

**E-1) - S- DALGASI ALÜVİYAL SAHALAR ÜZERİNDE ELDE EDİLMESİ İLE İLGİLİ
YENİ BİR YÖNTEM VE MÜHENDİSLİK JEOLJİSİNDEKİ ÖNEMİ**

SUMMARY

The objective of the investigation presented here were twofold. One was to explain a new technique for shear-wave detection in soil, the other was to review and study selected measurements of the velocity of P and S- waves in different areas, and to discuss the relationship between V_p (and V_s) and blow count from standart Penetration test (SPT) and Cone Penetration Test (CTP). See figs. 11, 12, 13. Both the P- and S-wave velocity data in sediments (sand, silt and clays) included 75 selected in-situ measurements at depths to 200 meters. Energy was released within 0.5m. of the ground surface and was initiated along the hypotenuse of the cone (see figs.7,9) by either a charge of dynamite weighing between 0.5 and 1 kg, or by a 50 kg cone- shaped weight dropped from a height of 1.5m. See figs.5,6 and 9a.

i) *Relations between S-wave velocity in ground and N value of SPT (and CPT) have been given by İmai, Sakai and Kanai as:*

$$V_s = 92.1 N^{0.329}, \text{ IMAI et al. (SPT)}$$

$$V_s = \alpha \cdot N^{0.5} \text{ SAKAI- (CPT) See (fig. 10a,b)}$$

$$V_s = 19 N^{0.6} \text{ KANAI SPT}$$

ii) *The upper bound of P and S wave velocities as a function of number of blows have been established and emprical relationship was determined. See figs. (11, 12, 13)*

$$V_s = \alpha N^{0.418}, \text{ İzmir –SPT –Kuran}$$

$$V_p = \alpha N^{0.48}, \text{ İzmir – SPT – Kuran}$$

$$V_p = \alpha N^{0.458}, \text{ (Ankara – METU) – CPT – Kuran}$$

$$V_p = \alpha N^{0.205}, \text{ Sapanca, İzmir, and Eğridir – SPT – Kuran}$$

$$V_p = \alpha N^{1.33}, \text{ Samsun Airport Landslide Area – SPT – Kuran}$$

iii) *The relationship between V_p (or V_s) and N is not linear, and the result shown that consistent velocity steps occur within the range in which the soil describes as “Dense”. See figs.11,12.*

It is belived that the observed P-wave velocity steps as a result of increase in saturation of the alluvial material.

But the cause of S-wave velocity steps occurring in the V_s versus N plot is still not known. See fig.11.

iv) *The resistivity values of clay (CL), silt (ML), silty clay etc., are between 5-30 meters. See fig.14.*

As a result, it is not possible distinguish the clay from silt during the course of geoelectrical field studies.

However, the plastic clay (CH), can be distinguished from the silty clay by their characteristic “G”(shear modulus) versus “ μ ” (poisson ratio) plot (see fig.15). As the rigidity modulus of soils represented by such a line increases, the poisson ratio (μ) decreases.

If the geophysical engineer knows the (μ) and (G) for a given soil, he can predict the type of soil without having any bore hole data.

v) Extensive seismic-microzonning studies were carried-out in Turkey by using Professor Medvedev’s technique. These data were obtained from Sapanca, İzmir, Foça, Samsun Airport Landslide Area, and Landslide Area of Eğridir (see figs. 17, 18, 19, 20 and 21)

The plot of seismic-intensity- increase, “n” was found to be higher in value especially in the active landslide area. This experimentally observed fact may explain why some of the landslide occurrence are closely associated with the earthquakes.

ÖZ: Bilindiği gibi granüler zeminler üzerinde kesme veya S-dalgasının elde edilmesinde en büyük güçlüğü bu dalğanın sahada etkin şekilde yaratılması teşkil etmektedir. Diğer taraftan S-dalgasının yayılımı sırasında zeminde meydana gelen deformasyon nedeniyle enerji kaybı önemli olmaktadır. Bu nedenle kesme dalgası mesafenin artması halinde çok büyük sönüm göstermekte ve kayıtlar üzerinde belirgin bir şekilde elde edilmesi zorlaşmaktadır. Aşağıdaki araştırmalardan esas gaye iki gurup altında toplanabilir.

- a) S-kesme dalgasının 200 metre derinliğe kadar etkili bir şekilde elde edilmesi için geliştirilmiş yeni bir yöntem sunulması..
- b) Bu dalğanın elde edilmesini takiben aşağıdaki mühendislik problemlerin çözümünde nasıl uygulanacağını incelenmesidir. Bunlar sırasıyla:

SPT (Standart Penetrasyon Test) sonuçlarıyla kesme veya S-dalgası ve P-dalgası hızlarıyla ilişkilerinin araştırılması ve zeminlerin YUMUŞAK- SERT arasındaki yerlerinin bulunması.

Deprem bölgelerinde yapıyı öngörülen köprü, üst geçit v.s. gibi mühendislik yapıların oturacağı zeminlerin (T_{pp}) hakim titreşim periyotlarının hesaplanması.

Dinamik poisson oranı “ μ ” hesaplanması ve arazideki G_{max} μ ve arasındaki ilişkilerin saptanması .

Titreşim yapan aletlerin oturacağı zeminlerde elastisite modülü E_d 'nin saptanması.

Heyelan sahalarında yamaç aşağı etkili olan kayma modülü G_{max} değerinin bulunması olacaktır.

ZEMİNLERDE DİNAMİK YÜKLEİN MEYDANA GETİRİLMESİ VE BU YÜKLERE AİT AMPLİTÜD/ZAMAN- KUVVET/AMPLİTÜD OLAYI

Kabukta bir deprem olduğu, nükleer bir deneme yapıldığı veya jeofizik mühendisliği çalışmaları için ufak çapta dinamit patlatıldığı anda zemindeki malzeme bir harekete maruz bırakılmış olur. Kumlu ve killi bir zeminde sismik çalışmalar için dinamit patlatıldığında, patlatılan dinamitlerin büyüklüğüne bağlı olacak şekilde hasıl edilen itici kuvvet zeminde yarım küre şeklinde bir çukur hasıl eder. Bu yarım küre çukur, dinamit patlaması anında önemli kalıcı deformasyon meydana getiren dinamik kompresif yüklerin mevcudiyetini kanıtlar. Şayet etüd sahasındaki malzeme oldukça katı veya davranışları kalıcı deformasyonu meydana getiremeyecek kadar elastik ise malzeme patlamayı müteakip ilk duruma gelecektir. Şekil (1) de zeminde dinamit patlamasıyla meydana getirilen P-dalgasının alıcıya (veya Jeofona) gelişi anındaki bir kayıt görülmektedir. Burada yatay ekseninde zaman $X10^{-2}$ sn. olarak belirlenmiştir. Düşey ekseninde ise Amplitüd görülmektedir. Burada önemli olan konu; dinamit patlatılması sonucu hasıl olan dinamit yük tek yönlü monotonik artan bir yük müdür? Yoksa zeminde devirli olarak yükleme boşaltma yapan saykılık tip bir yük müdür?

Bu suallerin cevabını Şekil (1) de sağ taraftaki kuvvet amplitüd diyagramında bulmak mümkündür. Bu diyagramda sol taraftaki amplitüd-zaman diyagramının nasıl bir kuvvet alanı sonunda oluştuğu sağ taraftaki grafik yardımıyla açıklanacaktır. Bu olayın anlaşılması için özel bir dönüşüm tekniği uygulanmaktadır. Ref (1) . Bu teknikte evvela sağ tarafta bir x-y düzlemi alınmış ve düşey ekseninde Amplitüd yatay ekseninde kuvvet (σ) belirlenmiştir. Sismik dalganın kuvvet/amplitüd/zaman olayının aydınlanması için aşağıdaki yolda bir uygulama yapılmıştır.

- i) Kuvvet, Amplitüd düzlemi üzerinde bir (σ_x) doğrusu çizilmiştir. σ_x , herhangi bir anda ve belirli bir derinlikte zeminde mevcut olan “yatay statik kuvvet” olsun.
- ii) Sağ taraftaki kuvvet-amplitüd düzlemi üzerinde bir doğru alınmıştır. Bu doğru eğiminin zemini teşkil eden malzemenin “Dinamik Elastisite modülüne, E_d ” eşit olduğu farzedilmiştir. E_d ile σ_x doğrularının kesim noktası dinamik yüklemenin başladığı yer olması yönünden önemlidir.
- iii) a, b, c ve a^1 , b^1 , c^1 noktalarından yani maksimum ve minimum amplitüd değerlerinden zaman eksenine paralel çizerek “ E_d ” doğrusuyla kesim noktaları saptanmıştır. Bu noktalar kuvvet-amplitüd düzlemi üzerinde en yüksek ve en düşük dinamik yükleme değerlerine tekabül edecektir. E_d doğrusu ile σ_x doğrusunun kesim noktası olayın başlangıcı kabul edilerek a, b, c ve a^1 , b^1 , c^1 noktaları birleştirildiğinde dinamitin oluşturduğu dinamik yüklemenin mahiyeti ortaya konabilir. Sağ taraftaki şekilden açıkça görüleceği gibi, zeminde dinamit patlatılması sonucu meydana getirilen kuvvet zamanla

belli bir maksimum değere devirli olarak ulaşmakta daha sonra süratle fakat gene devirli yükleme ve boşalma şeklinde azalmaktadır. Bu durumda dinamit patlatılması anında zeminde “fatigue = yorulma” tipinde bir dinamik yüklemenin mevcut olduğu görülmektedir.

LABORATUVARDA ULTRASONİK TESTLER SIRASINDA KUVVET/BİRİM DEFORMASYON/ZAMAN OLAYI

Diğer bir dinamik yükleme laboratuvar şartları altında ultrasonik cihazlarla (Soil Test-CT 366 Sonometre) meydana getirilen yüklemidir. Şekil (2) de ultrasonik testler sırasında silindirik bir dasit kaya numunesi üzerine yapıştırılan 1 cm uzunluğunda (strain gauge = çok ince tellerden yapılan deformasyon ölçen alet) streyn geycin “digital strain indicator” den çıkışına ait bir deformasyon zaman eğrisi görülmektedir. Sol taraftaki diyagramda “O” ultrasonik testin başlangıcına tekabül etmekte ve belirli bir frekansta kaya titretirilmeğe başlandığı anda deformasyon A noktasına ulaşmakta, buradan sonra AA¹ arasında eşit deformasyonlar (88 µ in/in) meydana getirecek şekilde saylik olarak yükleme ve boşaltma yapılmaktadır.

