MİKROTREMÖR VERİLERİNDE GÜVENİLİR H/V EĞRİSİ VE BELİRGİN T_0 NİTELEME KOŞULLARI

S. Tekebaş[1] ve E. Yalçınkaya[2]

[1] *Doktora Öğrencisi, Jeofizik Müh. Bölümü,İstanbul Üniversitesi, Avcılar*
[2] *Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar*
Email: tekebas_serhat@yahoo.com

ÖZET:

Mikrotremör kayıtları kullanılarak zemin hakim periyodunun (T_0) belirlenmesi günümüzde yaygın şekilde kullanılan bir yöntem olmuştur. Özellikle Nakamura(1989) yöntemi olarak bilinen tek istasyon yöntemi ölçü toplama açısından en kolay yöntemlerden biridir. Ancak bu kolaylığa rağmen dikkat edilmeyen bazı durumlar (kayıt süresi, arazi şartları v.s) elde edilen sonuçların güvenilirliğini etkilemektedir. Bunun yanında sonuçlar yorumlanırken H/V eğrilerinin titizlikle incelenmesi gerekmektedir. H/V eğrilerinde görülen doruk noktalarının zemine ait rezonans frekansını temsil edip etmediği belli koşuller baz alınarak değerlendirilebilir. Bu konuya ilişkin SESAME projesi kapsamında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mikrotremör verileri değerlendirilirken güvenilir bir değerlendirme için 3 temel koşul incelenmektedir. Bunlardan ilki tahmin edilen T_0'a göre seçilmesi gereken pencere sayısını belirlemektedir. İkinci koşul tüm kayıt içerisindeki belirgin devirlerin sayısının 200'den büyük olması gerektiğini belirtmektedir. Son koşul ise f_0 değerinin 0.5Hz'den büyük veya küçük olmasına göre H/V eğrisinin standart sapma değerlerinin (σ) belli değerlerden küçük olmasını ($f_0<0.5$Hz ise $\sigma<3$ ve $f_0>0.5$Hz ise $\sigma<2$) istemektedir. Aynı şekilde H/V eğrisinde görülen bir doruğun zemin hakim periyodu olup olmadığı 6 farklı kuralla kontrol edilmektedir. Bu 6 kuraldan en az 5 tanesinin sağlanması durumunda H/V eğrisindeki doruk, belirgin bir doruk olarak değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada, SESAME projesi kapsamında önerilen güvenilirlik ve belirgin doruk koşulları Yalova ve çevresinde toplanan mikrotremör kayıtlarının değerlendirilmesinde kullanılmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Bununla beraber bu kuralların kolaylıkla incelenebilmesi için kullanıcı dostu bir arayüz hazırlanmış ve bu arayüzün nasıl çalıştığı anlatılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Mikrotremör, zemin hakim periyodu, H/V, belirgin doruk, güvenilir H/V eğrisi,T_0

1. GİRİŞ

Mikrotremör yöntemi ana kaya üzerinde bulunan sedimanların temel titreşim frekanslarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sondaj ve diğer jeofizik yöntemlere göre uygulaması kolay, daha düşük maliyetli ve toplanan veriler açısından da güvenilir olduğundan kısa zamanda yaygınlaşan bir yöntem olmuştur. Ancak arazide ölçümler esnasında dikkat edilmeyen bazı hususlar toplanan kayıtların güvenilirliğine zarar verebilmektedir. Çevresel koşulların (rüzgar, trafik, zemin türü v.b) H/V eğrileri üzerindeki etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından (Chatelain ve diğ., 2008, Mucciarelli 1998) tarafından detaylı şekilde incelenmiştir. Verilerin toplanması esnasında ortaya koyulan titizlik veri işlem aşamalarında da devam ederse, yöntemin güvenilirliğine yakışan sonuçların ortaya çıkması kaçınılmazdır. SESAME Projesi kapsamında yürütülen çalışmalar H/V eğrilerinin hesaplanması aşamasındaki "güvenilirlik koşulları"nı maddeler halinde ortaya koymaktadır. Aynı şekilde H/V eğrilerinde görülen dorukların bir zemin rezonans frekansına işaret edecek derecede belirgin olup olmadığını da "belirgin doruk koşulları" olarak maddeler halinde incelemektedir. Bu çalışma kapsamında yukarıda bahsedilen koşulları incelemek için Yalova ve çevresinde alınan 81 adet mikrotremör kaydının Geopsy programı yardımıyla hesapladığımız H/V eğrilerini, SESAME koşulleri

