

E-4) - BAYRAMPAŞA HAL TESİSLERİ SİSMİK-REFRAKSİYON ÖN ETÜD RAPORU

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bayrampaşa Hal Tesisleri sahasında M.T.A. ekibi tarafından derin rezistivite etüdlerini ve Deprem Araştırma –Mikrobölgeleme Baş Mühendisliğinden kısa off-set’li sismik refraksiyon çalışmalarını içeren bir Jeofizik araştırma programı uygulanmıştır. Rezistivite çalışmalarında amaç karakteristik rezistivite göstermeleri nedeniyle kum ve çakılları ($\rho_t > 30$ ohm.m) killi ve siltli birimlerden ($\rho_t =4-25$ ohm.m) ayırarak belirli profiller boyunca derinliğin bir fonksiyonu olarak kesitler halinde belirlenmektedir.(Ref-1).

Ölçülen formasyon rezistivitesinin suyun içerdiği SO_4 ve Cl miktarına kuvvetle bağlı olması nedeniyle kumlu ve killi birimlerin hakim durumda bulunduğu etüd sahasımızda çok sıkı ve sert seviyelerin rezistivite çalışmalarıyla belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle formasyonun çimentolanma ve kompaktlık derecesinin ortaya konmasında Mühendislik Jeofiziğinde en çok kullanılan yöntem sismik-refraksiyon yöntemi olmaktadır. Özellikle formasyonun içerdiği su miktarından ve Cl , SO_4 yüzdesinden etkilenmeyen ve sadece sıklıkla yakından ilişkili olan –S- dalgasının elde edilmesi bu sahada yapılan Jeoteknik hizmetler için gerekli görülmüş ve zeminleri çok yumuşak (çok gevşek) sert (çok sıkı) arasında sınıflamak mümkün olabilmıştır. Şekil-5 .

Şekil-1’de sunulan 1/2500 ölçekli haritada Bayrampaşa Hal Tesisleri sahasında Jeofizik ölçü istasyonları ve taranmış alan içerisinde ise yapımı tasarlanan hal tesislerinin konumu gösterilmiştir. Şekil-1’ de ayrıca T.C.K. 17 Bölge Müdürlüğü ve Enka Firması tarafından etüd ve yapımı sürdürülmekte olan Sağmacılar Viyadük sahasının bir bölümü de yer almaktadır.

Şekil-1’ den görüleceği gibi Hal Tesisleri sahası Sağmacılar Viyadüğü tarafından ikiye ayrılmış durumdadır. Ancak etüd sahasının büyük kesimi ve sismik çalışmalarla sağlam olarak belirlenen kısmı, Sağmacılar Viyadüğü’nün kuzeyinde yer almaktadır.

Bu viyadük üzerinde detay Mekanik-sondaj çalışmaları halihazırda bitirilmiş durumdadır. Ancak hal binalarının Yerleşim sahası içinde zemin durumunun belirlenmesi amacıyla henüz hiçbir mekanik sondajın yapılmamış olması nedeniyle, T.C.K tarafından SPT Tesislerinde tamamlanmış olduğu Mekanik sondaj noktaları üzerinde SPT (N) ile Sismik (S) dalgası arasındaki ilişkiler kurulmuştur.Şekil-3b. Viyadük hattı üzerinde elde edilmiş olan bilgiler hal tesislerinin oturacağı zeminin “SIKILIK” durumlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Şekil-5.

Bu araştırmalar sonunda bir taraftan yapım çalışmaları devam etmekte olan Viyadük sahası üzerine Jeofizik bilgilende ilave edilmesi sağlanırken, diğer taraftan hal tesislerinin oturacağı zeminde, mekanik sondaj yapılmamış olmasına rağmen zemin mekaniği ile ilgili önemli parametrelerin temini mümkün olabilmıştir.