Bir önceki örneğe benzer biçimde sağ tarafta bir kuvvet-birim deformasyon (bu değer amplitüd yerine alınmıştır) düzlemi alınmıştır. Bu düzlem üzerinde statik kuvvet şeklinde gelişme gösteren “OA” yükselmesi çizilmiş daha sonra “AA” kuvvet aralığında (σ_a) devirli yüklemeler ve boşaltmalar gösterilmiştir. AA¹ arasında devirli yükleme yapan kuvvet $\sigma_a = E.\varepsilon = 437632 \times 88.10^{-6}$ kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Birim deformasyon değerinin 850 µ in/in değerinin azalması etki eden yükün kompresif olduğunu kanıtlamaktadır.

Diğer taraftan ultrasonik test sırasında kaya üzerine bir jeofon bağlanır da bunun “Engineering Seismograph” aleti üzerindeki kayıtları incelendiğinde Şekil (3) deki neticeler elde edilir. Burada yatay ekseninde X10⁻² sn zaman çizgileri, düşey ekseninde ise Amplitüd yer almaktadır. Ultrasonik test esnasındaki amplitüd zamana göre değişimi incelendiğinde bunların bir dinamit patlatılması anında hasıl olan dalgadan veya bir deprem dalgasından çok farklı olduğu görülür. En belirgin fark şüphesizki amplitüd (veya saylik yükleme ve boşaltma) büyüklüğünün zamanla değişiminde görülmektedir. Dinamit patladığı veya bir deprem oluşumu anında ortaya çıkan enerjide; dalga amplitüd birden en büyük değerlere çıkmakta daha sonra zamanla zayıflama göstererek başlangıçtaki durumuna gelmektedir. Halbuki ultrasonik testlerde periyot sabit olmakta yükleme ve boşama şeklinde etki gösteren dinamik yük amplitüdlere sabit değerlerde bulunmaktadır. Ref (5) . Her iki olayda müşterek olan husus zeminde tek yönlü değil fakat devirli yükleme ve boşalma tipinde “fatigue” yüklemelerin mevcut olduğudur. Bu nedenledir ki deprem dayanıklı yapı tekniğinde inşaat mühendislerinin en çok üzerinde durduğu konu; yapımında kullanılacak beton ve demirin “fatigue” özelliklerinin araştırılması olmaktadır. Çünkü deprem

bölgelerinde inşası düşünülen yapılar bir deprem anından “Fatigue” tipi dinamik yüklemelerin etkisi altında kalmaktadır.

Dinamik bir dalganın ne tarz bir kuvvet alanı yarattığı konusuna kısa bir göz attıktan sonra, aşağıda Dinamik Elastisite Modülünün, zemin hakim titreşim periyodunun ve kayma modülünün hesaplanmasında önemli rol oynayan kesme dalgası-S’in sahada elde edilmesi ile ilgili önce teorik sonrada pratik çalışmalara yer verilecektir.

SAHADA S-DALGASININ ELDE EDİLMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN YENİ BİR YÖNTEM

Gerek sahada zemin mekaniği ile ilgili konik penetrometre çalışmaları ve gerekse laboratuvarında kayalar veya killi malzemeler üzerindeki fatigue veya normal tek eksenli sıkıştırma testleri sırasında en fazla kullanılan terimler; kesme eksenli, maksimum kayma düzlemi, maksimum veya minimum normal kuvvetler v.s. gibi ifadeler olmaktadır. Örneğin sahada bir Sakai konik penetrometresi veya Maihak penetrometresi ile testler yapılırken zeminde Şekil (4) de görüldüğü biçimde kuvvet çiftleri hasıl edilir. Burada P-değeri konik ucun derine doğru itilmesi için belirli bir yükseklikten düşürülen 15 kg ağırlığındaki bir kütlenin düşey olarak küçük bir konik uca etkilediği kuvvet değeridir. Bu ağırlığın düşmesi anında düşey olarak etki eden ve bu kuvvete karşı toprağın gösterdiği kuvvet bileşenleri sırasıyla P (tatbik edilen kuvvet), σ_n (normal ana kuvvet), KS (yapıştırıcı- kohezif kuvvet), $\mu\sigma$ çelikle toprak arasındaki sürtünme kuvveti ve $\sigma\tau$ kesme kuvveti olmaktadır. Ref(2.3).

Şekil 4. Sahada konik. Penotrometre ve laboratuvarında fatigue test arasındaki mukayeseler.

a. Konik uç ile toprak arasındaki kuvvet dengelemesi Konin karşı koyma kuvveti

$$P= A_o(\sigma_x \cos^2\theta/2 + \sigma_y \sin^2 \theta/2 + [\mu(\sigma_x \cos^2\theta/2 + \sigma_y \sin^2 \theta/2 + ks) \cos\theta/2])$$

$$P= 0.2 \text{ N Turbo}$$

$$P= 0.3 \text{ N Kil}$$

$$P= (0.3\sim 0.4) \text{ N Kum}$$

b. Fatigue testler esnasında konik tip kırılma

Maksimum kesme eksenli boyunca gelişen kırıkların genişliği yükleme olduğu anda büyüdüğü, yüklemenden sonra boşalmaya geçildiği anda ise kırık genişliğinin azaldığı görülmüştür. Bu çalışmalar σ_n kuvvet bileşeninin kesme eksenli boyunca çok etkin olduğunu ve $\sigma\tau$ kesme kuvveti ile birlikte kırıkların teşekkülünde ve nihai kırılmada önemli rol oynadıklarını göstermiştir. Yukarıdaki bu iki örnekten kazanılan tecrübeler ışığında sahada S-dalgasının elde edilmesi yeni bir yöntemin geliştirilmesine başlanmıştır. Şekil (5,6,9). 50 kg ağırlığında dökme demir veya çelikten yapılmış koninin boyutları Şekil (7b) de görülmektedir. Bu koni Şekil (7c) deki üç ayaklı sehpadan belirli bir yükseklikten (75-100cm) toprağa düşürülmektedir. Bu düşme anında meydana gelen

kuvvet çiftleri Sakai konik penetremetresinde belirlenen kuvvet çiftlerine benzer tarzda toprakla demir arasında dengelenmektedir. Bu ani düşme anında toprakta σ_n (normal kuvvet) ve σ_t (kesme kuvvet) çiftleri meydana gelmektedir.

S-dalgasının elde edilmesi sırasında 4 ayrı türde ağırlık düşürme şekli denenmiştir. Şimdi bunları sırasıyla inceleyelim: (1) Sadece 50 kg ağırlığındaki konik biçimde ağırlık düşürülerek yatay jeofonlarda P ve S dalga varışları kaydedilmiştir (Şekil 5a). (2) 50 kg ağırlığında yarı küre biçiminde bir ağırlık toprağa düşürülerek P ve S dalgaları elde edilmiştir. Şekil (6b). (3) Konik biçiminde ağırlık toprağa gömüldükten sonra üzerine yarı küre şeklindeki ağırlık düşürülerek de P-S varışlarının kaydedilmesine çalışılmıştır. Şekil (5b) ve Şekil (9d). (4) Toprağa gömülen konik biçiminde ağırlığın hipotenüsü kenarında Şekil (6a ve 8a) dinamit patlatılarak enerji elde edilmiş ve P-S dalga varışları kaydedilmiştir.

Aslında 1, 2, 3 nolu tatbikat örneklerinden en fazla 20-25 derinlik için iyi neticeler alınmıştır. Ref(4) . Ancak daha fazla derine inilmek istendiğinde koninin hipotenüsü kenarında miktarı etüd edilerek derinliğe bağlı olacak şekilde dinamit patlatılması gerekmektedir. Şayet derin etüdlere şehir içinde ve yerleşme sahaları yakınında yapılıyorsa bu taktirde Şekil (7a) daki yöntem oldukça iyi neticeler vermektedir. Bu yöntemde altı ve üstü açılmış bir varilin kullanılmış ve dinamit 25-50 cm derinliğe gömüldükten sonra köşeli çakıllar ve su ile civarı iyicene sıkıştırılmıştır. Patlama noktası varilin tam ortasında olacak şekilde alınırsa varil sağa ve sola devrilmeden olduğu yerde kalabilir. Patlama anında yanlara doğru yayılan taş parçacıkları varilin civarına çarparak düşey istikamete yönetilmiş olmakta ve böylece taşlar çok dar bir hacim içinde düşey olarak yükselmekte ve sonra gene aynı yerlere düşmektedir. Taş düşmesinden jeofon kablolarının etkilenmemesi için gerekli önlem alınmalıdır. Bu tatbikat şehir içinde ve evlerden 10-25 m. uzaklıkta dahi gayet emniyetli bir şekilde yürütülmüştür Ref (4 ve 5) . Şehir gürültüsü nedeniyle yukarıdaki 1, 2, 3 nolu tatbikat örnekleri etkin olmadığı taktirde “Boş Varilde Patlama Tekniği” uygulanmaktadır.

- Şehir içi atışlarda kullanılan boş varil ve patlama sonrasındaki durum,
- Yerine S-dalgası yaratılmasında kullanılan konik biçimdeki ağırlık,
- Ağırlık (50 kg) düşürmek suretiyle P ve S dalgalarının elde edilmesi.

Deprem bölgelerinde kurulacak üst yapıların oturacağı zeminde Hakim Titreşim periyod değeri hesaplarında temel kayaya kadar olan tabakaların dalga hızlarının elde edilmesi gereklidir. Ref (4). Zira:

$$T_{pp} = 4H_1/V_{s1} + 4H_2/V_{s2} + \dots \text{ v.s.}$$

formülünde V_s dalga hızları temel kayaya kadar 3-4 seviye teşkil edebilir. Temel kayanın 200-300 metre derinlerde bulunması halinde S-dalgasının elde edilmesi için farklı bir yöntem uygulanması gerekir. Aşağıda bu yöntemin sahada uygulanması halinde önce teorik bir yaklaşımla kuvvet bileşenlerinin analizi yapılacak daha sonrada uygulamadaki avantajları izah edilecektir.

