

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİSMİK YÖNTEMLERDE ZEMİNLERİN Q KALİTE FAKTÖRÜ
ÜZERİNE İNCELEMELER

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
KÜTÜPHANESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOFİZİK MÜH. ŞÜKRÜ ARI

T607/1-1

ANA BİLİM DALI: JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25.09.1992
Tezin Savunulduğu Tarih : 23.10.1992

Tez Danışmanı : Prof. Dr. D. Ali KEÇELİ
Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Züheyr KAMACI
Yrd. Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

EYLÜL 1992

İÇİNDEKİLER

GÖSTERİMLER	v
ÖZET	v1
ABSTRACT	v111
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1. Elastisite Tanımı	4
2.2. Sismik Dalga Çeşitleri	4
2.2.1. Cisim Dalgaları	5
2.2.1.1. Boyuna Dalgalar	5
2.2.1.2. Enine Dalgalar	7
2.2.1.2.a SH Dalgalar	8
2.3. Sismik Kırılma Yöntemi	9
2.4. Uygulamada P ve S dalgalarının elde edilişi	10
2.4.1. P Dalgası	10
2.4.2. SH Dalgası	11
2.5. Dinamik Elastik Parametreler	12
2.6. Arazide Kullanılan Sismik Cihaz	14
2.6.1. Sinyal Biriktirici	15
2.6.2. Kazanç	15
2.6.3. İz Büyüklüğü	15
2.6.4. Hafıza Dondurma	15
2.6.5. Hafıza Silme	15

2.6.6.	Osiloğraf	15
2.6.7.	Frekans	15
2.6.8.	CRT kadranı	16
2.7.	Kullanılan Ekipmanlar	16
2.8.	Jeofonların Özellikleri	16
2.8.1.	Jeofonun Frekansı	19
BÖLÜM 3.	ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ	21
3.1.	Çalışma Alanının Jeolojisi	21
3.1.1.	Mesozoik	22
3.1.1.1.	Söbüdağ Formasyonu	22
3.1.2.	Senozoik	24
3.1.2.1.	Konglomera ve Alüvyon	25
BÖLÜM 4.	JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİNDE Q KALİTE FAKTÖRÜ	27
BÖLÜM 5.	ZEMİNLERİN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN JEOTEKNİK PARAMETRELER	30
5.1.	Jeoteknik Parametrelerin Önemi	33
5.2.	Sismik Alanları Belirleyen Jeoteknik Haritaların Özellikleri	34
5.3.	Sismik Şiddet Artışına Neden Olan Faktörler	36
5.3.1.	Sismik Akustik Empedans	36
5.3.2.	Yeraltı Su Seviyesi	37
5.3.3.	Taşıma Gücü	38
5.3.4.	Sismik Yöntemlerle Zemin Emniyet Gerilmesinin Saptanması	39
5.3.4.1.	Duraylı Zeminler	40
5.3.4.2.	Koşullara Bağlı Duraylı Zeminler	40
5.3.4.3.	Duraysız Zeminler	40
5.3.5.	Zeminin Hakim Titreşim Periyodu	41

BÖLÜM 6. JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİNDE Q KALİTE FAKTÖRÜ	43
6.1. Zeminlerde insutu Deneyleriyle Anatiasyonun Ölçülmesi	43
6.2. Jeofizik Mühendisliğinde Sismik Yöntemle Q Belirleme Yöntemleri	47
6.2.1. Uzaklıkla Genlik Kayması.....	47
6.2.2. Spektral Oran Yöntemi	48
6.2.3. Rise-Time Metodu	50
BÖLÜM 7. UYGULAMALAR VE YORUMLAR	54
TARTIŞMA	113
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	124
TEŞEKKÜR	
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

GÖSTERİMLER

- A : Atış noktası (enerji kaynağı)
B : Hıza bağımlı olan kritik sönüm faktörü
E_d : Dinamik elastisite modülü
f_o : Doğal frekans
f_p : P dalga frekansı
f_s : S dalga frekansı
G : Dinamik kayma modülü
h : Tabaka kalınlığı
h_o : Sönüm faktörü
J₁, J₂ : Jeofon kayıt noktaları
J_r : Eklem pürüzlülük sayısı
J_a : Eklem alterasyon sayısı
J_w : Eklem su indirgeme faktörü
K : Yayın eğilmezlik katsayısı
M : Kütle
P : Boyuna sismik dalga
RQD: Kaya kalitesi tanımlaması
S : Enine sismik dalga
SRF: Gerilme indirgeme faktörü
SH : Yatay polarlanmış enine dalga

SV : Düşey polarlanmış enine dalga
Ti : Kesme zamanı
t : zaman
T : Peryot
Vp : Boyuna dalga hızı
Vs : Enine dalga hızı
X : Uzaklık
Xc : Kritik uzaklık
ρ : Ortamın yoğunluğu
μ : Poisson oranı
λ : Puls genişliği
Qp : Boyuna dalga hızından hesaplanan kalite faktörü
Qs : Enine dalga hızından hesaplanan kalite faktörü

ÖZET

Son yıllarda kayaçların elastik olmayan özelliklerini belirlemek için sismik enerji sönümünün belirlenmesi çalışmalarının arttığı görülmektedir.

Zeminlerin anelastik sönümünü belirlemek, mühendislik yapılarının temel etüdlerinde çok önemlidir. Değişik çalışmalarda, zeminlerin hakim titreşim periyodu, zeminin taşıma gücü, sismik akustik empedans, yerin stabilitesi ve yeraltı su seviyesine bağlı olarak zeminler sınıflandırılmış ve yerel jeoteknik haritalar hazırlanmıştır. Bu çalışmada bu parametrelerin yanı sıra çeşitli jeolojik birimler için elastik parametreler ve sismik enerji sönümünden elde edilen Q kalite faktörü in-situ ölçümleri ile tesbit edilmiştir.

Q kalite faktörünün tesbitinde kullanılan Rise-Time yöntemi puls genişliğinden saptanmıştır. Rise-Time yöntemi Q değerinin bulunmasında en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Bu çalışmada ilk defa Q kalite faktörü ile sismik hızlar (V_p, V_s) ve elastik parametreler (E, G) arasında deneysel olarak ampirik bağıntılar bulunmuştur. Bu bağıntılara göre Q ile V, E, G arasında $y = ax$ gibi lineer bağıntı olduğu saptanmıştır. Ayrıca enine ve boyuna dalga hızlarından elde edilen Q_p ve Q_s arasında da lineer bir bağıntı olduğu saptanmıştır.

Bu tez çalışmasına göre mühendislik jeolojisinde kullanılan Q kalite faktörü gibi mühendislik jeofiziğinde elde edilen Q kalite faktörü ile jeolojik yapıların mühendislik özelliklerinin incelenebileceği gösterilmiştir.

ABSTRACT

In recent years it is seen that to determine the inelastic properties of rocks, seismic energy attenuation studies have increased.

It is very important to determine the inelastic attenuation of unconsolidated sediment for foundation studies of engineering structures. In various studies ground have been classified with respect to predominant periods of soils, bearing capacity, seismic acoustic impedance, ground stability and under ground water level and local geotechnical maps have been prepared. In this study, in addition to these parameters for various geological formations Q quality factors which have been obtained from seismic energy attenuation and elastic parameters have been determined by means of in-situ measurements.

The Rise-time method which is used for determining quality factor Q has been obtained from pulse band. This method has been used very often to find the Q values.

With this study, for the first time, empirical equations among quality factor Q, seismic velocities (V_p, V_s) and elastic parameters (E, G) have been found experimentally. According to these equations it has been seen that there is a linear equation such as $y = ax$ between Q and V E, G. Further more, it has been determined that there is a linear equation between Q_s and Q_p which have been obtained from the compressional and shear wave velocities.

According to this study, it has been, pointed out that quality factor Q used in engineering geophysics can be studied in determining the engineering the engineering properties of geological structures as well as quality factor Q used in engineering geology.

GİRİŞ:

Arama jeofiziği yöntemlerinden biri olan sismik yöntemlerle ekonomik kütlelerin aranması ve mühendislik problemlerinin çözümünde yeraltı tabakalarının kalınlığı, elastik özellikleri, sıvı saturasyonu, yapısal bozuklukları (faylı ve karstik yapılar v.b.) ve sismik enerji sönümünden zeminin kalite faktörü belirlenebilmektedir. Gelişen teknolojik bilgiler ışığında sismik yöntemler yol inşaatlarında binaların temel özelliklerinden, zemin taşıma gücü, zeminin hakim titreşim periyodu, sismik aküstik empedans, tabaka eğimi, elastik parametreleri v.b. gibi çeşitli mühendislik problemlerinde sıkça kullanmaya başlanmıştır.

Bu sözü edilen mühendislik problemlerinin çözümünde sismik boyuna (P) ve enine (S) dalgalarının elde edilmesi çok önemlidir. Bunun yanı sıra elastik parametrelerin prospeksiyonu daha ziyade mühendislik yapılarının doğa afetlere karşı önlemlerinin alınması için saptanması gereken parametrelerdir.

Sismik enerji sönümü ile ilgili çalışmalar son yıllarda giderek artmış, sönüm tesbiti için üç yöntem geliştirilmiştir. (Haterly, 1986) uzaklıkla genlik kayması

üzerine çalışmıştır. (Blair ve Spathis,1974)'e göre ise spektral oran yöntemi sınırlıdır.

Gladwin ve Stacey (1974), Kjartanson (1979) çalışmalarında sinyalin geliş zamanının dalga genişliği ile orantılı olduğunu göstermiştir. Gladwin ve Stacey'e göre Q kalite faktörünü belirlemenin en iyi yolu Rise-Time metodudur.

Tanif ve Baurbine (1987)'ye göre sinyal sınırlandırılmasının geometrik kaymadan bağımsız olması ve sinyalin ilk geleninin gürültü içermemesi Rise-Time metodunun üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

Anelastik bir ortamda bir sismik enerji kaynağı tarafından üretilen sismik dalganın sönümü, bir ortamda sismik dalga yayılırken enerji miktarının azalmasıdır. Bu tür enerji sönümünün büyüklüğü ortamın fiziksel özellikleri kadar bir sismik kaynağın da fonksiyonu olarak tanımlanabilir.

Uygulamada sismik enerji sönümüne neden olan faktörler:

- a) Sismik enerji kaynağı ile alıcı jeofon arasındaki uzaklık, buradaki olay sismik dalga cephesinin uzağa gitmesi ve kaynaktan uzaklaşması ile sismik dalganın genliğinin azalması olayıdır.
- b) Ortamın elastik olmayan özelliğine bağlıdır. Bu genellikle sönümün tersi olan Q kalite faktörü ile

karakterize edilir.

c) Ara yüzeyleerde sismik enerjinin bölünmesine bağlıdır.

Konsolide olmamış ve olmuş sedimanter zeminler üzerinde Q kalite faktörünün yerinde (in-situ) ölçümlerini elde etmek için mühendislik fakültesinin kampüs alanı içerisinde ve civarında sismik enine ve boyuna dalga profilleri alınmıştır. Enine ve boyuna sismik kırılma dalgalarından ortamın elastik parametreleri ve ortamın Q kalite faktörü tesbit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı zeminin türüne göre sismik hızla orantılı olan Q kalite faktörünün ve elastik parametrelerin belirlenmesi ve bu parametreler arasında bir ilişki kurulmasıdır. Bunun için bölgenin jeolojisi tanıtılmıştır. Jeolojik verilerle zeminlerin özellikleri sağlıklı bir biçimde tayin edilemediği durumlarda jeofizik yöntemler devreye girer. Bunun için jeofizik arama yöntemlerinden olan sismik kırılma yöntemiyle çeşitli zeminlerin Q kalite faktörü ve diğer elastik parametrelerin bulunması yoluna gidilmiştir. Kalite faktörü ile elastik parametreler arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Böylelikle sözkonusu zeminler hakkında yararlı bilgiler elde edilmiştir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1 Elastisite Tanımı

Zemin mekaniğinde bir ortama belirli bir limiti aşmak koşulu ile deformasyon oluşturan dış kuvvetler ortadan kalkarsa oluşan deformasyon geri döner. Tümüyle ortadan kalkar. Bu duruma elastiklik denir. Yükleme sırasında oluşan deformasyonların boşalma sonrasında geriye dönmeden kalmasına plastiklik denir. Mühendislik jeofiziğinde ise patlatma veya vuruş noktasından itibaren gerilmeler elastik dalga olarak yayılır. Bir sismik dalga bir ortamda yayılırken geçtiği ortamda belli değişiklikler olur. Bu değişikliklerin miktarı ve tipi dalganın içeriğine ve ortamın fiziksel özelliklerine bağlıdır.

Kayaçlarda sismik dalgaların yayılması, bir partikülün deformasyonunun katı içersinde, katının elastik özelliklerine ve yoğunluğuna bağlı olarak suratle ilerlemesi şeklinde olur. Bu bağımlılığını belirlemek için kuvvetlerin neden olduğu deformasyonları iyi tanımak gerekir.

2.2. Sismik Dalga Çeşitleri

Sismik dalgacık; (seismic wavelet) sismik enerji kaynağından çıkıp yer içinden geçerek jeofona (alıcıya) gelirken ki bir tek parçacığın hareketinin çizdiği şekil olarak tanımlanır. Normalde, sismik enerjinin çizdiği yol üzerinde geçilen her tabaka homojen, izotrop ve tam elastik olduğu varsayılır.

Yer içinde homojen, izotrop ve tam elastik bir ortamda geometrik optiğin temel yasalarına uyarak 2 tür sismik dalga yayılır. Bunlarda kendi içinde ikiye ayrılarak 4 tür sismik dalga yer içinde yayılmış olur. Bu dalgalar:

1. Cisim dalgaları (Body waves)
 - 1) Boyuna (P) sismik dalgalar
 - 2) Enine (S) sismik dalgalar
2. Yüzey dalgaları (Surface waves)
 - 1) Rayleigh (L_R) dalgaları
 - 2) Love (L_Q) dalgaları

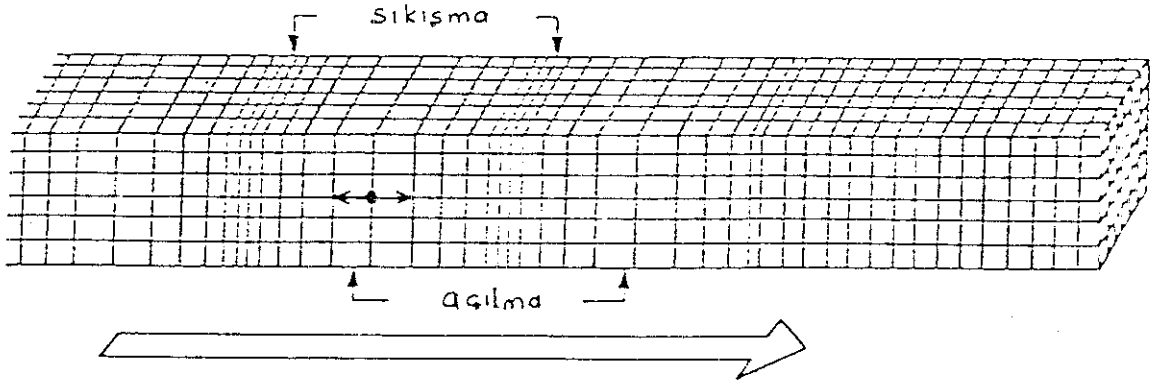
Bir sismografin kaydettiği sismik izde çeşitli dalgalar görülür. Bunlardan bir kısmı yeryüzünde, bir kısmı ise yer içinde yayılır. Yer içinde yayılan dalgalar boyuna ve enine dalgalardır. Mühendislik jeofiziğinde kullanılan bu dalga türlerine kısaca değinelim.

2.2.1 Cisim Dalgaları

2.2.1.1 Boyuna Dalgalar (P)

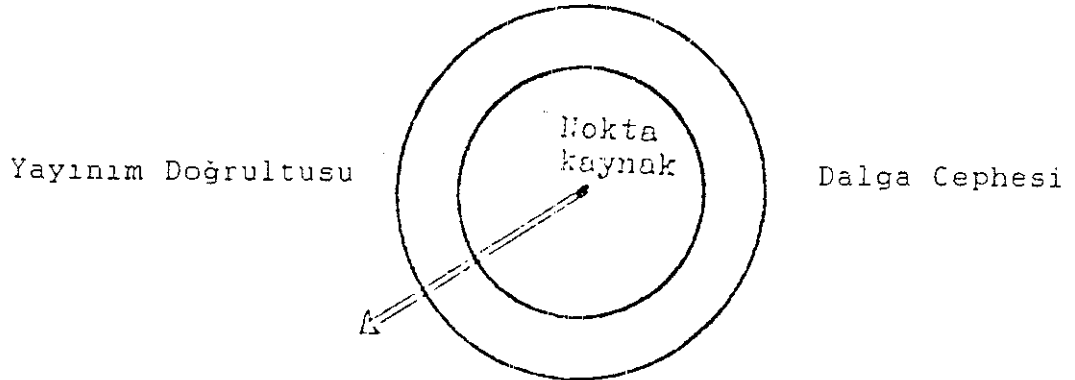
Bu dalga tipi kompresyonel veya primer (P) dalgası olarak bilinir. Cismin içinde yayınım doğrultusuna paralel olarak titreşim gösteren dalgalardır (Şekil:2.1).

P - dalgası



Şekil:2.1 Yayınım doğrultusu boyunca titreşen P dalgası (Bolt,1982)

Hugens prensibine göre nokta kaynaktan küresel olarak titreşim gösteren P dalgaları, dalga cepheleri şeklinde yayılırlarken iki sıkışma veya iki genişleme dalgaları arasında bir dalga boyuna sahip olurlar (Şekil:2.2).



Şekil:2.2 Nokta kaynaktan boyuna dalga yayılması (Dobrin;1982)

Boyuna dalga hızı, ortamın elastik sabitleri ve birim hacim hacim ağırlığına aşağıdaki bağıntıda açıklandığı şekilde bağlıdır.

$$V_p = \sqrt{(\lambda + 2G) / \rho} = \sqrt{E / \rho * 1 - \mu / (1 - \mu) * (1 + \mu)} \quad (2.1)$$

Burada V_p : Boyuna dalga hızı

λ : Lamé sabiti

G : Kayma modülü

ρ : Yoğunluk

E : Elastisite modülü

μ : Poisson oranı modülü

K : Bulk modülü

Sismik yöntemlerde P boyuna dalgaların çok kullanılması nedeni, P dalgalarının oluşturulmasının çok kolay olması, her türlü ortamda yayılmaları, ortamda en hızlı yol alan dalgalar olup jeofonlara ilk gelen dalgalar olmasındandır.

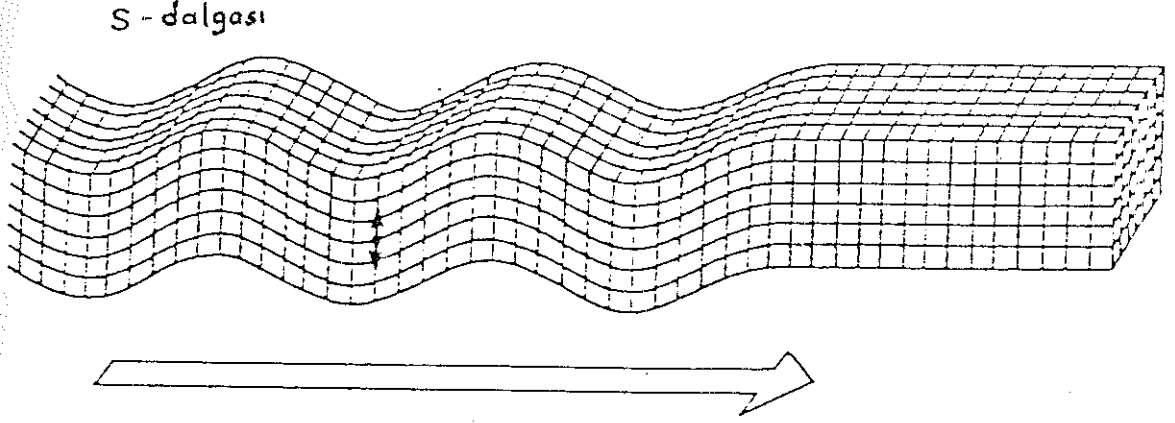
(P) ve (S) dalgaları farklı hızlarda dağıldıkları gibi farklı frekanslarda yayılırlar. Bu dalgaların dalga boyu frekans ve hız karşılaştırması aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_s} = \frac{v_p}{v_s} \cdot \frac{f_s}{f_p} \quad \lambda_p = \frac{v_p}{f_p} \quad \text{ve} \quad \lambda_s = \frac{v_s}{f_s} \quad (2.2)$$

2.2.1.2 Enine Dalgalar

Secondary dalgalar olarak bilinen S dalgaları yayılım

doğrultusuna dik düzlem içersinde titreşirler. S dalgası SH ve SV olmak üzere iki bileşene sahiptir. Çalışmamızda kullandığımız dalga bileşeni SH'dir.



Şekil:2.3 S dalgalarında partiküllerin yatay olarak polarlanmış enine dalgaları (Bolt , 1982)

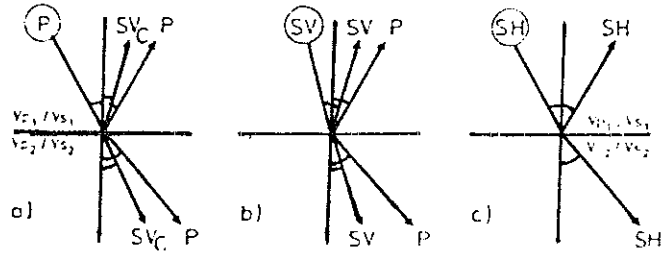
Enine dalga, ortamın elastiki sabitlerine ve yoğunluğuna aşağıdaki şekilde bağlıdır.

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1+\nu)}} \quad (2.3)$$

Enine dalgalar P dalgalarından daha alçak frekanslara sahiptir.

2.2.1.2.1 SH Dalgaları

SH dalgalarının bir ortamda yayılışı P ve S dalgalarına göre daha basittir. Bir süreksizliğe gelen hiçbir dalga SH dalgalarının yansıma ve kırılmasından oluşmaz.



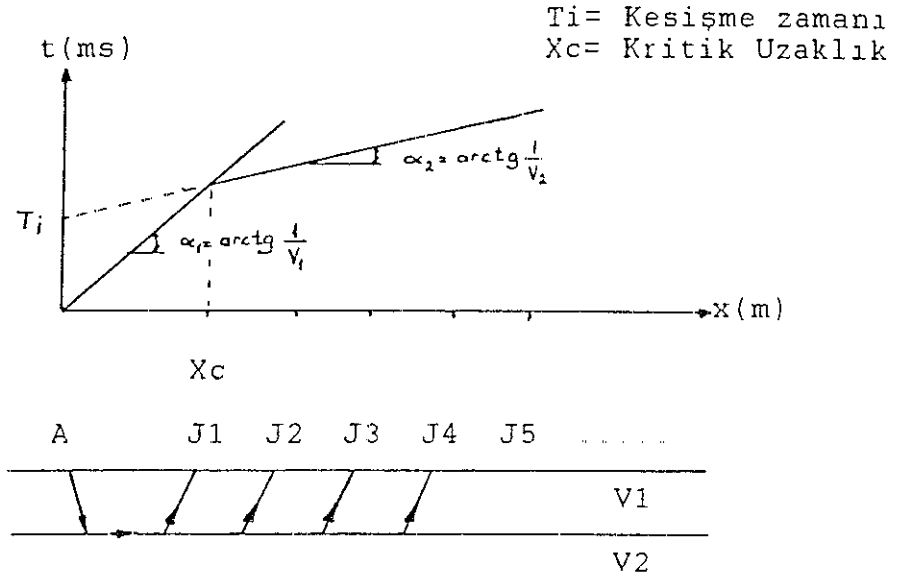
Şekil:2.4 iki elastik ortam arasındaki arayüzeye gelen elastik dalganın dağılımı (Prakla report,1986)

Yalnız SH dalgaları yayan bir sismik kaynak yardımıyla elde edilen kayıtlar oldukça basittir ve kolaylıkla değerlendirilebilir.

Burada çalışmış olduğumuz sismik enine dalga SH dalgası olduğu için sadece buna değinilmiştir.

2.3. Sismik Kırılma Yöntemi:

Yeryüzünde bir A noktasında bulunan bir kaynaktan çıkan sismik dalgaların yer içersinden kırılarak yayıldıktan sonra yeryüzündeki jeofonlara gelmeleri için geçen zamandan faydalanarak yeraltındaki tabakalı jeolojik yapıyı tanımaya yarar. Sismik kırılma yöntemi Mühendislik Jeofiziğinde temel kayanın derinliğini ve fiziksel özelliklerini saptamak için kullanılır. Yeraltı homojen ve dalga hızı sabitse, kayıtlardan elde edilen zaman, uzaklığın fonksiyonu olarak grafiklenirse zaman-uzaklık grafikleri elde edilir. Bu grafik bir doğrudur. Bu doğru denklemle ifade edilir.



Şekil:2.5. Sismik Kırılma yönteminde Yol-zaman grafiği ve ortamda dalga yayılımı

Şekilde de görüldüğü gibi zaman-uzaklık grafiği iki tabakalı bir ortamın grafiğidir. Birinci tabakanın eğimi $1/V_1$ 'dir. X_c kadar mesafeden sonra eğimi daha az fakat hızı daha yüksek ikinci tabakanın eğimi vardır. Buranın eğimi $1/V_2$ dir. Birinci tabakanın kalınlığı h 'dir.

Bu ikinci doğru iki tabaka arasındaki sınırın etkisi ile oluşmuş P dalgalarına ilişkindir. A atış noktasından çıkan bir sismik dalga jeofonlardan kaydedilmeden önce bu arayüzeyde yansır veya kırılırlar. Sınıra kritik iç açısı ile gelen dalgalar ($\sin(\theta_c) \approx V_1/V_2$) sınır boyunca alt tabakada yayılarak sınırdan kritik iç açısı ile birinci tabakaya geçerler ve jeofonlar yardımıyla yeryüzünde kaydedilirler. Çalışmalarda sismik kırılma yöntemiyle frekans 2 - 40 Hz civarında olan kırılma dalgalarının kaydedildiği görülmüştür.

Kırılma olayını basit olarak iki tabaka için ele alırsak: $V_1 < V_2$ olmalıdır. Burada V_1 birinci tabakanın

hızı, V2 ikinci tabakanın hızı, h1 birinci tabakanın kalınlığıdır.

$$h1 = \frac{Ti}{2} \sqrt{\frac{V1 V2}{V2^2 - V1^2}} \quad \text{ya da} \quad (2.4)$$

$$h1 = \frac{Xc}{2} \sqrt{\frac{V2 - V1}{V1 + V2}} \quad \text{olarak ifade edilir.} \quad (2.5)$$

2.4. Uygulamada P VE S Dalgalarının Elde Edilişi:

2.4.1. P Dalgası:

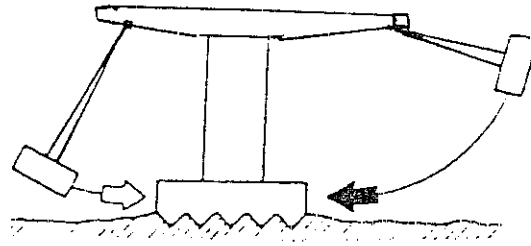
Sismik yöntemlerde P boyuna sismik dalgayı ölçmek için sismik profil boyunca düşey bileşenli jeofonlar ofset uzaklığından sonra eşit aralıklarla serilmiştir. Bu çalışmada enerji kaynağına yerleştirilen demir-dökümden imal edilmiş bir koniye 7 kg'lık bir balyoz ile darbeler uygulanarak P jeofonlarında boyuna sismik dalgalar kaydedilmiştir.

2.4.2. SH Dalgası:

Uygulamada kullandığımız enine sismik dalga SH dalgasıdır. Onun için bu dalganın elde edilmesini ve ekipmanları kısaca ifade edelim.

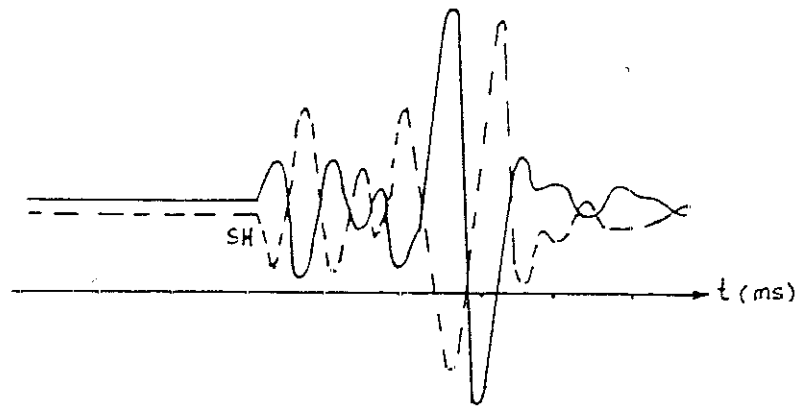
Enine dalgalarla çalışma yeteri derecede gelişmiş sismik beceriyle ve güvenilir bir enerji kaynağına ihtiyaç gösterir. Çalışma sırasında rastgele olan etkiler yok edilmelidir. Enerji çıkışı büyütülmeli ve elde edilmesi

İstenen dalgaların polarizasyon yönü kontrol edilmelidir. Enine dalgaları elde etmek için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Uygulamada yatay çekiç yöntemi kullanılmıştır. Mühendislik jeofiziğinde en çok kullanılan bir tekniktir. Burada tahta kalas yere sıkı bir şekilde yerleştirilir ve uçların birine yatay bir darbe ile vurulur. Bu uygulanan yatay kuvvet tahta kalasla yerde üretilen kesme mukavemetine eşitlenir. Aynı anda bir sıkışma gerilemesi, tahta kalasın diğer bir ucunda yaratılır (Şekil:2.6).



Şekil:2.6 Yatay çekiçin prensibi. İki çekiç sıra ile yere yerleştirilmiş bir tahta kalasa vurulur. (Prakla Report., 1986)

Bu üretilen enine sismik dalganın kaydı aşağıda görüldüğü gibidir (Şekil 2.7).



Şekil: 2.7 Zıt yönde darbe ile oluşturulmuş SH enine Dalgası (Türker, 1988)

2.5. Dinamik Elastik Parametreler

Dinamik Elastisite Modülü (Ed):

Dinamik elastisite modülü (E) yoğunluk ve sismik hızlardan bulunabilir. Bu parametre jeolojik birimlerin sertliğin ve sağlamliğın bir ölçüsüdür.

$$E_d = \frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} V_s^2 \rho \cdot 10^{-3} \quad \text{ve} \quad (2.6)$$

$$E_d = 2 \rho (V_s)^2 (\mu + 1) \quad (2.7)$$

Dinamik Rijidite (Kayma) Modülü (Gd):

$$G_d = \rho \cdot V_s^2 \cdot 10^{-3} \quad (2.8)$$

Dinamik kayma modülü yalnız enine dalga hızı ile yoğunluğa bağlıdır. Bunun için de enine dalga hızını belirlemek gerekir. Deprem hasarlarını tahmin etmede Gd modülünün tayinin hayati önem taşıdığı bilinir.

Dinamik Poisson Oranı (μ):

Dinamik Poisson oranı (μ) boyuna ve enine dalga hızlarından hesaplanır. Poisson oranı (V_p/V_s) hız oranına direk olarak bağlıdır ve yoğunluk dikkate alınmadan hesaplanır.

$$\mu = \frac{0.5 (V_p / V_s)^2 - 1}{(V_p / V_s)^2 - 1} \quad (2.9)$$

Poisson oranı μ ve S hızları eşit olduğu zaman negatif ve sonsuzdur. Bundan başka teorik olarak;

$$-\infty \leq \mu \leq 0.5 \text{ için} \quad V_s \leq V_p$$

olduğu söylenebilir. Fakat daha gerçeği, (μ) Poisson oranı 0.0 ile 0.5 arasında değişir. (μ) yumuşak kayalar ve su ile doymuş kayalar için yüksektir. Sert kayalar ve gaz ile doymuş kayalar için düşüktür. Kristalen ve metamorfik kayalar genellikle ($\mu = 0.25$) civarında bir değer ile karakterize edilir.

Yoğunluk (ρ)

Sismik hızlar bilinirse, jeofizik literatüründe kuru ortam yoğunluğu ampirik olarak tanımlanabilir. Bu ampirik bağıntı aşağıda aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$\rho = 0.2 V_p + 1.6(\text{gr} / \text{cm}^3) \quad (2.10)$$

Burada V_p hızı formüle km/s cinsinden konur.

2.6. Arazide Kullanılan Sismik Cihaz

Sismik kırılma tekniğiyle yapılan çalışmalarda kayıtlar Amerikan Geometrics Firmasının (EG & G-GEOMETRICS) üretimi, çok gelişmiş, 12 kanallı ve sinyal biriktirmeli ile alınmıştır. Her bir kanalın "time break"i (sıfır başlangıç zamanı) darbe anında çekiç üzerinde bağlanmış

anahtarla (açık durumdayken kapanıp açılan platinle) elde edilmektedir. Sismik dalgaların kırılmaları 0.5 ms (milisaniye) duyarlılıkla olabilmektedir.

2.6.1. Sinyal Biriktirici (Signal Enhancement) :

Hafızanın büyüklüğü her bir kanalda 10 küçük parça ile 1024 sözcükten oluşur. Örnekler, sayısal hale getirilmiş ve birikmiş sinyaller hafızaya geçer. Tekrarlanmış sinyalleri üst üste biriktirerek kaydeder. Gürültülü gelen rastgele sinyaller silinir ve sınırlanır. 12 kanaldan istenilenler de hafıza dondurulabilir.

2.6.2. Kazanç (Gain):

Her bir kanalın tek tek güçlendiricisini düzenler. Gain düğmesi, keyfi olarak 0-66 dB'le kadar 6 dB'lik kadrlar halinde kalibre edilmiştir. Sistemin bütün kazancı ise bundan çok daha yüksektir. Her 6 dB'lik kademe, kazançların iki kat değerlerini vermektedir.

2.6.3. İz Büyüklüğü (Trace Size)

Değerlendirme sırasında en iyi iz büyüklüğünü belirlemekte kullanılır. Bu kontrol hafızaya girer. Veriler üzerinde herhangi bir etki yapmaz.

