprem performansının değerlendirilmesi için Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik olmayan Yöntemler verilmiştir. Her iki yöntemin tek modlu ve çok modlu uygulaması mevcuttur. Bu yöntemlerde yapılan kabuller ve çözüm aşamaları birbirlerinden farklı olduğundan dolayı değerlendirmede farklı sonuçlar elde etmek mümkündür.

Binaların deprem performansını etkileyen birçok parametre mevcuttur (geometri, donatı oranı, zemin sınıfı, malzeme sınıfı vb.). Literatürde yapılan çalışmalarda malzeme sınıfının bina performansına etkisinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur [2,3].

Ayrıca yöntemlerin mevcut durum ile karşılaştırılması üzerinde yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır [4-6]. Bu çalışmada farklı zemin sınıflarının bina performansını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla betonarme beş katlı, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan karkas bir bina üzerinde farklı zemin sınıfları dikkate alınarak deprem performansı değerlendirmesi yapılmıştır. Performans değerlendirmesi aşamasında Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemlerden biri olan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi tercih edilmiştir. Farklı zemin sınıfları için elde edilen bina performansları karşılaştırılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

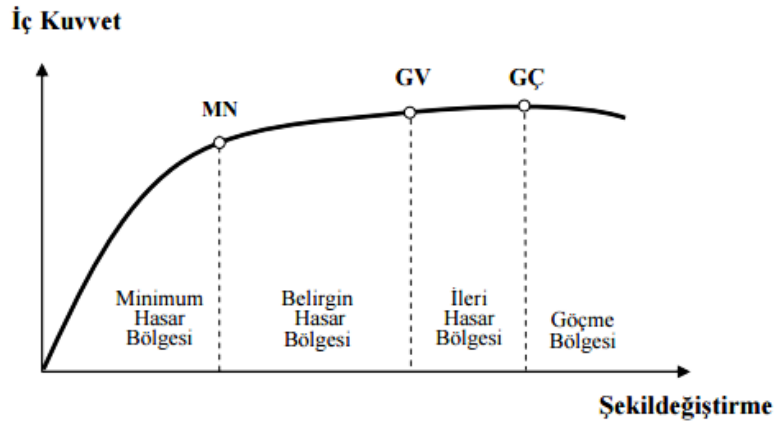
2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Deprem Yönetmeliği 2007’de binaların deprem performansının değerlendirilmesi için üç farklı doğrusal elastik olmayan yöntem sunulmuştur. Doğrusal elastik olmayan yöntemlerin doğrusal elastik yöntemlere göre en önemli avantajı artan yükler altında yapısal elemanların kapasitelerine ulaştıkça bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara dağılmasıdır. Bu işleme yeniden dağılım denilmektedir. Yeniden dağılım ile iç kuvvetlerin daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri adım adım arttırılarak uygulanmaktadır. Bu nedenle yöntemlere statik itme analizi de denmektedir [7]. Yöntemlerin bir dezavantajı ise doğrusal yöntemlere oranla çözümlerin taşıyıcı sistem düzensizliğinden daha fazla etkilenmesidir.

Çalışmada tercih edilen doğrusal elastik olmayan yöntemlerden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi birinci modun etkili olduğu düşük katlı (toplam kat adedi 8’i ve 25m’yi aşmayan) ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu (burulma düzensizlik katsayısı 1.4’ten küçük olan) binalarda yeterli yaklaşımı sağlamaktadır. Yöntemin kullanılabilmesi için sağlanması gereken diğer bir şart da incelenen deprem doğrultusundaki birinci titreşim moduna ait etkin kütle oranının 0.70’den büyük olmasıdır.

Yöntemde taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesi (pushover eğrisi) ile depremin talebi kesiştirilerek deprem anındaki performansa karşı gelen seviyenin belirlenmesinden ibarettir. Yöntemde taşıyıcı sistem geometri, kesit ve malzeme özellikleri ile elastik ötesi davranış dikkate alınarak adım adım yüklenir buna statik itme analizi denir. Statik itme analizi sonucunda ise yatay yük kapasite eğrisi adı verilen yatay yükün ve yapının en üst noktasının yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki elde edilir.