Şekil 8a da toprak ile koninin çeperlerinde meydana gelen kuvvet çiftlerinin analizinde, gene Sakai konik penetremetresinin toprakla konik yüzey arasındaki kuvvetlerin dengelenmesinde kullanılan parametreler kullanılmıştır. Çünkü her iki yöntemde dinamik bir test niteliğindedir. Ancak burada k_s ve σ_μ kuvvet bileşenleri patlama anında hareketin farklı oluşları nedeniyle ters istikametlerde gelişme göstermektedir. Ayrıca (Şekil 8a) dan görüleceği şekilde dinamit σ_x kuvveti (veya penetremetredeki σ_n) dinamit patlatılarak meydana getirilmekte ve patlamadan sonra σ_x ve σ_y bileşenleri meydana gelmektedir. Halbuki Sakai konik penetremetresinde konik uca etkiyen P kuvveti nedeniyle σ_n ve σ_τ kuvvet çiftleri hasil olmakta ve k_s ve $\mu\sigma$ değerleri σ_τ kesme kuvveti sayesinde yenilmektedir. Patlama anındada topraktaki $\mu\sigma$ ve k_s değerleri σ_τ kesme kuvveti sayesinde yenilmektedir (Şekil 8a). Şekil 8a da yapılan hesaplamalardan $\tau = 2 (\tau^1 + 1)$ değeri bulunmuştur. Patlama anında çelik veya dökme demir içinde P dalga hızı 5000 m/sn değerinin üstünde olmakta ve bu enerji yukarıdaki hesaplanan bileşenler istikametinde (normal eksen ve kesme eksen) bir enerji kaynağı oluşturmaktadır. Normal eksen ve y eksen boyunca yaratılan enerji 50 kg. ağırlığındaki bu koniyi 25-3 metre uzağa fırlatmaktadır. 200-300 gr. Dinamitin meydana getirdiği ani itme gücü ağırlığı parabolik bir yörüngede patlama noktasından uzaklaşmaktadır (Şekil 8b).

Şekil 8b de yapılan hesaplamalarda $V_o = 16.83$ m/sn, $T = 2.97$ sn olarak bulunmuştur. Bu çalışmalar sırasında üzerinde önemle durulması gereken husus dinamitin yerleşmesi sırasında olmalıdır. Dinamit, Jeofonların serildiği taraftaki konini hipotenüsü boyunca konulmalı ve patlatılmalıdır. Bunun aksine bir yerleştirme yapıldığında ekip personeli ve cihazların tehlikeli bir duruma sokulmasına yol açılabilir. Patlama anında meydana gelen kuvvet çiftleri ve bunların maksimum olabilme şartları. Şekil 8a da tartışılmıştır. Dinamitin koninin hipotenüsü kenarına yerleştirilmesi, yatay jeofonun durumu ve patlama anındaki gelişmeler Şekil 9a, b, c de görülmektedir.

- a. Dinamit patlatılması sırasında koni üzerinde etkin olan kuvvet bileşmelerinin hesaplanması.
- b. Patlamadan sonra koninin kat ettiği yörünge.

Bu yolda elde edilen enerji özellikle yatay istikametteki hareketlere hassas “yatay jeofonlar” tarafından alındığında S-dalgası belirgin bir şekilde büyük amplitüdlerle kayıtlar üzerinde elde edilmektedir. Ancak burada dikkat edilecek önemli bir husus S-dalgası amplitüdlerinin fotoğraf kağıdının sınırlı genişliği (9cm) nedeniyle dışarıya taşmamasıdır. Aletin üzerindeki gain (kazanç)

seviyesinin azaltılması ve şarj miktarının düşürülmesi S-dalgasının kayıtlar üzerinden arzu edilir biçimde okunmasına imkan verir.

Konik ağırlık etkileyen kuvvet çiftlerinin ve sahada S-dalgası elde edilmesi yolundaki tanımlamalardan sonra sahada kesme veya S-dalgasının hangi Mühendislik çalışmalarda kullanıldığına geçelim.

SPT SONUÇLARI İLE S VE P-DALGA HIZLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Yerinde sahada yapılan çalışmalar sırasında jeoloji mühendisi, jeofizik ve zemin mekaniği ile ilgilenen inşaat mühendisleri arasında kurulabilen en önemli ve kolay diyalog şüphesiz ki zeminlerin **Yumuşak-Çok Sert** arasında sınıflandırılması sırasında olmaktadır. Özellikle otoyol güzergahı etüdülerinde ve deprem bölgelerinde yapımı planlanan fabrika binalarının temel araştırmalarında zeminin en önemli özelliği “SPT” test sonuçlarıyla ortaya konmaktadır. Çünkü zeminin sıklığı ve taşıma gücü gibi önemli bilgiler SPT ve Konik Penetrasyon testleri sonunda saptanmakta ve yapım çalışmaları için gerekli ihtiyaç duyulan parametreler bu yolda elde edilmektedir. SPT ve Konik Penetrasyon testleri ile elde edilen darbe adedi (N) ile V_s ve V_p dalga hızları arasındaki ilişkiler bir çok araştırmacı tarafından (Kanai, Sakai 1968, İmai 1975) detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Bu araştırmaları sırasında Sakai kendisinin geliştirmiş olduğu penetrometresini (Ref:3) kullanarak bulmuş olduğu n ortalama darbe adedi değerlerini, gene o zemini karakterize eden çok sayıda numuneye ait S-dalgası hızlarıyla mukayese ederek kil, silt ve kum için ayrı ayrı grafikler çıkarmışlardır Şekil (10a,b). Bu grafikler ODTÜ karşısındaki bir sahada Sakai Konik Penetrometresiyle yapılan çalışmalar sırasında kullanılmıştır Ref(6). Sakai tarafından geliştirilen yukarıda izah edilen yöntem, Japonya’da çok geniş çapta saha ve laboratuvar çalışmasını içermektedir, ancak sadece ortalama N darbe adedi sayısı ile grafikler yardımıyla Türkiye’deki bir etüd sahasında S-kesme dalga hızına geçmek ne dereceye kadar tatmin edici neticeler verebilir?

Bu tereddütlü durumu ortadan kaldırmak için bu çalışmalarımızda saha hem SPT ve hemde (S ve P) dalga hızlarının elde edilmesine çalışılmış ve diyagramlar bu şekilde geliştirilmiştir. Sismik neticelerde SPT veya Konik Penetrometre neticelerinin beraber korele edilmelerinin en açık nedeni yukarıda izah edildiği gibi her iki testinde dinamik test vasfını taşımasıdır. Bu yolda elde edilen örnekler Şekil (11, 12 ve 13) de gösterilmiştir. Bu şekillerde düşey ekseninde sol tarafta V_p -dalga hızları, sağ tarafta ise S-dalga hızları gösterilmektedir. Yatay ekseninde killi zeminler çok yumuşak-sert arasında karakterize edildikleri darbe adedi aralıklarında belirlenmiştir. SPT testleri sırasında; 63.5 kg ağırlığında bir kütle 0.75 m. yükseklikten düşürülerek penetrometrenin 30cm derinlik katetmesi için gerekli darbe sayısı hesaplanmaktadır. Bu değerler yatay ekseninde belirtilmiştir. Sakai-Konik penetrometresinde 15 kg.lık bir ağırlık 50cm. yükseklikten düşürülmekte ve her 10cm. için darbe adedi derinliğin bir fonksiyonu olarak çizilmektedir. Derinlik-darbe adedi grafikleri

üzerinden ortalama N bulunarak (Şekil 4) de alt taraftaki formüllerde formasyon cinsine göre P (zemin taşıma gücü) saptanmaktadır.

Şekil 12 de Türkiye'nin çeşitli sahalarda kil, silt, çakıl ve kumlu zeminler üzerinde elde edilen SPT (N)- V_p ve konik-penetrometre ile elde edilen CPT (N)- V_p arasındaki ilişkiler görülmektedir. Şekiln sağ alt köşesinde bu çalışmaların hangi sahalarda yapılmış olduğu belirlenmiştir. Yatay ekseninde darbe adedi değerleri ve bu değerlere göre belirlenen zeminin killi olması halinde **çok yumuşak-sert** aralıkları granüler olması halinde **çok gevşek- çok sıkı** arasındaki durumları gösterilmiştir.

İmai ve Arkadaşları (1976) V_p , V_s ile SPT neticeleri arasındaki ilişkileri araştırmışlar ve S dalgası ile N, Darbe adedi ilişkilerinin nispeten daha iyi olduğu kaydedilmiştir. Ancak bu araştırmalarında V_p ile SPT arasındaki ilişkiler yeteri kadar incelenmemiş ve detaylı yorumlama yapılmamıştır. Bu husus önemli görüldüğünden aşağıda Türkiye'nin muhtelif sahalarda elde edilen 75 kadar neticenin yorumları yapılacaktır.

Şekil 12'de görülen V_p - SPT ilişkilerinde önemli bir yayılma göze çarpmaktadır. Buna neden etüdlerin çok değişik yerlerde ve farklı zeminler üzerinde olmasıdır. Ancak log-log eksenlerdeki bu dağılımlar belirli paralel doğrular arasında toplanır ve eğri eğimi saptanırsa SPT ve $V_p = \alpha \cdot N^{0.295}$ olarak elde edilmektedir. SPT ve N arasında bu ilişkilerin ortaya konmasından ana amaç süratle çok derinlerin etüt etme olanaklarının bulunması nedeniyle sismik çalışmalarla zeminleri çok yumuşak-sert aralığında veya çok gevşek-çok sıkı arasında sınıflamanın mümkün görülmesidir. Ancak bu sınıflamaya geçerken jeofizik neticelerin killi ve çakıllı seviyeler üzerinde gösterdikleri önemli gelişmelerin göz önüne alınması gerekmektedir.

