ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ B- TEORİK BİLİMLER

Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoritical Sciences

2018, Cilt:6 - syf. 124 - 132, DOI: 10.20290/aubtdb.489966
4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı Özel Sayısı

EŞDEĞER ANALİZ YÖNTEMİ İLE ZEMİNİN DİNAMİK DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

Ebru CİVELEKLER[1,*], D. Volkan OKUR [2], Kâmil B. AFACAN [3]

[1] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 26480 Eskişehir
[2] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 26480 Eskişehir
[3] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 26480 Eskişehir

ÖZET

Sismik yükler altında zemin davranışı, yapı- zemin etkileşimi ve üst yapı tasarımı açısından önemlidir. Zeminlerin tabakalanma durumları deprem yer hareketinin özelliklerini değiştirebilmektedir. Zemin tabakaları, bazı frekanslardaki sismik dalgaları sönümlendirirken, bazılarını da büyütmektedir. Bu nedenle deprem sırasında yer hareketindeki değişimin ne olduğu ve hangi parametrelerden ne oranda etkilendiğinin belirlenmesi önemlidir. Bunun yanı sıra Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2016 (TBDY)'nın 16. Bölümün 16.5.2. maddesinde "Doğrusal Olmayan Serbest Zemin Modeli ve Deprem Analizi 16.5.2.1. maddesinde, sahaya özel zemin davranış modelinin oluşturulması amacı ile yatay zemin tabakalarında kayma birim şekil değiştirmesine bağlı olarak kayma modüllerinin ve eşdeğer histeretik sönüm katsayılarının doğrusal olmayan değişimlerinin tanımlanması istenmektedir. Bu çalışmada Eskişehir Odunpazarı bölgesi için yerel zeminlerinin dinamik davranışı eş değer analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak bölgede yapılmış olan sondajlar değerlendirilerek yerel zemin özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen yerel zemin özelliklerinin dinamik davranışa etkisini incelemek için eşdeğer analiz yöntemi ile davranış analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin davranış analizi, Yerel zemin koşulları, Eşdeğer analiz, Eskişehir

EVAULATION OF DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS OF SOIL LAYERS BY EQUIVALENT ANALYSIS: A CASE STUDY IN ESKİŞEHİR

ABSTRACT

Ground behaviour under seismic loading is important in terms of soil-structure interaction and superstructure design. The stratification of soil layers can change the characteristics of earthquake ground motion. While soil layers dampen the seismic waves at some frequencies, they may amplify some other ones. Therefore, it is important to determine the parameters affecting on the variation of ground motion. Furthermore, " Nonlinear Free Field Model and Earthquake Analysis (Turkish Seismic Design Code (2016), 16.5.2.1 of Part 16, recommends of generating site-specific soil response model. It is required to define the nonlinear changes of shear modulus which depend change of the shear strain change and equivalent hysteretic damping coefficients in the horizontal soil layers. In this study, the dynamic response of local soil conditions of Odunpazarı region of Eskişehir were investigated using equivalent analysis method. To that end, the local soil profile characteristics were determined by evaluating the logs of the boreholes. Dynamic analysis were performed by using equivalent analysis method to investigate the local site effects on dynamic behaviour.

Keywords: Soil behavior analysis, Local soil conditions, Equivalent analysis, Eskişehir

1. GİRİŞ

Statik ve dinamik yükler altında zeminlerin davranışının incelenmesi yapıların tasarımı sürecinde oldukça önemlidir. Özellikle deprem gibi dinamik yükler altında bu davranışın ortaya konması mühendislik tasarımlarının güvenliği açısından çok önemlidir. Bu nedenle deprem ülkesi olarak bilinen ülkemizde zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları, güvenli yapıların tasarımı çalışmalarına öncülük etmektedir. Yerleşim alanının alüvyon olduğu Eskişehir'de 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde bir binanın yıkılmış olması, birçok binanında hasarlı duruma gelmesi nedeniyle

