

DÜZCE İLİNDEKİ FARKLI ZEMİN SINIFLARI DİKKATE ALINARAK ZEMİN SINIFININ YAPI HASARI VE DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ

Ali ATEŞ¹ Burak YEŞİL²

¹ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., 81620, Düzce, TÜRKİYE

² Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, İnşaat Bölümü, 81070, Düzce, TÜRKİYE
burakyesil@duzce.edu.tr

Özet- Türkiye’deki Deprem Mühendisliğinde performansa dayalı değerlendirme 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan “Türkiye Deprem Mühendisliği”nin yedinci bölümünde yer almıştır. Bu yönetmelikte yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde deplasman esaslı çözüm yöntemleri ve detaylarına yer verilmiştir. Türkiye Deprem Yönetmeliğinin yedinci bölümünde bulunan performansa dayalı değerlendirme baz alınarak, bu çalışmada Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları dikkate alınarak zemin periyodu ile yapı hasarı ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla taşıyıcı sistemi betonarme olan bir yapı, Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları göz önüne alınarak zemin periyodu ile yapı hasarı deprem performansı ilişkisi araştırılmıştır. Performans değerlendirmesi yapılırken “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü” yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama sonucunda, Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları dikkate alınarak zemin periyodu ile yapı hasarı deprem performansı etkisi belirlenerek sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler- Zemin sınıfları, artımsal itme analizi, kat ötenmeleri

Influence of Soil Classification to Structural Damage and Earthquake Performans Regarding Different Soil Classifications in Düzce

Abstract- Assessment of performance based design and evaluation concepts which was come into force in 2007 for the first time in Turkey and included in the seventh chapter. The methods of solution based displacement and details were used in the determination earthquake perforöance of structures in this Turkish Seismic Rehabilitation Code. In this study it’s aimed to determine effect on building performance with performance evaluation methods taking into account fiffereent soil classes in Turkish Seismic Rehabilitation Code 2007 in Seventh Chapter in Düzce. In accordance with this purpose, earthquake performance analysis with different soil classifications in Düzce was investigated on five story, reinforced concrete frame system building. Being performance evaluation Incremental Equivalent Seismic Load Method which is suggested in Turkish Seismic Rehabilitation Code 2007 is used. As a result, performance evaluation results for different soil classifications in Düzce and effect of soil classification to building performance ispresented.

Key Words- Soil classifications, incremental push over anlysis, storey displacements

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizi Dünyanın önemli aktif kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer almaktadır. Geçmişten günümüze değişik zamanlarda birçok defa ciddi boyutta mal ve can kayıplarına neden olmuş depremler yaşamıştır. Düzce ili genel olarak Kuzey Anadolu Fay (KAF) sistemi etkisinde depremlere maruz kalmaktadır. KAF zaman zaman önceki depremlerde kaybettiği enerjiyi biriktirdiği zaman tekrar hareketlenecektir. Bir önceki 1999 Düzce depreminde de mal ve can kayıplarına maruz kalmıştır. Düzce’de etkin olan ve bilinen üç adet fay; Düzce fayı yaklaşık 70 km uzunluğundadır, Hendek fayı yaklaşık 50 km uzunluğa sahiptir, Çilimli Fayı ise yaklaşık 13 km uzunluğundadır.

Düzce arazi yapısı henüz oturmuş ve yerleşmiş değildir. Bu nedenle konveksiyon ve çökme hareketleri başlıca risk faktördür. Akarsu, kanal ve taşkın ovası çökel alanları üzerinde bulunmakta ve genişlemektedir. Bu nedenle Düzce ilinde yerleşim alanı seçiminde zemin dağılımı ve zemine dayalı faktörlerin daha çok dikkat çekmesi önem arz etmektedir. Bu zemin tabanlı yerleşim alanı risk faktörü zemin ve yapı salınımlarını gündeme getirmektedir. Bu zemin ve yapı salınımları ve salınımların oluşturduğu titreşimler yapı kesitlerini zorlamakla kalmaz aynı zamanda kat ötelenmelerini de oluşturur. Zemine bağlı oluşan zemin periyotları yukarıda bahsedilen yapı kesit zorlaması ve kat ötelenmeleri sonucunda ise yapı hasarları oluşur.