KONİK PENETROMETRE DARBE ADEDİ (N) – SİSMİK (P) DALGA HIZI GRAFİKLERİNDE GÖRÜLEN ANİ SİÇRAMALAR

Sismik V_p ve N ilişkilerinin araştırılması sırasında Ref(2) ilk dikkati çeken husus şüphesiz ki sismik dalga hızında görülen ani sıçramalardır. Ref (2) deki konik penetrasyona ait N ve zeminin V_p hızları Şekil 2'de üçgenlerle belirlenerek gösterilmişlerdir. P-dalga hızı, killi zeminlerde darbe adedinin 30-68 olduğu kesimde taşıma gücü $1-2 \text{ kg/cm}^2$ oldukça lineer bir gelişim gösterdiği ancak aniden 900-1000 m/sn hız değerlerine yükseldiği kaydedilmektedir. Sismik hızda ani sıçramanın olduğu kesim 2 kg/cm^2 taşıma gücüne sahip (N=68 darbe) yerde meydana gelmiş olup bu nokta okla belirtilmiştir. $1-2 \text{ kg/cm}^2$ arasında taşıma gücüne sahip olan bu zemin killi olduğuna göre katı olarak tarif edilebilir. V_p dalga hızında görülen bu ani sıçramanın fonksiyonunun su ihtiva etmesinden ötürü meydana geldiği düşünülmektedir. Bu ani sıçramayı takiben V_p -N arasındaki ilişkiler belirli paraleller arasında lineer bir değişim göstermekte olup bu kesim bulunan V_p -N ilişkisi; $V_p = \alpha \cdot N^{0.458}$ olarak bulunmuştur. Bu değer Prof. Sakai tarafından V_s ile N arasında

bulunan $V_s = \alpha \cdot N^{0.5}$ değerine oldukça yakın elde edilmiştir. Foça için $V_p = N^{0.48}$ değeri elde edilmiştir. Bu değerinde Sakai değerlerine oldukça çok yakındır.

KONİK PENETROMETRE DARBE ADEDİ (N)- SİSMİK (P) DALGA HIZI GRAFİKLERİNDE GÖRÜLEN ANİ SİÇRAMALAR

Sismik V_p ve N ilişkilerinin araştırılması sırasında Ref(2) ilk dikkati çeken husus şüphesiz ki sismik dalga hızında görülen ani sıçramalardır. Ref (2) deki konik penetrasyona ait N, ve zeminin V_p hızları Şekil 12’de üçgenlerle belirlenerek gösterilmişlerdir. P-dalgası hızı, killi zeminlerde darbe adedinin 30-68 olduğu kesimde taşıma gücü 1-2 kg/cm² oldukça lineer bir gelişim gösterdiği ancak aniden 900-1000 m/sn hız değerlerine yükseldiği kaydedilmektedir. Sismik hızda ani sıçramanın olduğu kesim 2 kg/cm² taşıma gücüne sahip olan bu zemin killi olduğuna göre katı olarak tarif edilebilir. V_p – dalga hızında görülen bu ani sıçramanın formasyonun su ihtiva etmesinden ötürü meydana geldiği düşünülmektedir. Bu ani sıçramayı takiben V_p -N arasındaki ilişkiler belirli paraleller arasında lineer bir değişim göstermekte olup bu kesim bulunan V_p -N ilişkisi; $V_p = \alpha \cdot N^{0.458}$ olarak bulunmuştur. Bu değer Prof. Sakai tarafından V_s ile N arasında bulunan $V_s = \alpha \cdot N^{0.5}$ değerine oldukça yakın elde edilmiştir. Foça için $V_p = N^{0.48}$ değeri elde edilmiştir. Bu değerinde Sakai değerlerine oldukça çok yakındır.

STANDART- PENETRASYON DARBE ADEDİ-P HIZI DİYAGRAMLARINDA GÖRÜLEN ANİ SİÇRAMALAR

Konik penetrometrelerdeki neticelere benzer tarzda SPT neticelerinde de dikkate değer hız sıçramaları görülmektedir. Şekil 12’de gene hakim durumda killi-siltli malzemelerin bulunduğu sahalarda (İzmir-Altinyol) darbe adedinin 9 olduğu ve katı olarak belirlenen aralıkta taşıma gücü 1-2 kg/cm² olduğu kesimde ani bir sıçrama kaydedilmektedir. V_p –dalga hızında görülen sıçrama gene zeminin katı olarak tarif edildiği limitler içinde meydana gelmiş olup sismik hız 1000 m/sn değerine fırlamıştır. Benzer şekilde V_p -N arasındaki ilişkiler lineer değişim aralığında $V_p = \alpha \cdot N^{0.254}$ olarak elde edilmektedir. Etüt edilen zeminde kil ve siltin hakim durumunda bulunduğu bu örnekten sonra şimdide çakıl ve kumun hakim durumda bulunduğu örneğe bakalım. Şekil 12’de ayrıca Sapanca’da elde edilmiş STP- V_p ilişkilerinde yer almaktadır. Buradaki durum daha önceki örneklerden önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık; darbe adedinin 10, 5-40 arasında daha geniş bir sahada lineerlik göstermesi olmaktadır. Sıkı olarak tarif edilen aralıkta ani bir sismik hız artışı 500 m/sn lik bir değere sahiptir. Bu sıçramanın başladığı yer granürlü malzemenin (SP-GP) “sıkı” olarak tarif edildiği ve darbe adedinin 40 olduğu kesime rastlamaktadır. Düşük hız değerleriyle (310-560 m/sn) karakterize edilen çakıl-kum seviyelerinin gevşek ve kuru olduğu jeofizik log bilgilerinden elde edilmiştir. 1100-2150 m/sn hızlarla karakterize edilen (çakıl, kum) su ile satüre ve sıkı olduğu jeolojik loglardan belirlenmiş bulunmaktadır. Bu takdirde hız sıçramalarının nedeninin

formasyonun su ile satüre sonucu olduğu görüşü kesinlik kazanmış bulunmaktadır. Zira kuru bir kumda veya killi toprakta sismik hızın sesin havada yayıldığı hız değeri olan 340 m/sn değerinden bile az olduğu, fakat su ile doymun taktirde de P-dalgasının su içinde yayıldığı sismik hız değerine yani 1500 m/sn değerine yükseldiği bilinen bir durumdur. Yukarıdaki bu açıklamalardan sonra sismik hızda görülen ani sıçramaların nedeni açıklanmış bulunmaktadır. O halde killi ve çakıllı birimler üzerinde elde edilen $V_p - N$ ilişkilerindeki en belirgin fark, alt taraftaki düşük hız seviyesinin çakıl ve kumda killi birimlere nazaran daha geniş “N” sayısı içinde lineer bir değişim göstermesidir.

O halde gerek SPT ve gerekse konik penetrasyon test neticeleri bize zeminin en önemli özelliği olan sıklığı hakkında ve taşıma gücü değerleri hakkında önemli bilgiler vermekte ve sismik çalışmalarını beraberce tamamlanması halinde daha çok noktaya ve daha derine ait önemli bilgiler elde edilmektedir. SPT ve sismik- hız neticeleri beraber kullanıldıkları takdirde şu yolda bir sıra takip edilebilir.

- a) Eğer etüt edilen saha daha önceden araştırılmış ve SPT-N ilişkileri belirlenmiş ise bu takdirde sadece sismik refraksiyon neticelerinden hareketle yaklaşık bir N değerine geçilmesi mümkündür. Ref(5,8)
- b) Eğer 3-4 noktada SPT testi yapılmış fakat derinliklerin durumu araştırılmak isteniyorsa bu takdirde her sondaj noktası için kısa ofsetli ve dar jeofon aralıklı sismik-refraksiyon çalışması yapılarak tabaka kalınlıkları hesaplanmaktadır. Bulunan hız ve tabaka kalınlıkları için ortalama “N” değeri son 30 cm. penetrasyon için hesaplanmalıdır. Böylece log-log kağıt üzerinde “ V_p ” ve “N” değerleri belirlenerek paralel doğrular teşkil edilmelidir. Bu grafik üzerine daha sonra etüt sahasının diğer kısımlarında elde edilen veriler oklarla gösterilerek belirlenmelidir.

Şekil 13a da Samsun heyelan sahasına ait STP- V_p ilişkileri görülmektedir. Burada paralel çizgiler içinde taranmış kesim aktif heyelan sahası içindeki STP-N ilişkisini göstermektedir. Taranmamış kısım ise heyelandan zarar görmeyen ve plastik tüplerin kırıldıkları seviyelerin altında bulunan kısımları göstermektedirler. (Heyelan kayma düzlemi bulunması yolunda yapılan çalışmalar sırasında Ref-9 plastik tüpler kullanılmakta ve uzun bir süre bu tüplerin bozulmaya veya kopmaya başladığı seviyeler tespit edilmektedirler.) SPT ve V_p arasındaki ilişkilerden elde edilen değer $V_p = \alpha \cdot N^{1.33}$ olup daha önceki killi birimler için elde edilen değerlerden çok farklıdır ve eğri eğimi çok artmış olarak elde edilmektedir. Daha önceki örneklere benzer tarzda sismik hızlardaki sıçramalar orta- katı aralığında 45 m/sn, çok katı aralığında 280 m/sn değerlere ulaşmaktadır. Burada dikkate değer olan husus heyelanın “ çok katı” olarak tarif edilen jeolojik birimler içinde bile (kil-marn) aktif olarak gelişebildiğidir.

Samsun hava Alanı heyelan durdurmak ve daha sonra pisti uzatmak gayesiyle 9.60 metre derinliğinde ve 170 metre uzunluğunda bir istinat duvarı inşaa edilmiştir. Ref(9). 1968 yılında tamamlanan bu duvar şu anda parçalanmış ve önemli ölçüde yatay ve düşey deformasyonlar göstermiştir. İstinat duvarının oturduğu kesimde yapılan sismik çalışmalar P ve S dalgalarını içermekte ve dinamik poisson oranı, kayma modülü değerleri bu verilerin ışığında değerlendirmektedir. Ayrıca bu noktadaki daha önce yapılmış SPT test sonuçları ve plastik tüpün kırıldığı derinlikler jeofizik verilerle mukayese edilmişlerdir. İnşaa yapılmış olan istinat duvarların toprak içindeki kısım 2 ayrı özellik gösteren zemin içindedir. bunlardan ilki 4 metre kalınlığındaki kil seviyesidir. Ve bu seviye 139 m/sn P-dalga hızıyla karakterize edilmektedir. V_p -N ilişkilerinden bu zemin “orta katı” olarak belirlenmiştir. Bu seviyenin altında kalınlığı 28 metreye kadar ulaşan P-dalga hızının 1547 m/sn ve N, darbe adedinin 15 olduğu killi-marnlı jeofizik birimler yer almaktadır. Heyelan kayma yüzeyinin saptanması için indirilen plastik tüp (alkathene) 12 metrede kopma göstermiştir. Yani kayma yüzeyi 12 metre derinlikte “çok katı” olarak sınıflandırılan killi seviyeler içinde meydana gelmiştir. 28 metre derinlikten sonra P-dalga hızı 1700 m/sn hız değerini aşmakta ve zemin heyelandan etkilenmemektedir. Bu hız değeri killi-marnlı seviyeyi “sert olarak nitelendirecek hız değerlerine tekabül etmektedir.

