

## Zemin Dinamik Davranışının Eşdeğer Linear Analiz Yöntemi İle Belirlenmesi

Serdar BAYRAKCI<sup>1</sup>, Tarık BARAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Osmaniye Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 80010, OSMANİYE

<sup>2</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80000, OSMANİYE

### YAYIN BİLGİSİ

#### Tarihçe:

Alınış: Ekim 2018  
Kabul: Aralık 2018  
Online Yayınlanma: Aralık 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Mikrobölgeleme  
Elastik Zemin Spektrumları  
Evrişim  
Ters Evrişim  
Pik İvme  
Spektral İvme

### ÖZET

Çalışmada deprem ivmelerinin ve zemin elastik spektrumlarının belirlenebilmesi için seçilen belirli bölgelerde Osmaniye Belediye Başkanlığı tarafından hazırlattırılan, "İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etüt Raporu"ndan faydalanılmıştır. Kaynak raporda bulunan yerleşim alanı sınırlarındaki jeoloji haritaları üzerinde alüvyon birimin gözlemlendiği alanlar 330 m × 330 m ve diğer tüm birimlerin gözlemlendiği alanlar 400 m × 400 m boyutlu hücre sistemine ayrılarak her hücrenin ortasına gelecek şekilde sondaj çalışması yapılmıştır. Yapılan sondaj loglarından bu çalışma için 15 adet sondaj kuyusu seçilmiştir. Seçilen 15 adet sondaj kuyusunun 15 bölgeyi temsil ettiği kabul edilmiş ve temsil edilen bu bölgelerdeki sondaj kuyularına ait veriler kullanılarak modellenen temsili profillerin dinamik zemin davranış analizleri, 1 boyutlu eşdeğer lineer analiz yöntemine dayalı ProShake 2.0 programı ile yapılmıştır. Yapılan analiz sonucu elde edilen farklı deprem ivmeleri ve zemin elastik spektrumları seçilen bir kuyu için sunulmuştur.

## Determination of Soil Dynamic Behavior by Equivalent Linear Analysis Method

### ARTICLE INFO

#### History:

Received: October 2018  
Accept: December 2018  
Available online: December 2018

#### Keywords:

Microzonation  
Elastic Ground Spectral Acceleration  
Convolution  
Inverse Convolution  
Peak acceleration  
Spectral acceleration

### ABSTRACT

In the study, "Microzonation Study Based on Zoning Plan" prepared by Osmaniye Municipality was used in certain regions selected for determination of earthquakes accelerations and soil elastic spectra. On the geological maps at the boundaries of the settlement area in the source report, the areas where the alluvium unit is observed are 330 m × 330 m and all other units are observed in a 400 m × 400 m cell system. For this study, 15 boreholes were selected from the drilling logs. The selected 15 wells were accepted as representing 15 regions and the dynamic ground behavior analyzes of the representative profiles modeled using the data of the boreholes in these regions were carried out with the ProShake 2.0 program based on the 1-dimensional equivalent linear analysis method. Different earthquake accelerations and soil elastic spectra obtained as a result of the analysis are presented for a selected well.

### 1. Giriş

Minimum hasarla depremleri atlatabilmek, depremlerin oluşturduğu zararlardan korunmak için olması muhtemel bir depremin bölge veya yapı üzerinde oluşturacağı etkilerin belirlenmesi gereklidir. Bölgenin zemin özellikleri, aktif faylara yakınlık, fayların üretebileceği depremlerin büyüklük ve şiddeti gibi parametreler kullanılarak olası senaryoların belirlenebilmesi

