

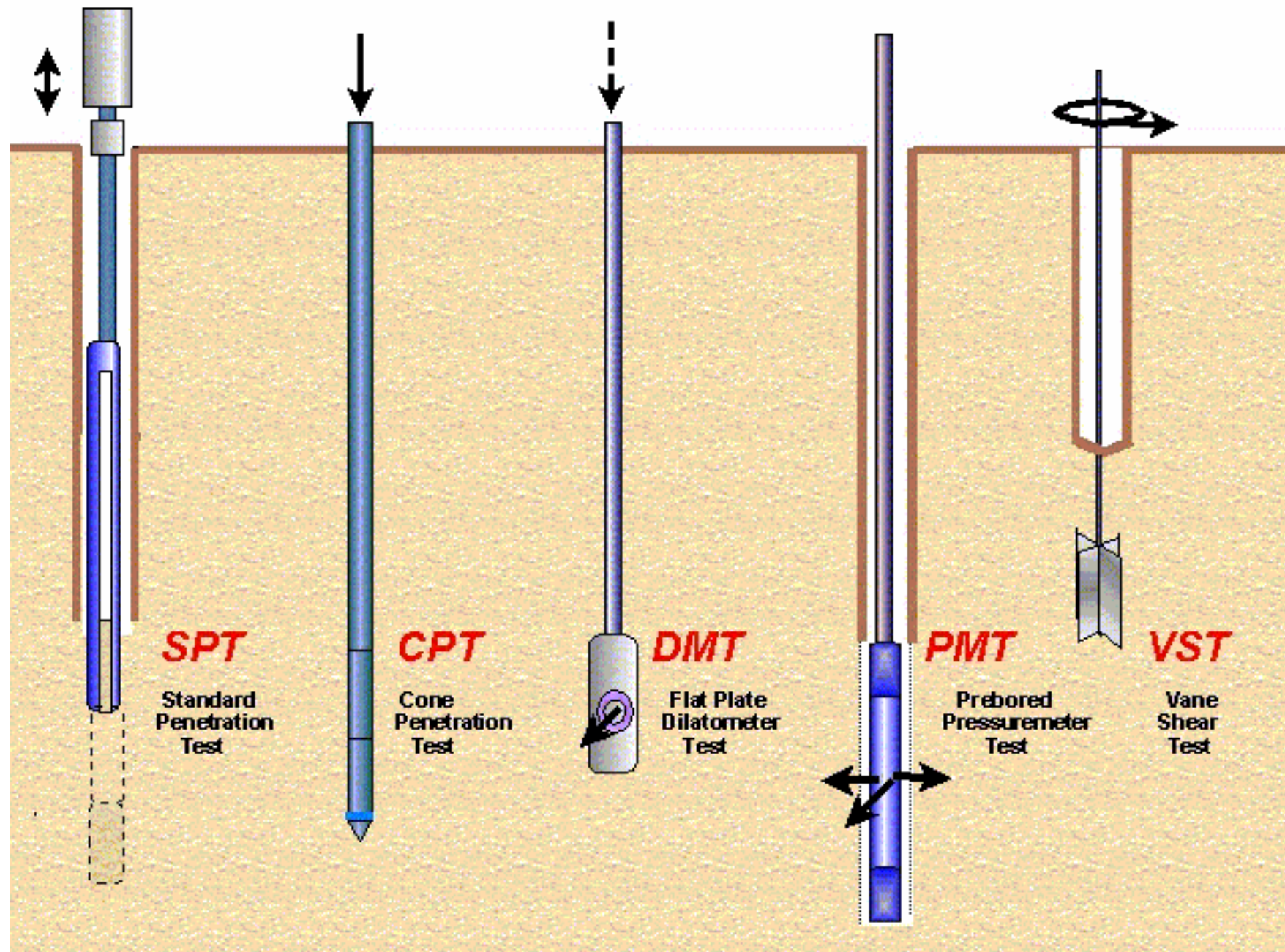
ARAZİDE YAPILAN DENEYLER

PRESYOMETRE DENEYİ

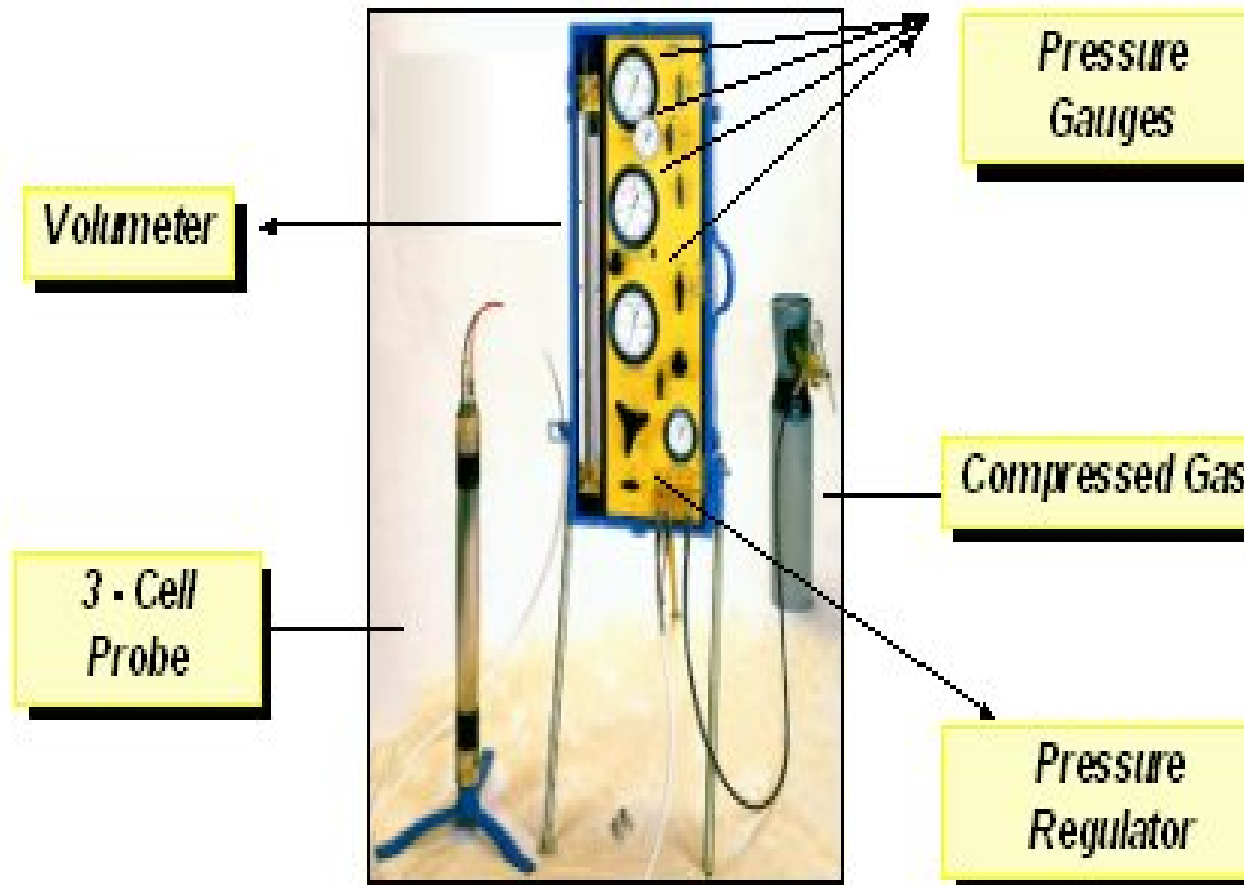
LEVHA DİLATOMETRE DENEYİ

IOWA SONDAJ DELİĞİNDE KESME DENEYİ

Konik Penetrasyon Testi



PRESİYOMETRE DENEYİ (PRESSUREMETER TEST)

