



MASW YÖNTEMİNDE FARKLI GEOMETRİLİ DOĞRUSAL DİZİMLERİN SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ

Ünal Dikmen¹, M. Özgü Arısoy² ve İsmail Akkaya³

¹Jeofizik Mühendisliği Bölümü Ankara Üniversitesi, 06100 Ankara, Türkiye

¹dikmen@eng.ankara.edu.tr

²Jeofizik Mühendisliği Bölümü Ankara Üniversitesi, 06100 Ankara, Türkiye

²arisoy@eng.ankara.edu.tr

³Jeofizik Mühendisliği Bölümü Ankara Üniversitesi, 06100 Ankara, Türkiye

³iakkaya@eng.ankara.edu.tr

Özet- Bu çalışmada, çok-kanallı yüzey dalgası yöntemiyle (MASW) ölçü alınırken farklı geometriye sahip doğrusal dizim türlerinin dispersiyon görüntüsü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaç için, dokuz farklı doğrusal geometride ölçümler alınmış ve faz kaydırma tekniği kullanılarak dispersiyon görüntüleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, uygulamada yaygın olarak kullanılan eşit aralıklı doğrusal dizim yerine, jeoteknik amaçlı çalışmalarda SL türü doğrusal dizilimden elde edilecek dispersiyon görüntüsü çözünürlüğünün daha iyi olabileceğini, bununla birlikte, yüksek kiplerin önemli olduğu arkeojeofizik gibi sıkı araştırmalarda ise SII türü dizilimden elde edilebilecek çözünürlüğün daha iyi olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: jeoteknik, yüzey dalgası, masw, doğrusal dizim geometrisi, dispersiyon

Abstract- In this study, the effects of different linear spread geometry configurations on dispersion image were investigated for multi-channel analysis of surface waves (MASW) method. For the aim, MASW records were collected using nine different linear spread geometries and phase shifting technique were used in dispersion image calculation. The results show that, better dispersion image resolution could be achieved by using SL type geometric configuration instead of using equal constant interval type linear spread configuration, which is commonly used in practice. In addition to this, when higher modes is important such as in archeogeophysics, better dispersion image resolution could be achieved by using SII type linear spread configuration.

Key Words: geotechnics, surface wave, masw, linear spread geometry, dispersion

1. GİRİŞ

Yeraltı tabakalarının fiziksel özellikleri (örneğin, makaslama modülü, elastisite modülü, sıkışmazlık modülü, doğal salınım periyodu, sismik büyütmesi ve poisson oranı vb.) makaslama (S) hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu

nedenle, yeraltı tabakalarının S-hızı değişimlerinin belirlenmesi jeoteknik mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Son yıllarda yüzey dalgalarının çok-kanallı analizi (MASW) yöntemi S-hızı değişimlerinin belirlenmesinde sismik kırılma yöntemi yanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle sismik



Unal Dikmen ve diğ.

kırılma yönteminin uygulanmadığı durumlarda (örn. yerleşim alanlarındaki yüksek çevresel gürültüden ötürü) MASW yöntemi tek alternatif yöntem olarak görülmektedir. Sismik kırılma yöntemi ile ölçü alınırken kullanılan dizilim geometrisi korunarak MASW kayıtları toplanabilmekte ve daha büyük araştırma derinliği elde edilebilmektedir. Yöntemin diğer üstünlükleri arasında hızlı veri toplama, kolay veri-işleme ve düşük hız problemini çözmesi gösterilebilir.

Bu çalışmada 9 farklı doğrusal dizilim türünde MASW ölçümleri alınmış, her bir MASW kaydının dispersiyon görüntüsü faz kaydırma tekniği kullanılarak hesaplanmış ve dispersiyon görüntüleri karşılaştırılmıştır. Geniş frekans bandında göreceli olarak yüksek çözünürlük sunan farklı bir doğrusal dizilim konfigürasyonu önerilmiştir.

