

# S-Dalgasının Alüviyal Sahalar Üzerinde Elde Edilmesi İle İlgili Yeni Bir Yöntem ve Mühendislik Jeolojisindeki Önemi

*Â. New technique for S-wave detection in soil and significance of this in engineering geology*

UĞUR KURAN

Karayolları, Ankara

ÖZ : Bilindiği gibi granüler zeminler üzerinde kesme veya S-dalgasının elde edilmesinde en büyük güçlüğü, bu dalganın, sahada etkin şekilde yaratılması teşkil etmektedir. Diğer taraftan S-dalgasının yayılımı sırasında zeminde meydana gelen deformasyon nedeniyle enerji kaybı önemli almaktadır. 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 grupta toplanabilir.

a) S-kesme dalgasının, 200 metre derinliğe kadar etkili bir şekilde elde edilmesi için geliştirilmiş yeni bir yöntemin sunulması.

b) Bu dalganın 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 yapılarının oturacağı zeminlerin ( $T_{pp}$ ) hakim titreşim periyodlarının hesaplanması»

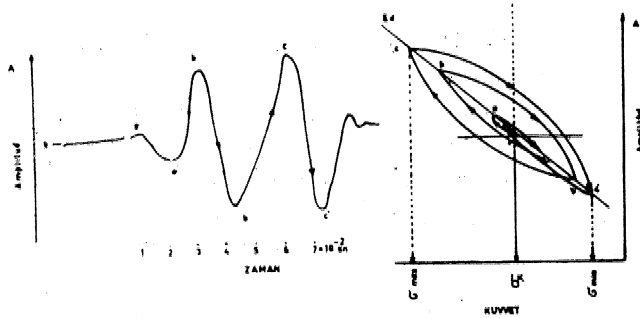
• • Dinamik Poisson oran "p," hesaplanması ve arazideki  $G_{max}$  ve arasındaki ilişkilerin saptanması.

Titreşim, yapan aletlerin, oturacağı zeminlerde elastisite modülü  $E_d$ 'nin saptanması

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

ZEBÜFLPraDE DİNAMte YÜKLERİN  
MEYDANA GETÖtttaiEst VE BU  
YtMLERE AİT AMPUTÜD/ZAMAN  
KUVVI^/AMPYjrt^ 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 dinamitin büyüklüğüne bağlı olacak şekilde hasil edilen itici kuvvet zeminde yaran küre şeklinde bir çukur hasil eder, Bu yarım küre çukur, dinamit patlaması anında önemli kalıcı deformasyon meydana getiren itici kompresif yüklerin mevcudiyetini kanıtlar\* Şayet etüd sahasındaki malzeme oldukça katı veya davranışları kalıcı deformasyonu meydana geüremeyecek kadar elastik ise malzeme patlamayı müteakip ilk duruma gelecektir\* Şekil (1) de zeminde dinamit patlamasıyla meydana getirilen P-dalgasının alıcıya (veya Jeofona) geliş anındaki bir kayıt görölmektedir. Burada yatay ekseninde zaman  $XIQ^{-E}$  sn, olarak belirlenmiştir. Düşey ekseninde ise Amplitüd görölmektedir. Burada önemli olan konu; dinamit patlatılması sonucu hasil olan dinamik yük tek yönlü monotonik artan bir yük müdür? Yoksa zeminde devirli olarak yükleme boşalma yapan sayklik tip bir yük müdür?



Şekil 1 Sahada dinamit patlaması anındaki ampütü/zaman/kuvvet olayı.

Figure 1 AmpUtude/ilme/&tres§ phenomena occurring during a dynamite explosion in the field.

Bu suallerin cevabını şekil (1) de sağ taraftaki kuvvet amplitüd diyagramında bulmak mümkündür. Bu diyagramda sol taraftaki ampütü-zaman diyagramının nasıl bir kuvvet alanı sonunda oluştuğu sağ taraftaki grafik yardımıyla açıklanacaktır. Bu olayın anla

şırnası için Özel bir dönüşüm tekniği uygulanmaktadır, Ref (1), Bu teknikte evvelâ sağ tarafta bir x-y düzlemi alınmış ve düşey ekseninde Amplitüd yatay ekseninde kuvvet (gr) belirlenmiştir\* Sismik dalganın kuvvet/amplitüd/zaman olayının aydınlanması için aşağıdaki yolda bir uygulama yapılmıştır.

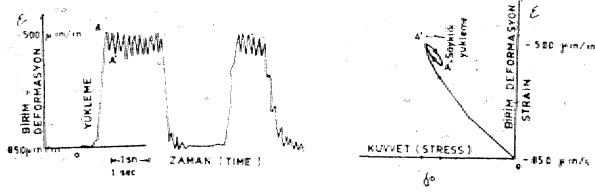
i) Kuvvet\* Amplitüd düzlemi üzerinde bir (ox) doğrusu çizilmiştir. c<sub>x</sub>, herhangi bir anda ve belirli bir derinlikte zeminde mevcut olan "yatay statik kuvvet" olsun,

ii) Sağ taraftaki kuvvet-amplitüd düzlemi üzerinde bir doğru alınmıştır. Bu doğru eğiminin zemini teşkil eden malzemenin "Dinamik Mastisite modülüne, Ed" eşit olduğu farzedilmiştir, Ed ile ex doğruUarımn kesim noktası dinamik yüklemenin başladığı yer olması yönünden önemlidir,

iii) a» b, c ve a S b' c' noktalarından yani maksimum ve minimum amplitüd değerlerinden zaman eksenine paraleller gerek "Ed" doğrusuyla kesim noktaları saptanmıştır. Bu noktalar kuvvet-amplitüd düzlemi üzerinde en yüksek ve en düşük dinamik yükleme değerlerine tekabül edecektir, Ed doğrusu üe &x doğrusunun kesim noktası olayın başlangıcı kabul edilerek a, b,c ve &V/c' 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 görölmektedir.

LABÖBAİİUVABDA ULTBASONİK  
TESÜLEB SİKASINDA KUVVET/ BİKÖİ  
DEFÖRMASYON / ZAMAN OLAYI

Diğer bir dinamik yükleme laboratuvar şartları altında ultrasonik cihazlarla (Soil Test-OT 366 Sonomètre) meydana getirilen yüklemedir. Şekil (2) de ultrasonik testler sırasında silindirik bir dasit kaya numunesi üzerine yapıştırılan 1 em uzunluğunda (straîngauge = çok ince tellerden yapılan deformatyon ölçen alet) streyn geyem "digital strain indicator" den çıkıpna alt bir deformatyon-

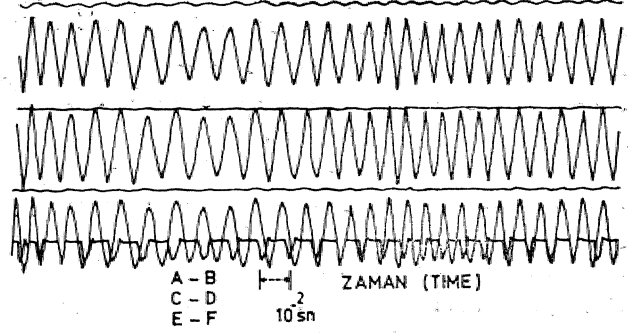


Şekil 2: Laboratuvarda ultrasonik testler sırasında kaya içinde meydana gelen deformasyonun "Bigital Strain Indicator" aleti çıkışındaki deforma&yon/zaman4cuvvet, birim defoimasyon olayı, Figure %01. Deformation/time-stress/strain phenomena occurring during the ultrasonic test on a rocir specimen.

zaman eğrisi görülmektedir. Sol taraftaki di-yagramda "O" ultrasonik testin başlangıcına tekabül etmekte ve belirli bir frekansta, kaya tıtreştirilmeğe başlandığı anda deformasyon A noktasına ulaşmakta, buradan sonra AA' arasında eşit deformasyonlar ((88 p, in/in) meydana getirecek şekilde sayklic olarak 'yüklemle ve boşaltma yapmaktadır»

Bir önceki örneğe benzer biçimde sağ' taraf'ta bir' kuvvet-biriüü deformasyon (bu değer amplitüd yerine alınmıştır) düzlemi, almıştır. Bu düzlem, üzerinde statik, kuvvet şeklinde gelişme gösteren "OA" • yükselmesi çizilmiş daha sonra "AA", kuvvet aralığında (cr) devirli yüklemeler ve 'boşaltmalar gösterilmiştir. AA' arasında" devirli, yüklemeye yapan, kuvvet oa = E. E = 437832X88,10-\* = 38kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Birim deformasyon değeri- nin 850fi in/in değerinden 500 p. in/in değerine azalmam, etki eden yükün kompresisi! olduğunu kanıtlamaktadır. -

Diğer taraftan ultrasonik test sırasında kaya üzerine bir jeofon bağlanır da bunun "Engineering Seismograph" aleti üzerindeki kayıtları incelendiğinde Şekil'.(3) deki netice-ler elde edilir. Burada yatay ekseninde X1.0~<sup>2</sup> sn zaman çizgileri, düşey ekseninde, ise Amplitüd yer almaktadır. Ultrasonik test esnasındaki amplitüdlere göre zamana göre değişimi incelendiğinde bunların bir' dinamit patlatılması. am-< da hasıl olan dalgadan veya bir deprem dalgasından çok farklı olduğu görülür\* En belirgin fark şüphesizM amplitüd (veya sayklic yüklemeye ve boşaltma) büyüklüğünün zamanla değişiminde görülmektedir. Dinamit" patladığı veya... bir deprem, oluşumu anında ortaya çıkan enerjide;, dalga, amplitüdlere birden en'büyük değerlere . çıkmakta daha'.sonra zamanla



Şekil 8: Kayalar üzerinde yapılan ultrasonik testler sırasındaki dinamik yüke ait ampüt&ierin sa'-mana gere değişimi.

Figure 3 : Variation «af amplitude with tinte during the ultrasonic test on a rock, specimen

zayıflama göstererek 'başlangıçtaki. durumuna . gelmektedir. Halbuki • ultrasonik testlerde per> yot sabit olmakta, yüklemeye ve boşaltma şe^fin^ de etki gösteren dinamik yük ampütüdlere sabit .değerlerde bulunmaktadır. -Bef (15)\* Her iki olayda müşterek olan husus zeminde tek yönlü, değil fakat devirli yüklemeye ve boşaltma tipinde \*\*fatigue" yüklemelerin mevcut olduğudur. Bu, nedenledirki depreme dayanıklı yaypi tekniğinde inşaat mühendislerinin en çok üze^ rinde durduğu konu;, yapımda kullanılacak beton Ye demirin "fatigue" özelliklerinin araştırılması olmaktadır. Çünkü deprem bölgelerinde inşaatı düşünülen yapılar bir deprem anında "Fatigue" tipi ^dinamik yüklemelerin etkisi altında kalmaktadır.

