

SİSMİK YÖNTEMLE ELDE EDİLEN MÜHENDİSLİK PARAMETRELERİ ÜZERİNE

A Discussion on the Engineering Parameters Derived from Seismic Methods

A. KEÇELİ*

ÖZET

Bu makalede mühendislik jeofiziği yöntemlerinden sismik yöntemle yapılan inşaat zemini jeoteknik amaçlı etütlerde mühendislik parametrelerinin elde edilmesi, kullanımı ve takdimi tartışılmıştır. Uygulayıcının karşılaşılabileceği bazı sorunlara açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

In this article, the role of seismic methods of engineering geophysics in the determination, use, and representation of construction site geotechnical parameters are discussed. Some clarification to the problems faced by engineers is given.

GİRİŞ

Mühendislik jeofiziği uygulamalarında sismik yöntemle yapılan inşaat zemini jeoteknik etütleri son iki üç yıl içerisinde artan bir hızla kullanılmaktadır. Önceki yıllarda söz konusu yöntem, bilindiği gibi, zeminin sadece yapısal ve fiziksel özelliklerini aydınlatmak amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Daha sonra, zemin için sadece yapısal ve fiziksel özelliklerinin açıklanmasının mühendislik yönünden yeterli olamayacağı bunların yanında mühendislik özellikleri yönünden elastisite parametrelerinin kayaç litolojisine göre değişimi ve bilhassa projelendirme safhasında zeminin taşıma kapasitesinin de bir mühendislik çalışmasında bir jeofizik mühendisi tarafından verilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu gereği yerine getirmeye çalışan ilk araştırmanın Japonya'dan olduğu görülmektedir. Nitekim Imai (1976) tarafından zeminin taşıma gücü anlamındaki serbest basınç direnci, q_u , ile zeminin enine sismik dalga hızı, V_s , arasında sırasıyla

$$V_s \text{ (km/s)} = 138,3 q_u^{0,417} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

$$q_u = 10 V_p^3 \text{ (km/s)} \quad (2)$$

deneySEL bağıntıları geliştirilmiş ve Japon menşeyli OYO firması tarafından yayınlanmıştır. Ancak bu deneySEL bağıntıların çeşitli jeolojik birimler için sağlıklı sonuç vermemesi nedeniyle Tüzker ve Keçeli (1988) zemin taşıma gücü, q_u , ve zemin emniyet gerilmesi, q_s , parametrelerini sırasıyla aşağıdaki gibi

$$q_u = \frac{d \text{ (kg/cm}^3\text{)} V_p \text{ (cm/s)}}{4} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3)$$

$$q_s = \frac{d \text{ (kg/cm}^3\text{)} V_s \text{ (cm/s)}}{4} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (4)$$

tanımlamışlardır. (3 ve 4) bağıntılarındaki zemin hakim periyodu katman kalınlığına bağlı bir parametre değeridir. Halbuki, q_u ve q_s parametreleri katman kalınlığına bağımsız olarak kullanılır. Bu görüş noktasından ve Braciac (1978) in sismik empedansa göre zemin sınıflamasından esinlenerek Keçeli (1990) q_u ve c_s bağıntılarını aşağıdaki gibi genelleştirmiştir.

$$q_u = \frac{dV_p}{100} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (5)$$

$$q_s = \frac{dV_s}{100} \text{ (kg/cm}^3\text{)} \quad (6)$$

Keçeli, geliştirdiği bu parametre değerlerinin kullanılmakta olan çizelge değerleriyle her türlü kayaç için uyum içinde olduğunu yine çizelgelerle ve uygulama örnekleriyle göstermiştir. Bu uyumun görülmesi üzerine söz konusu bağıntılar bir çok jeofizik mühendisi tarafından pratikte kullanılmaktadır.

Zemin etütlerinde kayaçların mühendislik özellikleri üzerine jeofizik sondajların mekanik sondaj verilerinden daha sağlıklı ve daha çok bilgi verebildiğini gösteren çalışmalar yaparak hazırlanan jeoteknik raporların sunulmasıyla jeofizik mühendisliği uygulamalarına güven ve talebin artacağı şüphesizdir. Yine zeminin mühendislik özelliklerinin proje mühendislerine anlaşılır bir şekilde sunulması jeofizik mühendislik etütlerini yaygınlaştıracığı şüphesizdir. Bu görüş

* Yalı Cad. 20/17 Küçükçekmece, İstanbul

noktasından hareketle, jeoteknik etütlerde kullanılmakta olan (5 ve 6) bağıntılarının kullanımında bir takım sorunlarla karşılaşılması üzerine bu makalede söz konusu bağıntı ile birlikte ilgili bazı mühendislik parametrelerinin kullanımı ve takdimlerine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Jeoteknik laboratuvar ve arazi deneyleri ve sonuçları bir çok yayında karşılaştırılmıştır. Jeofizik müherdisliği jeoteknik uygulayıcılarını aydınlatmak amacıyla burada yöntemleri ayrı ayrı ele alarak detaylı bir karşılaştırma yapılmasının yararlı olacağı kanısındayım.