2. AKTİF KAYNAKLI YÜZEY DALGASI YÖNTEMİ

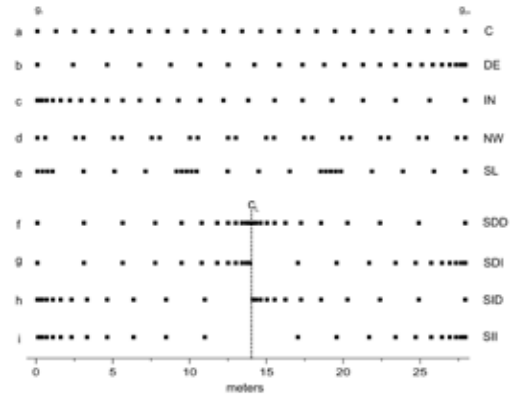
[2] tarafından tanıtılan MASW yöntemi bir sismik araştırma yöntemidir. Yöntemin tanıtılmasından sonra özellikle jeoteknik mühendisliğinde geniş ölçüde kabul görmüş ve günümüzde yeraltı ortamlarının fiziksel özelliklerinin tesbit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son on yılda yöntem üzerine çok sayıda kuramsal ve uygulamaya yönelik araştırma yapılmış ve günümüzde yönteme ilişkin araştırmalar devam etmektedir.

MASW yönteminin esası bir nokta kaynaktan geçici olarak yaratılan dalgaların belirli sayıda jeofon tarafından kayıt edilmesi ve kayıt içerisinde yüzey dalgalarının seçilerek dispersiyon özelliklerinin belirlenmesine dayanır. Yöntemin uygulanmasında genel olarak düşük frekanslı düşey bileşen algılayıcılar (örn. 1-10 Hz) kullanılır. Ölçü alımı bilinen sismik kırılma çalışmasına benzerdir. Bununla birlikte, arazi

parametreleri olarak bilinen kaynak gücü, örnekleme aralığı, kayıt uzunluğu, kaynak sayısı bakımından oldukça esneklik göstermektedir.

3. DOĞRUSAL DİZİLİM GEOMETRİSİ

MASW yönteminde kullanılan eşit aralıklı doğrusal dizilim yanında farklı doğrusal geometrik konfigürasyonların dispersiyon görüntüsü çözünürlüğünün karşılaştırılabilmesi amacıyla 9 farklı doğrusal geometrik dizilimde MASW kayıtları alınmıştır. Kullanılan 9 farklı doğrusal dizilim geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'de verilen ilk 5 dizilim düzeninde alıcı aralıkları (Şekil 1a-e) sırasıyla sabit (C), azalan (DE), artan (IN), dar-geniş (NW) ve kısa-uzun (SL) şeklinde değişim gösterir. Geri kalan 4 doğrusal dizilim (Şekil 1f-i) dizilim boyu orta noktasına (C_c) göre bakışlı (simetrik) değişim gösterir. Bu nedenle son 4 dizilim sırasıyla azalan-azalan (SDD), azalan-artan (SDI), artan-azalan (SID) ve artan-artan (SII) olarak tanımlanmıştır [1].

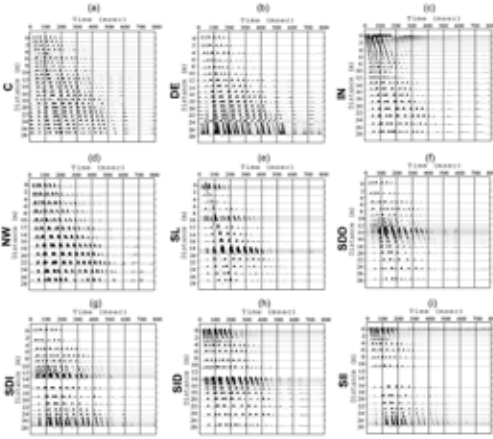


Şekil 1. 9 farklı doğrusal dizilim geometrisi, a) C: sabit, b) DE: azalan, c) IN: artan, d) NW: dar-geniş, e) SL: kısa-uzun, f) SDD: simetrik-azalan-azalan, g) SDI: simetrik-azalan-artan, h) SID: simetrik- artan-azalan i) SII: simetrik-artan-artan.

Tüm doğrusal dizilim türleriyle ölçü alınırken atış mesafesi (yakın ofset) 6 m, serim boyu 27.6 m,



zaman örnekleme aralığı 1ms, kayıt uzunluğu 1 s ve enerji kaynağı olarak 8 kg'lık balyoz kullanılmıştır. 9 farklı doğrusal dizilim türünden elde edilen kayıtlar Şekil 2'de gösterilmiştir.