kapsamında değerlendirmeye aldık. Güvenilirlik ve belirginlik koşullarının daha kolay ve hızlı incelenebilmesi adına hazırladığımız MsExcell tabanlı bir arayüz kullandık. Değerlendirmelerin tamamı güvenilirlik koşullarını sağlarken, sadece 81 eğriden 36 tanesi belirgin doruk koşullarına uyum sağlamıştır.

1.1. Güvenilirlik koşulları

Tablo 1'de SESAME Projesi kapsamında ortaya koyulan ve bir H/V eğrisi hesaplaması için güvenilirlik koşulları ve H/V eğrilerinde görülen dorukların belirginlik koşulları maddeler halinde verilmiştir.

Tablo 1. SESAME koşullerine gore H/V eğrilerinde güvenilirlik ve belirgin doruk koşulları.

Güvenilir bir H/V eğrisi için koşuller

i) $f_0 > 10 / L_w$

ii) $n_c\ (f_0) > 200$

iii) $\sigma_A(f) < 2\ 0.5f_0 < f < 2f_0$ eğer $f0 > 0.5Hz$

veya $\sigma_A(f) < 3\ \ 0.5f_0 < f < 2f_0$ eğer $f_0 < 0.5Hz$

Belirgin H/V doruki için koşuller

(6 koşuldenen az5 tanesi sağlanmalıdır)

i) $A_0 > 2$

ii) $\exists\ f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

iii) $\exists\ f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$

iv) $f_{peak}\ [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$

vi) $\sigma_A(f_0) < \theta\ (f_0)$

- L_w = pencere uzunluğu(sn)
- N_w = pencere sayısı
- $n_c = l_w \,.\, n_w.\ f_0$ = belirgin devirlerin sayısı
- f = kullanılan frekans
- f_{sensor} = sensorün kesme frekansı
- f_0 = H/V doruk frekansı
- σf = H/V doruk frekansının standart sapması ($f_0 \pm \sigma f$)
- $\varepsilon\ (f_0)$ = denge şartı için eşik değeri $\sigma f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = f_0 frekansının H/V doruk genliği
- $A_{H/V}\ (f)$ = f frekansındaki H/V eğrisi genlik değeri
- f^- = $A_{H/V}\ (f^-) < A_0/2$ için $f_0/4$ ve f_0 arasındaki frekans değerleri
- f^+ = $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ için f_0 ve $4f_0$ arasındaki frekans değerleri
- $\sigma_A\ (f)$ = $A_{H/V}\ (f)$'nin standar sapması, $\sigma_A\ (f)$, $A_{H/V}(f)$ eğrisinin çarpılması veya bölünmesi gereken değer.
- $\sigma_{logH/V}\ (f)$ = $logA_{H/V}(f)$ eğrisinin standart sapması, $\sigma_{logH/V}\ (f)$ ifade edilen $logA_{H/V}(f)$ eğrisine eklenmesi veya çıkarılması gereken mutlak değer
- $\theta\ (f_0)$ = denge şartı için eşik değeri $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

σf ve $\sigma_A(f_0)$ için eşik değerleri

Frekans aralığı [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon\ (f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\sigma_A\ (f_0)$ için $\theta\ (f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\sigma_{logH/V}(f_0)$ için log $\theta\ (f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Güvenilirlik koşulları; veri işlem aşamasında seçilen pencere sayısı, pencere uzunluğu gibi parametreleri, tahmin edilen hakim frekansa bağlı denetleyen koşullerdir. Güvenilirlik koşullerinden birincisinde tahmin edilen hakim frekans (f_0) ile seçilen pencere uzunluğu (Lw) arasında;