2.6.4. Hafıza Dondurma (Memory Freeze) :

Bu sistemin iz büyüklüğü düğmesinin yukarıya doğru çekilmesiyle çalışmaya başlar. Yaptığı iş tek tek her kanalı veri biriktirmekten veya veriyi silme işlemi yapmaktan engellemektir.

2.6.5. Hafızayı Silme (Clear Memory):

Bu sistem kayıdın silinerek aletin yeni bir veriye hazırlanması için kullanılır.

2.6.6. Osilograf (Oscillograph):

10 cm. genişliğindeki elektroya duyarlı ve kağıt üzerinde 12 kanalın hepsinde aynı zamanda oluşan sürekli kayıt alır. Kayıt ışıkta kararır ve fotokopisi alınır.

2.6.7. Frekans (Frequency):

Filtrelerin köşe frekansını seçer ve 30 Hz. ile 300 Hz. arasında ayarlanabilir.

2.6.8. CRT Kadranı (Cathode Ray Tube Display):

CRT ekranı gün ışığında karartma yapmadan görülebilir. Zaman çizgilerini seçen anahtarla değişik zaman uzunluğundaki bölgelerde sinyal izleri izlenebilir.

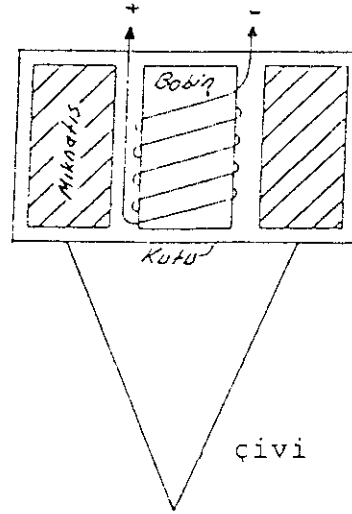
2.7 Kullanılan Ekipmanlar

- a) Sismograf
- b) 12 batarya kutusu
- c) Batarya şarj edici
- d) Güç kablosu (Sismograf ile batarya arasında)
- e) Çekiç ve çekiç anahtarı
- f) Kayıt kağıdı
- g) Jefon kablosu (Sismograf ile batarya arasında)
- h) Jeofonlar (Alıcılar)
- i) Demir-döküm koni (veya alüminyum plaka).
- j) Tahta kalas (2m.X 0 1m. X 0.3m.).

2.8. Jeofonların Özellikleri

Sismometreler ya da pratikteki adıyla jeofonlar, depremlerin kaydında aletlerin dayandıkları sarkaç ilkesine

göre yapılmışlardır. Ancak sismik yöntemlerde kullanılacak jeofonlar daha yüksek frekanslı dalgaları kaydedeceklerinden öz (doğal) periyotları daha küçük olması gerekir. Ayrıca jeofon kolayca taşınabilmelidir. Taşınırken sarsıntı ve benzeri şeylerden etkilenmeyecek biçim ve özellikte olmalıdır. Jeofon bir elektromekanik alettir. En basit ve en çok kullanılan tipi elektromagnetik tiptir. Elektromagnetik jeofonun şematik yapısı (Şekil:2.9)'de gösterilmektedir.

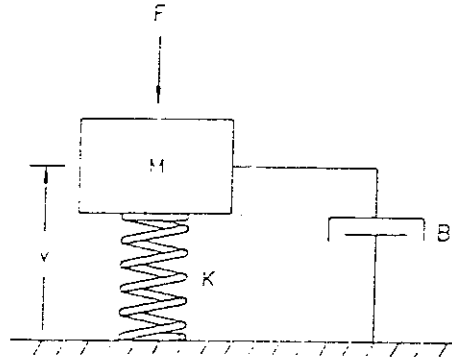


Şekil:2.9. Elektromagnetik tipli jeofonun yapısını gösteren şematik diyagram (Geospace rep ,1986)

Elektromekanik alet diye adlandırılan jeofon bir bobin ile bir mıknatıstan ibarettir. Bunlardan biri yere rijit bir şekilde sabitleştirilir, diğeri ise sabit bir dayanağa yay ile asılır. Buradaki bobin yere tesbit edilmiş olup, mıknatıs asılıdır ve bobin yerle birlikte hareket ederken mıknatıs atalet kütlesi görevini yapar. Bobinin mıknatısa göre hareketi bobinin iki ucu arasında hareketin hızı ile orantılı olan bir e.m.k. (elektromagnetik kuvvet) üretir.

Bobinin atalet kütlesi görevini tam yapması isteniyorsa bobinin ağır bir çekirdek etrafına sarılmış olması gerekir.

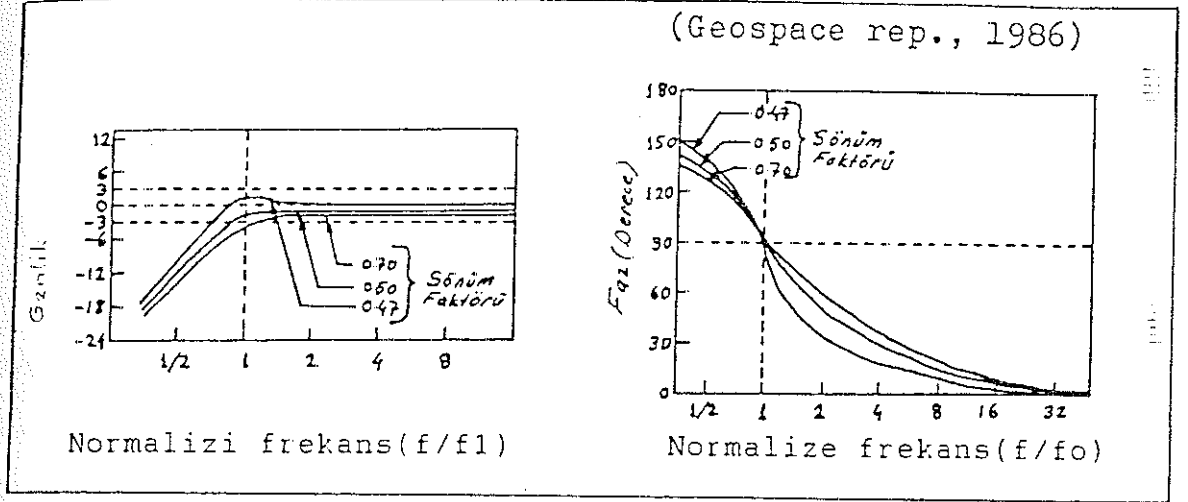
Bobin bir yay ile asılı, mıknatıs ise jeofonun gövde kısmına bağlı jeofon tipleri bu tezde kullanılmıştır. Aletlerde , bobin ile mıknatısın birbirine göre hareketini incelemek için genel olarak sarkaç tipi aletlerin titreşimini incelemek gerekir. Zorlanmış bir titreşim hareketi (yerin hareketi, zorlayan harekettir) karşısında bir sismometrenin veya jeofonun hareketi sönümlü (sönüm, hız ile orantılı olarak varsayılır) ve yerine getirme kuvvetinin (yer değiştirme ile orantılı) bulunduğu düşünülerek incelenir. Jeofonun mekanik eşdeğeri (Şekil 2.10)'da gösterilir.



Şekil 2.10. Jeofonun mekanik eşdeğeri (Geospace rep., 1986).

Burada jeofonun genel hareket denkleminde sırasıyla içinde yer alan kütle (M), yayın eğilmezlik katsayısı (K) ve hıza bağlı olan kritik sönüm faktörü (B)'dir. Dışarıdan uygulanan kuvvet jeofonun uzun eksenine paraleldir. Doğal frekans (f_0), sönüm faktörü ise (h_0)'dir.

Bir harmonik sinyal hakkındaki tipik bir jeofonun cevap eğrilerinin, frekansın ve sönümün bir fonksiyonu olarak normalize edilmiş hali (şekil 2.11)'de gösterilir.



Şekil:2.11 Tipik bir jeofon cevap eğrileri.

Normalize olan frekans, tahriğin sesinin aktaran frekansa oranı olmaktadır. h_0 sönüm faktörü, B izafi (nisbi) sönümün, $2\sqrt{KM}$ oranıdır. Sıfır sönüm için, çıkış (Output Amplitüd) doğal frekansta sonsuz olur. Açıkçası bu sadece teorik bir sonuçtur. Çünkü, sıfır sönüm hiç elde edilmez. Sönüm için artışlar, çıkış piki (Magnetüt) gittikçe azalır ve sönüm faktörü (h_0), 0.5 ve 0.7 arasında pik görünmez ve düz olan cevabın alanı, onun maksimum miktarına sahip olur. Sönüm için artışlar bu değerden ileridedir. Düşük frekansın cevabı tedricen düşer. Bundan dolayı jeofon çıkışındaki genlik bozunması (distortion) ilişkisiyle daha az ve daha fazladır. Jeofon cevapları için kritik sönüm faktörünün %70 lik seçimi kabul edilmiştir.

Bir jeofonun çıkış geneliği, giriş miktarıyla ilişkili olan faz kayması önemli yer tutar. Çünkü frekansla ve $n\pi$ 'nin bir engeliyle doğrusaldır. Yani, kayma $(kw+n\pi)$ 'ye eşittir. Burada k bir sabit ve n bir tam sayıdır. Herhangi bir jeofona giren sinyalin $A \cos wt$ olması halinde jeofondan çıkan sinyal aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$B \cos(wt+kw+n\pi) = \pm B \cos w(t+k)$$

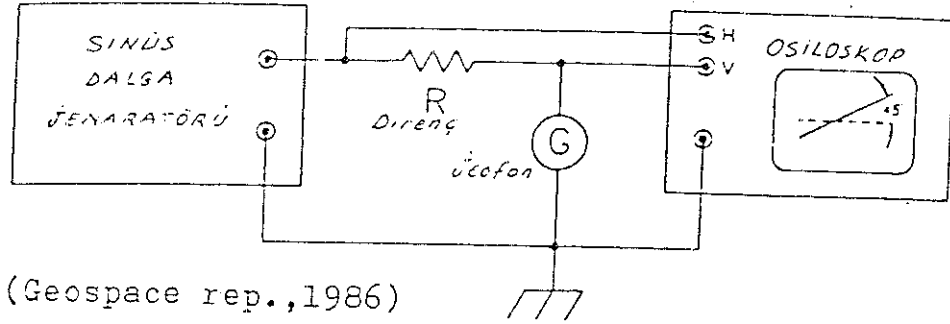
Böylece, net etkisi n tam sayı olmadığı zaman, yani tek sayı olduğu zamandaki bütün frekansların kayması olur. Dalga biçiminin değişmesindeki sonuçların her ikisi söz konusu değildir (Şekil 2.11)'e ait olan sönüm faktörü 0.5-0.7 için faz karakteristikler, 20 Hz. üstündeki frekans alanı için uygun bir düz doğrudur.

Genellikle yakın aralıkla yerleştirilmiş jeofonlar tek bir birleşik çıkışı üretmek için bir seri ve paralel düzende birleştirilir ve bağlanır. Bütün jeofon grubu, grubun merkezinde yerleştirilmiş bir tek jeofona eşit olacak şekilde düşünülür. Her nasılsa, her bir jeofonun sönümü, devrenin rezistansındaki değişmeden dolayı diğer jeofonların varlığıyla tesir edilecektir.

2.9. Jeofonun Frekansı

Doğal frekans 90° ile girişi olan ve onun çıkış eğrilerindeki gözlenen nokta ise bir sinüs dalga titreştiricisiyle, jeofon (G), elektriksel olarak tahrik ediciyle ölçülür.

Doğal frekans ölçümü için şema şekil 2.12'de gösterilmektedir.



Şekil: 2.12 Doğal frekans ölçümüne ait şema

Bu rezistör serileri, jeofon bobin rezistansı ve tahrik etme seviyesi jeofon duyarlılığının yaklaşık %5'ten yaklaşık 50 devir daha büyüktür. Osiloskopun düşey (V) ve yatay (H) kanallarla genlik ve fazdaki dengelemeyle tahrik frekansı, Lissajous düzeni 45 derecede düz bir hattında olduğu zaman doğal (natural) frekansa eşittir.

Uygulamada sıg mühendislik çalışması yaptığımız için 20 Hz.ve 40 Hz.'lik jeofonlar kullanılmıştır. Sıg çalışmalarında kayıt alabilmek için yüksek frekanslı jeofonlar kullanılır.

3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLojİSİ:

3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Bölgede Mezozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yer almaktadır. En fazla yayılım gösteren birim üst Kretase yaşlı olan Söbüdağ formasyonudur. Bu formasyon kendi arasında iki üyeye ayrılır. Altta masif kireçtaşı üyesi, üstte ise plaketli kireçtaşı üyesi bulunur. Masif kireçtaşı, kristalize, sert, bol çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolguludur. Yer yer 0.5-2 metre arasındaki kalınlıkta tabakalanma sunmalarıyla beraber bazı kezimlerde de tabakalanma pek görülmez. plaketli kireçtaşı ise gri, koyu gri renkli olup plaka halindedirler. Bunlar masif kireçtaşı na nazaran daha az dayanıklı olup daha az çatlaklıdırlar.

Söbüdağ formasyonu üzerinde Kızılkırma tepe formasyonu yer alır. Bu formasyon kırmızı renkli şeyl, kumtaşı, killi kireçtaşı, mikro konglomera içerikli olup yaşı Üst Paleosen Alt Eosen'dir. Kalınlığı yaklaşık 80 m. civarında bulunmuştur. Bunun üzerinde ise Orta-üst Eosen yaşlı, kumtaşı, şeyl, çakıltaşı, mikro konglomera detritik kireçtaşı ardalanmalı olarak Kayıköy formasyonu yer alır. Bu arada Pliyosen'de Gölcük volkanizmasının bir yan baca faaliyeti şeklinde ortaya çıktığı düşünülen andezit birimi Çünür mevkiinde

mostra vermektedir.

Çalışma alanında Kuvarter yaşlı en genç çökelleri olan oluşuklar ise konglomera, tuf ve alüvyondur. Akdeniz Üniversitesi öğrenci yurudunun batısındaki yol yarmasında gözlenen konglomeralar kil bağlayıcıdır. Tüfler ise volkanizmanın ürünüdür. Gevşek tutturulmuş kil, kum, çakıl depolarından oluşan alüvyon en genç çökeldir.

3.1.1. Mesozoik

3.1.1.1. Söbüdağ Formasyonu

Bu formasyon en iyi gözleendiği yer Söbüdağ ve çevresi olduğundan birime bu ad verilmiştir.

Bu formasyon, altta Masif Kireçtaşı Üyesi, üstte ise Plaketli Kireçtaşı Üyesi olmak üzere iki üyeye ayrılmıştır. Çalışmalar bu iki üye arasındaki dokanağın uyumsuz olduğunu göstermiştir.

Masif Kireçtaşı Üyesi:

Söbüdağ Formasyonunun tabanını oluşturan Masif Kireçtaşı eski Isparta-Burdur karayolunun Kuzeydoğusundaki Büyük Söbü Tepe ve Küçüksöbü Tepe'de, Yanık Tepe'de, Senirce köyünün doğusundaki İntepe'de ve batısındaki Yassıdağ Tepe'de, Cünür'ün kuzeyindeki Demirci Tepe'de, Sivriçalı Tepe, Kırtepe, Arapdağı Tepe, Enniköz Tepe'de, Isparta-Eğirdir karayolunun sağda ve solundaki Çaltepe, incirli tepe ve Toptaş

Tepe'de olmak üzere yaklaşık 20 km²'lik bir alanda mostra vermektedir.

Birimi oluşturan Kireçtaşı genellikle beyazımsı, gri-açık gri ve bej renkli, konkoidal kırılma yüzeyli, sert yapılı, bol çatlaklı ve çatlakları kalsit dolguludur. Genel de masif görünümlü olmalarına rağmen bazı kesimlerde ise, 0.5-1.5 m kalınlıkta tabakalanma sunan sözkonusu kireçtaşı önemli ölçüde rekristalizasyona uğramıştır. Yüzeysel ayrışma yapılı olan bu kireçtaşında ayrışmış kesimlerde yer yer sarı renk göze çarpar.

Plaketli Kireçtaşı Üyesi

Söbüdağ Formasyonunun tabanını temsil eden Masif Kireçtaşı Üyesi üzerinde paralel uyumsuz bir konumda bulunan Plaketli Kireçtaşı Üyesi Söbüdağının ve Yanıktepenin Güney batı eteklerinde, Göлтаş Çimento Fabrikasının güneyinde, Senirce Köyünün doğusundaki Kırkerenler Tepe'de, Çünür'ün Kuzeyindeki Seyrekler Tepe'de ve Sivriçalı Tepe'nin güneyinde olmak üzere yaklaşık 8 km²'lik alanda mostra vardır.

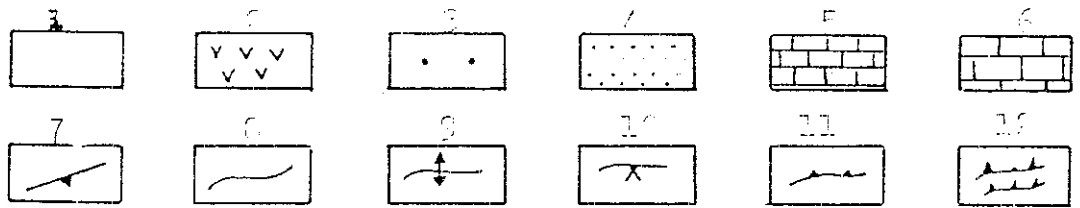
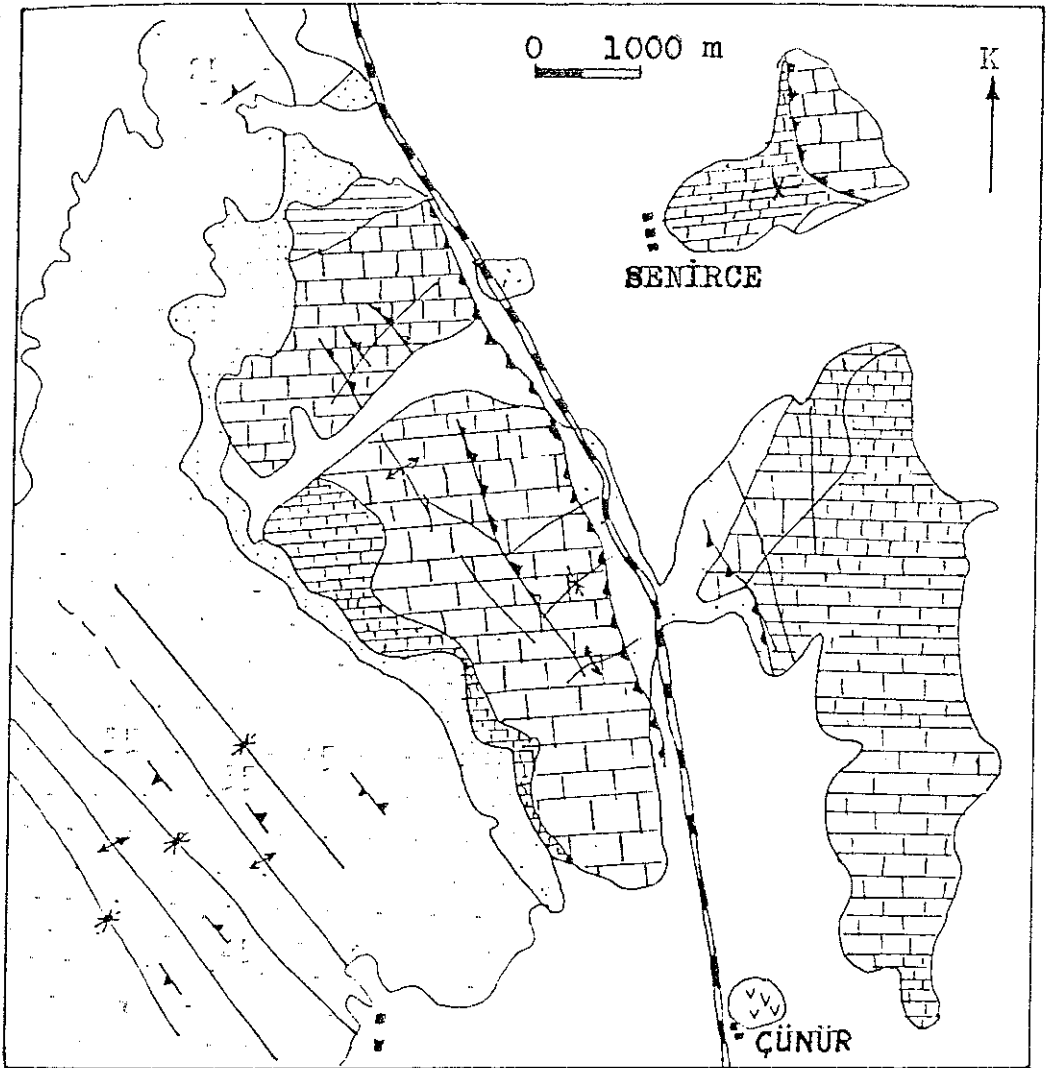
Birimi oluşturan kireçtaşı genellikle gri, koyu gri, beyaz krem renkli Masif Kireçtaşına nazaran daha az dayanımlı yer yer kırılğan yer yer sert özelliktedir. Masif Kireçtaşına nazaran daha az çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolguludur. 3 cm -1 m arasında değişen tabakalanma gösteren sözkonusu kireçtaşı üst seviyelere doğru killi ve çört yumruludur. Ayrışmış kısımlar ise hafif koyu renklidir. Birimin yaşı Üst Kretase (Kampaniyen-Maestrihtiyen) olarak saptanmıştır.

3.1.2. Senozoyik

3.1.2.1. Konglomera ve Alüvyon

Çünürün kuzeybatısındaki yaklaşık 0.5 km²'lik gibi küçük bir alanda yüzeyleme veren Konglomera, kil bağlayıcılı olup gevşek tutturulmuş kolay dağılabilir özelliğindedir. Ayrıca içerisinde çakıllara oranla daha az bulunan Silt ve Kum yer almaktadır.

Çalışma alanınının 40-50 km² gibi büyük bir kesimini oluşturan alüvyon ise gevşek tutturulmuş, kil, silt, kum, çakıl ve bloktanoluşan güncel çökelleri oluşturmaktadır. Malzeme ise çevredeki Kireçtaşı ve diğer birimlere ait sedimanlardır. Bunların yaşı Kuvaterner'dir.



Sekil 3.1 İnceleme alanının jeoloji haritası

- 1) Alivyon. 2) Volkanik Birimler. 3) Kayıköy Formasyonu
- 4) Kızılkırma Formasyonu. 5) Senirce Kireçtaşı. 6) Söbü-
dağ Kireçtaşı. 7) Tabaka doğrultu ve eğimi. 8) Dokanak
- 9) Antiklinal eksenini. 10) Senklinal eksenini. 11) Normal
fay 12) Ters fay (Karaman, 1988)

4. JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİNDE Q KALİTE FAKTÖRÜ

Kaya kütlesi kalitesi (Rock Mass Quality =Q) Barton, Lien ve Lunde (1974) tarafından ortaya konmuş, Q sistemi olarak da bilinen bir kaya kütlesi sınıflama sistemidir. Bu sistemin temeli, Deere (1963) tarafından belirtilen RQD tanımlamasının kaya kütlesini tam olarak tanımlamadığı ve aynı RQD değerine sahip iki kayada açılan tünelde farklı davranışlar görüldüğü (Bjerrum(1970)), RQD tanımlamasının geliştirilmesi esasına dayanır.

Barton, Lien ve Lunde; a)Yüksek RQD ve 1'den fazla eklem takımı içeren bir kaya ile düşük RQD ve 1 eklem takımı içeren bir kayanın aynı duraylılığa sahip olabileceğini, eklem takımı sayısının RQD ile ters orantılı olduğunu, b) Kaya kalitesini, ufak veya orta boyutlu eklem pürüzlülüklerinin olumlu, alterasyon ve dolgu malzemelerinin olumsuz etkilediğini, c) Eklem suyu ve buna bağlı su basıncı, ile kaya yükünün, gözönünde bulundurulması gerektiğini söylemişler ve kaya kütlesi (Q)'ni aşağıdaki gibi tanımlamışlardır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} \quad (4.1)$$

RQD = Kaya kalitesi tanımlaması

Jn = Eklem takımı sayısı

Jr = Eklem pürüzlülük sayısı

Ja = Eklem altersayon sayısı

Jw = Eklem su indirgeme faktörü

SRF = Gerilme indirgeme faktörü

Bu parametrelerden RQD tablo:4.1'de verilmiştir. Kaya kütlesi kalitesi (Q) belirlenirken yukarıdaki verilen değerlerle ilgili göz önüne alınması gereken ek notlar şöyledir.

1 RQD tanımlaması Deere (1963) 'den alınmıştır, ancak sondaj karotlarının bulunmaması halinde birim hacimdeki eklem sayısı toplanarak Palmström (1974) 'ün verdiği bağıntı ile hesaplanır. Bu bağıntı kil içermeyen kayalar için geçerlidir.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \quad (4.2)$$

$$J_v = 1 \text{ m}^3 \text{ 'teki eklem sayısı}$$

2 Eklem takımı sayısını (Jn) şistozite, tabakalanma yüzeyi gibi süreksizlikler etkiler. Bunların belirgin şekilde paralel olarak gelişenleri bir eklem takımı olarak alınmalıdır.

3. Jr ve Ja parametreleri makaslama mukavemetini temsil eder. (Jr/Jr) değeri minimum olan süreksizlik zonu veya eklem takımı duraylılık için uygun doğrultudaysa, bu durumda daha az uygun doğrultulu eklem takımı veya süreksizlik zonu duraylılık yönünden daha önemli olabilir. Q hesaplanırken (Jr/Ja)'nın yüksek değeri kullanılmalıdır.

4. Kil içeren kayalarda Gerilme İndirgeme Faktörü (Stress Reduction Factor = SRF) hesaplanmalıdır. SRF zayıflık zonlarının kil ya da ayrılmış malzeme içermesi halinde gevşeyen yüklerle ilgilidir. Bu durumda kayanın mukavemeti göz önüne alınmaz ancak zayıflık zonları minimum ve kil tamamen yoksa SRF hesabında kayanın mukavemeti (basınç ve çekme)'ne bakılır.

Tablo 4.1.
Q sistemi sınıflama parametreleri (Barton vd.1974)

Tanımlama	Değerlendirme	Not
1. Kaya Kalitesi Tanımlaması	RQD	1. Q hesaplanırken RQD ≤ 10 ise '0'dahil 10 olarak alınır.
A. Çok fena	0 - 25	2. RQD 5 aralıklı olarak alınmalıdır.
B. Fena	25 - 50	(65,70,75 vb.)
C. Orta	50 - 75	
D. İyi	75 - 90	
E. Pekiyi	90 - 100	

5. Genel olarak yerli kayanın basınç ve çekme mukavemetleri (σ_c ve σ_t) duraylılık yönünden uygun olamayan doğrultuda hesaplanmalıdır. Bu durum özellikle çok fazla anizotropik ortamlar için önemlidir.

Kaya kütlesi kalitesi (Q) hesabında yeralan altı parametre çift olarak değerlendirilirse;

1. (RQD/Jn) kayanın genel yapısını belirler, ve blok boyutunun kabaca ölçüsünü gösterirler. Örneğin RQD ve Jn parametrelerinin uç değerlerini (100-10 ve 0.5-20) ve birimi cm. alırsak, 200 cm. ve 0.5 cm. değerlerini elde ederiz. Bu da bize yaklaşık en iri blok boyutu 200 cm. ve

en küçük parçada 0.5 cm. olabileceğini gösterir

2. (Jr/Ja) terimi eklem pürüzlülüğü ve eklem dolgusunun derecesini belirler. Bu iki parametrenin çeşitli kombinasyonlarının tan⁻¹ (Jr-Ja) değerleri, beklenen hakiki makaslama kuvvetine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

3 (Jw/SRF) terimi iki gerilme parametresinden oluşur. Jw eklemlerin mukavemetini ters yönde etkileyen su basıncının ölçüsüdür. SRF toplam gerilmenin bir parametresi olarak nitelendirilebilir. Bu terim aktif gerilimi belirleyen bir faktördür.

Bu nedenlerden dolayı Q'nun üç maddenin bir fonksiyonu olduğu görülmektedir.

$$1. \frac{RQD}{J_n} = \text{Blok boyutu}$$

$$2. \frac{J_r}{J_a} = \text{Blokler arası kayma direnci.}$$

$$3. \frac{J_w}{SRF} = \text{Aktif gerilme}$$

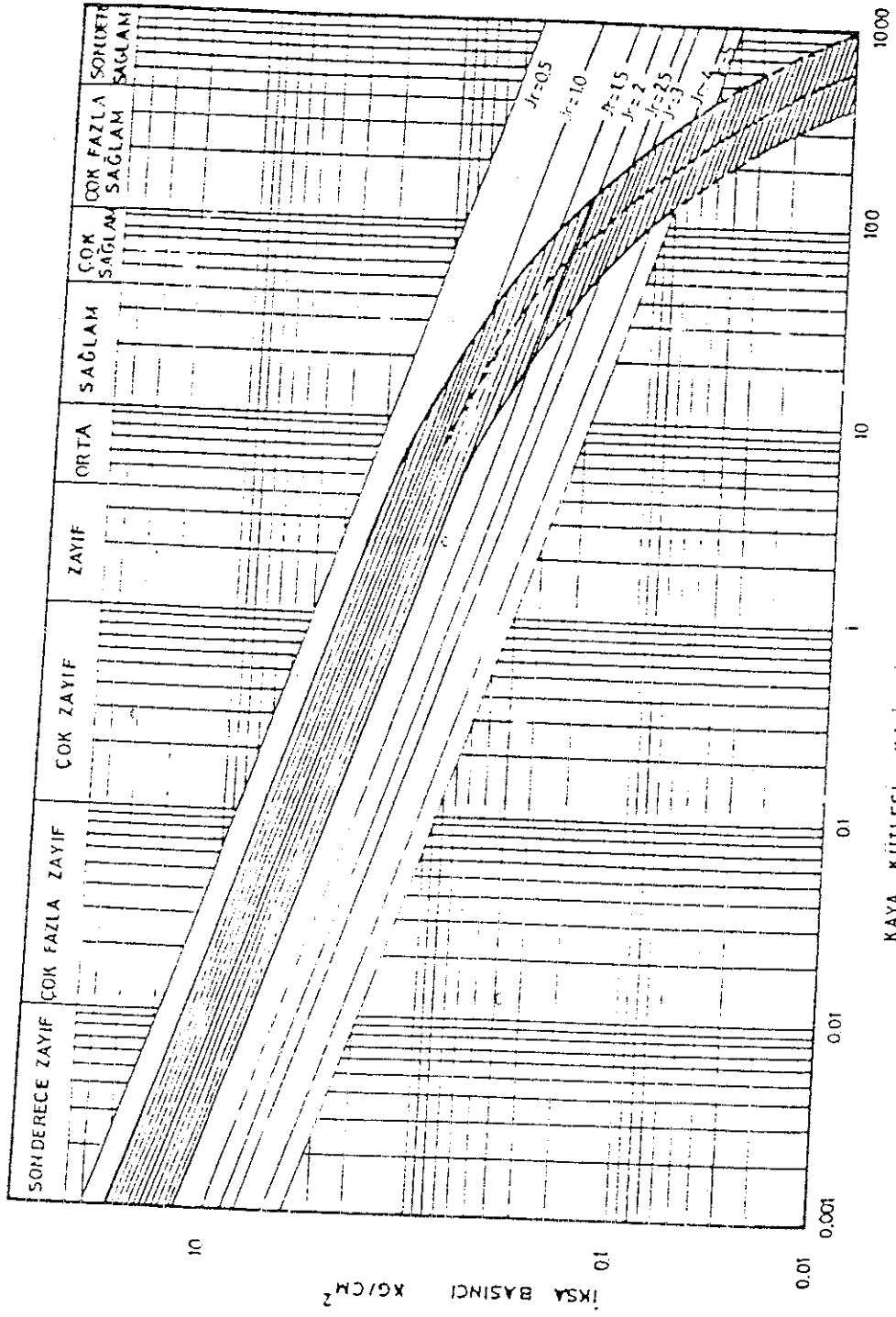
Q sisteminin destek hesabı için temel özelliklerinden biri destek hesabından kaya kütlesi kalitesi (Q)'nin kazı boyutları ve kazı amacına bağlı olduğudur. Kazı boyutları (en, çap veya yükseklik)'nin, kazı amacı (ESR)'na oranı eş boyut olarak tanımlanmış ve kaya kütlesi kalitesi Q ile eş boyuta bağlı 38 destek sınıfında toplanmıştır.

Bestek sınıfı belirlenirken tavan desteği için kazı

eni veya çapı, duvar desteği için kazı yüksekliği veya çapı kullanılır. Kazı destek oranı (ESR) kazı amacını belirleyen bir faktördür.

Barton, Lien ve Lunde sadece kaya kütlesi kalitesi (Q) ve destek önlemlerini belirtmekle kalmayıp destek basıncı, bulonlama ve ankraj betonu hesaplarıyla sürekli iksasız maksimum proje açıklığı ve kendi kendini tutma süresi, kavramlarına ayrıntılı olarak değinmiştir. Destek basıncı ile Q arasındaki ilişki (Şekil 4.1)'de daha iyi görülmüştür.

Jeolojik Q kalite faktörü tünellerde iksa basıncı ile kaya kalitesi arasındaki ilişkiye bağlı olarak alınması gereken önlemleri hesaplamaktadır.



Şekil:4.1 -Qsistemi, destek basıncı ile kaya kalitesi arasındaki ilişki.

5. ZEMINLERİN SINIFLANDIRMASINDA KULLANILAN JEOTEKNİK PARAMETRELER

5.1. Jeoteknik Parametrelerin Önemi:

Sismik aktivitesi yüksek bölgeler yer küre üzerinde belirli bölgelerde toplanmıştır. Diğer bir deyişle belirli kuşaklar boyunca toplanmıştır. Ülkemizde sismik aktivitesi yüksek olan bu kuşaklardan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Ancak bu sismik etkinlik bölgelere göre değişmektedir. Bu durum deprem bölgelerinde deprem dağılışının gelişigüzel olmadığını, depremlerle bölge tektoniği arasında bir ilişkinin olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle burada önemli olan husus belirli bir zaman aralığı içinde olacak en büyük ve en şiddetli depremlerde yapılara etkiyecek kuvvetlerin önceden bilinmesidir. Bunun için deprem şiddetini etkileyen faktörler bilinmelidir. Biz jeofizikçiler için önemli olan sismik şiddet artışına neden olan zeminin yapısının ortaya konmasıdır.

