

SONDAJ KUYULARINDA UYGULANAN SİSMİK DİREK DALGA YÖNTEMLERİ

Nevzat Büyükköse*

ÖZET

Yerbilimci, yüzey araştırmaları yetersiz kaldığı zaman sondaj ve galeri yoluyla sorunlarına çözüm aramaktadır.

Çok pahalı olan bu araştırmalar yerine yüzey jeofizik yöntemleri yanında, kuyular arası, galeriler arası ve kuyu içi sismik direk dalga ölçmeleri yapılırsa yeniden açılması düşünölen kuyu ve galerilerin adedi azaltılacağı gibi, kayaçların içindeki süreksizlikler ve fiziksel özellikleri de ortaya konacaktır.

Bu tebliğde, direk dalga yöntemiyle açılmış olan sondaj ve galerilerden azamî şekilde nasıl yararlanılabileceği ve ölçölen P dalgası, S dalgası, dalga boyu ve enerji kaybı gibi fizik parametrelerden neler hesaplanabileceği ve bunların temel mühendisinin nasıl işine yarayacağı misallerle anlatılmaktadır.

SUMMARY

When surface exploration prove inadequate, geoscientists seek solution is the problems by sinking boreholes and adits.

If, instead of these highly expensive explorations, direct wave seismic measurements between cross-holes, adits and down-holes are made along with surface geophysical methods, not only will these decrease the number of new boreholes and adits proposed to be sunk, but bring also to light the discontinuances in rock zones as well as their physical charecteristics.

In this report are exploined with examples the ways of how full use could be made of the boreholes and adits opened by the direct wave method, and what could be computed from physical parameters such as "P" wave, "S" wave, wavelength and attenuation, and to what" extent these will be of use to the foundation engineer.

(*) Jeofizik Yüksek Mühendisi EİEİ —Ankara.

1. GİRİŞ

Maden, petrol, yeraltısuyu etütleri yapan, mühendislik jeolojisi ile uğraşan yerbilimci; jeolojik yapıyı çözmek, su kaçıran tabakaları aramak, çatlak, fay, kırık zonları ile altere zonları bulmak için hemen sondaj yapılmasını teklif eder.

Biz jeofizikçiler ise, bu sayılan problemlere cevap aramak için Yüzeysel Jeofizik metodlar ile kuyular içinde kuyu logları ve kuyular arası sismik metodları uyguluyoruz.

Aslında sorunlara sondajla çözüm aramak çok pahalı ve çok zaman isteyen bir yöntemdir. Bir de sondaj makine ve teçhizatının dışardan dövizle geldiğini düşünürsek konunun ehemmiyeti kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Bize göre; bütün yüzeysel jeofizik yöntemlerinden faydalandıktan sonra soruna çözüm bulunamazsa, kuyularda jeofizik ve jeoteknik ölçümler almak, alınacak karotlar üzerinde laboratuvar deneyleri yapmak ve sonunda çaresiz kaldığı zaman sorunlara kati çözüm aramak için sondaj yapmak gereklidir. Yani çok düşünüp sondaj vermeli ve delinen yerlerden de azami tavaayı temin etmeye çalışmalıdır.

Memleketimizde durum böyle olmamakta; jeofizik araştırmaların yapılmasını isteyecek olan komşu disiplinlere mensup meslektaşlarımız jeofizik yerine, önce sondaj yapmaktadırlar. Biz buna sebep olarak, jeofizik yöntemlerin gereği kadar tanıtılmamasını görmekte ve bu kaygı içinde jeofizik yöntemlerden en etkin olan ve son zamanlarda geliştirilen ve uygulama alanları bulan "kuyular içinde direk dalga yöntemini" ve çözüm limitlerini anlatmaya çalışacağız.

Hepimizin bildiği ve çok eski yıllardan beri petrol, doğal gaz ve yeraltısuyu araştırmalarında uygulanan kuyu logları, kuyuların yalnız cidarı hakkında bilgi vermektedir.

Petrol ve maden damarlarının takibi, kil cepleri, karstik boşluklar, çatlak, kırık ve fay zonları gibi geniş hacimdeki yapı düzensizliklerinin araştırılmasında, yüzeysel jeofizik yöntemleri yanında kuyu içi ve kuyular arası sismik ölçümler de geliştirilmiştir.

Bu yöntemin diğer bir yönü de ölçülen enine ve boyuna dalgaları kullanarak kayaç masifinin jeoteknik parametrelerini hesaplama imkanı vermesindedir.