$$f_0 > 10/L_W \quad (1)$$

şeklinde bir bağıntı tanımlanmıştır. Buna göre tahmin edilen hakim frekans, ölçüm noktası için 0.5 Hz ise, H/V eğrilerinin hesaplanmasında kullanılan pencere uzunluğu en az 20 sn olmalıdır. 20 sn'den daha kısa seçilen pencere boyuyla, 0.5 Hz veya daha küçük değerlerde hakim frekans tespit etmek güvenilir değildir. Güvenilirlik şartlarından ikincisi; seçilen pencere sayısı da beklenen hakim frekansı tespit etmeye yeterli olmalıdır. Bunun için tahmin edilen hakim frekans (f_0), pencere uzunluğu (Lw) ve pencere sayısı (n_w) arasında;

$$n_c(f_0) = L_w * n_w * f_0 \quad (2)$$

$$n_c(f_0) > 200 \quad (3)$$

şeklinde bir bağıntı tanımlanmıştır. Buna göre belirgin devirlerin sayısı olan $n_c(f_0)$ değeri 200'den büyük olmalıdır. Tablo 2 yukarıda açıklanan maddeleri özetlemektedir. Tahmin edilen hakim frekans (f_0)'a bağlı olarak seçilmesi gereken pencere sayısı, pencere uzunluğu, kayıt süresi gibi parametreler özetlenmiştir. Tablo 2'nin arazi çalışması yapılmadan önce incelenmesi, kayıt süresini doğru belirleme açısından faydalıdır.

Tablo 2. Tahmin edilen hakim frekansa bağlı kayıt süresi, pencere uzunluğu (sn) ve pencere sayısını gösterir tablo.

f_0 [Hz]	L_w [sn] için minimum değer	Minimum toplam döngü sayısı (n_c)	Minimum pencere sayısı	Kullanışlı minimum sinyal süresi [sn]	Önerilen minimum kayıt uzunluğu [dk]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

Son güvenilirlik koşuli ise H/V eğrisi elde edildikten sonra standart sapma değerlerini denetleyen bir koşuldur. $0.5*f_0$ ile $2*f_0$ arasındaki frekans değerlerine karşılık gelen genlik değerlerinin standart sapmaları $\sigma_A(f)$, $f_0 > 0.5$ Hz olması durumunda 2'den küçük; $f_0 < 0.5$Hz olması durumunda 3'den küçük olmalıdır. Formül olarak gösterimi;

$$\sigma_A(f) < 2 \quad 0.5f_0 < f < 2f_0 \quad \text{eğer } f_0 > 0.5\text{Hz} \quad (4)$$

$$\sigma_A(f) < 3 \quad 0.5f_0 < f < 2f_0 \quad \text{eğer } f_0 < 0.5\text{Hz} \quad (5)$$

şeklindedir. Tablo 1'de yer alan 3 güvenilirlik koşulunun hepsi sağlanıyorsa, elde edilen H/V eğrisi güvenilirdir denilebilir (SESAME, 2004).

1.1. Belirgin doruk koşulları

SESAME tarafından belirgin doruk koşulları kapsamında, H/V eğrilerinin genlik değerleri ve genliklerin standart sapmaları, doruk frekansı ve sapma değerleri inceleme altına alınmıştır. Bu incelemeler sonrasında Tablo 1'de yer alan belirgin doruk koşulleri ortaya koyulmuş ve elde edilen bir doruğun belirgin doruk olabilmesi için bu şartlardan en az 5 tanesini sağlaması gerektiği belirtilmiştir (SESAME, 2004). Belirgin doruk koşulleri şu şekilde sıralanabilir;

1) H/V eğrisi doruk frekansında genlik değeri (A_0) 2'den büyük olmalıdır.

$$A_0 > 2 \tag{6}$$

2) $f_0/4$ ile f_0 arasındaki her bir frekans değerine (f^-) karşılık gelen genlik değeri, doruk frekansın genlik değerinin yarısından küçük olmalıdır.

$$\exists\ f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2 \tag{7}$$

3) f_0 ile $4*f_0$ arasındaki her bir frekans değerine (f^+) karşılık gelen genlik değeri, doruk frekansın genlik değerinin yarısından küçük olmalıdır.

$$\exists\ f' \in [f_0, f_0*4] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2 \tag{8}$$

4) f_0 frekansının standart sapma eğrilerinde de tepe noktası gerçek f_0 ın %5'lik (artı ve eksi) sınırları içinde olmalıdır.

$$f_{peak}\,[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\% \tag{9}$$

5) Bu madde Tablo 1'den okunan değerlere göre değerlendirilir. Baskın frekans için standart sapmanın sınırlarını belirler.