Deprem talebinin belirlenmesinde ise spektral ivme ile periyot arasındaki değişimi gösteren spektrum eğrisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı zemin sınıfları için oluşturulan spektrum eğrileri kullanılarak farklı deprem taleplerine göre bina performansı belirlenmiştir. Bina performanslarının belirlenmesinde Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007’de verilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme arasındaki değişimi gösteren kesit hasar sınırları ve bölgeleri (Şekil 1) dikkate alınarak elemanların hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Bina performansının belirlenmesinde ise her kattaki elemanların (kolon ve kiriş) hasar bölgeleri dikkate alınarak Deprem Yönetmeliği 7.7.1’de verilen şartlar dikkate alınarak karar verilmiştir.



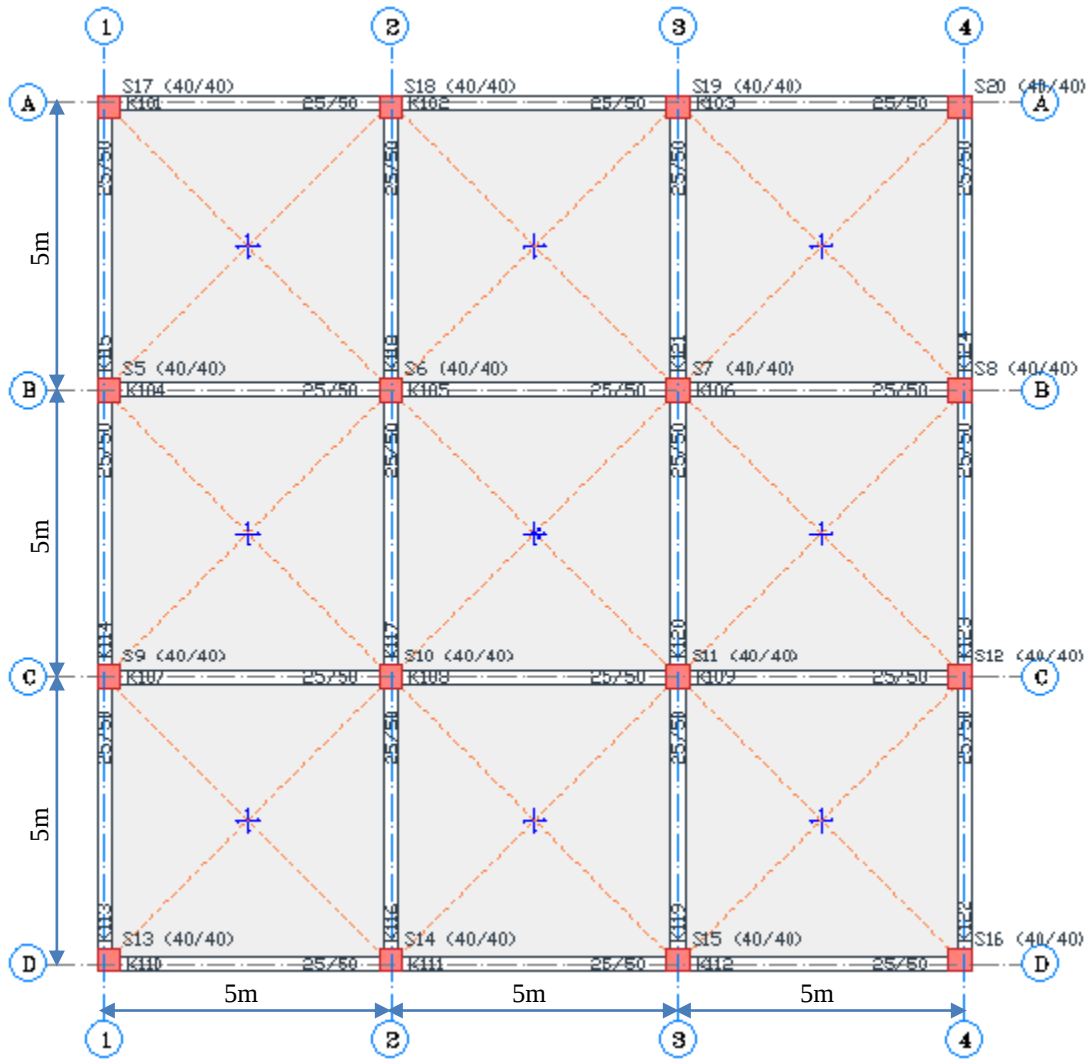
Şekil 1. Kesit hasar bölgeleri [8]