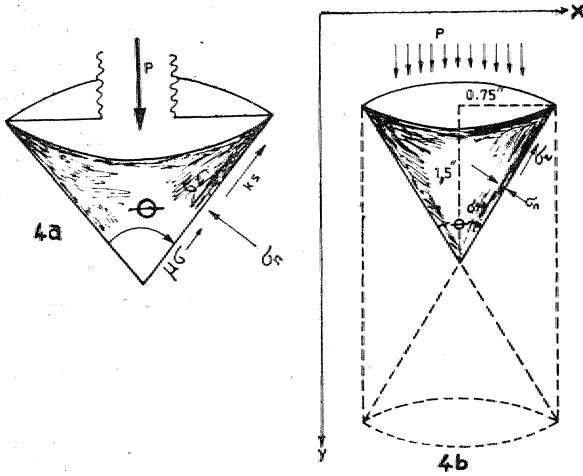
Dinamik bir dalganın ne tarz bir kuvvet alanı yarattığı konusuna kısa bir göz attıktan sonra» aşağıda Dinamik Elastisite Modülünün, zemin hakim titreşim periyodunun ve kayma modülünün hesaplanmasında önemli rol oynayan kesme dalgası-S\* in sahada elde edilmesi ile ilgili önce teorik sonrada pratik çalışmalara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

### SAHADA S-DALGASININ EÖME EDİUMDSSİ İÇİN GEIJŞKİBİLENr YEMİ BİE YÖNTEME

Gerek sahada, zemin mekaniği le ilgili konik penetrometre ^çalışmaları ve gerekse laboratuvarda kayalar veya killi, malzemeler üzerindeki fatigue veya normal tek "eksenli sıkıştırma testleri sırasında en fazla kullanılan terimler: kesme eksenli, maksimum kesme kuv-"fitü, kesme mukavemeti, maksimum, kayma düzlemi, maksimum, veya mînu:mium normal

'kuvvetler VÄ gibi -if adeler • olmaktadır., Örneğin sahada Mr Sakai konik penetrometresi ve ya Maihak penetrometresi ile testler yapılırken zeminde Şekil (4) de görüldüğü biçimde kuvvet çiftleri basıl, edilir. Burada P-değeri konik ucun derine doğru, itilmesi için belirli bir yükseklikten düşürülen 15 kg ağırlığındaki bir kütle, 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),  $\alpha_m$  (normal ana kuvvet), KS (yapıştırıcı-kohezif kuvvet),  $\mu$  çelikle toprak, arasındaki sürtünme kuvveti ve  $u\%$  kesme kuvveti olmaktadır.. Ref (2, 3)

Liaboratuvarda siiiindirik kayalar üzerinde yorulma (fatigue) testleri yapılırken maksimum- kesme eksenleri boyunca meydana gelen kırılmalar 2~adet.konik biçimde kütle meydana . getirirler« Şekil 4b. Bu kırılma olayı sılasında-en etkili kuvvetler gene  $\langle r_n$  ve  $\langle r_r$  (yani



Şekil 4: {Sahada konik Penotrometre ve labfHratavarda fatigue test arasındaki mukayeseler.

Figür© 4: Comparasion between the mechanics of the field cone-penetrometer and laboratory fatten© test,

a. Konik uç il© toprak arasındaki kuvvet dengelenmesi.

Balance of stress between soil and pointed cone.

Koninin karşı koyma kuvveti  
 $P = A_0 C_{mr} \cos \alpha e/2 + c_y \sin \alpha e/2 + \mu (f_x \cos \alpha + f_y \sin \alpha) e/2 + k_a \cot G/B$   
 $F = 0.2 M$  Turba  
 $F = 0.8 N$  fül  
 $F = k (0.5 \text{ to } 0.4) N$  Kum

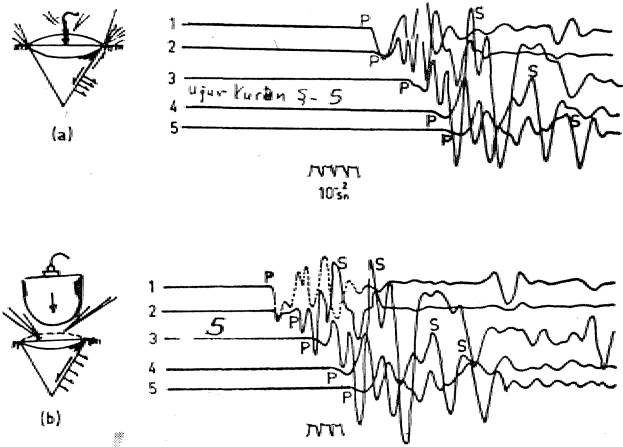
b. Fatilgue testler, esnasında konik tip kırılma  
 Cone-shape failure during' fatigue loading.

normal ve kesme kuvvetleridir).  $e_r^*$  bfeleşeneninin nasıl' etkili olduğu .konusunu, araştırmak gayesiyle yapılan çalışmalarda büyütmesi 35 olan bir mikroskop kullanılmış ve maksimum kesme eksenine .dik olarak etkiyen kuvvetin kayanın yüklenmesi ve yükün boşaltılması anındaki durumları fotoğrafla tesbit edilmiştir. Ref (1)

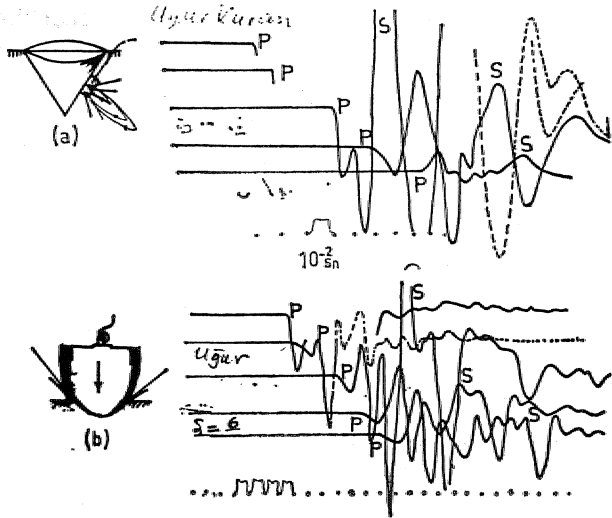
Maksimum kesme eksen, boyunca gelişen kırıkların genişliğinin, yüklemeye olduğu anda büyüdüğü, yüklemeyen, sonra boşalmaya geçildiği anda ise kırık genişliğinin azaldığı görülmüştür.. Bu çalışmalar  $c_n$  kuvvet bileşeninin, kesme eksen, boyunca çok etkin olduğunu ve  $\langle r_z$  kesme kuvvetli ile birlikte kırıkların teşekkülünde ve nibayi kırılmada önemli rol oynadıklarını" göstermiştir Yukardaki bu iki örnekten kazanılan tecrübeler ışığında sahada S -dalgasının elde edilmesinde 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 (75-100 cm) toprağa düşürülmekte, dir« Bu, düğme anında meydana gelen kuvvet çiftleri Sakai konik penetrometresinde belirlenen, kuvvet çiftlerine benzer tarzda toprakla demir arasında dengelenmektedir. Bu ani düşme anında toprakta  $\langle \sigma_B$  (normal, kuvvet) ve  $\langle \tau$  (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 (iŞekil-öa), (2) 50 kg\* ağırlığında yarı küre biçiminde bir ağırlık toprağa düşürülerek P ve S -dalgalan, elde edilmiştir, Şekil (6b). (3) Konik, biçiminde ağırlık toprağa gömüldükten sonra üzerine' yarım küre şeklindeki ağırlık düşürülerek 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

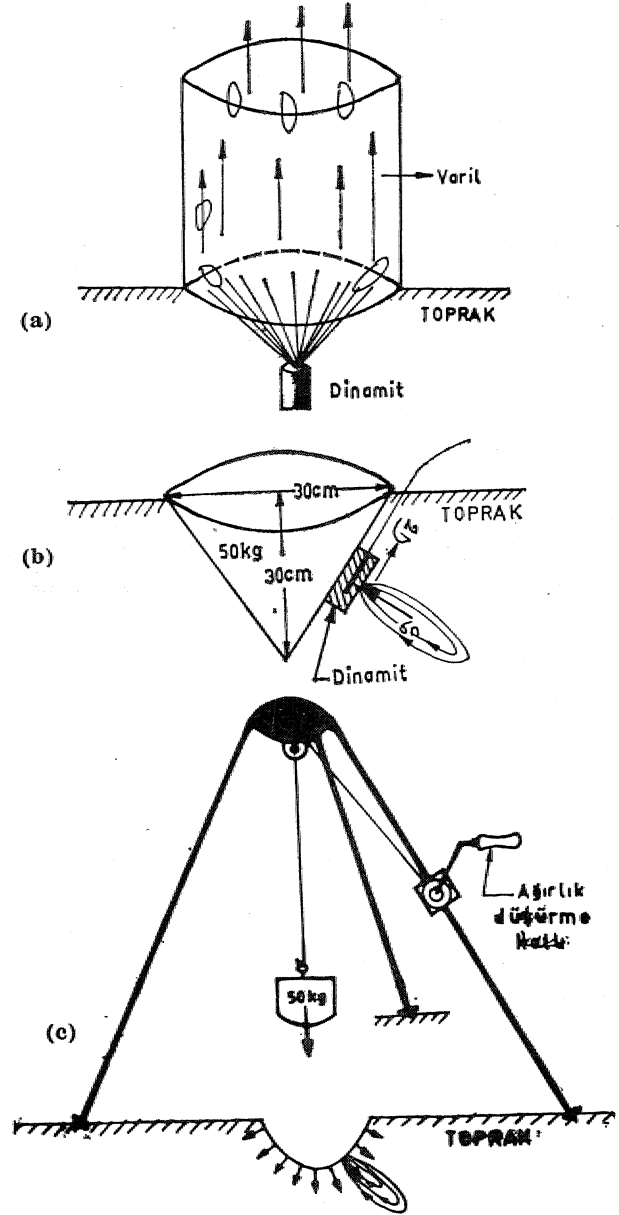


Şekil 5: Aynı istasyonda P ve S dalga varışları  
Figure 5: The traces of P and S wave arrivals from same recording station,



Şekil 6: Aynı istasyonda P ve S dalga varışları  
Figure 6: The traces of P and S wave arrivals from same recording station

miktarı etid edilecek derinliğe bağlı olacak şekilde dinamit patlatılması gerekmektedir. Şayet derin. etMler şehir içinde ve yerleşme sahaları yakınında yapılıyorsa bu takdirde Şekil (7a) daki yöntem oldukça iyi neticeler vermektedir. Bu yöntemde altı vpr üstü açılmış bir varil kullanılmış ve dinamit 25-50 cm derinliğe gömüldükten sonra köşeli çakıllar ve su ile civan iyicene sikistirdmiştir. Patlama noktası varilin tam ortasında olacak şekilde alınırsa varil sağa veya sola devrilmeden olduğu yerde kalabilir. Patlama anında yanlara doğru yayılan taş parçacıkları varilin, civarına çarparak, düşey istikamete yöneltilmiş olmaktadır ve böylece taşlar çok dar bir hacim içinde



Şekil 7: P ve S dalgalarının saltada elde edilmesi  
Figure 7: P and S-wave detection techniques in the field.

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

düşey olarak, yükselmekte ve sonra gene aynı yerlere düşmektedir. Taş düşmesinden jeofan 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

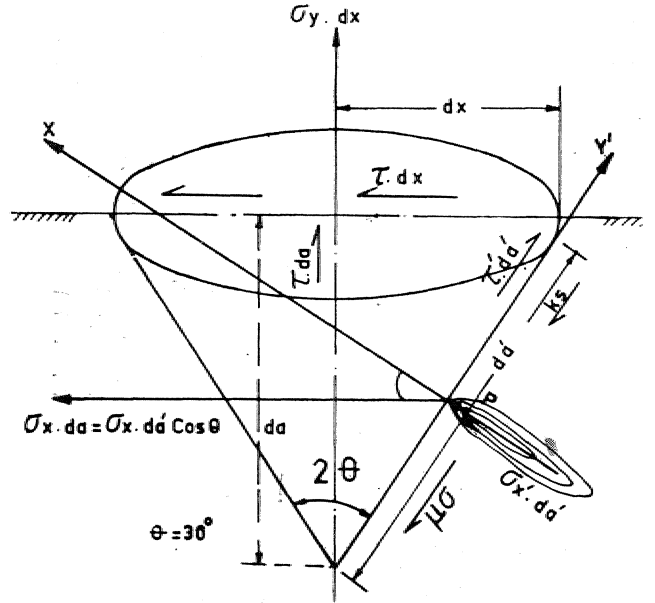
gürültüsü, nedeniyle yukarıdaki 1, 2, 3 nolu tabikat örnekleri etkili' olmadığı takdirde "Boş Varilde Patlama Tekniği" uygulanmaktadır.