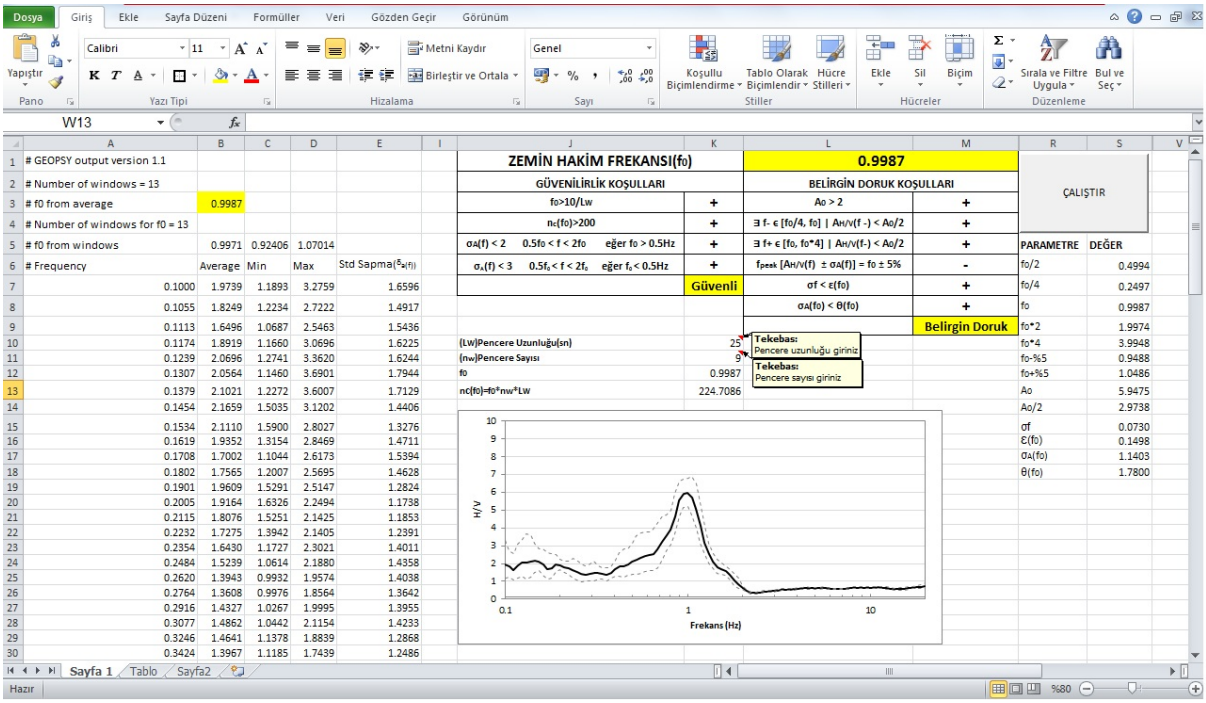
$$\sigma f < \varepsilon(f_0) \tag{10}$$

6) Bu madde Tablo 1'den okunan değerlere göre değerlendirilir. Frekans değerine bağlı, genliğin standart sapmasının sınırlarını belirler.