“Sismik Hız” ile (P-dalga hızı) “Riperle sökülebilmek” arasındaki bağıntılar hakkında uzun yıllar boyunca sahip olunan tecrübeler ışığında, Caterpillar mekinalarının imalatçıları tarafından hazırlanmış olan değişik tipte zeminler için traktör tipleri ve sökülme imkanını gösteren tablolar sunulmuştur. Hal tesislerinin oturacağı zeminde çalışmaların hemen başlangıcında melzeme parkı kurulduğunda, hangi seviyedeki zeminin kolaylıkla veya hangi derinliklerden sonra dinamitleme ile sökülebileceğinin önceden belirlenmesi amacıyla sunulan k-profil hattı boyunca P-dalga hızları (m/sn) olarak belirlenmiştir. Şekil-4,5.

2. SİSMİK REFRAKSİYON ALIşMALARI

Şekil-1’deki etüt sahasında Bayrampaşa Hal Tesislerinin başlangıçtaki yerleşim durumu taranmış alan içerisinde düşünölmekteydi. Bu nedenle bu saha üzerinden geçen uygun bir profil esas alınarak sismik-refraksiyon çalışmalarına başlanmıştır. Uygun profil k-profil olarak seçilmiş ve K-8 ile K-40 ölçü noktaları arasında dar off-set’li sismik çalışmalara başlanmıştır. Ayrıca M-8, k-8, I-8, G-8 ve E-8 noktalarından geçen bir sismik profil için kesitler daha sonra hazırlanacaktır. İlk jeofonla ikinci jeofon arası 5 metre, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 jeofonları arasında 15-24 m olarak seçilen bir ölçü noktasında 20-25 m derinliğe inilmiştir. S-dalgasının elde edilmesinde yazar tarafından geliştirilen yeni bir yöntem kullanılmıştır. Ref-1. Enerji 50 kg ağırlığında konik biçimde bir ağırlığın üzerinde 1.75 – 1.90 metre yükseklikten 50 kg ağırlığında yarıküre biçiminde bir ağırlık düşürölerek oluşturulmuştur. S-dalgası için yatay Jeofonlar kullanılmış , P-dalgası içinde düşey Jeofonlar serilmiştir.

Sismik-refraksiyon çalışmalarıyla elde edilen sismik kayıtların değerlendirilmesiyle “zaman-mesafe” eğrileri çizilmiş daha sonra bunlardan tabaka kalınlıkları, Poisson oranı (μ), kayma modölü (G) Dinamik elastisite modölü (E) hesaplanmıştır. Her tabaka için elde edilmiş bulunan sismik S-dalga hızı değerleri daha sonrada aynı seviyeleri karakterize eden ortalama N, değerleriyle korele edilmişlerdir. (Şekil-3a,b). Zaman- mesafe diyagramları Şekil-2,1-de gösterilmiştir.

3. SİSMİK S-DALGA HIZI DEĞERLERİNİN SPT(N) DEĞERLERİ İLE OLAN KORELASYONU VE BUNLARIN FORMASYONUN LİTOLOJİK ÖZELLİĞİ İLE İLİŞKİSİ

Yerinde yapılan çalışmalar sırasında Jeoloji Mühendisi, Jeofizikçi ve zemin mekaniği ile ilgilenen İnşaat Mühendisleri arasında kurulabilen en önemli ve kolay diyalog şüphesiz ki zeminlerin “Yumuşak-Çok Sert” arasında sınıflandırılması sırasında olmaktadır.

Genellikle S-dalgası hızındaki bir artma formasyon sıklığı hakkında iyi bir göstergedir ve bundan böyle taşıma gücünün arttığına işaret eder. Etüt sahasının hemen ortasından geçen Sağmalcılar Viyadüğü üzerinde T.C.K. 17 Bölge tarafından Şekil-3 ‘de görülen mekanik sondajlar ve SPT testleri yapılmıştır. Bu sondaj verileri üzerine sismik çalışmalarla elde edilen V_s , V , μ , G , E_d ve T_{pp} değerleri işlenmiştir. Etüt sahasında mevcut mekanik sondaj kuyuları üzerinde kısa off-set’li sismik atışlar yapılarak P ve S dalga hızlarının çeşitli derinliklerdeki değerleri bulunmuştur. Bu değerler daha sonrada bir çok araştırmacı tarafından Ref-2,3 yapıldığı tarzda SPT test sonuçlarıyla elde edilen ortalama “N” ile her tabaka için bulunan “S” dalga hızları log-log kayıtlar üzerinde Şekil-3a ve 3b’deki şekilde gösterilmişlerdir. Şekillerde belirtildiği üzere “N” ile V_s arasında büyük bir hız aralığında lineer ilişki mevcuttur. Ref-1. Logaritmik kağıdın üst ve alt kısmında “Granüler zeminler” için ÇOK GEVŞEK-ÇOK SIKI, “Killer” içinde çok yumuşak-sert arasında standart penetrasyon mukavemet aralığı belirlenmiştir.