Kuyularda yapılan sismik direk dalga yöntemini,

- 1) Kuyu üstü (Up-hole) yöntemi
- 2) Kuyu içi (Down-hole) yöntemi

de toplanmıştır. Derhal görülebileceği gibi hava kaybı mertebe olarak % 20 - 30 arasında değişmektedir. Bu nispetteki kaçak oldukça yüksektir.

Pratikten gayet iyi bilindiği gibi ilerletimli uzun ayaklarda göçüğe kaçan hava aşağıdaki problemleri doğurması bakımından büyük önem taşır.

— Ayağa gerekli hava debisi temin edilemediğinden, hava dönüş yolunda CH konsantrasyonu önemli ölçüde artar.

— Özellikle kalın damar üretiminde göçüğe karışmış kömürün oksidasyonu için elverişli bir ortam yaratır.

— Havalandırma maliyeti daha yüksek olur.

Yukarıda sıralanan faktörleri analizde kantitatif olarak değerlendirmek oldukça güçtür. Buna karşın, mükemmel hava geçirimsiz özelliği olan rijit takviye sisteminin uygulanması halinde havalandırmanın çok daha etkin olacağı ve yangın nedeninin büyük ölçüde elimine edileceği söylenebilir.

4. AKICI BETONDAN İMAL EDİLECEK TAKVİYENİN EKONOMİKLİK ANALİZİ

4.1 GENEL

Yukarıdaki bölümlerden anlaşılacağı gibi taban yollarının arazi hareketlerinin etkisinden etkin bir şekilde korunmaları gerekmektedir. Giderek artan imalat derinliği ve üretim istekleri de gözönüne alındığında taban yollarının korunması çok ciddi bir problem görünümünü almaktadır. Bu problemin en etkin çözümü kendi şartlarımızda kolaylıkla uygulanabilecek, akıcı betondan imal edilen takviye sistemidir. Söz konusu projenin ayrıntılı ekonomiklik analizi aşağıda yapılacaktır.

4.2. AKICI BETON TAKVİYE PROJESİNDE KABUL EDİLEN ESASLAR

Projenin muhtelif kesimlerinde yapılan belli başlı kabuller aşağıda toplu halde özetlenmiştir.

Malzeme:

Hazırlanacak beton karışımı akıcı kıvamda olup, maksimum çökmesi 10 cm olacaktır. Karışımında kullanılacak agrega ile ilgili teknik karakteristikler tablo - 5'de verilmiştir. Şekil - 3'de karışım hesaplarına esas alınan agreganın granülo-metrik eğrisi çizilmiştir. İzleneceği gibi, bu eğri pompalanabilir beton karı-

3) Kuyular arası (Cross-hole) yöntemi diye üç şekilde uygulayabiliriz.

Şimdi bu üç yöntemi ayrı ayrı görelim.

1) Kuyu üstü (Up-hole) yöntemi:

Bu yöntemde jeofonlar kuyu üstüne sıralanır (Şekil-1), patlatmalar kuyu içinde yapılır.

Sismik enerji, ya küçük miktarda dinamitler patlatarak veya kuyu içine indirilen ucunda kör tapa bulunan bir tijin üzerine çekiçle vurularak elde edilir.

Bu düzende zaman başlangıcı ya kuyu üstüne konulan bir anahtarla veya dinamit patlatıcı (blaster)nın osiloskop devresine bağlanmasıyla temin edilir. Tijden faydalandığı zaman, jeofonlara varış zamanları üzerinde bir düzeltme yapmak gerekmektedir.

Bu yöntem; normal tek veya çok kanallı refraksiyon sismograflarıyla kolaylıkla uygulanabilmektedir, kuyu üstündeki jeofondan faydalanarak da düşey hız ölçmelerine olanak sağlamaktadır (Şekil-2). Böylece refraksiyon çalışmaları ile gözlenemeyen düşük hızlı bir tabakanın varlığını düşey hız profili üzerinde görmek mümkün olmaktadır. Düşey hız profili, akustik loglarla alınan hız profillerinin aynıdır.

Normal refraksiyon atışlarında bulunan hızlar, tabakaların arayüzlerinin eğimli olması nedeniyle, hakiki hıza göre bazan yüksek, bazan da düşük çıkmaktadır.