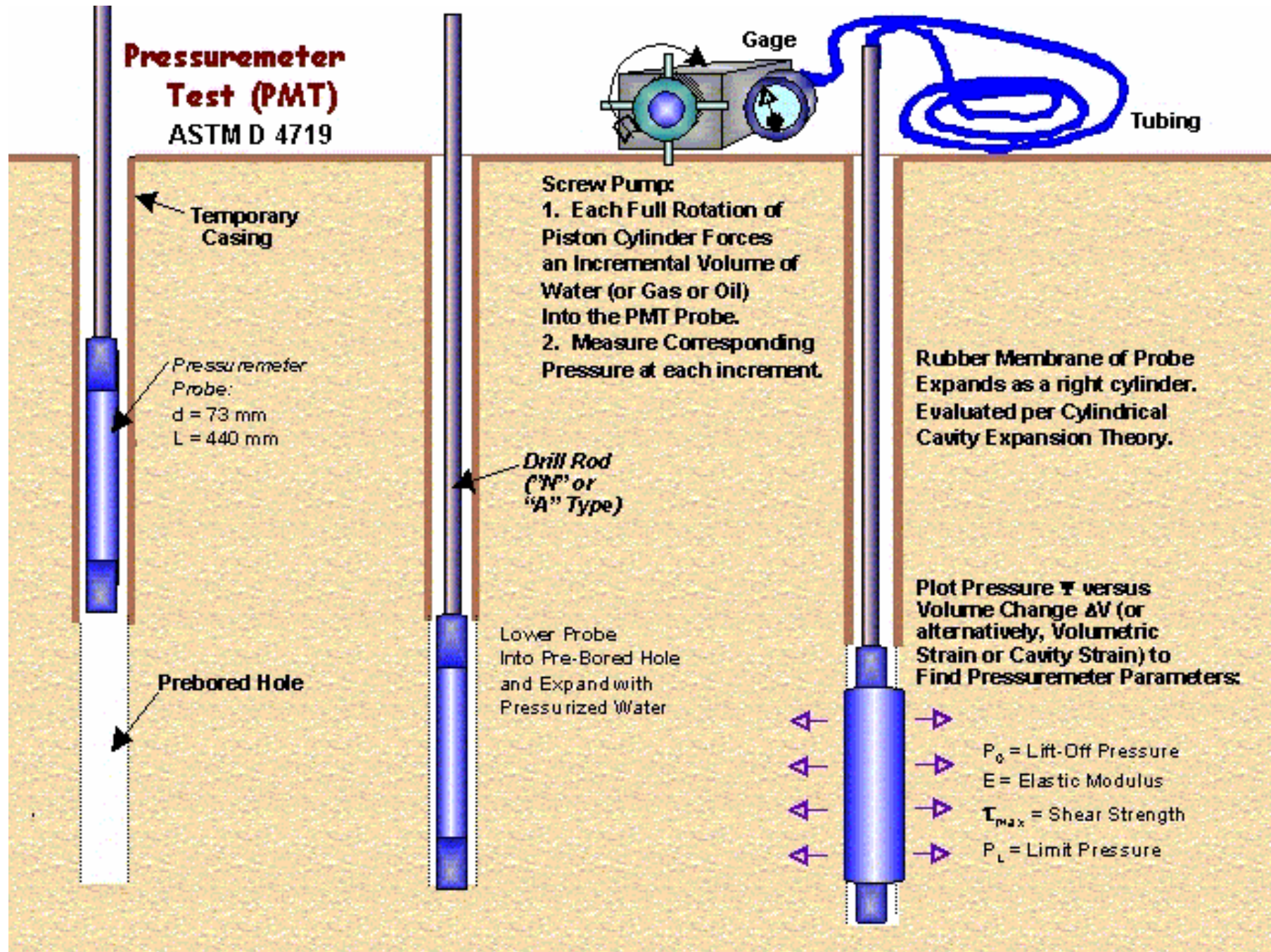


•Şişebilir bir silindirin sondaj deliğinde şişmesi ile yapılan bu deney ilk kez 1956 yılında Menard tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra Wroth (1975) tarafından İngiltere’de kendi kendine zemini delebilen **Camkometre** adlı aygıtın geliştirildiği bilinmektedir.





Pressuremeter Test (PMT) ASTM D 4719



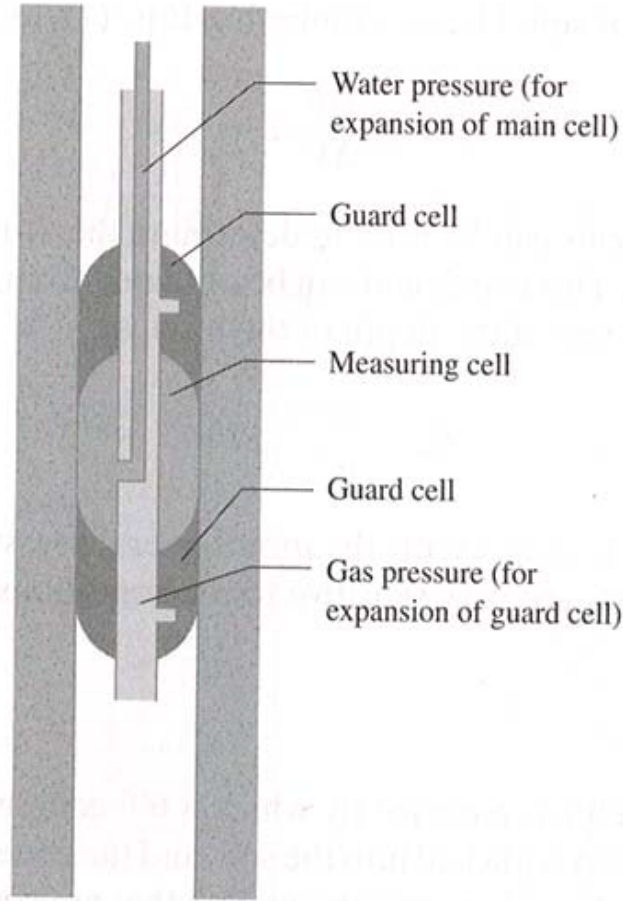


Figure 17.10 Schematic diagram for pressuremeter test

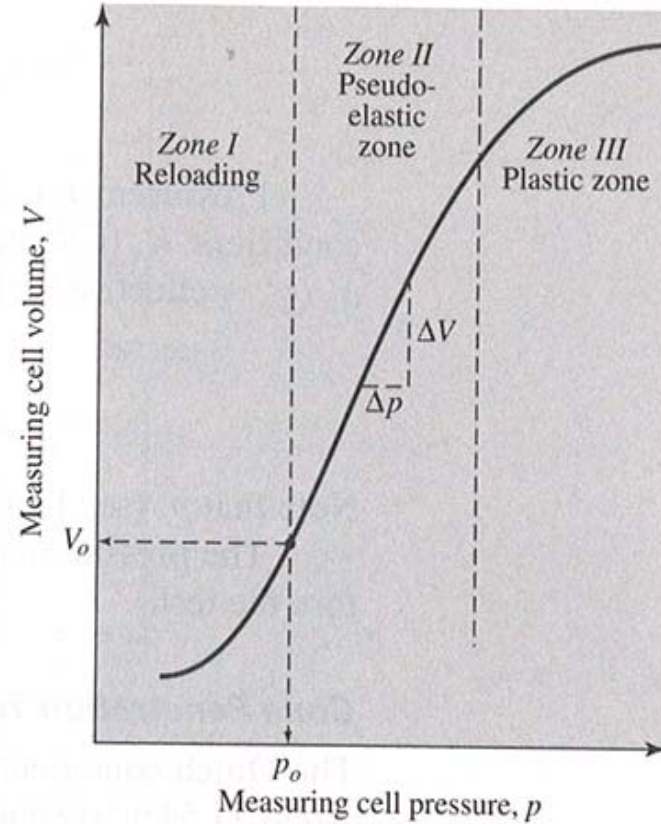


Figure 17.11 Relationship between measuring pressure and measuring volume for Menard pressuremeter

- Menard aygıtında genelde iki (sonda ve hacim ölçer) ana bölümü Sondada ,yatay gerilme su dolu merkez bir hücreden uygulanmakta, bu hücre alt ve üstte su veya gaz dolu iki koruma hücresi ile çevrili bulunmaktadır.