4.ZEMİNLERİN SPT SONUÇLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Bu sınıflandırmada gözönüne alınan zemin tipleri, kohezyonlu zeminler, kohezyonsuz zeminler ve karışık zeminleri içine almaktadır. Çok yumuşak kilden sert kile kadar, gevşek, orta sıkı ve sıkı kumlar, siltler, çakıllar ve bunların karşı tiplerinin sıklık ve kıvamları için aşağıdaki tarifleyici terimler verilmektedir.

Zemin Cinsi	Sıklık ve Kıvam	SPT Mukavemet Aralığı	İçsel Sürtünme Açısı veya Serbest Basınç Mukavemeti(2c)
Granüler Zeminler	Çok Gevşek	4’ den az	-
	Gevşek	4-10	-
	Orta Sıkı	10-30	-
	Sıkı	30-50	-
	Çok Sıkı	50	-
Killer	Çok Yumuşak	0-2	0.25’den az (kg/cm ²)
	Yumuşak	2-4	0.25-0.5 “
	Orta Katı	4-9	0.5-1 “
	Çok Katı	15-30	1-2 “
	Sert	30	4 “

Genel olarak verilen bir penetrasyon mukavemet değeri için, kilin plastikliği arttıkça serbest basınç mukavemetide artmaktadır. Bu genel durum formül ile ifade edildiğinde –CL tipi killer ve killi siltler ve diğer kil ve siltler için $qu=0.15 N$, -CH tipi killer için $qu=0.20 N$ olarak alınmaktadır. Hal tesislerini kesen Sağmalcılar Viyadüğü üzerinde açılmış olan sondajlarda hakim durumda kum (veya çakıl) veya hakim durumda kile (veya silte) rastlamak mümkün olmamıştır. Bu nedenle Şekil-1-3b’den görüleceği gibi sondaj kuyularında “Siltli Kil” (P-6,7 noktaları), seviyelerine rastlandığı gibi “Az silt ve killi ince kum (P-12) gibi seviyelere ve “İnce Kum(P-7) gibi jeolojik deskripsiyonlara rastlanmaktadır. Bu nedenle sıklık veya kıvam yönünden zeminlerin tasarlanmasında “Kumlar” ve “Kil-Silt” için farklı terimler Şekil-1-3b’nin üst ve alt yatay kolonlarında ifade edilmişlerdir. Şekil-3a’da plastik kil (CH) ve siltli kile ait N-V ilişkisi sunulmuştur. SPT (N) ile sismik -S- dalgası ilişkilerinden $V_s=\alpha.N^{0.418}$ ifadesi elde edilmiştir. Sağmalcılar Viyadüğü için bu ifade $V_s=\alpha.N^{0.47}$ olup daha önce Prof. Sakai’nin bulduğu değere çok yakın elde edilmiştir. ($V_s=\alpha.N^{0.5}$).

Yukarıda ifade edildiği gibi killerin ve kumların sıklık veya kıvam durumu N, değerlerinin belirli aralığında tarfi edilmektedir (Şekil-3a,3b). Bu çalışmalarımızda en önemli amacımız, bu darbe adedine tekabül eden ortalama V_s sismik hızı belirleyerek zeminleri çok yumuşak – Sert veya gevşek-çok sıkı aralıklarında sismik açıdan incelenmektedir.