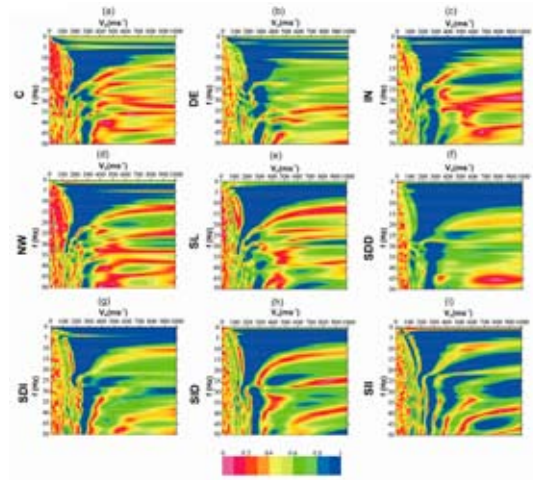


Şekil 2. 9 farklı doğrusal dizilimden elde edilen yüzey dalgası kayıtları.

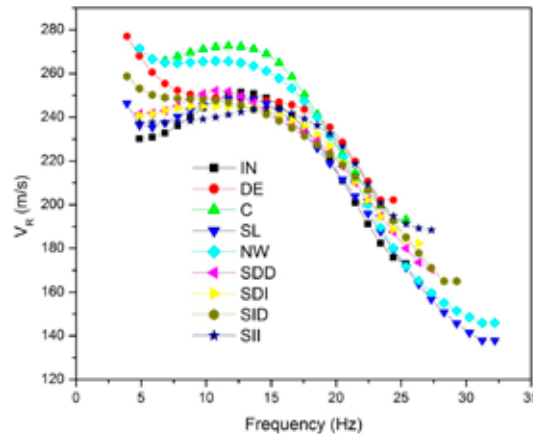
Farklı doğrusal dizilimlerden elde edilen her bir MASW kaydına Faz-kaydırma tekniği [1],[3] kullanılarak hesaplanan dispersiyon görüntüleri Şekil 3a-i' de aynı renk ölçeğinde gösterilmiştir. Sabit, Azalan ve artan tür dizilimlere (Şekil 3a-c) ait dispersiyon görüntülerinde temel kip için dispersiyon eğrisi yaklaşık 5-25 Hz aralığında seçilebilmekte ve göreceli olarak düşük çözünürlüğe sahiptir. NW ve SL-türü dizilimlere ait dispersiyon görüntülerinde (Şekil 3d-e) temel kip için dispersiyon eğrisi 4-34 Hz aralığında seçilebilmekte ve göreceli olarak yüksek spektral çözünürlük sunmaktadır. Simetrik tür doğrusal dizilimlerde (Şekil 3f-i) temel kip için dispersiyon eğrisi 2-30 Hz frekans aralığında kolaylıkla seçilebilmektedir. SII- türü doğrusal dizilimden hesaplanan dispersiyon görüntüsü yüksek kipleri göreceli olarak daha yüksek çözünürlükte sunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan 9 farklı dizilim türü içerisinde temel kip için SL-türü dizilim diğerlerinden daha geniş frekans bandında ve daha yüksek çözünürlükte dispersiyon eğrisinin belirlenmesine imkan

Unal Dikmen ve diğ.

vermekte, bununla birlikte SII-türü dizilimde ise yüksek kipler ile temel kip ayrımı daha kolay yapılabilmektedir. Şekil 4' de 9 farklı dizilime ait dispersiyon görüntülerinden otomatik olarak seçilen dispersiyon eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 3. Farklı doğrusal dizilim türleri için hesaplanan dispersiyon görüntüleri.