CAMKOMETRE

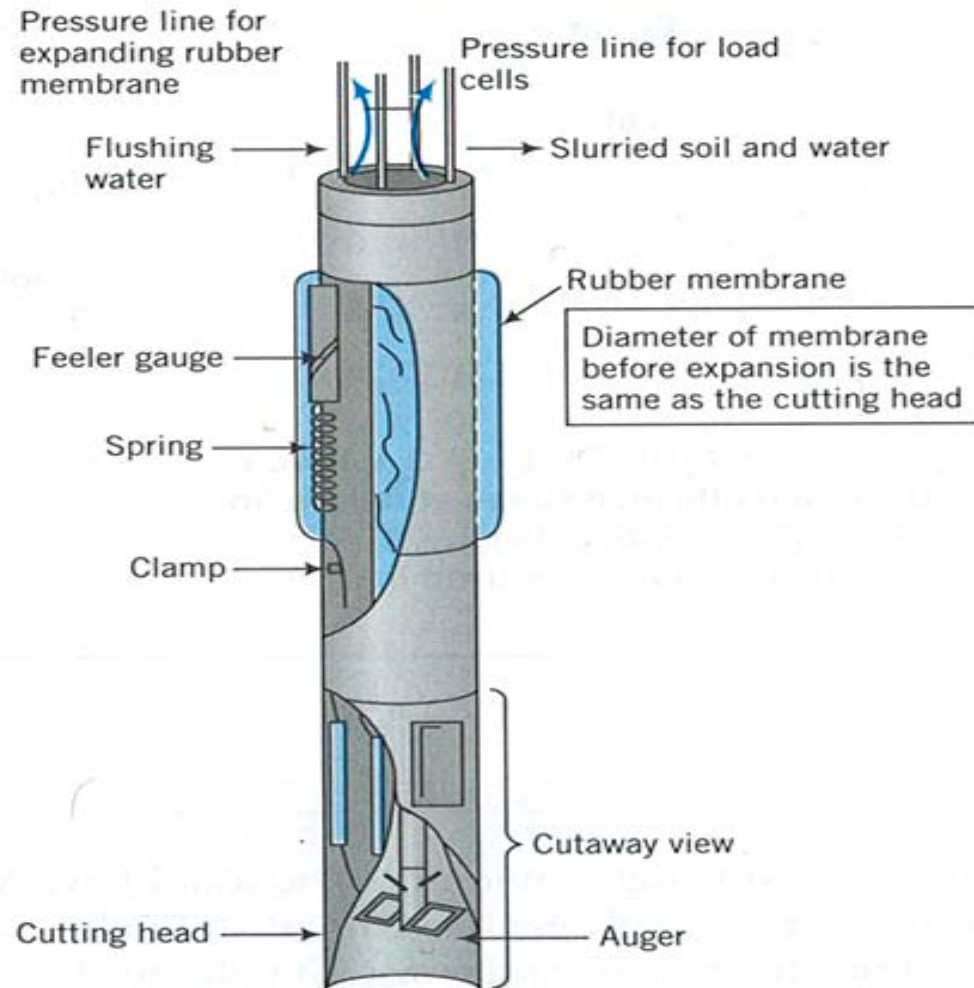
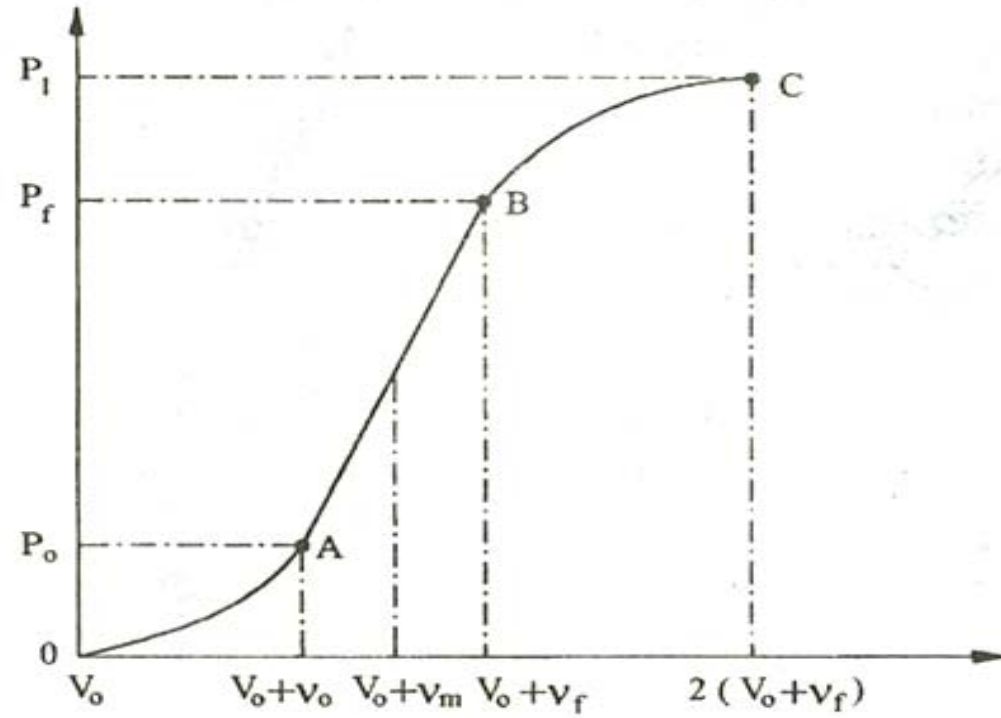
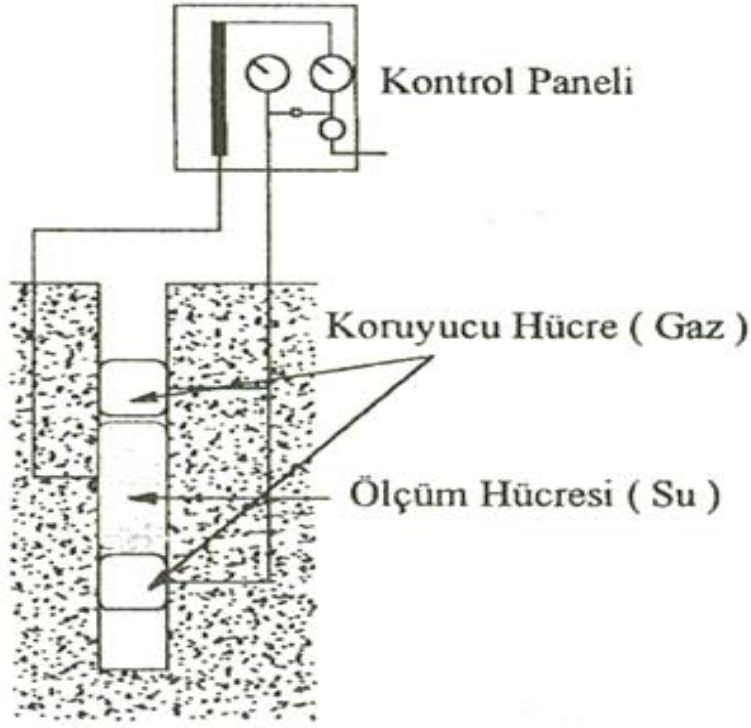


FIGURE 5.33 Schematic of Cambridge Camkometer. (Redrawn from Hughes and Wroth, 1972.)