Deprem, bölgelerinde küfrülacak üst yapıların oturacağı zeminde Haklın Titreşim periyod. değeri hesaplarında temel kayaya kadar olan tabakaların dalga hızlarının elde edilmesi gereklidir.. Ref (4).. Zifa:

$T_{pp} = \frac{eH}{V_s} + \frac{1}{V_s} + \dots$  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 yöntemin uygulanması gerekmektedir» 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 ciflerinin, analizinde, gene Sakai konik penetrometresinin toprakla konik yüzey arasındaki kuvvetlerin, dengelenmesinde kullanılan parametreler kullanılmıştır, Çünkü her iki yöntemde dinamik bir test niteliğindedir. Ancak burada ks ve ou kuvvet bileşenleri patlama anında hareketin farklı oluşları-nedeniyle ters istikametlerde gelişme göstermektedir. Ayrıca (Şekil-8a) dan görüleceği şekilde ox kuvveti (veya penetrometredeki  $c_r$ ) dinamit patlatılarak meydana getirilmekte ve patlamadan sonra  $a \pm$  ve  $e^*$  bileşenleri meydana gelmektedir.. Halbuki Sakai konik penetrometresinde konik, uca etkiyen P kuvveti nedeniyle  $u''$  ve  $c_r$  kuvvet cifleri hasil olmakta, ve ks ve ve pcr değerleri CT kesme kuvveti sayesinde yenilmektedir« Patlama anındada topraktaki p ve ks değerleri OT kesme kuvveti sayesinde yenilmektedir« (Şekil -8a). Şekil-8a da yapılan hesaplamalardan  $T=2(T'+1)$  değeri bulunmuştur,. Patlama anında çelik, veya dökme demir içinde P dalga hızı 5000 m/sn değerinin üstünde olmakta ve bu enerji yukardaki hesaplanan bileşenler istikametinde (normal eksen ve kesme eksen) etkin bir enerji kaynağı oluşturmaktadır. Normal eksen ve y eksenı boyunca yaratılan enerji 50 kg ağırlığındaki bu koniyi 25-35 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 hesaplamalarla  $Y\ddot{O} = 1.683, m/sn,$   $T = 2.97$  sn olarak bulun-



Şekil. 8: S-Dalgasa elde edilmesi ile ilgili yeni bit teknik.

Figure 8: New S-Wavo detection technique In the soil. Şekil 8a: Dinamit patlaması sırasında koni üzerinde etkin olan kuvvet bileşkelerinin hesaplanması.

$$\begin{aligned} \bullet \quad jFX' &= 0 \\ g_r' \cdot da &= Q_r \cdot da \cos \theta - f \cdot da \sin \theta \\ \sin \theta + T \cdot da \sin \theta \cos \theta &= f \cdot da \sin \theta \end{aligned}$$

$$Gx' = <cr.Y - (Tr) \cdot \sin^2 \theta + (<Xx + <TYH^2 + T \cdot \sin 2 \theta$$

$$l \quad fFy' = 0$$

$$^r da = \# da \cos \theta - \wedge d \sin \theta \cdot \sin \theta$$

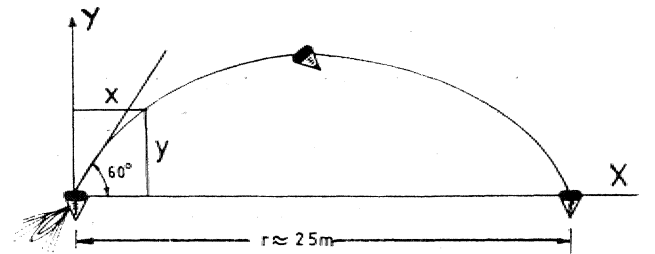
$$Q_r da \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta + gy d \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

$$T = (j.y - gy) \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta - T \cos 2 \theta \cdot \sin \theta$$

Maksimum ve minimum kuvvet değerleri için

$$\tan 2 \theta = 2 / (r_r - r_y)$$

Şekil 8-b: Patlamadan sonra koninin kat ettiği parabolik: yörünge



muştur.. Bu çalışmalar sırasında üzerinde önemle durulması gereken husus dinamitin yerleştirilmesi sırasında olmalıdır.. Dinamit, Jeofonların serildiği taraftaki koninin hipotenüsü boyunca, konulmak ve patlatılmalıdır. Bunun aksine, bir yerleştirme yapıldığında ekip- personel ve cihazların tehlikeli bir duruma, sokul-

.masına 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»

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-dalga amplitüdülerinin fotoğraf kağıdının sınırlı genişliği (9 cm) nedeniyle dışarıya taşmamasıdır, Aletin üzerindeki gain (kazanç) seviyesinin -azaltılması ve şarj miktarının düşürülmesi S -dalgasının kayıtlar üzerinden arzu edilir biçimde okunmasına imkan verir.

Konik ağırlığa etkiyen kuvvet çiftlerinin ve sahada S - dalgasının elde edilmesi yolundaki tanımlamalardan sonra sahada kesme veya S - dalgasının hangi Mühendislik, çalışmalarda kullanıldığına geçelim,

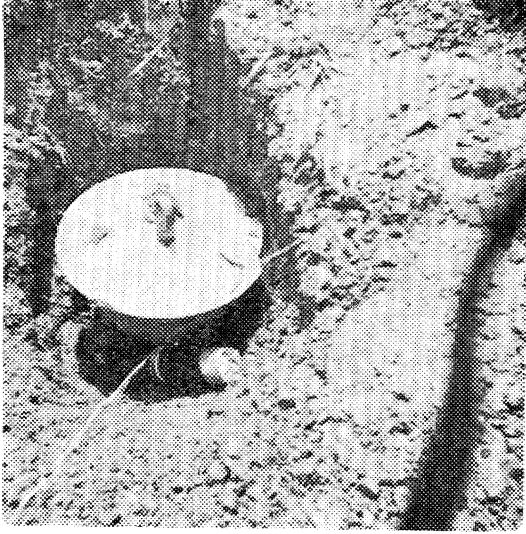
## SPT SONUÇLARI İLE S VE P - DALGA HIZLARI ARASINDAKİ İLİSKİLERİ

Yerinde sahada yapılan çalışmalar sırasında jeoloji mühendisi, jeofizikçi ve zemin, mekaniği ile ilgilenen inşaat mühendisleri, arasında kurulabilen en önemli ve kolay diyalog şüphesizki zeminlerin Yumuşak^Çok sert arasında sınıflandırılması sırasında olmaktadır» Özellikle otoyol güzergahı, etütlerinde 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 Penetrometre testleri sonunda saptanmakta ve yapım çalışmaları için gerekli ve ihtiyaç duyulan parametreler<sup>1</sup> bu yolda elde edilmektedir. SPT ve Konik Penetrasyon testleriyle elde edilen, darbe adedi (N) ile  $V_s$  ve  $V_p$  - dalga hızları arasındaki ilişkiler, bir çok araştırmacı tarafından. (Kanal, Sakai (1988), tmai 1975) detaylı Mr şekilde araştırılmıştır. Bu araştırmaları sırasında Sakai kendisinin geliştirmiş olduğu, penetrometresini (Ref: 3) kullanarak bulmuş olduğu N ortalama darbe adedi ..değerlerini,, ge-

ne.o zemini karakterize eden..çok sayıda numuneye ait &dalga ..hızlarıyla mukayese ederek kil, silt ve kum, için ayrı .ayrı grafikler çıkarılmışlardır Şekil (10a, b). Bu grafikler XXD.T.U. karşısındaki bir sahada Sakai Konik Penetrometresiyle yapılan çalışmalar sırasında kullanılmışlardır Ref (6).. Sakaı tarafından. geliştirilen yukarda .izah edilen yöntem,, Japonya<sup>1</sup> da. çok geniş çapta saha ve laboratuvar.. çalışmalarını içermektedir ancak sadece ortalama N darbe adedi sayısı, ile grafikler yardımıyla Türkiye'deki bir etüt sahasında S-kesme dalga hızına, geçmek ne dereceye kadar<sup>1</sup> tatmin edici neticeler verebilir?

Bu tereddütlü durumu ortadan kaldırmak için bu çalışmalarımızda sahada hem SPT ve hemde (S ve P) dalga "hızlarının elde edilmesine çalışılmış ve diyagramlar bu şekilde geliştirilmiştir,, Sismik neticelerle SPT (veya Konik Penetrometre neticelerinin beraberce' korele edilmelerinin en. açık nedeni yukardada 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 Mili 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 30 cm. derinlik kat etmesi için gerekli darbe sayısı hesaplanmaktadır. " "Bir\*değerler yatay ekseninde belirtilmiştir. Sakai-Eonik penetrometresinde 45 kg. lık Mr ağırlık -50 cm., yükseklikten düşürülmekte ve her 10 cm. için darbe adedi derinliğin bir fonksiyonu, olarak çizilmektedir. Derinlik-darbe adedi, grafikleri üzerinden ortalama N bulunarak (ŞeMI-4) de alt taraftaki formüllerde formasyon cinsine göre P (zeminin ' taşıma gücü) saptanmaktadır.

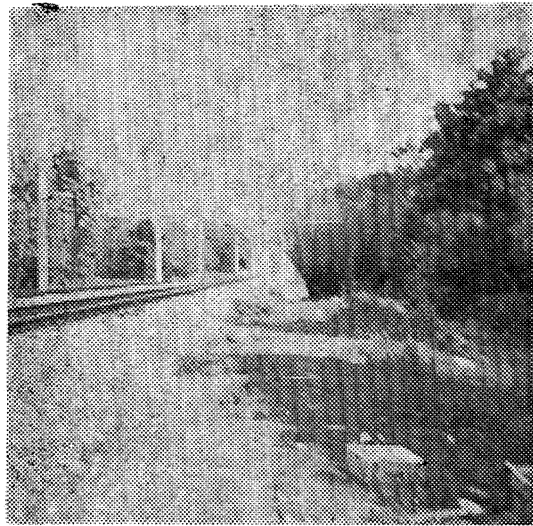
Şekil 12 de Türkiye'nin çeşitli sahalarında kil, silt, çakıl, ve- kumlu zeminler üzerinde elde edilen. SPT(N)- $V_p$  ve konik-penetrometre ile elde edilen CPT(N)- $V_p$  arasındaki ilişkiler görülmektedir,, Seklin sağ-alt köşesinde bu ./çalışmaların, hangi sahalarda yapılmış olduğu, belirlenmiştir. Yatay ekseninde darbe adedi" değerleri' ve bu değerlere göre belirlenen zeminin killi olması halinde çok yumuşak - sarf arahk-



(a)



(b)



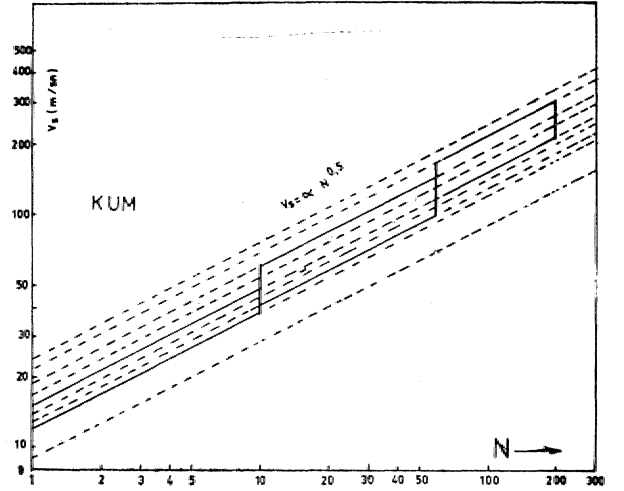
(c)



(d)

Şekil 9.-Ä00 metre derinliğe kadar S-dalgasının elde edilmesiyle ilgili yeni bir yöntem.

Figure 9: A new shear-wave detection technique (up to 2Şi meter») in the field.



