

E-3) - PARSEL BAZINDA JEOFİZİK ETÜDLERİ NASIL YAPILMALI ?
MESA ÇANKAYA SİTESİ A,B,C, BLOKLARI
JEOFİZİK ETÜT RAPORU

1. Raporun Amacı : Çağımızda nüfus yoğunluğunun süratle artışı,yeni ve topoğrafik yönden müsait olmayan araziler üzerinede bitişik düzende bina inşaatını zorunlu kılmıştır.Bu talep, insan oğlunun yaşaması için gerekli kolorifer kazanı ve su deposu gibi modern ve ihtiyaç duyulan birimlerin kullanımınıda beraberinde getirmiştir.Bu tesislerin zamanla kullanımları sırasında korozyon nedeniyle çatlamları ve sızıntı sularının kritik zemin şartlarıyla birleşmesi nedeniyle yüksek binalar üzerinde çeşitli katlarda gözle görülen açılmaları ve yapısal hasarlarıda beraberide getirmektedir.Aşağıda verilen örnekte,yüksek ve geniş bir sahaya yayılan apartman bloklarının zemin etütleri sırasında İnşaat ve Jeoloji Mühendislerinin gözlerinden kolaylıkla kaçan önemli bir hususun yani temel kayadaki yatay ve düşey süreksizliklerin ortaya konmasıyla ilgili bir örnektir.Sahada bir sismik profilin atılması halinde bile bunun nasıl mümkün olabileceğini göstermesi açısından önemlidir.

MESA Çankaya Sitesindeki bitişik düzende inşaa edilmiş olan A,B, ve C bloklarını oturduğu tüm zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla bir jeofizik araştırma programı düzenlenmiştir. Bu programın uygulanmasında ana amaç, 1973 yılından bu yana B-bloğu üzerinde meydana gelmekte olan çatlamların zeminle olan ilişkilerini araştırmak ve bu çatlakların önlenmesi yolunda MESA tarafından yapılmakta olan Mühendislik hizmetlerine yarar sağlayacak verileri ortaya koymaktır.

2. Jeofizik Araştırma Programı : Bilindiği gibi zeminlerde yüklemelerden dolayı zamanın bir fonksiyonu olarak meydana gelen deformasyonlar o zeminin başlangıçtaki litolojik özelliklerinin durumuna bağlı olarak gelişme göstermektedir.

Zeminlerin litolojik özelliklerinin (Çimentolaşma derecesi, su muhtevası, porozite) belirlenmesinde en etkili yöntem şüphesiz ki sismik-refraksiyon yöntemidir. Diğer bir tabirle yüksek hızlı zonlar çok sağlam tabakaları, düşük hızlarla karakterize edilen bölümler ise kırıklı ve faylı zonları göstermektedir. Sismik- refraksiyon yönteminin bu özellikleri nedeniyledir ki hazırlanan jeofizik programında detaylı bir araştırma öngörülmüştür.

3. Kullanılan Metot ve Teknik : Şekil (3-1) de görülen etüt sahasında üç ayrı jeofizik yöntem uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla şöyle programlanmıştır.

- YELPAZE ATIŞLARI şeklinde geliştirilen sismik çalışmalar,
- P-dalgasının (veya boyuna dalga) elde edilmesi için yapılan sismik çalışmalar,
- S-dalgasının elde edilmesi için yapılan sismik çalışmalar.

3.1. Yelpaze atışları :

Bu çalışmalar özellikle mühendislik yapıların temelinde uygulanan ve bu çeşitli oluşumlarda geniş bir uygulama sahası bulan bir sismik yöntemdir.

Başlangıçta aralarında 30 metre olarak seçilen iki profil üzerinde (AA' ve BB') 16 nokta belirlenmiş ve belirli noktalarda “BB' – (10,7,4), A15 ve 16a “ yaratılan enerji kaynağından gelen direk- P dalgaları karşı profil üzerinde yer alan alıcılar vasıtasıyla kaydedilmiştir. Bu direk dalga yönteminde iki profil arasındaki mesafe amaca uygun olacak şekilde 30 metre olarak seçilmiş ve elastik dalganın minimum inebileceği derinlik 10 metre olarak belirlenmiş olmaktadır. Bu çalışmalar özellikle blokların zemin içine gömüldüğü derinliklerde mevcut olabilecek gevşek zonların yayılımlarını tüm etüt sahasında ortaya çıkarılmasında etkili olmaktadır. Böylelikle Şekil (4.a , b) de görülen ve düşük elastik modüllerle belirlenen seviyeler içinde zayıf ve taşıma gücü çok farklı bir bölümün ortaya çıkmasına imkan vermiştir. Bütün bu atışlar uygun ölçekli (1/200) RADYE temel Kesitleri üzerinde gösterilmişlerdir.