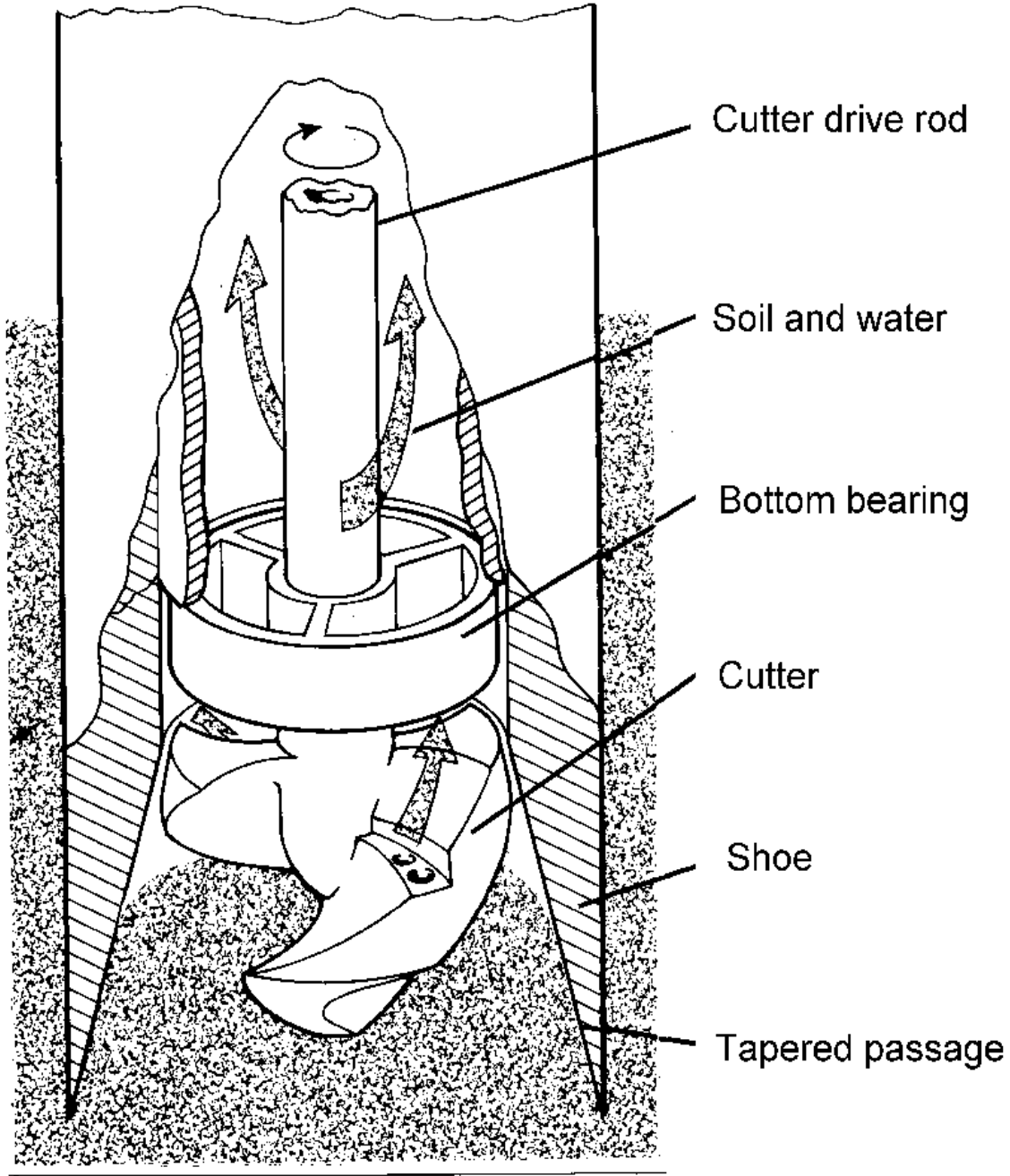


ekil 1.20: Presyometre Deneyi

- Zemin yüzünde basınca karşılık gelen hacim ölçümü yapılır. Basıncı taşıyan borular ve sonda, işyerinde kalibre edilirler. Koruma hücrelerinin görevi düzlem şekil değiştirme koşullarının sağlanmasıdır.

Çok Kullanılan Sonda Boyutları

KOD	SONDAJ ÇAPI (mm)	SONDAJ ÇAPI (mm)	
		Min	Max
EX	32	34	38
AX	44	45	53
BX	58	60	70
NX	74	76	89



En çok
kullanılan
sondaj türü
çapı 58 mm,
boyu 420 mm
dir.

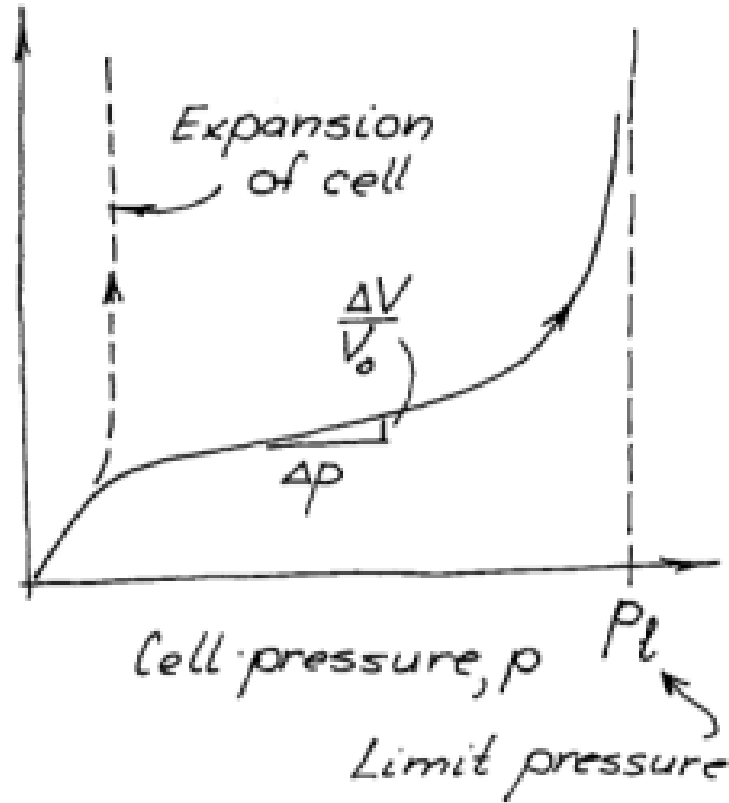
LOW DISTURBANCE DRILLING SYSTEM

- Menard presyometreleri zeminde veya zayıf kayaçta uygulanabilirler ancak sağlam kayaçlarda küçük deformasyonların neden olduğu hacimsel değişimleri ölçmek, boruların basınç altındaki kalibrasyonunun inceliği yetersiz kaldığı için güç olmaktadır.
- Bu durumda kayaç deformasyonu sonda içersine yerleştirilmiş elektronik basınç ölçer yardımı ile ölçülebilir.

- 73mm çaplı,yaę basıncı ile çalışan esnek tip ve dūřey olarak ikiye ayrılmış elik bir silindirden oluşan rijit tip sağlam kayaçlar için geliştirilmiş aygıtlardır
- Zeminde veya zayıf kayaçlarda sondaj yapıldıktan sonra yapılan deneylerdeki rselemenin etkisini en aza indiren Camkometre ise gaz ile çalışmakta olup hacimsel değişim yine elektriksel olarak ölçülmektedir.

- Sonuçlar basınç hacim grafiğindeki gibi işaretlenmeden önce bir seri düzeltme yapmak gerekir. Basınçlar, basınç ölçer ile sonda arasındaki hidrostatik yük ve sonda membranının direnci için gerekli basınç nedeni ile düzeltilmelidir

Volume, $\Delta V/V_0$



$$E_s = 2(1 + \mu) \Delta p \cdot V_0 / \Delta V$$

Pressuremeter modulus



$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta p}{G}$$

Shear modulus

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Poisson's ratio

- Hacimler ise hacim ölçüm düzeneğinin ve boruların genişlemesi, sonda membranının sıkışması, ölçüm sıvısının sıkışması nedeni ile düzeltilmelidir.

- Tipik eğride p zemine etki eden düzeltilmiş gerilme
- V ölçüm sisteminde düzeltilmiş su hacmi
- AB elastik faz
- V_0 boşluğun başlangıçtaki hacmi
- p_0 zeminde sukunetteki yanal gerilmeye eşit varsayılan elastik faz başındaki basınç
- p_f krip basıncı
- V_f elastik faz sonu hacim
- C zeminin çökme noktasını
- p_1 gerçek yada tahmin ile bulunan limit basınç değerini

Presiyometrik elastisite modülü

$$E_P = 2(1 + \mu) \cdot (V_0 + v_m) \cdot \frac{p_f - p_0}{v_f - v_0}$$

- Delme ve deney zamanı arasında geçen süre, delme tekniği, sondaj deliği ve presiyometre sondası çapları oranı ile işçilik, deney sonuçlarını etkileyebilmektedir.

Sonuçların
değerlendirilmesinde 3 temel
varsayım vardır:

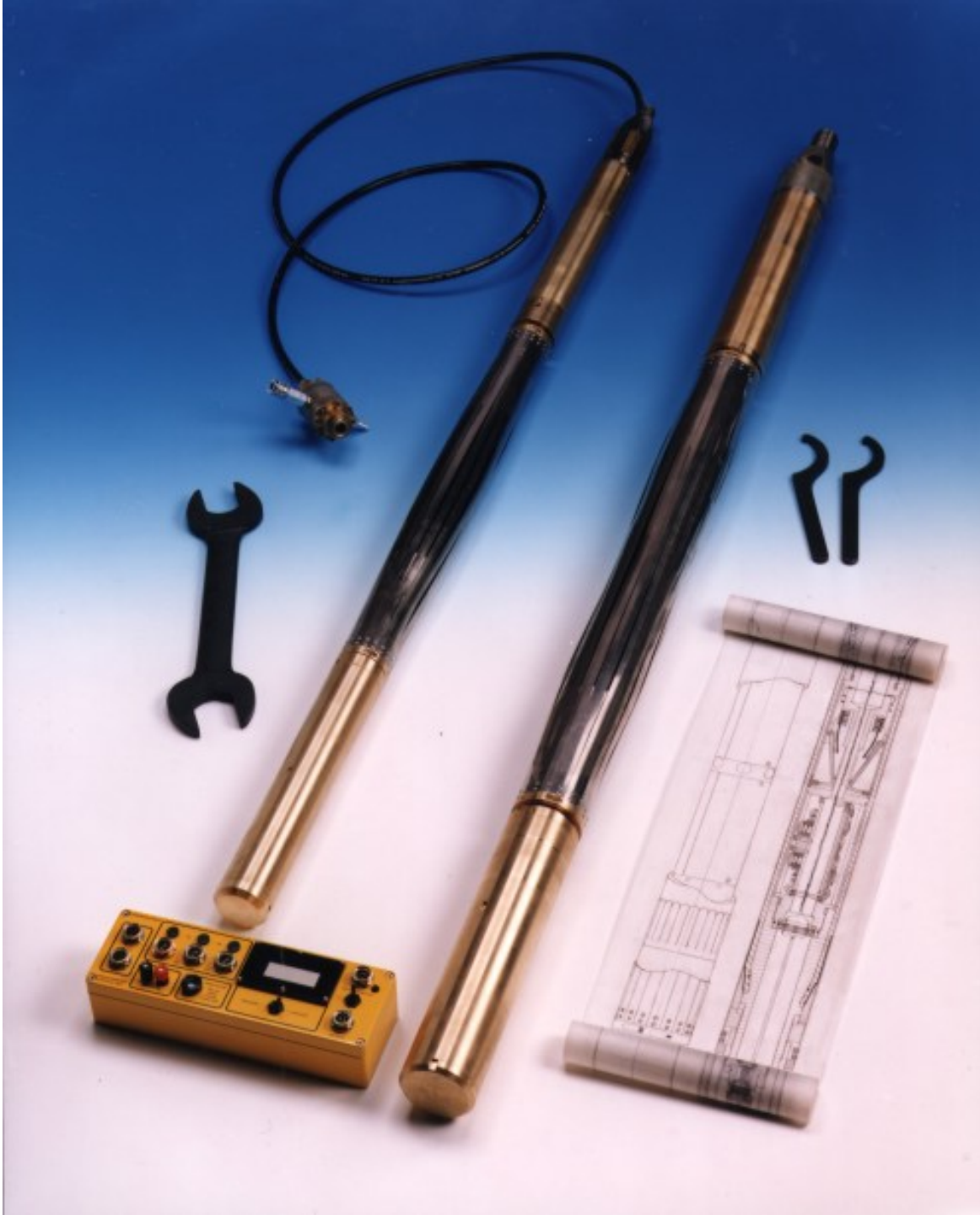
1- Zemin aksenel simetrik ve düzlem gerilme koşullarında deformasyon yapmaktadır. Sonda boyu/çap oranı en az 4 ve ölçüm boyunun toplam boyunun $1/3$ ü ile sınırlı olması halinde bu varsayım doğrudur.

2- Zemin sabit hacimde yer değiştirir. Düşük permeabiliteli zeminlerde bu varsayım doğrudur, ancak kum ve silt içeren veya fissür gibi ikincil bir yapısı olan zeminlerde bir miktar drenaj kaçınılmaz görünmektedir.

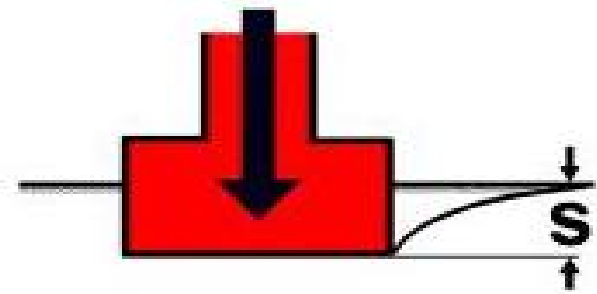
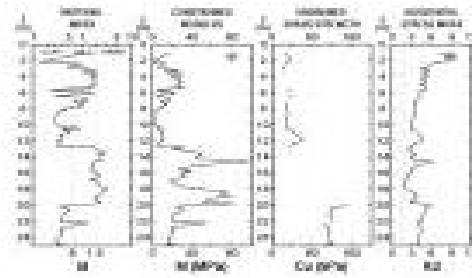
- 3- Gerilme –birim deformasyon değişimi tektir. Birim deformasyonlar ve birim deformasyon hızları membrandan uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan bu varsayım doğru değildir. Analizlerin göreceli olarak küçük deformasyonlara dayalı olarak yapılması halinde sonuçların az etkilenmesi beklenir.

Kohezyonlu Zeminlerde drenajsız kayma mukavemeti

$$c_u = \frac{p_1 - p_0}{Np} \qquad Np = 1 + \ln\left(\frac{Ep}{3c_u}\right)$$



- Presiyometre deney sonuçlarına göre yüzeysel ve derin temellerin taşıma güçleri ve oturma tahminleri gelişmiş olup bu tür analizler temellerin tasarımında doğrudan kullanılmaktadır.



LEVHA DİLATOMETRE
DENEYİ
(FLAT PLANE DILATOMETER
TEST)



MARCHETTI®
DILATOMETER
A Geotechnical Insitu Test
DMT
used in 35 countries



Combines the simplicity and economy of a penetration test with the accurate results, and sophistication of a test that provides more also determines modulus and lateral stress.

The advertisement features a black and white photograph of the Marchetti Dilatometer (DMT) instrument, which is housed in a carrying case. The instrument has two large circular gauges on the front panel. A separate component, likely the anvil or probe, is shown in the foreground. The text is arranged in a clean, professional layout, with the brand name and product name in large, bold letters. A world map highlights the global reach of the instrument.

Marchetti (1980) tarafından İtalya'da geliştirilmiş bir deneydir. Mühendislik uygulamalarında kullanımını konik penetrasyon deneyi kadar yaygın olmasada levha dilatometre deneyi bazı projelerde özel avantajlar sağlayan bir arazi deneyidir.

- Levha dilatometre deneylerinde zemin örselenmesi CPT ve SPT den daha az olduğu için ölçülen değerlerin daha gerçekçi olması beklenir. Temel tasarımında sonuçların direkt olarak kullanılması için korelasyonlar gelişme aşamasında olup yurdumuzda da kullanım alanı bulmaya başlamıştır





yassı levha dilatometre

14mm kalınlıkta, 95mm genişlikte, 220mm uzunlukta olan bu DMT'nin bir yüzünde 60mm çaplı genişleyebilir çelik bir membran bulunur.



- Membran istenilen derinliğe ulaşıldığı zaman şişirilir.Aletin ucundaki 14mm kalınlığındaki ince kesici ağız toprağın içine itilir.

Calibrations of Membrane Stiffness in Air:
 $\Delta A = 10$ to 30 kPa (suction)
 $\Delta B = 30$ to 80 kPa (inflate)
Note: both positive values

Incremental Hydraulic Push
 at 20 mm/s; Stop
 to test every 200
 mm (or 300 mm)

Cone or
 Drill Rod

Pneumatically-
 Inflated Flexible
 Steel Membrane
 ($d = 60$ mm)

Flat Plate
 Dilatometer
 Tapered Blade
 95 mm wide
 by 240 mm long
 by 15 mm thick

Tubing

Gage

Readout
 Panel and
 Gas Supply

1. Initial

Membrane
 collapsed
 due to soil
 stresses

Membrane
 push

Membrane
 expanded
 outward 1.1 mm

Plan or Face View

Profile Views

2. Push

3. A-reading

4. B-reading

5. Deflate Rapidly

FLAT DILATOMETER TEST (DMT)

p_0 = Lift-off pressure (corrected "A" reading)