Literatürde 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 [1,2].

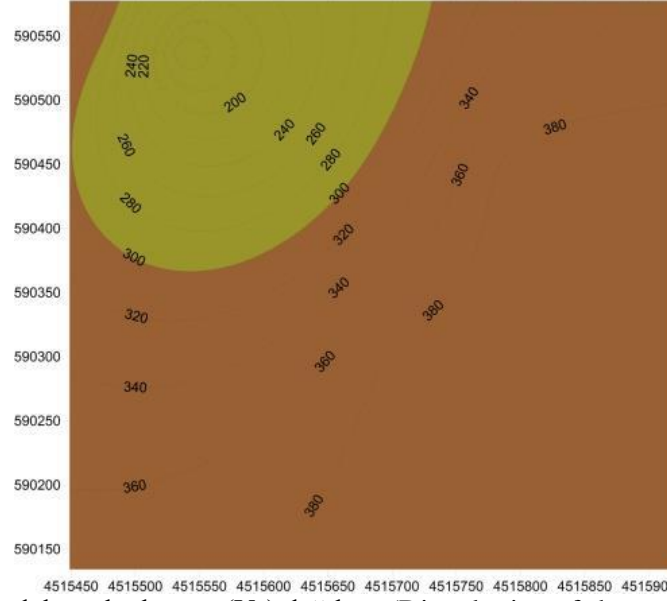
Ayrıca bu yöntemlerin mevcut durum ile karşılaştırılması üzerine bu konuda yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır [3-5]. Düzce ilinde yapılan bu çalışmada farklı zemin sınıflarının bina performansını nasıl etkilediği ve nasıl hasara neden olduğu araştırılmıştır. Bu çalışmada betonarme beş katlı, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan karkas bir bina üzerinde farklı zemin sınıfları dikkate alınarak deprem performansı değerlendirilmiştir. Ve yöntem olarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi tercih edilmiştir. Farklı zemin sınıfları için elde edilen bina performansları karşılaştırılmış ve sonuçlar sunulmuştur.

2. DÜZCE ZEMİNLERİNİN ZEMİN HÂKİM PERİYODU DAĞILIMI (DISTRUBUTION OF SOIL PRODOMINAT PERIOD OF DUZCE SOILS)

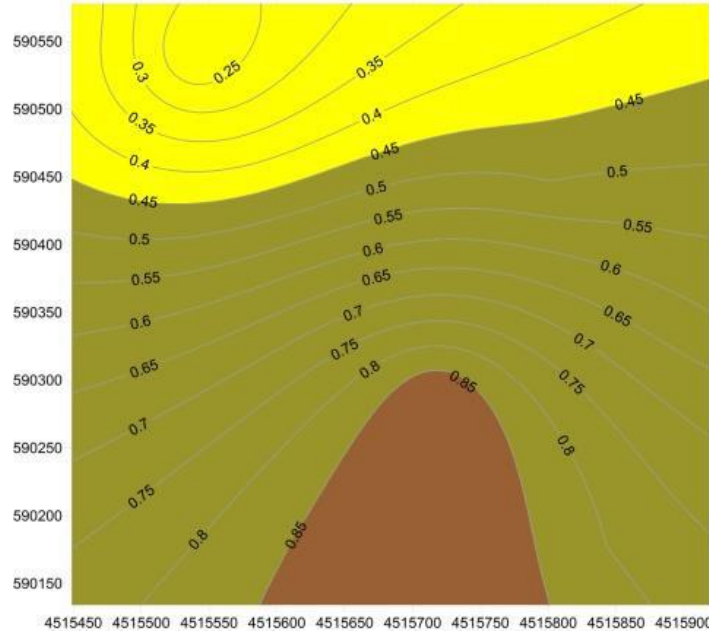
Kent merkezinde SPT değerleri düşüktür. Kalan bölgelerde ise refü değeri olan 50’ye varan değerler ölçülmüştür. Kesme dalgası hızlarının yaygın biçimde düşük olduğu, ancak inceleme alanının güney batısında oldukça yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 1). Bu verilere göre yüksek değerlerin güneybatı ve doğuda yoğunlaştığı ortaya çıkmaktadır. Bu parametrelere göre inceleme alanının orta ve kuzey kısımlarında düşük zemin taşıma gücü ve kesme dalgası ile karşılaşılacağını göstermektedir. Dolayısıyla bu bölgelerin yerleşim açısından daha az uygun olduğunu ortaya koymaktadır [6].