3.2. P-Dalga varışlarının kaydedilmesi :

76 ve 30 metre uzunluklarında seçilen sismik profiller üzerinde P dalgasının kaydedilmesi amacıyla 6 adet düşey jeofon yerleştirilmiştir. İlk jeofondan yaratılan enerji Şekil (3.2. a) da görüldüğü gibi her bir alıcı tarafından kaydedilmiştir. İlk varışların jeofonlara geldikleri anlar ani piklerle belirlenmekte ve Şekil (3.2.a) da görüldüğü şekilde önce boyuna dalga dediğimiz P –dalgası ve bunu takiben de S - dalgası jeofonlara ulaşmaktadır.

3.3. S – Dalgasının Profiller Boyunca Kaydedilmesi :

Zeminin çimentolaşma derecesiyle yakından ilişkili olan E_d (Dinamik Elastisite Modülü) ve G (Kayma Modülü) değerlerini elde etmek ve bozmuş temel kayanın derinlik ve yayılımlarını belirlemek amacıyla yerinde kesme (veya S – dalgası) nın elde edilmesi gerekmektedir. Şekil (3.2.b) de üst kayıt S – dalgalarının jeofonlara varış anlarını göstermektedir. Bu kayıtların değerlendirilmesi sonunda elde edilen zaman – mesafe diyagramları Şekil-(3.3.11-3) de görülmektedir. Her iki G ve E_d değerlerinin hesaplanması için Poisson's oranının bilinmesi gerekmektedir. Bu formül aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir.

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 \left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

“ μ ” değerinin hesaplanmasından sonra G, kayma modülü değeri $G = V_s^2 \cdot \rho$ formülü yardımıyla hesaplanmakta ve E_d , dinamik elastisite modülü formülü ile belirlenmektedir.

3.4. Tabaka Kalınlıklarının Tespit Edilmesi :

Şekil (3.3.1-3) de görülen zaman-mesafe yerleri sadece P ve S dalga hızlarını vermekle kalmayıp fakat aynı zamanda “Standart intercept” yöntemiyle tabaka kalınlıkları ve sağlam temel kayanın hangi derinliklerde yer aldığı da hesaplanabilmektedir. Bu yolda yapılan hesaplamalardan sonra belirlenen tabaka hızları ve tabaka kalınlıkları düşey klonlar üzerinde ve zaman-mesafe eğrilerinin hemen yanında yer almaktadır.

Aynı derinlik ve modül değerleri bu defa düşey kesit üzerinde Şekil (4a,b) de sıfır kotuna sadık kalarak belirlenmiştir.

3.5. Etüt Sahasında Sismik Şiddet Artışı “n” Deęerinin Araştırılması :

Yerinde ve civarında her ne kadar şiddetli depremler olmamasına rağmen uzak odaklı tahripkar depremlerin azda olsa yapılar üzerinde etkisi görülmektedir. Bu tesir zeminin kötü olması halinde yapı üzerinde daha da etkili olabilmektedir. Prof. Medvedev tarafından zeminlerin akustik sertliklerinin tespit edilmesi prensibe dayanan bir araştırma, zeminin kötü durumunda bulunması anında deprem dalgasının şiddetinin nasıl artacağı ortaya koymaktadır. Bu çalışmamızda yerinde P dalgasının belirlenmiş olması “n” sismik şiddet artışı değerinin bulunmasına imkan vermiştir. Hesaplamalar aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır.

$$n = 1.67 [\log(V_s \rho_s) - \log(V_n \rho_n)] - e^{-0.04 h^2}$$

3.6. Zemin Hakim Titreşim Periyodunun Kanai Formülüyle Bulunması :

Yerinde kesme veya S – dalgasının zemin durumunu belirlemek amacıyla elde edilmesi sırasında gene aynı zeminlerin önemli bir özelliği olan hakim titreşim periyot değerinin belirlenmesi Kanai formülüyle mümkün olmaktadır. Bu formül ($T_{pp} = 4H / V_s$) tüm etüt sahasında Şekil (3.3.1-3) de görüldüğü gibi zemin hakim titreşim periyot değerleri belirlenmiş bulunmaktadır. Yukarıdaki formülde H, tabaka kalınlığını, V_s , S dalga hızını göstermektedir.