Şekil 4. Temel kip için farklı doğrusal dizilim türlerinden elde edilen dispersiyon eğrileri.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sonuç olarak, bu çalışmada MASW yöntemi ile ölçü alınmış 9 farklı doğrusal dizilim için



dispersiyon görüntü çözünürlüğü deneysel olarak araştırılmıştır. MASW ölçü alımında yaygın olarak kullanılan eşit aralıklı doğrusal dizilim yerine SL-türü dizilim önerilmektedir. SL-türü dizilim ile daha geniş frekans bandında ve daha yüksek çözünürlükte dispersiyon eğrisi seçilebilmektedir. Bununla birlikte, özellikle yüksek kiplerin önemli olduğu çalışmalarda (örn. arkeojeofizik) SII-türü dizilim önerilmektedir. SII-türü dizilim ile temel ve yüksek kipler daha kolay ayırt edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Dikmen, U., Arisoy, M.O. and Akkaya, I., 2010. Offset and linear spread geometry in MASW method, *Journal of Geophysics and Engineering, (special issue on near surface geophysics for the study and the management of historical resources), vol. 7(2), pp. 211-222.*
- [2] Park, C.B., Miller, R.D. and Xia, J., 1999. Multichannel analysis of surface waves, *Geophysics, vol. 64, pp. 800-808.*
- [3] Ryden, N., Park, C. B., Ulriksen, P. and Miller, R. D., 2004. Multimodal approach to seismic pavement testing, *J. Geotechnical Geoenviron. Eng. vol. 130, pp. 636-645.*

Ferhat Özcep¹ ve diğ.

DEPREM ETKİLERİNE KARŞI KENTSEL PLANLAMA İÇİN JEOFİZİK VE GEOTEKNİK FAKTÖRLERİN BÜTÜNCÜL KULLANIMI: BURSA (NİLÜFER, OSMANGAZİ AND YILDIRIM) ÖRNEĞİ

Ferhat ÖZCEP¹, Savaş KARABULUT, Güldane BOYRAZ

¹ İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar İstanbul Türkiye
ferozcep@istanbul.edu.tr, savask@istanbul.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Beyazıt İstanbul Türkiye
guldane_19_02@hotmail.com

Özet— İnsanların yaşadığı çevrenin planlanması bir çok disiplinin etkileşim içinde bulunduğu kompleks bir süreçtir. Jeofizik ve geoteknik veri, kentsel ve kırsal alanların etkin kullanılması amacıyla, inşaatların ve fiziksel altyapının planlanması için temel öneme sahiptir. Yerleşim yerinde, yersel faktörlerin yüzeysel etki yarattığı için, kentsel planlama jeolojik, jeofizik ve geoteknik koşullar bütünüyle dikkate alınmadan yerine getirilmemelidir. Jeofizik ve geoteknik koşulların, planlama ihtiyaçlarının yerine getiren inşaatların yapısal gereksinimleri ve diğer altyapı özellikleri ile etkileşimi kentsel gelişimin nihai maliyeti üzerinde etki edecektir. Mikrobölgeleme çalışmaları genel olarak deprem kaynağını ve zemin koşullarını dikkate alarak yer hareketi ile ilişkili olarak bölgeleme olarak tanımlanır ve deprem tehlike ve risk değerlendirmesinde en önemli araçlardan biri olarak kabul edilir. Bu çalışmanın temel amacı, Bursa (Nilüfer) kenti örneğinde kentsel planlama bağlamında jeofizik ve geoteknik verinin bütüncül kullanımını sağlamaktır. Çalışma alanı için probabilistik deprem tehlike analizi Posion olasılık dağılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz kullanılarak tasarım depreminin büyüklüğü ve ivmesi çeşitli azalım ilişkileri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, Çok kanallı yüzey dalgası analizi kullanılarak, kayma dalgası hızı 50 metre derine kadar 154 noktada elde edilmiştir. Bilindiği gibi, Çok kanallı yüzey dalgası analizi, doğrusal bir hat boyunca dizilen çoklu alıcı sistemine dayanan klasik sismik arama yönteminden türetilmiştir. Temel avantajı, hız ve sönüm gibi dalga yayının karakteristiklerine bağlı olarak farklı türde sismik dalgaları tanıma kapasitesidir. Bu teknik, kayma dalgası hızını elde etmede önemli bir tekniktir. Bu teknik ile kayma dalgası hızları belirlenmiş ve bu hızlardan da zemin büyütme ve hakim periyotları belirlenmiştir. Sondajlardan elde edilen geoteknik ve laboratuvar verisi jeolojik ve jeofizik veri ile birlikte değerlendirilmiştir. Geoteknik veri kullanılarak sıvılaşma potansiyeli indeksi (PL) ve sıvılaşmaya bağlı oturmalar çalışma alanı için belirlenmiştir. Kentsel planlama bağlamında depremel mikrobölgeleme, deprem risk azaltma çalışmalarında başlangıç fazı olarak kabule edilir. Çalışmanın son aşamasında, üç bölgeli bir mikrobölgeleme