3. Sayısal Çalışma

Yapılan çalışma kapsamında incelenen beş katlı, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme karkas konut binası Türkiye Deprem Yönetmeliği [8] ve TS500 [9] tasarım şartları göz önüne alınarak geometri ve malzeme özellikleri uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapıya ait karakteristik özellikler Tablo 1’de, yapının kalıp planı ise Şekil 2’de verilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlarının enine donatısı Deprem Yönetmeliği’nde verilen orta bölge ve sarılma bölgesi şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Tablo 1. İncelenen yapının karakteristik özellikleri

Karakteristik özellik	Büyüklüğü
Kolon boyutları	0.40x0.40 m
Kiriş boyutları	0.25x0.50 m
Döşeme kalınlığı	0.12 m
Kat yüksekliği	5.0 m
X yönündeki çerçeve açıklığı	5.0 m
Y yönündeki çerçeve açıklığı	5.0 m
Beton sınıfı	C20 Mpa
Çelik sınıfı	S420 Mpa
Deprem bölgesi	1



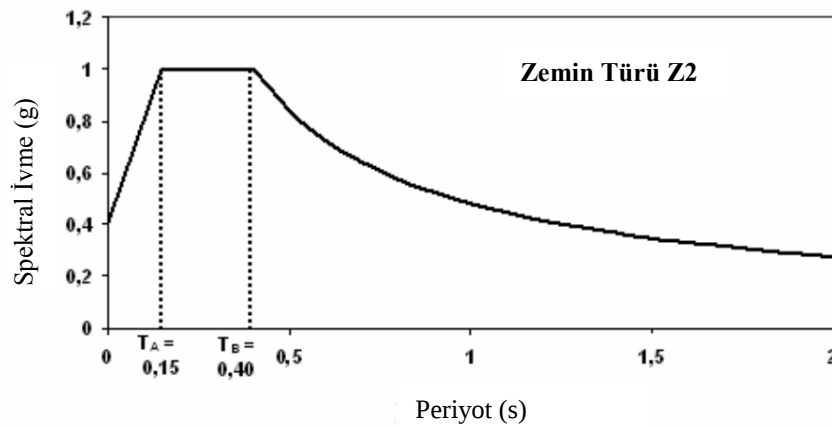
Şekil 2. İncelenen binanın birinci kat kalıp planı

Binanın matematik modelinin oluşturulmasında ve performans değerlendirmesinde Probina Orion [10] bilgisayar paket programı kullanılmıştır. İncelenen binanın performans seviyelerinin belirlenmesi aşamasında Deprem Yönetmeliği 2007’de tanımlanan tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi, bina önem katsayısı 1 olan binalar için, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etki seviyesini ifade etmektedir. Binanın performans değerlendirmesi gerçekleştirilirken Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 Bölüm 6.2’de detaylı olarak açıklanan dört farklı yerel zemin sınıfı dikkate alınarak dört farklı talep spektrumu kullanılmıştır. Her bir zemin sınıfının spektrum karakteristik periyotları Tablo 2’de sunulmuştur.

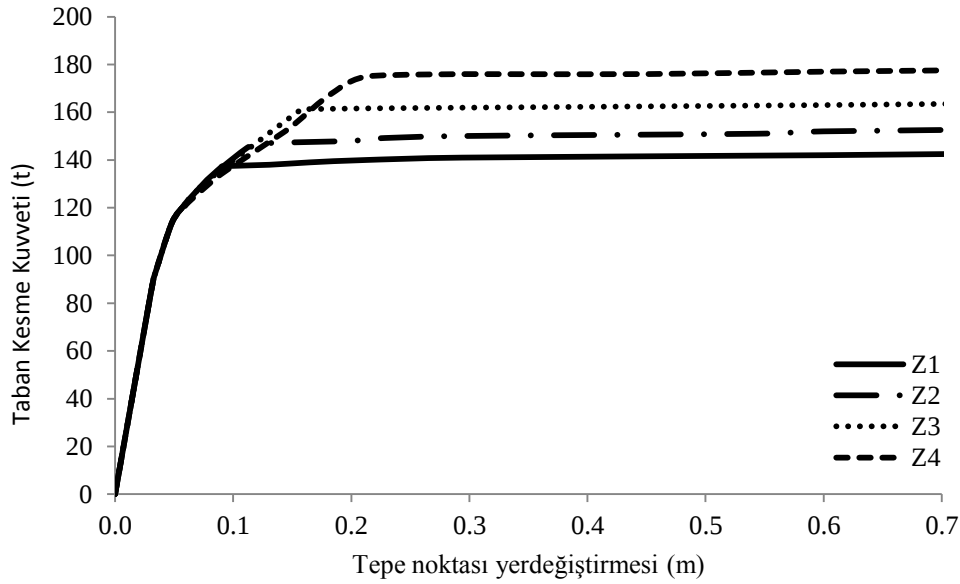
Tablo 2. Yerel zemin sınıflarının spektrum karakteristik periyotları [8]