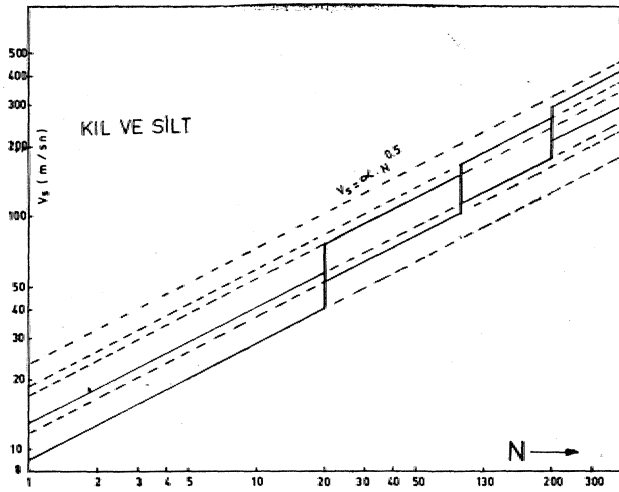
Şekil 10 a: SaMa ZenilM Penetrometresi deneyi Sakar (İPSS)

Figure 1Ş a: Relations between S-wave velocity in ground and N value of cone penetration test.

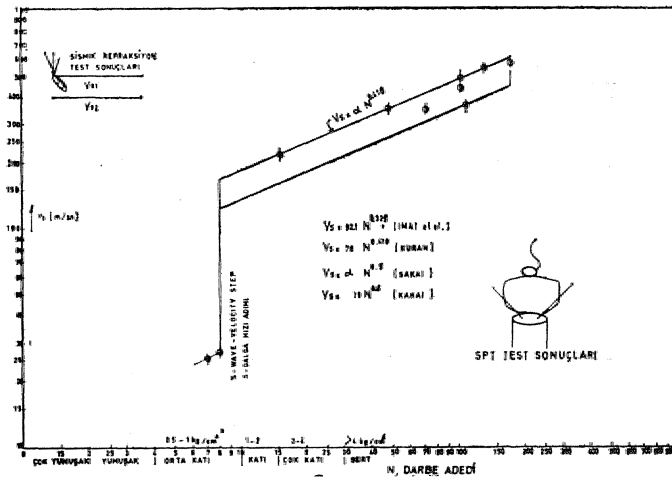
lan; graniiler olması halinde ise Şok gOTgek-gok sıkı arasındaki durumları gösterilmiştir.

İmai ve Arkadaşları (1976)  $V_p$ ,  $V_s$  ile SPT neticeleri arasındaki ilişkileri araştırmışlar ve S' dalgası ile  $N_f$  Darbe adedi ilişkilerinin nisbeten 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





Şekil 10 b: Sakai zemin penetrometresi Deneyi



Şekil 11: Plastik Kil ve Siltli kile ait SPT-sismik (S) dalgası hızı ilişkisi.

Figure 11: Relations between S-Wave velocity in ground and N values of standart penetration test

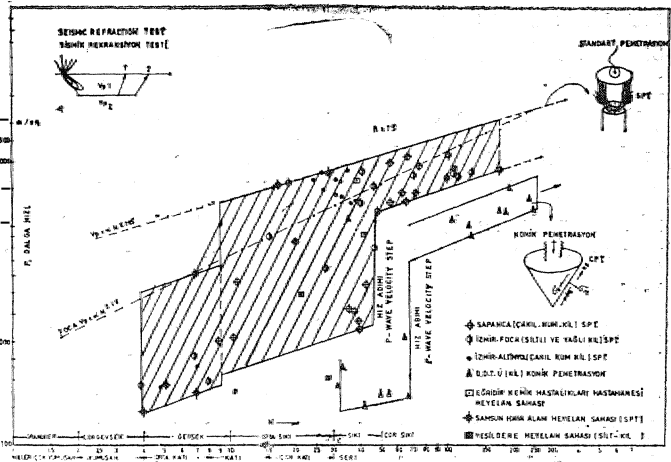
muhtelif sahalarında elde edilen 75 kadar neticenin yorumlan yapılacaktır.

Şekil 12 de görülen  $V_p$  - SPT ilişkilerinde önemli bir yayılma göze çarpmaktadır. Buna neden etütlerin, çok değişik yerlerde ve farklı zeminler üzerinde olmasıdır. Ancak log-log efenlerdeki bu dağılımlar belirli paralel doğrular arasında toplanır ve eğri eğimi saptanırsa SPT ve  $V_p$  arasındaki ilişki  $V_p = a \cdot N^{0.283}$  olarak elde edilmektedir. SPT ve N arasında bu ilişkilerin ortaya konmasından ana amaç şüphesizki süratle çok derinleri, etüt etme olanaklarının bulunması nedeniyle sismik çalışmalarla zeminleri sok yamışak-sert aralığında veya çok gevşek-gök sıkı arasında, sınıflamanın mümkün görülmesidir. Ancak bu sınıflamaya ge-

çerken jeofizik neticelerin killi, ve çakıllı seviyeler üzerinde gösterdikleri önemli gelişmelerin göz enime alınması gerekmektedir.

### KONİK PİMETKÖIİETKEı DAKBE ABEDt : (N)-SİSMİK (P) DALGA HIZI GBAtB&EKİNDE GÖRÜLEN ANİ - SİÇEAMAlıAB

Sismik  $V_p$  ve N ilişkilerinin araştırılması şurasında Eef (2) ilk dikkati çeken, husus şüphesizki sismik dalga hızında görülen ani sıçramalardır., Eef (2) deki konik penetrasyona ait  $N_f$  ve zeminin  $V_p$  hızlan Şekil-12 de iğgenleie belirlenerek; gösterilmişlerdir., P-dalgası, hızı, Milfi zeminlerde- darbe adedinin 30-68 olduğu kesimde taşıma gücü 1-2  $\text{kg/cm}^2$  oldukça linear bir gelişim gösterdiği ancak aniden 900-1000 m/sn hız değerlerine yükseldiği kaydedilmektedir. Sismik hızda ani sıçramanın olduğu, kesim 2  $\text{kg/cm}^2$  taşıma gücüne sahip • (N- = 88 darbe) yerde meydana gelmiş olup"bu" nokta okla belirtilmiştir. 1-2  $\text{kg/cm}^2$  arasmıda taşıma gücüne sahip olan bu zemin killi olduğuna göre katı olarak tarif edilebilir.  $V_p$ -dalga' hızında görülen bu anî sıçramanın formasyonun su ihtiva etmesinden ötürü meydana geldiği düşünülmektedir. Bu anî sıçrama«yi takiben  $V_p$  - N arasındaki ilişkiler belirli paraleiller arasında linear bir değişim göstermekte olup bu kesim için bulunan  $V_F$  - N ilişkisi;  $v_p = a \cdot N^{0.455}$  olarak bulunmuştur. Bu değer Prof. Sakai tarafından  $V_s$  ile N arasında



Şekil - 12: P-Dalga hm ile standart penetrasyon ve konik penetrasyon Darbe adedi N arasındaki ilişim

Figure 12: Relations between P-wave velocity in ground and N values of standart (and cone) pemetraçibn test

bulunan  $V_s = a \cdot N^{0.48}$  değerine oldukça yalan, elde edilmiştir. Foça için,  $V_p$ -N arasındaki ilişkilerden  $V_p = N^{0.48}$  değeri elde edilmiştir» Bu değerinde Sakal değerlerine oldukça çok yakındır»

#### STANDABI - PENEXBASTON DAB8B ADEDİ-P HIZI DİTAGBAMLABINDA GİÖROLEN ANI SİÇRAMALAR

Konik penetrometrelerdeki neticelere beazer tarzda SPT neticelerinde de dikkate «değer-hız sıçramaları görülmektedir. Şekil-12 de gene hakim durumda MM-siltli malzemelerin bulunduğu sahalarda (İzmir-Altıyol) darbe adedinin 9 olduğu ve katı alarak belirlenen aralıkta: ta-taşıma gücü  $1-2 \text{ kg/cm}^2$  olduğu kesimde anı *bit* sıçrama, kaydedilmektedir.  $V_p$ -hızında görülen sıçrama gene zeminin, katı olarak tarif edildiği limitier içinde meydana gelmiş olup sismik hız  $1000 \text{ m/sn}$  değerine fırlamıştır. Benzer şekilde  $V_p$ -N arasındakî ilişkiler lineer değişim aralığında  $V_p = a \cdot N^{0.48}$  olarak elde edilmektedir. Etüt edilen, zeminde kil ve siltin hakim, durumda bulunduğu bu örnekten sonra şimdide sakil ve hakim durumda bulunduğu, örneğe bakalım,. ŞeMI-12 de ayrıca Sapanca'da" elde edilmiş SFT- $V_p$  ilişkilerinde yer almaktadır. Buradaki durum daha önceki örneklerden önemli farklılık göstermektedir.. Bu farklılık; darbe adedinin. 10, 5-40 arasında daha geniş bir sahada lineerlik göstermesi olmaktadır« Sıkı olarak tarif edilen aralıkta ani BiFisimilc-fiiz artışı  $500 \text{ m/sn} \sim 1 \text{ bir. 'değer?''}$  sahiptir. Bu sıçramanın, başladığı yer granüler malzemelerin (SP-GP) \*'süa" olarak tarif edildiği ve darbe adedinin 40 olduğu, kesime •Taslamaktadır.. Düşük hız. değerleriyle ( $310-580 \text{ m/sn}$ ) karakterize edilen çam-kom seviyelerinin gevşek. ve kunt olduğu jeofizik 'log bilgilerinden, elde edilmiş  $1100-2150 \text{ m/sn}$  hızlarla karakterize edilen (çakıl, kum) su ile satüre ves sıkı olduğu jeolojik loglardan belirlenmiş bulunmaktadır.: Bu - takdirde hız sıçramalarının nedeninin form.asyontın su ile satüre sonucu olduğu, görüşü kesinlik kazanmış bulunmaktadır. ..Zira kuru. bir kumda veya MİM toprakta sismik hızın sesin havada yayıldığı hız değeri 'olan.  $340 \text{ m/sn}$  değerinden bile az olduğu, fakat .BU ile doygun olduğu takdirdede P-dalgasının su içinde yayıldığı sismik hız değerine yani  $1500 \text{ m/sn}$  değerine yükseldiği • Minen bir du-

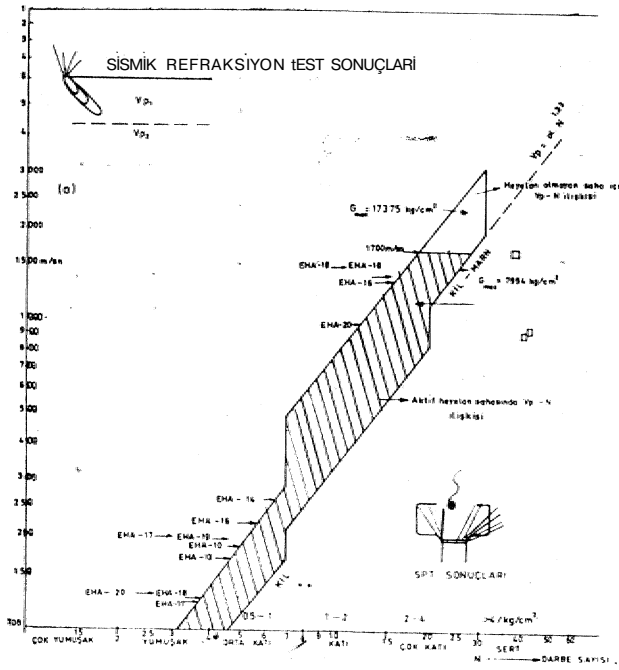
rumdur. Yutardaki bu açıklamalardan sonra sismik hızda görülen ani sıçramaların nedeni açıklanmış bulunmaktadır. O. halde Mili. ve çakıllı birimler üzerinde elde edilen  $V_p$ -N ilişkilerindeki en belirgin fark, alt taraftaki düşük hız seviyesinin çakıl ve kumda killi birimlere nazaran daha geniş "N" sayısı içinde lineer bir değişim göstermesidir.