Ferhat Özcep¹ ve diğ.

haritası deprem etkileri (büyütme ve sıvılaşma) dikkate alınarak hazırlanmıştır. Sonuç olarak, toplumların fiziksel gelişimi bir seri fakat iç içe geçmiş işlemlerle (örneğin yaşam koşullarının, halk sağlığının iyileştirilmesi, kentsel göç) oluşur. Bir kent planı genellikle, minimum finansal maliyette bu amaçları başarmayı amaç edinir. Bu bağlamda, jeofizik ve geoteknik çalışmalar, finansal maliyeti en aza indirmede önemli faktörlerden biridir. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin 5582 ve YADOP-670 no'lu projeleri desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kent Planlama, Sismik Mikrobölgeleme, Jeofizik ve Geoteknik Çalışmalar

INTEGRATED USE OF THE GEOPHYSICAL AND GEOTECHNICAL DATA FOR SEISMIC URBAN PLANNING STUDIES : BURSA (NİLÜFER, OSMANGAZİ AND YILDIRIM) CASE

Abstract— The planning of man's environment is a complex operation which requires the interaction of many disciplines. Geophysical and geotechnical data are of fundamental importance both the planning of physical facilities and the structures that allows efficient use of urban and rural land. As land is the surface expression of the underlying geo-factors, city planning should not proceed without fully appreciating these geological, geophysical and geotechnical conditions. The interaction of geophysical and geotechnical considerations with the structural requirements of buildings or other facilities which fulfil planning objectives has a strong influence on the ultimate cost of city development. Microzonation has generally been recognized as the most accepted tool in seismic hazard assessment and risk evaluation and it is defined as the zonation with respect to ground motion characteristics taking into account source and site conditions .Main purpose of this study is to provide the integrated use of geophysical and geotechnical data in context of urban planning as a case history of Bursa (Nilüfer) City. For the study area, the probabilistic seismic hazard analysis was determined by using Poisson probabilistic approach. By using the analysis, magnitude and acceleration values of design earthquake were estimated for several distances by several attenuation relations. In the second phase of the study, by using the multichannel analysis of surface waves, (MASW), shear wave velocities of the region up to 50 meters were determined for 154 sites. As it is known, MASW method originated from the traditional seismic exploration approach that employs multiple (twelve or more) receivers placed along a linear survey line. Main advantage is its capability of recognizing different types of seismic waves based on wave propagation characteristics such as velocity and attenuation. MASW technique has important tools for obtaining shear wave velocity. By shear



Ferhat Özcep¹ ve diğ.

wave velocities, soil amplification factors and site characteristic periods were determined. Geotechnical test data from boreholes and laboratory measurements were evaluated with geological and geophysical data. By using geotechnical data, liquefaction potential index (PL) and liquefaction induced settlements were estimated in the study area. Seismic microzonation in the context of urban planning can be considered as the preliminary phase of earthquake risk mitigation studies. In the last phase of the study, with three zones of hazard, a microzonation map is prepared by considering the earthquake effect (such as soil amplification and liquefaction). Finally, generally speaking, the physical development of society occurs by the implementation of a series of separate, but converging, aims which may be expressed in terms of, for instance, improvements to living conditions, public health or mobility. A city plan usually attempts to achieve these aims at minimum financial cost. In these context, geophysical and geotechnical studies are one of the important factors to minimize the financial cost. This study are supported by İstanbul Univeristy Research Unit (Project Number 5582 and Project Number YADOP-670).

Key Words: Urban Planning, Seismic Microzonation, Geophysical and Geotechnical Studies

1. GİRİŞ

Günümüz kent / bölge planlamasının hedeflerinden en önemlisi insanlara sağlıklı ve güvenli bir yaşam sağlamaktır. Bölge planlama kent üstü mekanlarda toplumca benimsenen amaçlara ulaşmak için, ekonomik ve sosyal faaliyetler ile doğal ve yapay fiziksel çevrenin karşılıklı etkileri göz önünde tutularak gerçekleştirilen çok yönlü planlama olarak tanımlanabilir. İki farklı faktör bölge planlama çalışmalarında rol oynamaktadır. Endüstrileşme sonucunda ortaya çıkan büyük kentlerin kontrol altına alınma gereği birinci önemli faktör, bir ülkenin geri kalmış bölgelerini geliştirme ya da değerlendirilmeyen doğal kaynakların etkili biçimde kullanılma çabası ikinci önemli faktör olarak bölge planlama çalışmalarının itici gücü olmaktadır ([1], [2], [3]).