Yerel zemin sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Birinci derece deprem bölgesi ve Z2 zemin sınıfı için, örnek teşkil etmesi amacıyla, oluşturulan tasarım depremine ait talep spektrumu Şekil 3'te gösterilmiştir.

**Şekil 3.** Zemin türü Z2 için Tasarım Depremi Talep Spektrumu

Bundan sonraki aşamada her bir yerel zemin sınıfı dikkate alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile binanın deprem performansı belirlenmiştir. Çalışmada malzemenin doğrusal olmayan davranışı plastik mafsallı hipotezi kullanılarak dikkate alınmıştır. Hipoteze göre plastik şekil değiştirmelerin plastik mafsallı adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde malzemenin doğrusal elastik davrandığı kabul edilmiştir [8]. Performans analizi sonucu farklı zemin sınıfları için elde edilen binanın yatay yük ile tepe noktası yer değiştirmesi arasındaki değişimi gösteren pushover eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 4). Elde edilen pushover eğrileri karşılaştırıldığında başlangıç rijitliğinin olması gerektiği gibi tüm zemin sınıflarında aynı olduğu belirlenmiştir. Zeminin rijitliği azaldıkça yatay yük ve yatay yer değiştirme talebinin arttığı belirlenmiştir.



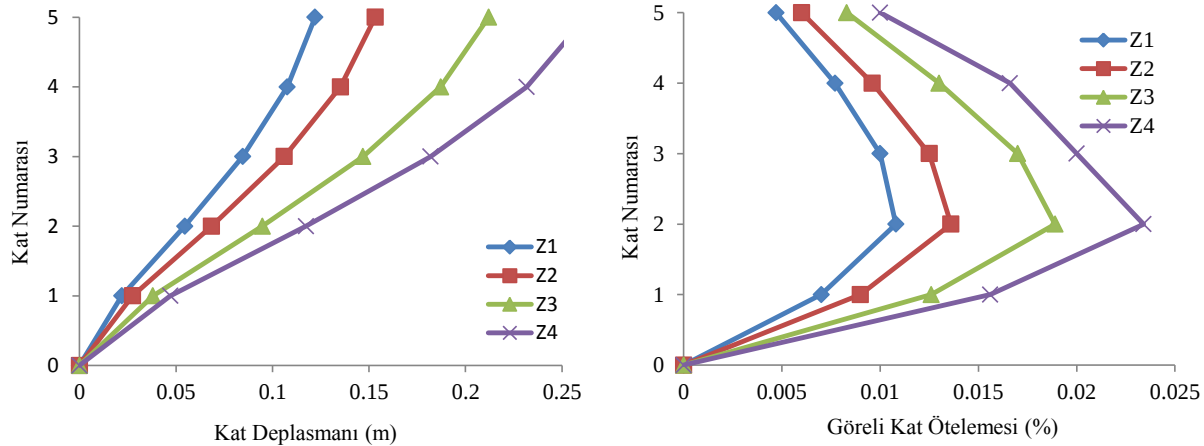
Şekil 4. Farklı zemin sınıfları için elde edilen pushover eğrileri