*Sorumlu Yazar: ecivelekler@gmail.com
Geliş: 14.03.2018 Kabul:30.03.2018

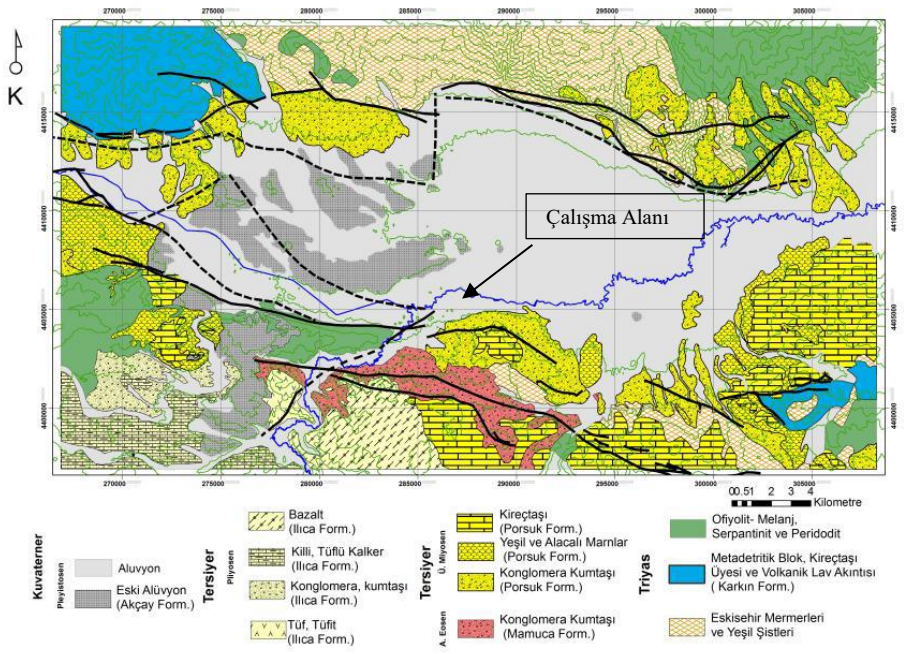
Eskişehir zemininin dinamik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Eskişehir'in çevresinde oluşabilecek büyük bir depremden etkilenme olasılığı büyüktür. Bu bağlamda zemin hâkim periyodunun doğru tespiti ve buna bağlı olarak yapıların tasarımı, zemin büyütme değerlerinin elde edilmesi yapıların güvenilirliği açısından çok önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Eskişehir Odunpazarı bölgesinde yer alan Vişnelik, Akarbaşı ve Şeker mahallelerinde yayılım gösteren alüvyon zeminde önceden yapılmış sondaj çalışmaları ve arazide sismik yöntemler kullanılarak belirlenmiş olan zeminin kayma dalgası hızı değerleri kullanılarak eşdeğer lineer analiz yöntemi ile zeminin dinamik davranışının belirlenmesi ve elde edilen parametrelerin karşılaştırılmasıdır.

2. BÖLGENİN JEOLOJİSİ VE DEPREMSELLİĞİ

2.1. Bölgenin Jeolojisi

Eskişehir ovasının jeolojik özeliklerinin belirlenmesi amacıyla bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır [1-2-3-4-5-6]. Bu çalışmalara göre Eskişehir il sınırlarında yayılım göstermiş formasyonlar gençten yaşlıya doğru Alüvyon, Akçay Formasyonu, Ilıca Formasyonu, Porsuk Formasyonu, Mamuca Formasyonu ve Karkın Formasyonu' dur (Şekil 1).



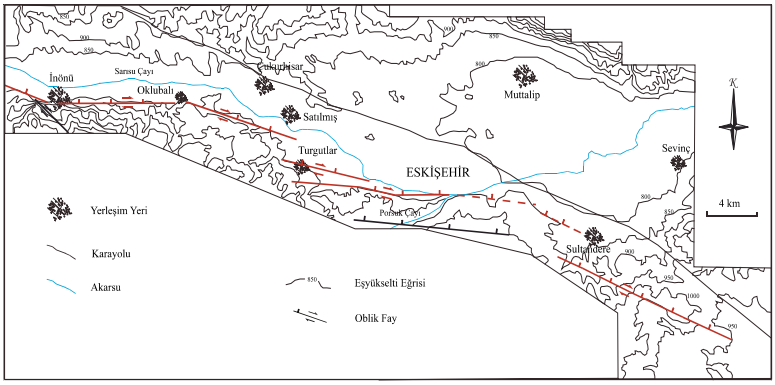
Şekil 1. Eskişehir Jeoloji Haritası [7]