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0) \tag{11}$$

2. H/V EĞRİLERİNİN GÜVENİLİRLİK İNCELEMESİ

Güvenilirlik koşullerinden ilk 2 maddenin incelenebilmesi için tahmin edilen veya hesaplanan zemin hakim frekansı (f_0), pencere uzunluğu (L_W) ve pencere sayısının (n_w) bilinmesi yeterlidir. Hazırladığımız programa bu değerler el ile girilerek (Şekil 1) bu 2 maddenin uygunluğuna bakılabilir. Güvenilirlik koşullerinden 3. maddenin incelenebilmesi için H/V eğrisinin hesaplanması gerekmektedir. Biz de Geopsy programında hesapladığımız H/V eğrisine ait çıktı dosyasını alarak MsExcell ortamında hazırladığımız programa giriş dosyası olarak kullanıp 3. maddenin doğrulamasını yapabiliyoruz (Şekil 1). H/V eğri hesaplamasının güvenilir olabilmesi için bütün şartları sağlıyor olması gerekir. Program her maddeyi ayrı ayrı inceleyerek hepsinin uygunluğu durumunda "Güvenli" sonucunu vermektedir. Yalova ve çevresinde alınan mikrotremör kayıtlarının tamamı güvenilirlik koşullarını sağlamıştır.

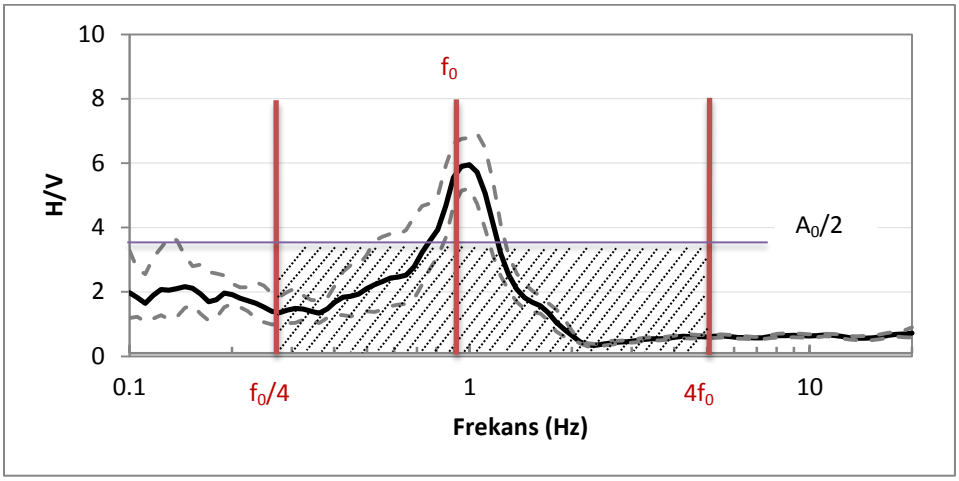


Şekil 1. Ms Excell ortamında oluşturulan programa ait görüntü. Sol kısımda yer alan sayısal değerler Geopsy programından alınan çıktı dosyası, sağ tarafta güvenilirlik ve belirgin doruk koşulları maddeler halinde yer almakta. Maddelerin yanında koşulu sağlama durumuna göre "+" veya "-" işaretçileri bulunmakta. İşaretlerin en altında ise sonuç kısmı yer almaktadır. Sağ üst köşede ise programı koşturabilmek için çalıştır butonu bulunmaktadır. Orta kısımda görülen grafik incelenen H/V eğrisidir.