ö halde gerek SPT ve gerekse konik, penetasyon test neticeleri bize zeminin en; önemli özelliği olan sıklığı, hakkında ve taşıma gücü değerleri hakkında önemli, bilgiler verebilmekte ve sismik çalışmaların beraberce tamamlanması halinde daha çok noktaya ve daha derinlere ait önemli bilgiler elde edilmektedir. SPT ve sismik-hız neticeleri beraberce kulları nıldıkları takdirde şu yolda bir sıra takip edilebilir.

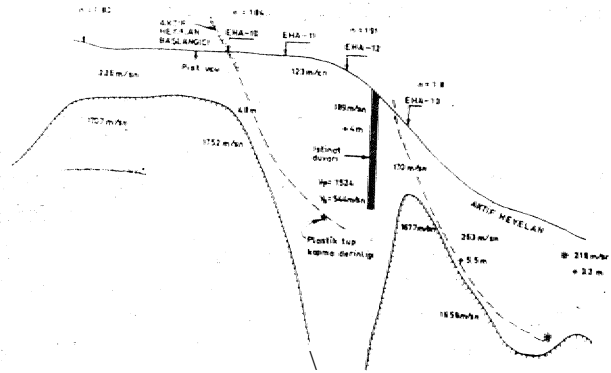
a) Eğer etüt edilen saha daha önceden araştırılmış ve SPT-N ilişkileri belirlenmiş ise bu takdirde sadece sismik refraksiyon neticelerinden hareketle yaklaşık bir N değerine geçilmesi mümkündür. Ref (5, 8)

b) Eğer, 3-4 noktada SPT testi yapılmış fakat daha geniş bir arazinin ve daha fazla derinliklerin durumu araştırılmak isteniyorsa bu takdirde her sondaj noktası için kısa offsetli ve dar jeofon aralıklı sismik-refraksiyon çalışması yapılarak tabaka kalınlıkları, hesaplanmaktadır« Bulunan hız ve tabaka kalınlıkları, için ortalama  $^{4}N$  değeri son 30 cm. penetasyon 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. SPT- $V_p$  ilişkileri, görülmektedir., Burada paralel çizgiler içinde taranmış kesim aktif heyelan, sahası içindeki SPT-N ilişkisini, göstermektedir. Taranmamış kısım, ise heyelandan zarar görmeyen ve plastik tüplerin kırıldıkları seviyelerin altında bulunan kısımları göstermektedirler; (Heyelanın kayma düzleminin bulunması yolunda yapılan çalışmalar sırasında Ref-9 plastik tüpler kullanılmakta ve uzun bir süre bu. tüplerin bozulmağa veya kopmağa başladığı seviyeler tesbit edilmektedirler. ) SPT ve  $V_p$  arasındaki ilişkilerden, elde edilen değer  $V_p = a \cdot N^{0.48}$  olup daha önceki kili •birimler, için elde edilen değerlerden çok farklı



"Şekil 18: Samsun havaalanı heyelan sabasında P-dalga ile SPT, H değerleri arasındaki ilişki.  
Figure 13: Relations between P-wave velocity in ground and N values of standard penetration test in the landslide area of Samson»



Şekil 13 (b): Samson hava alanı heyelan sahası. İlin doruma (Karan - Erbaş - 1976)

•dır Fe eğri eğimi çok artmış olar agelde edilmektedir. Daha önceki örneklere benzer tarzda sismik hızlardaki sıçramalar **orta-kab** aralığında. 4.5 m/sn, *şok* 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 heyelanını durdurmak ve daha sonra pisti uzatmak gayesiyle 9.60 -metre derinliğinde ve 170 metre uzunluğunda bir istinat duvarı **ingaa** edilmiştir. Ref -(9).\*

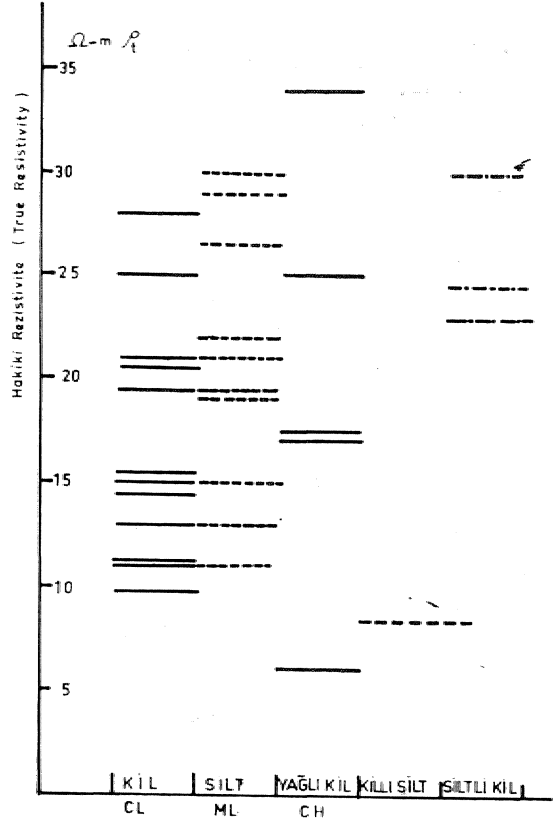
• 1968 'yılında, ' tamamlanan bu duvar şti anda • parçalanmış ve önemli ölçüde yatay ve düşey ~deformasyonlar göstermiştir/ "İstinat' duvarı- "nın oturduğu kesimde-yapılan sismik **çalışit&** lar P ve S dalgalarını içermekte ve dinamik • poisson oranı, kayma modülü değerleri bu ve rilerin ışığında değerlendirmektedir.. Ayrıca bu -noktadaki daha önce yapılmış SFT test' sonuçları ve plastik tüpün kırıldığı derinlikler jeofizik verilerle mukayese edilmişlerdir\* t'n- 'saası yapılmış' olan-istinat duvarlarının toprak • içindeki kısmı -2 - ayn. 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 kak**" 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 kabul 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 heyelanı hızlandırıcı, yönde çalışmakta\* "dır. İkinci önemli hususta; jeofizik ve • SPT neticeleri, göstermişirki **\*\*çok kak\*\*** 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 şüphesizki hem istinat duvarının yeri ve hemde derinliğimin ne .olması gerektiği konusunda güvenilir bilgiler elde edilebilirdi. Problemin, çözümüne böylesine bir yaklaşım; önemli bir yatırım yapılmış olan bu inşaatın uzun süre ayakta, kalmasına yardımcı olabildiği gi-

faî. heyelanın . dnrdrulmasıyla VB dolayısıyla iniş ve kalkış pistinin yetersiz uzunlukta otduğu göz önünde bulundurulursa pistin umtilmasında faydalı neticeler verebilecekti. Bugün bîr çok uçak, bu başarısız mühendislik çalışmasının sonucu pist Aşına çıkmakta Ye kazalara uğramaktadır. Seki. • (13b) de istinat. duvarının durumu, . jeolojik ve jeofizik verileri, içeren bîr kesit sunulmuştur,.

Şekil-1Sa 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. • Hastahanesi heyelan, sahası içinde elde edilen SPT- $V_p$  ilişkisinde yer almaktadır. Bu sahadan elde edilen bilgiler<sup>1</sup> kare şeklinde gösterilmiştir. Bilindiği üzere bu heyelan sahasında kil ve bloka. kalker -aktif heyelan sahasının esas jeolojik birimlerini teşkil etmektedirler, İri kalker blok'lan üzerine kurulmuş olan Hastahane'de 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 çekiçi 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 sahadan P-dalga hızının 2000 m/sn aştığı kısımların heyelandan zarar germediği saptanmıştır. Bu hız değerleri killi zeminleri "Sert" olarak nitelendiren aralığa sokmaktadır..

Eğridir Kemik Hastahanesi 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 sahadan ve burada binaların bitirilmiş olduğunu görecek



Şekil 14: Zeminlerin hakiki rezistivite değerleri.  
Figure 14: True resistivity values of soils.

ve "koyun eti yiyeceğim" demesiyle başlanmıştır, Ancak yapılmış olan yetersiz jeoteknik hizmetler dolayısıyla bu ek tesisler hizmete sunulamamıştır. Bunun nedenlerine aşağıda değinilecektir, Ref (1.0) da Şekil (2). de Eğridir Kemik, Hastalıkları Hastahanesi heyelan sahası ve • heyelan boyutları, gösterilmektedir.. Bu diyagramatik haritada en önemli tektonik birim, muhtemelen Kretase yaşta kalkerin güney-kuzey (S-N) istikametinde gelişen düşey atımlı bir faydır. Bu düşey fay atımının jeofizik verilerle saptanan değerleri 80 m, kadardır. (Bu atım değeri kalker-yamaç molozu kantağındaki değere tekabül etmektedir),. Diğer bir tektonik yapı Oluklan dağı kalker masifi üzerinde N 45° W istikametinde oluşan faydır\* Bu fay 90 metreden fazla bir ezilme zonuna sahiptir ve iri kalker 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 Oluk-

lan dağı kalkeriyle 1\*5-4 .metre düşey atunlann, meydana, geldiği yamaç molozu, malzemelerin, meydana geldiği "esas ayna" noktasından Eğridir gölüne dogra bakıldığında; yeni yapılmakta olan tesislerin (mesela A - 2 blokunun) bu kopmaların, en fazla olduğu "heyelanın eksenini" üzerinde bulunduğunun görülmeğidir.. Kabaca bir elips şeklinde gelişme gösteren aktif heyelan, sahasının eskidende "creep" şeklinde akma göstererek göl kenarındaki oto-yola bir kavis yaptıracak, şekilde yığılma gösterdiği dikkati çekmektedir. Genellikle "Creep" veya akma sekinde meydana gelen deformasyonlar yollar bozmakta eskiden dikilmiş ağaçların görünüş biçimini değiştirmektedir. Bu açıklamalar mevcut heyelan sahasının eskidende aktif olduğunu ancak yeterli detay jeolojik araştırma yapılmadığı için potansiyel heyelan, sahasının önceden saptanmamış olduğunu göstermek için. yapılmıştır.

Diğer önemli bir teknik hata hastahane binalarının civarında inşaat öncesi sürdürülen sondaj çalışmaları sırasında yapılmıştır. Mekanik sondajlar 25 metrenin altında iri kalker bloklara girildiğinde bu kalkerin 38.2 metre ötede görülen Olu.klan 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 yerbilimciler arasında, iyi bir koordine kurulmadığı sürece boyie devam edecek ve politikacılar hiç bir .zaman yapılmasını arzuladıkları binaları dik olarak, oturmuş bulamayacaklardır. Çünkü, bir binanın Piza kulesi gibi eğik değilde dik bir şekilde görülmesi için. jeolog-jeofizik-gemin mekanikgisi ve inşaat mühendisi halkasının tamamlanması ve dürüstçe beraber çalışılması 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 enindeki aktif heyelanı durdurabilmek için. çimento enjeksiyonları tavsiye edecek, kadar zor ve gülünç' durumlara düşürmüşlerdir. Bugün İÇMdir Kemik. Hastalık-

ları Hastahanesi ek tesislerinin heyelana maruz kalmasından ve hizmete açılmamasından en büyük zararı günlerce yer bulabilmek için kuyruklarda bekliyen binlerce hasta yurttaşımız çekmektedir. Sağlam ve güvenilir bir zemin bulunarak hastahane ek tesislerini yerleştirmek yolunda atılacak her adım uzun vadede en iyi hal çaresine götürecektir bizi.