önem arz etmektedir. Deprem zararlarının önlenmesi bölgenin zemin özelliklerine bağlı çalışmalar ile belirlenir. Bu amaçla yapılan çalışmaların çoğunluğunu mikrobölgeleme yöntemleri oluşturmaktadır. Mikrobölgeleme, bir bölgede olması muhtemel depremlerin göz önüne alınarak zemin tabakalarının göstereceği davranışların ve yapıları etkileyecek deprem kuvvetlerinin inceleme bölgesi içinde nasıl bir değişim göstereceğinin belirlenmesidir [1]. Sismik

mikrobölgeleme, deprem etkileri altında zemin tabakalarında meydana gelen davranışların tahmin edilmesidir. Ayrıca buna bağlı olarak zemin yüzeyinde meydana gelen depremlerin değişiminin belirlenmesidir. Sismik mikrobölgelemenin amacından biri ise hesaplanan değerlerin, yönetmeliklerdeki değerlere eşit veya küçük olduğunun belirlenmesidir [2]. Sismik mikrobölgelemenin esas amacı ise gelecekte oluşabilecek deprem kayıplarının önlenmesidir. Mikrobölgeleme çalışmaları genellikle hasar verici bir depremden sonra uygun yerleşim yerinin seçilmesi amacıyla yeniden yapılanma için oluşturulmaktadır [3]. Depremlerin ardından zemin yüzeyindeki kayıtlardan alınan ivme verileri iki yatay ve bir düşey olmak üzere üç doğrultudadır. İvme kayıtlardan elde edilen veriler zemin tabakalarında yayıldıklarından bu kayıtlar üzerinde ivme kayıtcısının bulunduğu bölgenin dinamik zemin parametreleri etkilidir. Bu nedenle bir noktadan alınan kayıt başka bir noktada kullanılırken, o noktada aynı zemin şartları gibi kabul edilmiş olur. Katmanlı ve karmaşık tabakalı zemin yapısı küçük aralıklarla noktadan noktaya değişebilir. Bu nedenle gerçeğe daha yakın analizler yapmak için yapının inşa edileceği noktaya o noktanın zemin özelliklerinden etkilenen kayıtlar olarak bu kayıtlar taşınmalıdır. Ana kaya seviyesinde deprem dalgalarının bölgede farklılık göstermeden yayılabileceği kabulüyle, zemin yüzeyindeki kayıtların zemin etkilerinden arındırılarak ana kaya seviyesinde elde edilmesi gerekir. İvme kayıtlarının zemin etkilerinden arındırılması için bazı dönüşüm işlemleri yapılmalıdır. Oldukça karışık hesaplamalar içeren bu işlemlere ters evrişim işlemi denir. Zemin yüzeyinde kaydı alınan bir depremin özellikleri belirlenmiş bir derinliğe kadar indirilerek (çoğunlukla ana kaya) zemin etkisinin ortadan kaldırılması ters evrişim işleminin ana fikridir. Zemin yüzeyindeki alıcılar tarafından zeminin derinliklerinde oluşan bir hareket veya enerji zemin tabakalarından geçerek kayıt altına alınır. Oluşan hareketin zemin yüzeyine doğru ilerlemesi sırasında zemin tabakalarının bir doğrusal sistem gibi davrandığı kabul edilerek bu sırada kaydedilen sismik kayıtlar da doğrusal sistemin çıkışı olarak varsayılmaktadır. Transfer fonksiyonu doğrusal bir sistemin etkisi olarak varsayılırsa doğrusal bir sistemin çıkışı (bu deprem kaydı olarak kabul edilebilir) geriye doğru dönüştürülerek ters çözümleme işlemleriyle ilk değeri belirlenebilir. Bu işlem ters evrişim işlemidir. Ters evrişim işlemlerinde deprem kayıt istasyonunun zemini süzgeç olarak kabul edilebilir. Buradan hareketle deprem kayıt istasyonunun dinamik zemin

özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Süzgeç özellikleri belirlendiğinde, mevcut çıktı verileri filtre ile işleme tabi tutularak sisteme gelen ilk dalga özellikleri tespit edilebilir. Uzun süren matematiksel işlemler ve çok dikkat gerektiren bir işlem olan ters evrişim işlemi ile ilgili hesaplamalar ProShake 2.0 programı kullanılarak yapılmıştır [4]. Zemin yüzeyinde kaydedilen bir depremin genellikle ana kaya seviyesine indirilerek zemin etkisinin ortadan kaldırılması ters evrişim işlemidir. Ters evrişim işlemi ile ana kaya seviyesine indirilen deprem hareketinin farklı bir noktada ana kaya seviyesinden etki ettirilerek tekrar zemin yüzeyine taşınması işlemine ise evrişim işlemi denir. Bu kayıtların ana kayadan farklı noktalara taşınması evrişim işlemi ile yapılır.