Bu istinat duvarının inşasında 2 önemli nokta göz önünden uzak tutulmuştur. Bunlardan ilki istinat duvarının toprağa gömüldüğü derinlik kayma düzleminin üstünde kalmaktadır. Neticede bu durum heyelanın durdurulmasından ziyade ağırlığın artırılmış olması nedeniyle heyelan hızlandırıcı yönde çalışmaktadır. İkinci önemli hususta jeofizik ve SPT neticeleri göstermiştir ki “çok katı” olarak belirlenen killi ve marnlı jeolojik seviyeler içinde bile aktif heyelan izlenmektedir. “Sert” olarak tarif edilen ve heyelan etkisinin izlenmediği seviye sismik refraksiyonla tüm heyelan eksenini boyunca bulunmuştur. Bu tarz bir jeofizik ve jeolojik araştırma projelendirme safhasından önce istenmiş ve tamamlanmış olsaydı şüphesiz ki hem istinat duvarının yeri ve hemde derinliğinin ne olması gerektiği konusunda güvenilir bilgiler elde edebilirdi. Problemin çözümüne böylesi bir yaklaşım; önemli bir yatırım yapılmış olan bu inşaatın uzun süre ayakta kalmasına yardımcı olabildiği gibi heyelanın durdurulmasında ve dolayısıyla iniş ve kalkış pistinin yetersiz uzunlukta olduğu göz önünde bulundurulursa pistin uzatılmasında faydalı neticeler verebilecekti. Bugün bir çok uçak, bu başarısız mühendislik çalışmasının sonucu pist dışına çıkmakta ve kazalara uğramaktadır. Şekil (13b) de istinat duvarının durumu, jeolojik ve jeofizik veriler içeren bir kesit sunulmuştur.

Şekil 13a da SPT- V_p ilişkilerinin belirlenmesi sırasında bazı işaretler ve oklar kullanılmıştır. En alt sırada belirlenen noktalar aktif heyelan sahasında en üst seviyelerde elde edilen hızları ve bunu karakterize eden ölçü istasyonlarını belirlemektedir. En üstteki oklar ve istasyon isimleri ise

daha derinlere ait fakat gene aktif heyelan sahası içindeki değerlere tekabül etmektedir. Aynı şekil üzerinde Eğridir Kemik Hastalıkları Hastanesi heyelan sahası içinde elde edilen SPT- V_p ilişkisinde yer almaktadır. Bu sahadan elde edilen bilgiler kare şekilde gösterilmiştir. Bilindiği üzere bu heyelan sahasında kil ve bloklu kalker aktif heyelan sahasının esas jeolojik birimlerini teşkil etmektedirler. İri kalker blokları üzerine kurulmuş olan hastanede şimdi önemli yapısal hasarlar meydana gelmiş olup binalarda önemli eğilmeler ve dönmeler görülmektedir. Bu sahada V_p – dalga hızları Samsun’dakinin aynı olmakla beraber N-darbe adedinde daha büyük artışlar görülmektedir. Buna neden penetrometre ucuna rasgelen kalker blokların darbe adedini olduğundan fazla değerlere yükseltmesidir. Burada ilgi çekici husus P-dalga hızının aktif heyelan-sahası içinde bulunan değerlerinin Samsun’da elde edilen hızlara yakınlığıdır. Bu değer 1700-1800 m/sn olarak bulunmuş olup aktif heyelan sahasında üst limit P-dalga hızlarını vermektedir. Bu sahada P – dalga hızının 2000 m/sn aştığı kısımların heyelan zarar görmediği saptanmıştır. Bu hız killi zeminleri “Sert” olarak nitelendirilen aralığa sokmaktadır.

Eğridir Kemik Hastanesi tesisleri bilindiği gibi kaba inşaat safhasında iken heyelandan geniş ölçüde zarar görerek önemli yapısal hasarlar meydana gelmiştir. Bu projede en önemli hata şu şekilde ortaya çıkmıştır. Evvela bu tesislerin yapımına bir politikacının “Ben önümüzdeki yıl bu sahada ve burada binaların bitilmiş olduğunu göreceğim ve koyun eti yiyeceğim” demesiyle başlamıştır. Ancak yapılmış olan yetersiz jeoteknik hizmetler dolayısıyla bu ek tesisler hizmete sunulamamıştır. Bunun nedenlerine aşağıda değinilecektir. Ref(10) da Şekil (2) de Eğridir Kemik Hastalıkları Hastanesi heyelan sahası ve heyelan boyutları göstermektedir. Bu diyagramatik harita en önemli tektonik birim, muhtemelen Kretase yaştaki kalkerin güney – kuzey (S – N) istikametinde gelişen düşey atımlı bir faydır. Bu düşey atımının jeofizik verilerle saptanan değeri 80 m. kadardır (Bu atım değeri kalker – yamaç moloz kontağında değere tekabül etmektedir). Diğer bir tektonik yapı Oluklan dağı kalker masifi üzerinde N 45⁰ W istikametinde oluşan faydır. Bu fay 90 metreden fazla bir ezilme zonuna sahiptir ve iri bloklar, köşeli kalker orijinli çakıllar (slope-wash) bu ezilme zonundan hasıl olmakta ve yamaç aşağı yuvarlanmaktadır. Yerinde yapılan gözlemlerden, yeni inşaa edilmekte olan ek tesislerin bu aktif heyelanın etek noktasına yakın olduğu görülür. Diğer önemli bir saha gözlemide Oluklan dağı kalkerleriyle 1,5-4 metre düşey atımların meydana geldiği yamaç molozu malzemelerin meydana geldiği “esas ayna” noktasından Eğridir gölüne doğru bakıldığında; yeni yapılmakta olan tesislerin (mesela A-2 bloğunun) bu kopmaların en fazla olduğu “heyelan eksenini” üzerinde bulunduğu görülmesidir. Kabaca bir elips şeklinde gelişme gösteren aktif heyelan sahasının eskidende “creep” şeklinde akma göstererek göl kenarındaki otoyola bir kavis yaptırarak şekilde yığılma gösterdiği dikkati çekmektedir. Genellikle “Creep” veya akma şeklinde meydana gelen deformasyonlar yolları bozmakta eskiden dikilmiş

ağaçların görünüşü biçimi değiştirmektedir. Bu açıklamalar mevcut heyelan sahasının eskidende aktif olduğu ancak yeterli detay jeolojik araştırma yapılmadığı için potansiyel heyelan sahasının önceden saptanmamış olduğunu göstermek için yapılmıştır.

Diğer önemli bir teknik hata hastane binalarının civarında inşaat öncesi sürdürülen sondaj çalışmaları sırasında yapılmıştır. Mekanik sondajlar 25 metrenin altında iri kalker bloklara girildiğinde bu kalkerin 362 metre ötede görülen Oluklan kalker masifine ait temel kayayı teşkil ettiğine inanılmış ve proje bu noktayı göz önüne alarak geliştirilmiştir. Daha sonra yapılan jeofizik çalışmalar temel kayanın bu noktanın civarında 60-130 metre derinliklerde yeraldığını ortaya koymuştur.

Bütün bu gelişmeler önemli bir tesisin yapımında ne derece eksik bir çalışmanın sergilenmiş olduğunu göstermiştir. Bu hatalı çalışmalar yer bilimci arasında iyi bir koordine kurulmadığı sürece böyle devam edecek ve politikacılar hiçbir zaman yapılmasını arzuladıkları binaları dik olarak oturmuş bulamayacaklardır. Çünkü bir binanın Piza kulesi gibi eğik değil de dik bir şekilde görülmesi için jeolog – jeofizikçi – zemin mekanikçisi ve inşaat mühendisi halkanın tamamlanması ve dürüstçe beraber çalışması gerekmektedir. Jeofizik çalışmalar bina yıkılıp önemli yapısal hasarlar görüldükten sonra devreye konulmuştur. Diğer taraftan binayı ayakta tutabilmek için bazı hırslı inşaat mühendisleri 362 metre uzunluğunda ve 70 metre derinliğinde ve 300 metre eninde aktif heyelan durdurabilmek için çimento enjeksiyon tavsiye edecek kadar zor ve gülünç durumlara düşürmüşlerdir. Bugün Egridir Kemik Hastalıkları Hastanesi ek tesislerinin heyelana maruz kalmasından ve hizmete açılmamasından en büyük zararı günlerce yer bulabilmek için kuyruklarda bekleyen binlerce hasta yurttaşımız çekmektedir. Sağlam ve güvenilir bir zemin bulunarak hastane ek tesislerini yerleştirmek yolunda atılacak her adım uzun vadede en iyi hal çaresi götürecektir bizi.

S – DALGASI HIZI SPT İLİŞKİLERİ

Plastik kil ve siltli kile ait SPT – V_s ilişkileri Şekil 11’de görülmektedir. Bu şekilde ayrıca İmai, Kuran, Sakai ve Kanai tarafından elde edilen neticelerde sunulmuştur. Bu neticelerde dikkati çeken en önemli husus çeşitli araştırmacılar tarafından bulunan değerlerde dikkate değer farklılıkların mevcut olmasıdır. Kanai ve Sakai tarafından elde edilen değerlerde N üstü değerleri 0.6 ve 0.5 olarak birbirlerine yakın elde edilmişlerdir. İmai ve arkadaşları tarafından saptanan değer Kanai değerinden %50 kadar küçük bulunmuştur. Kendi araştırmalarımda SPT- V_s ilişkisi için N üssü değeri olarak 0.418 değeri bulunmuştur. Bu farklılıkların nerelerden gelebileceği konusu önemlidir. Ancak çalışmaların bu safhasında farklı değerlerin elde edilmesinin nerelerden doğabileceği konusu henüz anlaşılabilir değildir. Ancak S – dalgası hızı SPT ilişkilerinde “orta katı “ olarak belirlenen aralıkla V_s – dalga hızında ani bir sıçrama dikkati çekmektedir. Bunun nedeninde bu safhada

anlaşılamamış ancak bu yoldaki geniş çaplı çalışmalardan sonra daha belirli boyutlar kazanabilecektir. Diğer önemli ve ilginç bir husus, farklı sahalarda yapılmış olmasına rağmen konik penetrometre (N) – V_p ilişkilerinde killi formasyonlarda $V_p = \alpha \cdot N^{0.458}$ değerimizin, Sakai tarafından bulunan $V_s = \alpha \cdot N^{0.5}$ ifadesine çok yakın elde edildiğidir. Bu netice iki önemli noktada faydalı olabilir. (1) Sadece P – dalga hızını kullanarak etüt sahasında derinlere doğru zemin yaklaşık taşıma gücü saptanabilir. (2) Catterpillar firmasının hazırlanan sökülebilirlik formasyon hızları ilişkileri sadece P – dalga hızları için hazırlanmışlardır. Özellikle otoyol etütlerinde kazılabilecek kesimlerin hangi derinlikler olabileceği saptanabileceği gibi alttaki formasyon taşıma gücü değerinin ne olduğu sorularına en iyi yanıt; yapılacak sismik refraksiyon etütleri verecektir.