Yerel zemin koşullarına bağlı olarak sismik enerji açığa çıktığı zaman hasarlara yol açtığı önceden beri bilinmemektedir. Ancak bu konuda aletsel ölçümler ve hesaplamalar yenidir. Bu konuda ilk çalışma 1957 San Francisco depreminde değişik noktalardan alınan bazı ölçümlerden elde edilmiştir. Bu ölçümler deprem enerji boşalım merkezinden aynı

uzaklıkta birbirine yakın oluşan yer ivmelerinin bazen birbirinden %100 e varan farklılıklar gösterdiği ve bunun büyük olasılıkla ölçü istasyonları altındaki zemin koşullarından ileri geldiğini ortaya koymuştur. Bir sahada meydana gelecek yer hareketlerinin frekans özellikleri ve dolayısıyla davranış spektrumları büyük ölçüde sahanın zemin koşulları tarafından etkilenmektedir. Buda aynı deprem sırasında aşağı yukarı episanırdan eşit uzaklıkta fakat birbirinden farklı zemin koşulları olan istasyonlarda birbirlerinden çok değişik davranış spektrumu veren yer hareketleri ölçülmüştür. Bu hareketlerde mühendislik yapılarını değişik oranlarda etkilemektedir.

Bunun için zemin özelliklerine göre sismik aktivite gösteren alanların sınıflandırılması gerekir. Ancak zemin tanımından bu sınıflamayı yapmak mümkün değildir. Jeofizik mühendisliği konusu olan bir çalışmayla bir sınıflandırma yapılabilir.

5.2 Sismik Alanları Belirleyen Jeoteknik Haritaların Özellikleri

Yerleşime açılacak yeni yerleşim alanlarında sismik mikrozonları belirleyen bu jeoteknik haritalar iki özellik taşır. Bu haritaların hazırlanmasının amacı bölgesel sismik şiddet artışı değerlerini daha dar bölgelere indirgemektir. Bu haritaların özellikleri:

a. Sismik aktivite gösteren bölgelerde mühendislik jeofizği haritaları ile standart sismik bölge içindeki sismik zonların sismik parametreleri saptanır. Böylece

yerleşime açılacak bölgelerdeki sismik hız alanları belirlenir. Çalışma alanının jeolojik birimlerinin eğim derecesi, taşıma gücü, sismik akustik empedans birimlerine göre tesbit edilmiştir.

b. Sismik mikrozonlar içinde yer alan yerleşim alanlarının gelecekteki durumlarını tahmin etmek için tüm sismik veriler kullanılarak yapılmış sismik bölgelerin özelliğini gösteren mühendislik jeofiziği haritasıdır. Haritamızda bölgenin konumuna ve zemin türüne göre tesbit edilmiş ve elde edilen veriler haritaya aktarılmıştır.

Bu haritalar için önemli olan parametrelere kısaca değindikten sonra asıl konumuz olan zemin kalite faktörü Q ve elastik parametrelere değineceğiz. Bu parametrelerin de mühendislik jeofiziğinde hazırlanan jeoteknik haritaların hazırlanmasında kullanılabileceğini göstermeye çalışacağız.

Bu özelliklere sahip haritalar hazırlanırken çeşitli skalar kullanılır. Bu skalar:

1. Bölgesel jeoteknik haritaların ölçeği 1/50.000 den küçük olur. Genellikle bu ölçekli haritalar geniş bölgelerin temel özelliklerini saptamada kullanılır.

2. Temel jeoteknik haritaların ölçeği 1/10.000 ile 1/50.000 arasındadır. Bu haritalar yerleşim alanının planının hazırlanmasında sismik alanların belirlenmesi için kullanılır.

3. Ancak uygulamadaki ayrıntılı jeoteknik haritaların

skaları 1/10.000 den büyük olmalıdır. Bu haritalar yerleşim alanlarındaki ayrıntılı sismik alanları ve jeolojik yapıyı göstermede kullanılır.

5.3. Sismik Şiddet Artışına Neden Olan Faktörler

Bu faktörler:

- a. Sismik aküstik empedans
- b. Yer altı su seviyesi
- c. Taşıma gücü
- d. Yer in stabilitesi
- e. Eğim derecesi ve yapı farklılıkları

5.3.1. Sismik Aküstik Empedans

Yerin fiziksel özelliklerini ve özelliğe sahip karakteristik alanlarının iyi bir şekilde belirlenmesini sağlar. Medvedev'e göre $S \cdot V$ ye bağlı olan sismik şiddet artışı katsayısı ampirik olarak bu bağıntı ile hesaplanabilir. Buna göre sismik aküstik empedans:

$$S = V \cdot \rho \text{ dur.} \quad (5.1)$$

V: Sismik dalganın içinden geçtiği ortamın hızı

ρ : Ortamın yoğunluğudur.

Tablo:5.1
Sismik aküstik empedans zemin türüne göre
değişimi verilmiştir.

<u>GRUP</u>	<u>S</u>	<u>Litolojik Sıralama</u>
1.	12,5 ve yukarısı	Kireç taşı, granit, granadiorit,
2.	6-12,5	Serpantin, Gnays, mikaşist, kırmızı kumtaşı, altere granit
3.	4,5-6	Parçalanmış konglomera, fliş sedimanı, altene milaşist, kırıklı serpantin, kırıklı kireç taşı ,
4.	3-4,5	Marn, konsolide kil,
5.	2-3	Kum, kil , gevşek dolgu zeminler
6.	1-2	Altere tüf, altere marnlı kireç taşı, kum, aglomena
7.	1 ve aşağı	Duraysız kum, kil v.b

5.3.2. Yeraltı Su Seviyesi

Literatürde ampirik olarak yeraltı su seviyesi ile sismik şiddet artışı arasındaki bağıntı aşağıdaki formülle verilmiştir. Buna göre

$$\eta_u = \exp(-0,04 * h') \quad (5.2)$$

Burada:

η_u =Yer altı su seviyesinin etkisinde sismik şiddet artışı

h = Temel yapıdaki yeraltı su seviyesinin derinliği

Uygulamada yer altı su seviyesine bağlı olarak zeminler üç bölüme ayrılır. Buna göre:

<u>Y.S.S.</u>	<u>Sismik Şiddet Artışı</u>
1. 0-4 m. arası	0,5 ile 1
2. 4-10 m. arası	0, ile 0,5
3. 10 m. den fazla ise	0 dır.

Sonuç olarak; Y.S.S litolojik yapıyı takip ettiğini ve sismik aküstik empedansın bu yüzeylerde değiştiğini dolayısıyla sismik şiddet artışına neden olduğunu söyleyebiliriz.

5.3.3 Taşıma Gücü

Zeminlerin taşıma gücü bir denge (stabilite) sorunu olup çökme olmadan zeminin taşıyabileceği yükür. Yeterli büyüklükteki bir yük altında temel, artan bir hızla zeminin içine batarak çökebilir. Zeminlerin taşıma gücü zeminin mukavemet karakteristiklerine bağlı olmakla beraber uygulanan yükün miktarına ve dağılımına da bağlıdır.

Zeminin izotropisinden dolayı taşıma gücü depremin şiddetini etkiler. Bu nedenle sismik alanlara özgü yerlerin belirlenmesinde zeminin taşıma kapasitesine dikkat edilmelidir.

Taşıma gücü terimi ile temelin çökmeden taşıyabileceği maksimum taban basıncı nitelendirilmektedir. Birimi (kg/cm^2) veya (t/m^2) olarak tanımlanır.

Emniyetli taşıma gücü veya zemin emniyet gerilmesi başka bir deyişle müsaade edilebilir taşıma gücü q_s ise nihai taşıma gücü q_u nun G_s gibi bir emniyet faktörüne veya güvenlik katsayısına bölünmesi sonucunda bulunan taşıma

gücüdür.

$$q_s = q_u / G_s \quad (5.3)$$

5.3.4. Sismik Yöntemlerle Zemin Emniyet Gerilmesinin Saptanması

Zemin mekaniği veya temel inşaatı konularında kullanılan taşıma gücü bağıntılarında; tabaka kalınlığı, yer altı su seviyesi, gömülü fay, kırıklık, çatlaklık, yapılan hesaplamaların etüd alanının bütün noktalarını kapsayıp kapsamadığı dikkate alınmamaktadır. Çünkü her noktadan numune almak zaman-finansman bakımından ekonomik değildir.

Bunun için jeofizik yöntemlerle zemin taşıma gücü saptanmasına çalışılmıştır.

Japonya'daki zemin etütlerinde dünya çapında tanınmış OYO firması tarafından geliştirilen ve kullanılan zemin taşıma gücü anlamındaki serbest basınç direnci q_u ile enine sismik dalga hızı V_s arasındaki deneysel olarak geliştirilen bağıntı Imai'ya (1976) göre

$$V_s = 138,3 \cdot q_u^{0,417} \quad (5.4)$$

Ayrıca benzer şekilde yine deneysel olarak serbest basınç direnci q_u ile V_p boyuna sismik dalga arasında (Imai 1976) tarafından:

$$q_u = 10 V_p^3 \quad (5.5)$$

olarak verilmiştir. Burada V nin birimi Km olarak kullanılmıştır.

Dinamik taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi (Türker ve Keçeli,1988) tarafından V_p/V_s oranı güvenlik katsayısı olarak kullanılarak zemin taşıma gücünü:

$$q_u = \frac{d \cdot V_p \cdot T_o}{40} \text{ kg/cm}^2 \quad (5.6)$$

zemin emniyet gerilmesini:

$$q_s = \frac{d \cdot V_p \cdot T_o}{40} \text{ kg/cm}^2 \quad (5.7)$$

olarak elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Burada: T_o : Zeminin hakim titreşim periyodu.

d : Zeminin yoğunluğu

$$\text{veya (Keçeli,1989)} \quad q_u = d \cdot V_p / 100 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.8)$$

$$q_s = d \cdot V_s / 100 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.9)$$

olarak elde edildiğini göstermiştir

Sismik özelliğe sahip olmayan alanlarda olduğu gibi sismik aktiviteye sahip olanların sınıflandırılmasında da eğim önemlidir. Eğimin durumuna göre zeminler:

5.3.4.1. Duraylı zeminler: Bu tür zeminler doğal yapının stabil eğime sahip olduğu zeminlerdir. İnsan eliyle gerçekleştirilen kütle hareketi ile karıştırılmamalıdır

4.3.4.2. Koşullara bağlı duraylı zeminler: Bu tür zeminler doğal durum altında karalıdırlar. Fakat insan eliyle gerçekleştirilen çalışmalardan sonra duraylı olmaktan çıkmaktadır.

4.3.4.3. Duraysız Zeminler: Doğal ortam altında tabakalarında kütle hareketi gösteren zeminlerdir. Bu hareketler kayma, ani akma, düşme, su taşması vb. ile gerçekleşir.

Koşullara bağlı duraylı zeminlerde zeminin eğimi çok önemlidir.

5.3.5. Zeminlerin Hakim Titreşim Peryodu

Bu çalışmanın amacı inşaat alanı olarak açılacak bölgelerin sismik katsayılarının daha iyi belirlenmesidir. Zeminin hakim titreşim periyoduna göre mühendislik yapılarının hakim titreşim periyodu tesbit edilmiş olur. Zeminin hakim titreşim periyodu formül olarak

$$T_0 = \frac{4H}{V_s} \text{ dir. } H: \text{ Tabaka kalınlığı} \quad (5.10)$$

Buna göre 1981 yılında yapılan sınıflamaya göre:

Tablo:5.2
Hakim Peryot
(Kiyoshi Kanai; Haziran 1983, Engineering sismoloji)

<u>Hakim Peryot</u>	<u>Yerin Yapısı</u>
1. <0,2 s e c	Temel kayalar, sıkı tabakalanmış zeminler
2. 0,2 ile 0,75 sec	Kum, Sert kili, alivyon
3. >0,75 s e c	Deniz kenarı zeminleri, çamurlu alanları, dolgu zeminler.

T.C İmar ve İskan Bakanlığının Deprem araştırma Enstitüsü Başkanlığı tarafından yayınlanan Temmuz 1975 tarihli afet bölgelerindeki yapılar hakkındaki yönetmelikte de yukarıdaki sınıflama mevcuttur

6. JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİNDE Q KALİTE FAKTÖRÜ

6.1. Zeminlerde İN-SITU Deneyleri İle Atenuasyonun Ölçülmesi

Son yıllarda birçok araştırmacı laboratvarda ve arazide zeminlerin atenuasyonu üzerinde çalışmışlardır. Zaman ve frekans dönemindeki yöntemlerle kayanın ve zeminin elastik olmayan davranışına bağlı olarak zayıflamanın bir parçası olan soğurma hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalarda soğurma birimsiz kalite faktörünün (Q) tersi olarak ölçülmüştür.

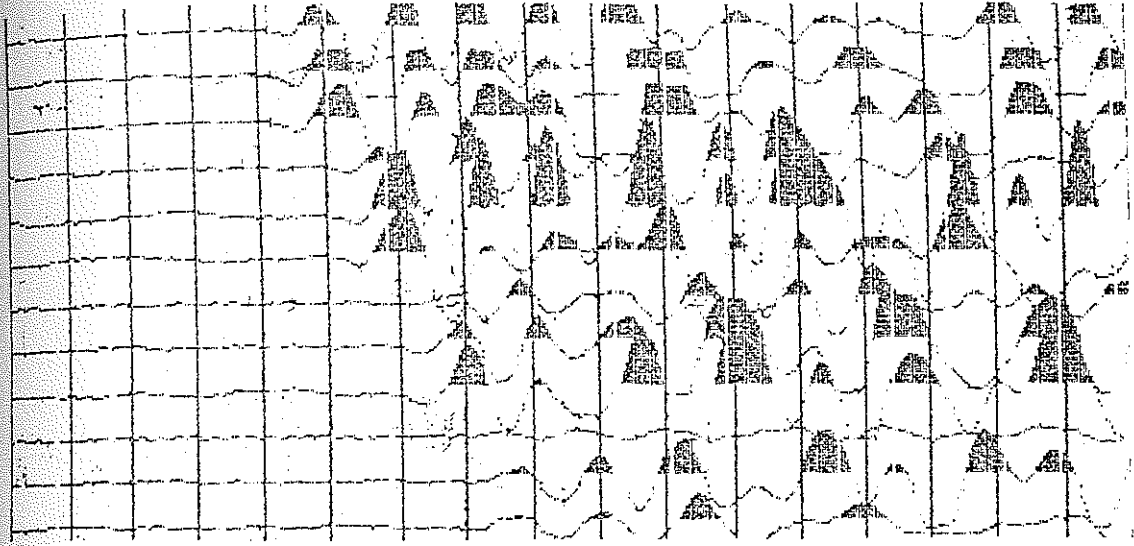
$$Q = \frac{1}{4\pi E} \quad (6.1)$$

Burada E: Ana saklanmış enerji, E: Uygulamada elde edilen (sönüm) enerji kaybıdır.

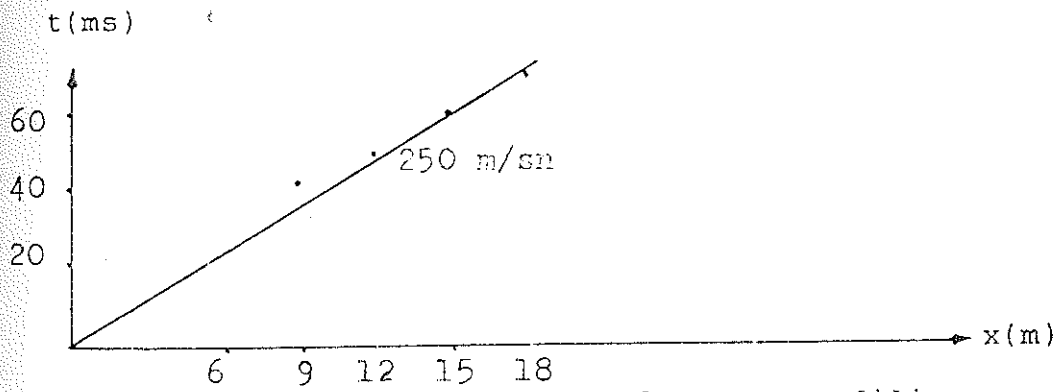
Labaratuvar testleri (Johnston etal 1979) kuru ve ıslak kayalar için Q nun esasen frekanstan bağımsız olduğunu göstermiştir. Bu konuyla ilgili olarak kaydedilen verilerin değerlendirilmesiyle Q nun jeofon frekansından bağımsız olduğunu göstermiştir. Bu konu ile ilgili olarak Pomza madeni üzerinde yapılan çalışmada bu sonucu görebiliriz (Şekil: 6.1).

POMZA ÜZERİNDE ALINAN SIG BOYUNA (P) SİSMİK KIRILMA KAYDI

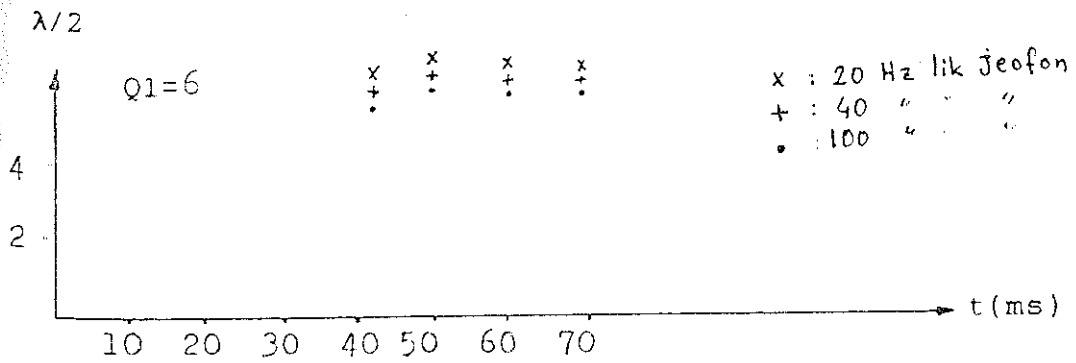
1 Kayıt uzunluğu 200 ms., Ofset uzaklığı 9 m., Jeofon aralığı 3 m. Gain : 18 dB Trace size : 3 Allpass filtre.



Şekil: 6 1 Pomza üzerinde alınan boyuna (P) sismik kırılma kaydı



Şekil 6 2. Şekil 6 1'e ait yol-zaman grafiği.



Şekil:6 3 Tablo 6 1'e ait $\lambda/2$ -t grafiği

Tablo 6.1
Jeofon türüne göre periyot değişimi

	J1 100 Hz.	J2 40 Hz.	J3 20 Hz.
9 m. Geliş Z.	42,0	42,0	42,0
Peryot	11,0	12,1	13,0
$\lambda/2$	5,5	6,05	6,5
12 m. Geliş Z.	50,0	50,0	50,0
Peryot	12,2	13,0	13,8
$\lambda/2$	6,1	6,5	6,75
15 m. Geliş Z.	60,0	60,0	60,0
Peryot	11,6	12,4	13,2
$\lambda/2$	5,8	6,2	6,6
18 m. Geliş Z.	70,0	70,0	70,0
Peryot	11,6	12,4	13,5
$\lambda/2$	5,8	6,2	6,75

Burada görüldüğü gibi Q kalite faktörü jeofon frekansına bağlı değildir Uygulamada kullanılan 100 Hz, 40 Hz, 20 Hz. lik jeofonlarla kaydedilen kayıtları orantılıdır.

İlk olarak petrol arama çalışmalarından elde edilen sismik kırılma kayıtlarının atenüasyonlarının tesbiti ile Q kalite faktörü belirlenmeye başlanmıştır.

$$Q = \pi f / \alpha V \quad (6.2)$$

f: Frekans

Q: Kalite faktörü

V: Sismik hız

α : Sönüm Operatörü

Q kalite faktörünün frekansa ve sismik enerji sönümüne bağlı olarak değişmesi Q kalite faktörünün diğer elastik parameterelere göre daha duyarlı olduğunu gösterir. Bunun için mühendislik yapılarının etütlerinde daha sıhhatli sonuçlar vereceği düşünülmüş ve birçok araştırmacı bu konu üzerinde çalışmıştır.

Tablo: 6.2

Kaya türüne göre Q kalitesi değişimi (Hand-book of Physical Constants, Geol. Soc. Am. Mem. 97,1966)

Kayaç Türü	Sismik Hız (m/s)	Q
Granit	5000	150
Bazalt	5500	70
Kireçtaşı (Hunton)	6000	71
Kumtaşı (Amherst)	4300	51
Kumtaşı (Navajo)	4000	22
Seyl (Pierre)	2150	31
Seyl (Sylvan)	3300	70

Diğer taraftan çatlaklara veya sıvı basıncından dolayı Q litoloji ile de çok ilgilidir.

Geçtiğimiz yıllarda birçok araştırmacı doğal yollarla değişik frekans oranlarında kaya soğrulmasını ölçmüşlerdir. Bunların çalışmalarında frekanstan bağımsız verilerle uygunluk göstermiştir.

Doğal Q ölçümleri Jeofizik Mühendisliği ile ilgilidir. P ve S dalgalarının hızlarıyla: Q_p ve Q_s değerleri sismik

verilerden zemin tipi ve kalitenin elde edilmesini sağlayabilir. Zemin tipi, fisürlü, porozitelik ve heterojenlik gibi bilgiler, atenüasyon ve dalga hızı ölçümlerinin birleştirilmesiyle daha iyi belirlenebilir.

Diğer taraftan kalite faktörü deprem mühendisliğinde kullanılan önemli bir fiziksel parametredir. Birçok mühendislik yapısı topraktan ve yüzeysel tortulardan meydana gelir. Bu yüzden bunların güçlü yer hareketleri üzerindeki etkilerini ve kalite faktörü gibi dinamik özellikleri tahmin edilerek belirlenir.

Bu çalışmaların amacı; bazı durumlarda kalite faktörünün Jeofizik mühendisliğinde kullanılan alıslagelmiş tekniklerin birleştirilmesiyle ölçülebileceğini göstermiştir.

6.2. Jeofizik Mühendisliğinde Sismik Yöntemle Q Belirleme Yöntemleri

Genellikle alan sismografları yardımıyla atenüasyonun ölçümü için üç yöntem kullanılır.

1. Uzaklıkla genlik kayması
2. Spektral oran yöntemi
3. Rise - time metodu

6.2.1 Uzaklıkla Genlik Kayması

Birincisi ilk olayın genliğinin uzaklıkla kaymasını

analiz eder. Dalga genlikleri geometrik yayıldığı için düzeltilmelidir.

Geriye kalan kayma zayıflamayı belirler. Teorik ve sayısal model çalışmaları (Haterly 1986) bir çok durumda geometrik yayılmanın özellikle kaynağın yakınında karmaşık bir olay olduğunu göstermiştir.

Bu nedenle dalga yüzeyi genişlemesi ile soğurma etkisini ayırtetmek çok güçtür. Hatta genlik kayması yöntemi kullanılarak yapılan Q değerini belirleme işlemi geometrik yayılma faktöründen çok etkilidir.

6.2.2. Spektral Oran Yöntemi

Homojen ve atenüasyonlu bir ortamda silindirik harmonik bir dalganın yayılması şu şekilde tanımlanır.

$$A(R, f) = A_0(R_0, f) \left(\frac{R_0}{R} \right)^n e^{-\alpha(R-R_0)} \quad (6.3)$$

Burada f: Frekans, $\alpha(f)$: atenüasyon katsayısı, $A(R, f)$: ve $A_0(R_0, f)$ kaynaktan R ve R_0 mesafelerindeki dalga genlikleri ve n de geometrik yayılma faktörüdür.

Q ile α arasındaki bağıntı

$$Q = 2\pi \frac{1}{-2\alpha\lambda} = \frac{\pi}{\alpha} \frac{\pi f}{V\alpha} \quad \text{dır} \quad (6.4)$$

Burada λ : Dalga boyu, V : hızdır.

Eşitlik 2 şu şekilde yazılabilir

$$\ln\left(\frac{A(R,f)}{A_0(R_0,f)}\right) = n \ln\left(\frac{R_0}{R}\right) - a(R-R_0) \quad (6.5)$$

veya eşitlik 3'ten:

$$\frac{V}{\pi(R-R_0)} \ln\left(\frac{A(R,f)}{A_0(R_0,f)}\right) = \frac{V_0}{\pi(R-R_0)} \ln\left(\frac{R_0}{R}\right) - \frac{f}{Q} \quad (6.6)$$

Bu ifade şu şekildedir.

$$\Delta(f) = b - \frac{f}{Q} \quad (6.7)$$

Burada $\Delta(f)$ eş 5 in sol tarafıdır ve

$$b = \frac{Vn}{\pi(R-R_0)} \ln\left(\frac{R_0}{R}\right) \text{ frekanstan bağımsızdır.} \quad (6.8)$$

Eşitlik; $67,1/Q$ eğimli bir doğru denklemdir.

Doğal arazi ölçümlü sismograflarda yöntem iki sinyalin Furje transformu ve her frekans için $\Delta(f)$ hesaplamasını içerir b frekanstan bağımsız olduğu için Q , Δ 'ya karşı f grafiğinin eğiminden çıkarılabilir. Sadece b kesişiminden ortaya çıkan geometrik yayılma faktörü, Q kesişiminden ortaya çıkan geometrik yayılma faktörü, Q 'nun belirlenmesinde mutlaka bilinmek zorunda değildir.

6.2.3. RiSE - TIME Metodu

Rise Time metodu yüksek frekanslı bileşenlerin zayıflamasından elde edilen sinyallerin sınıflandırılması temeline bağlıdır. Bu metodla atenüasyonlu ortamların Q kalite faktörü hesaplanır. Yani Q frekanstan bağımsız olduğu için anelastik ortamların atenüasyonu puls genişliğinden tahmin edilir ve buradan yola çıkarak Q hesaplanır. Gladwin ve Stacey (1974) Kjartansson (1979) çalışmalarında sinyalin geliş zamanının dalga genişliği ile orantılı olduğundan Q için aşağıdaki eşitliği vermişlerdir

$$\lambda = (C/Q) * t + \lambda_0 \quad (6.9)$$

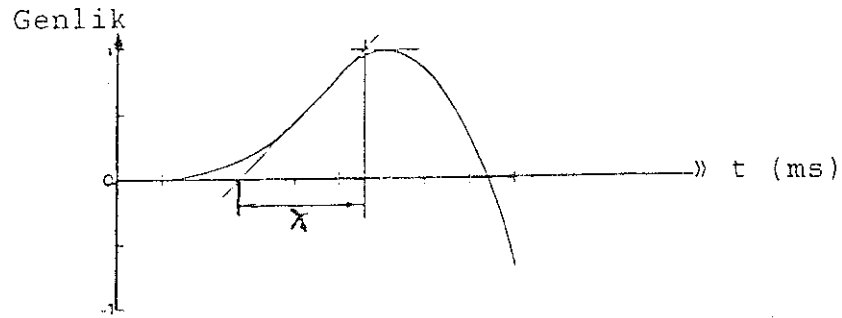
λ : Ölçüm noktasındaki sinyalin genişliği

λ_0 : Kaynak noktasındaki puls width

t: Kaynak ile jeofon arasındaki sinyalin ilk geliş zamanı

C: Sabit katsayı.

Uygulamada Pulse-width birkaç yolla hesaplanabilir. Birinci yaklaşım ilk gelen kırılma dalgasının birinci çeyreğinden pulse width hesaplanabilir. Bu ilk kırılan dalga sinyali ve bu sinyalin amplitüdünün zaman kayması olarak tanımlanabilir.



Şekil : 6.2 Birinci yaklaşımla λ 'nın tesbiti.

ikinci yaklaşım: Birinci kırılan dalgadan sonraki sinyalin ilk çeyreğinden pulse width hesaplanabilir.

Buraya kadar homojen bir ortamda atenuasyonun ($1/Q$) hesaplanması için üç yöntem anlattık. Buna rağmen jeolojik yapı genellikle homojen olmayan ortamlardır.

Burada ana problemlerden biri iç zayıflamayı (Q^{-1}_{int}) yansıma, saçılma ve yakın alan yayılması gibi diğer zayıflatma mekanizmalarında ayırmaktır.

Arazide ölçülen zayıflama etkin bir Q_{eff}^{-1} zayıflamasıdır.

$$Q_{eff}^{-1} = Q_{int}^{-1} + Q_{app}^{-1} \quad (6.10)$$

Burada Q_{app}^{-1} sismik işaret şeklini etkileyen frekansa bağlı etkileri de içerir.

Bu zayıflama etkilerinin katkısı önemliyse ve Q app $^{-1}$ negatif olursa Q eff $^{-1}$ de negatif olabilir.

Bazı durumlarda Q app $^{-1}$ teorik sismograflar yardımıyla tesbit edilebilir. (Newnan ve Worthington 1982). Buna rağmen bazı yöntemler zayıflama sonuçlarını geliştiremezler ve işaretteki karışma etkisini ayırtetmek zorlaşır. (Troppe 1988)

Bu ek zayıflatma mekanizmaları atenüasyon ölçümündeki ana zorluklardan birini oluştururlar ve Q belirleme kullanılan yöntemlerin dezavantajıdır.

Rise - Time metodu Gladwin ve Stacey'in gösterdiği uygulamalarda Q belirlemenin en iyi yoludur (Blair ve Spathis 1984, Haterley 1986 Tanif ve Baurbine 1987) Bu yöntemin ana avantajları sinyal sınırlandırılmasının geometrik kaymadan bağımsız olması ve sinyali ilk geleninin gürültü içermemesidir.

Haterly (1986) ve Blair ve Spathis (1984)'e göre spektral oran yöntemi sınırlıdır çünkü gerçek ortamlarda ara-yüzeylerinde dalga trendini izole etmek zordur.

Bir hız kaynağında sismoğraf kullanılırsa (C) teorik olarak 0,298 e eşit olur.

Buraya kadar açıkladığımız bilgiler ışığında pratikliği açısından kullanılabilirliği uygun olan puls genişliği metodu boyuna ve enine sismik kırılma sinyalleri

üzerinden uygulanarak çeşitli zeminlerin Q kalite faktörü tesbit edilebilmektedir (Hartherl, 1983) Sismik enerjinin sönümü olan kalite faktörünü bulmak için:

Literatüre uygun şekilde arazide yapılan sismik kırılma çalışmalarında kaydedilen sismik kayıtlarda; sismik sönüm ölçümlerinin kırılma sinyalleri üzerinden uygun bir şekilde tesbit edilebilmesi için sismoğraf üzerindeki tüm kanalların kazançlarının, filtre iz büyüklüklerinin, genliklerinin ve diğer tüm parametrelerinin aynı değerlerde olması gerekir. Bu şartlar yerine getirildikten sonra sismik kırılma sinyallerinin varış zamanlarının hemen ardından gelen Puls'un yarım peryodluk değeri okunarak düşey eksen puls genişliği yatay eksen varış zamanlarının gösterecek şekilde tüm kanallar için okunan değerler grafik üzerinde belirlenir işaretlenen nokta değerler en küçük kareler yöntemi uygulanarak aşağıdaki doğru denklemde Q kalite faktörü bulunur

$$\lambda = \lambda_0 + c / Q * t \quad (6.11)$$

Puls genişliği bu denklemle tanımlanır.

7. UYGULAMALAR VE YORUMLARI

Kampüs sahası içerisinde değişik birimler üzerinde boyuna ve enine sığ sismik kırılma ölçümleri alınmıştır. Kaydedilen sismik profili ölçüm yerlerinin temel jeolojik bilgileri KARAMAN (1988)'da yapmış olduğu çalışmalardan alınmıştır. Bu kayıtları diğer sismik kayıtlardan ayıran temel özellik sismik kayıt aleti üzerindeki Gain, Trace Size, ve Fequence ayar düğmeleri 12 kanal içinde aynı tutulmuştur. Dolayısıyla boyuna ve enine sismik dalga kayıtlarının değerlendirilmesi daha gerçekçi sonuçlar vermiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda çalışma yapılan zeminlerin sismik aküstik empedansları, taşıma güçleri, Elastik parametreler ve tezin temelini teşkil eden zemin kalite faktörü Q_p ve Q_s (genlik/2) değerlerinden tesbit edilmiştir.

Sismik kayıtlardan sırasıyla zaman-uzaklık grafiklerinden yararlanarak önce zeminin hızı, ortam tabakalı ise ilk tabaka kalınlığı bulunmuştur. Sonra tezimizin içinde yer alan jeofizik parametreler enine dalga kayıtlarından faydalanarak saptanmıştır. Asıl konumuz olan Q parametresinin belirlenmesi için tüm kanallarda ilk gelen sinyalin peryotları gözönünde bulundurularak yarım peryotlar halinde değerlendirilmiştir. Puls genişliği diye ifade edilen bu veriler her tabaka için ayrı ayrı

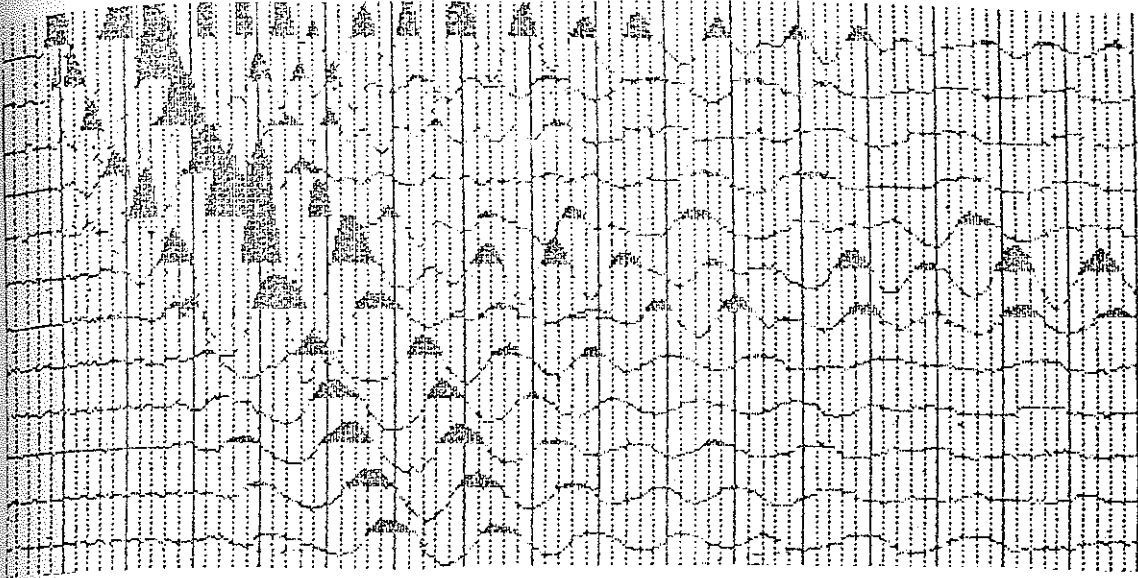
bilgisayara yüklenmiş ve veriler en küçük karekter yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu verilerin standart sapmaları ve korelasyon katsayıları saptanmıştır. Enküçük kareler yöntemiyle değerlendirilen verilerin puls genişliği grafikleri çizilmiş ve Q_p , Q_s kalite faktörleri tesbit edilmiştir. Şimdi sırasıyla arazi verilerini değerlendirelim.