Çalışmada deprem kayıtları Osmaniye merkezde bulunan bir ivme kayıtcısından elde edilmiş gibi kabul edilmiştir. Aynı noktadan gerçek Osmaniye yakınlarından oluşan bir depreme ait bir kayıt ayrıca analize dahil edilmiştir. Bu deprem kayıtları farklı noktalara taşınarak zeminin en üst tabakasında pik ivmeler ve elastik spektrumlar elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında Osmaniye Kent Merkezinde yapılan mikrobölgeleme çalışmasından elde edilen geoteknik veritabanları değerlendirilmiştir. Mikrobölgeleme çalışmasıyla elde edilen geoteknik modellemede seçilen hücre sistemi ile karelağı yapılan alanda, her hücrenin ortasına atanan bir temsili zemin profilinin belirlenmesini kapsamaktadır. Mikrobölgeleme çalışması yapılan alandaki hücre sistemlerinde modellenen temsili zemin profillerinin dinamik davranış analizleri ProShake 2.0 [5] programı yardımıyla Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığından elde edilen kuvvetli yer hareketi kayıtları ve program içerisinde bulunan kayıtlar kullanılarak yapılmıştır. Sismik mikrobölgeleme uygulaması için derlenen mevcut veriler doğrultusunda Osmaniye Kent Merkezinin de içinde bulunduğu alanı da kapsayan sismik, jeolojik, jeofizik ve geoteknik verinin birleştirilmesi doğrultusunda, olası bir yer hareketi için yerel zemin şartlarının yer hareketi parametrelerindeki değişim belirlenmiştir. Osmaniye Kent Merkezi sınırları içerisinde daha önceden Maden Tetkik ve Arama tarafından yapılmış jeoloji haritaları üzerinde oluşturulan mikrobölgeleme haritalarından seçilen sondaj kuyularının kendi civarında 1.5 km çaplı bölgeyi temsil ettiği kabul edilmiştir. Temsil edilen bölgelerdeki zemin davranış analizleri ve ampirik yaklaşım ile hesaplanan spektral ivmeler birlikte yorumlanarak farklı yer hareketi seviyeleri tanımlanmıştır.

## 2. Sayısal Uygulama

Hesaplamalarda kullanılan deprem kayıtlarının Osmaniye'de aktif durumda bulunan deprem kayıt istasyonundan elde ediliyormuş gibi analiz edilebilmesi için bu istasyona en yakın sondaj kuyusu seçilmiştir. Seçilen bu kuyuya ait sondaj verileri kullanılarak 14 adet deprem kaydı Proshake 2.0 programında ters evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Deprem kayıtları ters evrişim işlemi ile ana kaya seviyesine indirilmiştir. Daha sonra ana kaya seviyesine indirilen deprem kayıtları farklı noktalarda seçilen kuyulara ana kaya seviyesinden etki ettirilmiş ve evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Evrişim işlemi sonucunda seçilen kuyular için zemin yüzeyinden ivme kayıtları ve bağılı bileşenler elde edilmiştir.

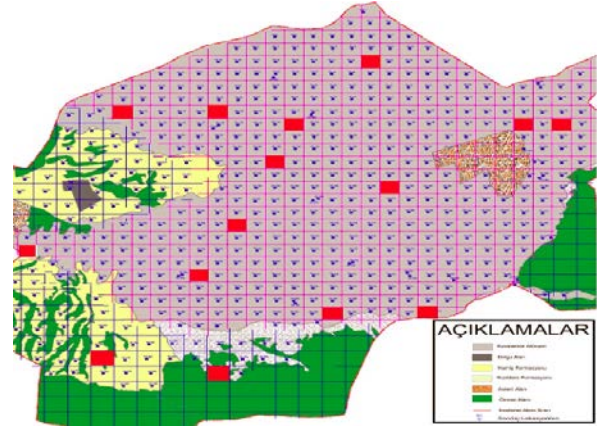
### 2.1. Seçilen İvme Kayıtları ve Özellikleri