Alüvyon zemin detaylı incelendiğinde Porsuk Nehri ve Sarısu deresinin getirdiği sedimanlardan oluştuğu görülmektedir. Kuvaterner yaşlı bu Alüvyon içinde kil, silt, kum ve çakıl seviyeleri bulunmaktadır. Tamamen Alüvyon birimiyle örtülmüş halde bulunan çalışma alanında, genel olarak yüzeyden 5-6 m'ye kadar kil-silt seviyeleri bulunurken, 5-6m'den sonra ise kil-silt dereceli olarak azalarak, yerini kum ve çakıla bırakmaktadır. Yüzeyden itibaren 6 m'de bulunan kil-siltin büyük bölümü yüksek plastisiteli kil ve siltten oluşmakta; daha alt seviyelerde ise killi-siltli kum bulunmaktadır [8]. Orhan (2005) çalışmasında Meşelik mevkindeki killerin yüksek plastisite özelliğine sahip olduğunu, çoğunlukla da kırmızı renklerde görüldüğünü öne sürmüşlerdir [9]. Bu

yüksek plastisiteli kil seviyesi Tosun ve ark. (2001) tarafından Meşelik Kili olarak adlandırılmıştır. Ovanın diğer kesimlerinde bulunan killer daha çok sarı ve bej renklerdedir [10].

2.2. Bölgenin Depremselliği

Eskişehir ili Triyas sonunda kapanan Tetis okyanusunun meydana getirdiği tektonizma sonucu oluşan İzmir-Eskişehir-Ankara zonunda kalmaktadır. Bu tektonizmalar sonucu Eskişehir'de bir fay zonu meydana gelmiştir. Bu fay zonu İnönü-Oklubalı-Turgutlar-Sultandere hattı boyunca ilerler (Şekil 2). Eskişehir fay zonu Sultandere ile İnönü arasında birbirini takip eden segmentler halinde devam etmektedir. Bu fay zonunda İnönü-Çukurhisar segmenti ve Turgutlar-Eskişehir segmenti olmak üzere iki adet segment bulunur. İnönü-Çukurhisar segmenti; İnönü-Oklubalı arasında doğu batı doğrultulu uzanırken, Oklubalı-Turgutlar arasında BKB-DGD doğrultulu uzanmaktadır. Fay, İnönü'nün güneyinde iki kola ayrılmaktadır. K142° doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı güney kol Triyas yaşlı kireçtaşlarında yaklaşık dik bir yüzey oluşturur ve bu yüzeydeki fay çiziklerinin hemen hemen yatay olması bu kol üzerindeki hareketin sadece doğrultu boyunca olduğunu, yani hareketin normal bileşeninin olmadığını göstermektedir. Fay, Çukurhisar'ın güneyinde kuzeye eğimli yayvan bir topoğrafya sunan Miyosen birimlerinde 1 m ile 3 m arasında değişen topografik farklılıklar oluşturur [5] (Şekil 2).



Şekil 2. Eskişehir ve Çevresinin Tektonik Haritası [5]

Ayrıca bölgede bindirme fayları, normal faylar ve doğrultu atımlı faylar olmak üzere 3 türlü fay sisteminin bulunduğuna işaret edilmektedir [4]. Bu çalışmalar göz önünde alındığında, çalışma alanı ve çevresinde gözlenen faylar içinde sadece Eskişehir'in güneyinden geçen, Eskişehir fay zonunun aktif olduğu görüşü araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir [11].

3. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ

Depremler sırasında oluşan yer hareketleri kaynak, izlenen yol ve arazi özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, oluşacak yer hareketlerinin değerlendirilmesi için, bölgesel sismisite, yer hareketinin sönümlenmesi, yerel arazi koşulları gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Yerel zemin koşulları, deprem sırasında yapılara etkiyen yer ivmesinin genliğini, frekans özelliklerini ve buna bağlı olarak atalet kuvvetlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle yapıların inşaasından önce yapılan temel zemini etüdlerinde, arazideki temel zeminini oluşturan tabakaların muhtemel bir deprem sırasında göstereceği davranışın da incelenmesi gerekli olmaktadır. Bir boyutlu saha davranış analizleri, yerel zemin koşullarının deprem dalgaları altında göstereceği hâkim periyotlardaki davranışların modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan saha davranış analiz yöntemlerinden, Schnabel vd. (1972) tarafından geliştirilen Shake bilgisayar programında olduğu gibi, zemin davranışını modellemek için eşdeğer lineer analiz yöntemi kullanılmaktadır [12-13].