Pushover eğrilerinin karşılaştırılmasının ardından her bir zemin sınıfı için binanın performans noktası belirlenmiş ve performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede zemin rijitliği azaldıkça yerdeğiştirme talebinin arttığı belirlenmiştir. Performans değerlendirmesinde ise zemin rijitliği azaldıkça bina performansının kötüleştii belirlenmiştir. Z1 ve Z2 zemin sınıfı için bina Hemen Kullanım performans seviyesinde iken Z3 ve Z4 zemin sınıfında Can Güvenliğı performans seviyesi elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Zemin sınıflarına göre binanın performans noktası ve performans seviyesi

Zemin Sınıfı	Taban kesme kuvveti (t)	Tepe yerdeğiştirmesi (m)	Performans Seviyesi
Z1	137.4	0.09	HK
Z2	145.7	0.11	HK
Z3	161.3	0.16	CG
Z4	175.2	0.22	CG

Diğer bir karşılaştırma ise görelî kat ötelemeleri için yapılmıştır. Her zemin sınıfı için kat deplasmanları ve görelî kat ötelemesi değerleri elde edilmiş ve grafiksel olarak sunulmuştur (Şekil 5). Sonuçlar değerlendirildiğinde zemin rijitliği azaldıkça kat deplasmanlarının ve görelî kat ötelemesi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Yani en az deplasman ve görelî kat ötelemesi Z1’de gözlenirken en yüksek deplasman ve görelî kat ötelemesi değerleri Z4’te elde edilmiştir.



Şekil 5. Farklı zemin sınıfları için elde edilen görel kat ötelemesi değerleri

4. Sonuçlar

Çalışmada birinci derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilen beş katlı betonarme çerçeve taşıyıcı sistemli karkas binanın farklı yerel zemin sınıfları göz önüne alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak deprem performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda;

- Zeminin rijitliği azaldıkça binanın yatay yük ve yatay deplasman talebinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek yerdeğiştirme talebi 0.22 m ile Z4 zemin sınıfında elde edilmiştir.
- Binanın deprem performansının karşılaştırılmasında ise zeminin rijitliği azaldıkça bina performans seviyesinin kötüleştiği belirlenmiştir. Z1 zemin sınıfında Hemen Kullanım performans seviyesi sağlanırken, Z4 zemin sınıfında Can Güvenliği performans seviyesi sağlanmıştır.
- Kat deplasmanlarının ve görel kat ötelemelerinin karşılaştırılmasında ise zemin rijitliği azaldıkça her kattaki deplasman değerinin ve görel kat ötelemesi değerlerinin arttığı belirlenmiştir.
- Deprem Yönetmeliği ve TS500 tasarım şartları göz önünde bulundurularak tasarlanan beş katlı konut binasının gerekli tasarım koşullar sağlandığında deprem anında olması istenen Can Güvenliği performansını sağladığı elde edilen sonuçlar arasındadır.

5. Kaynaklar

- [1] Celep Z. Betonarme taşıyıcı sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme. İstanbul, 2008.
- [2] Kontaş A, Fahjan Y. Türkiye’ deki orta katli binaların bina performansına etki eden parametreler. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı. Hatay, 2013.
- [3] Uçar T, Seçer M. Beton sınıfının yapı performans seviyesine etkisi. 7. Ulusal Beton Kongresi Beton Teknolojisinde Gelişmeler ve Uygulamalar. İstanbul, 2007.
- [4] Yılmaz MT, Kutanis M, Beyen K. Performansa dayalı yöntemlerin yerel zemin koşulları ile birlikte değerlendirilmesi: Adapazarı vakaları ile bir çalışma. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. İstanbul, 2011.
- [5] Kutanis M, Beyen K, Bal İE. Binaların gözlenen deprem performanslarının hesaplanmasında mevcut yöntemlerin tutarlılığı. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. İstanbul, 2011.
- [6] Boru E, Kutanis M. Betonarme binaların deprem performanslarının 17 Ağustos Depremi’ndeki performansları ile karşılaştırılması, Sakarya International Symposium of Earthquake Engineering. Kartepe, Sakarya, 2009.
- [7] Sucuoğlu H. 2007 Deprem Yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirilmesi. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:444–445–2006/4–5, 2006.
- [8] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik. Ankara, 2007.
- [9] Türk Standartları Enstitüsü, TS500. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Ankara, 2000.
- [10] Prota Yazılım Bilişim ve Mühendislik, Probina orion sürüm 2013. Ankara, 2013.