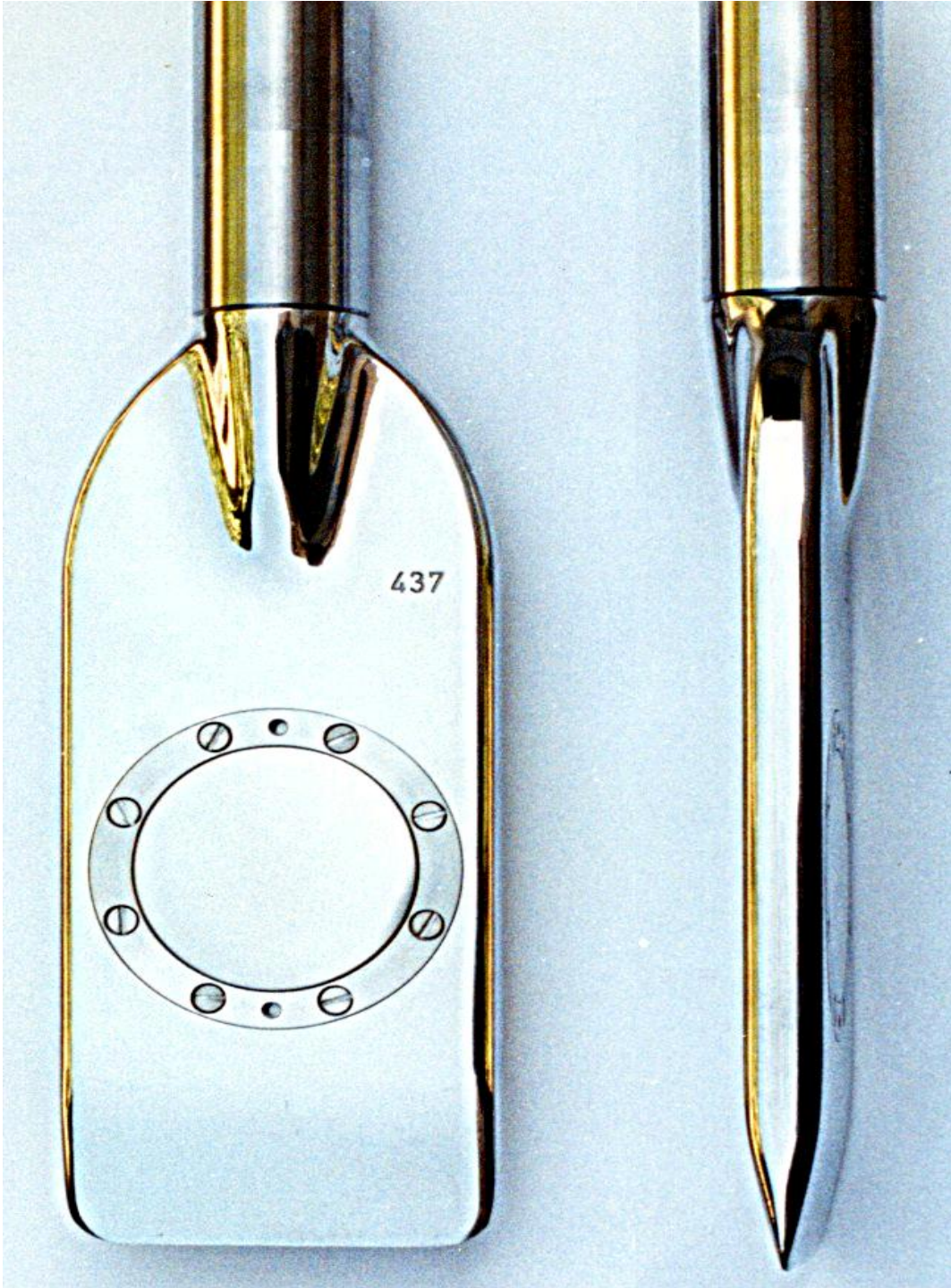
p_1 = Expansion pressure (corrected "B" reading)



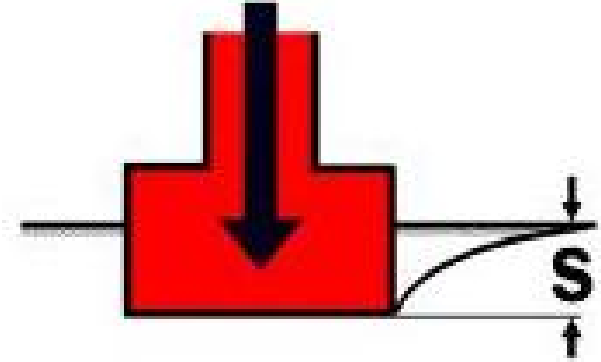
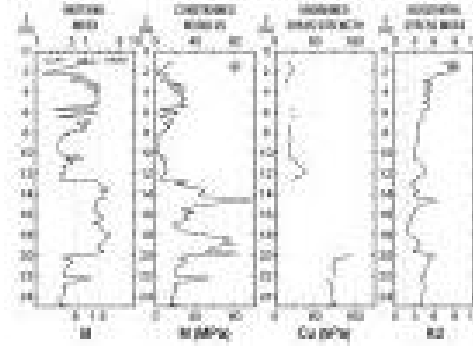
Genellikle
DMT nin
sondajında
CPT'nin
sondaj kulesi
kullanılır

CPT itme veya SPT akma
aygıtı bu düzeneğin zemine
sokulmasında kullanılabilir.

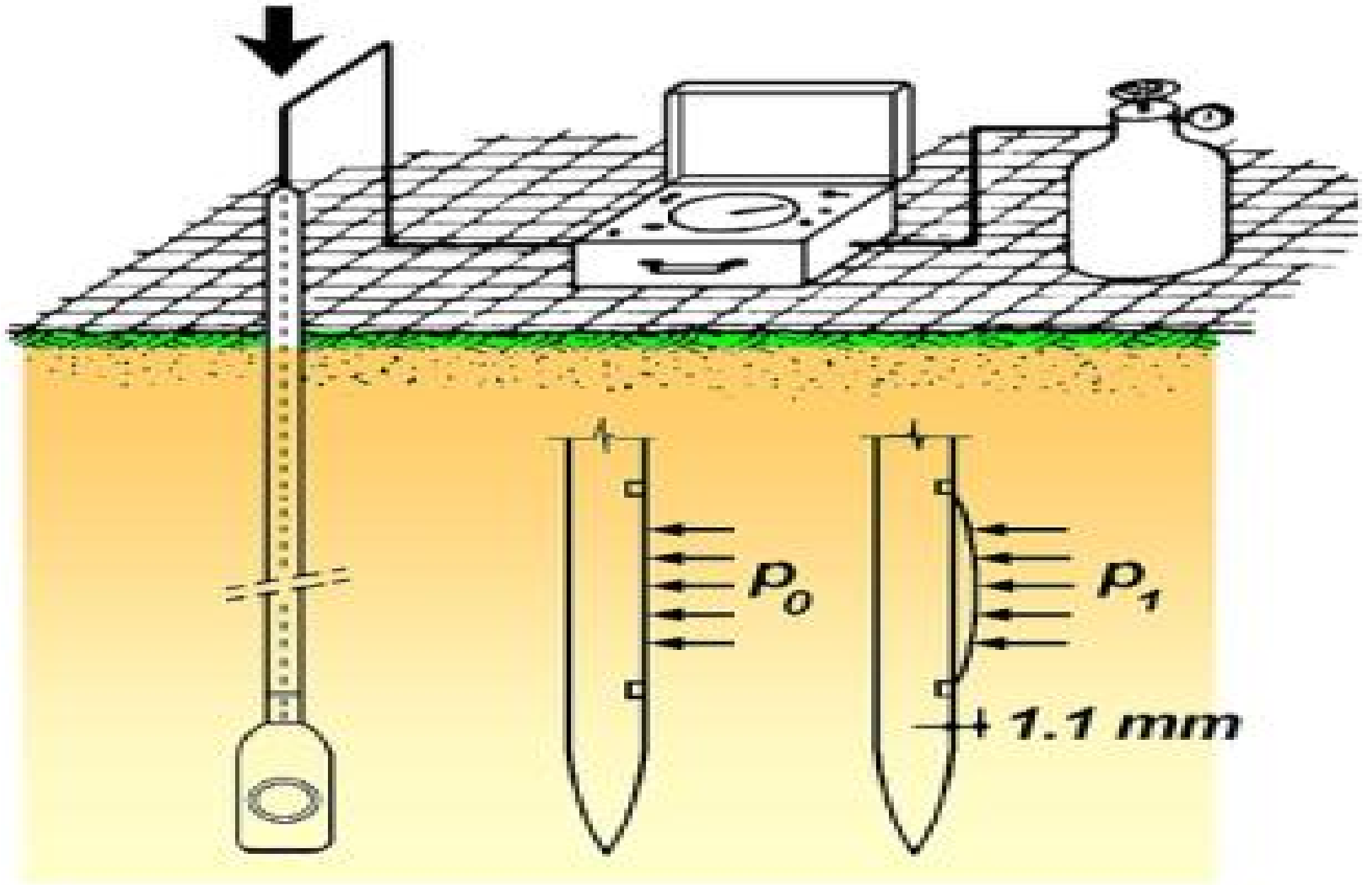
Ancak $N > 35-40$ olan
zeminlerde sondaj deliği
tabanında sokulması daha
doğrudur.