#### S-DALGA HIZI - 8PT İLtŞKtLEKt

Plastik kil ve sütü kile ait, SPT-V<sub>a</sub> ilişkieri Şekil - 11'de görülmektedir. Bu şekilde ayrıca İmai, Kuran, Sakaî ve Kanal tarafından elde edilen neticelerde sunulmuştur. Bu neticelerde dikkati çeken en önemli husus çeşitli araştırmacılar tarafından bulunan değerlerde dikkate değer farklılıkların mevcut olmasıdır. Kanai ve Sakaî tarafından elde edilen değerlerde N üstü değerleri 0,0' ve 0,5 olarak birbirlerine yakın elde edilmişlerdir, tmaî ve arkadaşları tarafından saptanan, değer Kanai değerinden .%50 kadar küçük bulunmuştur. Kendi araştırmalarımda SPT-Vs ilişkisi için N üssü değeri olarak 0,418 ' değeri bulunmuştur. Bu farklılıkların nerelerden gelebileceği konusu önemlidir. Ancak çalışmanın bu safhasında farklı değerlerin elde edilmesinin nerelerden doğabileceği konusu 'henüz: anlaşılmalı, değildir. Ancak S-dalga hızı. SPT ilişkilerinde "orta katı"- olarak belirlenen aralıkla Vs-dalga Mandada ani bir sıçrama dikkati çekmektedir. Bunun nedenide bu safhada anlaşılammış ancak bu yoldaki geniş çaplı çalışmalardan sonra daha belirli boyutlar kazanabilecek-tir. Diğer önemli ve ilginç bir husus; farklı sahalarda yapılmış olmasına rağmen konik -penetrometre (N) -V<sub>p</sub> ilişkilerinde killi formasyonlarda V<sub>p</sub>= a N<sup>0.4M</sup> değerimizin., Sakai tarafından bulunan V<sub>s</sub> = a NV ifadesine çok yakın elde edildiğidir» Bu netice iki önemli noktada faydalı olabilir.. (1) Sadece P-dalga hızını kullanarak etüt sahasında derinlere doğru zeminin yaklaşık taşıma gücü saptanabilir, (2) Catterpillar firmasınınca hazırlanan sökülebilirlik formasyon hızları ilişkileri sadece P-dalga hızları %in hazırlanmışlardır. Özellikle otoyol etütlerinde Yazılabilecek kesimlerin hangi, derinlikler olabileceği saptanabileceği gibi alttaki formasyonun taşıma gücü değerinin ne olduğu, sorularına en iyi yanıtı; yapılacak sismik refraksiyon etütleri .verecektir.

DEPBEM BÖIÜELEBİNBE YAPIMI  
• ONGÖBtU&NT KÖPRÜ, ÜST GEÇİT V& GİBİ  
MÜHENDİSLİK YAPILARIN OTDBAOAfıl  
ZEMİNİNİN (Tpp) HAKİM MTREŞİM  
PERYOTL&JRINM' HESAPLANMASI •

Profesör Sakal geliştirmiş olduğu pénétra» metresi yardımıyla zeminin ortalama N değerlerini bulmakta, buradanda hazırladığı  $V_s$ -N diyagramlarından (Şekü-10 a/\*b) S-dalga hızını hesaplamaktadır. Ref (3).. Bu değerlerin bulunmasından sonrada Kanai denklemini kullanarak zeminin hakim, titreşim peryotlarını  $T = 4 H/V_s$  formülü yardımıyla bulabilmektedir. Bu formülde temeldeki S-dalga hızının 500-700 m/sn olduğu seviyeler Sakai tarafından, sismik - temel olarak belirlenmekte ve yukardaki 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 Mide) 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 yukardaki 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 jeolofonlar yardımıyla ilk varışlar kaydedilmektedir;., Ref (4). Ancak bu çalışmalarda genellikle geniş off-set kullanıldığında P dalga Yarışları jeofonun yatay konulması nedeniyle' oldukça zayıflatılmış olduğundan RS-4 12 kanallı sismik, refraksiyon 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 akalada  $V_p$ ,  $V_s$  ve elektrik rezistivite değerleri, aynı grafik üzerinde yatay klonlar boyunca belirlenmiştir.. Kanal formülü. kullanılarak  $\dot{I}W = 4 BJVSi + 4 H_s/V_s \dots = 4x17.59/462 + 80.02x4/554 = 0:729$  sn. bulunmuştur.

Zeminin hakim, peryot değerleri yukardaki ' yolda hesaplanmış olup temel kayaya kadar olan seviyelerin kalınlıkları göz önüne alınmıştır. Bulunan bu değer özellikle sanat yapılarının hakim, titreşim peryotlarının saptanmasında çok önem taşımaktadır., Zeminle üst geçit veya köp-

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

**DmABUK POISSON OBANINIM V\***  
**JBOESAPLANIHASI VEARAZİDEKİ**  
**G<sub>mar</sub>-p ARASINDAKİ İLİŞKİLEKİN**  
**SAPTANMASI**

Gerek arazide yerinde P ve S dalga hızlarının elde edilmesinden ve gerekse laboratuvar şartları altında Ed ve G değerlerinin bulunmasından sonra dinamik poisson oranı hesaplanabilmektedir. Önce sahada sismik çalışmaları, takiben poisson oranının, nasıl, bulunduğuna ve daha sonrada  $|A-G_{max}|$  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.

$$H = (V_p/V_s)^2 - 2/2 [ (V_p/V_s)^3 - 1 ]$$

Kayma Modülü  $G_{max} = V_s^2 \cdot p \dots KF/9.81 \text{ kg/cm}^2$  formülünde yoğunluğun bilinmesi ve S-dalga hızının, (km/sn) elde edilmesinden sonra hesaplanabilmektedir,

Kayma modülü ; özellikle heyelan sahalarında yamaç aşağı etkin olan kuvvetin hesaplanmasında, büyük makinaların çalışması sonunda ortaya çıkan zararlı titreşimlerin 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 yukardaki. formüller yardımıyla kayma modülü hesaplanarak. "Aktif-heyelan sahası" ve "heyelandan etkilenmiyen kesimde" karakteristik değerler bulunmuştur. Aktif heyelan sahasına ait değerler 7081-7994  $\text{kg/cm}^2$  arasında bulunmuştur. Bu, değerler Şekil-12 de taranmış alana ait değerlerdir. Heyelandan etkilenmiyen sahada bu değer  $G = 17375 - 19 563 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişmektedir,.. Heyelan olmayan saha değerinin aktif heyelan sahası değerine oranı 2.76 olmaktadır.

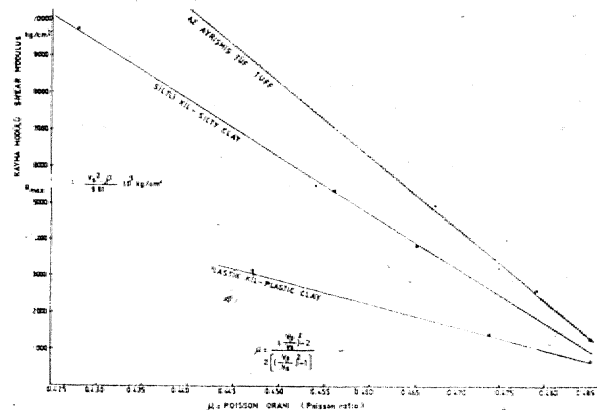
Jeofizik elektrik yöntemlerin mühendislik jeolojisine uygulandığı sırada bir jeofizikçiyi en büyük tereddüte düşüren husus şunlar olmaktadır. Açılmış bir sondaj „kuyusu içinde silt, kil, yağlı MI varsa ve bu sondaj üzerinde rezistivite çalışması yapılmış ise bu sondaj kuyusu içindeki malzemeleri belirleyen 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 rezistiviteleri 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 MI hakiki rezistiviteleri 5-30 fl-m arasında değişme göstermektedir. Bu çalışmadan çıkartılabilecek diğer önemli bir sonuç rezistivite çalışmalarıyla killi siltli birimlerin birbirlerinden ayrılma olasılığının mevcut olmayacağıdır., Bunun, neticesi olarak jeolojik, loğu bilinen bir noktadaki kil aynı rezistiviteyi göstermesine rağmen jeolojik deskripsiyonu bünyemiyen bir noktadaki formasyonun aynı olamamaktadır. Buna, neden killi zeminlerin önemli, ölçüde klor veya sülfat, içermeleri ve neticede ölçülen rezistivitenin formasyonun ihtiva ettiği suyun kondüktivitesine doğrudan bağlı olmasıdır« Formasyonun içerdiği suyun kondüktivitesine bağlı olmayan parametreler P ve S-dalga âldandır. Plastik kil, siltli kil, az ayrılmış tuf gibi jeolojik birimlerin, sismik yönden farklılıklar gösterip göstermeyeceği konusunda bir araştırma yapılmış ve Şekil (15) de  $G_m$  ile  $\mu$  arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu şekilde çıkartılabilecek en önemli sonuçlar; poisson oranı,  $\mu$ , arttıkça, her üç jeolojik, birime ait Kayma Modülü, G, değerleri azalmaktadır., Ayrıca, belirli bir "poisson oranı" değeri için bulunmuş olan G değerlerine bakıldığında, siltli kil değerlerinin plastik kilden iki misli daha büyük olduğu görülür. Az, ayrılmış tuf ün daha büyük. G değerleriyle karakterize edildiği dikkati çekmektedir. Diğer önemli bir husus poisson oranı,  $\mu$ 'nün. 0.425-0.435 arasında değişiminin farklı formasyonlar için dikkate değer  $G_{max}$  değişmelerine yol açtığıdır.  $G_{\mu}$ -p grafikleri\* yardımıyla killi 'zeminlerin' sı-

nıflandırmalarının 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 p değerlerinin bünyesiyle olanak dahiline gireceği tahmin edilmektedir.

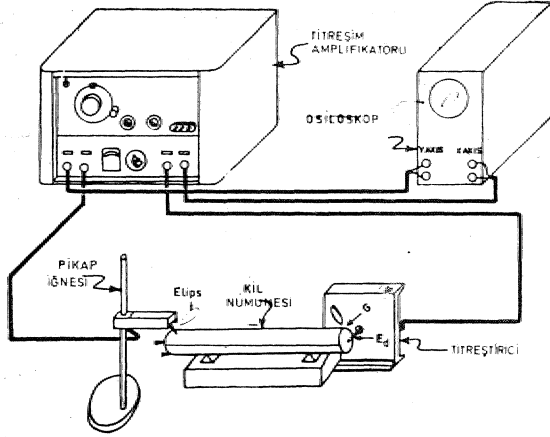
Bilindiği gibi şiltler (ML) sıvılaşma özelliklerine sahiptirler. Partiküller arasında yapıştırıcı özelliği yoktur., Bilhassa karayolları üzerinde siltli malzemelerin bulunması halinde aşırı kapilerite göstermesi, nedeniyle yeraltı suyunun daha süratle yüzeye yükselmesine ve neticede tahribata yol açarlar. Şiltler deprem, sırasında daha kolay sıvılaşma özelliğine sahiptirler. Yağlı killerde (CH) zamana bağlı deformasyonlar önemli, olmaktadır ancak ... taneler" arası bağlayıcı özellikleri bu killerin sültere göre önemli bir farklı yönüdür. Eğer  $\mu$ ,  $G_{max}$  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 geçitli alternatiflerin araştırılması avan proje safhasında önemli bilgiler ortaya çıkarabilecektir.

LABORATUVABDA KtULI-Stl/Oİ KABOT NUHUNEEJEBt tJZISEtNDEN (POISSON ORANI), Ed (DİNAMİK İLİSİEStTE MODÜLÜ), G (KATMA MÖDthLÜ DiA IMLIİl^N EMDE EDİLHEBİ

Soil Test firmasının imal edilen CT-366 Sonometre aletiyle Şekil (16) de görüldüğü,, tarzda



Şekil 15: Plastik kil, siltli kil ve volkanik tuf'e ait  $G_{max}$  ile  $\mu$  poisson oranı arasındaki ilişkiler. Figure 15: Relations between G and  $\mu$  values for tuff, plastic clay and silty clay.