7.1. Çünür Andezik Tepesi Üzerinden Alınan Sığ Boyuna ve Enine Sismik Kırılma Kayıtlarının Değerlendirilmesi

A) Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı.

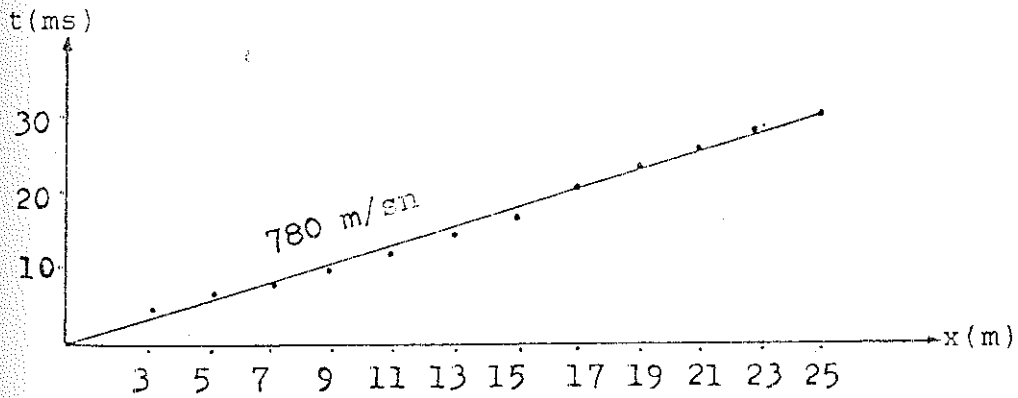
Pliyosen yaşlı Gölcük volkanizmasının bir yan baca faaliyeti şeklinde ortaya çıktığı düşünülen bu Andezit birikimi Çünür mevkinde mostra vermiştir. Bu birikim çok çatlaklı ve kırıklıdır

Bu birim üzerinde alınan sismik boyuna dalga kaydında Ofset uzaklığı:3m, jeofen aralığı:2m, kayıt uzunluğu: 200ms ve kullanılan P jeofon:40 Hz dir (Şekil 7.1).



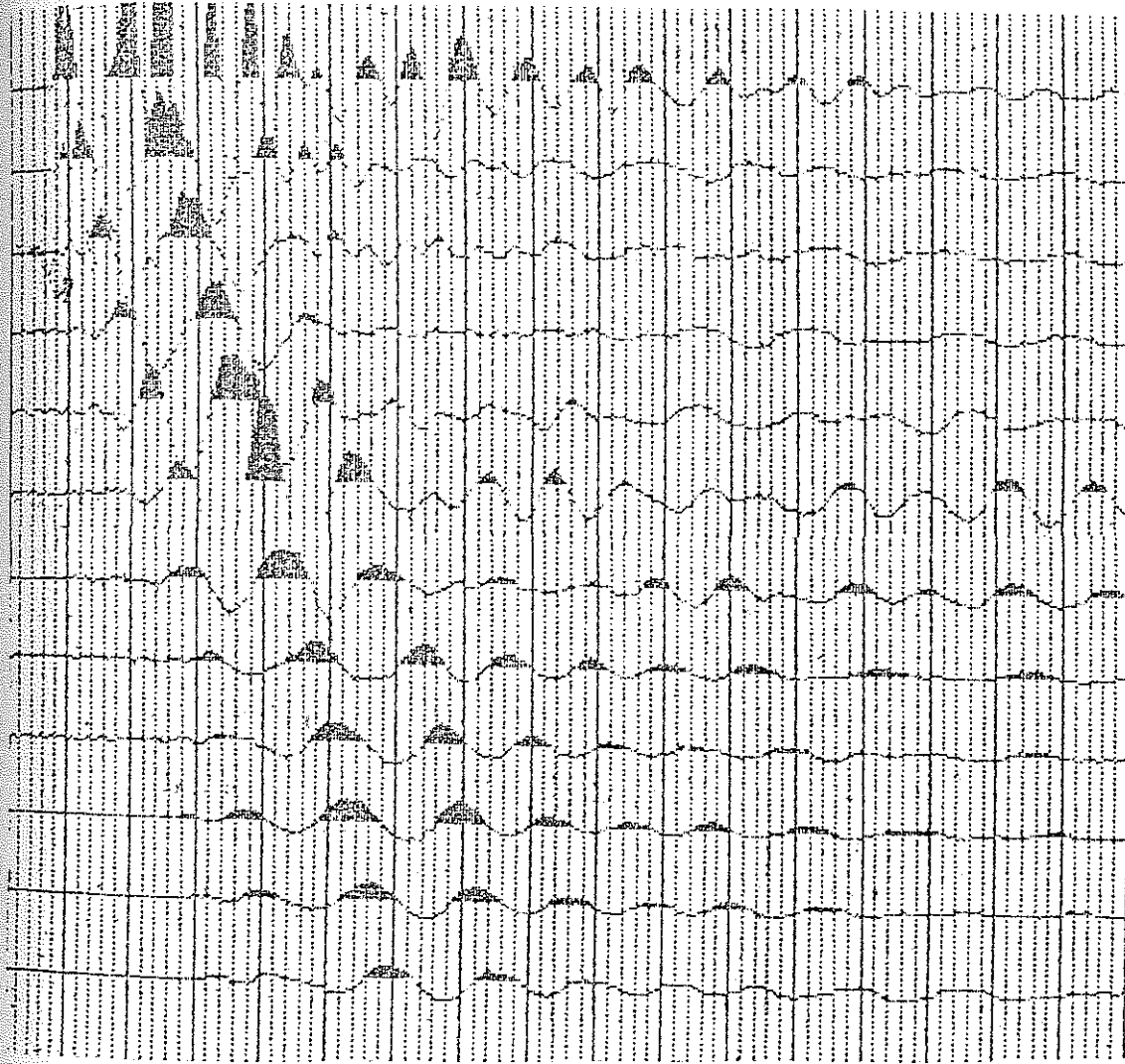
Şekil :7.1 Çünür Andezit tepesi üzerinde alınan boyuna P sismik kırılma dalgası kaydı.

Andezit daykılı üzerinde alınan verilerin değerlendirilmesi sonucu ileri derecede bozulmuş çok kırıklı bir geçiş zonu Andezitik yapıdan oluştuğu saptanmıştır.



Şekil : 7.2 (Şekil : 7.1)'e ait yol-zaman grafiği.

Burada boyuna sismik kayıtlarından $V_{p1} = 780$ m/sn bulunmuştur



Şekil :7.3. Sismik sönümü belirlemek için alınan sığ boyuna sismik kırılma kaydı.

Sismik refraksiyonun kaydından okunan ilk gelen sinyallerin genlik değerlerinin yarısı bulunarak (Puls genişliği $\lambda/2$) değerlendirilmiş ve Q_p değerleri bulunmuştur (Tablo:7.1).

Tablo : 7.1

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAK DERİNLİĞİ mE (X)	YERİN DERİNLİĞİ PERİOT (s) (Y)	KIRILMA YERİNİN PERİODİ $\lambda/2$	REGRESYONLU YÜZÜ
5.7000	7.0000	3.5000	3.4824
7.0000	8.0000	4.0000	4.1830
8.0000	8.0000	4.0000	4.3430
9.0000	10.0000	5.0000	4.4371
11.0000	9.0000	4.5000	4.5902
14.0000	12.0000	6.0000	4.8714
16.0000	14.0000	7.0000	5.2056
20.0000	11.0000	5.5000	5.4518
23.0000	14.0000	7.0000	5.5441
25.0000	13.0000	6.5000	6.3134
28.0000	12.0000	6.0000	6.6827
30.0000	14.0000	7.0000	6.9288

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 3.482407
A1= .1230865
Q= 2.404814

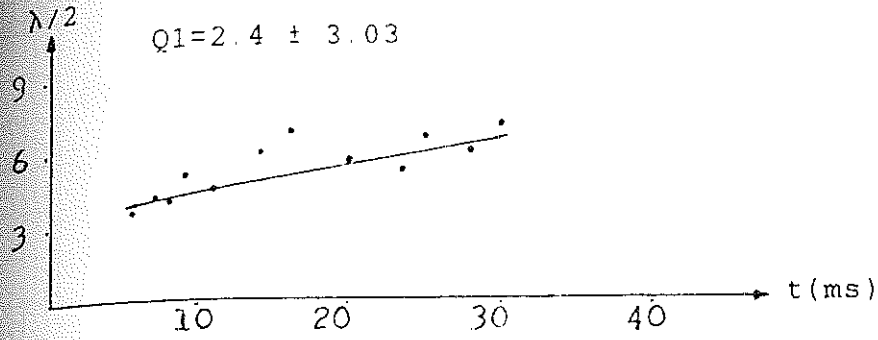
	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	13.48	6.17
STANDART SAPMA	8.57	3.03

	X	Y
KORELASYON KATSAYISI	0.72	

ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



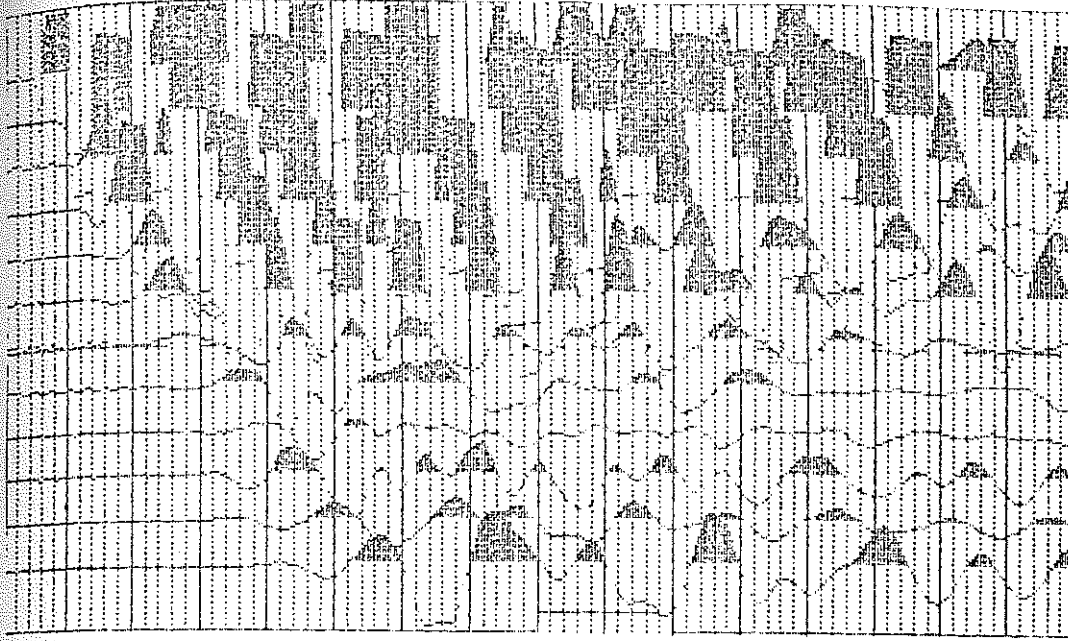
Şekil: 7.4 Tablo: 7.1 e ait $\lambda/2-t$ grafiği.

Şekilde görüldüğü gibi Çümür andezit tepesinde yazılan sismik refraksiyon kaydının değerlendirilmesi sonucu Q_1 : 2,4 ve ortamın yoğunluğu = 1,73 gr/cm³ bulunmuştur.

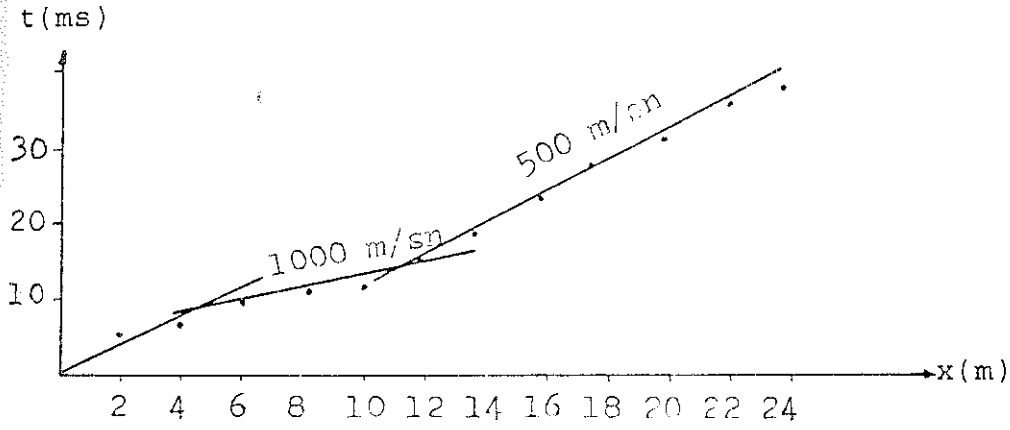
Çümür andezit tepesi üzerinde farklı bir noktada alınan P ve S kayıtlarına göre :

B) Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı

Kayıt uzunluğu : 200 ms
 Ofset Uzaklığı : 2 m
 Jeofon Aralığı : 2 m
 Trace Size : 2
 Gain : 36 dB
 Kullanılan jeofon : P: 40 Hz, S:20 Hz.
 Allpass filtre



Şekil:7.5 Çümür Andezit tepesinde alınan boyuna (P) dalga kaydı.



Şekil:7.6. (Şekil:7.5)'deki kaydın yol-zaman grafiği

Bu yapıyla ilgili tüm veriler (tablo:7.2)'de verilmiştir

Tablo : 7.3.a

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAY Eİ mE (X)	DIŞERİ Eİ FEKİTÖL (m) (Y)	DİŞERİ HİDİR FEKİTÖL (Z)	FEKİTÖL HIRU (T)
10.0000	12.0000	1.0000	8.0000
12.0000	13.0000	2.5000	6.5000
14.0000	14.0000	3.0000	5.5000
15.0000	15.0000	3.8000	4.1000

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 3.076264
A1= .2881374
Q= 1.027288

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	12.75	6.75
STANDART SAPMA	2.22	0.65

	$\frac{y - \bar{y}}{s_y}$
KORELASYON KATSAYISI	0.99

Tablo : 7.3.b

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

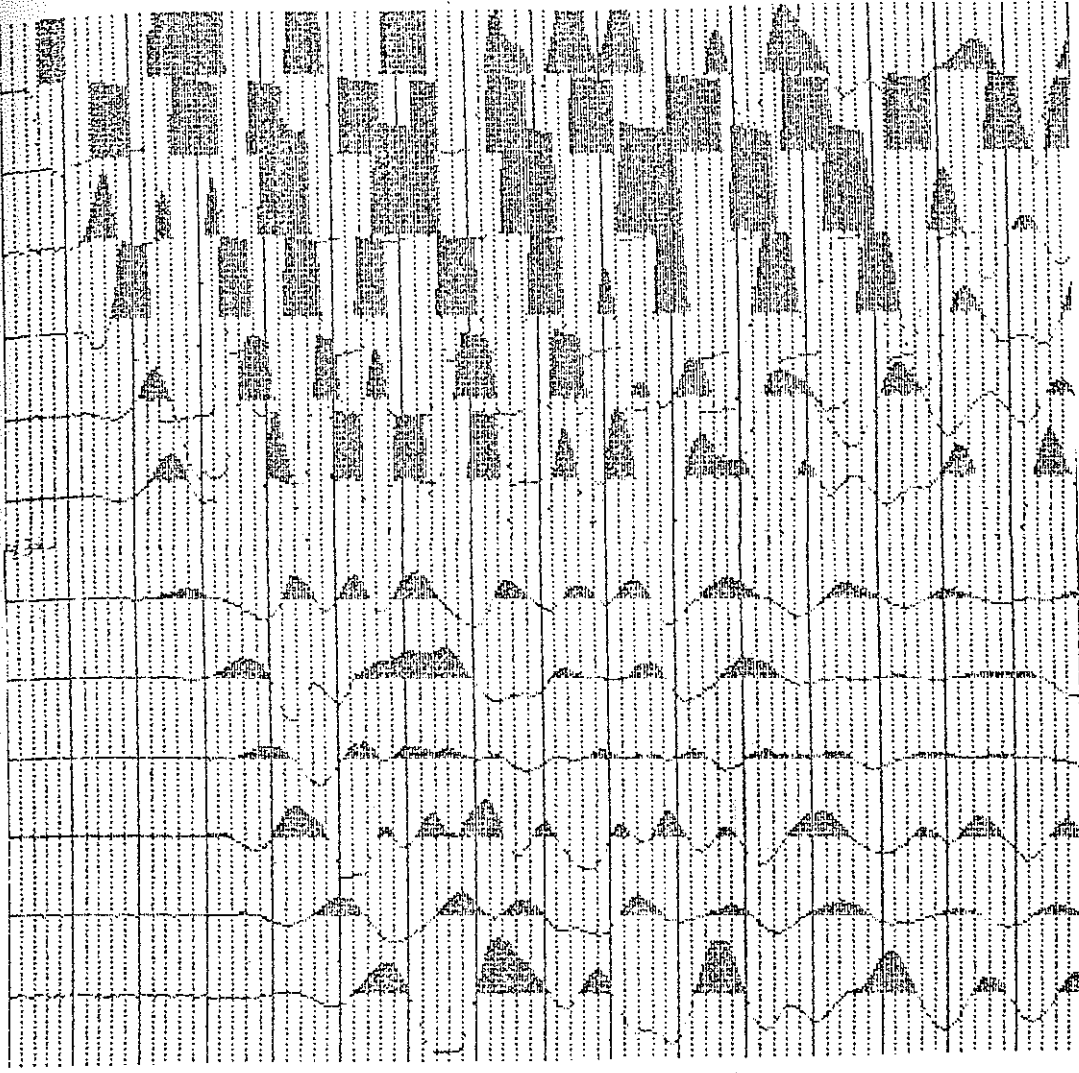
YATAY EL ms (X)	LİNEER BELİ PERİOD (ms) t_1	FREKANSI PERİOD F_1	REGRESYONLU F_2
19.0000	15.0000	6.5000	6.5303
26.0000	15.0000	6.5000	6.5339
30.0000	15.0000	6.5000	6.7121
32.0000	12.0000	8.0000	7.8139
37.0000	14.0000	7.0000	7.9948
39.0000	17.0000	5.5000	8.2121

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 6.530285
A1= .0454545
B= 6.512007

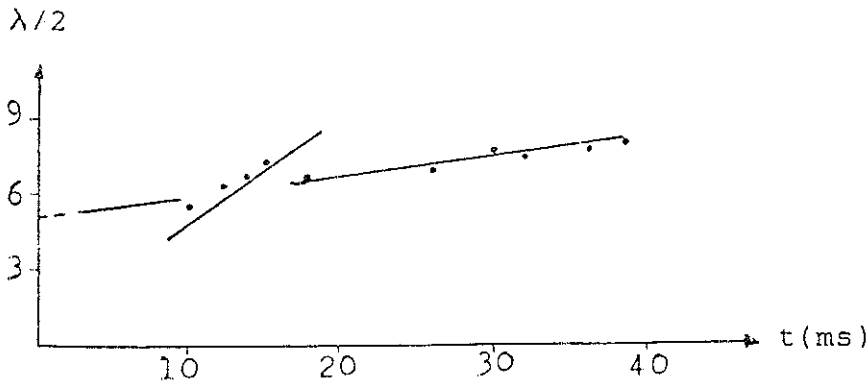
	X	Y
ORTAHEMMEK OF TALANNA	30.50	6.75
STANDART SAPMA	7.34	4.78

	$r = \frac{X \cdot Y}{N}$
KORELASYON KATSAYISI	0.60



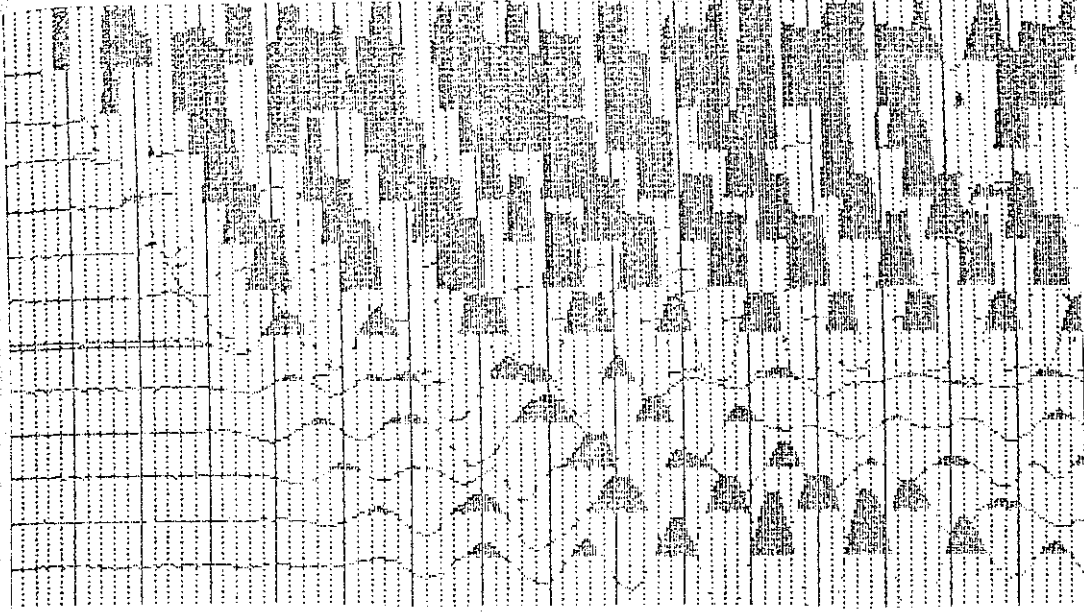
Şekil:7.7. Sismik sönüm için alınan boyuna (P) sismik kırılma kaydı.

(Şekil 7.7)'de okunan veriler (tablo:7.3.a ve 7.3.b)'de görüldüğü gibidir.

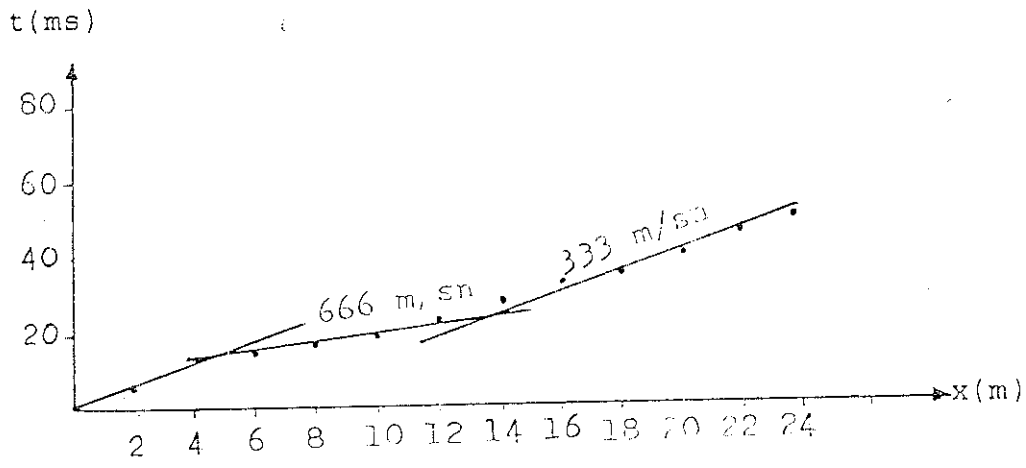


Şekil:7.8 (Tablo 7.3.a ve b)'ye ait $\lambda/2-t$ grafiği

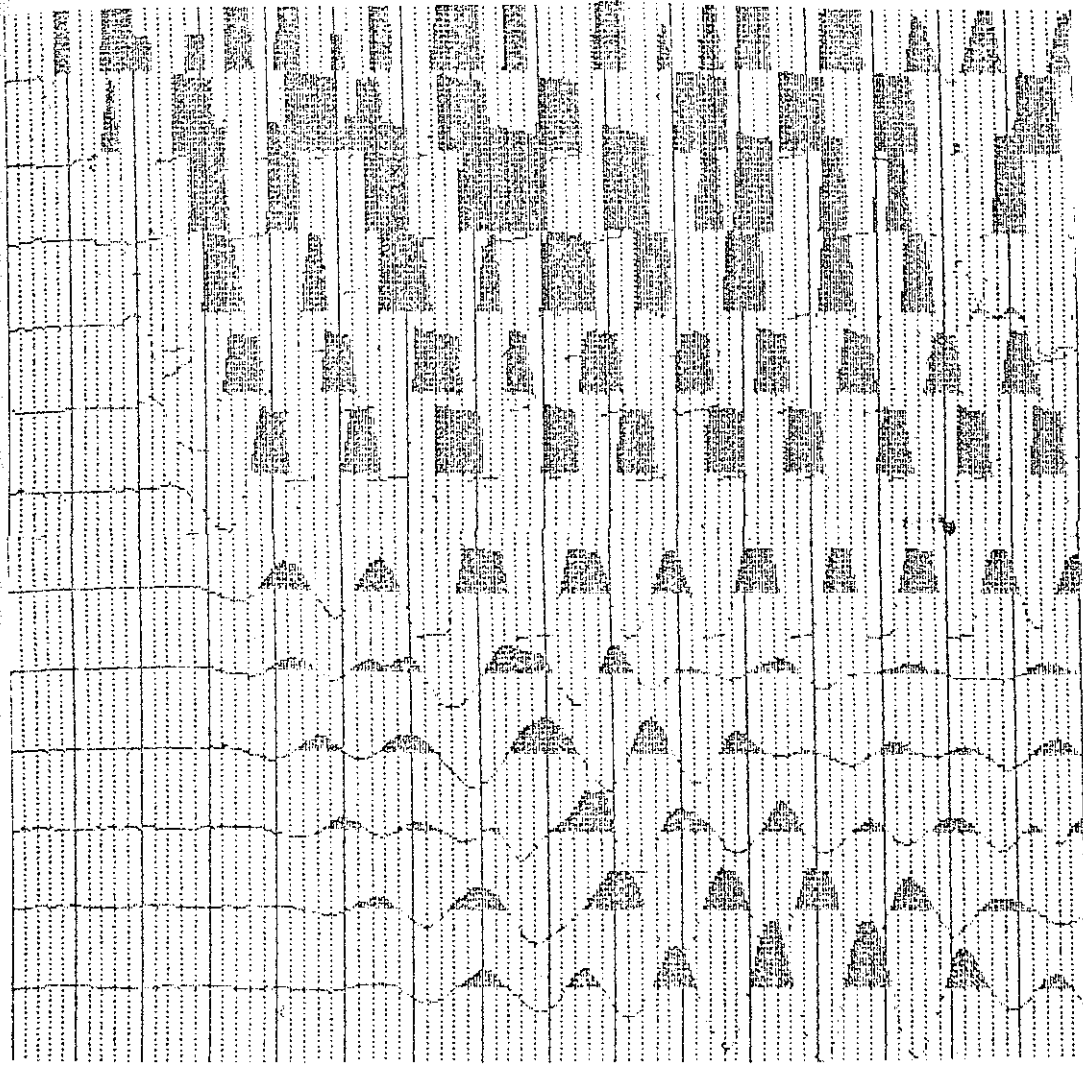
C) Enine (S) Sismik Kırılma Kaydı



Şekil :7 9 Enine (S) sismik kırılma kaydı

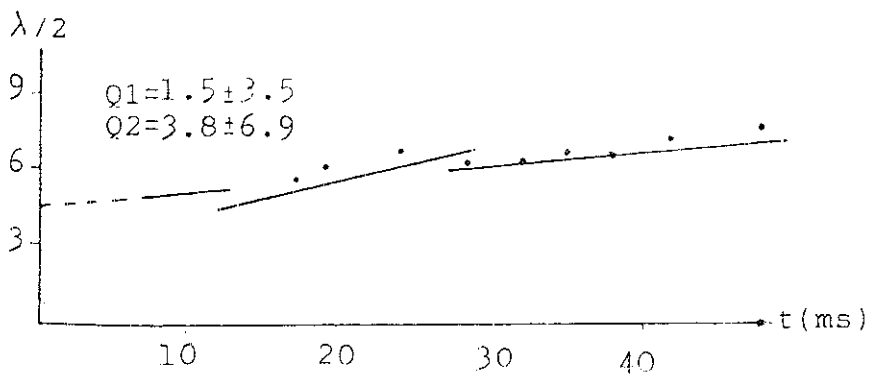


Şekil:7.10 Şekil:7.9'a ait yol-zaman grafiği.



Şekil :7 11 Sismik sönüm için alınan enine (S) sismik kırılma kaydı

(Şekil 7 11)'de okunan veriler (tablo 7.4.a ve b)'de verilmiştir.



Şekil:7.12 (Tablo:7.4 a ve b)'ye ait $\lambda/2$ -t grafiği

Tablo : 7.4.a

S Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EPE ME (7)	YUSEK EL DERINLIK (met) (8)	FOLDE WIDTH FLYING 2 F (9)	REGRESYONLU YAKI (10)
14.0000	19.0000	5.0000	2.5472
17.0000	13.0000	5.0000	2.2547
19.0000	11.0000	6.5000	2.8348
24.0000	14.0000	5.0000	2.2217

REGRESYON F. SAYILARI

A0= 2.547165
A1= .1933566
D= 1.530534

	X	Y
ARITMETİK ORTALAMA	19.50	7.38
STANDART SAPMA	4.20	3.15

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.55

Tablo : 7.4.b

S Sismik kırılma kaydı t- $\sqrt{2}$ korelasyonu

YATAK ERI ME (X)	DUSEY ERI PERYOT (PE) (Y)	PULSE WIDTH PERYODI P $\sqrt{2}$	REGRESYONLU YAKI
28.0000	13.0000	5.5000	4.3323
32.0000	13.0000	6.5000	6.7411
35.0000	14.0000	7.0000	6.2253
38.0000	14.0000	7.0000	6.8932
44.0000	15.0000	7.5000	7.1214
48.0000	15.0000	8.0000	7.5775

REGRESYON I. SAYILARI

$a_0 = 4.232285$
 $a_1 = 7.602835E-02$
 $Q = 3.893285$

	X	Y
ARITMETİK ORTALAMA	37.50	7.75
STANDART SAPMA	7.42	6.95

	X - \bar{x}
KORELASYON KATSAYISI	0.72

Tablo:7.2.

Çünür andezit tepesi üzerinde kaydedilen P ve S sismik kırılma kayıtlarının sonuçları.

	Vp m/sn	Vs m/sn	Qp	Qs	G kg/km ²	E kg/cm ³	gr/cm ³	qu kg/cm ²	qs kg/cm ²
1.T.	500	333	6.5	3.8	18851	41526	1,7	0,85	0,57
2.T.	1000	666	1	1.5	79840	175877	1,8	1,8	1,29

T: Tabaka

Olarak bulunmuştur.

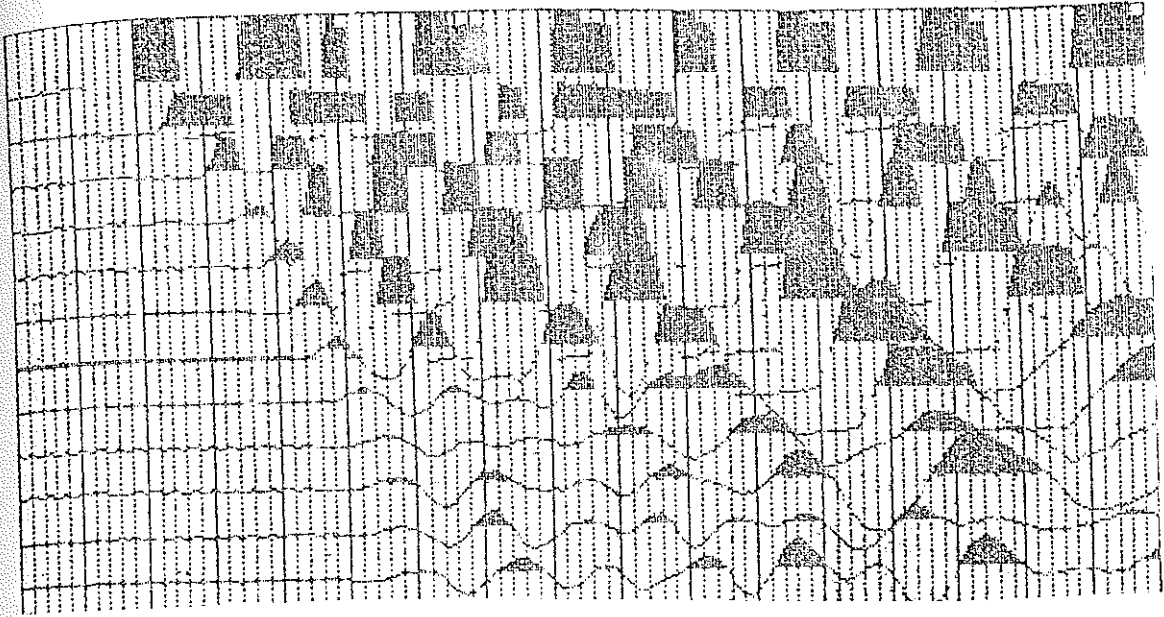
Aynı noktada alınan P ve S kaydının değerlendirilmesi sonucunda da görüldüğü gibi andezit profil doğrultumuz içerisinde bir dayk gibi kaydedilmiştir. Bu özellikle Q kalite faktörünün düşmesine neden olmuştur.