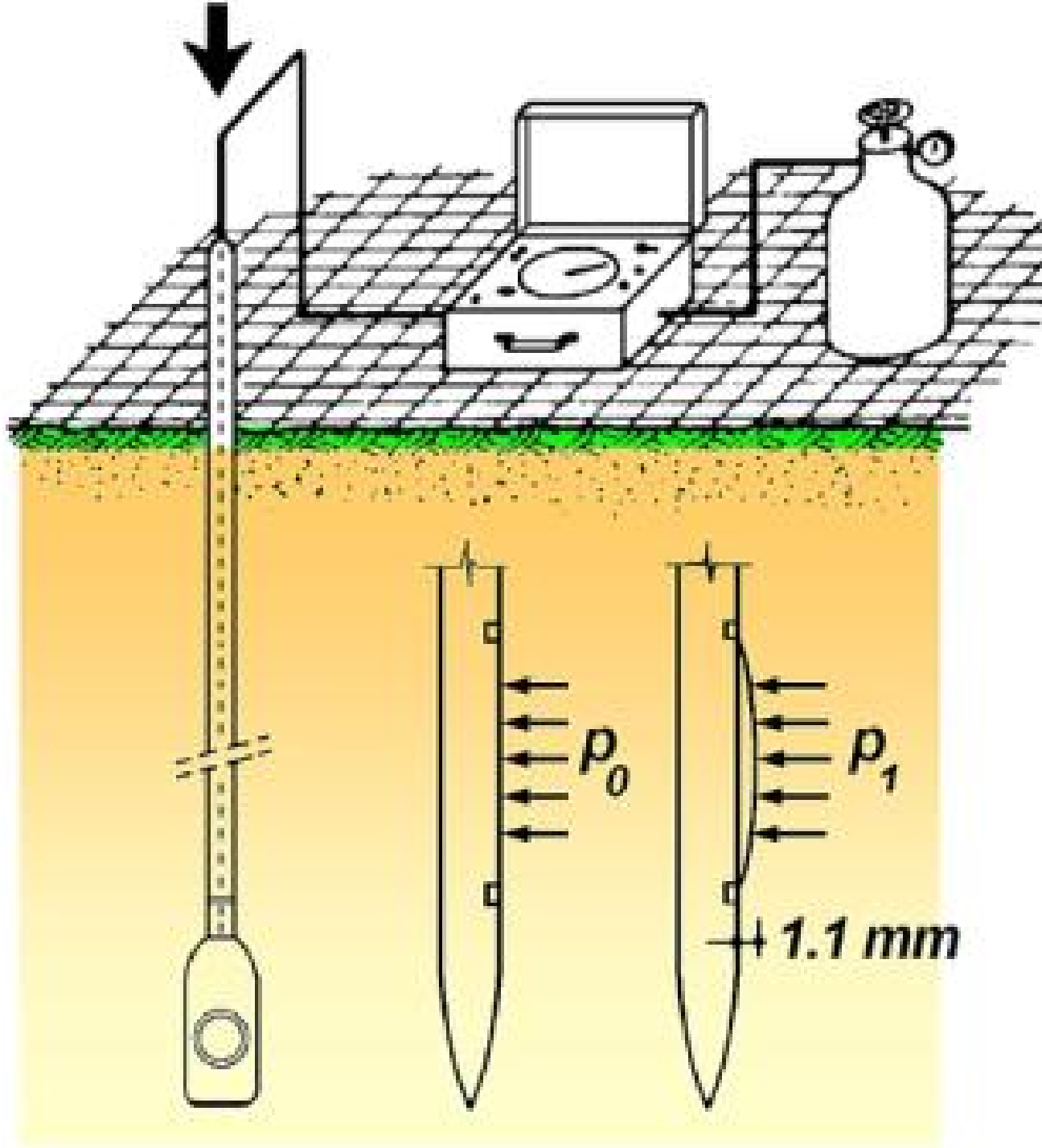
- DMT, CPT'ye benzer.
- Yoğun, sert ve granüler zeminlerde kullanılması membrana ve kesici ağıza zarar verebilir.



- DMT'nin sonuçları diğer zemin özellikleri ile korelasyon halindedir. Ve bazı mühendislik dizayn metotları için temel teşkil eder.



Deney düzeneği



- 14 mm kalınlıkta 95 mm genişlikte 220mm uzunlukta bir levha zemine itilmekte ve bir yüzünde yer alan 60 mm çaplı genişleyebilir çelik bir membran basınçlı gaz ile şişirilerek membranın diskten ayrılması ve zemine 0.05 mm girmesi için gerekli A basıncı, 1.1mm deformasyonu için B basıncı okunmaktadır.

- DMT okumaları sondanın 200-300mm ilerlemesinden sonra yeni deney yerine gelinerek işlem yinelenir.
- Membran altına yerleştirilmiş özel bir düzenek 1,1mm deformasyonu bir sesle belirtmektedir. Okunan A ve B basınçları aşağıdaki gibi düzeltilir.
- Şişmeden önce net zemin gerilmesi (düzeltilmiş A okuması)

$$P_0 = 1,05(A + \Delta A - Z_m) - 0,05(B - \Delta B - Z_m)$$

- **Membranın zemine 1,1 mm girmesi için okuma B düzeltilerek**

$$P_1 = B - \Delta B - Z_m$$

elde edilir. Burada;

- **ΔA : Membranın rijitliğinin yenilip, havada 0,05mm yer değiştirmesi için kullanılan basınç.**
- **ΔB : Membran içinde havada 1,1mm merkez genişmesi (rijitliğin yenilmesi) için gerekli basınç.**
- **Z_m : Atmosferik basınca açıldığında basınç göstergesinin sıfırdan sapması**

- Deneysel sonunda membranın 0,05mm genişlemeye geri gelmesi için okuma C düzeltilerek

- $P_2 = (C - Z_m + \Delta A)$

elde edilir.

- P_2 basıncı yumuşak killerde giriş boşluk basıncına, granüler zeminlerde denge su basıncı u_0 'a eşit bulunmuştur.

Malzeme indeksi

$$I_d = \frac{p_1 - p_0}{p_0 - u_0}$$

Yatay gerilme indeksi

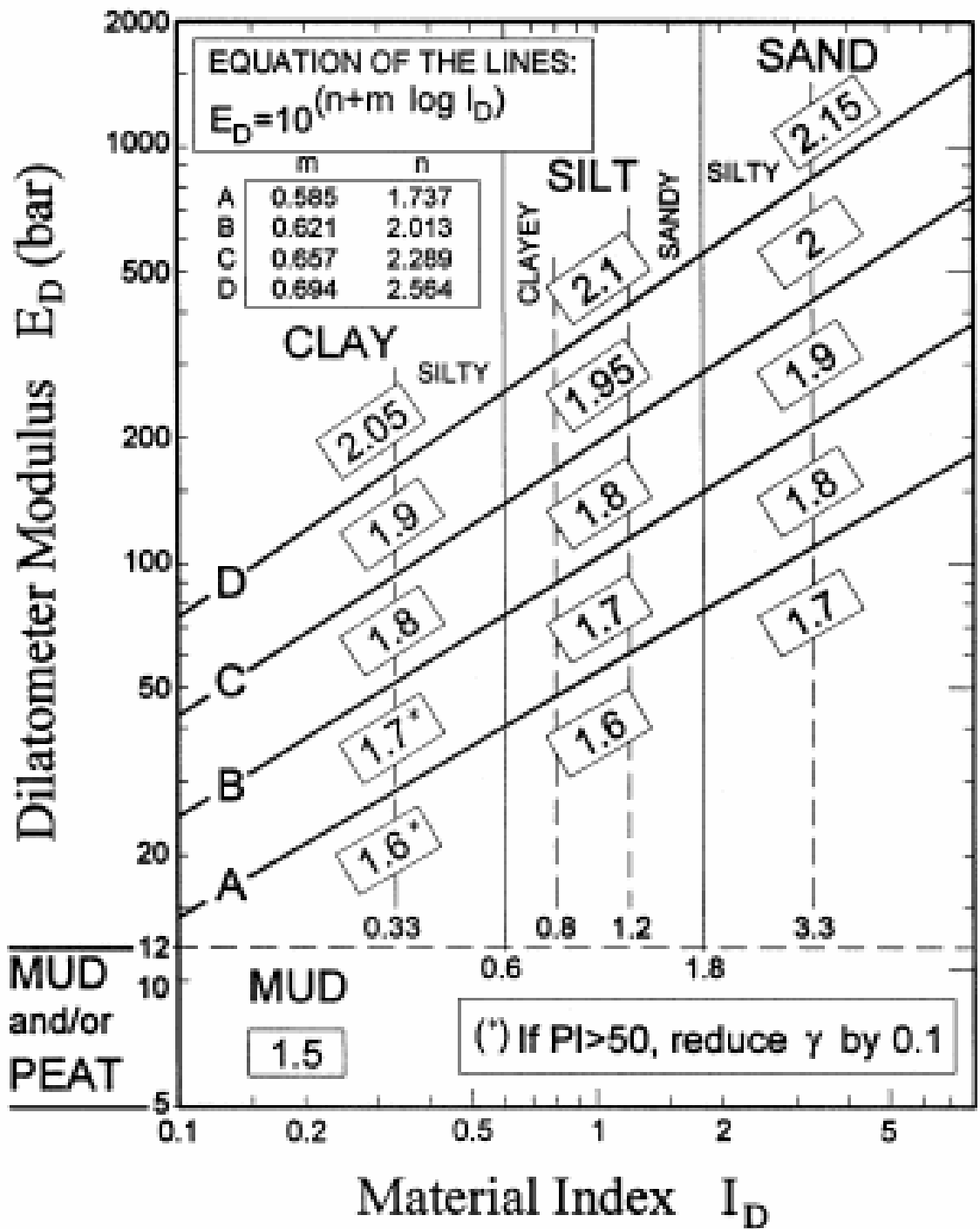
$$K_D = \frac{p_0 - u_0}{\sigma'_0}$$

Dilatometre modülü

$$E_D = 34,7(P_1 - P_2)(kN / m^2)$$

- Malzeme indeksinin zeminin dane dağılımı ile ilgisi deneysel olarak saptanmış olup yatay gerilme indeksi K_0 ile ilgilidir ve dolaylı olarak aşırı konsolidasyon oranına bağlıdır.