Bilindiği gibi, jeoteknik mühendisliği çalışmalarında hiç bir yöntem ideal sonuç vermemektedir. Her yöntemin kendine göre uygulama koşullarına bağlı olarak avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Şöyleki:

1- Bilgi birikimi ile hazırlanan zemin emniyet gerilmesi çizelgelerindeki değerler zeminin lokasyonlarındaki jeolojik birimin özelliğine uymayabilmekte ve bu durumda biraz küçültürek elde edilen yakın emniyetli değer seçilmektedir. Yeriçi özellikleri araştırılmadığı için çoğu kez yanlışlarla karşılaşmıştır.

2- Yükleme Deneyi: Ancak bir kaç metrelik sığ derinlikler için bilgi ve verebilmektedir. Zemin özellikleri derinlikle değiştiği durumlarda yanıltıcı sonuçlar vermektedir.

3- Taşıma Gücünün laboratuvar deneyleriyle saptanması: Mekanik sondajla alınan numuneler etüd alanının tümünün özelliğini temsil etmemektedir. Bu yüzden bazen çok küçük değerler ve bazen de çok büyük değerler elde edilebilmektedir. Taneli zeminlerde örselenmemiş alınamamakta ve laboratuvarında arazi koşulları oluşturulamamaktadır. Bu sebepten deprem bölgelerinde hayati önem taşıyan kayma modülü (shear modul) de sağlıklı saptanamamaktadır. Dolayısıyla buradan dolayı olarak elde edilecek zemin hakim periyodu da sağlıklı olarak saptanamamaktadır.

4- Standart Penetrasyon (SPT) deneyi: Bloklü ve molozlu zeminlerde çok değişken değerler vermekte, bu yüzden ortalama değer seçilmeye çalışılmaktadır.

5- Konik Penetrasyon (KPT): Ancak yumuşak altıvyon zeminlerde çalışabilmektedir.

6 - Sismik Yöntemle elde edilen taşıma gücü: Sismik profil yöntemi bir ölçü ortamının ortalama hız değerini verdiği için çok küçük bir lokasyon özelliğini yansıtamaz. Ancak belirli lokasyon topluluğunun ortalama özelliğini yansıtır. Bununla beraber sismik tomoğrafi yöntemi küçük lokasyon farklılıklarını belirleyebilir.

Sonuç olarak, kayacın bir parçasına veya noktasına göre elde edilecek bir özellik onun mühendislik yapısının yükü altında nasıl davranacağını tanımlamaya yetmez.

Çünkü o kayaç biriminin, yeraltındaki yapısal, stratigrafik konumunun; yani kırık, çatlak, fay, tabakalanma ve daha yumuşak birimin üstte veya altta oluşu ayrıca hidrojeolojik özelliği çok önemli etkenlerdir.

Bu özellikleri birlikte tesbit etmek çok sayıda mekanik sondaj gerektirdiği için zaman ve finansman bakımından sismik yöntemin diğerlerine göre önemli avantajlara sahip olduğu aşikardır.

JEOTEKNİK AMAÇLI SİSMİK UYGULAMALAR

Sismik yöntemle zemin emniyet gerilmesi bağıntısının birimini belirlemede ve kullanmada bazı uygulayıcılara göre açıklanması gereken hususların olduğu anlaşılmıştır. Bunlar:

1- q_s birimi ile ilgili husus: Daha önce sunulan şekli ile kullanıcının birimleri (yoğunluk, d , gr/cm^3 ve sismik hız m/s) kullanma alışkanlığı nedeniyle aşağıdaki gibi dönüştürülmüş olarak

$$q_u = \frac{dV_p}{100} \quad \text{ve} \quad q_s = \frac{dV_s}{100} \quad (7)$$

verilmiştir.

Bir noktanın jeostatik yükü onun taşıma gücüne denk oacağı görüşünden hareketle veya jeoteknik ifadeyle sürşarj yükü, q_{su}

$$q_{su} = dh$$

olup burada h , homojen ortam içinde bir derinliktir. Zemin hakim periyodu, T ,

$$T = \frac{4h}{V_s} \quad (9)$$

tanımından T nin (8) yerine konmasıyla

$$q_s (kg/cm^2) = \frac{d(kg/cm^3) V_s(cm/s) T(s)}{4} \quad (10)$$

bağıntısı elde edilir. (10) bağıntısı aşağıdaki gibi sağlam, dayanıklı bir kayaca endekslenirse, yani

$$q_s (kg/cm^2), \quad d \cong 3,3 (gr/cm^3), \quad V_s = 3000 (m/s) \quad (11)$$

değerleri (10)da yerlerine konursa $T \cong 0.4$ S elde edilir. Bu T nın değeri (10) da tekrar yerine konursa

$$q_s (kg/cm^2) = \frac{d(kg/cm^3) V_s(cm/s) S}{10} \quad (12)$$

$$= \frac{d(gr/cm^3) \cdot 10^{-3} \cdot V_s(m/s) \cdot 10^2 \cdot S}{10} = \frac{dV_s}{100}$$

elde edilir.