7.2. Isparta-Ankara Yolu Üzerinde (Isparta Mensucat Yanı) Alınan Boyuna Sismik Refleksiyon Kayıtları

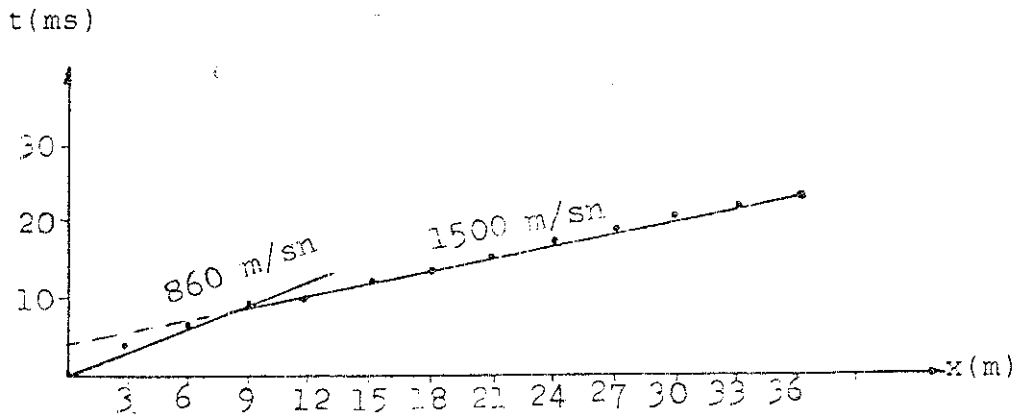
Plaketli kireç taşı üzerinde birbirine paralel iki sismik kayıt alınmıştır. Bu kayıtlardan birincisi yola paralel ikincisi yola dik doğrultudadır.

A. Yola Paralel Olarak Alınan Sismik Kırılma Kaydı

Bu kayıtla : Ofset uzaklığı : 3m. Jeofen aralığı : 3m.
Kayıt uzunluğu 100 ms dir. Kullanılan jeofen : 40 Hz dir



Şekil :7.13 Yola paralel olarak alınan boyuna sismik kırılma kaydı.



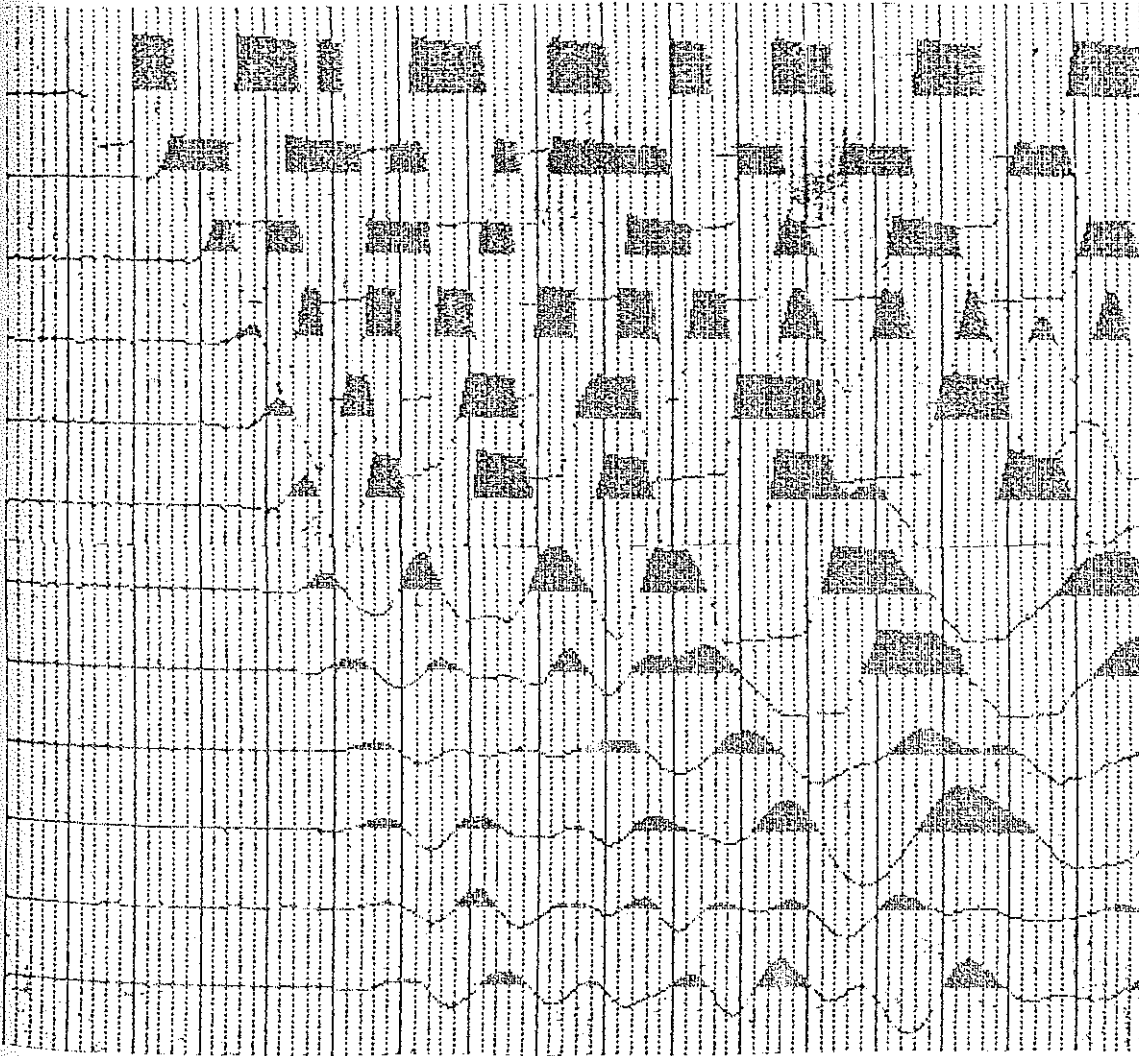
Şekil:7.14 (Şekil 7.13)'e ait yol-zaman grafiği.

Söbü dağı formfasyonunun tabanını temsil eden Masif kireçtaşı birimi genellikle gri, koyu gri, beyaz, krem renkli masif kireçtaşa nazaran daha az dayanımlı, yer yer kırılğan yer yer sert özelliktedir. 3 cm ile 1 m arasında değişen tabakalanma gösteren bu kireçtaşı biriminin üst

seviyeleri killi ve çört yumruludur. Birimin yaşı üst kretase olarak saptanmıştır.

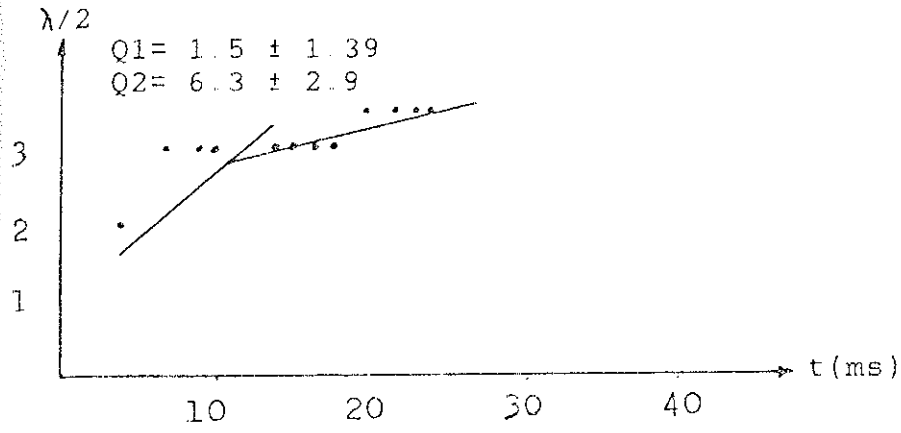
Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu bu kayıtlarımızda iki tabaka tesbit edilmiştir. Birinci tabaka killi ve çört yumrulu nebati toprak içeren ortamdır. Bu birimin sismik hızı $V_p:860$ m/sn. dir. Tabaka kalınlığı:2,2m dir. İkinci katman ise daha az dayanımlı ve çatlaklı birimdir. Bu birimin sismik hızı $V_p2:1500$ m/sn bulunmuştur.

Kalite faktörünü belirlemek için alınan boyuna sismik kırılma kaydı (Şekil:7.15)



Şekil :7.15. Sismik sönüm için alınan sismik kayıt.

(Şekil 7.15) 'de okunan veriler (tablo 7.5) 'de verilmiştir.



Şekil:7.16 (Tablo 7.5 a ve b'ye ait $\lambda/2$ -zaman grafiği.

Burada görüldüğü gibi $Q_1:1,5$ ve $Q_2:6,36$ 'dır.

Yola dik olarak alınan sismik refraksiyon kayıtlarını değerlendirirsek ,

Tablo : 7.5.a

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

ALINAN DEĞERLER	İNİSİTİF DEĞERLERİ	PULS PERİYODU	REGRESYONLU DEĞERLER
λ	PERİYOD (ms)	$\lambda/2$	$\gamma(t)$
6.0000	4.0000	2.0000	1.3501
7.0000	4.0000	3.0000	2.1374
7.5000	4.0000	3.0000	2.6978

REGRESYON K. SAYILARI

$A_0 = 1.354112$
 $A_1 = 1.1846131$
 $B = 1.584471$

	\bar{x}	\bar{y}
YARITMETİK ORTALAMA	6.83	3.25
STANDART SAPMA	2.75	1.39

	$r = \gamma$
KORELASYON KATSAYISI	0.98

Tablo : 7.5.b

P Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

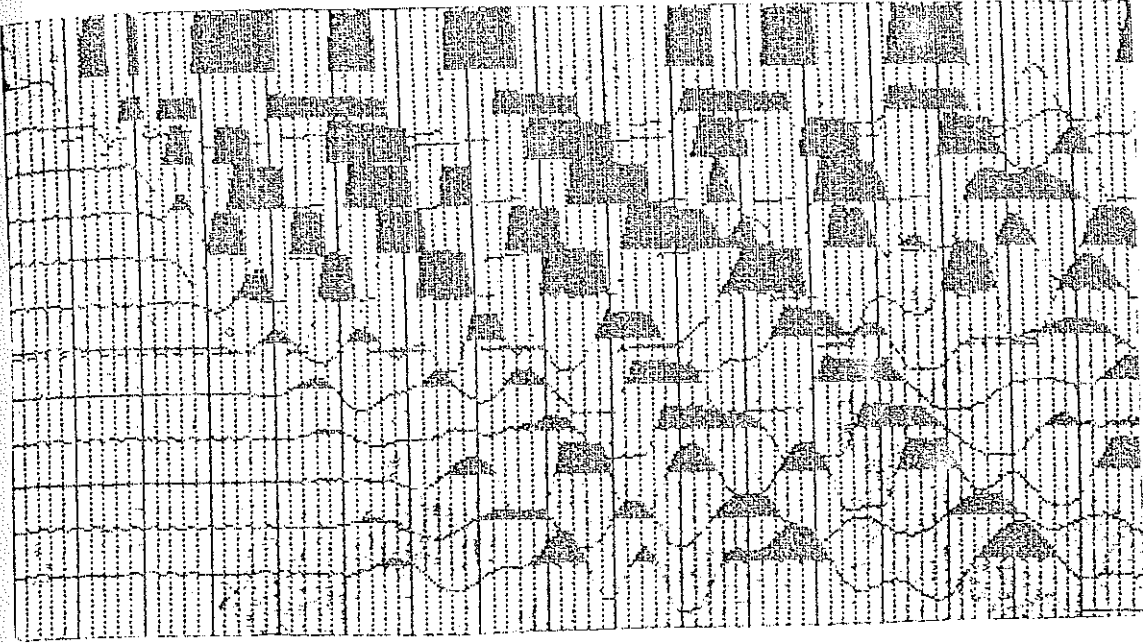
LATRY EN MS (X)	DEEY EN PEFYOT (m) (Y)	PULSE WIDTH PEFYOT/2 F/2	REGRESYONLU Y (L)
10.000	4.0000	3.0000	2.3973
12.500	6.0000	3.0000	2.8118
14.0000	4.0000	3.0000	2.5793
16.0000	4.0000	3.0000	3.0490
15.0000	4.0000	3.0000	3.1421
20.0000	7.0000	3.5000	3.2352
22.0000	7.0000	3.5000	3.3282
25.0000	7.0000	3.5000	3.4213
24.0000	7.0000	3.5000	3.4274

REGRESYON K. SAYILARI:

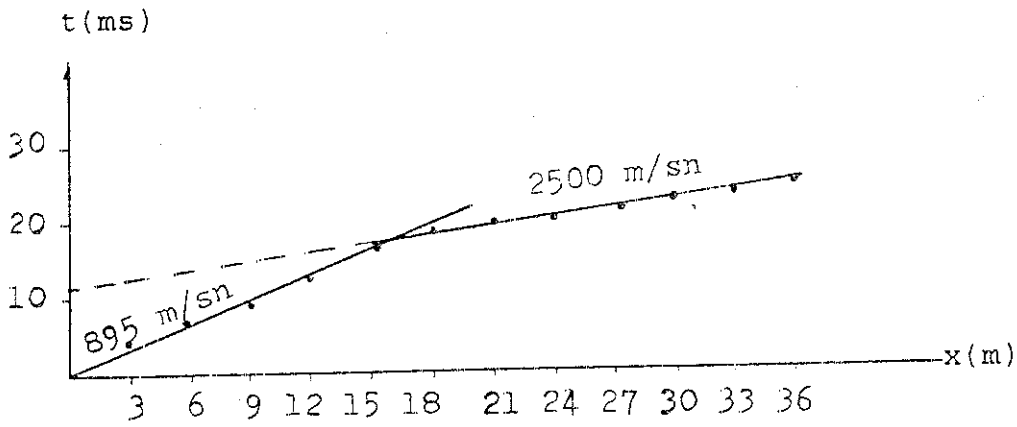
A0= 2.397347
A1= 4.684479E-02
Q= 6.329461

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	17.72	4.17
STANDART SAPMA	4.53	2.95

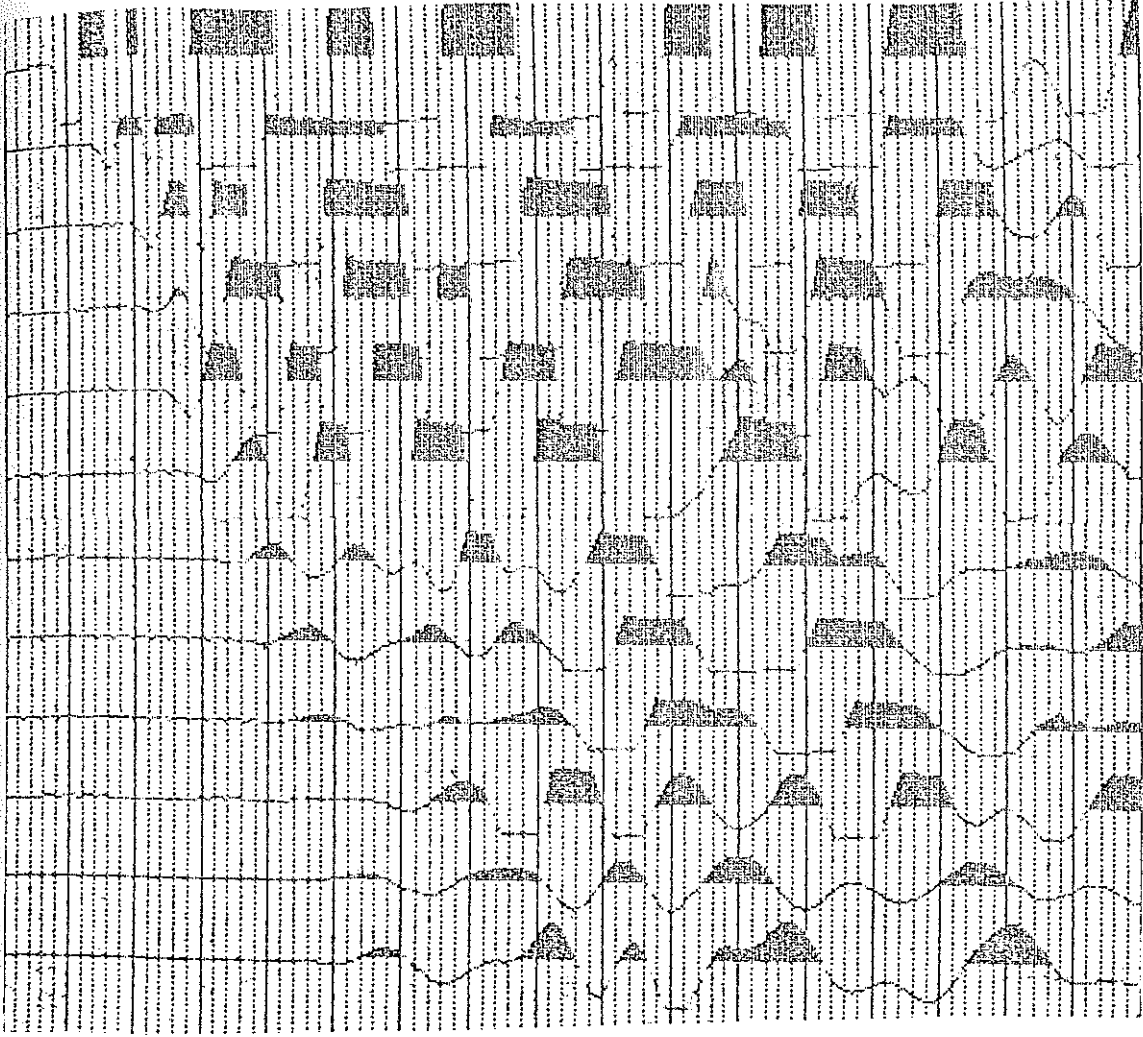
	$r = Y - Y$
KORELASYON KATSAYISI	0.54



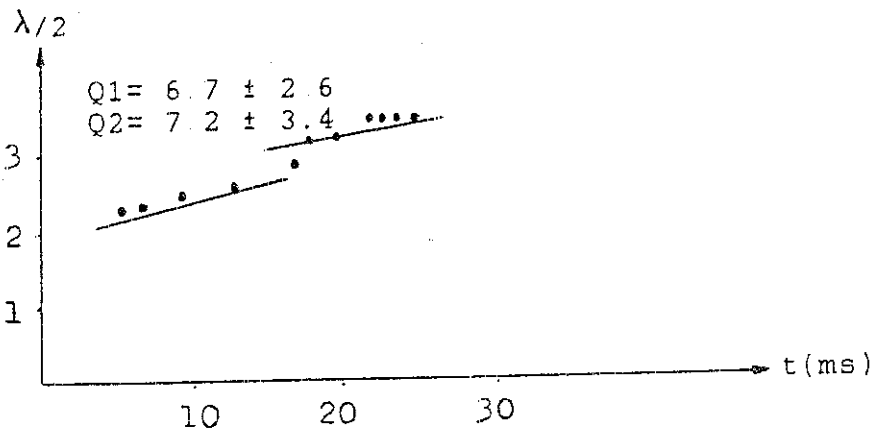
Şekil :7.17 Yola dik olarak alınan sismik kırılma kaydı.



Şekil:7.18 (Şekil 7.17)'ye ait yol-zaman grafiği.



Şekil :7.19 Sismik sönüm için alınan boyuna sismik kırılma kaydı.



Şekil :7.20 (Tablo 7.6.a ve b)'ye ait $\lambda/2$ -zaman grafiği.

Tablo : 7.6.a

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YER (km)	DÜSEY İNİ (m)	PULS GİRİŞİ (s)	YERİNE GELİME ZAMANI (s)
5.500	5.5000	2.5010	2.3004
7.000	5.5000	2.5000	2.4154
8.500	5.5000	2.5000	2.3000
10.000	5.5000	2.7500	2.4104
11.500	6.0000	3.0000	2.7544

REGRESYON DİYAGRAMI

$A = 2.22 \times 10^{-2}$
 $B = 2.11 \times 10^{-2}$
 $C = 6.72 \times 10^{-2}$

	X	Y
YAPITININ ORTALAMA	10.40	3.36
YAPITININ VARYANSI	21.65	6.97
STANDART SAPMA	4.66	2.64

	X - Y
ORTALAMA	10.07
KORRELASYON KATSAYISI	0.82

Tablo : 7.6.b

P Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAY ERI DE (X)	DUSEY ERI FERYOT (mE) (Y)	FLICE WIDTH FERYOT/2 P/2	REGRESYONLU Y:Y
15.0000	6.5000	3.2500	2.5328
20.0000	6.5000	3.2500	3.2705
21.0000	7.0000	3.5000	3.3525
22.0000	7.0000	3.5000	3.3935
23.0000	7.0000	3.5000	3.4344
24.0000	7.0000	3.5000	3.4754
25.0000	7.0000	3.5000	3.5164

REGRESYON 1. SAĞILAF 1

A0= 2.532807
A1= 0.405832
B = 7.222472

	X	Y
ARITMETİK ORTALAMA	21.86	4.71
STANDART SAPMA	2.41	3.44

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.60

Burada $Qp1:6,7$, $Qp2:7,2$ $V1=895$ m/sn, $V2= 2500$ m/sn ve $h1=5,7$ m. dir.

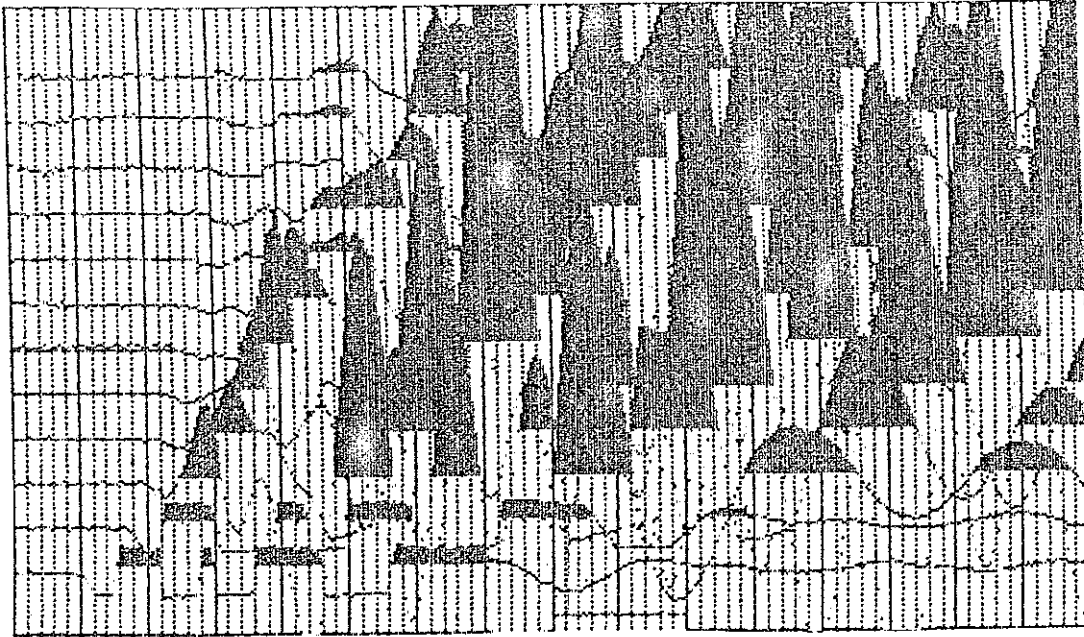
Yola dik olarak alınan kayıtlarda sismik hızlar ve kalite faktörü yüksektir. Bu da zemindeki çatlak ve kırıkların yola dik olduğunu gösterir.

7.3. Kampüs Sahası içerisindeki İdari Binanın Önünde Alınan Boyuna (P) ve Enine (S) Sığ Sismik Kırılma Kaydı.

A) Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı

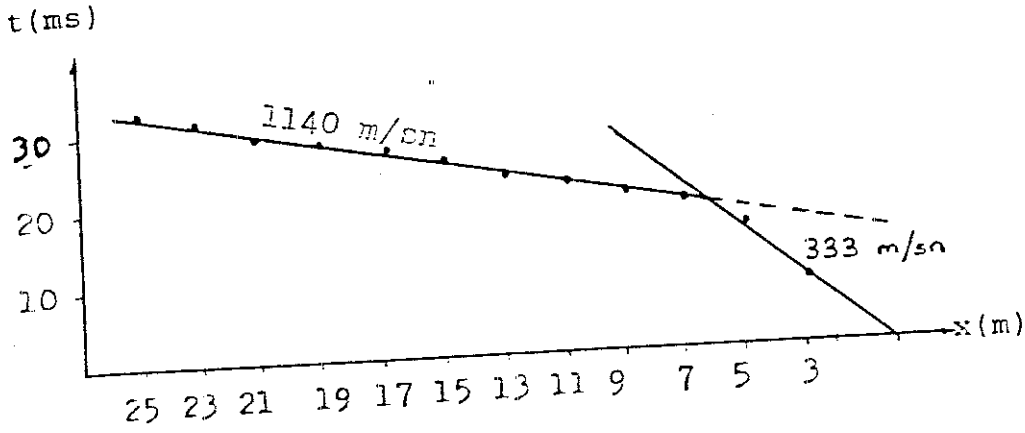
İdari binanın önünde yapılan sığ boyuna sismik refraksiyon kaydı yapıldı. Bu çalışmada Ofset uzaklığı: 3 m jeofon aralığı: 2 m, kayıt uzunluğu: 200 ms kullanılan jeofon P: 40 Hz., S:20 Hz.

Gain : 24 dB, Trace size: 3 birimdir.



Şekil:7.21. Sığ boyuna (P) sismik refraksiyon kaydı.

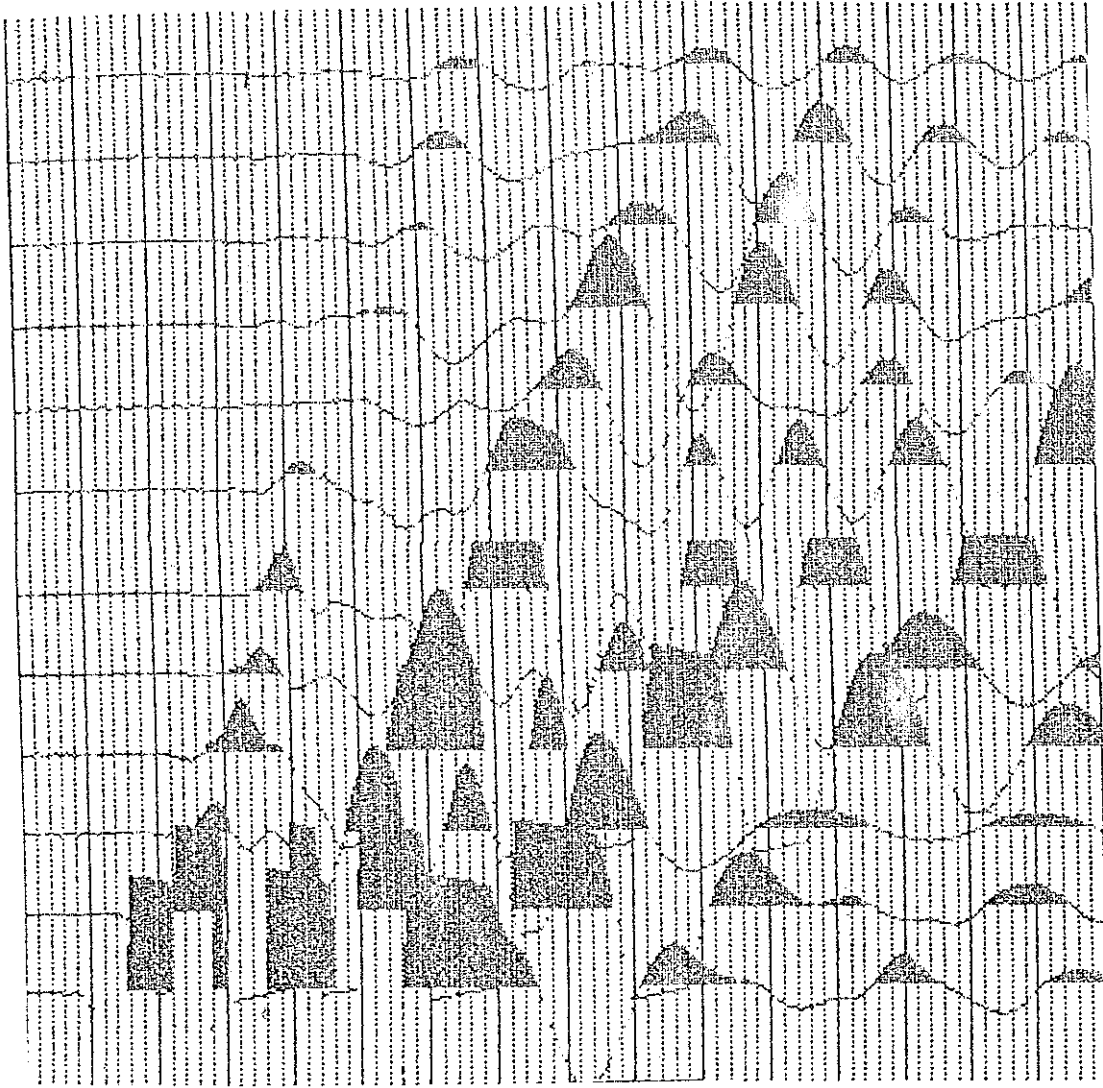
Bu alandaki formasyon Kızılkırma tepe formasyonu üzerindeki kayıköy formasyonudur. Bu birim orta-üst Eosen yaşlı, kumtaşı, şeyl, çakıltası, mikro konglomera detritik kireçtaşı ardalanmalıdır. Sismik kaydın yapıldığı nokta düşük hızlı nebati toprak kalınlığı yüksek kumlu-şeyli ardalanmalı bir yapı mevcuttur.



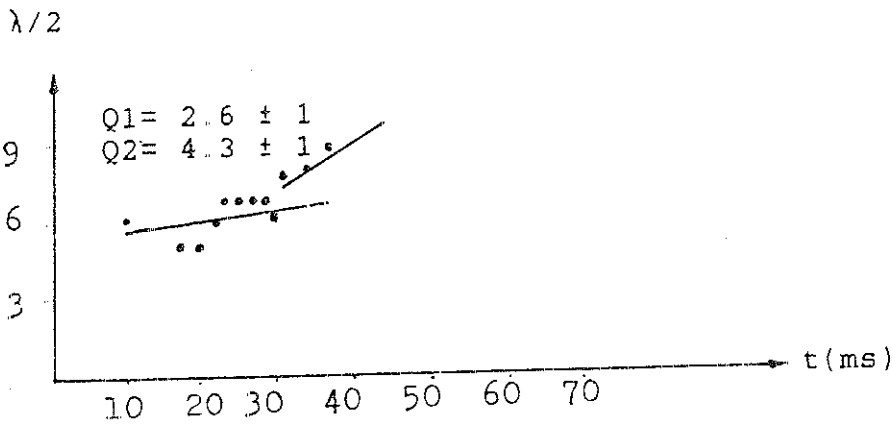
Şekil:7.22(Şekil 7.21)'e ait yol zaman grafiği.

Bu değerlendirme sonucu sismik hız $V_{p1}:333$ m/sn, $V_{p2}=1140$ m/sn olarak bulunmuştur. Diğer bulunan tüm parametreler (tablo 7.9) 'da verilmiştir.

Kalite faktörünü belirlemek için alınan sismik sönüm kaydı:



Şekil:7.23 Sismik sönümü belirlemek için alınan boyuna sismik kırılma kaydı.



Şekil:7.24 Tablo 7.7.a ve b'ye ait $\lambda/2$ zaman grafiği.

Burada da görüldüğü gibi $Q_{p1}=2,6$ $Q_{p2}=4,3$ olarak tesbit edilmiştir. Zemin hızına bağlı olarak Q da değişmektedir. Tablodaki kalınlığı: 2,2 m olarak tesbit edilmiştir.

Tablo : 7.7.