3.7. Etüt Sahasında Mekanik Sondaj Neticelerinin Jeofizik Verilerle Olan İlişkileri :

Yapılan tüm sismik etütler Şekil (4a) da görüldüğü gibi iki ayrı bölgeyi ortaya koymuş bulunmaktadır. Bu bölümler detaylı olarak Bölüm 4 da verilmiştir. 1. ve 2. Bölge olarak nitelendirilen saha içerisinde özellikle 1. Bölgede 4 mekanik sondaj yapılmıştır. Şekil (4d) kesitinde binaların güney cephesinde yer alan sondajların logları ve kesitleri firma tarafından yapılmış ve raporda sunulmuştur. Şu husus daima hatırdta tutulmalıdır ki; sismik çalışmalarla saptanan derinlikler elastik yönden tam bir farklılık arzeden (Çimentolaşma ve kompaktlık

derecesi açısından) seviyeleri belirler. Mekanik sondaj verileri temelini bozmuş seviyeleri üzerindeki derinliklerde bazen yer yer bloklu seviyeleri geçerken bunları detaylı şekilde ortaya koyabilmektedir, sismik yöntemde sıklık ve çimentolaşma esas olduğundan hesaplanan derinlikler mekanik sondaj verilerinden daha da büyük olmaktadır. Bu husus hatırdaki tutularak Şekil (4a,b,c,d,e,f) kesitlerinin belirlenmesi ve anlaşılması gerekmektedir.

4. Alınan Neticeler ve Yorumları

Yapılan sismik-refraksiyon çalışmaları etüt sahasında 25 metre kalınlıktaki zemin içerisinde 3 ayrı özellikte seviyenin varlığını ortaya koymaktadır. Bu üç ayrı özellik yüzeyden derinlere doğru çimentolaşmanın nasıl arttığını belirlemesi açısından son derece önem taşımaktadır.

Şimdi bu üç farklı seviyeyi sırasıyla inceleyelim;

1 nci HIZ SEVİYESİ : Şekil (3.3.1-3) den görüleceği gibi ilk tabaka düşük P- ve S- dalga hızlarıyla karakterize edilmiş ve buna paralel olarak Dinamik Elastisite ve Kayma Modülleri de oldukça küçük çıkmaktadır. Kalınlığı 0.54 – 1.24 m. arasında değişen bu seviye içinde P-dalga hızları 146 – 225 m /sn. arasında değişirken S- dalga hızları da 56-72 m/sn değerleri arasında bulunmaktadır. Kayma veya Rijidite Modülü 69-115 kg / cm² arasında değişirken Dinamik Elastisite Modülü 196-337 kg / cm² arasında yer almaktadır. İlk seviyelerdeki yüksek Poisson oranı (0.41 < μ <0.46) ilk tabakanın su ile doygun olduğunu kanıtlamaktadır. Prof. Sakai tarafından killi zeminler üzerinde yapılan penetrometre sonuçları – S[']- dalgası hızı ilişkilerinden bu seviyenin taşıma gücünün takriben 0.57 – 0.72 kg / cm² olduğu hesaplanmıştır.

2 nci HIZ SEVİYESİ : Gene Şekil (4) den görüleceği gibi 6.99- 12.81 metre kalınlığa sahip ikinci seviye etüt sahasında en önemli bölümü teşkil etmektedir. Bu zon içerisinde P-dalga hızları 457-847 arasında değişirken, -S[']- dalga hızları 278 – 352 m / sn arasında yer almaktadır. Zemin Dinamik Elastisite Modülü 4199 ile 5553 kg / cm² arasında değişirken, Kayma Modülü 1741 – 2842 arasında değerler vermektedir. Bu ikinci hız seviyesi, etüt sahasında blokların temellerin oturduğu seviyeyi teşkil etmesi nedeniyle üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Bu seviye içinde Poisson Oranı 0.206 – 0.421 arasında değişmektedir. Şekil (3.3-3) de görülen A 15k noktasından yapılan sismik-atış diyagramlarından görülebileceği gibi $V_p = 2079$, $V_s = 629$ m / sn gibi yüksek hızlarla karakterize edilen seviyeler yatay hız değişkenlerinden dolayı gerek P(847) ve gerekse S-dalga hızlarında (313) dikkate değer azalmalar göstermiştir (A 15/3 noktası gibi). Bu durum yatay olarak bir ezilme zonuna girilmekte olduğunun işaretidir. Şekil (4) de tabaka derinliklerinin 0.00 kotuna göre çizildiği kesitlerden görülebileceği gibi düşük hız değerleriyle