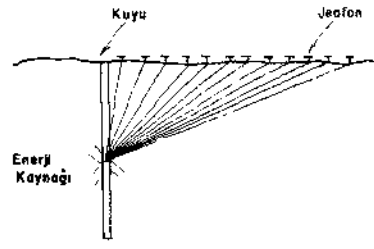
Sisti yapı gösteren bazı formasyonlarda ise yatay yöndeki hızlar, düşey hızla göre farklılık göstermekte yani anizotropi olayı gözlenmektedir.

Ayrıca altere zonlarda hız ve kalınlık büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Böyle durumlarda refraksiyon hesaplamaları için doğrudan yol zaman grafiklerinden alınan hızlar yanlış derinlik hesaplamalarına neden olmaktadır.

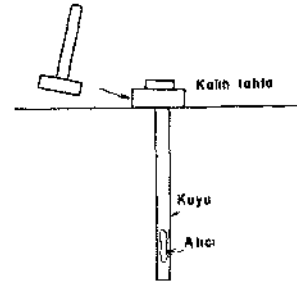
Bu belirsizlikleri yok etmek için imkan olan yerlerde düşey hız profilleri uygulanırsa doğruya daha yakın sonuçlar alınır.

Kuyu üstü ölçüleri yalnız bir yönde uygulandığı gibi, amaca göre, kuyu merkez olmak üzere yelpaze (polar) açılımlar veya dairesel açılımlar şeklinde de yapılabilir.

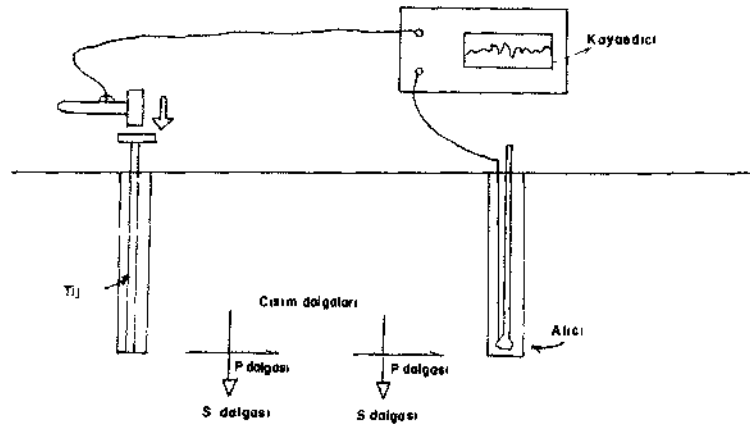
Kuyu üstü (Up-hole) ölçmelerinden elde edilen varış zamanlarından fay-



Kuyu üstü yöntemi
(Up-hole)

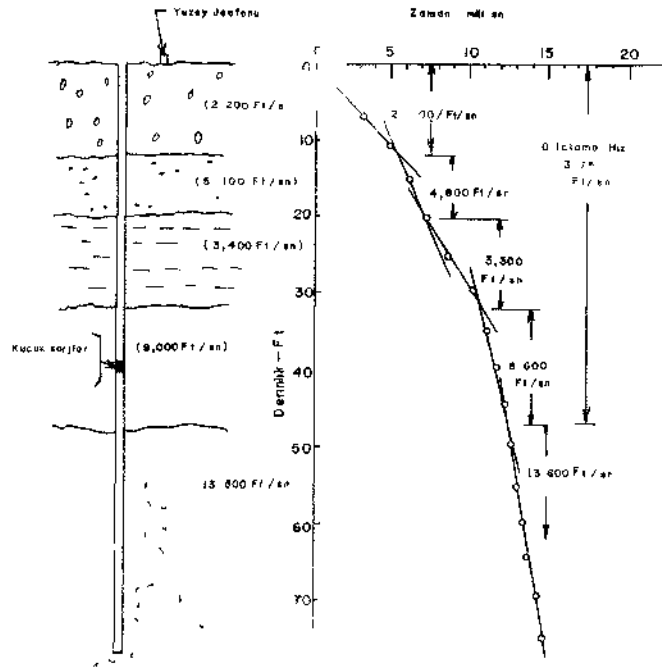


Kuyu içi yöntemi
(Down-hole)



Kuyular arası yöntem
(Cross-hole)

Şekil - 1



YOL - ZAMAN GRAFIGİ VE İYİLEME NERELERİNE ÖRNEK

dalanarak kuyu ile jeofon açılım yönünün oluşturduğu düşey düzlem için dalga cephesi diagramları hazırlanabilir (R.Meissner, 1961), (Şekil-3-4).