Periyot dağılımları dikkate alındığında, yüksek periyot değerlerinin, inceleme alanının güneybatı kesiminde yoğunlaştığı izlenmektedir. Bununla birlikte, sahanın çok büyük bir kısmında zemin periyot dağılımının 0.36-0.44 sn aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 2). Maksimum büyümenin görüldüğü ilk hakim frekans, yani T₁, aynı zamanda rezonans frekansı olarak Ta adlandırılır (Şekil 3). Rezonans, etkileşim halindeki iki farklı titreşimin frekanslarının çakışması durumu olarak bilinmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere zeminlerin olduğu gibi, üzerindeki yapıların da bir hâkim periyodu veya frekans varlığından söz edilir. Yapıların hâkim periyodu, inşa edildiği malzemelerin özellikleri ve yapının boyutları tarafından kontrol edilir ve çok kaba

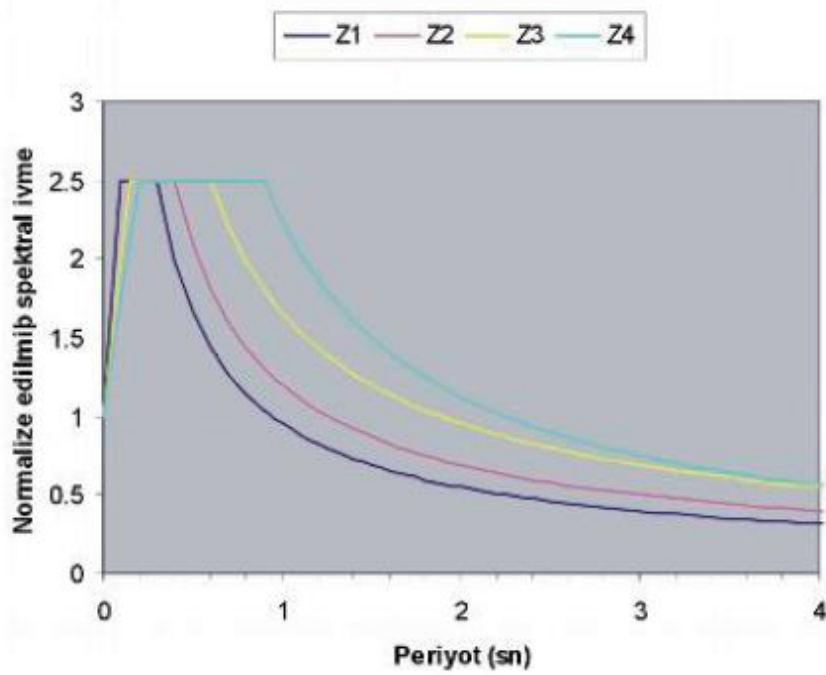
bir hesapla kat sayısının 10'a bölümü şeklinde bulunabilir. Yani 7 katlı bir bina için; bina hâkim periyodu; $7/10 = 0,7$ sn.'dir. Ancak alçak katlarda ise bu oran azalır ve 1 katlı bina için hâkim titreşim periyodu 0.35 sn., 2 kat için 0.40 sn., 3 kat için 0.45 sn., 4 kat için 0.50 sn. yaklaşık olarak kabul edilir. Buna göre inceleme alanındaki en yaygın zemin periyot dağılımı 3-4 katlı yapı periyodu ile çakışmaktadır. Bölgedeki yapılaşma dikkate alındığında, ana cadde kenarlarında 3 kat, diğer yerlerde ise 2-3 kat yapı izni verilmelidir. Bu veriler, olası bir depremde inceleme alanındaki yapıların birçoğunun zemin ile rezonansa gireceğini göstermektedir (Şekil 4). Bunu önlemek için zemin ve/veya yapının periyot değerlerinin uygun hale getirilmesi yararlı olacaktır. Zeminde iyileştirme ve/veya güçlendirme yapılması, zemin rijitliğini ve periyodu değiştirmede kullanılan en yaygın yöntemdir [6].