karakterize edilen bu seviye blokların batı kanadına doğru yaklaşık 16° lik bir açıyla meyil gösterdiği izlenmiştir. Benzer şekilde ikinci hız tabakasının alt sınırı blokların kuzeyinden güneye doğru meyilli bir şekilde seyrettiği Şekil(4b) yani sağ üst köşedeki kesitten kolaylıkla görülmektedir. Penetrometre darbe adedi - V_s dalga hızı ilişkisinden bu kesit üzerinde ikinci tabakanın taşıma gücünün 6-8 kg / cm² olduğu saptanmıştır.

İkinci hız seviyesi A15k ölçü noktasında mevcut değildir. B-Bloku üzerinde görülen çatlamların yoğun olduğu kesimde ikinci hız tabakasıyla binanın temel durumu arasındaki ilişkiyi daha iyi görebilmek ümidiyle jeofizik veriler bu defa Şekil(4b) de kesit üzerinde sunulmuştur. Temel seviyesi yapımı sırasında bu kesitin kullanılması çok yararlı olacaktır.

İkinci Hız seviyesinde zeminin su ile doymuş olup olmadığı konusunda bir fikir elde etmek için P-dalga hızı ve Poisson oranı değerlerini incelemek gerekmektedir. Zira zeminin su içermesinden dolayı S-dalgası hiç etkilenmediği halde P-dalgası şiddetle etkilenmiştir. Örnek olarak kuru bir kum veya kilde P-dalga hızı 300 m/s den az olabilir, aynı zeminler su ile doymuş olduğunda P-dalga hızı süratle 1400 m/sn değerine veya bunun üstüne yükselirler. Etüt sahasımızda elde edilen P-dalga hız değerleri ışığında su ile doymuş olabilecek seviyeler şu şekilde tariflenebilir.

16A noktasında 7.53 m. derinlikte Poisson oranı 0.446, $V_p / V_s = 3.21$ ve P-dalga hızının 1016 m/sn değerine eriştiği seviyenin ıslak olduğu düşünülmektedir. 9 A noktasında 8.15 m. derinliğin üstündeki seviyede Poisson oranı düşük olup 0.206, $V_p / V_s = 1.64$ ve P-dalga hızı 457 m/sn olup bu seviye su ile doymuş değildir. A 15/3 noktasında yapılan iki yönlü sismik atışta elde edilen 847 m/sn P-dalga hızı değeri bu noktada 8.13 m derinliğe kadar su ile doymuş bir seviyenin varlığını kanıtlamaktadır. Bu seviyede de 0.4 – 0.5 arası değişen Poisson oran değerleri zeminlerde ıslaklığın en önemli belirtileridir.

3 nci HIZ SEVİYESİ : Etüt sahasında sağlam Grovak olarak bilinen seviye yüksek V_p ve V_s hızlarıyla karakterize edilmişlerdir. 9A noktasında yapılan sismik atışta satıhtan 8.15 m. derinde izlenen sağlam Grovak 72319 Dinamik Elastisite Modülüne karşılık 26374 kg/cm² kayma modülü ile belirlenmekte ve üst seviyelerdeki zeminden 15-17 misli daha fazla elastik modüller göstermektedir.

A 15/3 NOKTASINDA : Satıhtan 8.13 m. derinlerde yer alan sağlam Grovak 79996 kg /cm² E_d değeri verirken 27358 kg /cm², G değeriyle karakterize edilmektedir. Bu birim içinde P-dalga hızı 3810 m /sn, S-dalga hızı ise 1016 m /sn değerine yükselmektedir. Blokların güney kesimi altındaki Grovak, kuzeydekine nispeten daha büyük elastik modüller vermekte ve dolayısıyla daha fazla sağlamlık göstermektedir.

A 15 NOKTASINDA : 30 metre uzunluğunda bir serilim imkanı bulunan sismik çalışmada 10 m. maksimum penetrasyon katedilmesi nedeniyle, sağlam Grovakın 10 metre altında yer aldığı görülmektedir.