Dalga cephesi diagramları yeraki yapısının çözümünde iyi bir yöntem olmaktadır, bunu örneklerle görelim:

Dalga cepheleri absis ve ordinatı dairesel olarak keserse, yatay ve düşey yöndeki hızlar aynı değerde demektir. Eğrilerdeki başlangıç noktası yönündeki dönmeler düşük hızları; aksi yöndeki dönüşler yüksek hızları belirlemektedir. Şekil-3'de gösterilen dalga cephesi diagramında yaklaşık altıncı metre civarında yüksek hızlı bir seviye görülmektedir. Bu seviyenin yatay hızı 2750m/sn., düşey hızı 2100 m/sn. dir.

Eğrilerin küreselliğinin bozulması ile yatay ve düşey yönlerdeki hızların farklı oluşu bize, ortamın anizotrop veya düzensiz bir yapı gösterdiği fikrini vermektedir.

İki tabakalı ortamlara örnek olmak üzere Şekil-4'U verebiliriz. Bu şeklin ilki kumdan kireçtaşına geçişi, ikincisi ise kireçtaşından kuma geçişi göstermektedir. Dalga cepheleri açık olarak dokanak düzlemlerini belirtmektedir. Burada sismik enerji yatay yönde hızlı, düşey yönde ise yavaş taşınmaktadır.

2) Kuyu içi (down-hole) yöntemi:

Kuyu içi yönteminde, kuyu üstü yönteminin tersi bir işlemle ölçüler alınmaktadır (Şekil-1). Sismik enerji kuyu üstünden verilmekte ve jeofon ise kuyu dibine yerleştirilerek ilk varışlar kaydedilmektedir. Genellikle çok dedektörüü kablo kullanılarak uygulanır. Kuyu içi çalışmalarında kuyu içinin sıvı ile doldurulmuş olması veya uygun bir jeofon çiftinin kuyu cidarına iyice yapışmış olması gerekmektedir.

Kuyu içi çalışmalarında (Stokoe ve Woods-1972)'in teklif ettiği şekilde de çalışmalar yapılabilir. Kuyu içine plastik bir boru indirilir. Kuyu cidarı ile boru arasındaki boşluk ince taneli çakıl ve kum ile doldurulur. Kuyu üstüne veya yakınına ahşap bir döşeme yerleştirilir. Enine dalgalan kaydetmek için yere paralel yönde, boyuna dalgaları kaydetmek için yere dik olacak tarzda döşemeye vurularak sismik enerji hasıl ediiir.

Eğer sismik cihaz, sinyal kuvvetlendirici özelliğe haiz ise, çok derin kuyularda da çalışma yapmak olanak içine girer.

3) Kuyular arası (Cross-hole) yöntemi:

Bu yöntemi uygulamak için aralarında belirli bir uzaklık olan iki veya daha fazla sondaj kuyusu aynı derinliğe kadar açılır (Stokoe ve Woods-1972).

Bir kuyunun tabanına alıcı, diğer kuyunun tabanına da bir darbe tiji yerleştirilir. 3d tij bir inç çaplı olabilir. Alt ucunda manşon, üst ucunda da çekiçle vurmaya imkan veren bir pıaka bulunur. Jeofon kaydediciye bağlanır ve levha üzerine vurarak hasıl edilen cisim dalgaları (P ve S dalgaları), alıcıya varınca osilograf yardımıyla hassas bir kağıda kaydedilir (Şekil-1). Darbeler tij üzerine vurarak elde edildiği için okunan zamanlar üzerinde ufak bir zaman düzeltmesi yapmak gereklidir. Bu ölçüm yapıldıktan sonra kuyular istenilen kota kadar derinleştirilerek ölçüler tekrarlanır.

Yöntemin uygulanmasında en büyük güçlük kuyular arasındaki mesafe büyüdükçe sinyal vericisinin yetersizliğinden gelmektedir. Bu güçlüğü gidermek için, deniz sismiği için geliştirilen sinyal vericisinin özel bir tipi kullanılabilir.

Tabakalı ortamlarda yapılan çalışmalarda, direk dalgaların yanında kırılmış ve yansımış dalgaların da kaydedilmesi her zaman mümkündür. Böyle durumlarda yanlışlara sebep olmamak için, direk ve kırılmış dalgaların ayırımını iyi yapmak gereklidir.