3. H/V EĞRİLERİNİN BELİRGİN DORUK İNCELEMESİ

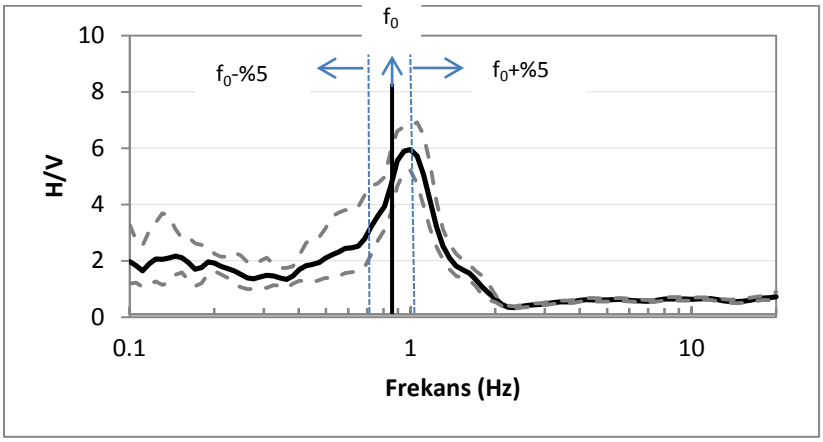
Belirgin bir doruk için istenilen ilk koşul zemin hakim frekansına ait genlik değerinin 2'den büyük olmasıdır. Ms Excell ortamında hazırlanan program için kullanılan datalar Geopsy programının çıktı dosyalarıdır. Bu çıktı dosyasında en büyük genlik değeri yer almamakta sadece hesaplanan f_0 değeri yazmaktadır. Program f_0 değerine karşılık gelen genlik değerini bularak 2 den büyük olup olmadığını inceliyor ve genlik değerinin (A_0) 2'den büyük olması halinde bu koşulun yanına "+" işaretini koymaktadır. Belirgin doruk koşullarından takip eden 2

koşul doruğun sağında ve solundaki azalımı denetlemektedir. Yani Şekil 2'deki grafikte kırmızı çizgiler arasında kalan bölgede genlik değeri $A_0/2$'den küçük olan (mor renkli yatay çizgi) en az bir değer olması bu koşulu sağlamaktadır. Yani eğrinin taralı alandan geçip geçmediğine bakılmaktadır. Ancak buradaki problem azalımın bakıldığı aralıktır. (7) ve (8) numaralı formüllere bakıldığı zaman f_0'ın 4 katı kadar sağında 1/4'ü kadar da solunda bir alan taranmaktadır. Bu da artan f_0 değerleri için (Örneğin f_0=2Hz için 0.5Hz ve 8Hz aralığı) azalımı çok geniş bir frekans aralığına yaymaktadır. Benzer şekilde düşük frekanslardaki olası bir zemin rezonans frekansı için (Örneğin f_0=0.3Hz için 0.08Hz ile 1.2Hz aralığı) f_0'dan $1/4f_0$'a kadar olan kısmı incelemek zorlaşmaktadır. Birçok mikrotremör kaydında düşük frekanslarda meydana gelen saçılmalar bu maddenin uygunluk durumunu zora sokmaktadır.



Şekil 2. Belirgin doruk koşullarından 2. ve 3. maddenin H/V eğrisi üzerinde gösterimi.