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAY ERIK İLİ (X)	DÜSEY ERIK FERYOT (m) (Y)	FULSE WİDTH FERYOT/2 F/2	REGRESYONLU
29.0000	12.0000	6.0000	4.7395
28.0000	14.0000	7.0000	6.7342
26.0000	14.0000	7.0000	6.6455
24.0000	14.0000	7.0000	6.5179
22.0000	14.0000	7.0000	6.3904
21.0000	12.0000	6.0000	6.2528
19.0000	10.0000	5.0000	6.1154
18.0000	10.0000	5.0000	6.0464
7.0000	12.0000	6.0000	5.8401

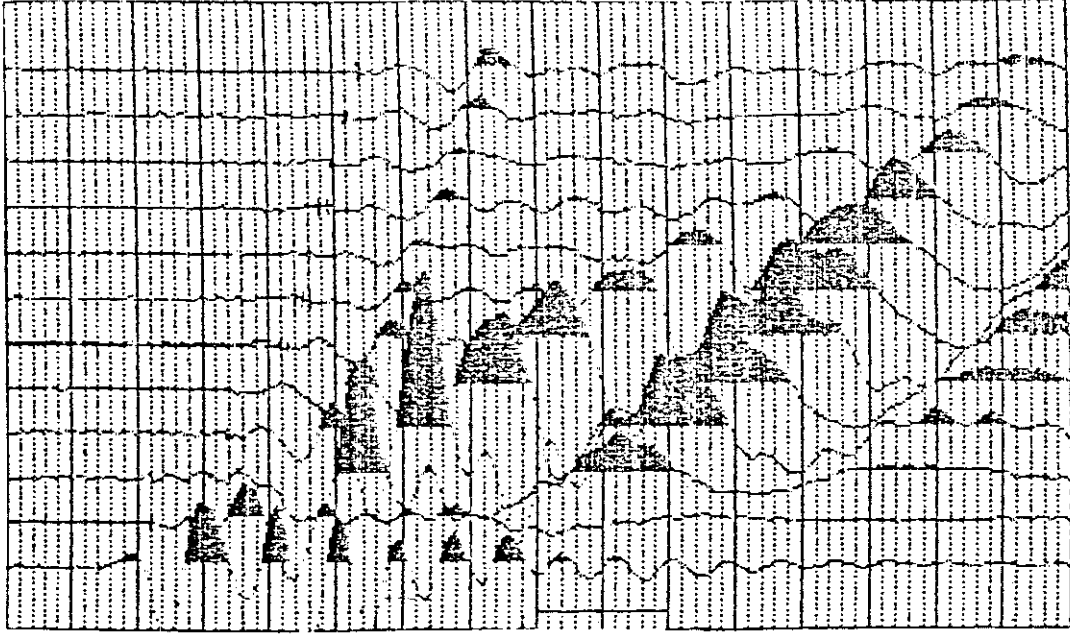
REGRESYON K. SAYILARI

A0= 4.739525
A1= 6.878495E-02
B = 4.303267

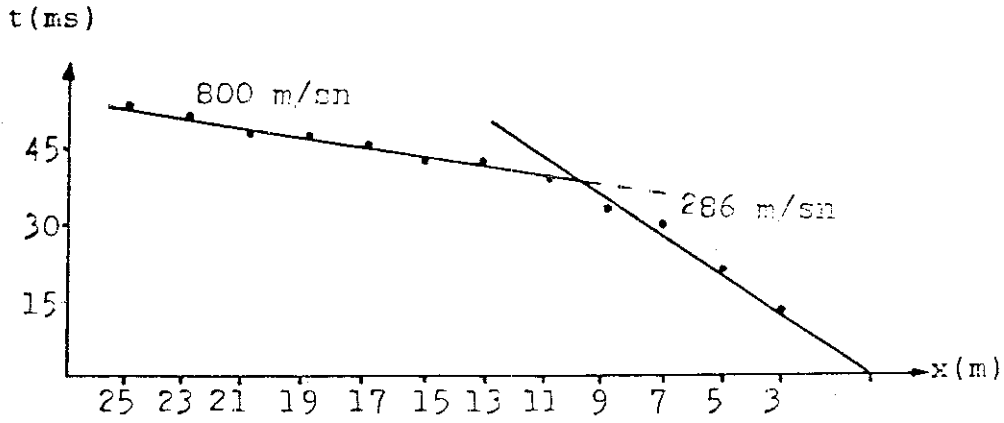
	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	21.89	5.06
STANDART SAPMA	6.05	1.01

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.77

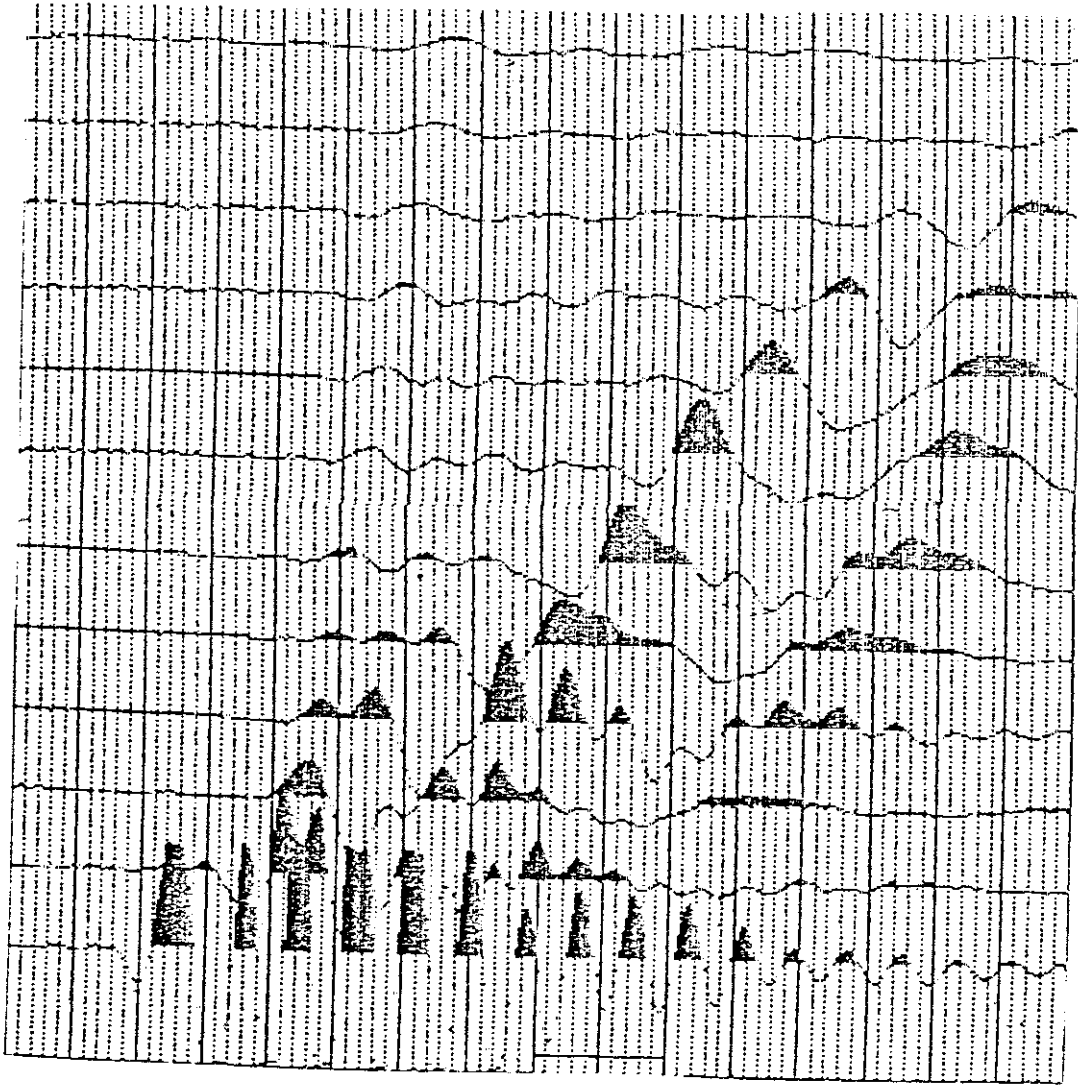
B) Enine (S) Sismik Kırılma Kaydı



Şekil:7.24. İdari bina önünde alınan enine (S) sismik kırılma kaydı.

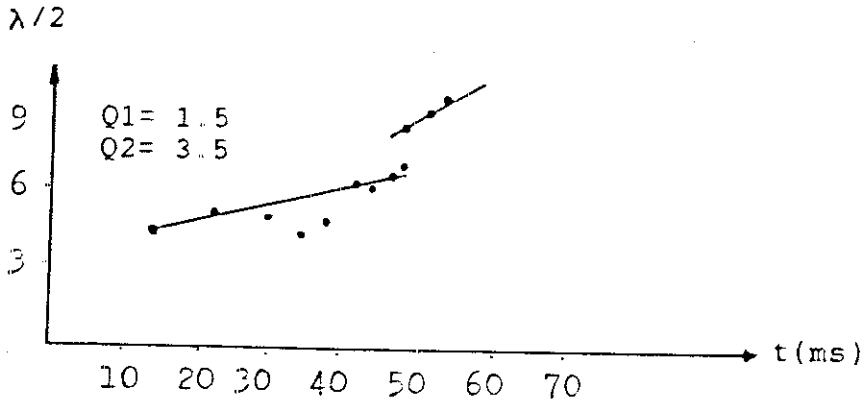


Şekil:7.25 (Şekil 7.24) 'deki enine sismik kırılma kaydının yol-zaman grafiği.



Şekil :7.26. Sismik sönüm için alınan enine(S) sismik kırılma kaydı.

Burada okunan veriler tablo 7.8.a ve b'de verilmiştir.



Şekil:7.27 (Tablo 7.8.a ve b) 'ye ait $\lambda/2-t$ grafiği

Tablo:7.9.

Kampüs önünde alınan kayıtların sonuçları.

	Vp m/s	Vs m/s	Qp	Qs	G g/cm ³	E kg/cm ²	qu kg/cm ²	qs kg/cm ²	
1.T.	333	230	2,6	1,5	1,66	8781	18332	0,55	0,38
2.T.	1140	800	4,3	3,8	1,82	116480	236421	2,07	1.45

T: Tabaka

Değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler bu tabloda verilmiştir.

Tablo : 7.8.a

S Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EKİ ms (X)	DÜSEY EKİ PERYOT (ms) (Y)	PULSE WIDTH PERYOT/2 F/2	REGRESYONLU $r(D)$
48.0000	15.0000	7.5000	2.8119
46.0000	14.0000	7.0000	6.2780
43.0000	13.0000	6.5000	6.6128
42.0000	13.0000	6.5000	6.3849
38.0000	10.0000	5.0000	6.2822
34.0000	7.0000	4.5000	5.9517
30.0000	10.0000	5.0000	5.6212
22.0000	10.0000	5.0000	5.2507
14.0000	5.0000	4.5000	4.6257

REGRESYON K. SAYILARI

$A_0 = 2.811943$
 $A_1 = 6.262635E-02$
 $B = 3.582393$

	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	35.22	6.00
STANDART SAPMA	11.44	1.12

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.33

Tablo : 7.8.b

S Sismik kırılma kaydının $t - \tau/2$ korelasyonu

YATAY EKI ms (X)	DÜSEY EKI PERYOT (ms) (Y)	PULSE WIDTH PERYOT/2 P/2	REGRESYONLU Y(D)
54.0000	19.0000	9.5000	-1.1973
52.0000	18.0000	9.0000	9.4608
49.0000	17.0000	8.5000	9.0661

REGRESYON K. SAYILARI

$A_0 = -1.197266$
 $A_1 = .1973724$
 $\sigma = 1.497703$

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	51.67	14.33
STANDART SAPMA	2.52	8.61

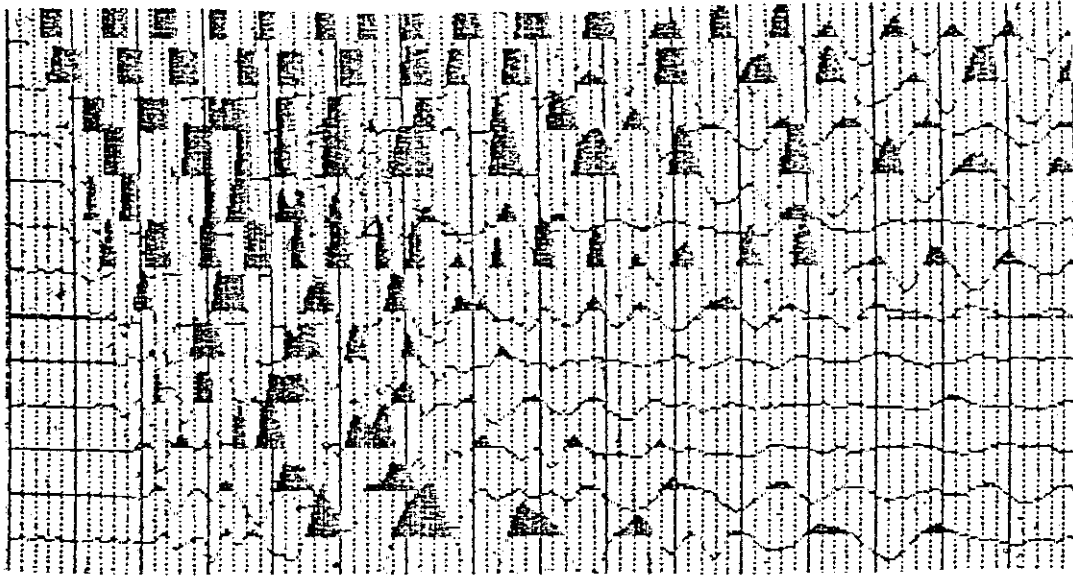
	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.91

7.4. Söbü Kireçtaşı Üzerinde Yapılan Sığ Boyuna ve Enine Sismik Refraksiyon Kaydı

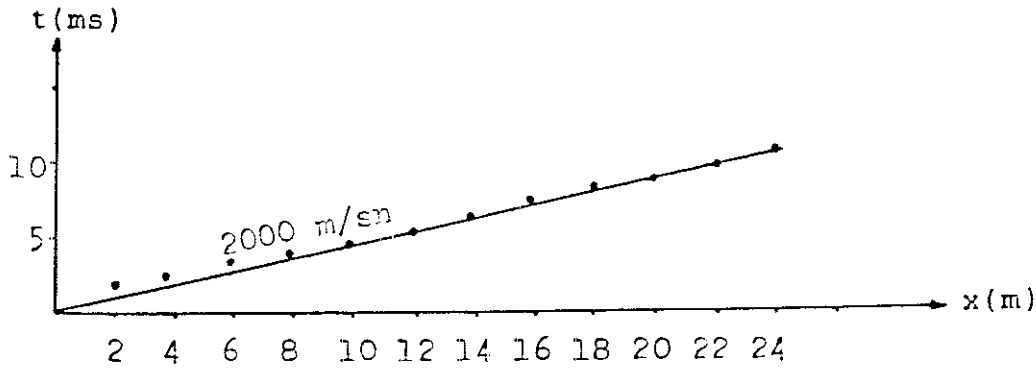
A). Sığ Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı

Masif kireçtaşının en iyi gözleendiği yer söbüdağı ve çevresi olduğu için bu birime söbüdağı formasyonu denmiştir. Bu masif kireçtaşı kristalize sert, bol çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolgudur. Yer yer 0,5 - 2 m arasındaki kalınlıklarda tabaka sunmalarıyla beraber bazı kesimlerde ise tabakalanma görülmez.

Burada ofset uzaklığı : 2 m, jeofen aralığı: 2 m, kayıt uzunluğu: 100 ms ve kullanılan jeofen : 40 Hz dir.



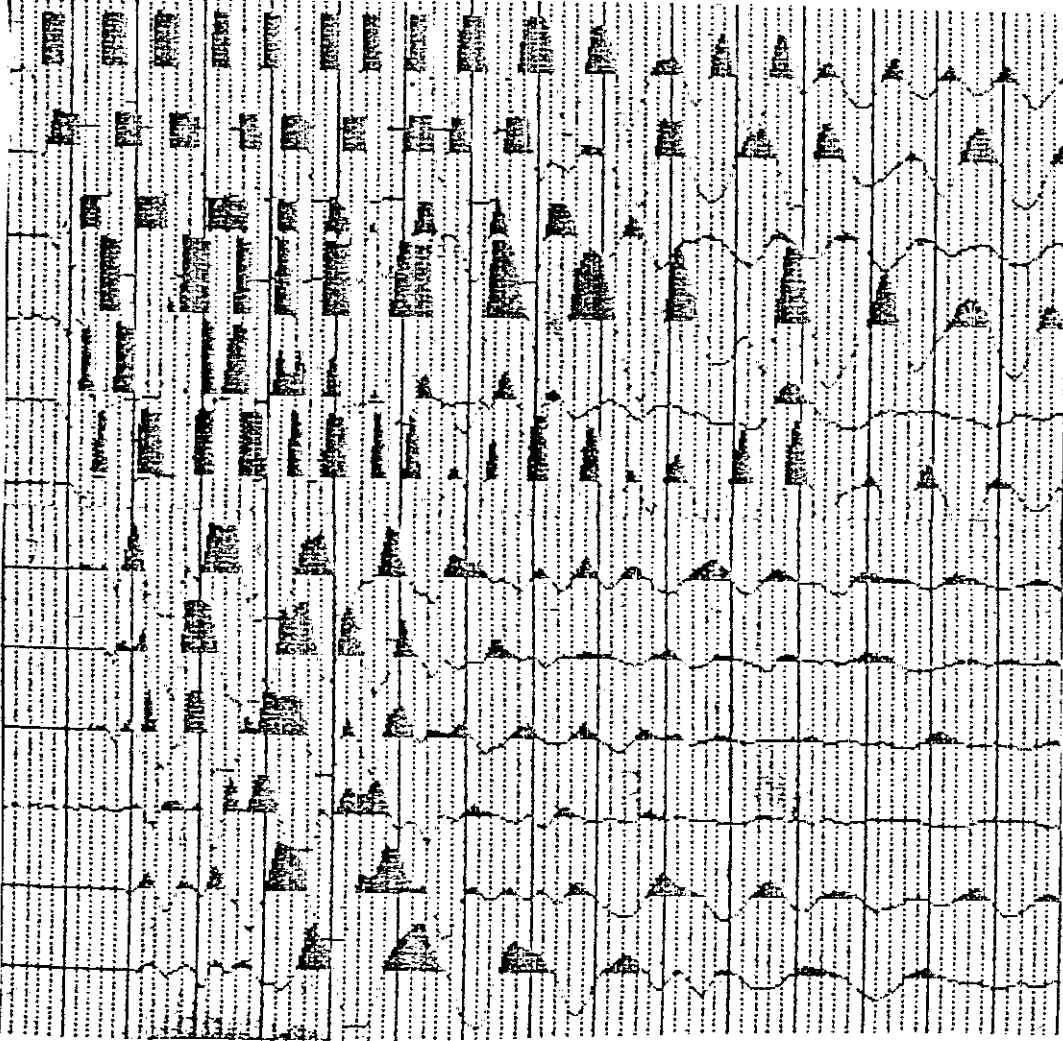
Şekil:7.29 Sığ boyuna sismik refraksiyon kaydı.



Şekil:7.30 (Şekil 7.29'a ait yol-zaman grafiği).

Bu değerlendirme sonucunda çalışma yapılan noktanın çatlaklı bir yapı içerdiği tesbit edilmiştir. Normalde sağlam bir kireçtaşının sismik hızı daha yüksektir. Bu alışmada V_p : 2000 m/s olarak tesbit edilmiştir.

Sismik sönüm kaydımız ise



şekil :7.30. Sismik sönüm belirlemek için alınan boyuna sismik kırılma kaydı.

Buradan okunan veriler tablo (7.10) 'da verilmiştir.

Tablo : 7.10

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

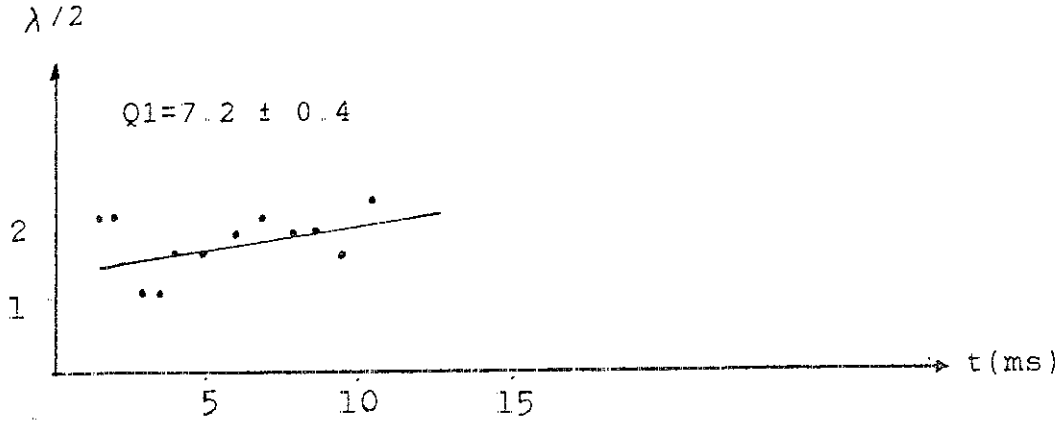
YATAY ERIK m (X)	DÜSEY ERIK PERİYOT (m) (Y)	PULSE WIDTH PERİYOT/2 P/2	REGRESYON SAYISI
1.5000	4.0000	2.0000	1.4316
2.0000	4.0000	2.0000	1.4915
3.0000	2.0000	1.0000	1.5141
3.5000	2.0000	1.0000	1.5551
4.0000	3.0000	1.5000	1.5544
5.0000	3.0000	1.5000	1.5375
6.0000	3.5000	1.7500	1.5787
7.0000	4.0000	2.0000	1.7158
8.0000	3.5000	1.7500	1.7410
8.5000	3.5000	1.7500	1.7815
9.5000	3.0000	1.5000	1.6227
10.5000	4.5000	2.2500	1.6438

REGRESYON K. SAYILARI

$A_0 = 1.431766$
 $A_1 = 4.115057E-02$
 $Q = 7.193096$

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	5.71	1.67
STANDART SAPMA	3.00	0.42

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.27



Şekil: 7.31 (Tablo 7.10) 'a ait $\lambda/2$ - zaman grafiği.

Burda Q_p : 7.19 , $\rho = 2$ gr/cm³ bulunmuştur. Masif kireç taşı için bu değer düşüktür Sismik hızında düşük olması bu noktanın çatlaklı bir yapı içerdiğini gösterir.

Alınan ilk kayıttta sismik hız düşük olduğundan ikinci bir noktada yeni bir kayıt daha alınmıştır. Bunlar boyuna (P) ve enine (S) sığ sismik kırılma kayıdır. Alınan bu kayıtlar küçük söbü tepenin batısındaki bir noktaya aittir. Burada kireçtaşı çok iyi şekilde yüzeylenmiştir.

Alınan Boyuna (P) ve Enine (S) Sismik Kaydı

B) Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı

Kayıt Uzunluğu : 100 ms.

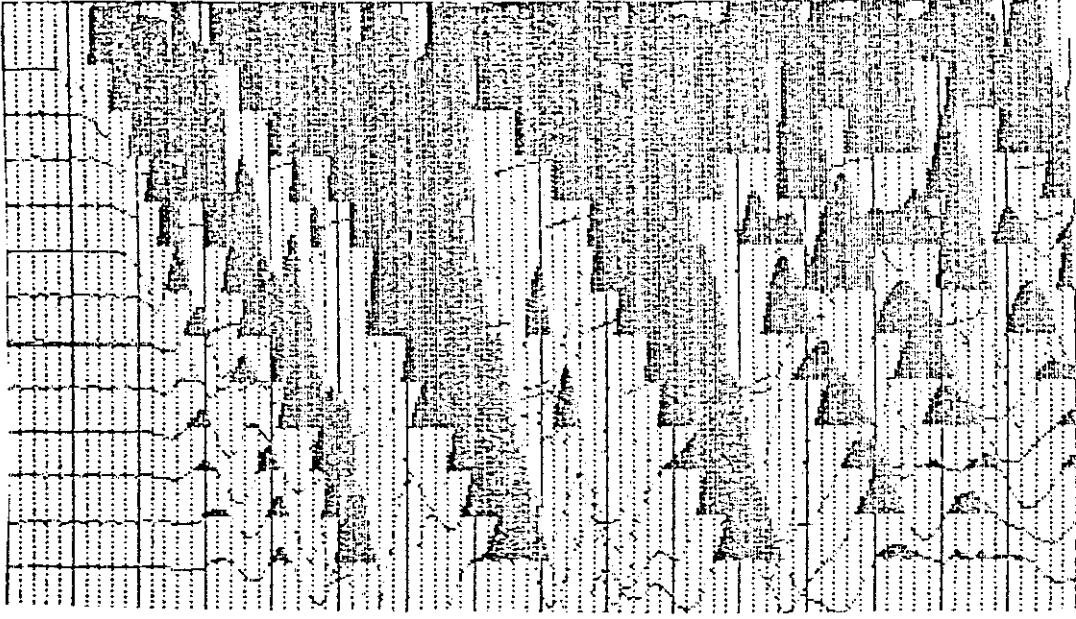
Ofset Uzunluğu : 2 m.

Jeofon Aralığı : 2 m.

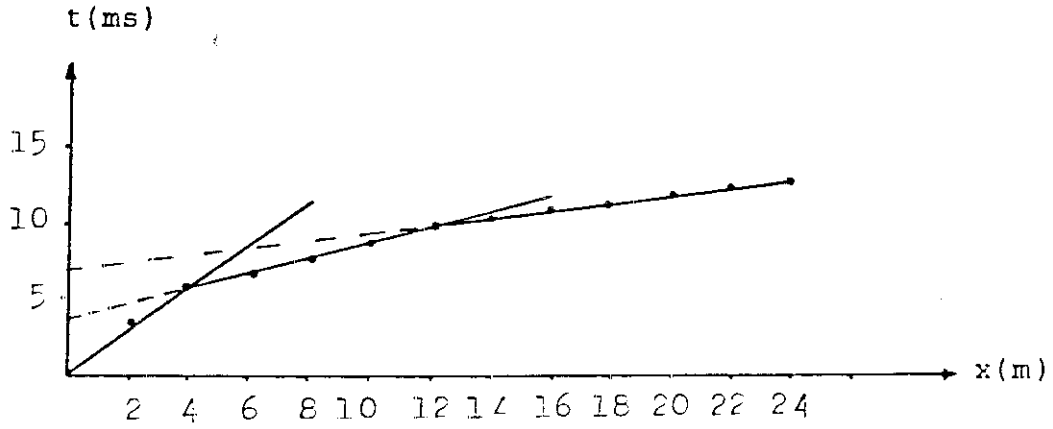
Trace Size : 2

Gain : 36 dB

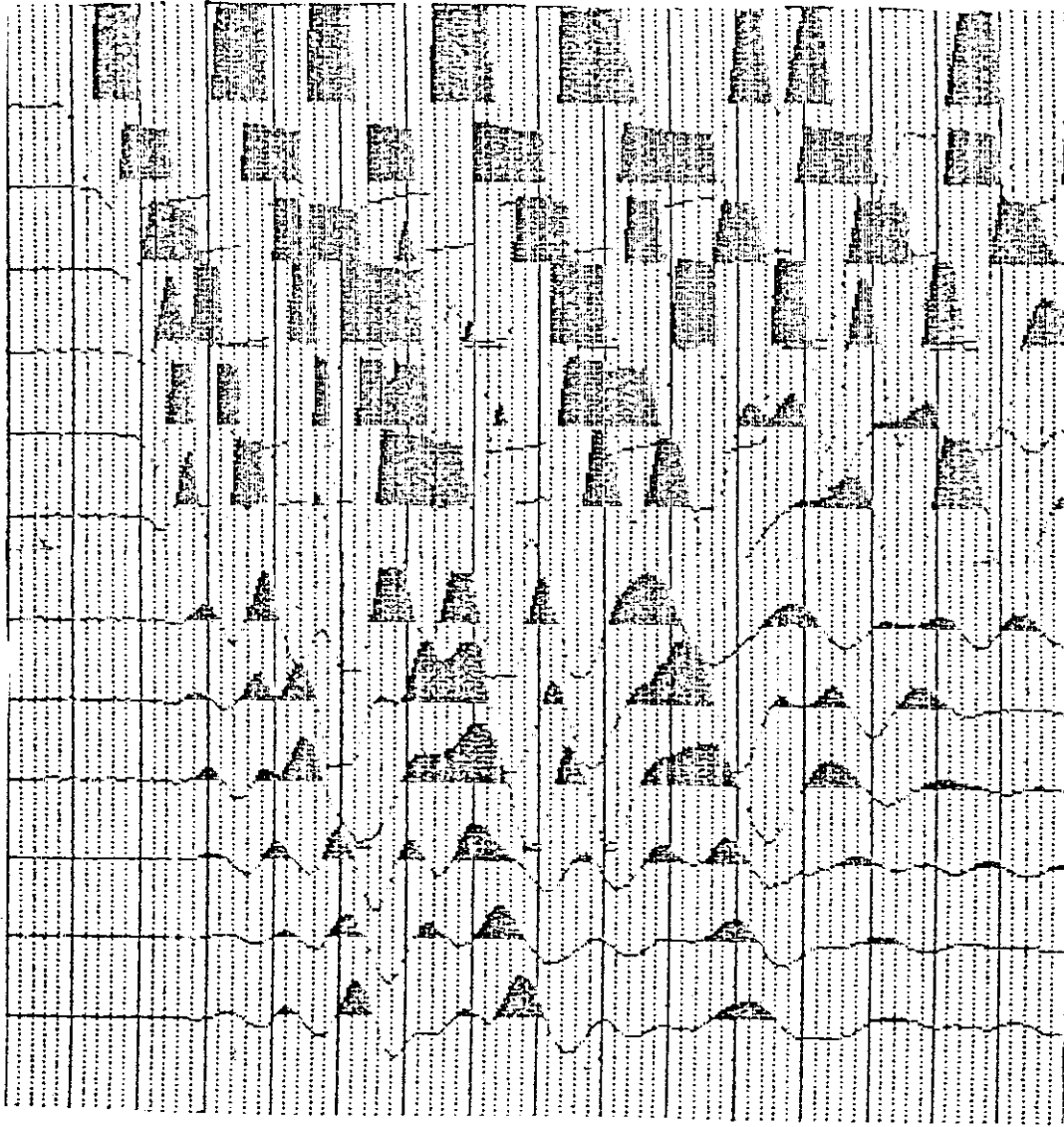
Kullanılan Jeofon: P=20 Hz, S=40 Hz.



Şekil:7.32 Küçük söbü tepede alınan boyuna (P) sismik kırılma kaydı.

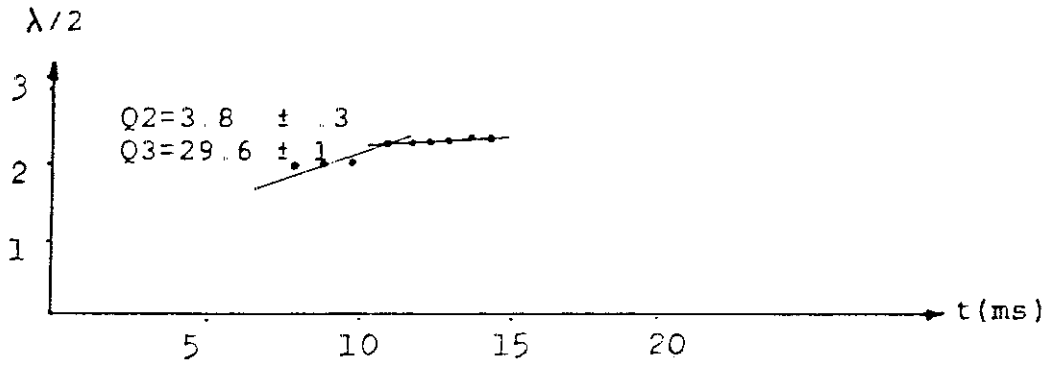


Şekil:7.33 (Şekil 7.32)'ye ait yol zaman grafiği.



Şekil:7.33. Boyuna Sismik sönüm kaydı

Buradan okunan veriler (tablo 7.11.a ve b) 'de verilmiştir.



Şekil :7.34 (Tablo 7.11.a ve b) 'ye ait $\lambda/2-t$ grafiği.