Kuyu içi ve kuyular arasındaki direk dalga ölçme yöntemini baraj yerlerinde ve maden sahalarında açılan galeriler içinde, galeriler arasında ve galeriler ile kuyular arasında da uygulamak mümkündür.

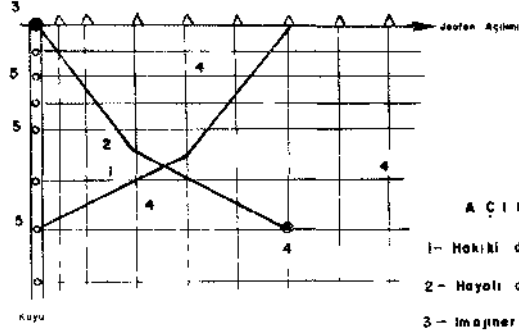
Şekil-5'i bu çalışmalara örnek olarak verebiliriz. Burada galeriler içinde, galeriler arasında ve galeriler ile kuyular arasında enine ve boyuna dalga hızları ölçülmüştür. Bu hızları kullanarak ilgili kay açların dinamik kayma ve dinamik Young (elastisite) modülleri, dalga boyları, dalga frekansları hesaplanmıştır. Bulunan bu fizik parametreler kullanılarak eksenindeki kaya masifinin diğer baraj yeri kayaçlarına göre izafi bir sınıflama yapılmıştır.

Galeriler ve kuyular arası ölçme sonuçlarının değerlendirilmesi en küçük kareler yöntemine göre eş-hız eğrileri çizerek problem en doğru şekilde çözülmeye çalışılmıştır (Bois ve arkadaşları, 1971).

Şekil-6'da, bir yeraltı santral sahasında yapılan direk dalga çalışma sonuçları görülmektedir (La porte ve arkadaşları, 1973).

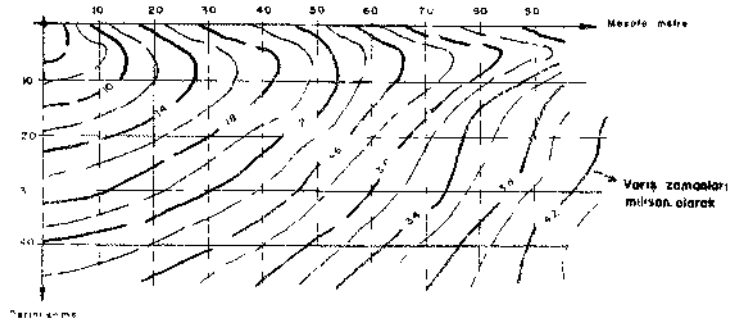
Burada boyuna ve enine dalga hızları ölçülmüş dinamik elastisite modülleri belirlenmiş, galerilerin çevrelediği masif içinde, çatlak, alterasyon ve fay zonlarının mevcudiyeti araştırılmıştır. Ölçü alanındaki kayacın şistozite göstermesi nedeniyle birbirine dik yerlerde 6000 m/sn ile 4000 m/sn arasında değişen farklı hız değerleri bulunmuştur.

UP HOLE PATLATMA YÖNTEMİ



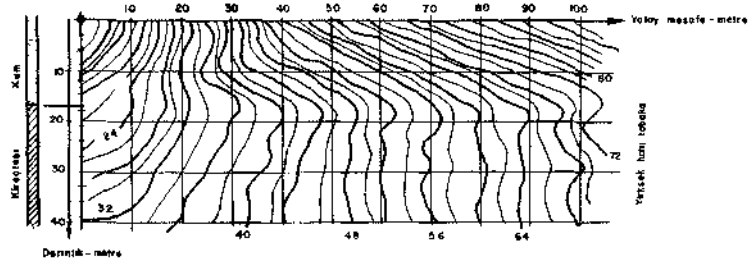
AÇIKLAMA

- 1- Hakiki dalga yolu
- 2- Hayali dalga yolu
- 3- İmajner patlatma noktası
- 4- İşletim imajner uç noktaları
- 5- Patlatma

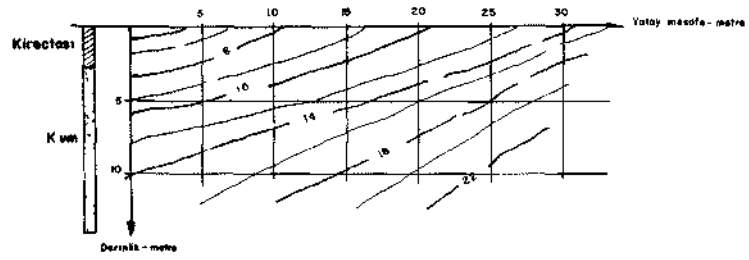


Altında metredeki yüksek hız tablosu gösteren dalga cephesi diagramı.