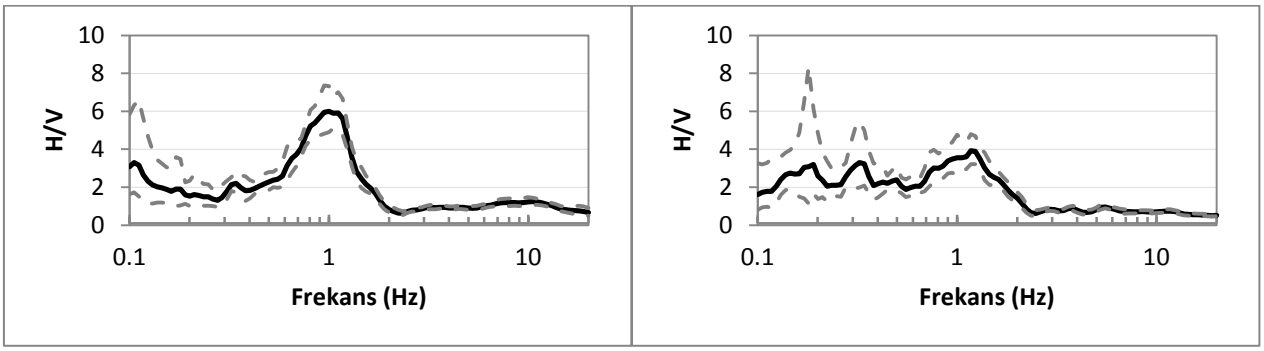
Diğer bir belirgin doruk belirleme koşuli ise Şekil 3'de gösterilmektedir. Mavi kesikli çizgiler f_0 frekans değerinin ±%5 sınırını ifade eder. H/V eğrisinin altıda ve üstünde bulunan gri renkte kesikli çizgiler ise standart sapma eğrileridir. Bu koşula göre standart sapma eğrilerinin doruk noktaları f_0 frekansının ±%5 sınırı içinde olmalıdır. Ancak H/V eğrilerinde standart sapma eğrileri yüksek saçılmalar nedeniyle maksimum genlik değerini düşük frekanslarda da gösterebilmektedir. Böyle durumlarda H/V eğrisinde belirgin bir doruk da gözlense bu koşul uygunluk sağlamamaktadır. Ms Excell tabanlı yazdığımız programın bu koşuli incelemesi şu şekildedir. Öncelikle Geopsy çıktı dosyasından okunan f_0 değerinin ±%5'e karşılık gelen frekans değerleri bulunur. Daha sonra yine Geopsy çıktı dosyasında yer alan minimum ve maksimum standart sapma değerlerinin yazılı olduğu sütundaki değerler taranarak (genlik değerleri) en yüksek değerler tespit edilir ve bu değerlere karşılık gelen frekans değerine bakılır. Bu frekans değerleri f_0±%5 sınırı içerisinde kalıyorsa koşul sağlanıyor demektir ve bu koşulun yanına "+" işareti koyulur. Eğer standart sapma eğrileri maksimum genlik değerini yüksek saçılmalardan dolayı çok farklı frekanslarda gösteriyorsa veya %5'den fazla bir sapma söz konusu ise bu koşul sağlanmıyor demektir. Ayrıca %5 aralığı çok dar bir aralık olduğundan gözle görülen belirgin bir doruk, programla inceleme sonucunda bu şartı sağlamayabiliyor. Şekil 4 incelendiğinde bu koşulu sağlayan (soldaki eğri) ve sağlamayan (sağdaki eğri) H/V eğrileri görülmektedir.



Şekil 3. Belirgin doruk koşullarından 4. maddenin H/V eğrisi üzerinde gösterimi.

Belirgin doruk tespitinde kullanılan son 2 koşul ise Tablo 1'in en alt kısmı kullanılarak incelenmektedir. Ms Excell ortamında hazırlanan programa tablodaki değerler girilmiş ve Geopsy çıktı dosyası programa giriş datası olarak verildiğinde hesaplamaları otomatik olarak yapmaktadır. Burada σf ve $\sigma_A(f_0)$ değerleri program tarafından hesaplanmakta ve tablodan okunan değerlerle karşılaştırılması yapılmaktadır. Ayrıntılar için SESAME(2004)'e bakılabilir. Tabloda yer alan değerler SESAME Projesi kapsamında ortaya koyulan eşik değerleri olup, bu değerlerin değiştirilip değiştirilemeyeceği tartışmaya açıktır.

Belirgin doruk koşulları MsExcell tabanlı hazırlanan programda güvenilirlik koşullarının hemen sağ tarafında yer almaktadır (Şekil 1). Eğer istenilen sayıda koşul bir arada sağlanıyorsa alt kısımda "Belirgin Doruk" ifadesi yer almaktadır. Aksi durumda karşımıza çıkacak ibare "Belirsiz Doruk" olmaktadır. Aynen güvenilirlik koşullarında bahsedildiği gibi tek yapılması gereken Geopsy programından alınan çıktı dosyasının programa giriş verisi olarak verilmesidir. Ardından çalıştır butonuna basıldığında program bütün hesaplamaları kendisi yapmaktadır. Geopsy programı f_0 değerini genelde en büyük genlik değerine karşılık gelen frekans değeri olarak belirlemektedir. Eğer farklı bir frekans değerinin belirgin doruk olup olmadığı incelenmek istenirse, bu değer "f_0 from average" yazısının sağındaki kutuya girilerek belirgin bir doruk olup olmadığı incelenebilir.