Son yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2016 'nın 16. Bölümün 16.5.2.5. maddesinde, "Zemin yüzeyindeki sahaya özel deprem spektrumunun belirlenmesi bağlamında, her bir spektral periyod için zemin yüzeyi spektral ivmesinin taban kayası, spektral ivmesine oranı her bir kayıt için hesaplanacak, daha sonra bu oranların en az 11 kayıt için ortalaması, ilgili periyod için yerel zemin etki katsayısı olarak tanımlanacaktır. Bu katsayıların 2.3.5 veya 2.4.1'de tanımlanan taban kayası spektrumu ile çarpılması sonucunda, zemin yüzeyindeki sahaya özel deprem spektrumu belirlenmiş olacaktır. Yerel zemin sınıfı ZF dışındaki zeminlerde, zemin yüzeyinde belirlenen sahaya özel deprem spektrumunun ordinatları, Tablo 333 2.1 ve Tablo 2.2'ye göre ilgili yerel zemin sınıfı göz önüne alınarak belirlenen spektral ivmelerden daha küçük alınamaz" ibaresi yer almaktadır [14]. Bu nedenle alansal olarak zeminin dinamik davranışının belirlenmesi çalışmaları bu çalışmalara öncülük etmektedir.

Bir boyutlu analizler daha önce yapılan çalışmalarda genellikle EERA ve DeepSoil programının eşdeğer lineer ve DeepSoil programının nonlineer analiz yöntemine göre çözüm yapan seçenekleri ile ayrı ayrı yapılmıştır [13].

3.1. Bir Boyutlu (1-B) Analizler:

Önceki çalışmalarda bir boyutlu dinamik davranış analizleri DeepSoil (2004) programı ile EERA (2000) programları kullanılarak her bir kesit üzerinde arazi topoğrafyası ve formasyonlar göz önünde bulundurularak seçilen noktalarda yapılmıştır [13]. Bu noktalar için, zemin profili, tabaka kalınlıkları ve malzeme parametreleri tanımlanmıştır. Bu çalışmada ise DeepSoil (2016) programı ile Odunpazarı bölgesini temsil eden Vişnelik, Akarbaşı ve Şeker mahalleri için formasyonlar göz önünde bulundurularak eş değer analiz yöntemiyle değerlendirmeler yapılmıştır.

Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri killi zeminlerde plastisite dikkate alınarak Vucetic and Dobry (1991), alüvyon kesimler ve içerisindeki kumlu zemin için Seed vd., (1986) ilişkileri kullanılmıştır [15-16]. Çalışmada anakaya seviyesinde 17.08.1999 tarihinde 7.4 büyüklüğünde meydana gelen Kocaeli depreminde PGA (g) değeri 0.218, faya uzaklığı 17 km olan Kocaeli-Yarımca istasyonundan alınmış deprem kayıtı verisi kullanılarak tek boyutlu dinamik davranış analizleri yapılmıştır. Ayrıca EERA (2000) programı ile sadece eşdeğer lineer analizler yapılabilirken DeepSoil programı ile hem eşdeğer lineer hem de non-lineer analizler yapılabilmektedir. Bu nedenle günümüzde dinamik analiz çalışmalarında DeepSoil programı tercih sebebidir.

DeepSoil Programı

DeepSoil programı frekans ve zaman alanında çözüm yapabilen bir programdır. Frekans alanında lineer ve eşdeğer lineer analizler, zaman alanında ise lineer ve nonlineer analizler yapabilmektedir. Bu çalışmada Odunpazarı bölgesinde yer alan 3 mahallenin zemininin dinamik davranışının değerlendirilmesi için DeepSoil programı kullanılmıştır. Çalışmada DeepSoil programı kullanılarak eşdeğer lineer analiz yöntemleri ile yapılan analizlerden elde edilen maksimum yüzey ivmesi ve maksimum spektral ivme değerlerinin değişimi incelenmiştir

Çalışmada DeepSoil programında daha önceki sondaj çalışmalarından elde edilen tabakalar zemin sınıfı, zeminin birim hacim ağırlığı değerleri ve zeminin kayma dalgası hızı değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu çalışmada Anadolu Üniversitesinin 080240 nolu proje çalışması kapsamında arazide aynı bölgelerde yapmış olduğu sondaj çalışmaları ve sismik yöntemler kullanarak belirlemiş olduğu zeminin kayma dalgası hızı değerleri kullanılmıştır [17] (Şekil 3).