Viyadük üzerindeki sismik çalışmalar aşağıdaki sonuçları vermiştir.

<u>V_s dalga hızları (m/sn)</u>	<u>Sıklık veya Kıvam</u>	
34 – 150	Kil Çok yumuşak – Orta Katı $qu= 0.5-1 \text{ kg/cm}^2$	Kum Çok Gevşek – Gevşek
150 – 200	Katı $qu= 1-2 \text{ kg/cm}^2$	Orta Sıkı
200- 280	Çok Katı $qu= 2 - 4 \text{ kg/cm}^2$	Sıkı
> 280	Sert $qu > 4 \text{ kg/cm}^2$	Sıkı – Çok Sıkı

Şekil-5’de Bayrampaşa Hal Tesisleri boyunca be k-profli boyunca çıkartılmış bulunan Jeozik- sismik kesit üzerinde bir seviyenin sıklık veya kıvam durumunu belirlemek amacıyla yukarıda sunulan -S- dalga hızı aralıkları kullanılmıştır.

5. KULLANILAN JEOFİZİK YÖNTEMLERİNİN GETİRDİĞİ SINIRLAMALAR

Etüd sahasında kullanılan her iki Jeofizik yöntemin belirli limitasyonları mevcuttur. Örneğin, tek başına bir sismik yöntemle kumu-kilden ayırmak mümkün değildir. Şekil-6.1 'de K-profiline paralel istikamette bulunan I-40 ölçü noktasındaki wenner-elektrikli rezistivite sondajı ve sismik veriler beraberce sunulmuştur. Daha öncede ifade edildiği gibi S-dalga hızı formasyonun sıklığına kuvvetle bağlı olması nedeniyle sadece 4.3 metrede Sert(veya sıkı) olarak ifade edebileceğimiz bir tabakaya girdiğini göstermektedir. Ancak Rezistivite eğrisine bakıldığında $V_s=332$ m/sn hızla karakterize edilen seviyenin aslında gerçek rezistivitesi $\rho_t=8$ ohm.m olan kil (veya silt), 10 metreden sonrada yerini $\rho_t=90$ ohm.m rezistiviteli kum (veya çakıl) birimlerine bırakmış olduğu farklı iki jeolojik seviyeden oluştuğu görülür. 10-20 metreler arasında yer alan kumlu (veya çakıllı) seviyede P-dalga hızınının 1264 m/sn olması 90 ohm.m ile karakterize edilen bu seviyenin su ile doygun olduğunu ifade eder. Ref-4. Zira P-dalga hızınının su içinde yayılım hızı 1400 m/sn civarındadır. Ancak burada üzerinde önemle durulacak husus, kil, silt, yağlı kil, siltli kil gibibirimlerin rezistivitelerinin 4-25 aralığında değiştiği ve sadece rezistivite değerleriyle yukarıdaki farklı birimlerin birbirlerinden ayrılmasının kesinlikle mümkün olmayacağıdır. Buna neden yukarıdaki formasyonların fazlasıyla klor ve sülfat içermeleridir. Ref-1. Buda rezistiviteyi süratle düşürmektedir. Rezistivite yöntemiyle ortaya konamayacak diğer bir hususta, tane irilikleri farklı kum ve çakıl seviyelerinin aynı rezistiviteleri vermeleri nedeniyle Ref-6. Birbirlerinden ayrılmasının mümkün olamayaşdır. Bu nedenle Şekil-6.1' deki yatay kolonlarda kil (veya silt), kum (veya çakıl) ifadeleri kullanılmıştır. Rezistivite eğrisinin 20 metreden sonra killi (veya siltli) birimlere girdiğini ve 32 metreden sonrada yeniden kumlu (veya çakıllı) seviyelerin yer aldığı D.A.D. Mikrobölgeleme ekibinin ABEM rezistivite sondajı yorumlaması sonunda ortaya koymak mümkün olmuştur. Bu ön rapor yazıldığı sırada M.T.A. ekibinin Rezistivite saha çalışmaları devam etmekte olduğundan K-profil boyunca killi (veya siltli) seviyeleri, kum (veya çakıl) birimlerini bir diğerinden ayırmaya imkan verecek ikinci bir rezistivite kesitinin sismik verilerle birlikte korole edilmesi mümkün olmamıştır. Hazırlanacak asıl raporda gerek Rezistivite ve gerekse sismik veriler beraberce zemin mekaniğine ışık tutacak şekilde sunulacak ve yorumlanacaktır.

