



## KISA PERİYOT VE GENİŞ BANT MİKROTREMÖR KAYITLARININ H/V SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Serhat TEKEBAŞ<sup>1</sup>, Eşref YALÇINKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü 34320 Avcılar, İstanbul.

<sup>1</sup> tekebas\_serhat@yahoo.com

<sup>2</sup> eyalcin@istanbul.edu.tr

**Özet** – Bu çalışmanın amacı mikrotremör ölçümleri esnasında kullanılan sismometrenin kısa periyot(1Hz-100Hz) veya geniş bant(30sn-100Hz) kayıtçısı olmasının H/V eğrilerinde ne tür farklılıklar meydana getirdiğini tespit etmektir. Bu amaçla Yalova bölgesinde Güralp CMG 6-TD sismometre kullanılarak 11 noktada mikrotremör ölçüsü alınmıştır. Alüvyon zemin üzerinde olan bu noktaların her birinde hem kısa periyot hem de geniş bant sismometreler yan yana kurularak kayıt uzunluğu 30dk olan ölçüler toplanmıştır. Alınan bu kayıtlardan yatay/düşey spektral oranlar hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; geniş bant kayıtların H/V spektral oran eğrilerinde 0.5Hz'den düşük frekanslarda, kısa periyot H/V eğrilerinde görülmeyen büyük saçılmalar olduğu görülmüştür. Bu durum kısa periyot kayıtların H/V eğrilerinde zemin rezonans frekansının daha net görülmesini sağlamaktadır. Eğer çalışma alanında tahmin edilen zemin rezonans frekansı 0.5Hz'ten daha düşük frekanslarda ise geniş bant kayıtçısı kullanmak zorunludur. Aksi takdirde kısa periyot kayıtçısı kullanmak H/V eğrilerinde zemin rezonans frekansının daha belirgin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: mikrotremör, zemin hakim frekansı, H/V spektral oran, Yalova

**Abstract** – The aim of this study is to determine what kind of differences occur on H/V curves due to using a short period(1Hz-100Hz) or broadband(30sn-100Hz) seismometer during microtremor measurements. For this purpose, microtremor measurements were taken at 11 points by using Güralp CMG 6-TD seismometer in Yalova region. The measurements were taken at each points with 30 minutes length record by setting both short period and broadband seismometers side by side on alluvium soil. Horizontal-to-Vertical spectral ratios were calculated from these records and obtained results are compared. As a result of this comparison, perturbations of amplitude were seen at H/V spectral ratio curves of broadband seismometer records with less than 0.5Hz frequencies. However when we look at H/V spectral ratio curves of short period records there occur less perturbations at less than 0.5Hz. This causes to see the resonance frequency at H/V curves of short period records clearly. If the expected resonance frequency is 0.5Hz or less at the investigation site the broadband seismometer have to be used. Otherwise using a short period seismometer provides resonance frequency appear much clear.

Key Words: microtremor, soil resonance frequency, H/V spectral ratio, Yalova

### 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi son yıllarda zemin hakim periyodunun belirlenmesinde H/V yöntemi



sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Ölçü toplamadaki çabukluğu, kolay uygulanabilir olması, maliyet açısından ucuz bir yöntem olması ve güvenilir bilgiler sağlaması açısından tercih edilen bir yöntemdir.

Mikrotremör yer içerisinde yayılan sürekli titreşimciklerdir. Bu titreşimlerin genlikleri 0.1 mikron ile 1 mikron, periyotları ise 0.05 saniye ve 2 saniye arasında değişir (Kanai ve Tanaka 1954; 1961). H/V mikrotremör tekniği ilk kez Nogoshi & Igarashi (1971) tarafından ileri sürülmüş ve Nakamura(1989) ile genel bir hal almıştır. H/V tekniği çevresel(ortamsal) titreşimlerin yatay ve düşey bileşenlerinin Fourier genlik spektrumları arasındaki oranı belirlemeye dayanmaktadır. Bunun için yerin titreşimi 3 bileşenli bir kayıtçı düzeneği ile belli bir süre dinlenir. Elde edilen bu kayıt çeşitli veri işlem aşamalarından geçirilerek yatay bileşenlerin spektrumlarının ortalaması(H), düşey bileşen spektrum değerine(V) bölünerek, yatay/düşey(H/V) spektral oranı elde edilir.