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığının internet adresinde yayınladığı veriler arasından kuvvetli yer hareketi kayıtları alınmıştır [6]. Mikrobölgeleme kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda Osmaniye segmenti 6,7 büyüklüğünde, Toprakkale fayı ise 7,2 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir [7]. Bundan dolayı deprem kayıtları içerisinde Magnitudü 6 ve daha büyük ( $M \geq 6$ ) olan depremler seçilmiştir. Bunlar Bingöl, Bolu, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez ve Van depremleridir. Deprem kayıtlarının seçilmesinde mesafe etkisi de göz önüne alınmıştır. Söz konusu faylar ile Osmaniye İl merkezinde bulunan deprem kayıtçısı arasındaki mesafeler ve kayıtları kullanılan depremlerin odak noktası ve kayıtçıları arasındaki mesafeler yakın olacak şekilde deprem kayıtları belirlenmiştir. Ayrıca ek olarak Osmaniye'de meydana gelen en büyük depreme ait kayıtlar da analizlere dahil edilmiştir. Seçilen depremin büyüklüğü 3.7  $M_d$ 'dir. Deprem kayıtları yatay ve düşey yönde olmak üzere üç adet bileşen içerir. (N-S, E-W, U-D). Yatay ivme kayıtlarından büyük olanlar çalışmada kullanılmıştır. Seçilen deprem kayıtlarına ek olarak ProShake 2.0 programı kütüphanesinde yer alan deprem kayıtları da çalışmada kullanılmıştır. Toplamda 14 adet veri seti 14 adet deprem için seçilen her kuyuda türetilmiştir.

### 2.2. Arazi Çalışmalarında Elde Edilen Verilerin Programda Kullanılması

Analizi yapılmak istenen zemin tabakası profillerinin programa veri girilmesi aşamasında

ProShake 2.0 programının özelliğinden dolayı zemin tabakalarının litolojik sınıflandırılmasında sadeleştirme işlemleri yapılmıştır. Analizler için 15 adet sondaj kuyusu seçilmiştir. Seçilen bu 15 adet sondaj kuyusunun kendi civarında 1.5 km çaplı bölgeyi temsil edebileceği kabul edilmiştir. Seçilen 15 adet sondaj kuyunun yerleri kareli haritada kırmızı renk ile Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Çalışma için seçilen 15 kuyunun yerleşimleri [7]

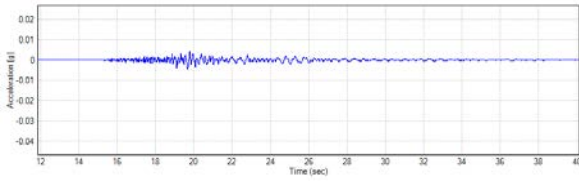
Çalışmada zemin tabakalarına ait doğal birim hacim ağırlıklar için Tatsuoka ve ark. tarafından önerilen değerler kullanılmıştır [4].

Sondaj loglarından elde edilen kuyu düşey kesiti ProShake 2.0 programına tanıtılmıştır. Sondaj loglarında ana kaya seviyesi verilmemiştir. Ana kaya seviyesinin derinliğinin belli olmaması nedeniyle analizlerde kullanılacak kuyuların derinliği zemin yüzeyi 0,00 m'den itibaren zeminin derinliklerine doğru 50 m'ye kadar tanımlanmıştır. 50 m ve sondaj logu son verisi arasında zeminin ana kayaya kadar üniform olduğu ve sondaj logundaki en son tabaka ile aynı özellikte olduğu kabul edilmiştir. Seçilen kuyuların kesme dalgası hızı ilk 10 m için kaynak rapordaki birinci tabaka değerleri, 10 m'den sonra 50m'ye kadar da ikinci tabaka değerleri alınmıştır. Fazla kalınlığı olan zemin tabakaları analiz sırasında yaşanan zorluklardan dolayı kendi içerisinde aynı özellikli daha az kalınlıklı alt tabakalara ayrılmıştır. Zemin tabakaları programa tanıtılırken; zemin tabakalarının kalınlığı, her bir zemin tabakasının birim hacim ağırlığı ve her bir zemin tabakası için kesme dalgası ( $V_s$ ) hızı gibi bilgilere yer verilmiştir.