Şekil 16: Xabratuvarda cünamlık testlerde kullanılan aJeMü blok 'diyagramı.

figure 16: Block: Diagram, of the ultrasonic test Apparatus\*

killi - silt silindirik karot numunesi üzerinde iki istikamette rezonans frekanslar hesaplanabilir. Bu deneyler yapılırken ASTM-C 2.15-60 nota şartnameler kullanılmıştır. Şekil. 116) şematik olarak gösterilen alet esas olarak; çeşitli frekanslarda titreşim sağlayabilen titreşim amplifikatörü, (Mloskop ve Mı titreştiriciden ibarettir. İki ana istikamette saptanan rezonans frekansları aşağıda verilecek olan formüllerde yerlerine 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 takdirde elips sola yatık olacaktır» Pikap iğnesi numunenin ortasına bulunduğu ise Oşiloskop ekranında görülen şekil düz bir çizgi halinde olmalıdır. Yulardaki bu şartlar sağlanması arnında boyuna veya enine ana rezonans frekansları saptanarak aşağıdaki formülde yerine konurlar.

$$E_d = 0.01318. L. W. fc^{1*/2}$$

ÖRNEK:

YukardaM bu formülde;

$$B c = \text{Dinamik "Young elastisite modülü (P.S.I) = ?}$$

$$W = \text{Numunenin ağırlığı (li)} \\ = 5.89 \gg Ib$$

$$d. = \text{Sfin.dirik numunenin çapı (Inch)} \\ , c = 3.23 \text{ inch}$$

$$L = \text{Numunenin boyu (inch)} \\ = 8.86 \text{ inch}$$

$$n' s = \text{"boyuna"* ana rezonans frekansı (devir/sn)} = 420 \text{ c/a}$$

$$E_d = 0.0660874 \times n^{*'} = 11858 \text{ psi} = 0.0703 \times 11858 = 820 \text{ kg/cm}^2$$

Dinamik kayma modülü içinde

$$G \bullet = 4 L. W. n^{*2}/g. A \text{ formülü kullanılır,}$$

Bu formülde

$$G \bullet = \text{Dinamik rijüde veya "shear*" modülü (PJS.I) = ?}$$

$$W = \text{Numunenin ağırlığı (ifa)} = 8 \gg Ib$$

$$n', n'' = \text{Burulma ana rezonans frekansı. (devir/sn)} = 243 \text{ c/sn}$$

$$L = \text{Numune boyu (inch)} = 8.86 \text{ inch}$$

$$g = \text{Yer çekimi ivmesi (ineh/an}^2)$$

$$= 386.4 \text{ inch/sn}^2$$

$$A = \text{Silindirik kesit: alan (inek}^8)$$

$$G = 4 \times 85825 / 388.4 \times (3.22834/2) \bullet = 0.0600745 \times n^{*8} = 3902 \text{ psi} = 274 \text{ kg/cm}^2$$

$E_d$  ve  $G$  yardımıyla dinamik, poisson, oranı laboratuvar şartları altında aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$p. = E_d / 2G - 1 \quad 2.$$

Sahada dinamik elastisite modülünün bulunması, için aşağıdaki formül kullanılmaktadır\*

$$E_{ds} = V_p^a \cdot p. (1-2\mu) \{1+\mu\} \cdot 10^5 / 9.81 (1-\mu)$$

$$\text{kg/cm}^2$$

$$\text{Burada } V_p \bullet = \text{P-dalga hızı (km/sn)}$$

$$p \bullet = \text{yoğunluk (gr/em}^8)$$

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

Yukardaki formüle bir örnek olması yönünden

aşağıdaki, saha değerleri, kullanılacaktır..

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

$$V_s c = 0.401 \text{ km/sn} \quad \mu = 0.474$$

$$p = 1.96 \text{ gr/cm}^8$$

$$E_{ds} = (1.829)^2 \cdot 1.96 \cdot (1-2 \times 0.474) / (1+0.474) \cdot 10^5 / (1-0.474) \cdot 9.81 \text{ kg/cm}^2 \\ = 978 \gg \text{kg/cm}^2$$

Salada yapılan P ve S dalgalarının ölsihnlerihden sonra hesaplanan. Dinamik elastisite modülü değerlerinin laboratuvarda hesaplanan değerlerden önemli derecede farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

**İZMİR** - Altmyol üzerindeki değerde:

$E_{dSAHA} / E_{dlab.}$ , 3.39-4.17 olmaktadır. Laboratuvarda hesaplanan değer 1154, kg/cm<sup>2</sup> olmasına



karşın, sahada bu değerler 3923-4815 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir., Bu oran, PET-LAS tesislerinin fabrika sahasında 0.96-2.82 arasında 'değişmektedir. EDnamik elasüsitate değerlerinin sahada daha büyük elde edilmesine neden, muhtemelen numunenin alınması sırasındaki örselenmedir Ref (12). Ancak projelendirme safhasında tek basma laboratavar neticelerine sadık k.almak hatalı ve eksik, bîr' görüştür. Heyelan, sahasından laboratuvara getirilen, numuneler üzerinde yapılan tek eksenli ve üç eksenli testlerden, elde edilen, veriler çoğu zaman araştıncılara "Bu'sahada elde ettiğimiz- değerlere bakılırsa heyelan olmaması lazım gelmektedir\*\* dediyecek kadar farklı neticeler vermektedir»

• Hergeyden önce laboratuvant getirilen 'test yapılabilecek numuneler örselenmiş karotun en sağlam yerinden kesilip hazırlanmaktadır. Gev» şek. ve içinde çakılı bol olan bir seviyeden, alman karottan. laboratuvarda arzu edilir boyutta numune 'çıkartabilmek mümkün değildir. Fakat yerinde sahada yapılan araştırmalar formasyonların o anda içinde buldukları gerçek yük; şartları, su muhtevası, değişmeksizin. tamamlanmış için en ideal şartlara sahip olduğu, ortam içinde tamamlanmaktadır. Bundan böyle projelendirmede kollanılacak parametreler, laboratuvarda çok sınırlı şartlar altındaki karot numuneleri 'üzerinden elde edilen verilere göre değerlendirilmeyip-sahada yapılan araştırma sonuçlarına uydurulması-en arzu edilir çalışmalar' olmaktadır»

#### DEPREM ZABABX ÜZEKİNE LOKAL TOPBAK KOŞULLARIN ESKİSİNİN P DALGA HIZI İSM SAPTAMMASI (BİKROBOLGELEME ETÜDÜ)

Genellikle Eğridir, İzmir, izmît, Sapanca gibi 1 nci dereceden deprem, kuşağı üzerinde yapılacak büyük binaların» fabrikaların» köprü veya tünel gibi sanat yapıların projelendirilmesi sırasında zeminin 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 belirmek için Medvedev (1963) tarafından, elde edilen, neticeleri • özetlemek yerinde olur. Aynı deprem şiddet değerinin meydana getirdiği defarmasyon sıkı zeminlerde gevşek zeminlere nisbeten '10 defa

daha azdır., Deprem şiddetinin, (a) 1 derece artması, halinde yapısal hasarın 20 misli arttığı görülen durumlardır.

Pückhow-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., Heri ülkelerde özellikle endüstriyel merkezlerde üzerinde önemle durulan bu konu ülkemizde<sup>1</sup> maalesef yeterince uygulanmamış ve anlaşılmamıştır. Aşağıda 'birkaç etüd sahasından mikrobölgeleme çalışmalarına örnekler sunulacaktır.

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

$$n = 1.67 (\log V_o. p_o - \log V_n. p_n) + e^{-0.04h^2}$$

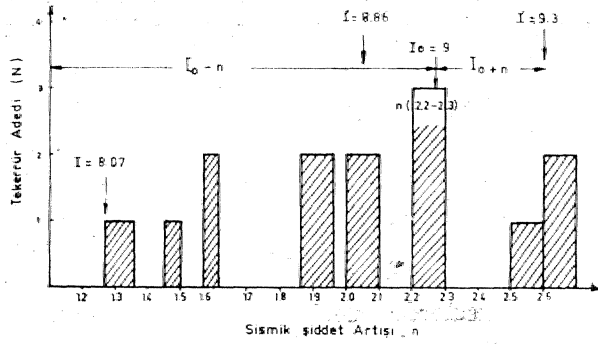
Yukarıdaki formülde n = sismik, şiddet artışı (GBO'İLAN) akasına göre değeridir, V<sub>o</sub> = Granite ait P-dalga hızı (5600 m/sn), p<sub>o</sub> = Granite ait yoğunluk (2.9 gr/cm<sup>3</sup>) V<sub>n</sub> = Araştırılan sahadaki formasyona ait P-dalga hızı p<sub>n</sub> s= Araştırılan sahadaki formasyon yoğunluğu.

Toprakların akustik, sertliklerini, saptama prensibine dayanan sismik-mikro zonlaşma çalışmaları, Sanat yapıların oturacağı zeminlerde, büyük tesislerin kurulacağı zeminler yoğunlaştırılmıştır., Yukarıdaki formülde (h) yeraltı su tablası, derinliğidir. Yeraltı suyunun ilk 10 metre derinlikte mevcut, olması halinde e<sup>-0.04</sup> J4 a<sup>2</sup> değeri sismik şiddet artışına etkimekte, 10 metre derinlikten sonra ihmal edilmektedir. 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 hızının. 1000 m/sn değerini aştığı seviyeler yeraltı, suyunu doygun, kabul, edilmiştir. Etüd. edilen sahadaki formasyonlar farklı hızlardan oluştuğu için ilk 10 metrelik kalınlık için ortalama sismik hız

$$V_{ort} = \frac{I}{H} \cdot SV_{bdii}$$

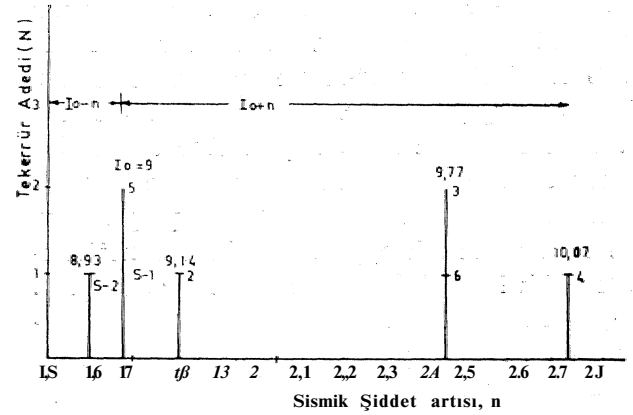
formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Şekil (17-21) de etüd sahasındaki sismik şiddet artışı tekerrür sayıları düşey ekseninde, sismik şiddet artışları da yatay ekseninde gösterilmiştir. Etüd edilen saha 1 nci dereceden dep-

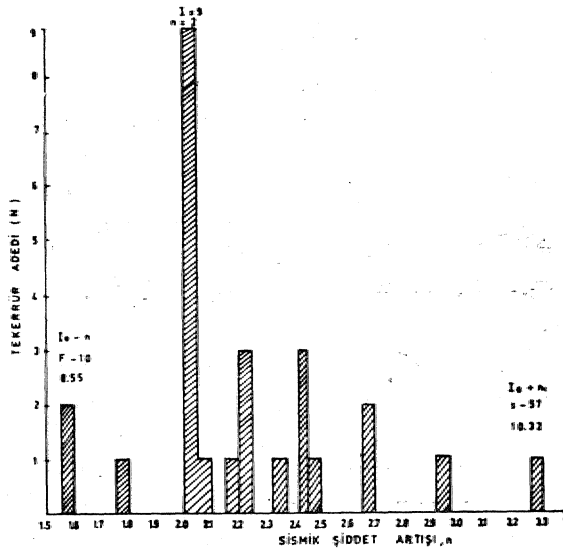


Şekil 17: İzmir-Foça deprem şiddet artışı tekerrür adedi ilişkisi.

Figure 17: Seismic intensity increase versus number of observation results for Foça, İzmir.