H/V spektral oran tekniğinin teorik temeli hala tartışılıyor olsa da kısaca şu şekilde açıklanabilir (Bour ve diğ., 1998; Delgado ve diğ., 2000a,b).

Temel kaya üzerinde yer alan bir sedimanter tabakanın transfer fonksiyonu, sediman üzerinde elde edilen yatay bileşenin spektrumu  $H_s$  ile yakın civarda bulunan temel kaya üzerinde kaydedilen yatay bileşenin spektrumu  $H_B$  oranlarından hesaplanabilmektedir.

$$S_1(f)=H_s(f)/H_B(f)$$

$S_1(f)$  transfer fonksiyonu mikrotremör veya deprem kayıtlarından belirlenebilmektedir. Mikrotremör verisi kullanıldığında aşağıdaki varsayımlar kabul edilmektedir.

1. Mikrotremör verileri şehir trafiği ve endüstri kaynaklı yüksek frekanslı gürültülerin yanında rüzgar, okyanus ve deniz dalgaları tarafından yaratılan uzun periyotlu gürültüleri de içermektedir,
2. Gürültü kökenli Rayleigh dalgaları temel kaya üzerinde yer alan sediman tabakası içinde oluşmakta ve

yayılmaktadır. Rayleigh dalgaları sadece sediman üzerinde kaydedilen düşey bileşen,  $V_s$ , tarafından gözlenmekte, temel kaya üzerindeki düşey bileşende,  $V_B$ , ise gözlenmemektedir.

$$S_{RW}(f)=V_s(f)/V_B(f)$$

3. Mikrotremör verisinde düşey bileşen zemin tarafından büyütülmektedir.
4. Temel kayada geniş bir frekans aralığında (0.1-20 Hz) yatay ve düşey bileşenlerin spektral oranı 1'e çok yakındır

$$H_B(f)/V_B(f)=1$$

$S_1(f)/S_{RW}(f)$  oranı Rayleigh dalgalarının etkisini elemine eder ve bu şekilde zeminin transfer fonksiyonu belirlenmektedir

$$S_1(f)/S_{RW}(f)=H_s(f)/V_s(f).$$

Yukarıdaki son ifade, 3-bileşenli tek bir sismometre kullanılarak yatay ve düşey bileşenlerin spektral oranlarından zemin transfer fonksiyonunun, yani, zemin hakim periyodunun kolayca belirlenebileceğini göstermektedir.

## 2. ÖLÇÜ TOPLAMA VE VERİ İŞLEM

Kayıtlar alınırken Güralp CMG 6-TD kayıtçısı kullanılmıştır. Alet hem kısa periyot hem de geniş bant kayıtçısı gibi kayıt alabilme imkanı sunmaktadır. 30sn-100Hz frekans aralığında geniş bant, 1sn-100Hz aralığında da kısa periyot olarak çalıştırılabilir.

Bu çalışmada Yalova'da alüvyon zeminler üzerinde 11 noktada kayıtlar toplanmıştır. Araziye 2 adet sismometre ile gidilerek; her nokta için iki alet yan yana kurulmuş ve biri kısa periyot diğeri geniş bant kayıt alan bu aletler aynı anda kayıt almaya başlatılıp aynı anda kapatılmıştır. 100 sn örnekleme aralığı ile 30'ar dakikalık kayıtlar toplanmış ve kayıtlar alınırken çevresel yapay