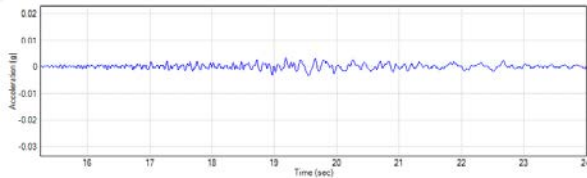
### 2.3. Yeni Deprem Verileri

Çalışmada kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ters evrişim işlemi ProShake 2.0 programında yapılmıştır. Ters evrişim işleminden

sonra zemin etkisinden arındırılarak elde edilen yeni deprem verileri seçilen diğer kuyulara ana kaya seviyesinden etki ettirilerek evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Analizlerde Bolu, Bingöl, Düzce, Kocaeli Gebze, Kocaeli Merkez, Van, Osmaniye istasyonları ve ProShake 2.0 programı içerisinde bulunan Diam, El Centro, Petrolia, Taft, Topanga, Treasiland, Yerbaisland kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Seçilen kuvvetli yer hareketi kayıtları DSİ Osmaniye 64.Şube Müdürlüğü bahçesinde bulunan deprem kayıt istasyonuna en yakın SK-175 kuyusu zemin özellikleri ile ters evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Ters evrişim işlemi ile ana kaya seviyesindeki ivme kayıtları elde edilmiştir. Elde edilen yeni ivme kayıtları analizi yapılmak istenen kuyu zemin profillerinin ana kaya seviyesinden etki ettirilmiş ve en üst tabakada ivme-zaman değerleri ve bağlı bileşenleri elde edilmiştir. SK-175 kuyusuna en üst tabakadan etki ettirilen Osmaniye depremi ivme kaydı Şekil 3'te ve ters evrişim işleminden sonra anakaya seviyesinde elde edilen ivme kaydı Şekil 4'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3. Zemin yüzeyindeki Osmaniye depremi ivme kaydı



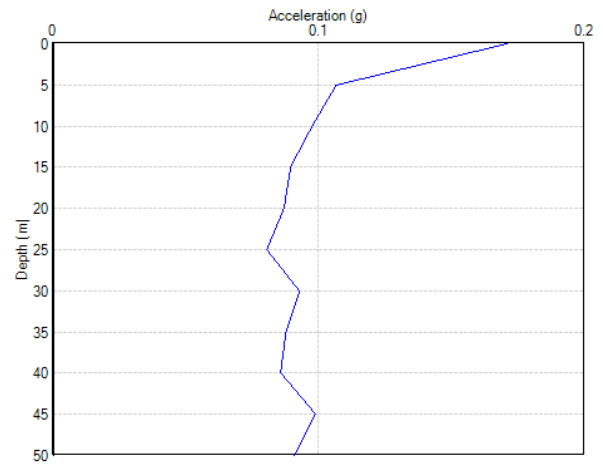
Şekil 4. Osmaniye deprem ivme kaydı kullanılarak SK-175 kuyusunda ana kayada elde edilen ivme kaydı

Şekil 3 ve Şekil 4'ten görüldüğü gibi zemin etkisinden arındırılan deprem ivmeleri ana kaya seviyesinde form olarak çok fazla değişmese de ivme genlikleri daha büyüktür.