Tablo : 7.11.a
P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

DETAY EP ME (λ)	TÜREY EP PERYOT (ms) (λ)	PULSE WIDTH PERYOT/2 F/2	REGRESYONLU Y(1)
8.0000	4.0000	2.0000	1.3474
9.0000	4.0000	2.0000	1.5072
10.0000	4.0000	2.0000	2.0055
10.5000	4.5000	2.2500	2.1102

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 1.347443
A1= 7.627104E-02
B = 3.880896

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	9.38	5.63
STANDART SAPMA	1.11	0.32

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.06

Tablo : 7.11.b

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EKİ ms (X)	DÜSEY EKİ PERYOT (ms) (Y)	FULLE WIDTH PERYOT/2 F/2	REGRESYONLU Y(F)
11.0000	4.4500	2.2250	2.1250
11.5000	4.5000	2.2500	2.2350
12.0000	4.5000	2.2500	2.2400
12.5000	4.5000	2.2500	2.2450
13.0000	4.5000	2.2500	2.2500

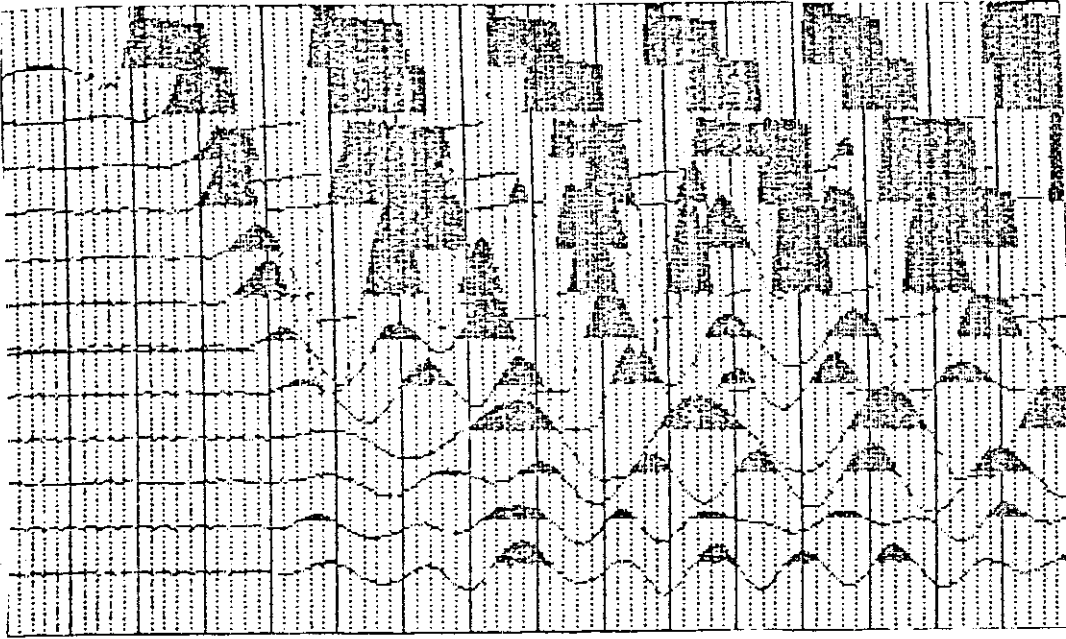
REGRESYON K. SAYILARI

A0= 2.125
A1= 9.958321E-03
B = 29.60457

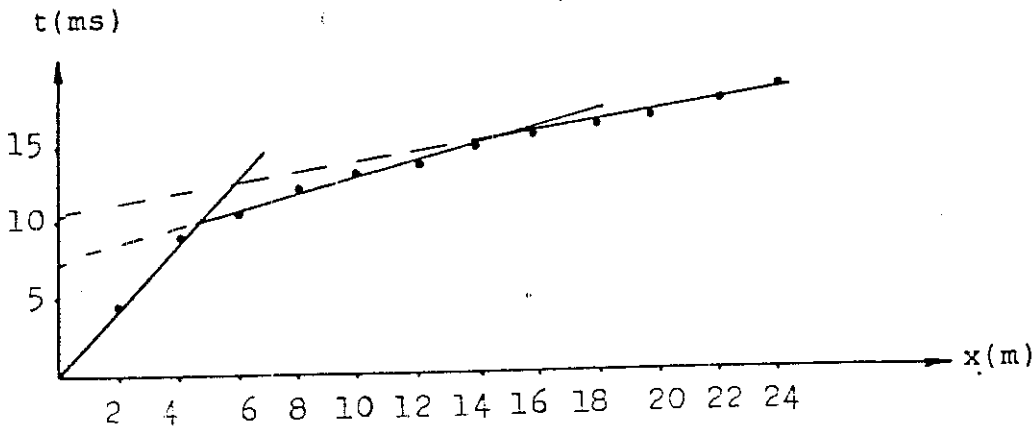
	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	12.00	3.10
STANDART SAPMA	0.79	1.90

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.71

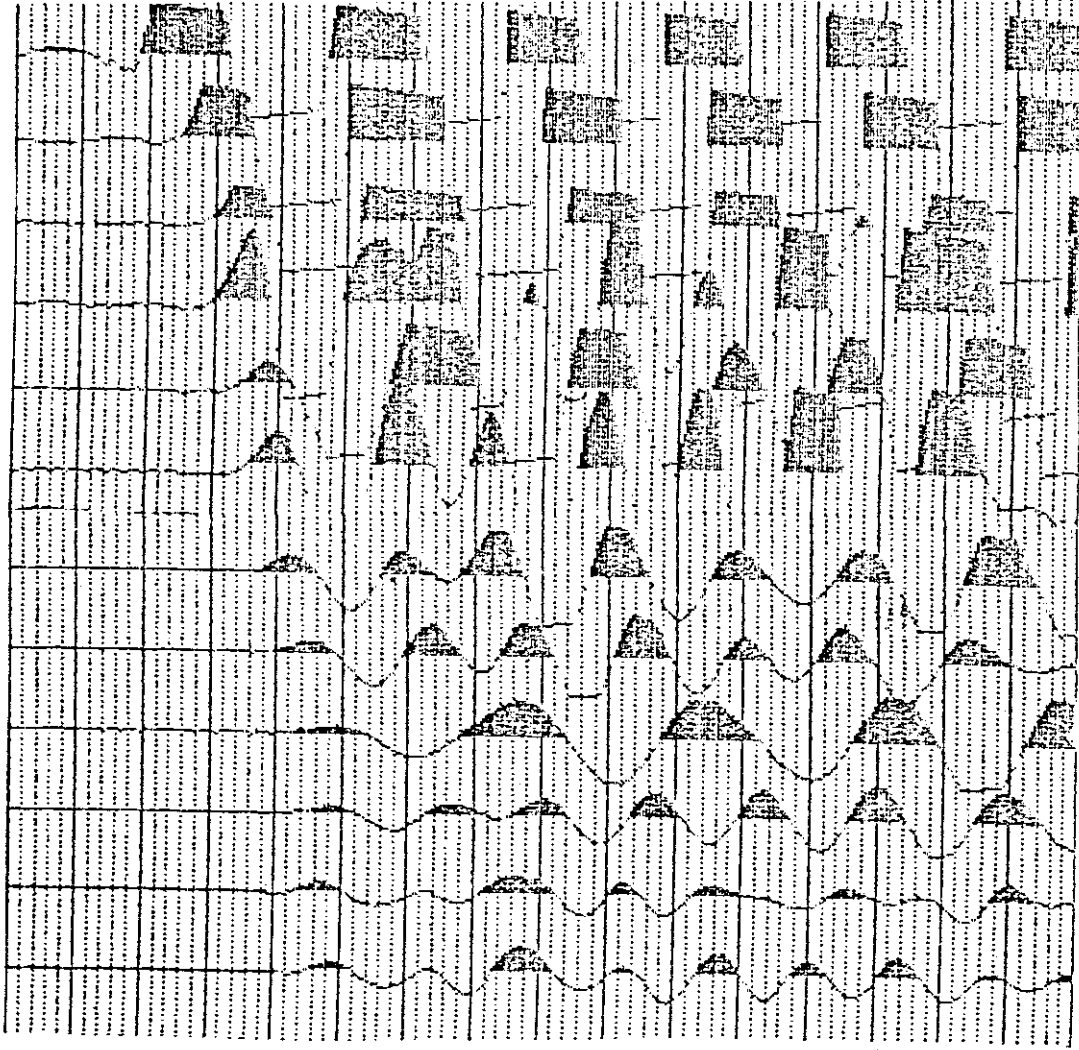
C) Enine (S) Sismik Kırılma Kaydı



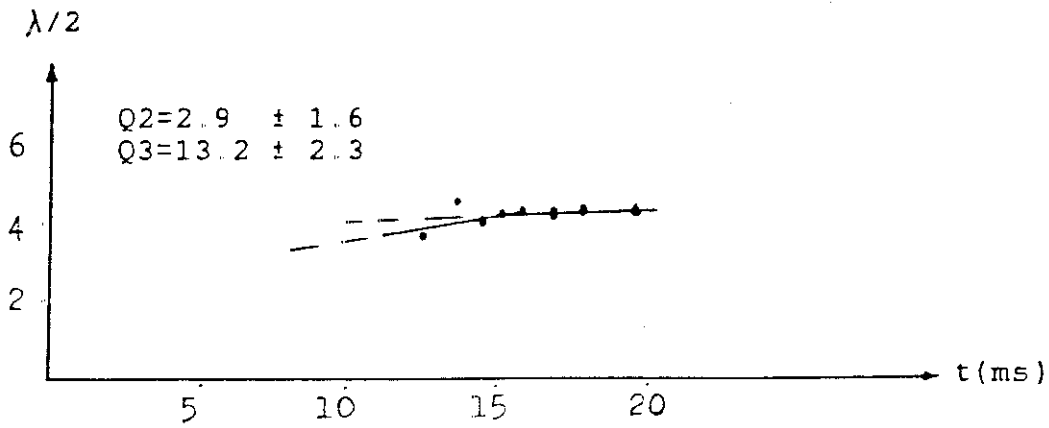
Şekil :7.35 Küçük Söbü Tepe enine (S) sismik kırılma kaydı



Şekil:7.36 (Şekil 7.35) 'e ait yol-zaman grafiği.



Şekil :7.37 Sismik sönüm için alınan enine (S) sismik kırılma kaydı



Şekil :7.38 (Tablo 7.12.a ve b) 'ye ait $\lambda/2$ -t grafiği.

ikinci alınan kayıtların değerlendirilmesi sonucunda görüldüğü gibi kalınlığı çok az olan bir örtü tabakasının altında kireçtaşı yakalanmıştır. Daha altta üçüncü tabaka olarak masif kireç taşı mevcuttur. Bu değerlendirmeler tablo halinde verilmiştir.

Tablo :7.13.

P ve S Sismik Kırılma Kayıtlarından Elde Edilen Elastik Parametreler

	V _p m/sn	V _s m/sn	Q _p	Q _s	γ gr/cm ³	G kg/cm ²	E kg/cm ²	q _u kg/cm ²	q _s kg/cm ²
1.T.	660	440	-	-	1.72	32912	73251	0.75	1.14
2.T.	1670	1335	3.8	2.9	1.93	343969	422941	2.57	3.22
3.T.	4000	2667	29.6	13.2	2.4	1707093	3754990	6.40	9.6

T: Tabaka

Tabloda görüldüğü gibi zemin kalite faktörü, zeminin yoğunluğu, Dinamik kesme modülü, dinamik elastisite modülü ve zeminin taşıma gücü sismik hızlara bağlı olarak değişmektedir.

Tablo :7.12.a.

S Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EĞİME (X)	DÜSEY EĞİME PERİYOT (ms) (Y)	PULSE WIDTH PERİYOT/2 P/2	REGRESYONLU Y(I)
12.0000	8.0000	4.0000	2.5000
13.0000	9.0000	4.5000	4.1000
14.0000	8.0000	4.0000	4.2000
15.0000	9.0000	4.5000	4.3000

REGRESYON İLİŞKİ SAYILARI

$A_0 = 2.500000E$
 $A_1 = 9.575848E-02$
 $\sigma = 2.78004e$

	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	13.50	8.00
STANDART SAPMA	1.29	1.28

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.77

Tablo :7.12.b.

S Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

VATAY EĞİ ME (λ)	LUSE / EĞİ PERYÖT (ms) (γ)	PULSE WIDTH PERYÖT/2 P/2	REGRESYONLU Y(D)
16.0000	8.8000	4.4000	4.0924
16.5000	9.0000	4.5000	4.4509
17.0000	9.0000	4.5000	4.4821
18.0000	9.0000	4.5000	4.4732
19.0000	9.0000	4.5000	4.4957

REGRESYON F. SAĞILARI

$A_0 = 4.092407$
 $A_1 = 2.240753E-02$
 $Q = 13.20985$

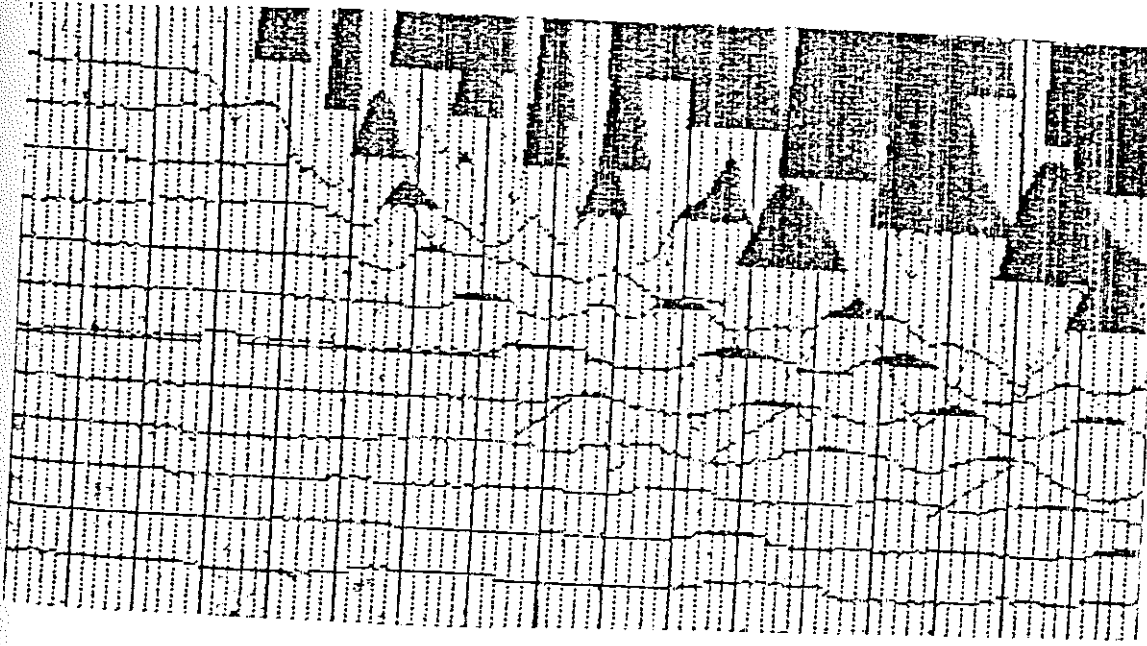
	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	17.30	5.38
STANDART SAPMA	1.20	2.31

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.81

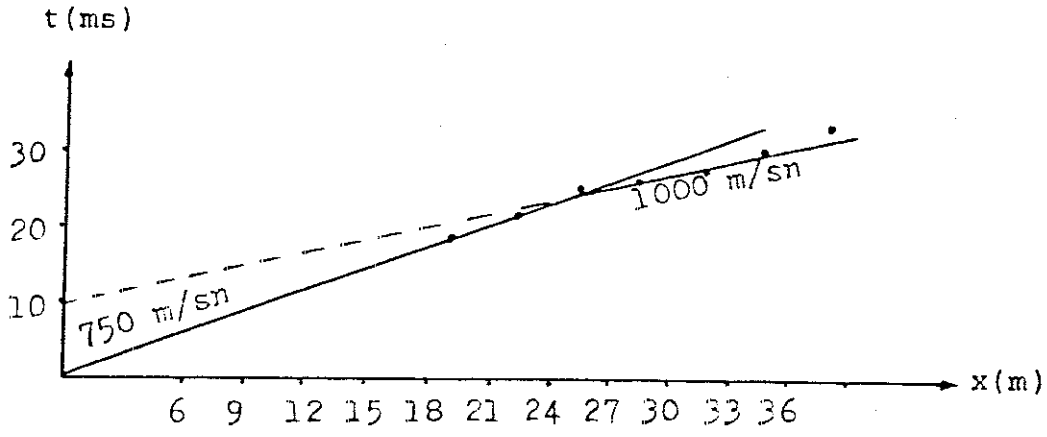
7.5. Kampüs Sahası İçindeki Fakülte Su Sondajının
Yanında Yapılan Sığ Boyuna Sismik Refraksiyon
Çalışması

Bu alan kızılkıрма tepe formasyonu içinde yer alır. Bu formasyon kırmızı renkli şey, kumtaşı, killi kireçtaşı, mikro konglomera içerikli olup yaşlı üst paleosene ait Eosen yaşlıdır.

Burada ofset uzaklığı: 6m, jeofen aralığı, 3 m kayıt uzunluğu: 100 ms ve kullanılan jeofon : 20 Hz dir.

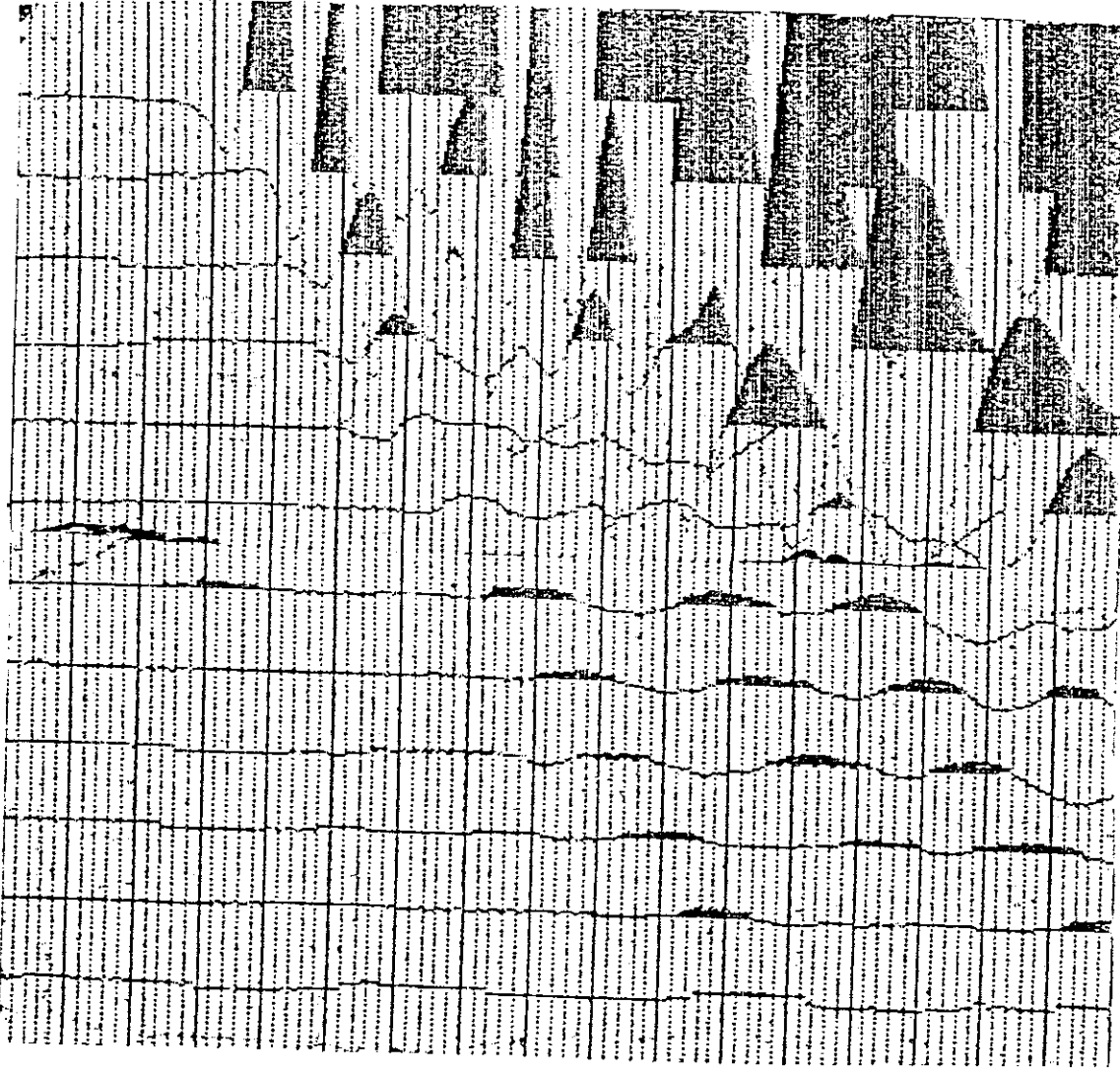


Şekil :7.39 Boyuna sismik refraksiyon kaydı.

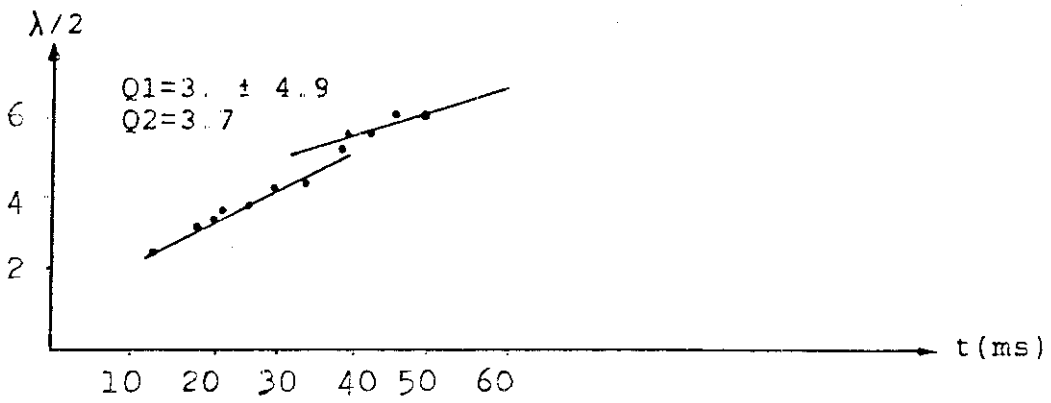


Şekil :7.40 (Şekil 7.49) 'a ait yol- zaman grafiği.

Değerlendirme sonucunda görüldüğü gibi kaydımız yol kenarında alındığı için ilk üç jeofon kayıtları sıhhatli değildir. Daha sonraki jeofon kayıtlarına göre birinci tabaka hızı $V_{p1}=750$ m/sn dir. Bu katman kırmızı renkli şey ardalanmalı zayıf bir zemindedir. İkinci katmanın hızı $V_{p2}=1000$ m/sn dir.



Şekil :7.41. Sismik sönüm kaydı



Şekil:7.42 (tablo 7.14.a ve b) 'ye ait $\lambda/2$ - zaman grafiği

Tablo :7.14.a.

P Sismik kırılma kaydının $t-\lambda/2$ korelasyonu

YATAY ERİ ME (X)	DÜSEY ERİ PERYOT (ms) (Y)	PULSE WIDTH PERYOT/2 F/2	REGRESYONLU Y(D)
12.5000	6.0000	3.0000	2.1448
19.0000	7.0000	3.5000	3.0532
21.0000	7.5000	3.7500	3.5711
22.0000	8.0000	4.0000	3.7213
24.0000	8.0000	4.0000	3.7763
25.0000	9.0000	4.5000	4.0566
33.5000	9.0000	4.5000	4.3219

REGRESYON İ. SAYILARI

A0= 2.144827
A1= 7.506871E-02
R = 3.043054

	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	23.29	5.64
STANDART SAPMA	6.90	4.92

KORELASYON KATSAYISI

0.72

Tablo :7.14.b.

P Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EKİ ms (X)	DÜSEY EKİ PERİYOT (ms) (Y)	PULSE UZUNLUĞU PERİYOT/2 F/2	REGRESYONLU Y(D)
38.0000	11.0000	5.5000	2.7250
38.5000	12.0000	6.0000	5.7427
42.0000	12.0000	6.0000	5.8618
45.0000	13.0000	6.5000	6.0604
49.0000	13.0000	6.5000	4.2986

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 2.725037
A1= 7.941244E-02
B = 3.727375

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	42.70	9.70
STANDART SAPMA	4.41	3.28

KORELASYON KATSAYISI

0.82

7.6. Bağkur Evleri Önünde Alınan Boyuna (P) ve Enine (S)
Sismik Kırılma Kayıtları

A) Boyuna (P) Sismik Kırılma Kaydı

Kayıt Uzunluğu :100 ms.

Ofset Uzunluğu :3 m.

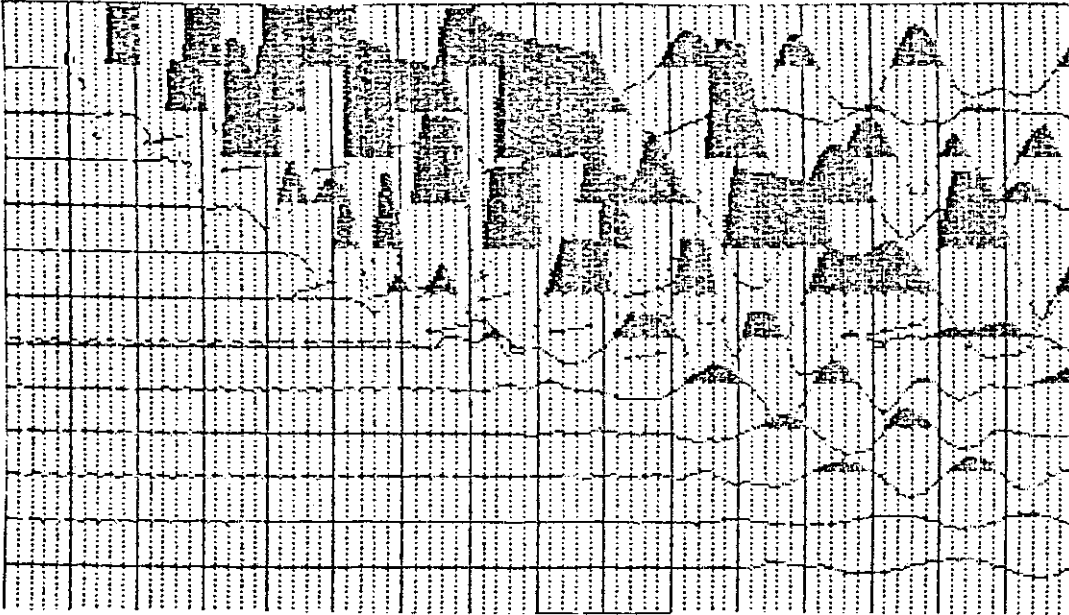
Jeofon Aralığı :3 m.

Trace Size :2

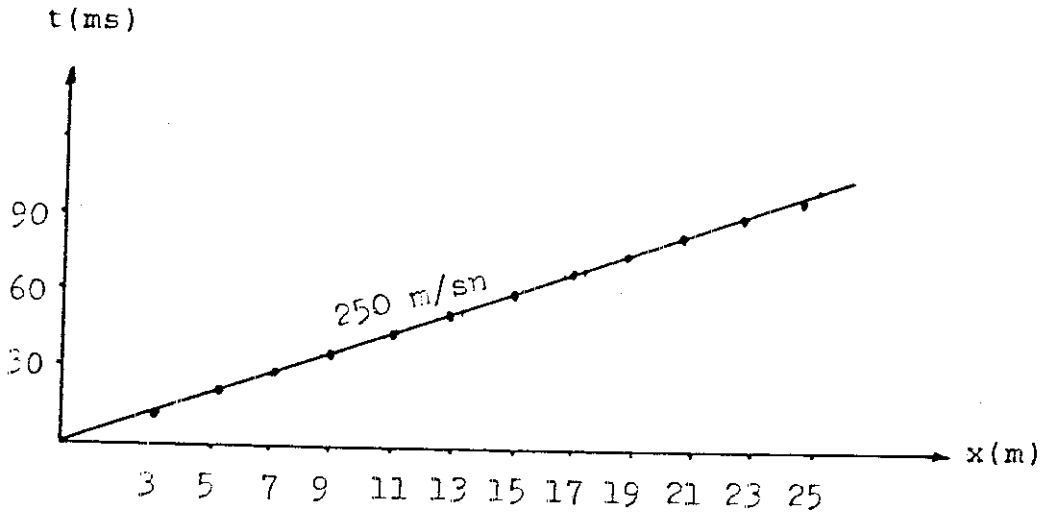
Gain :30 dB

Kullanılan jeofon:P:40 Hz., S:20 Hz.

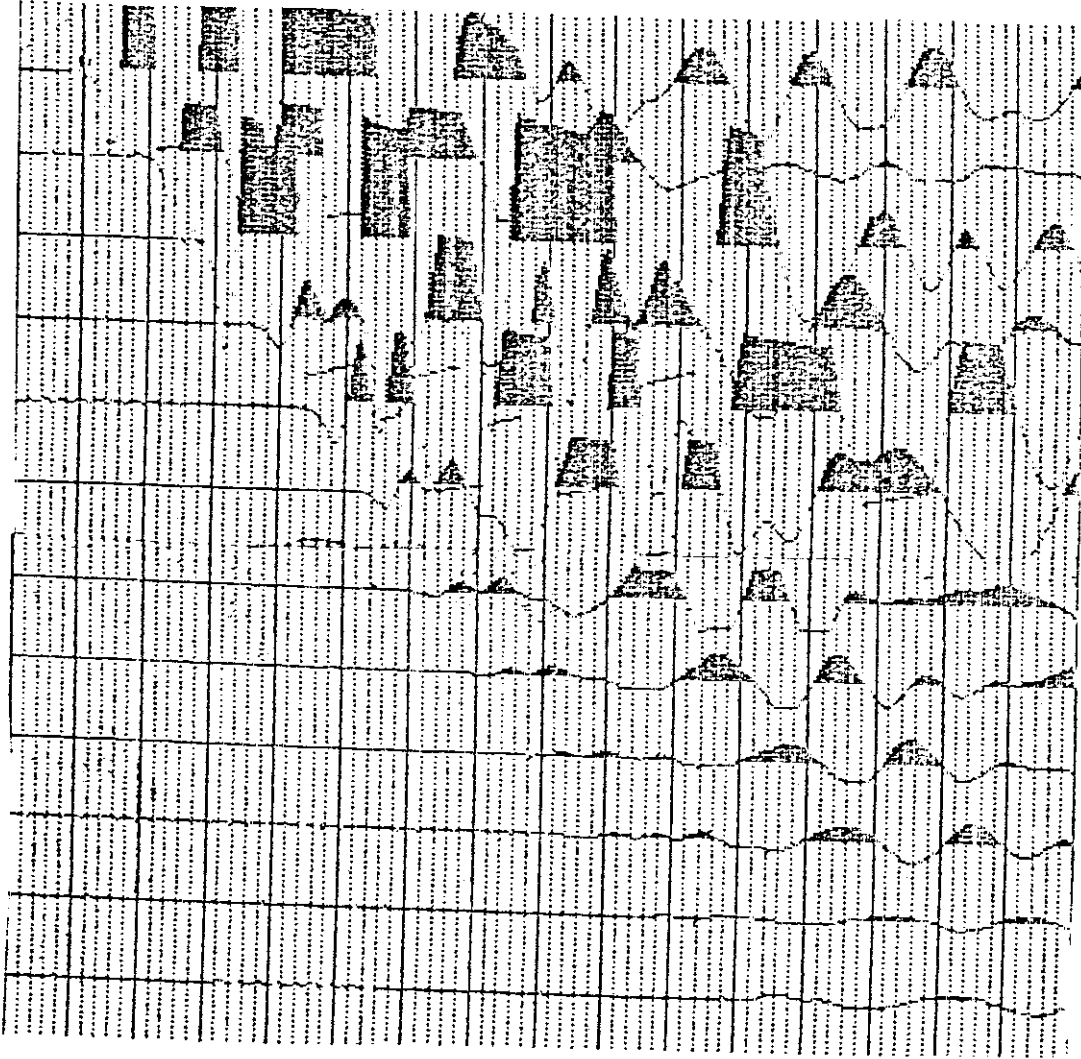
Allpass Filtre



Şekil:7.43 Bağkur Evleri önünde alınan boyuna (P)
sismik kaydı.

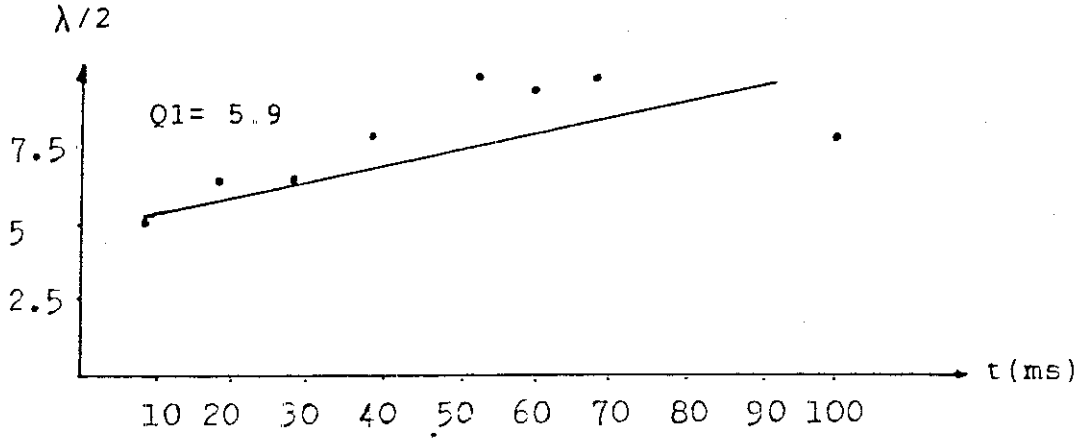


Şekil:7.44 (Şekil:- 7.43) 'e ait kaydın yol-zaman grafiği.



Şekil:7.45 Sismik sönüm için alınan boyuna (P) Sismik kırılma kaydı.

Buradan okunan veriler (tablo 7.15)'te verilmiştir.

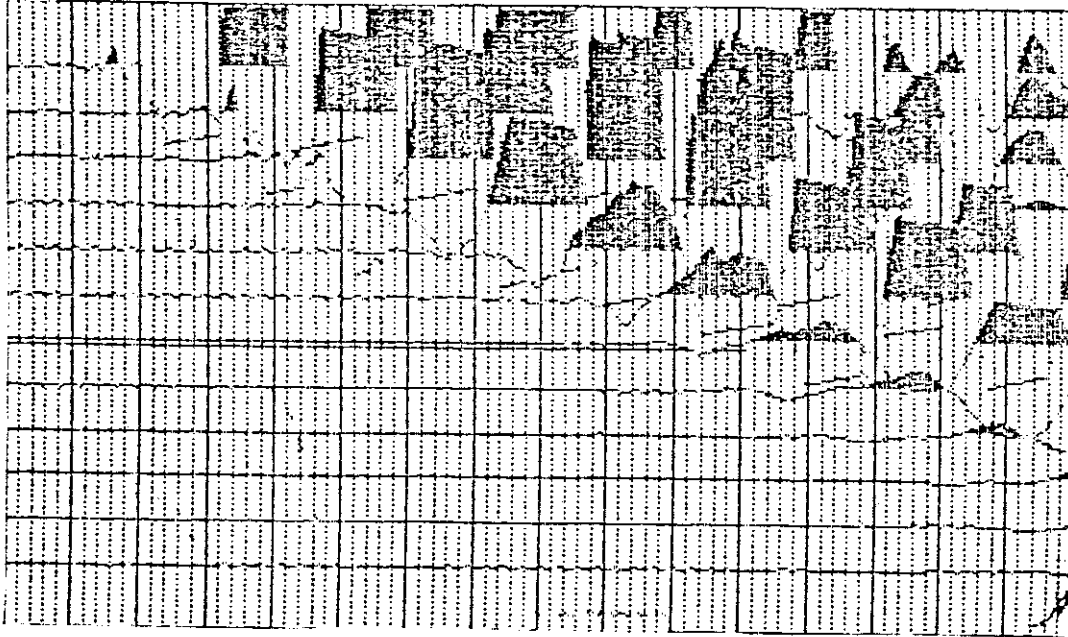


Şekil:7.46 (Tablo 7.15) 'deki kayda ait $\lambda/2$ -t grafiği.

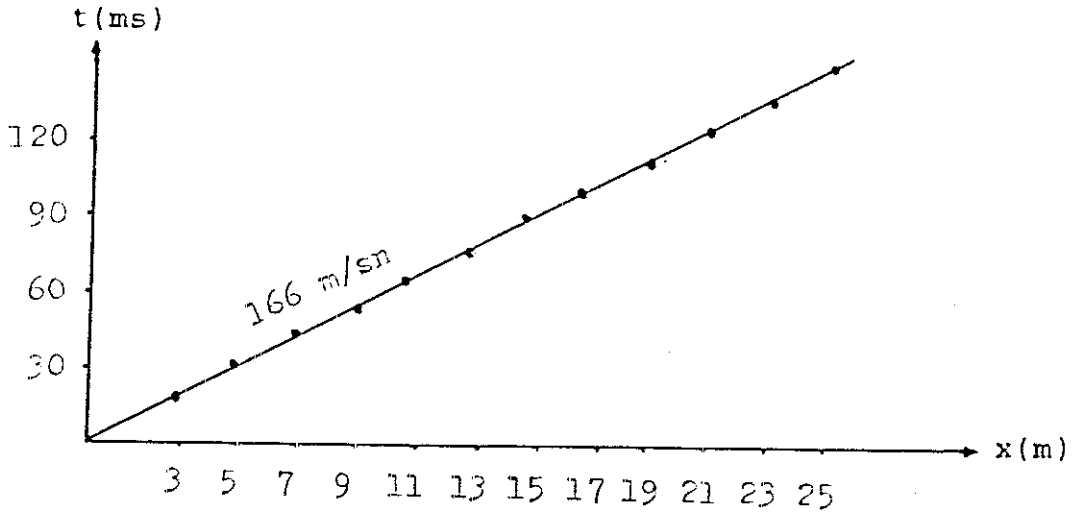
B) Enine (S) Sismik Kırılma Kaydı

Kayıt Uzunluğu :200 ms. Ofset uzunluğu :3 m.