SPT testlerinde belirli limitasyonları mevcuttur. Örneğin, Viyadük sondaj loglarından anlaşılacağı üzere SPT testleri sırasında kelker çakıllarının ve blokların "N" değerini olduğundan dahada büyük gösterdiği ifade edilmektedir. Ref-5. Sismik yöntemlerle sismik enerji yayılımı söz konusu olduğundan elde edilen S-hızı değeri yukarıda ifade edilen

SPT'nin dezavantajı test durumundan etkilenmemekte ve daha sağlıklı neticeler vermektedir. Şekil-3b'de görülen dağılımların nedenlerinden biride SPT testleri sırasında bloklu veya iri çakıllar nedeniyle meydana gelen yüksek "N" değerleri okumalarıdır.

6. SONUC VE TAVSİYELER

Hal tesisleri sahasında uygulanan sismik araştırma programı sonuçlarıyla ilgili detaylı kesitler Şekil-5 de sunulmuştur. Burada kısa olarak elde edilen sonuçlar ve tavsiyeler sunulacaktır.

i) SPT ve sismik –S- dalgasının müşterek analizi sonunda etüd sahasında üç ayrı özellikte seviye saptanmıştır. En üstte S-dalga hızları 34-150 m/sn arasında değişen çok yumuşak orta katı (veya çok gevşek-gevşek) olarak tarif edilebilen bie seviye mevcuttur. Bu ilk seviye özellikle K-28 ile K-34 arasında oldukça kalın seyretmekte, K-40 noktasına doğru ise kalınlık azalarak yerini katı-çok katı (orta sıkı-sıkı) seviyelere terketmektedir. Bu tabaka K-8,K-10,K-12'de oldukça incedir. Bu killi- siltli seviye Şekil-4'de görülebileceği D7F,D,8H,D9G kazıcılarıyla kolaylıkla sökülebilmektedir. Zira bu tabakada sismik P-dalga hızı 78-258 m/sn arasında değişmektedir.

İstanbul'un 1. derece deprem bölgesi olduğu hatırd tutulduğunda(Ref-7). Hal tesislerinin oturacağı zeminin ilk tabaka harfedilerek geçilmesi gerekmektedir.

ii) Katı-çok katı (veya orta sıkı-sıkı) olarak belirlenen zemin ($q_u = 1-4 \text{ kg/cm}^2$) K-20,K-26 arasında, K-34,K-40 arasında ve ayrıca K-8,K-14 arasındaki kesitlerde yer almaktadır. Ancak K-8,K-14 arasında bu seviyenin altında sert(veya sıkı-çok sıkı) olarak etüd sahamızda görülen 3.seviyenin mevcut olmadığı dikkati çekmektedir.Fakat ,K-18 noktasının kuzeyinde farklı derinliklerde bu seviye sismik çalışmalar sonucu belirlenmiş durumdadır. 258-1437 m/sn, P-dalga hızları ile karakterize edilen 2 no'lu seviye D-9G ve D8H ile kolaylıkla sökülebilmekle beraber, D7F sökücü ile kısmen (veya yarı) sökülebilmektedir.

iii) SERT (SIKI VEYA ÇOK SIKI) olarak belirlenen seviye atüd sahasında K-28, K34 arasında oldukça düzenli bir görünümde dir. Bu seviye K-8,K-14 arasında mevcut değildir. P-dalga hızı 856-1608 m/sn arasında değiştiğinden D9G tarafından kolaylıkla sökülebildiği halde D8H ve D7F söküçüleri ile ancak "Yarı Sökülebilir" hız limitleri içinde bulunmaktadır.