(Bu şekiller R. Meissnerden alınmıştır)



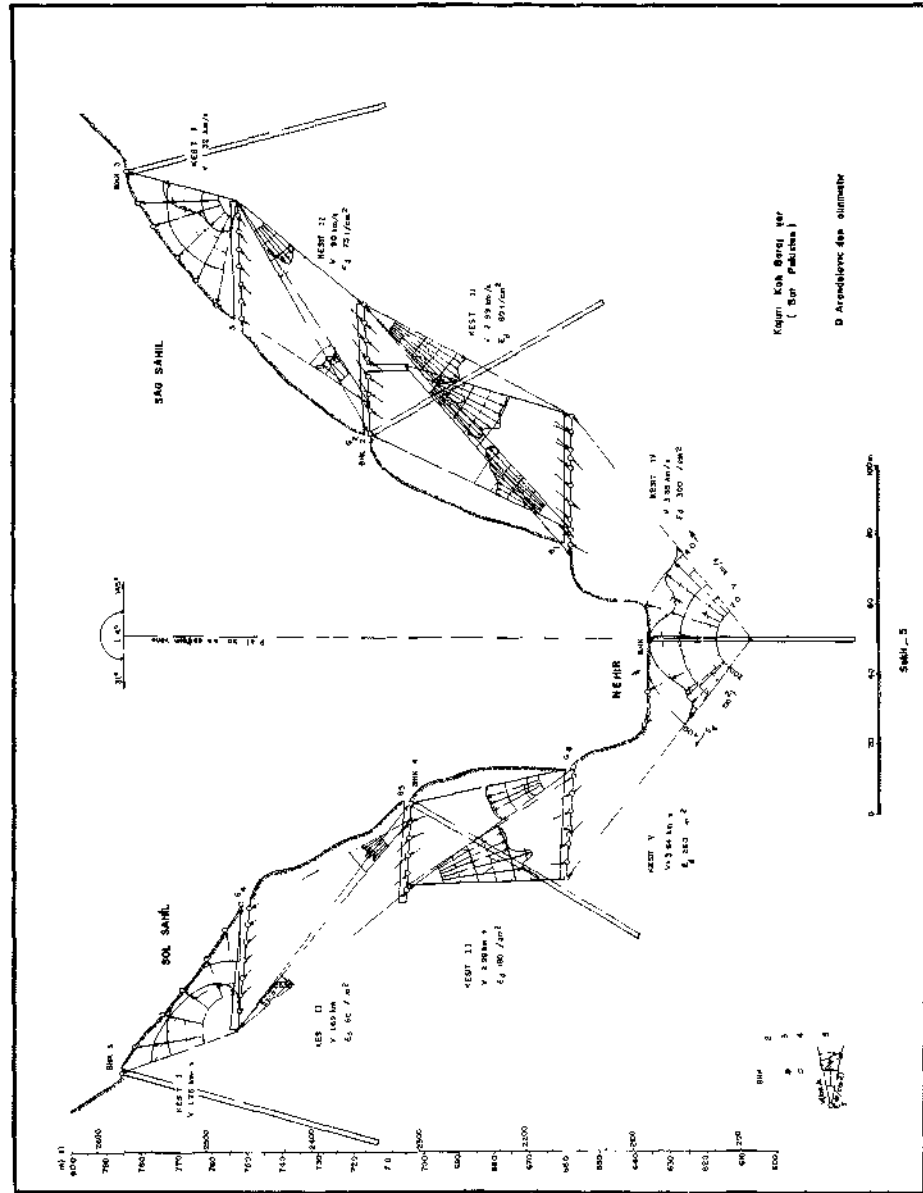
Sağlam tabakayı gösteren dalga cephesi diagramı