DEPREM BÖLGELERİNDE YAPIMI ÖNGÖRÜLEN KÖPRÜ, ÜST GEÇİT V.S. GİBİ MÜHENDİSLİK YAPILARIN OTURACAĞI ZEMİNİN (T_{pp}) HAKİM TİTREŞİM PERİYOTLARININ HESAPLANMASI

Profesör Sakai geliştirmiş olduğu penetrometresi yardımıyla zeminin ortalama N değerlerini bulmakta, buralardanda hazırladığı V_s -N diyagramlarından (şekil 10a. b) S – dalga hızını hesaplamaktadır Ref (3). Bu değerlerin bulunmasından sonrada Kanai denklemini kullanarak zemin hakim titreşim periyotları $T=4.H/V_s$ formülü yardımıyla bulabilmektedir. Bu formülde temeldeki S-dalga hızının 500-700 m/sn olduğu seviyeler Sakai tarafından sismik-temel olarak belirlenmekte ve yukarıdaki formülü S – dalgasının bu değerleri elde edilinceye kadar tarif etmektedir. Ancak Sakai'nin bu yaklaşımı her zaman arzu edilir neticeler verememektedir. Zira penetrometre en fazla 15-20 m. (yumuşak kilde) gibi bir penetrasyon yapabilmektedir. Çoğu kez bu derinlikler için elde edilen V_s dalga hızları 500 m/sn'nin çok altında bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmalarımızda yukarıdaki formülü kullanabilmek amacıyla daha önce anlatılan yerinde geliştirilmiş bir yöntemle hem V_p ve hemde V_s dalgasının 200 m. derinliğe kadar elde edilmesine imkan veren bir teknik kullanılmaktadır. Konik bir ağırlığın hipotenüsü üzerinde patlatılan enerjiden istifade edilerek yatay jeofonlar yardımıyla ilk varışlar kaydedilmektedir Ref(4). Ancak bu çalışmada genellikle geniş off-set kullanıldığında P dalga varışları jeofonun yatay konulması nedeniyle oldukça zayıflatılmış olduğundan RS-4 12 kanallı sismik cihazıyla aynı anda devreye sokulan Engineering-Seismograf bir arada kullanılmaktadır. Ayrıca arzu edilir kritik off-set mesafesinin saptanması için önce rezistivite ölçüsü alınmış ve daha sonra Şekil (22) de görüldüğü gibi Log-Log skalada V_p , V_s ve elektrik rezistivite değerleri aynı grafik üzerinde yatay kolonlar boyunca belirlenmiştir. Kanai formülü kullanılarak $T_{pp} = 4H_1/V_{S1} = 4 \times 17.59/462 + 80.02 \times 4/554 = 0.729$ sn. bulunmuştur.

Zeminin hakim periyot değerleri yukarıdaki yolda hesaplanmış olup temel kayaya kadar olan seviyelerin kalınlıkları göz önüne alınmıştır. Bulunan bu değer özellikle sanat yapılarının hakim titreşim periyotlarının saptanmasında çok önem taşımaktadır. Zeminle üst geçit veya

köprünün periyot değerlerinin birbirlerine yakın olması halinde yapıyı tehlikeli duruma sokacak rezonans olayı meydana gelebilir. Bu nedenle kesme dalgasının derinlere kadar bulunması büyük önem taşımaktadır.

DİNAMİK POİSSON ORANININ “μ” HESAPLANMASI VE ARAZİDEKİ $G_{\max,\mu}$ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN SAPTANMASI

Gerek arazide yerinde P ve S dalgası hızlarının elde edilmesinden ve gerekse laboratuvar şartları altında E_d ve G değerlerinin bulunmasından sonra dinamik poisson oranı hesaplanabilmektedir. Önce sahada sismik çalışmaları takiben poisson oranının nasıl bulunduğu ve daha sonrada μ - G_{\max} arasındaki ilişkilerin nasıl geliştiğine bakalım. Ayrıca laboratuvarda ultrasonik testler yapıldığı sırada poisson oranı nasıl elde edilmektedir? Bu konu üzerinde ayrıntılı olarak durulacaktır.

V_p ve V_s dalga – hızları bilindiğinde dinamik poisson oranı aşağıdaki ifade ile elde edilmektedir.

$$\mu = (V_p / V_s)^2 - 2 / 2 [(V_p / V_s)^2 - 1]$$

Kayma Modülü $G_{\max} = V_s^2 \cdot \rho \cdot 10^5 / 9.81 \text{ kg/cm}^2$ formülünde yoğunluğun bilinmesi ve S – dalga hızının (km/sn) elde edilmesi sonra hesaplanabilmektedir.

Kayma modülü; özellikle heyelan sahalarında yamaç aşağı etkin olan kuvvetin hesaplanmasında, büyük makinaların çalışması sonunda ortaya çıkan zararlı titreşim etkilerinin bulunmasında, deprem ile patlama etkilerinin tesiri altında kalan bölgelerdeki yapıların stabilitesi ve güvenliği için bilinmesi gerekli bir parametredir. Şekil 13’de Samsun Hava Alanı heyelan sahasında yukarıdaki formüller yardımıyla kayma modülü hesaplanarak “Aktif – Heyelan sahası” ve “heyelan etkilenmeyen kesimde” karakteristik değerler bulunmuştur. Aktif heyelan sahasına ait değerler 7081-7994 kg/cm^2 arasında bulunmuştur. Bu değerler Şekil 12’de taranmış alana ait değerlerdir. Heyelandan etkilenmeyen sahada bu değer $G = 17375\text{-}19563 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir. Heyelan olmayan saha değerini aktif heyelan sahası değerine oranı 2.76 olmaktadır.

$G_{\max,\mu}$ İLİŞKİLERİ

Jeofizik elektrik yöntemleri mühendislik jeolojisine uygulandığı sırada bir jeofizikçiyi en büyük tereddüte düşüren husus şunlar olmaktadır. Açılmış bir sondaj kuyusu içinde silt, kil, yağlı kil varsa ve bu sondaj üzerinde rezistivite çalışması yapılmış ise bu sondaj kuyusu içindeki malzemeleri belirleyen hakiki rezistiviteler saptanabilmektedir Ref (11). Çoğu zaman bu kuyulardaki killi, siltli zeminler için elde edilen rezistiviteler aynı olmakla beraber formasyonların cinsleri farklı olmaktadır. Şekil (13) de çeşitli sondaj loglarıyla killi birimlerin rezistivitesi arasındaki ilişkiler görülmektedir Ref (11). Bu şekilde düşey ekseninde killi, siltli, yağlı killi malzemelerin rezistivite saha çalışmalarıyla saptanan “hakiki rezistiviteleri” yatay ekseninde ise bu

sondaj numunelerinin jeolojik sınıflandırılması görülmektedir. Şekilden açıkça görülebileceği üzere kil, silt, killi silt, siltli kil, yağlı kil hakiki rezistivite 5-30 Ω -m arasında değişme göstermektedir. Bu çalışmada çıkartılabilecek diğer önemli bir sonuç rezistivite çalışmasıyla killi siltli birimlerin birbirlerinden ayrılma olasılığının mevcut olmayacağıdır. Bunun neticesi olarak jeolojik logu bilinen bir noktadaki kil aynı rezistiviteyi göstermesine rağmen jeolojik deskripsiyonu bilinmeyen bir noktadaki formasyonun aynısı olmamaktadır. Buna neden killi zeminlerin önemli ölçüde klor veya sulfat içermeleri ve neticede ölçülen rezistivitenin formasyonun ihtiva ettiği suyun kondüktivitesine doğrudan bağlı olmasıdır. Formasyon içerdiği suyun kondüktivitesine bağlı olmayan parametreler P ve S – dalga hızlarıdır. Plastik kil, silt, az ayrılmış tuf gibi jeolojik birimlerin sismik yönden farklılık gösterip göstermeyeceği konusunda bir araştırma yapılmış ve Şekil (15) de G_{max} ile μ arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu şekilden çıkarılabilecek en önemli sonuçlar; poisson oranı, μ , arttıkça her üç jeolojik birime ait Kayma Modülü, G, değerleri azalmaktadır. Ayrıca belirli bir “poisson oranı” değeri için bulunmuş olan G değerine bakıldığında siltli kil değerlerinin plastik kilden iki misli daha büyük olduğu görülür. Az ayrılmış tufün daha büyük G değerleriyle karakterize edildiği dikkat çekmektedir. Diğer önemli bir husus poisson oranı μ 'nün 0.425-0.485 arasında değişiminin farklı formasyonlar için dikkate değer G_{max} değişmelere yo açtığıdır. $G_{max-\mu}$ grafikleri yardımıyla killi zeminlerin sınıflandırmalarının mümkün olabileceği ümitli görülmektedir. ML, CL, CH gibi çeşitli birimler üzerinde $G_{max-\mu}$ arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi yolundaki çalışmalar ilerlemektedir. Bu yolda yapılacak çalışmaların ışığında rezistivite yöntemleriyle ayrılmaları olanaksız olan birimlerin P-S ve μ değerleri bilinmesiyle olanak dahilinde gireceği tahmin edilmektedir.