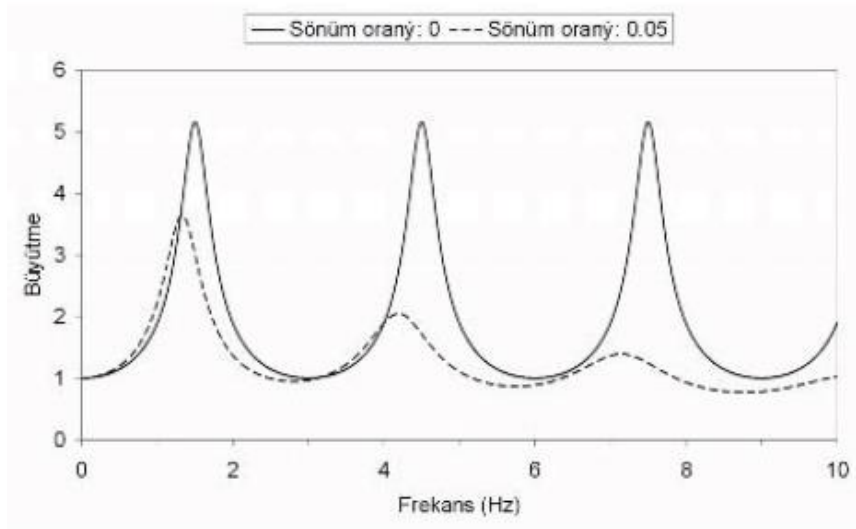
Şekil 1. Kesme dalgası hızlarının (Vs) dağılımı (Distribution of shear wave velocity) [6]



Şekil 2. Doğal Zemin Salınımı (Natural soil vibration) [6]



Şekil 3. Dört farklı zemin türü için elastik tasarım spektrumları (Elastic design spectrums for four kind of soils) [7]



Şekil 4. Makalede verilen zemin ve ana kaya parametreleri kullanılarak, iki farklı sönüm oranı için çizdirilen büyütme fonksiyonları (Amplification factors plotted for two different attenuation rates versus using soil and rock parameters given in the article) [8]

3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ (METHOD OF INCREMENTAL EQUIVALENT EARTHQUAKE FORCE)

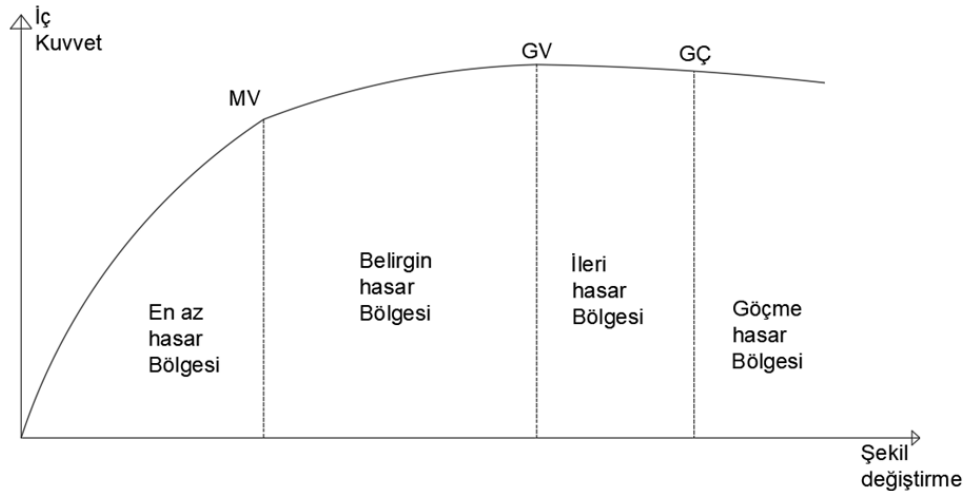
2007 Deprem Yönetmeliğinde binaların deprem performansının değerlendirilmesi için üç farklı doğrusal elastik olmayan yöntemden bahsedilmektedir. Doğrusal elastik olmayan yöntemlerin doğrusal elastik yöntemlere göre en önemli avantajı artan yükler altında yapısal elemanların