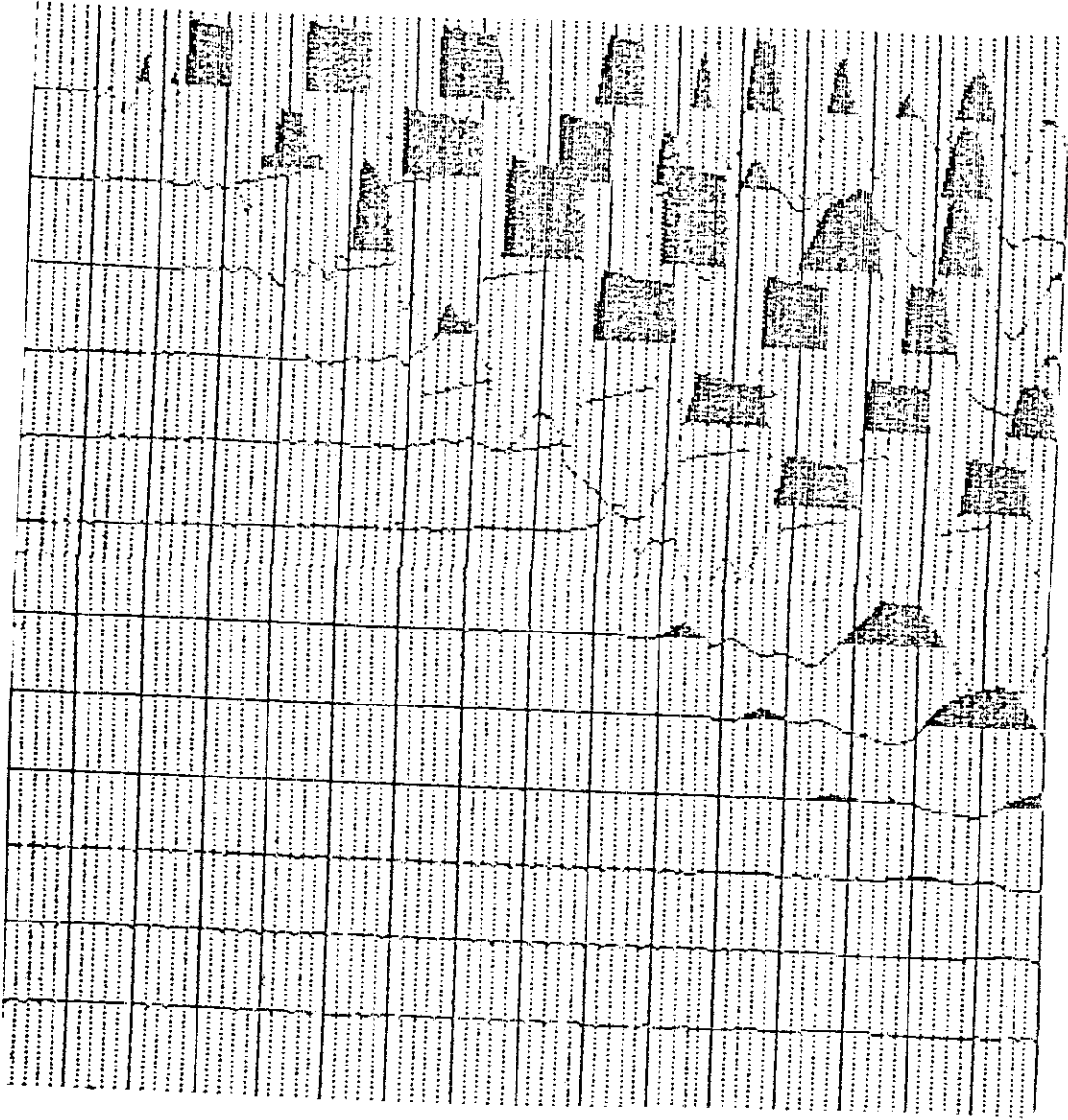
Jeofon Aralığı :3 m. Gain :36 dB.



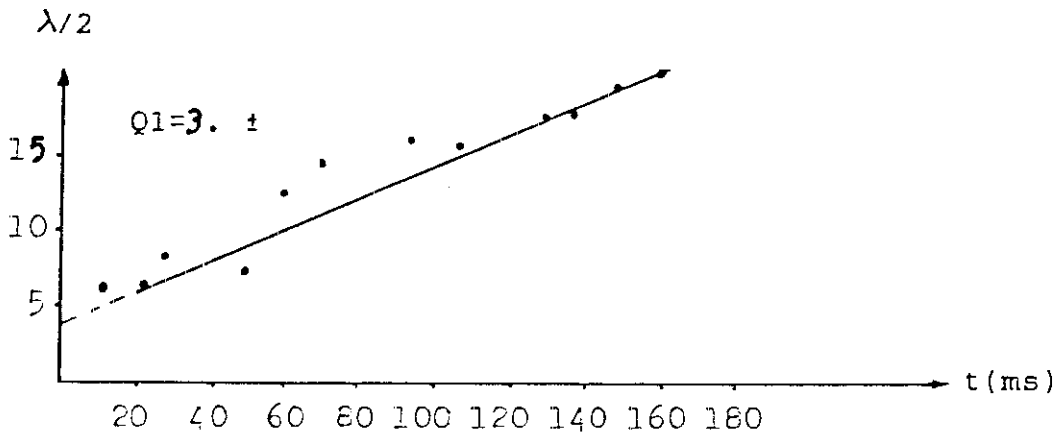
Şekil:7.47 Bağkur Evleri önünde alınan enine (S) sismik kırılma kaydı.



Şekil:7.48 (Şekil 7.47)'deki enine sismik kırılma kaydının yol-zaman grafiği.



Şekil:7.50 Sismik sönüm için alınan enine (S) sismik kırılma kaydı.



Şekil:7.51 (Tablo 7.16)'ya ait $\lambda/2-t$ grafiği.

Tablo:7.17.

P ve S Sismik Kırılma Kayıtlarından Elde edilen Elastik Parametreler

	Vp m/sn	Vs m/sn	Qp	Qs	gr/cm ³	G kg/cm ²	E kg/cm ²	q _u kg/cm ²	q _s kg/cm
T.	250	165	5.9	3	1.66	4574	10115	0.41	0.27

T: Tabaka

Bölgenin en genç birimi olan alüvyon üzerinde alınan sığ boyuna ve enine sismik kayıtların değerlendirilmesi sonucu yukarıdaki tablo elde edilmiştir.

Tablo :7.15.

P Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAK Eİ mB (X)	DÜŞEY Eİ PERYOT (ms) (Y)	FULLE WİDTH PERYOT/2 F/2	REGRESYONLU YAT:
8.0000	10.0000	5.0000	5.5894
18.0000	13.0000	6.5000	5.9846
28.0000	13.0000	6.5000	6.4789
38.0000	16.0000	8.0000	6.9727
44.0000	10.0000	5.0000	7.3670
52.0000	20.0000	10.0000	7.7613
60.0000	15.0000	7.5000	8.2048
69.0000	20.0000	10.0000	8.5525
78.0000	22.0000	11.0000	8.9969
84.0000	24.0000	12.0000	9.4413
100.0000	16.0000	8.0000	9.7376
107.0000	19.0000	9.5000	10.5277

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 5.589554
A1= 4.938185E-02
Q = 5.994105

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	57.25	12.17
STANDART SAPMA	32.00	13.52

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.61

Tablo :7.16.

S Sismik kırılma kaydının t- $\lambda/2$ korelasyonu

YATAY EKİ ms (X)	DÜSEY EKİ PERİYOT (ms) (Y)	PULSE WIDTH PERİYOT *2 P *2	REGRESYONLILIK YI
11.0000	14.0000	7.0000	5.8265
23.0000	14.0000	7.0000	6.8957
30.0000	18.0000	9.0000	7.9654
50.0000	15.0000	7.5000	8.7431
59.0000	24.0000	13.0000	10.6975
70.0000	30.0000	15.0000	11.5655
94.0000	33.0000	16.5000	12.6320
108.0000	32.0000	16.0000	14.9653
124.0000	37.0000	18.5000	14.3064
139.0000	34.0000	18.0000	17.8819
148.0000	40.0000	20.0000	19.2430
150.0000	42.0000	21.0000	20.2152

REGRESYON K. SAYILARI

$A_0 = 5.826508$
 $A_1 = 5.722081E-02$
 $Q = 3.044e16$

	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	151.17	18.96
STANDART SAPMA	212.82	19.80

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.05

TARTIŞMA

Bu çalışmada tablo (7.17) 'de görüldüğü gibi değişik jeolojik birimler üzerinde alınan sismik boyuna ve enine kırılma kayıtları değerlendirilerek ortamların elastik parametreleri, zeminin hakim titreşim periyodu, sismik aküstik empedans ve zemin kalite faktörleri (Q_p ve Q_s) tesbit edilmiştir.

Mühendislik jeolojisinde kayaşların Q kalite faktörü tesbit edilebilmektedir. Mühendislik jeofiziği yardımıyla hem kayaçların hem de zeminlerin Q kalite faktörü tesbit edilebilmiştir. Mühendislik jeolojisi yardımıyla hesaplanan Q kalite faktörünün uzun zaman alması ve maliyetinin yüksek olması mühendislik yapılarının inşasında önemli olan zeminlerin kalite faktörünün tesbiti ancak mühendislik jeofiziği yöntemleriyle olması mühendislik jeofizinin öneminin arttırmaktadır.

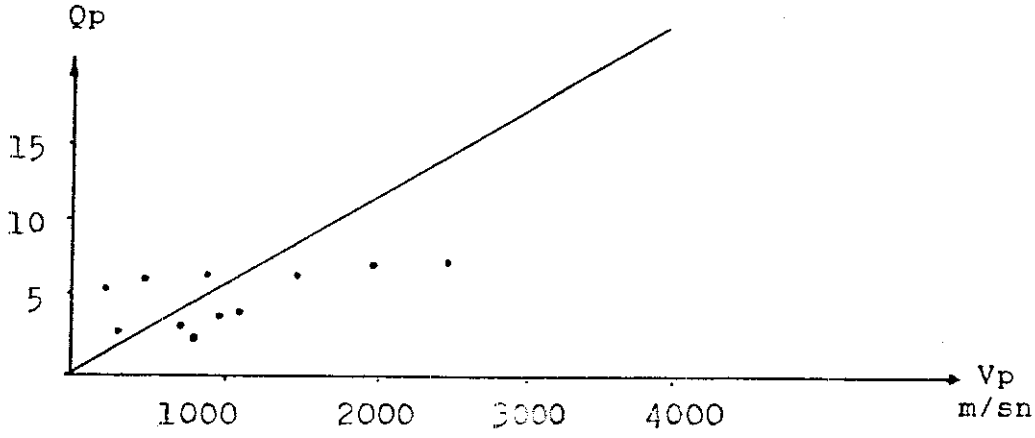
Q kalite faktörünün frekans ve sismik enerji sönümüne bağlı olması Q kalite faktörünün diğer elastik parametrelere göre daha duyarlı olduğunu gösterir. Bunun için uygulamada sismik boyuna (P) veya enine (S) kırılma kayıtlarından her hangi biri yardımıyla elde edilen Q kalite faktörü uygulamada kullanılabilir.

Mühendislik yapılarının projelerinde çok önemli olan bu parametreler deprem bölgelerinde hayati önem tanır. Özellikle dinamik kayma modülü yalnız ortamın yoğunluğuna ve sismik enine dalga hızına bağlı olduğu için önemi daha büyüktür. Depremlerde en büyük hasar yapan enine dalga yayılımıdır. Bunun için bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasında bir ilişki olup olmadığı tesbit edilmeye çalışılmıştır ve Q_p-V_p , Q_s-V_s , Q_s-G , Q_s-E ve Q_p-Q_s parametrelerinin (şekil:7.51; şekil:7.52; şekil:7.53; şekil:7.54; şekil 7.55) 'de grafikleri çizilmiştir.

Tablo : 7.17

Tabakaların sismik hızlarına bağlı olarak elastik parametrelerin değişimi

Ortam	Tabaka	Vp (m/s)	Vs (m/s)	n (m)	ρ (gr/cm ³)	Qp	Qs	G (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	Sl	To (s)
K. Söbü	1	660	440	0.24	1.72	-	-	32912	73251	0.1	0.75	1.14	0.0021
	2	1670	1335	6.24	1.93	3.8	2.9	343969	422941	-0.38	2.57	3.22	0.018
	3	4000	2667	50	2.4	29.6	13.2	1707093	3754990	0.09	6.40	9.6	0.07
Kam. Önü	1	333	230	2.2	1.66	2.6	1.5	8781	18332	0.044	0.38	0.55	0.038
	2	1140	800	50	1.82	4.3	3.8	116480	236421	0.015	1.45	2.07	0.25
Bağkur	1	250	165	50	1.66	5.9	3	4574	10115	0.23	0.27	0.41	1.20
	2	1000	666	50	1.8	1	1.5	79840	175877	0.1	0.57	0.85	0.02
Su Sond.	1	750	500	8.5	1.75	3.09	3.7	18851	41526	0.1	1.2	1.88	0.29
	2	1000	666	50	1.8	1	1.5	79840	175877	0.1	1.2	1.88	0.29
1. Plk. Krç	1	860	566	2.1	1.77	1.5	1.5	18851	41526	0.1	0.57	0.85	0.02
	2	1500	1000	50	1.9	6.36	1.5	79840	175877	0.1	1.2	1.88	0.29
2. Plk. Krç	1	895	566	5.7	1.78	6.7	7.2	18851	41526	0.1	0.57	0.85	0.02
	2	2500	1667	50	2.1	7.2	7.2	79840	175877	0.1	1.2	1.88	0.29
Andezit	1	780	500	2.1	1.73	2.4	2.4	18851	41526	0.1	0.57	0.85	0.02
	2	2000	1333	50	2.0	7.9	7.9	79840	175877	0.1	1.2	1.88	0.29
Söbü	1	2000	1333	50	2.0	7.9	7.9	79840	175877	0.1	1.2	1.88	0.29

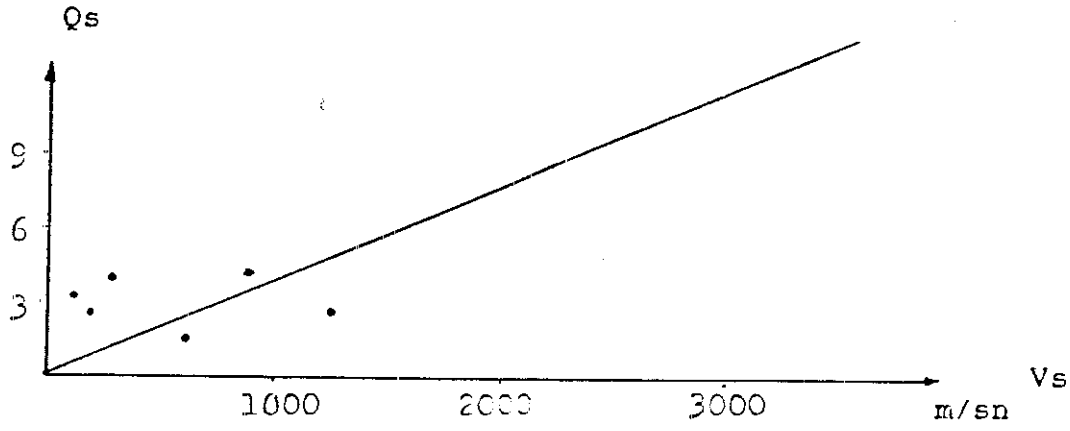


Şekil :7.51. (Tablo 7.18) 'e ait Qp-Vp grafiği.

Şekil 7.51'de görüldüğü gibi Qp-Vp arasında lineer olarak değişen bir ampirik bağıntı bulunmuştur.

Bu ampirik bağıntı;

$$Q_p = 0.0567 \cdot V_p \text{ dir.} \quad (7.1)$$



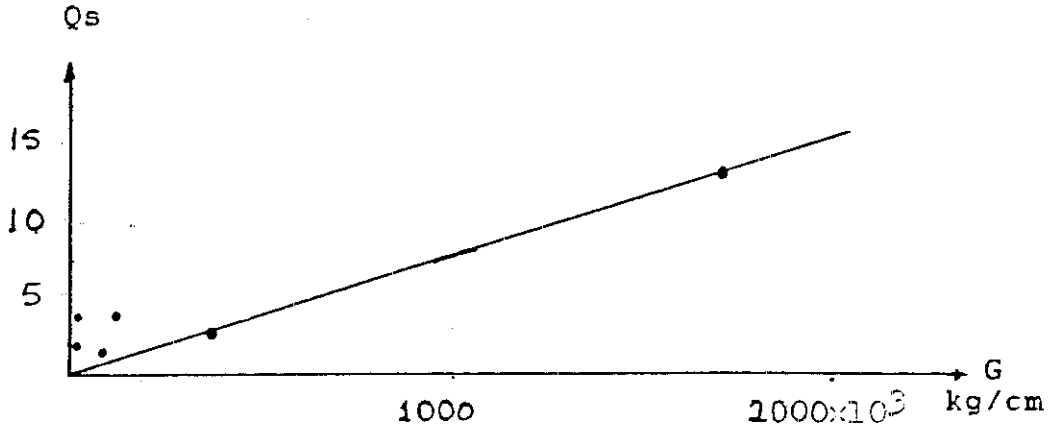
Şekil: 7.52. (Tablo 7.19) 'a ait Qs-Vs grafiği.

Şekil 7.52'de görüldüğü gibi regresyonlu enine dalga hızı ile Qs arasında ampirik bir bağıntı bulunmuştur.

Burada korelasyon katsayısı 0.96 dir.

Bu ampirik bağıntı;

$$Q_s = 0.00388 \cdot V_s \text{ dir.} \quad (7.2)$$



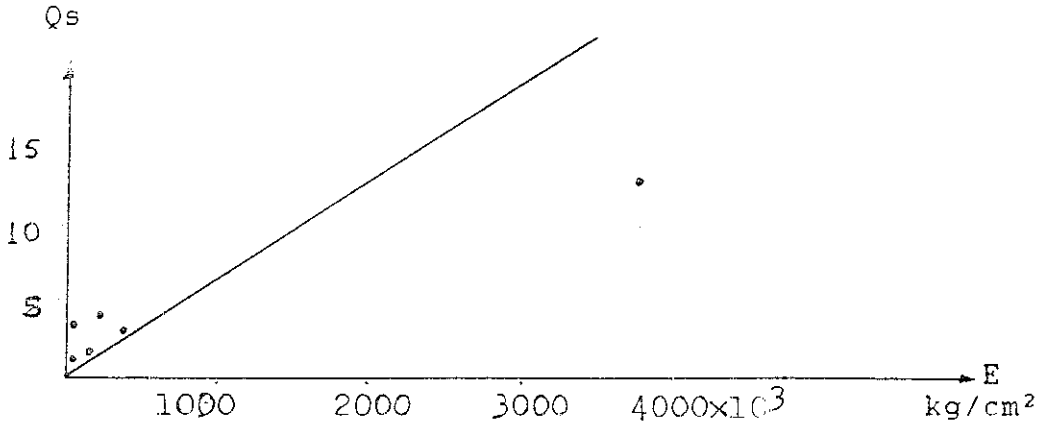
Şekil: 7.53. (Tablo 7.20) 'ye ait Qs-G grafiği.

Şekil 7.53 de görüldüğü gibi dinamik kayma modülü ile Qs arasında ampirik olarak $Q_s = 6.28 \cdot 10^{-6} \cdot G$ ilişkisi kurulmuştur. Burada regresyon katsayısı 0.98 bulunmuştur.

Şekil 7.52 ve 7.53 de regresyon katsayılarının bire yakın olması bu parametrelerin önemini arttırmaktadır. Uygulamada dinamik kayma modülü ortamın yoğunluğuna ve sismik enine dalga hızına bağlıdır. Hayati bir önem taşıyan dinamik kayma modülünde ortamın enine dalga hızından hesaplanan Qs kalite faktöründe kullanılabilir. Burada ampirik olarak;

$$Q_s = 6.28 \cdot 10^{-6} \cdot G \text{ dir.} \quad (7.3)$$

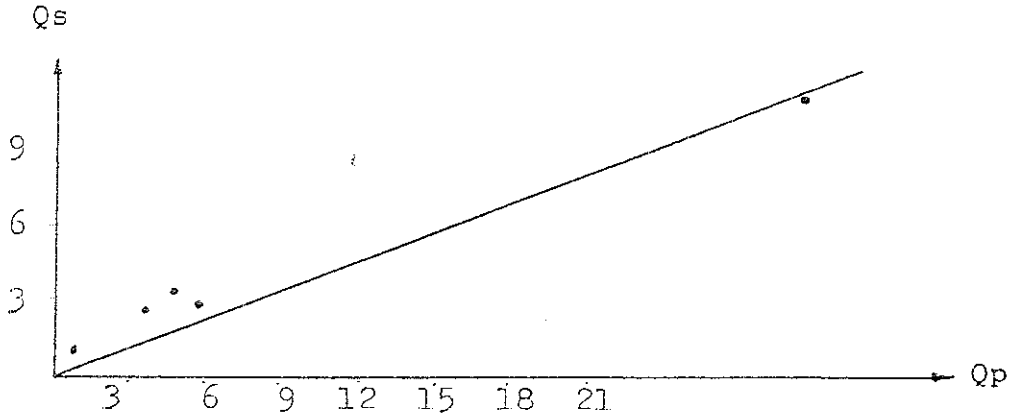
Dinamik kesme modülünün belirlenmesinde bu ifade daha sıhhatli olabilir.



Şekil: 7.54. (Tablo 7.21) 'e ait Qs-E grafiği.

Burada zemin kalite faktörü Qs ile elastisite modülü E arasında ampirik olarak;

$$Q_s = 2.8 \times 10^{-6} * E \text{ ilişkisi bulunmuştur. (7.4)}$$



Şekil: 7.55. (Tablo 7.22) 'ye ait Qs-Qp grafiği.

Burada zemin kalite faktörü Qs ile Qp arasında ampirik olarak;

$$Q_s = 0.409 * Q_p \text{ ilişkisi bulunmuştur. (7.5)}$$

Tablo : 7.18

Vp-Qp Korelasyonu

YATAY EKI HIZ (m/er) : (+)	DÜSEY EKI REGRESYONLU VERİ	
	Qp (Y)	Qp Y(1)
150,00	5,50	0,87
313,00	2,60	0,54
500,00	6,50	1,02
750,00	3,10	1,96
780,00	2,40	3,38
840,00	1,50	3,80
910,00	6,50	4,11
1000,00	3,70	4,20
1119,00	4,70	4,80
1190,00	6,16	5,59
1270,00	3,80	7,64
2000,00	3,15	8,60
2500,00	1,15	10,47
3000,00	21,00	13,31

REGRESYON FONKSİYONU

Qp = 0,00743324

R² = 5,417707E-03

	X	Y
ARİTHMETİK ORTALAMA	1294,43	4,80
STANDART SAPMA	1004,63	0,31

KORRELASYON KATSAYISI

0,77

Tablo :7.19
Vs-Qs Korelasyonu

YATAK EK HIZ (m/sn) (Y)	DUSEY EK Qs (Y)	REGRESYONLU VERI Qs Y(I)
166.00	3.04	0.97
230.00	2.60	1.61
333.00	3.80	1.86
666.00	1.50	2.26
800.00	3.80	3.55
1335.00	2.90	4.07
2667.00	13.20	6.15

REGRESYON FONKSİYONLARI

$$A0 = .9594462$$

$$A1 = 3.881536E-03$$

	X	Y
ARITMETİK ORTALAMA	885.29	4.20
STANDART SAPMA	883.54	0.54

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.95

Tablo :7.20
Qs-G Korelasyonu

YATAY EK G (Kg/cm ²) (X)	DUSEY EK Qs (Y)	REGRESYONLU VERI Qs Y(I)
4574	3	2.20
8781	2	2.23
18851	4	2.25
79840	2	2.31
116480	4	2.70
348569	2	2.93
1707093	17	4.36

REGRESYON H. SAYILARI

AO= 2.178126

AI= 6.104347E-06

	X	Y
ARITMETİK ORTALAMA	325655	4.01
STATİSTİK SARIHA	620553	1.02

KORELASYON KATSAYISI

0.98

Tablo :7.21

Qs-E Korelasyonu

YATAY EK E (Kg=02) (X)	DUSEY EK Qs (Y)	REGRESYONLU VERI Qs Y (I)
10115	3.00	2.33
15332	1.50	2.34
41534	3.80	2.38
175577	1.50	2.45
231421	3.50	2.53
433741	2.50	3.01
1734100	13.20	3.54

REGRESYON K. DEĞİRLERİ

a0= 2.32252

a1= 2.075347E-02

DİSTRİBÜTİF ÖZELLİKLERİ

STANDART SAPMA

	X	Y
1734100	13.20	3.54
1770200	1.96	

KORELASYON KATSAYISI

0.99

Tablo :7.22
Qs-Qp Korelasyonu

YATAY EK Qp (X)	DÜSEY EK Qs (Y)	REGRESYONLU VERİ Qs Y(I)
1.00	1.50	1.10
2.40	1.50	1.51
3.80	2.90	2.14
4.20	3.80	2.65
5.90	3.00	2.86
29.60	13.20	3.51

REGRESYON K. SAYILARI

A0= 1.098268
A1= .4091185

	X	Y
ARİTMETİK ORTALAMA	7.87	3.52
STANDART SAPMA	10.77	5.54

	X - Y
KORELASYON KATSAYISI	0.95

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mühendislik jeofiziğinde yeni konulardan biri olan Q kalite faktörü sığ boyuna ve enine sismik kırılma (refraksiyon) kayıtlarından faydalanarak tesbit edilmiştir.

Çalışma yapılan tüm birimlerin sismik hızları (V_p, V_s), Q kalite faktörleri (Q_p, Q_s) Dinamik kesme modülü (G), Dinamik Elastisite modülü (E), zemin emniyet gerilmesi q_u , zemin taşıma gücü q_s , zeminin hakim titreşim periyodu (T_0) ve sismik aküstik empedans (S) tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak:

1. Mühendislik jeolojisinde kayaçların Q kalite faktörü tesbit edilir. Mühendislik jeofiziği yardımıyla hem kayaçların hemde toprak zeminlerin kalite faktörü tesbit edilebilmiştir.

2. Mühendislik jeolojisi yöntemiyle hesaplanan Q kalite faktörünün maliyeti çok yüksektir ve çok zaman alıcıdır. Mühendislik jeofiziği yardımıyla hesaplanan Q kalite faktörünün maliyeti düşük ve pratik bir yöntemdir.

3. Mühendislik yapılarının inşasında önemli olan zeminlerin Q kalite faktörü mühendislik jeofiziği yöntemleriyle de tesbit edilebilir.

4. Zemin kalite faktörü Q_p ile boyuna sismik kırılma hızı V_p arasında lineer olarak değişen ampirik bir bağıntı bulunmuştur.

5. Zemin kalite faktörü Q_s ile enine sismik kırılma hızı V_s arasında $Q_s = 0.00388 * V_s$ gibi ampirik olarak ifade edilen lineer bir ilişki vardır

6. Zemin kalite faktörü Q_s ile dinamik kesme modülü G arasında $Q_s = 6.28 * 10^{-6} * G$ ile ifade edilen ampirik bir ilişki vardır.

7. Dinamik kesme modülünde ortamın yoğunluğu ve enine sismik hız önemli olduğu için burada zemin kalite faktörü kullanılabilir. Çünkü Q_s ortamın enine sismik hızına bağlıdır.

8. Zemin kalite faktörü Q_s ile elastisite modülü E arasında ampirik olarak $Q_s = 2.8 * 10^{-6} * E$ gibi bir ilişki vardır

9. Zemin kalite faktörü Q_p ile Q_s arasında ampirik olarak $Q_s = 0.409 * Q_p$ gibi bir ilişki vardır.

10. Bu çalışma mühendislik jeolojisi yardımı ile hesaplanan Q kalite faktörü gibi sismik kırılma yöntemiyle hesaplanan Q_p -s kalite faktörünün kullanılabileceğini göstermiştir.

11. Q kalite faktörünün duyarlılığı nedeni ile (bir dalga türü) sismik boyuna (P) veya enine (S) kırılma kaydından bulunarak kullanılabilir.

Bu özellikler nedeniyle sismik yöntemle tesbit edilen Q kalite faktörü çalışmalarımızda tercih nedeni olmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1 Badri, M., ve Modney, H.N., 1987, Q measurements From Compressional Seismic Waves in Unconsolidated Sediments, Geophysics, V:52, no:6, p:772-784
- 2 Barton, N., Lien, R., and Lunde, J., 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Desing of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol: 6, no:4, pp:183-236. Springer Verlag.
- 3 Blair, D.P., and Spathis, A.T., 1984, Seismic Source Influence in Pulse Attenuation Studies, J. Geophys. Res., V:89: 9253-9258
- 4 Bolt, B.A., 1982, Inside the Earth Freeman, San Francisco.
- 5 Braciac, Z., and Janjic, M., 1978, Engineering Geological Maps of Seismic Regions, Bulletin of the International Association of Engineering Gedog, No:18, pp:27-32
- 6 Büyüksıkoglu, S., 1982, Sismoloji, İTÖ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisligi, S:70, Istanbul
- 7 Deere, D.O., Merrit, A.H., Cording, E.S., 1974, Engineering Geology and Underground Structure proceeding of the 2. nd. Int. Cong. of the IAEG, Sao Paulo, Brezilya
- 8 Dobrin, M.B., 1982, Introduction to Geophysical Prospect
- 9 Geospace Report., 1986, Velocity Dedectors for a Variety of Applications
- 10 Gladwin, M.T., and Stacey, F.D., 1974, Anelastic Degradation of Acoustic Pulses in Rock, Phys. Earth Planet, Int., 8, 322-336
- 11 Hatherly, P. J., 1986, Attenuation Measurements on Shalkow Seismic Refraction Data, Geophysics, Vol:51, no:2, p:250-254
- 12 Hizmetli, I., 1990, Mühendislik Jeofizigi Bitirme Tezi Akdeniz Universitesi, Isparta Müh. Fak., S:45 Isparta

- 13 Imai, T., and Yoshimura, M., 1976, The Relation of Mechanical Properties of Soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan, Oyo Corparotion
- 14 Jonston, D.H., Tosöz, N, M., ve Timur, A., 1979, Attenuation of Seismic Waves in Dry and Saturatated Rocks, Geophysics, V:44,p:691-711
- 15 Jongmans, D.L., 1990, In-Situ Attenuation Measurement in Soils, Engineering Geology, no:29, p:99-118
- 16 Kamacı, Z., 1987, Kayacların Elastik Özelliklerinin Sönümle Tanınması, Doktora Semineri, 1, A.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- 17 Kamacı, Z., 1991, Zemin Özelliklerinin Saptanmasında P-SV Dönüşüm Sismik Dalgaların (Convertet Waves) Elde Edilmesi İçin Yeni Bir Yöntem, Doktora Tezi, S:322, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- 18 Kanai, K., 1983, Engineering Sismology, S:110, Tokyo
- 19 Karaman, M.E., ve Diğerleri, 1988, Çunur-Isparta Dolaylarında Kretase-Tersiyer Gacisi, Akdeniz Üniversitesi, Isparta Muh. Fak. Dergisi, S:4, p:90-98, Isparta
- 20 Keceli, D.A., 1990, Sismik Yöntemlerle MUSAADE Edilebilir Dinamik Zemin Tasıma Kapasitesi ve Oturmanın Saptanması, Jeofizik, Cilt:4, S:2, S:85-92
- 21 Kjartanson, F., 1979, Constant Q-Wave Propagation and Attenuation, J. Geophys Res., 84, 4737-4748
- 22 Mutluturk, M., 1989, Trapzon Erzurum Karayolu Kağıdağı 1 ve Kağıdağı 2 Tünel Geçerhahları Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik İncelemesi Doktora Tezi, S:256, A.U.Fen Bil. Ens., Isparta
- 23 Newman, P.J., and Worthington, M.H., 1982, In-Situ Investigation of Seismic Body Wave Attenuation in Heterogenous Media, Geophys, Prospect., no:377-400
- 24 Pracla-Seismos Report., 1986, Shear Wave Seismic, Pracla-Seismos Company, Germany
- 25 Tanif, P., and Bourbie, T., 1987, Experimental Comparison Between Spektral Ration and Rise -time Techniques for Attenuation Measurement, Geophys., Prospect., 35: 668-680

- 26 Trappe, H., 1988, Seismic Attenuation in the Vicinity of geothermal anomaly at Urach Obtained From Near-Vertical Refraction profiles, Geophysics Properties, 36: 149-166
- 27 Türker, A.E., 1988, Zemin Tasıma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanması, Doktora Tezi, S:205, A.Ü Fen Bil. Ens., Isparta

TEŞEKKÜR

Böyle bir konunun belirlenmesinde incelenip araştırılmasında yardımlarını esirgemeyen ve yeni konulara yönlendirerek bir yüksek lisans tezi hazırlamama yardımcı olan değerli hocam sayın Prof. Dr. D. Ali Keçeli'ye şükranlarımı ve saygılarımı sunmayı bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanmasında her fedakarlığa katlanan ve bana rehberlik yapan hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Züheyr Kamacı'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında yardımcı olan diğer arkadaşlarım Murat Çiftlikçi, Altay Erbulak, Hüseyin Çelik'e, iş arkadaşım Ayhan Baran'a, Recep Erciyaslıoğlu'na ve Bilgisayar çıktı düzenlemesini yapan Hizmet-Bim'e teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Burdur ili Akyayla köyünde 3 Mayıs 1968'de doğmuş. İlk öğrenimini Akyayla köyü ilkokulunda, orta öğrenimini Burdur Lisesi Orta bölümünde, lise öğrenimini Burdur Endüstri Meslek Lisesinde tamamlamıştır. 1984-1985 öğretim yılında İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. Prof. Dr. Muzaffer SANVER yönetiminde "Aeromanyetik Haritaların Değerlendirilmesi" konusunda hazırladığı diploma tezi ile Haziran 1989 döneminde İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünden iyi derece ile jeofizik mühendisi ünvanı ile mezun olmuştur. 1989-1990 öğretim yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı Jeofizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans kazanmasına rağmen özel nedenlerinden dolayı devam edememiştir. 1990-1991 öğretim yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Anabilim Dalında Prof. Dr. D. Ali KEÇELİ denetiminde yeniden yüksek lisansa başlamıştır. Şükrü ARI orta derecede İngilizce bilmektedir.