Layer #	Layer Name	Thickness (m)	Unit Weight (kN/m^3)	Shear Velocity (m/s)
1	L1	2.73	17.2	214
2	L2	1.50	18.7	214
3	L3	3.00	17.2	214
4	L4	2.00	18.7	447
5	L5	1.00	19.5	447
6	L6	1.50	19.2	447
7	L7	3.00	18.7	447
8	L8	1.50	18.7	595
9	L9	1.50	19.5	595
10	L10	1.50	19.2	595
11	L11	1.50	18.7	595
12	L12	4.50	19.2	595
13	L13	1.50	19.5	595
14	L14	3.00	19.2	595

Şekil 3. DeepSoil Programında Kullanılan Veriler

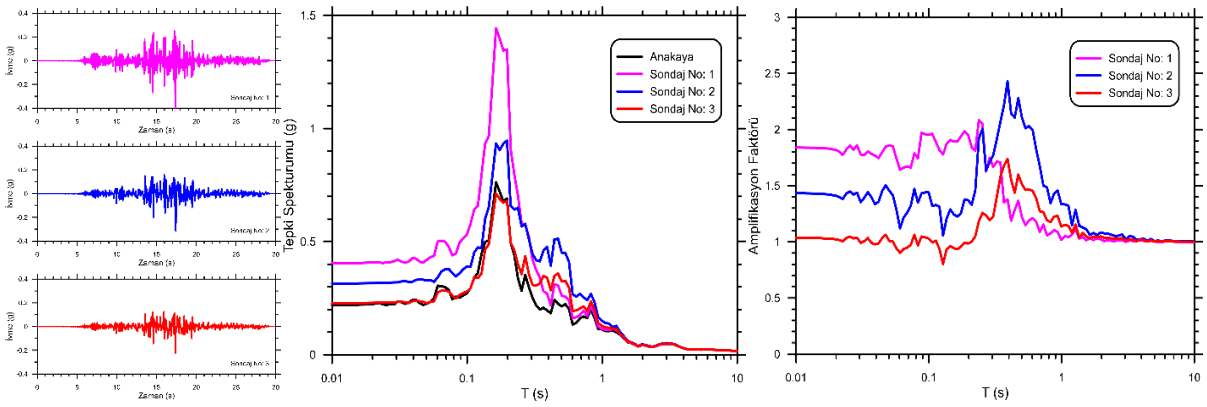
Eşdeğer Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Gelen deprem dalgaları hiçbir zaman tek bir harmonikten oluşmaz. Genelde hasar yapıcı özelliğe sahip grubu 0.1 Hz ile 10 Hz arasında bileşenlere sahiptir. Deprem dalgalarının frekans içeriğini kaynaktaki kırılmanın özelliği belirler, daha sonra yayıldıkları ortamın özellikleri şekillendirir. Yumuşak zemin tabakaları, bu farklı genlik ve frekanstan oluşan deprem dalgalarının tümüne aynı tepkiyi vermez. Yani büyütme frekans bağımlıdır, bazı frekanslar daha çok, bazı frekanslar ise daha az büyütür [18]. Bu nedenle dinamik zemin özelliklerini temsil eden parametrelerin tanımlanmasındaki belirsizliği göz önüne almak üzere, analizler genellikle bu parametrelerin ortalama (en iyi tahmin) değerleri kullanılarak yapılır. Yüzeydeki deprem özellikleri için hesaplanan en büyük ivme değerleri ve ivme davranış spektrumları istatistiksel olarak değerlendirilerek mühendislik tasarımına yönelik en büyük ivme değeri ve ivme davranış spektrumu geliştirilir [19].

Bu çalışmada sahaya özel dinamik zemin özellikleri, temsili zemin profilleri için bir boyutlu ve eşdeğer lineer zemin büyütme analiz yöntemi için Deep Soil programı kullanılarak hesaplanmıştır. Bir boyutlu, eşdeğer lineer analiz yönteminde, küçük sönüm değerlerinin bile hareketi oldukça etkileyebildiği derin sondaj profillerinin analizlerinin yapılabilmesi özelliği, yöntemin önemini göstermektedir.