kapasitelerine ulaştıkça bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara dağılmasıdır [9]. Bu işleme yeniden dağılım denilmektedir. Yeniden dağılım ile iç kuvvetler daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri adım adım arttırılarak uygulanmaktadır. Bundan dolayı yöntemlere statik itme analizi de denmektedir [10]. Yöntemlerin bir dezavantajı ise doğrusal yöntemlere oranla çözümlerin taşıyıcı sistem düzensizliğinden daha fazla etkilenmesidir.

Bu çalışmada tercih edilen doğrusal elastik olmayan yöntemlerden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü 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 [7]. Yöntemin kullanılabilmesi için sağlanması gereken diğer bir şart da incelenen deprem doğrultusundaki birinci titreşim moduna ait etkin kütle oranının 0.70'den büyük olmasıdır.

Bu yöntemde taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesi (pushover eğrisi) ile depremin talebi kesiştirilerek deprem anındaki performansa karşı gelen seviyenin belirlenmesinden ibarettir. İlgili yöntemde taşıyıcı sistem geometri, kesit ve malzeme özellikleri ile elastik ötesi davranış dikkate alınarak adım adım yüklenir buna statik itme analizi denir [7]. Statik itme analizi yapılması ile yatay yük kapasite eğrisi adı verilen yatay yükün ve yapının en üst noktasının yer değiştirmesi arasındaki ilişki elde edilir.

Depremin talebinin belirlenmesinde ise spektral ivme ile periyot arasındaki değişimi gösteren spektrum eğrisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada Düzce ilinde farklı zemin sınıfları için oluşturulan spektrum eğrileri kullanılarak farklı deprem taleplerine göre bina performansı araştırılmıştır. Bina performanslarının belirlenmesinde Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'de verilen iç kuvvet ve şekil değiştirme arasındaki değişimi gösteren kesit hasar sınırları ve bölgeleri (Şekil 5) dikkate alınarak elemanların hasar bölgeleri tanımlanmıştır [9]. 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 5. Kesit hasar bölgeleri (regions of sectional damage) [7]