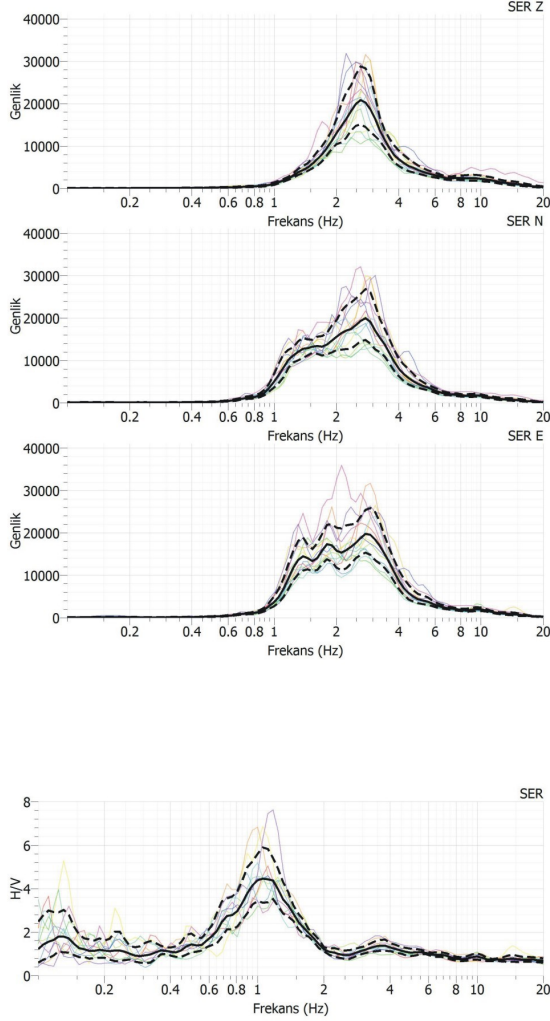


gürültülerin en az olduğu yerler seçilmeye çalışılmıştır.

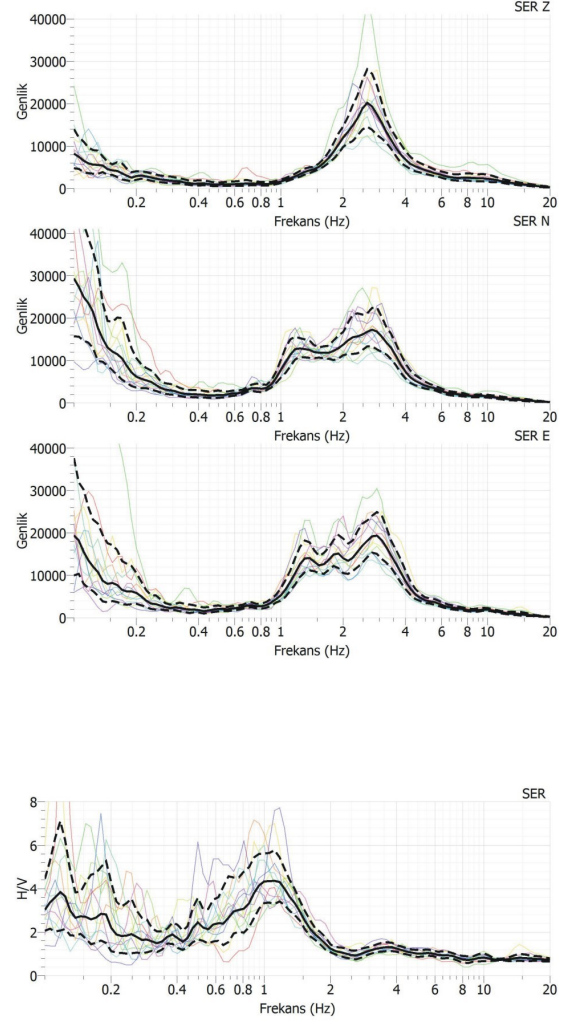
Mikrotremör verilerinin analizinde Geopsy programı kullanılmıştır. Verilere öncelikle 0.05-25Hz arası bant geçişli filtre uygulanarak ilgilenilen frekans aralığı dışındaki frekansların etkisi azaltılmıştır. Daha sonra H/V

pencere seçilmiş ve spektrumları hesaplandıktan sonra Konno&Ohmachi (1998) yuvarlatması b katsayısı 40 seçilerek yapılmıştır. Her bir pencere için H/V eğrileri ve her bir nokta için ortalama H/V eğrileri hesaplanmıştır.