Bu çalışmada kent planlamasına baz teşkil edecek mikrobölgeleme amaçlı çalışmalara bütünlük oluşturması amacıyla Bursa kenti

uygulama sahası olarak seçilmiştir. Bu amaçla Bursa Belediyesi Zemin Etütleri Bölümünden; 128 adet sondaj (geoteknik) verisi temin edilmiş olup ayrıca tarafımızdan İ.Ü. Araştırma Fonu desteği ile Nilüfer ilçesinin 154 farklı noktasında jeofizik çalışma (Yüzey dalgası analizi (MASW) ile kayma dalgası hızı kestirimi) ve buna bağlı analizler yapılmıştır

2. GENEL JEOLOJİ VE SİSMOLOJİ

Bursa ve çevresinin temelini, Paleozoyik yaşlı yüksek derecede metamorfizma geçirmiş çekirdek durumundaki çeşitli gnays, amfibolit, kalkşist ve mermerler oluşturur.

Bölge için yapılan Olasılıksal (probabilistik) deprem tehlike analizi amacıyla, bölge merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan içinde aletsel dönemde 4.5 ve daha büyük depremler B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma



Ferhat Özçep¹ ve diğ.

kapsamaktadır. Sıvılaşmaya bağlı oturma değerleri 0.7–14.69 cm arasında değişmekte olup bazı bölgelerde müsaade edilebilir sınırların (10cm) üzerinde olduğu görülmektedir. Ve ilk 15 m' nin SPT darbe sayıları İyisan (1996) tarafından verilen ampirik bağıntı yardımıyla eşdeğer kayma dalgası hızına dönüştürülüp, yüzey dalgası analizi (MASW)'nden elde edilen kayma dalgası hızı Vs15 ile karşılaştırılmış olup birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür.

Jeofizik çalışmalardan elde edilen 54 adet yüzey dalgası analizi (MASW) ile elde edilen kayma dalgası hızları Vs30 değerleri 161–593 m/s arasında değişmektedir. Kayma dalgası hız değerinden yararlanarak çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen ampirik bağıntılarla hesaplanan büyütme değerlerinin aritmetik ortalaması 2.1–3.2 arasında değişmektedir. Vs30 değerinden elde edilen zemin hakim titreşim periyodu değeri ise 0.4–1.5 sn arasında değişmektedir. Ayrıca zemin etkileşimli ortalama ivme değeri 0.3–0.62g arasında değişmektedir. 0.0 sn periyotlu zemin etkileşimli ivme değeri 0.22–0.41g arasında, 0.2 sn periyotlu zemin etkileşimli ivme değeri 0.40–0.76g arasında ve 1.0 sn periyotlu zemin etkileşimli ivme değeri ise 0.26–0.72 g arasında değiştiği görülmektedir. 0.40g ve üzerindeki değerler yapılaşma açısından hassasiyet arz etmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Özçep, F., Karabulut, S., Alpaslan, N., Ceyhan, U., Gündoğdu, O., 2003, *Deprem Zararlarının Azaltılması için Kent / Bölge Planlama Sürecinde Mikrobölgeleme Çalışmaları, Kocaeli 2003 Deprem Sempozyumu, Sunular, Sayfa: 477-486, Kocaeli Üniversitesi, Kasım 2003, Kocaeli.*

[2] Aydemir, S.E., 1999, *Türkiye'de İmar Kurumu, "Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı" Kitabında, (Ş.Aydemir, S.E. Aydemir, N.Ökten, A.M. Öksüz, C.Sancar, M.Özyaba), Karadeniz*

Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Ders Notları, No: 54, Trabzon.

[3] Özçep, F., 2005, *Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Mesleki Eğitim ve Belgelendirme Kurs Notları, No:3, 237 Sayfa, ISBN No: 975-395-974-5, Ankara.*