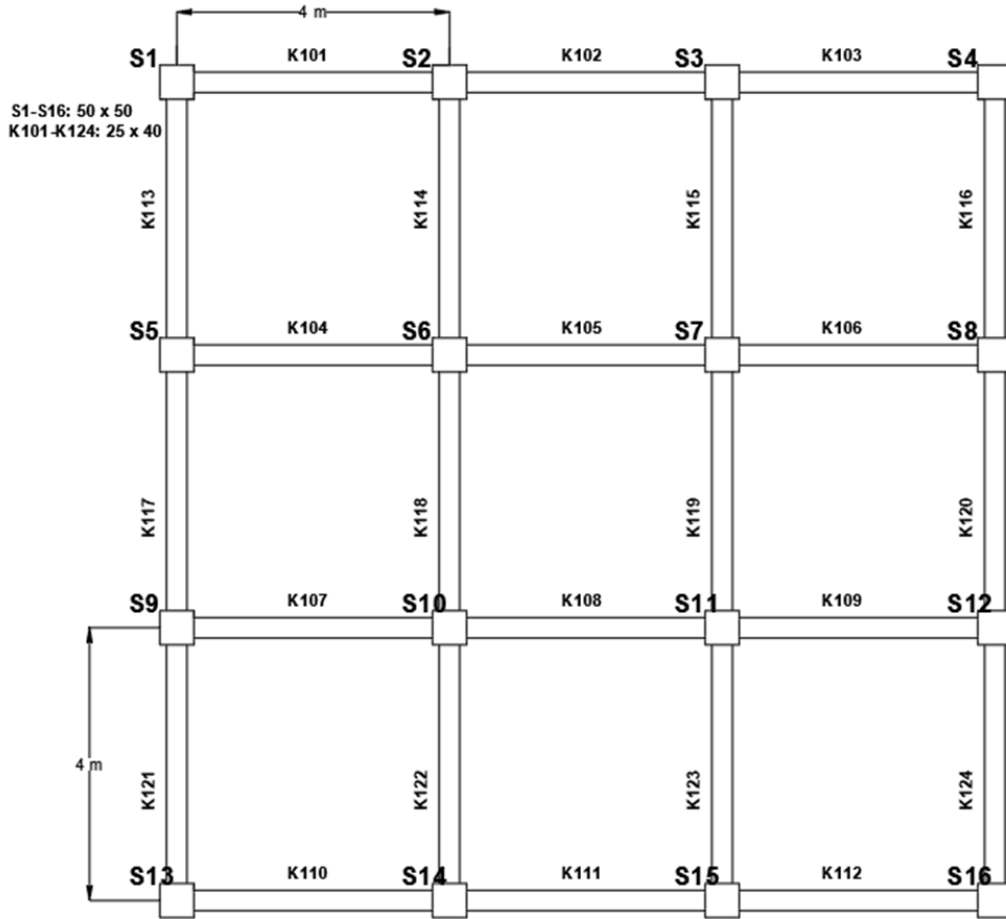
4. ÖRNEK VAKIA ANALİZİ (ANALYSIS OF SAMPLE)

Düzce ili zemin dağılımları göz önüne alınarak gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında incelenen beş katlı, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme karkas konut binası Türkiye Deprem Yönetmeliği [7] ve TS500 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 6’de verilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlarının enine donatısı Deprem Yönetmeliği’nde anlatılan orta bölge ve sarılma bölgesi şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Tablo 1. Örnek yapının karakteristik özellikleri (properties of charecteristic of sample structure)

Deprem Bölgesi	1
Beton sınıfı	C25
Çelik sınıfı	S420
Açıklık	4 m
Döşeme kalınlığı	12 cm
Kolon boyutları	50 x 50 cm ²
Kiriş boyutları	25 x 40 cm ²
Kat yüksekliği	3.1 m



Şekil 6. Örnek binanın birinci kat kalıp planı (first storey overview of sample structure)

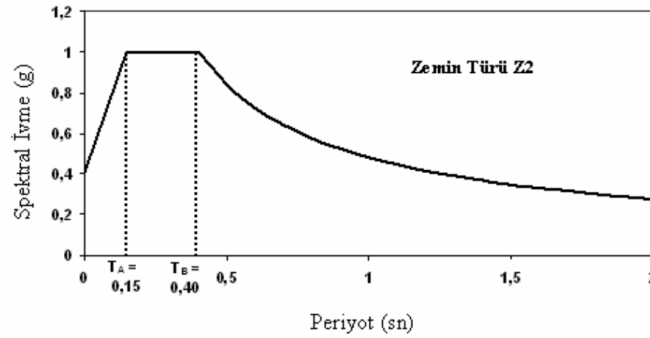
Bu çalışmada binanın modelinin oluşturulmasında ve performans değerlendirmesinde Sta4Cad [11] yazılımı kullanılmıştır. Örnek binanın performans seviyelerinin belirlenmesi aşamasında Deprem Yönetmeliği 2007’de tanımlanan tasarım depremi esas alınmıştır. Senaryo depremi, bina önem katsayısı 1 olan binalar 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 verilmiştir.