Çalışmada Odunpazarına ait Vişnelik ve Akarbaşı mahallesinde 3, Şeker mahallelerinde 2 adet toplamda yapılan 8 adet sondaj verisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm sondajlar 30 metre derinliği temsil etmektedir. DeepSoil programında eşdeğer analiz yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar neticesinde her bir sondaja ait ivme zaman grafikleri, Tepki spektrumu-T(periyot), amplifikasyon-T(periyot) grafikleri elde edilmiştir. Vişnelik mahallesinde değerlendirilen 3 sondajdan elde edilen veriler incelendiğinde farklı ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri görülmektedir. Özellikle 1 nolu sondajın tepki spektrumu diğerlerine oranla farklı çıkmıştır. Bu

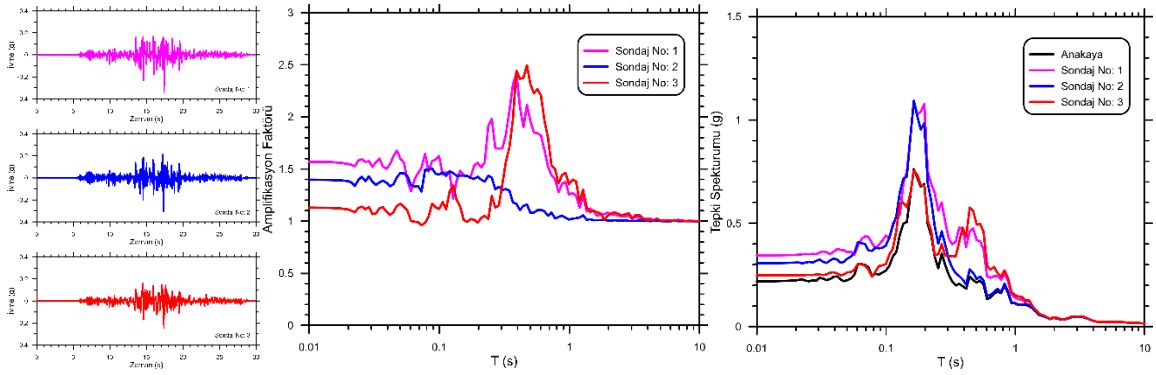
sondajın zemin sınıfı özelliklerine bakıldığında genellikle kumlu çakıllı seviyelerden oluşmakta, 20 m'ye kadar bünyesinde hiç kil-silt tabakası içermemektedir. Sondaj 2 ve Sondaj 3'de ise genellikle 30 m'ye kadar kil-silt tabakasından oluştuğu sadece 12-16 m'ler arası kumlu seviyelerin yer aldığı görülmektedir. Bu da bize zeminin aynı mahalle sınırları içerisinde dahi olsa göreceli olarak değiştiğini göstermektedir (Şekil 4). Önemli mühendislik bilgileri içeren ivme değerleri, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda ve depremin uzaklıkla olan azalım ilişkileri geliştirilmesinde kullanılabilmektedir.



Şekil 4. Kocaeli Deprem verisi kullanılarak Vişnelik mahallesi için elde edilmiş ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri

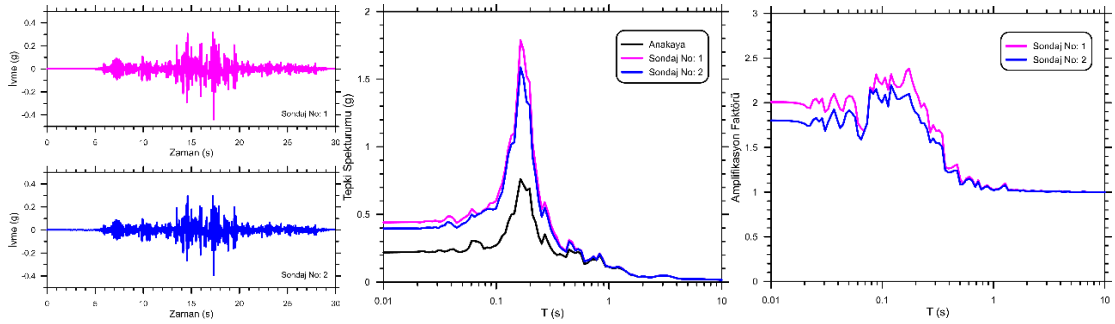
Mühendislik uygulamalarında tepki spektrumu, deprem esnasında zeminin dinamik özelliklerini yansıtan ve yapıların tasarımı için gereken bir parametredir. Vişnelik mahallesi için tepki spektrumları değerlendirildiğinde 0.2 sn de max değerlere ulaştığı ancak sadece sondaj 3 değerinin anakaya değerine yakın olduğu görülmektedir. Amplifikasyon faktörü değerlerine bakıldığında ise 0.5 sn de pik değerlere ulaştığı ve en fazla büyütme değeri 2 nolu sondajda görülmektedir. Düşük periyotlardaki sondaj 1'de ki büyütme (amplifikasyon) oranı 1,8-1,9 civarında seyrederken diğer sondajlarda bu oranlar sırasıyla 1,4-1,0 civarındadır. Yüksek periyotlarda davranış benzerlik gösterirken pik değerlerin farklı periyotlarda görüldüğü aşikârdır. Aynı mahallenin farklı konumlarını temsil eden sondajlardan elde edilen bu değerler zemin özelliklerinin konumsal olarak ne kadar değişebildiğinin bir kanıtıdır.