2- Söz konusu (12) bağıntısında görülen d , yoğunluğunun mekanik sondajla numune alınarak saptanmasına gerek yoktur. Çünkü kayaçların yoğunluğu ile sismik hız arasında Telford (1976) tarafından verildiği üzere derinlik kayaçları için:

$$d = 1.6 + 0.2 V_p \text{ (km/s)} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (13)$$

mühendislik çalışmalarında sıg derinlik kayaçları için:

$$d = 0.31 V_p^{0.25} \text{ (km/s)} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (14)$$

deneysel bağıntıları zaten mevcuttur. Jeoteknik amaçlı uygulamalarda yukarıdaki bağıntılardan elbette ikincisinin kullanılması gerekmektedir. Çünkü gevşek zeminlerde, bilindiği gibi, yoğunluk $d = 1.6 \text{ gr/cm}^3$ den daha küçük olabilmektedir.

3- Zemin birimlerinde en çatlak kırık ve gözeneklerin olması durumunda q_s değerleri, zemin mekaniği yöntemleriyle elde edilen değerlerde yapıldığı gibi, yüzde altmışa kadar küçültülmelidir. Yeraltısuyu seviyesindeki zeminlerde, yine, yüzde elli küçültülmelidir.

4- Eğimli jeolojik birimlerde elde edilen görünür hızdan gerçek hızlar elde edilerek kullanılmalıdır.

5- Topoğrafyası eğimli zeminlerde eğim nisbetinde q_s değerleri emniyetli tarafı seçme bakımından küçültülmelidir.

6- İnşaat zemininde muhtemel heterojeniteyi belirlemek amacıyla sismik profil çalışması yanında sismik tomoğrafi mutlaka yapılmalıdır. Mühendislik uygulamalarında sismik tomoğrafi dik doğrultuda yapılan broadside çalışmadır. Bu tür ölçüler jeofizik mühendisinin zemin heterojenitesini tanımaya yardımcı etmekte ve meslek açısından uygulanan teknik hakkında işverene güven vermektedir.

7- Zemindeki kayaç özelliğinin daha iyi anlaşılabilmesi için elde edilen elastik parametrelerin sayısal değerlerinin mühendislik yönünden ne ifade ettiğinin belirtilmesi gerekir. Diğer mühendislere değerlerini bildikleri referans materyal olarak örneğin; granit ve betonarme gibi dayanıklı kütlelerin değerleri ile nicelik ve nitelik yönünden karşılaştırmalı olarak tartışılarak etüt alanının mühendislik özelliği anlatılmalı. Şöyleki: bir betonarmenin Young Modülü dayanıklılık

derecesine göre $E = (100 - 400) \times 10^3 \text{ Kg/cm}^2$ değerleri arasında etüd alanın elastik parametre değerlerinin yeri belirtilmelidir.

8- İnşaat zemininde sismik elastik parametre değerlerine göre mikro bölgeleendirme yapılmalı ve bölgeler arası fark büyükse farklı oturmaları önlemek için seçilecek temel sistemine dikkat çekilmelidir.

9- Heterojeniteye bağlı olarak elde edilen mikro bölgelelendirmede, yapılacak zemin hafriyatında herbir mikro bölgenin muhtemel sökülebilirlik seyri açıklanmalıdır. Örneğin: sismik hız dağılım haritası gibi hafriyatta varsa mikro bölgelerin sökülebilirlikleri de tanımlanmalıdır.

10- Jeoteknik amaçlı sismik zemin etütleri de diğer sismik etütlerde olduğu gibi yeraltısuyu boşluk olan ve hız farkı olmayan ortamların ayırımı için jeoelektrik yöntemle desteklenmelidir.

11- Elde edilen verilere göre zeminin bilinen zemin sınıflaması çizelgelerindeki yerini, inşaat ve jeoloji mühendisinin anlayacağı şekilde belirtilmelidir. Örneğin: Bayındırlık Bakanlığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te (I- IV.) zemin türlerinden hangi türe karşılık geldiği belirtilmelidir.

KAYNAKLAR

- Bracina: Z., Jangi M., 1978, Engineering Geological Maps of Seismic Regions: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N. 18, 27-32,*
- Imai T. and Yoshimura M., 1976, The Relation of Mechanical properties of soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan, URANA RESEARCH INSTITUTE, OYO Corp.*
- Imai T., Fumoto H. and Yokoto K., 1976, P and S Wave velocities in Sub:urface of Ground in Japan, OYO Corp,*
- Keçeli A., 1990, Sismik Yöntemlerle Müsade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, JEOFİZİK, 4, 83-92.*
- Telford W., Gedart L., Sheriff R. and Keys D., 1976, Applied Geophysics, Cambridge University Press.*
- Türker E., 1988, Sismik Yöntemlerle Zemin Taşıma Gücünün Saptanması, Doktora Tezi, A.Ü. Müh. Fakültesi.*
- Uzuner B., 1992, Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayinevi.*
- Ward S. H., 1990, Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. (I - III), S.E.G..*