Tablo 2. Yerel zemin sınıflarının spektrum karakteristik periyotları (periods of charecteristical spectrums of local soil calssifications) [8]

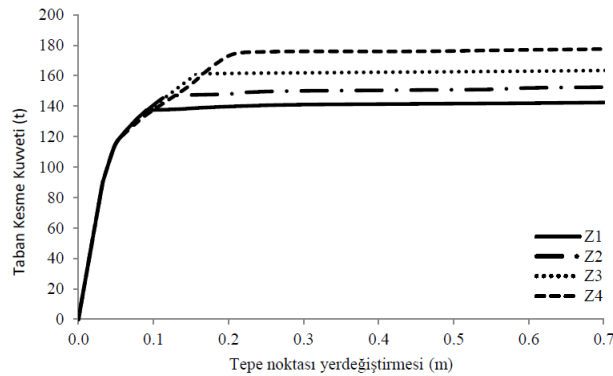
Yerel Zemin Sınıfı	TA (sn)	TB (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Bu çalışmada seçilen örnek yapı birinci derece deprem bölgesi ve Z2 zemin sınıfı için, örnek teşkil etmesi amacıyla, oluşturulan senaryo depremine ait talep spektrumu Şekil 7’te verilmiştir.



Şekil 7. Zemin türü Z2 için Tasarım Depremi Talep Spektrumu (Demand spectrum of design earthquake for local soil classification Z2)

Bu aşamadan sonra her bir yerel zemin sınıfı dikkate alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile binanın deprem performansı gerçekleştirilmiştir. Bu makalede 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]. Yapılan performans analizi sonucu farklı zemin sınıfları için elde edilen binanın yatay yük ile tepe noktası yer değiştirmesi arasındaki değişimi gösteren pushover eğrileri kıyaslanmıştır (Şekil 8). Elde edilen pushover eğrilerine bakıldığında başlangıç rijitliğinin olması gerektiği gibi tüm zemin sınıflarında aynı olduğu anlaşılmıştır. Zeminlerin rijitliği azaldıkça yatay yük ve yatay yer değiştirmelerin arttığı anlaşılmıştır.



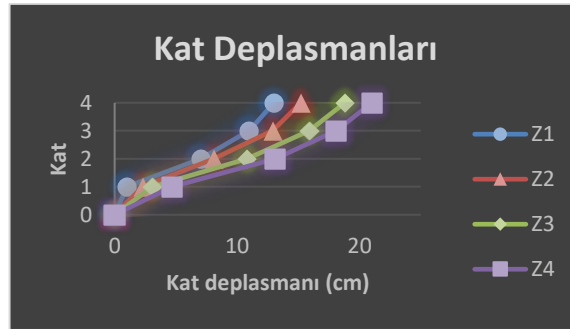
Şekil 8. Farklı zemin sınıfları için elde edilen pushover eğrileri (Pushover graphs obtained for different soil classifications)

Burada push-over eğrileri karşılaştırılmış ve her bir zemin sınıfı için binanın performans noktası belirlenmiş ve performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda zemin rijitliği azaldıkça yer değiştirme talebinin arttığı anlaşılmıştır. İkinci aşamada performans değerlendirmesinin sonunda ise zemin rijitliği azaldıkça bina performansının kötüleştiği ortaya konmuştur. Analiz sonunda Z1 ve Z2 zemin sınıfı için bina Hemen Kullanım performans seviyesinde iken Z3 ve Z4 zemin sınıfında Can Güvenliği performans seviyesi ortaya konulmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Zemin sınıflarına göre binanın performans ve performans seviyesi (Performans degree of structure according to soil classifications)

Zemin Sınıfı	Tepe deplasmanı (cm)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Performans seviyesi
Z1	10.11	13.65	Hemen Kullanım
Z2	12.59	14.46	Hemen Kullanım
Z3	17.37	16.09	Can Güvenliği
Z4	23.25	17.58	Can Güvenliği