Bilindiği gibi siltler (ML) sıvılaşma özelliklerine sahiptirler. Partiküller arasında yapıştırıcı özelliği yoktur. Bilhassa karayolları üzerinde siltli malzemelerin bulunması halinde aşırı kapilerite göstermesi nedeniyle yeraltı suyunun daha süratle yüzeye yükselmesine ve neticede tahribata yol açarlar. Siltler deprem sırasında daha kolay sıvılaşma özelliğine sahiptirler. Yağlı killerde (CH) zamana bağlı deformasyonlar önemli olmaktadır ancak taneler arası bağlayıcı özellikleri bu killerin siltlere göre önemli bir farklı yönüdür. Eğer μ , G_{max} arasında yukarıda söz konusu olan farklı formasyonlara göre farklı doğrular saptanabilirse, daha avan proje safhasında özellikle otoyol güzergahı üzerinde zeminin çok önemli özellikleri ortaya konabilir. Bu ise çeşitli alternatiflerin araştırılmasını avan proje safhasında önemli bilgiler ortaya çıkarabilecektir.

**LABORATUVARDA KİLLİ-SİLTİLİ KAROT NUMUNELERİ ÜZERİNDEN (POISSON
ORANI), Ed (DİNAMİK ELASTİSİTE MODÜLÜ), G (KAYMA MODÜLÜ)
DEĞERLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

Soil Test firmasının imal edilen CT-366 Sonometre aletiyle Şekil (16) da görüldüğü tarzda killi – silt silindirik karot numunesi üzerinde iki istikamette rezonans frekanslar hesaplanabilir. Bu deneyler yapılırken ASTM-C 215-60 nolu şartnameler kullanılmıştır. Şekil (16) şematik olarak gösterilen alet esas olarak; çeşitli frekanslarda titreşim sağlayabilen titreşim amplifikatörü, Osiloskop ve bir titreştiriciden ibarettir. İki ana istikamette saptanan rezonans frekansları aşağıda verilecek olan formüllerde yerine konulmuş ve neticelere gidilmiştir.

Aletle ölçü alınırken silindirik numunenin bir ucundan titreştirici vasıtasıyla verilen sinyal pikap iğnesi vasıtasıyla numunenin diğer ucundan alınır. Bu sırada verilen sinyalin frekansı pikap iğnesinin numune üzerindeki iki ayrı durumu için elips şeklinde oluşuncaya kadar değiştirilmelidir. Bu testler sırasında meydana gelen strain/zaman/kuvvet olayı Şekil 2'deki gibi gelişme göstermektedir. Pikap iğnesi ve titreştirici numunenin karşı iki ucunda ise teşekkül ettirilen elips sağa yatık olmalıdır. Eğer pikap iğnesi titreştiricinin tarafında ise bu taktirde elips sola yatık olacaktır. Pikap iğnesi numunenin ortasına bulunduğu ise Osiloskop ekranında görülen şekil düz bir çizgi halinde olmalıdır. Yukarıdaki bu şartlar sağlanması anında veya enine ana rezonans frekanslar saptanarak aşağıdaki formülde yerine konulurlar.

$$Ed = 0.01318 \cdot L \cdot W \cdot n^2 / d^2$$

ÖRNEK:

Yukarıdaki bu formülde

Ed = Dinamik Young elastisite modülü (P.S.I.)=?

W= Numunenin ağırlığı (Lb) = 5.899 lb.

d = Silindirik numunenin çapı (Inch) = 3.23 inch

L = Numunenin boyu (inch) = 8.86 inch

n^I = "boyuna" ana rezonans frekansı (devir/sn) = 420 c/s

Ed = 0.0660874 x n^{I2} = 11658 psi = 0.0703 x 11658 = 820 kg/cm²

Dinamik kayma modülü içinde

G = Dinamik rijitide veya "shear" modülü (P.S.I.)=?

W = Numunenin ağırlığı (lb) = 5.89 lb.

n^{II} = Burulma ana rezonans frekansı (devir saniye) = 243 c/sn

L = Numune boyu (inch) = 8.86 inch

g = Yer çekimi ivmesi (inch/sn²) = 386.4 inch/sn²

A = Silindirik kesit alan (inch²)

$$G = 4 \times 8.85825 / 386.4 \times (3.22834/2)^2 = 0.0660745 \times 10^5 = 3902 \text{ psi} = 274 \text{ kg/cm}^2$$

Ed ve G yardımıyla dinamik poisson oranı laboratuvar şartları altında aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$\mu = Ed / 2G - 1$$

Sahada dinamik elastisite modülünün bulunması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$E_{ds} = V_p^2 \cdot \rho \cdot (1 - 2\mu)(1 + \mu) \cdot 10^5 / 9.81 (1 - \mu) \text{ kg/cm}^2$$

Burada $V_p = P$ – dalga hızı (km/sn)

$$\rho = \text{yoğunluk (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\mu = \text{poisson oranı (boyutsuz)}$$

Yukarıdaki formüle bir örnek olması yönünden aşağıdaki saha değerleri kullanılacaktır.

$$V_p = 1.829 \text{ km/sn}$$

$$V_s = 0.401 \text{ km/sn}$$

$$\rho = 1.96 \text{ gr/cm}^3$$

$$E_{ds} = (1.829)^2 \cdot 1.96 \cdot (1 - 0.474)(1 + 0.474) \cdot 10^5 / (1 - 0.476) \cdot 9.81 \text{ kg/cm}^2 = 9739 \text{ kg/cm}^2$$

Sahada yapılan P ve S dalgalarının ölçümlerinden sonra hesaplanan Dinamik elastisite modülü değerlerinin laboratuvar hesaplanan değerlerden önemli derecede farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

İZMİR – Altinyol üzerindeki değerde:

$E_{dsaha} / E_{dlab} = 3.39-4.17$ olmaktadır. Laboratuvarda hesaplanan değer 1154 kg/cm^2 olmasına karşın sahada by değerler 3923-4815 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Bu oran PETLAS tesislerinin fabrika sahasında 0.96-2.82 arasında değişmektedir. Dinamik elastisite değerlerinin sahada daha büyük elde edilmesine neden, muhtemelen numunenin alınması sırasındaki örselenmedir. Ref (12). Ancak projelendirme safhasında tek başına laboratuvar neticelerine sadık kalmak hatalı ve eksik bir görüştür. Heyelan sahasından laboratuvara getirilen numuneler üzerinde yapılan tek eksenli ve üç eksenli testlerden elde edilen veriler çoğu zaman araştırmalara “Bu sahada elde ettiğimiz değerlere bakılırsa heyelan olmaması lazım gelmektedir.” derirtecek kadar farklı neticeler vermektedir. Herşeyden önce laboratuvara getirilen test yapılabilecek numuneler örselenmiş karotun en sağlam yerinden kesilip hazırlanmaktadır. Gevşek ve içinde çakıl bol olan bir seviyeden alınan karottan laboratuvarda arzu edilir boyutta numune çıkartabilmek mümkün değildir. Fakat yerinde sahada yapılan araştırmalar formasyonların o anda içinde buldukları gerçek yük şartları, su muhtevası değişimsiz tamamlanmış için en ideal şartlara sahip olduğu ortam içinde tamamlanmaktadır. Bundan böyle projelendirmede kullanılacak parmetreler laboratuvarda çok sınırlı şartlar altında karot numuneleri üzerinden elde edilen verilere göre değerlendirmeyip – sahada yapılan araştırma sonuçlarına uydurulması en arzu edilir çalışmalar olmaktadır.

DEPREM ZARARI ÜZERİNDE LOKAL TOPRAK KOŞULLARIN ETKİSİNİN P DALGA HIZI İLE SAPTANMASI (MİKROBÖLGELENDİRME ETÜDÜ)

Genellikle Egridir, İzmir, İzmit, Sapanca gibi 1. dereceden deprem kuşağı üzerinde yapılacak büyük binaların, fabrikaların, köprü veya tünel gibi sanat yapıların projelendirmesi sırasında zemin gevşek veya sıkı oluşu meydana gelecek bir depremin şiddetini artırır veya azaltır. Mikro-sismik bölgeleme sismik-refraksiyon çalışmalarından elde edilen bilgilere dayanılarak yapılan bölgelemedir. Bu çalışmaların gerekliliğini belirlemek için Medvedev (1963) tarafından elde edilen neticeleri özetlemek yerinde olur. Aynı deprem şiddet değerinin meydana getirdiği deformasyon sıkı zeminlerde gevşek zeminlere nisbeten 10 defa daha azdır. Deprem şiddetinin (n) 1 derece artması halinde yapısal hasarın 20 misli attığı görülen durumlardır.

Puckhow-1965 yılında yayınladığı raporda, şiddetli depremlerle ilgili çalışmalardan şu sonuçlara varılmıştır. Yıkıcı bir depremin şiddeti sağlam temel kayada 7, halbuki gevşek kumlu ve killi zeminlerde 9 veya 10 mertebesine ulaşabilmektedir. İleri ülkelerde özellikle endüstriyel merkezlerde üzerinde önemle durulan bu konu ülkemizde maalesef yeterince uygulanmamış ve anlaşılmamıştır. Aşağıda birkaç etüt sahasından mikrobölgeleme çalışmalarına örnek sunulacaktır.

Zeminler toplam şiddet artışı Prof. Medvedev (1963, 1964) tarafından aşağıdaki formül ile verilmiştir.

$$n = 1.67 (\log V_o \rho_o - \log V_n \rho_n) + e - 0.04h^2$$

Yukarıdaki formülde n= sismik şiddet artışı (GEOFIAN) skalasına göre değeridir, V_o = Granite ait P- dalga hızı (5600m/sn) , ρ_o = Granite ait yoğunluk(2.9 gr/cm³), V_n = Araştırılan sahadaki formasyona ait P-dalgası hızı, ρ_n = Araştırılan sahadaki formasyon yoğunluğu.