iv) İstanbul ve yöresinin tahripkar depremlere maruz olduğu düşüncesiyle zeminin hakim titreşim periyosu T_{pp} Kanai'nin formülü ile hesaplanmış ve K-34 ,K-40 noktalarında 0.49 sn. olarak belirlenmiştir. Rezonans olayından kaçınmak için binanın eni, boyu veya yüksekliği değiştirilmek suretiyle zemin hakim titreşim periyodu değerinden uzaklaşmak mümkündür.

v) Sismik şiddet artışı (n), değeri yer altı su seviyesinin bilinmesinden dolayı Şekil-3'de Viyadük hattı boyunca belirlenmiş ve 1.84-2.14 arasında hesaplanmıştır. Rezistivite eğrilerinin MTA tarafından yorumlanmasını takiben K-profilı boyunca "n" değerleri hesaplanacaktır.

vi) S-dalgasının amplitüde sönüm katsayısı (m^{-1}) olarak Şekil-3'de hesaplanmış ve sismik ölçü noktaları üzerinde gösterilmişlerdir.

vii) Rezistivite değerlerine bağlı olarak toprakların korozyon etkisi S.S.C.B. tarafından aşağıdaki şekilde belirlenmiştir: Toprak rezistivitesi 100 ohm.m üzerinde bulunmuş ise korozyon etkisi "AZ" 20-100 ohm.m arasında ise bu etki "ORTA" 5-10 ohm.m arasında etki "ORTANIN ÜSTÜNDE" ve eğer 5 ohm.m değerinin altında ise; tesislerin toprağa gömüldüğü derinliklerde beton ve demire çürütücü etkis, "KUVVETLİ" olmaktadır. I-40 noktasında (6.1.) özellikle hal binası temelinde beton ve demire "ORTANIN ÜSTÜNDE" aşındırıcı etki doğurabilecek SÜLFAT ve KLOR oranı fazla seviyeler tespit edilmiş durumdadır. Korezif etkiyi azaltmak için çimento içine "Bitümlü" malzeme katılması tavsiye olunur. K-profilı boyunca hazırlanacak rezistivite kesitinde korozyon durumu daha detaylı görülebilecektir.

Ayrıca rezistivite raporunun tamamlanmasını takiben iki noktada (K-38 ve K-30) yapılacak mekanik sondaj (15 m. derinlik) sonunda sağlanacak numuneler üzerinde "Fatigue" testleri yapılması tavsiye edilir. Zira hal tesisleri civarında tandem yüklerin sürekli olarak etkili olacağı unutulmamalıdır.

REFERANSLAR

- KURAN,UĞUR,1980 : *S-Dalgasının Alüviyal Sahalar Üzerinde elde edilmesiyle ilgili yeni bir yöntem ve Mühendislik Jeolojisindeki önemi, Jeoloji Mühendisliği, No:10*
- SAKAI, YASIKA, 1968 : *Sakai konik penetrometresi üzerine bir konferans, İmar ve İskan Bakanlığı,*
- IMAI, TSUNEO, ve Diğ.1975 : *The relation of Mechanical Properties od Soils to P and S wave velocities for soil ground in Japan, Oyo Technical Note.*
- KURAN,UĞUR, 1975 : *Yer altı suyundan maksimum verim elde edilecek sahanın Jeofizik çalışmalarla saptanması,Jeofizik No: 6.*
- ÖZER,BALAMİR ve Diğ. 1982 : *Sağmalcılar Viyadüğü, Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü sondaj logları.*
- KURAN,UĞUR,1975 :*60 Mekanik sondaj kuyusu neticesinin sismik-refraksiyon ve rezistivite neticeleriyle korelasyonu (yayımlanmamış).*
- KURAN,UĞUR,1980 : *Kuzey Anadolu Fayı ve Levant Sahili boyunca tahripkar depremlerin yer, Magnitüd ve uzun süreçli zamanlarının önceden saptanması. Jeoloji Mühendisleri Odası yayını*