Diğer bir karşılaştırma ise görelî kat ötelemeleri cinsinden yapılmıştır. Her zemin sınıfı için kat deplasmanları ve görelî kat ötelemesi değerleri hesaplanmış ve sunulmuştur (Şekil 9, Şekil 10). Sonuçlar değerlendirildiğinde zemin rijitliği azaldıkça kat deplasmanlarının ve görelî kat ötelemesi değerlerinin de arttığı ortaya konulmuştur. Yani en az deplasman ve görelî kat ötelemesi Z1’de gözlenmişken en yüksek deplasman ve görelî kat ötelemesi Z4’te bulunmuştur.



Şekil 9. Farklı zemin sınıfları için bulunan kat deplasmanı değerleri (value of storey displacement obtained for different soil classifications)



Şekil 10. Farklı zemin sınıfları için bulunan görelî kat ötelemesi değerleri (relative value of storey displacement obtained for different soil classifications)

5. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Düzce ili zemin şartları düşünülerek 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 araştırılmıştır. Ve bu çalışma sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Zeminin rijitliği azaldıkça binanın yatay yük ve yatay deplasman talebinin arttığı ortaya konulmuştur. En yüksek yer değiştirme talebi 23.25 cm ile Z4 zemin sınıfında elde edilmiştir.
2. Binanın deprem performansının karşılaştırılmasında ise zeminin rijitliği azaldıkça bina performans seviyesinin kötüleştiği ortaya konmuştur. Z1 zemin sınıfında Hemen Kullanım performans seviyesi sağlanırken, Z4 zemin sınıfında Can Güvenliği performans seviyesi bulunmuştur.
3. Kat deplasmanlarının ve görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılmasında ise zemin rijitliği azaldıkça her kattaki deplasman değerinin ve görelî kat ötelemesi değerlerinin arttığı ortaya konulmuştur.
4. Bu çalışmanın sonucunda, Deprem Yönetmeliği ve TS500 tasarım şartları göz önünde bulundurularak tasarlanan beş katlı konut binasının gerekli tasarım koşullar sağlandığında deprem anında olması gereken Can Güvenliği performansını sağladığı ortaya konulmuştur.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Konaş, A., Fahjan, Y. Türkiye'deki orta katlı binaların bina performansına etki eden parametreler. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı. Hatay, 2013.
- [2] Uçar, T., Seçer, M. Beton sınıfının yapı performans seviyesine etkisi. 7. Ulusal Beton Kongresi Beton Teknolojisinde Gelişmeler ve Uygulamalar. İstanbul, 2007.
- [3] Yılmaz, M.T, Kutaniş, M., Beyen, K. Performansa dayalı yöntemlerin yerel zemin koşulları ile birlikte değerlendirilmesi: Adapazarı vakaları ile bir çalışma. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. İstanbul, 2011.
- [4] Kutaniş, M., Beyen, K., Bal, İE. Binaların gözlenen deprem performanslarının hesaplanmasında mevcut yöntemlerin tutarlılığı. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. İstanbul, 2011.
- [5] Boru, E., Kutaniş, M. Betonarme binaların deprem performanslarının 17 Ağustos Depremindeki performansları ile karşılaştırılması, Sakarya International Symposium of Earthquake Engineering. Kartepe, Sakarya, 2009.
- [6] Ateş, A. 1999 Düzce Depreminde Zemin Yapı Rezonans Uyuşumuna Bağlı Oluşan Yapı Hasarlarının Araştırılması, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2016) 911-925.
- [7] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik. Ankara, 2007.
- [8] Kramer, S.L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, ISBN 0-13-374943-6.
- [9] Boru, EO. Farklı Zemin Sınıflarının Bina Deprem Performansına Etkisi, Akademik Platform,1-8.
- [10] Sucuoğlu H. 2007 Deprem Yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirilmesi. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:444-445-2006/4-5, 2006.
- [11] STA4Cad Yazılım Bilişim ve Mühendislik, Sta4Cad sürüm 2013. Ankara, 2013.