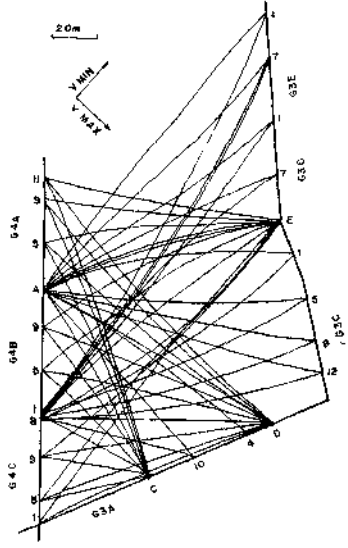


Yüzeydeki yüksek hız tabakayı gösteren dalga cephesi diagramı

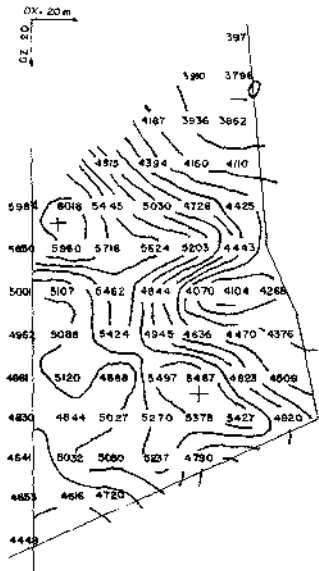
(Bu şekiller R. Meissner'den alınmıştır)

Şekil-4





Galeriler arasındaki Siemk ısın yolları
 A,B,C,D,E Aşa noktaları
 1,5,9,11, Jeston yerleri



Ölçülen ve hesaplanan hızlara göre çizilen Eş-Hız
 eğrileri Şekil - 6

Bu nedenle tüm çalışmalar sonunda yeraltı santralının yerleştirileceği alanda zayıf ve yüksek hızlı zonlar belirlenmiş ve santralin en iyi yerleştirme yerinin seçimine yardımcı olunmuştur.

Şekil-7; LDresen ve arkadaşlarının yaptığı, daha önceden konumu ve ebadları bilinen, terkedilmiş, toprakla örtülü bir maden kuyusu üzerinde çatlakları göstermektedir.

Araştırılan kuyunun derinliği 164 m ve kesiti 2.2 x 4 m'dir. Kuyunun «rafına iki adet sondaj açılmıştır.

I ve II numaralı sondaj deliklerinden (ÂH) dalga boyu kompresyon dalgaları hasıl edilmiştir. Kaydedilen dalgaların amplitüdüleri ve hakim frekanslarına göre çizilen grafikler kuyunun mevcudiyeti halinde karakteristik bir değişim göstermektedir. Eğer hakim dalga boyu, gözlenmek istenen boşluk boyutlarının yaklaşık 0.3'üne eşit veya büyük ise bu boşluğu gözlemek olanak içine girmektedir. Ayrıca kuyular arasındaki aralık, refleksiyon olaylarını kaydetmemek için, yaklaşık en fazla 60 m. olmalıdır.

Bu alanda; sismik yöntemin yanında, mikrogravimetrik, magnetik ve infraruj teknikleri de uygulanmış, şekilde de görüldüğü gibi sismik yöntem kuyu kesitine en yakın sonuç vermiştir.