Kayıtların spektrum içeriklerine yine Geopsy programı kullanılarak bakıldı. 50-100sn'lik



hesaplamasına geçilmiştir. Her nokta için pencere uzunlukları 50-100sn arasında değişen en az 10



pencereler seçilerek spektrum grafikleri çizdirildi.

Şekil 1. Yalova'da SER istasyonu H/V eğrileri ve Fourier spektrumları. Üst grafikler üç bileşen Fourier spektrumlarını (sol grafik geniş bant kaydı, sağ ise kısa periyot kaydı temsil eder), alt grafikler ise H/V eğrilerini gösterir.



### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

11 noktanın her birinde hem kısa periyod hem de geniş bant kayıtlar için Fourier spektrumları ve H/V eğrileri karşılaştırılmıştır. Örnek SER noktası için karşılaştırmalar Şekil 1’de gösterilmektedir.

Geniş bant sismometre ile yapılan dinlemelerin H/V sonuçları incelendiğinde hakim frekans dışında 0.5Hz’den düşük frekanslarda genliği yüksek saçılmalar rastlanılmıştır. Bu saçılmalar dikkate alındığı takdirde 0.5Hz’in altındaki frekanslarda bir pik olup olmayacağı, bunun gözden kaçırılıp kaçırılmadığı akla gelmiştir. İnceleme alanının alüvyon olduğunun bilinmesi fakat kalınlığı hakkında net bir bilgiye sahip olunmaması, bu konuda bir soru işareti oluşturmaktadır. Ancak aynı zemine ait eşit koşullarda ve eşzamanda kayıt alınan kısa periyot sismometrenin sonuçları incelendiğinde 0.5Hz’nin altındaki saçılmaların daha bastırıldığı ve hakim frekansın daha net ortaya çıktığı görülmektedir.

Geniş bant kayıtlarının spektrumları kısa periyot kayıtlarıyla karşılaştırıldığında ilk göze çarpan 0.5Hz’den düşük frekanstaki farklılıklar olmuştur. Geniş bant spektrumunda genlikler düşük frekanslara doğru artarken, kısa periyot kaydı spektrumunda 0.5Hz’e kadar eğri neredeyse sifıra yakın takip etmektedir. Bu da bize kısa periyot kayıtlarının düşük frekanslardaki gürültüleri bastırıldığını göstermektedir. H/V eğrilerinde 1Hz civarındaki hakim frekans net görebilmemizin sebebi budur.

Araştırma alanında 0.5Hz’nin altında bir zemin rezonans frekansı beklenmiyor ise ölçümlerin kısa periyot kayıt alabilen bir sismometre ile yapılması H/V sonuçları açısından daha sağlıklı olacaktır.

Elde edilen H/V eğrilerinde rezonans frekansı daha belirgin olacaktır.

### KAYNAKLAR

- [1] Delgado, J., Lopez Casados, C., Giner, J., Estevez, A., Cuenca, A., Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations. *Pure and Applied Geophysics* 157 (9), s1445-1462.
- [2] Nakamura, Y. “A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface.” *Quarterly Report of RTRI, Railway Technical Research (RTRI), Vol.30, No.1, 1989*
- [3] Nakamura, Y. “Clear identification of fundamental idea of Nakamura’s technique and its applications.” *12WCEE, 2000.*
- [4] Nogoshi, M. and Igarashi, T. (1971), “On the Amplitude Characteristics of Microtremor (Part 2) (in Japanese with English abstract)”, *Jour. Seism. Soc. Japan, 24, 26-40.*
- [5] SESAME (2004). [http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Delivrables/Del-23HV\\_User\\_Guidelines.pdf](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Delivrables/Del-23HV_User_Guidelines.pdf)