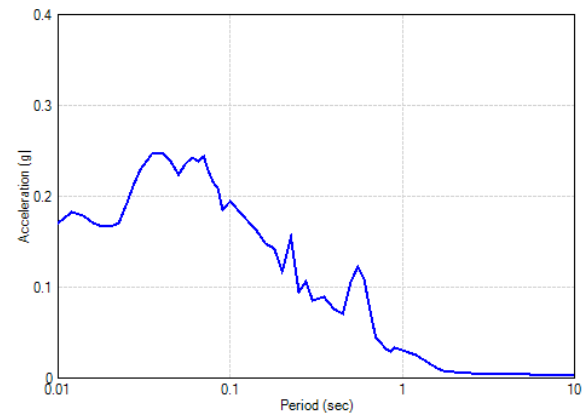
### 3. Analiz Sonuçları ve Tartışma

Yukarıda açıklanan yöntem ile, kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonlarından elde edilen deprem kayıtları arazi deneyleriyle yapılan mikrobölgeleme çalışmasıyla zemin etkisinden arındırılmış, sonra ana kaya seviyesinde ivme değerleri yeniden hesaplanmıştır. Ana kaya zemin tabakası üniform kabul edilebileceğinden herhangi bir ana kaya seviyesindeki ivmeler depremin asıl

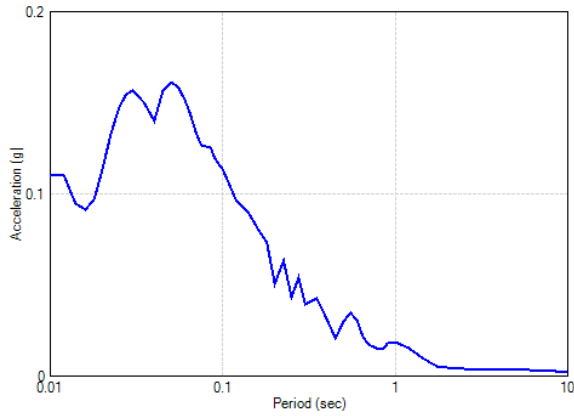
karakteristiğidir. Ana kaya seviyesinden etki ettirilen, zemin tabakasının etkileri ile zemin yüzeyinde elde edilen ivme değerleri bölgedeki zemin özelliğine göre değişim göstermektedir. Ana kayadaki ivme kayıtları farklı bir bölgede zemin özelliklerine göre analiz ettirilmek suretiyle zemin yüzeyinde ivme kayıtları ve spektral ivme değerlerine dönüştürülmüştür. Bu işlem ile ivme kayıtçısı olmayan bölgede sanal bir ivme kayıtçısı oluşturulmuş olur. Zemin profiline bağlı olarak zemin hakim periyodu en büyük spektral ivme değerlerinin analizi yapılan tüm depremler için ortalaması alınarak elde edilmiştir. İvmenin tabakalar arasındaki değişimine ait grafik Şekil 5'te görüldüğü gibidir.



Şekil 5. Osmaniye deprem kaydına ait ivmenin SK-154 kuyusu derinliği boyunca değişimi



Şekil 6. Osmaniye deprem kaydına ait ivmenin SK-154 kuyusu için zemin yüzeyindeki periyoda bağlı değişimi



**Şekil 7.** Osmaniye deprem kaydına ait ivmenin SK-154 kuyusu için ana kaya seviyesindeki periyoda bağlı değişimi

OKM'de belirlenen SK-154 numaralı kuyunun verileri kullanılarak zemin yüzeyinde 14 adet deprem kaydı için elde edilen pik ivmelerin ortalaması Osmaniye ilinin 1. derece deprem bölgesi olmasından dolayı 0.4g ile karşılaştırılmıştır. SK-154 kuyusundan elde edilen sonuçlarda 0.4g değerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ana kaya seviyesi ve zemin yüzeyinde elde edilen pik ivme değerlerinin ortalaması Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** SK-154 kuyusu için 14 adet deprem kaydından elde edilen pik ivme değerlerinin ortalaması

Kuyu Adı	Pik İvmelerin Ortalaması(g) Ana kaya	Pik İvmelerin Ortalaması(g) Zemin Yüzeyi
SK-154	0.538	0.521

Analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının genel olarak şiddet ve magnitüd açısından büyük olması nedeniyle Tablo 2'de görüldüğü gibi 0.4g'den büyük değerler elde edilmiştir. Tablo 2'deki sonuçlara göre SK-154 kuyusunda ana kaya seviyesindeki ivme değerlerinin, zemin özelliklerine bağlı olarak yüzeye doğru azalarak yansması dikkat çekmektedir. Şekil 5'te Osmaniye deprem kaydına ait SK-154 kuyusunda görülen tabakalar arası ivme değişimi zemin özelliğine bağlı olarak değişimi ifade eden güzel bir örnektir. Tablo 3'te ise 0.1-1 sn aralığındaki ortalama spektral ivme değerlerinin sonuçları verilmiştir. Osmaniye'de konut türü bir yapı için ABYYHY-2007'ye göre zemin özelliğine göre belirlenen spektrum katsayılarının en büyük değerine göre (0.1sn-0.9sn), elastik spektral ivme

değerleri 1g olarak hesaplanmaktadır. SK-154 kuyusunda spektral ivme değerinin 1g 'den daha az olduğu Tablo 3'te görülmektedir.

**Tablo 2.** SK-154 kuyusu için 14 adet deprem kaydından elde edilen ortalama spektral ivme değerleri

Kuyu Adı	Spektral İvmelerin Ortalaması (0.1-1 sn aralığı)
SK-154	0.974

**Tablo 3.** SK-154 kuyusu 11 zemin tabakası için Osmaniye deprem kaydından elde edilen spektral ivme, pik ivme ve pik hız değerleri

Katman Numarası	Pik İvme (g)	Pik Hız (m/sec)	Spektral İvme-1sn (g)
1	0.171214	0.06920764	0.03068218
2	0.202185	0.06950409	0.03086616
3	0.147381	0.0610791	0.02949641
4	0.175038	0.0611328	0.02956802
5	0.171802	0.0611371	0.02959491
6	0.162702	0.061143	0.02961498
7	0.187807	0.0611625	0.02964566
8	0.177804	0.06116658	0.02966137
9	0.176626	0.06117262	0.02967659
10	0.199271	0.06118761	0.02969976
11	0.110642	0.04439544	0.0188138

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, ProShake 2.0 programında bulunan Türkiye dışında meydana gelen 7 adet kuvvetli yer hareketi kaydı ve Türkiye'de meydana gelen 7 deprem kayıt istasyonundan alınan deprem kayıtları kullanılmıştır. OKM'de belirlenen 15 farklı bölge zemini için SK-154 kuyusunun bulunduğu bölgenin deprenselliği pik ivmeler ve spektral ivmeler cinsinden sunulmuştur. Spektral İvme değerlerinin değişimine bakarak sabit spektral ivme değerlerinin bölge özelliğine göre, tasarımda çok büyük ya da çok küçük deprem kuvvetleri hesaplanması olasılığı olduğu görülmektedir. Bu durumda zeminin deprem davranışı için detaylı analiz olmaması durumunda ekonomik olmayan veya güvenli olmayan tasarımların ortaya çıkacaktır. Bu bağlamda 18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği"nde tavsiye edilen farklı zemin sınıflarında farklı deprem özellikleri yaklaşımının tasarım aşamasında hem ekonomik hem de güvenli tasarımlar vereceği sonucuna varılabilir.

## Teşekkür

Kaynak rapordaki verilerin kullanımına izin veren Osmaniye Belediye Başkanlığına teşekkür ederim.

## Kaynakça

- [1] Ansal, A. M., Biro, Y., Erken, A., Gülerce, Ü., Özçimen, N., Seismic zonation in Istanbul: A case study, Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, Istanbul-Turkey, 23-24 August 2001.
- [2] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme, World institute for Disaster Risk Management (DRM), 2004.
- [3] Marcellini, A., Slejko, D., State of the art of seismic hazard and microzonation in Italy, 10 th European Conference on Earthquake Engineering, 2523-2530, Vienna-Austria, 1994.
- [4] Beyaz, T., Zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtlarına göre Türkiye için yeni bir deprem enerjisi azalım bağıntısının geliştirilmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 272, Ankara, 2004.
- [5] ProShake Ground Response Analysis Program Version 2.0, Erişim adresi: <http://www.proshake.com>
- [6] [http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata\\_v4.php](http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php)
- [7] Osmaniye ili Osmaniye belediye sınırlarını kapsayan yaklaşık 8500 hektar alanın imar planına esas mikrobölgeleme etüt raporu, Osmaniye Belediye Başkanlığı, İMAKSU A.Ş, 2016.