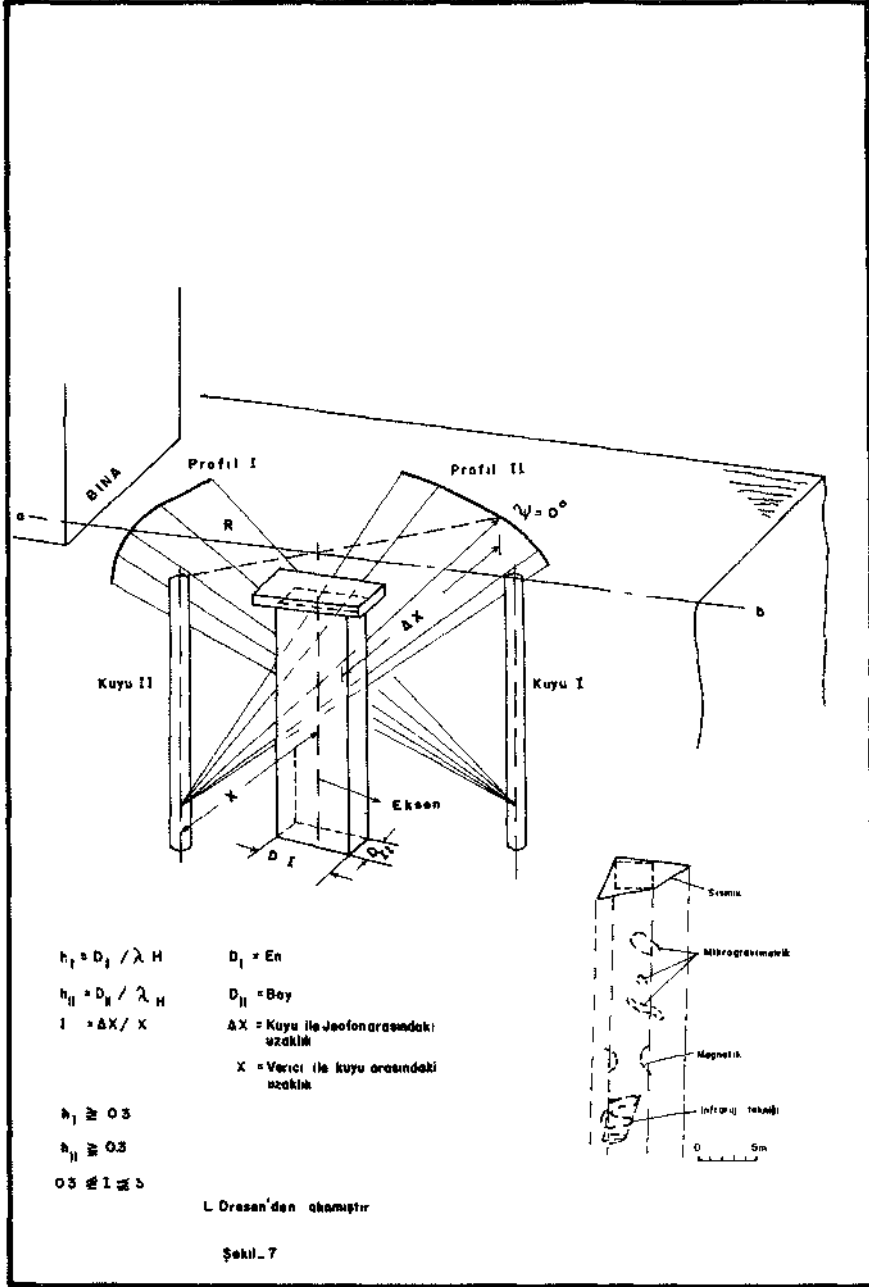
Direk dalga ölçmelerinde genellikle kompresyonel veya P tipi dalgalar kaydedilmektedir. Son zamanlarda sinyal kuvvetlendirici sismografların gelişmesiyle shear veya S tipi dalgalarda kolaylıkla ölçülebilmektedir,

P ve S tipi dalgaların ölçülmesi ve dalgaların yayıldığı ortamın yoğunluğunun bilinmesiyle, kayaçların dinamik elastik sabitleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

Ayrıca yayılan dalgaların dalga boyları, dalga frekansları, dalga amplitüdündeki değişimlerden faydalanarak dalganın enerji atenuasyonu hesaplanabilmekte ve gözlenebilmektedir. Bunlar yardımıyla da kayaç içindeki düzensizliklerin takibi kolay olmaktadır.

Memleketimizde EİE idaresi olarak, Manavgat-Oymapınar, Kızılırmak-İnzü ve Dicle-İlısı baraj yerlerinde direk dalga çalışmaları yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Akkuyu nükleer santral yerinde ve çatlak ve fay zonlarını, karstik boşlukları aramak için yüzey jeofizik yöntemlerinin yanında kuyu içi ve kuyular arası direk dalga ölçme yöntemleri Boğaziçi Üniversitesi ile Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından başarı ile uygulanmıştır.



FAYDALANILAN KAYNAKLAR

1. P. Bois, M.La porte, M.Lavergne, et G.Thomas "Essai de Determination automatique des Vitesses Sismiques par Mesures entre puits" (Geoph. Props. Vol. 19..March 1973)
2. L.Dresen, H.Baule, u.Belli, U.Gasten, G.Gommlch, G.Ullrich "Ortung eines verdeckten Schachtes mit geophysikalischen Methoden" (Glüchauf-Forschungshefte, Oktober 1975)
3. Kenneth H.Stokoe, Richard D.Woods "In situ Shear Wave Velocity by Cross-hole Method" (soil Mech. and Foundation Div. Vol. 98 May. 1972)
4. M. Laporte, J.Lakshmanan, M.Lavergue et C.Willm "Measures Sismiques par Transmission-Application au Genie Civil" (Geoph, Props. Vol. 21 March 1973)
5. R. Meissner
"Wave-front Diagrams from uphole Shooting" (Geoph. Props. Vol 9, p.p. 533-543, 1961)