Akarbaşı mahallesinde değerlendirilen 3 sondajdan elde edilen veriler incelendiğinde, yine farklı ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri görülmektedir (Şekil 5). Akarbaşı mahallesi için elde edilen dinamik parametreler değerlendirildiğinde, 0.2 sn de tepki spektrumunun max değerine ulaştığı ve birbirinden farklı değerler gösterdiği görülmektedir. Elde edilen amplifikasyon faktörü değerlerine bakıldığında ise 0.6 sn de pik değere ulaştığı ve en fazla büyütme değerini 3 nolu sondajda görülmektedir. Düşük periyotlarda amplifikasyon faktörü değerleri Sondaj 1 ve 2 için benzer eğilimler gösterse de orta ve yüksek periyotlarda davranışın çok farklı olduğu görülmüştür. Bunun yanında Sondaj 2 ve 3 orta ve yüksek periyotlarda benzer hareket (pik durumu dahil) ederken, düşük periyotlarda yaklaşık 1.5 kat farklılık göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Kocaeli Deprem verisi kullanılarak Akarbaşı mahallesi için elde edilmiş ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri

Şeker mahallesinde değerlendirilen 2 sondajdan elde edilen veriler incelendiğinde birbirinden çok bağımsız olmayan ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri görülmektedir. (Şekil 6). Şeker mahallesi için tepki spektrumları değerlendirildiğinde 0.2 sn de max değere ulaştığı görülmektedir. Amplifikasyon faktörü değerleri incelendiğinde ise 0.2-0.3 sn aralarında pik değerlere ulaştığı görülmektedir.



Şekil 6. Kocaeli Deprem verisi kullanılarak Şeker mahallesi için elde edilmiş ivme, tepki spektrumu ve amplifikasyon değerleri

4. SONUÇLAR

Zeminler deprem sırasında ana kayadan gelen sismik dalgaların genliklerini büyütebilirler veya sönümleyebilirler. Bu sebeple sahaya özel zeminin dinamik özelliklerini belirleme çalışmalarında, zemin yüzeyi için elde edilen farklı dinamik parametrelerin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalara başlamadan önce incelenen alana ait sismik tehlike analizlerinin yapılması ve bu çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak zemin büyütme analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında ilk aşamada Anadolu Üniversitesi 080240 nolu proje çalışmasında arazide yapılmış olan sismik çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak eş değer lineer analiz yöntemiyle değerlendirmeler yapılmıştır. Analizler için 1999 Kocaeli depremi model olarak seçilmiştir.

Bu çalışma yine son yayınlanan TBDY, 2016 'nın 16. bölümünde istenen zeminin sahaya özel dinamik özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarına öncülük etmektedir. Ayrıca Türkiye'de bu konuda çalışmanın çok yapılmamış olması, yurt dışında bazı bilim adamları tarafından bu iki yöntemin dinamik zemin özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarında yenilikçi kullanımı, eş değer analiz yönteminin yeni bir alana uygulanması çalışmalarına öncülük etmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında görüldüğü üzere aynı mahallede farklı sondajlar için bulunan sonuçlar zemin cinsi ve özelliklerine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Amplifakasyon faktörü değerleri farklı periyotlarda farklı davranışlar göstermenin yanında, davranışın en yüksek olduğu değerler de farklı periyotlarda gerçekleşmiştir. Bu sebeple zemin yapı etkileşimin incelenmesinin en uygun yöntemi sahaya özel sismik analizlerin yapılmasıyla olacaktır. Ayrıca çalışmada Deep Soil programı ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bir boyutlu analiz yönteminin gerçeğe yakın sonuçlar verebildiği görülmektedir. Bu nedenle Deep Soil programı kullanılarak yapılan eş değer lineer analiz yöntemi, benzer koşullar altında sahaya özel dinamik özellikleri belirlemek için kullanılabilir. Ancak bir boyutlu analizler basitliği nedeni ile kullanım avantajları sağlasa da, zeminin kompleks ve lineer olmayan davranışını tam olarak dikkate almamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları, Proje no: 2017-1480 ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Gözler MZ, Cevher F ve Küçükyaman A, (1985). Eskişehir ve Civarının Jeolojisi ve Sıcak Su Kaynakları.