Şekil 4. Her iki H/V eğrisi için belirginlik koşullarından 4. maddeye göre inceleme yapılmıştır. Solda bulunan H/V eğrisi 4. koşulu sağlamaktadır. Ancak sağdaki grafik standart sapma eğrisindeki 0.1Hz-0.2Hz arasındaki yüksek saçılmadan ötürü 1Hz civarında belirgin bir doruk gözükse de koşulu sağlamamaktadır.

Yukarıda sözü geçen incelemeler yapıldıktan sonra SESAME'ye göre bu koşulların 6 tanesinden 5'inin doğrulanması gerekmektedir. Ancak SESAME bu 6 koşul arasında doğrulanması kesin olan bir koşul aramamaktadır. Veya bu belirginlik koşullarını bir sıraya koymamıştır. Örneğin genlik değeri (A_0) 2'nin altında dahi olsa SESAME'ye göre kalan 5 koşul doğrulanıyorsa genliği düşük olan bu doruk belirgin doruk olarak kabul edilmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

SESAME (2004)'de H/V eğrisi elde etme koşulları ve bu eğrilerde görülen dorukların zemin hakim frekansını temsil edebilecek derecede belirgin olup olmadığı ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde 3 güvenilirlik koşulunun tamamının, 6 belirgin doruk koşulundan da en az 5 tanesinin doğrulanması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında Yalova ve çevresinde 81 noktada alınan mikrotremör kayıtları Geopsy programı ile değerlendirilmiş ve H/V eğrileri bu koşullar altında incelenmiştir. Bu inceleme esnasında hesap yükümüzü azaltmak amacıyla MsExcell tabanlı bir program hazırlanarak değerlendirmeler bilgisayar ortamında, Geopsy programının çıktı (output) dosyaları kullanılarak yapılmıştır. Güvenilirlik koşullarında genel manada bir sıkıntı yaşanmamış ve bütün değerlendirmeler bu koşulları sağlamıştır. Ancak belirgin doruk koşulları için aynı şey söylenemez. SESAME belirgin doruk koşullarının incelenmesinde koşullar arasında bir öncelik veya zorunluluk belirtmemiştir. 6 koşuldan en az 5 tanesinin doğrulanmasını istemiştir. Örneğin A_0>2 olmalı maddesi sağlanmadan diğer 5 maddenin doğrulanması halinde düşük genlikli bir doruk belirgin doruk olarak nitelenebilmektedir. Burada genlikle ilgili madde olmazsa olmaz bir kural olarak belirlenebilirdi. Belirginlik koşullarından 2. ve 3. maddenin uygulamasında ise sıkıntılar yaşanmaktadır. Değerlendirdiğimiz bazı noktalarda düşük frekanslardaki saçılmalar 2. maddedeki koşulun sağlanmasına olanak tanımamıştır. Benzer şekilde 4. maddede yer alan koşulun da sağlanmasında belli güçlükler çekilmektedir. Bu koşulun incelenmesi gereken %5 aralık çok dar olmakla birlikte H/V standart sapma eğrilerinde yine yüksek saçılmaların olduğu yerler bu koşulun doğrulanmasını güçleştirmektedir. Yukarıda anlatılan belirgin doruk koşulları uygulandığında, hazırladığımız program 81 adet noktadan sadece 36 tanesini belirgin doruk olarak kabul etmektedir. Bu sonuca göre ya mikrotremör yöntemi zemine ait hakim frekansı belirlemede sanıldığı kadar başarılı değildir veya SESAME koşullarının ciddiyetle uygulanması bu sonucu doğurmaktadır. Buna bağlı olarak SESAME koşulları tartışılıp yeni öneriler getirilebilir.

KAYNAKLAR

Chatelain, J-L., Guillier, B., Cara, F., Duval, A-M., Atakan, K., Bard, P-Y., The WP02 SESAME Team, 2008, Evaluation of the experimental conditions on H/V results from ambient noise recordings, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 6, 33-74.

Mucciarelli, M., 1998, Reliability and Applicability of Nakamura's Technique Using Microtremors: An Experimental Approach, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 2, No. 4., pp. 625-638.

Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quaterly Report Railway Tech. Res. Inst.*, **30-1**, 25-30.

SESAME (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements processing and interpretation. *Europan Research Project*.