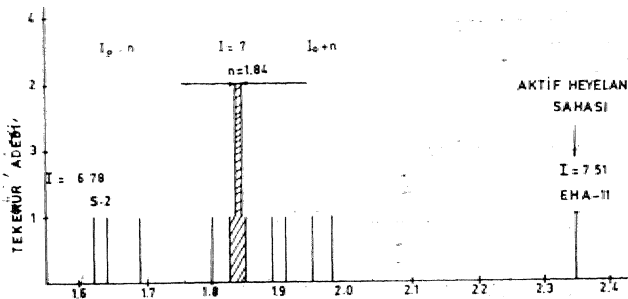


Şekil 20: Efratlır 'Kemik Hastalıkları Hastahanesi' heyalan sahasına ait mikrobölgeleme sonuçları  
Figure 20: "Seismic Microzoning Results in the Efratlır 'Kemik Hastalıkları Hastahanesi' landslide area".



Şekil 18: Sapanca geçişi mikrosismik belgeleme sonuçları.

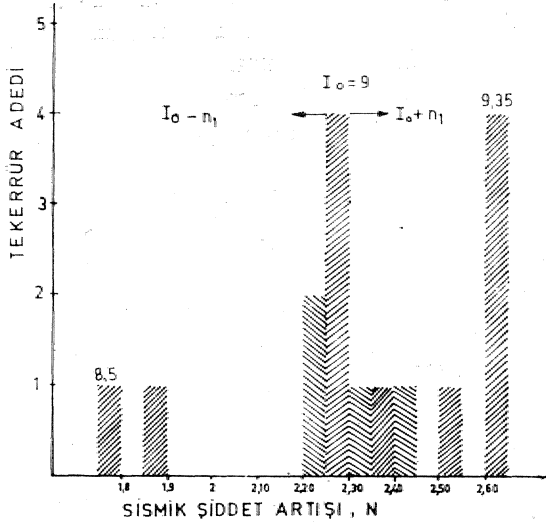
Figure 18: Seismic microzoning results in the Sapanca express way project.



Şekil 19: Samsun Hava Alanı mikrosismik bölgeleme sonuçları.

Figure 19: Microzoning results in the Samsun Air Port landslide area.

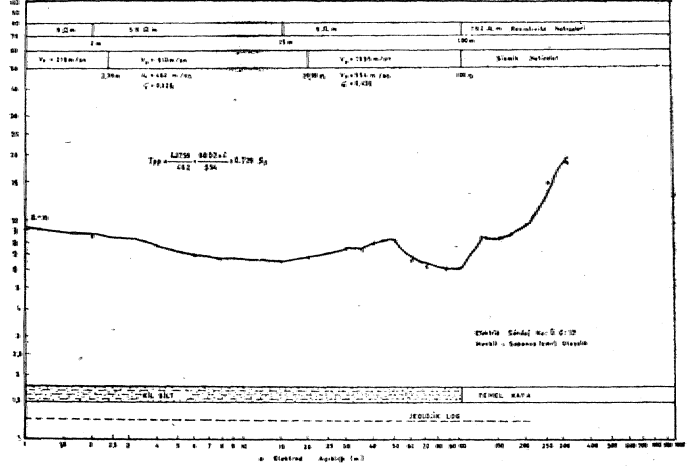
rem. bölgesi içinde ise  $I=9$  alınmakta -3 nci dereceden deprem bölgesinde bulunuyorsa  $I=7$  alınmaktadır. En fazla tekerrür eden sismik, şiddet aralısına  $I=9$  MM değerinin tekabül ettiği kabul edilmiştir (Ref. (13)). Şekil-17 de bu değer (2.2-2.3) olmaktadır. (2.2-2.3) değerinden küçük şiddet değerleri 9 olan çıkarılmış, 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 değerlerindeki 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 sahaslarında örneğin Samsun. Hava Alanı heyelan sahasında (Şekil-19)  $I_0 = 7$  değeri  $I=7.51$  değerine yükselmiştir. E HA-11 noktasında elde edilen bu değer heyelan sahasında kopmaların en fazla olduğu kesime rastlaması oldukça ilginçtir. Zira ileride meydana gelebilecek bir deprem anında şiddet değeri zeminin zayıflığından ötürü artmış olan kesimlerde (Örneğin. EHA-11 noktasında) kaymalar daha şiddetli olacaktır. Gerek İzmir Altmyol ve gerekse İzmir-Foça'da sismik şiddet artışı  $I=9.35$  değerine yükselmektedir, Egridir Kemik Hastalıkları Hastahanesi sahasında gene  $I$  değeri büyümüş ve 10.07 değerine ulaşmıştır. Sismik fraksiyonla, tamamlanan mikrobölgeleme çalışmaları



Şeidl 21.: İznir-Altany<Ä mikrobölgeleme sonuçlan.

Figure 21: Seismic nrferozoning results jErom' Izmir - Altmyol 'Expressway,

etüt-sahasındaki noktalardan haogüerinde deprem, riskinin az, hangilerinde yüksek olduğunu göstermesi yönünden ilginç ve önemli, çalışmalarlardır. Böylece muhtemel, bir deprem, •• anında depremden daha çok veya daha az.-zarar görebilecek sahaların •önceden • ortaya konması sismik-refraksiyon çalışmalarıyla-mümkün, görülmektedir.'Sisruk-^raksiyonla• ortaya konabilen sismik şiddet artışı değerleri 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, labaratuvara getirtilen numuneler üzerinden projelendirmeye gidilmesi sakıncalı ve yetersizdir\* Tüirkîye bir' deprem ülkesidir ve bundan böylede yerinde dinamik, testlerin tamamlanması gerekmektedir. Endüstri merkezlerinin, yakmında" yapılacak bu araştırmalar sonunda ilerde meydana gelebilecek bir depremden hangi tesislerin daha fazla zarar görebileceği saptanabilecektir., Bu çalışmaların yapılmaması halinde neler olabilir? Yakın geçmişte -Romanyada meydana gelen deprem; endüstri, merkezlerinde önemli yapısal, hasarlara, ve tesislerin kullanılmaz hale gelmesine neden olmuştur. Romanyanın bu depremden gördüğü zararlar bu ülkenin kalkınmasını



Şekil 22: Zeminin hakim, titreşim perpat dq&erinüü Kanal formülü il« bulunması.

Figure 22z Determimafi©n, of the predominant period of soil 'toý the us© of Kanai's fonunla.'

5 yıl daha geriye atmıştır\* Bu arzu edilmeyen gelişmelerin her zaman meydana geleceği göz önünde tutulmalıdır. Türkiyede meydana gelebilecek taJırıpkâr Mr depremin örneğın İzmit, izmir, Maraş gibi şehirlerdeki önemli, sanayi tesislerini tahrip ederek, yukardaki arzu edilmeyen gerilemelere kalkınmakta olduğumuz şu sırada yol açması Mç arzu edilmez. Ancak Türkiye'nin; içinde bulunduğu yüksek deprem risk dununu, geniş çapta mikroMlgeleme çalışmalarının, yapılmasına ihtiyac göstermektedir. Bunun aksine bir gelişme kalkınmakta olduğumuz şu sıralarda büyük sorunlar yaratabilecek yarınlar getirebSeoekür Ref (18).

## KAXKI .IEİİEOPME

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

## SÜ.IIIIAKY

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 (OPT). -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 0.5 m. of the ground surface and was initiated along the hypotenuse of the cone (see figs. 17,9) 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 1.5 m, See figs. 5, 6 and 9 a.

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

$$V_s = 92.1 N^{0.45}, \text{ IMAI et al. (SPT)}$$

$$V_s = a N^{0.4}, \text{ SAKAI-(CPT) See (fig. 10a,b)}$$

$$V_s = 19 N^{0.4}, \text{ KANAI SPT}$$

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

$$V_s = a N^{0.4}, \text{ Izmir - SPT - Kuran}$$

$$V_p = 1.48 V_s, \text{ Izmir - SPT: Kuran}$$

$$V_p = 1.48 V_s, \text{ (Ankara - METU) - CPT - Kuran}$$

$$V_r = 0.8 N^{0.2}, \text{ Sapanca, Izmir, and Eğri-ridir, SPT, Kuran}$$

$$V_p = 1.48 V_s, \text{ (Samsun Airport. Landslide Area - SPT - Karan}$$

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

#### ÇİFTLESLİ BEUGÜLEEE-

1 — Kuran Uğur, 1975 "An Experimental Investigations of Cyclic stress-strain relation, and fatigue: crack propagation in rocks, Ph. D. (Doktora tezi - Imperial College-London).

2 — Kuran Uğur, 1975 "Yer altı suyundan maksimum verim elde edilecek sahanın jeofizik çalışmalarla saptanması ve bunların mühendislik problemlerinin çözümündeki önemi "Jeofizik" Türkiye Jeofizikçiler Yayını, No: 6

H\*— Sakal Yäsika, 1968 - Sakal konik penetrometre;

4 — Kuran Uğur, 1977. Anadolu otoyolu, izmit Kent

Geçiş ve izmit Sapanca arasındaki sanat yapılarına ait zeminin deprem parametrelerinin jeofizik yöntemlerle bulunması ile ilgili rapor. T.C.K. Araştırma Fen.Heyeti Mü.

It is believed 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 ohm-meters. See fig. 14

As a result, it is not possible to 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 "p" (poisson ratio) plot (see fig. 15). As the rigidity modulus of soils represented by such a line increases, the poisson ratio ( $\mu$ ) decreases.

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

v) Extensive seismic-microzoning studies were carried-out in Turkey by using Professor Medvedev's technique, These data, were obtained from Sapanca, İzmir, Foga, Samsun Airport Laads Ecte Aiea. and Landslide Area of Eğridir, (See figs. 17,18» 19,29 and 21).

The plot of seismic intensity— increase,  $V$  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.

5 — Kuran. Uğur, 1977 Izmir Kent Geçiş Jeofizik Raporu,

6 — Kuran. Uğur, 1969 - Sosyal. Sigortalar Genel Müdürlüğünü projelendirecek olan. Ö.D.T.Ü, karşısındaki sahanın Mühendislik Jeolojisi ve jeofizik raporu.,

7 — Imai, Tsuneo» Masayoshi Yoshimura 1975-The relation, of Mechanical Properties of Soils to P-and S-Wave velocities for Soil Ground in Japan. OYO Technical Note..

g — Kuran. Uğur, Gençoğlu Ahmet, 1975 "Sapanca geçiş gölü içi sismik-refraksiyon ve rezistivite çalışmaları,, T.G.K. Araştırma Fen Heyeti Md.

9 — Kuran Uğur, Yücel Erbaş, 1976. Samsun, havaalanı -heyelan, sahasıyla ilgili Mühendislik Jeolojisi ve Jeofizik ön raporu.

- XO#F- Kuran Uğur 1977. Zigana Tüneli içinde ve Heyelan ve sahalarında ek&tensometrelerle elde edilen kuvvet deformasyon Def ormasyony zaman olayının tanımı. "Fürkiye. Jeofizikiler Derneği Yayını» CVL S., 2, 3. S. (5-28)
- 11 — Kuran Tjgur 1975-60' Mekanik sondaj kuyusu neticesinin sismik-refraksiyon ve: rezistivite netice-leriyle korelasyonu. (yayınlanmamış),,
- 12 — Tezcan, S. S., İpek M., 1774; 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, Hârold M. 1974-Selsmic Shear Waves'In Engineering;, ASCE. Vol. 100 PP. 905-923
- 15 \*~ fOCHABT, F. S..197&. Some effects of .Dynamic-soil properties on soil-structure interaction. ASCE Vol: 101.
- 16 — Medvedev 5, 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 Micrazöbingr (UNBSOp/NS/SBIMS) (ESP-12
- 18 — Kuran,, Uğur 1979; Devirli med-cezir kuvvetleri sonunda arz kabuğu içinde gelişen fatigue - kırık - ilerlemesi ve Kuzey Anadolu San, Andreas faylan, boyunca, "depremlerin önceden saptanması", JEOFİZİK, Cilt Vu!, S: 3. Aralık,,