[2] Ölmez E ve Yücel B, (1985). Eskişehir ve Yöresinin Jeotermal Enerji Olanakları. Enerji Hammadde Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığı: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

[3] Yıldırım A ve Gürsoy T, (1985). Eskişehir İl Merkezi ve Yakın Çevresi Detay Jeotermal Gravite Etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel müdürlüğü.

[4] Gözler M, Cevher F, Ergül E. ve Asutay H. (1996). Orta Sakarya Ve Güneyinin Jeolojisi. Mta Rapor, 87.

[5] Altunel E ve Barka A (1998). Eskişehir Fay Zonimun İnönü-Sultandere Arasında Neotektonik Aktivitesi. Geological Bulletin of Turkey, 41, 41-52.

[6] Ocakoğlu F, Altunel E ve Yalçıner Ç, (2005). Eskişehir Bölgesinin Neotektonik Dönemdeki Tektono-Stratigrafik Ve Sedimantolojik Gelişimi. Final Raporu. Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu: Osmangazi Üniversitesi.

[7] Tün M, (2013). Mikrobölgeleme Çalışmalarında Yer Tepkisi ve Kayma Dalga Hız(Vs) Yapısının Yorumlanması: Eskişehir Örneği. Doktora Tezi, Jeofizik Müh. Bölümü, İistanbul Üniversitesi.

[8] Akdeniz E, Güney Y, Pekkan E, Avdan U, Tün M ve Ecevitoğlu B. (2011). Temel Zeminine Ait Jeo-Mühendislik Özelliklerin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Eskişehir İli, Güllük, Yenibağlar Ve Bahçelievler Mahalleleri Örneği. 6. International Advanced Technologies Symposium (Iats'11). Elazığ, Turkey.

[9] Orhan A, (2005). Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri Ve Coğrafi Bilgi Sistemi'nin Uygulanması. Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi.

[10] Tosun H, Türköz M, Orhan A ve Çamdalı B, (2001). Meşelik Killerinin Geoteknik Özellikleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu, Rapor No:1999-15015, Eskişehir.

[11] Koçyiğit A, (2005). Türkiye ve yakın çevresinin neotektonik bölümlenmesi: Güneybatı Türkiye'de neotektonik rejimin gelişim tarihçesi, çok yönlü genişleme ve deprem tehlikesi, Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir: p. 1-2.

[12] Schnabel B, Lysmer J and Seed HB (1972). Shake, A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites, College of Engineering, University of California, Berkeley, Report Eerc 72-12, Pp. 88.

[13] Selçuk ME, Kılıç H, Özaydın K, (2007), "Kalın Zemin Çökellerinde Eşdeğer-Lineer Ve Nonlineer Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October 2007, İstanbul.

[14] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) (2016). Yayın tarihi: 00.00.2016, Resmî Gazete No.:00000.

[15] Vucetic M and Dobry R. (1991). Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response. Journal of Geotechnical Engineering (ASCE). Vol. 117, No. 1, Pp. 89-117.

[16] Seed HB, Wong RT, Idriss IM & Tokimatsu T, " Moduli and Damping Factors for Dynamic Analyses of Cohesionless Soils", Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 1986,Vol. 112, No. SM11, pp. 1016-1032.

[17] Güney Y, Ecevitoğlu B, Pekkan E, Avdan U, Tün M, Kaplan O, Mutlu S, Akdeniz E, 2013; "Eskişehir Yerleşim Yerinde, CBS Teknikleri Kullanılarak Geoteknik, Yapı ve Jeofizik Bilgi Sisteminin Oluşturulması", Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No:080240.

[18] Yalçınkaya E, Zemin Neden Bu Kadar Önemli, Jeofizik Mühendisleri Odası Dergisi, 2010.

[19] Ansal A, Tönük G, Kurtuluş A, Zemin Büyütme Analizleri ve Sahaya Özel Tasarım Depremi Özelliklerinin Belirlenmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011, ODTÜ Ankara.