A 15 NOKTASINDA : Satıhtan 13.24 metre aşağıda belirlenen bu zon yüksek elastik modüllerle karakterize edilmektedir. Ortalama hız belirlenmesinde iki atışın düşük hız zonundan geçtiği gerçeği göz önünde tutularak modüller ve derinlik hesaplamaları yapılmıştır. 15 A(K) noktasında hemen satıhta mostra veren Grovak 28051 kg / cm² dinamik elastisite modül değeri verirken kayma modülü 9679 kg / cm² olarak hesaplanmıştır. Burada dikkate değer husus A 15/3 noktasındaki temel kaya Grovakın yüzeye A 15/3 noktasından daha yakın olmasına rağmen dinamik elastisite modülünde 2.85 misli büyük bir değer göstermesidir. Yani çimentolaşma derecesi B-Blokları altında daha fazla olarak görülmektedir. Temel kaya Grovakın bu özellikleri ve Şekil (4b) de gösterilen kesitteki konumları göz önüne alınarak programlanacak bir temel takviyesi çalışmasının en iyi çözüme götüreceğine inanılmaktadır.

YELPAZE ATIŞI ÇALIŞMALARI SONUÇLARI :

Sismik yelpaze atışları ve hızların iki profil boyunca yayılımları göz önüne alınırsa Şekil (3.1.a-e) de görülen grafikler ortaya çıkmaktadır. Bu grafiklerde görülen en dikkate değer husus elastik dalganın belirli bir derinlikte seyrettiği anda civarına göre önemli ölçüde çimentolaşmada azalmalar mevcutsa alıcılara daha uzun zamanda gelmekte ve düşük hızlar göstermektedir, binaların etüt sahasında mevcut olması çalışmaları zorlaştırır görünse bile yelpaze atışları bu mahzurları ortadan kaldırmaktadır. Eğer saha sıklık ve yapı yönünden homojen olsaydı bu takdirde Şekil (3.1.a-e) de görüldüğü gibi neticeler yerine çok daha homojen ve monoton hız değerleri elde edilecekti. Ancak aynı derinliklerde bile (10m) gevşek zonların etüt sahasında mevcut olduğunu Şekil (3.1.a ,3.1b ve 3.1e) den açıkça görülmektedir. Sismik ışınların karşılıklı kesişme ve yorumlamalarını takiben Şekil (3.1.) de kırmızı renkle boyanan bir alan ortaya çıkartılmıştır. 16a noktasından BB' profiline doğru yapılan yelpaze atıştan hızlar 1000-1500 m / sn arasında gelişirken, bu hız değeri 15A dan A' A-11 doğru yapıldığında hız önemli ölçüde azalarak (345 m/sn) gerçek çimentolu bir sahanın mevcudiyetini ortaya koymuş bulunmaktadır. Benzer şekilde BB'-10 noktasından A' A-11, 9 doğru yapılan atışlar önemli bir gevşek zonun ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur.

Elastik dalga ışınları ve bunların yorumlamalarını takiben düşük hız zonu belirlenmiş ve Şekil (3.1.) de gösterilmiştir. Bu zayıf çimentolu sahanın A₂ B₁ Blokları arasında yer alması probleme başka açıdan bakılmasını ve temel takviyesi çalışmalarına ışık tutacaktır.

ZEMİN SİSMİK ŞİDDET ARTIŞI VE HAKİM TİTREŞİM PERİYOT DEĞERLERİ

Etüt edilen saha içinde zeminin sismik şiddet artış değerleri ve hakim periyotları Şekil (3.3.1.-3) de düşey klonlar üzerinde verilmiştir. Bu şekillerde dikkate değer husus sağlam temel kayaya yakın ölçü noktasında deprem sismik şiddet artışı 0.98 iken bu değer 16A noktasında 1,69, A15 noktasında 1,64,9A noktasında 1.62 olarak elde edilmesidir. Deprem şiddet artışı ufak değerlerle ifade edilmektedir.

Ancak hatırdta tutulması gereken husus saha gözlemlerinden zeminin zayıf çimentolu olması nedeniyle bir derecelik sismik şiddet artışının bazen 20 misli hasarın artırdığı bilinen bir durumdur. Bu nedenle uzak odaklı bir depremin yapı üzerinde meydana getireceği hasar durumunun zemin şartlarına kuvvetle bağlı olduğu akılda tutulmalıdır. Zeminin hakim titreşim periyotları temel kayaya yakın yerlerde (A15k) 0.16 sn değerini verirken, 9 A noktasında 0.22 sn.,16A noktasında 0.34 değerinden büyük elde edilmektedir.