Toprakların akustik sertliklerini saptama prensibine dayanan sismik-mikro zonlaşma çalışmaları, sanat yapıların oturacağı zeminlerde, büyük tesislerin kurulacağı zeminlerde yoğunlaştırılmıştır. Yukarıdaki formülde (h) yeraltı su tablası derinliğidir. Yeraltı suyunun ilk 10 metre derinlikte mevcut olması halinde e-0.04 h² değeri sismik artışına etkilemekte, 10 metre derinlikten sonra ihmal edilebilir. Yeraltı suyu hemen satıhta ise (h=0) bu değer 1 olmaktadır. Yeraltı suyu derinliğinin saptanmasında mekanik sondaj verileri ve sismik hız neticeleri gözönünde bulundurulmuştur. P dalga hızınının 1000 m/sn değeri aştığı seviyeler yeraltı suyunu doymun kabul edilmiştir. Etüt edilen sahadaki formasyonlar farklı hızlardan oluştuğu için ilk 10 metrelik kalınlık için ortalama sismik hız

$$V_{ort} = \frac{I}{H} \sum V_i \times h_i$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil (17-21) de etüt sahasındaki şiddet artışı tekerrür sayıları düşey ekseninde, sismik şiddet artışlarında yatay ekseninde gösterilmiştir. Etüt edilen saha 1 nci dereceden deprem bölgesinde bulunuyorsa $I=7$ alınmaktadır. En fazla tekerrür eden sismik şiddet artışına $I=9$ MM değerinin tekabül ettiği kabul edilmiştir (Ref (13)). Şekil 17’de bu değer (2.2-2.3) olmaktadır. (2.2-2.3) değerinden küçük şiddet değerleri 9 olan çıkartılmış, büyükler ise eklenmiştir. Bu şekilde bir işlemle zeminin dezavantajlı kesimlerinde I , sismik şiddet değeri yükselmiş, iyi zemin koşullarında ise I değeri daha küçük değerlerle karakterize edilmiştir. Sismik şiddet değerindeki artmalar (n) küçük rakamlarla ifade edilmektedir. Ancak saha gözlemleri deprem şiddetinin 1 derece artması halinde bazen zarar miktarında 20 misli artma olabileceğini göstermiştir. Aktif heyelan sahalarında örneğin Samsun Hava Alanı heyelan sahasında (Şekil 19) $I_0 =7$ değeri $I=7.51$ değerine yükselmiştir. EHA-11 noktasında elde edilen bu değer heyelan sahasında kopmaların en fazla olduğu kesime rastlanması oldukça ilginçtir. Zira ileride meydana gelebilecek bir deprem anında, şiddet değeri zeminin zayıflığından ötürü artmış olan kesimlerde (Örneğin EHA-11 noktasında) kaymalar daha şiddetli olabilecektir. Gerek İzmir Altinyol ve gerekse İzmir Foça’da sismik şiddet artışı $I=9.35$ değerine yükselmektedir. Gene birinci dereceden deprem bölgesi Sapanca’da bu değer 10.32’ye kadar yükselmektedir. Egridir Kemik Hastalıkları Hastanesi sahasında gene I deri büyümüş ve 10.07 değerine ulaşmıştır. Sismik refraksiyonla tamamlanan mikrobölgeleme çalışmaları etüt sahasındaki noktalardan hangilerinde deprem riskinin az, hangilerinde yüksek olduğunu göstermesi yönünden ilginç ve önemli çalışmalardır. Böylece muhtemel bir deprem anında depremden daha çok veya daha az zarar görebilecek sahaların önceden ortaya konması sismik – refraksiyon çalışmalarıyla mümkün görülmektedir.

Sismik- refraksiyonla ortaya konabilen sismik şiddet artışı değeri sadece yeni yapılacak olan tesislerin oturacağı zeminde değil, fakat aynı zamanda İzmit, İzmir gibi 1 nci dereceden deprem bölgelerinde halihazırda yapılmış bulunan tesislerin civarında yapılması gereklidir. Zira kurulmuş olan tesislerin hiçbirinde deprem riski, deprem analizi, dinamik etütler arzu edilir tarzda yapılmamıştır. Sadece sahadan laboratuvara getirilen numuneler üzerinden projelendirmeye gidilmesi sakıncalı ve yetersizdir. Türkiye bir deprem ülkesidir ve bundan böylede yerinde dinamik testlerin tamamlanması gerekmektedir. Endüstri merkezlerinin yakınında yapılacak bu araştırmalar sonunda ileride meydana gelebilecek bir depremden hangi tesislerin daha fazla zarar görebileceği saptanabilecektir. Bu çalışmaların yapılmaması halinde neler olabilir? Yakın geçmişte Romanya’da meydana gelen deprem; endüstri merkezlerinde önemli yapısal hasarlara ve tesislerin kullanılmaz hale gelmesine neden olmuştur. Romanya’nın bu depremden gördüğü zararlar ülkenin kalkınmasını 5 yıl daha geriye atmıştır. Bu arzu edilmeyen gelişmelerin her zaman meydana geleceği göz önünde tutulmalıdır. Türkiye’de meydana gelebilecek tahripkar bir depremin örneğin İzmit, İzmir, Maraş

gibi şehirlerdeki önemli sanayi tesislerin tahrip ederek yukarıdaki arzu edilmeyen gerilemelere kalkınmakta olduğumuz şu sırada yol açması hiç arzu edilmez. Ancak Türkiye'nin içinde bulunduğu yüksek deprem risk durumu, geniş çapta mikrobölgeleme çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç göstermektedir. Bunun aksine bir gelişme kalkınmakta olduğumuz şu sıralatda büyük sorunlar yaratabilecek yarınları geritebilecektir Ref(18).

KATKI BELİRTME

Yazar, sismik-refraksiyon ve SPT ile ilgili verilerin temininde ayrıca laboratuvarında çeşitli elektronik aletlerin kendisine sağlanmasında geniş çapta yardımları dokunan Sayın Dr. Hikmet Çavuşoğlu'na teşekkürü borç bilmektedir.

REFERANSLAR

1. Kuran Uğur, 1975 “An Experimental Investigations of cyclic stress-stain relation and fatigue crack propagation in rocks.” Ph.D. (Doktora tezi, Imperial College-London).
2. Kuran Uğur, 1975 “Yeraltı suyundan maksimum verim elde edilecek sahanın jeofizik çalışmalarla saptanması ve bunların mühendislik problemlerin çözümündeki önemi” “Jeofizik” Türkiye Jeofizikçiler Yayını, No.6.
3. Sakai Yasika, 1968 – Sakai konik penetrometresi üzerine bir konferans. İmar ve İskan Bakanlığı.
4. Kuran Uğur, 1977 andolu otoyolu İzmit Kent Geçiş ve İzmit Sapanca arasındaki sanat yapılarına ait zeminin deprem parametrelerinin jeofizik yöntemlerle bulunması ile ilgili rapor. T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Md.
5. Kuran Uğur, 1977 İzmir Kent Geçışı Jeofizik Raporu.
6. Kuran Uğur, 1969- Sosyal Sigortalar Genel Müdürlüğünü projelendirecek olan O.D.T.Ü. karşısındaki sahanın Mühendislik Jeolojisi ve Jeofizik Raporu.
7. İmai, tsuneo, Masayoshi Yoshimura 1975-The relation of Mechanical Properties of Soil to P and S-wave velocities for Soil Ground in Japan. Oyo Technical Note.
8. Kuran Uğur, Gençoğlu Ahmet, 1975 “ Sapanca geçişi göl içi sismik-refraksiyon ve rezistivite çalışmaları”, T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Md.
9. Kuran Uğur, Yücel Erbaş, 1976. Samsun havaalanı heyelan sahasıyla ilgili Mühendislik Jeolojisi ve Jeofizik ön raporu.
10. Kuran Uğur, 1977. Zigana Tüneli içinde ve Heyelan ve sahalarında ekstensometrelerle elde edilen kuvvet deformasyon Deformasyon/zaman olayının tanımı. Türkiye Jeofizikçiler Derneği Yayını. CVI. S.2, 3.S.(5-28)
11. Kuran Uğur 1975.,60 Mekanik sondaj kuyusu neticesinin sismik-refraksiyon ve rezistivite neticeleriyle korelasyonu (yayınlanmamış).

12. Tezcan, S.S. İpek M., 1974; *Shear wave propagation in Layered soils. In.Rep. No: 74-2E Boğaziçi Üniversitesi.*
13. Ergünay, Oktay. 1973. *Deprem araştırma Enstitüsü Bülteni No. 2.*
14. Mooney, Harold M. 1974 *Seismic Shear Waves in Engineering. ASCE. Vol. 100, pp. 905-923.*
15. Richart, F.E. 1975. *Some effects of Dynamic soil properties on soil-structure interaction. ASCE. Vol.101.*
16. Medvedev, S.V. 1963. *Quantitative data on ground motion from strong earthquakes in research field of engineering seismology. Federal Sci. Tech. Int. TT-66-62216.*
17. Medvedev, S.V. V.I. Bune. *“Instruction Manual for microzoning (UNESCO/NS/SEIMS) (Ref.12).*
18. Kuran Uğur, 1979. *Devirli med-cezir kuvvetleri sonunda arz kabuğu içinde gelişen fatigue-kırık ilerlenesi ve Kuzey Anadolu San Andreas fayları boyunca “depremlerin önceden saptanması”, JEOFİZİK, Cilt VIII, s.3, Aralık.*

Şekiller Dizini

Şekil 5. Aynı istasyonda P ve S dalga varışları

Şekil 6. Aynı istasyonda P ve S dalga varışları

Şekil 7. P ve S dalgalarının elde edilmesi

Şekil 8. S-Dalgası elde edilmesi ile ilgili yeni bir teknik.

Şekil 9. 200 metre derinliğe kadar S-dalgası elde edilmesiyle ilgili yeni bir yöntem.

Şekil 10a. Sakai Zemin Penetrometresi deney Sakai (1968)

Şekil 10b. Sakai zemin Penetrometresi Deneyi

Şekil 11. Plastik Kil ve Siltli Kile ait SPT-Sismik (S) dalga hızı ilişkisi.

Şekil 12. P-Dalga hız ile standart penetrasyon ve konik penetrasyon Darbe adedi N arasındaki ilişki.

Şekil 13. Samsun havaalanı sahasında P-dalga ile SPT, N değerleri arasındaki ilişki.

Şekil 13 (b). Samsun havaalanı heyelan sahasının durumu (Kuran-Erbaş1976)

Şekil 15. Plastik kil, siltli kil ve volkanik tüfe ait G_{max} ile μ poisson oranı arasındaki ilişkiler.

Şekil 16. Laboratuvarda dinamik testlerde kullanılan aletin blok diyagramı.

Şekil 17 . İzmir-Foça deprem şiddet artışı tekerrür adedi ilişkisi.

Şekil 18 . Sapanca geçişi mikrosismik bölgeleme sonuçları.

Şekil 19. Samsun Hava Alanı mikrosismik bölgeleme sonuçları.

Şekil 20. Eğridir Kemik Hastalıkları Hastanesi heyelan sahasına ait mikrobölgeleme sonuçları.

Şekil 21. İzmir-Altınyol mikrobölgeleme sonuçları.

Şekil 22. Zemin hakin titreşim periyot değerinin Kanai formülü ile bulunması