p_0 and p_1	p_0	Corrected First Reading	$p_0 = 1.05(A - Z_M + \Delta A) - 0.05(B - Z_M - \Delta B)$
	p_1	Corrected Second Reading	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$
Intermediate parameters	I_D	Material Index	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$
	K_D	Horizontal Stress Index	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$
	E_D	Dilatometer Modulus	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$
Interpreted parameters	K_0	Coeff. Earth Pressure in Situ	$K_{0,DMT} = (K_D / 1.5)^{0.47} - 0.6$
	OCR	Overconsolidation Ratio	$OCR_{DMT} = (0.5 K_D)^{1.58}$
	C_u	Undrained Shear Strength	$C_{u,DMT} = 0.22 \sigma'_{v0} (0.5 K_D)^{1.25}$
	ϕ	Friction Angle	$\phi_{safe,DMT} = 28 + 14.6 \log K_D - 2.1 \log^2 K_D$
	C_h	Coefficient of Consolidation	$C_{h,DMTA} \approx 7 \text{cm}^2 / T_{flex}$
	k_h	Coefficient of permeability	$k_h = C_h \gamma_w / M_h \quad (M_h \approx K_D M_{DMT})$
	γ	Unit Weight and Description	(see chart)
	M	Vertical Drained Constrained Modulus	$M_{DMT} = R_M E_D$ if $I_D \leq 0.6$ $R_M = 0.14 + 2.38 \log K_D$ if $I_D \geq 3$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_D$ if $0.6 < I_D < 3$ $R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$ where $R_{M,0} = 0.14 + 0.15(I_D - 0.6)$ If $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$ If $R_M < 0.85$ set $R_M = 0.85$
	U_0	Equilibrium pore pressure	$U_0 = p_2 \approx C - Z_M + \Delta A$



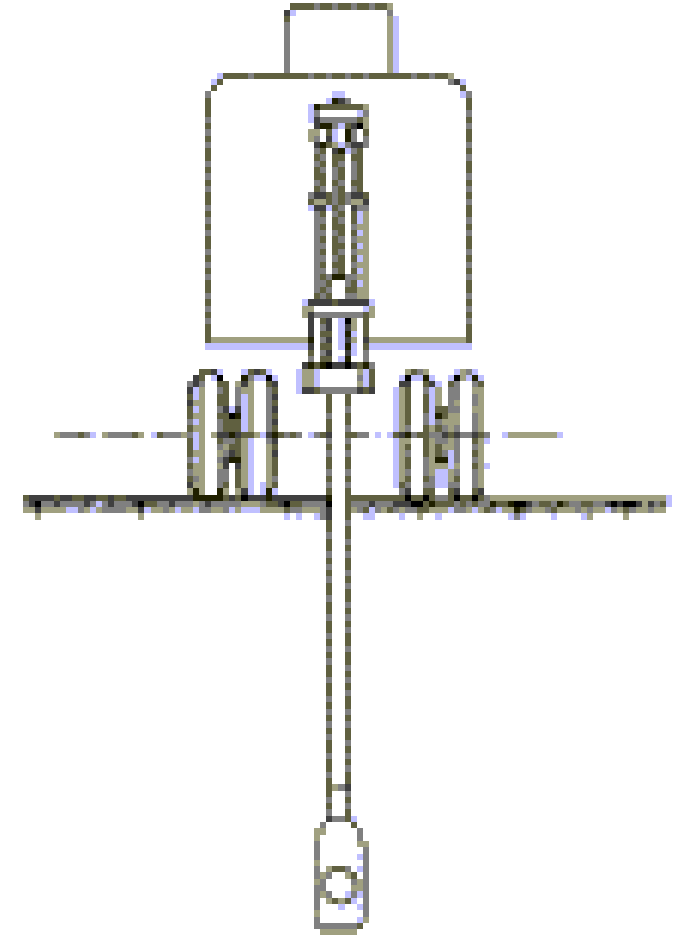
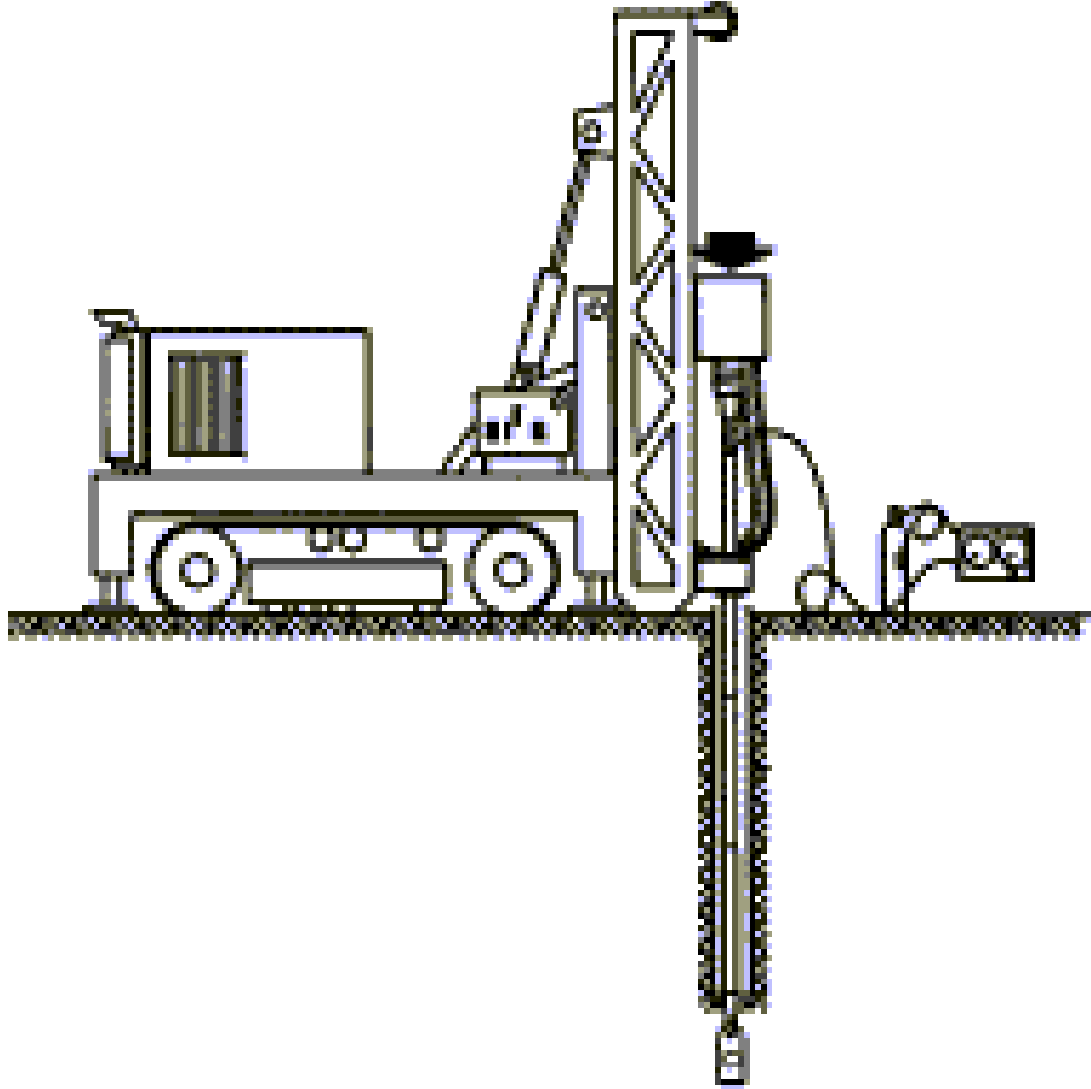
- Normal konsolide delta birikintilerinde Marchetti (1980) aşağıdaki bağıntıları önermiştir.

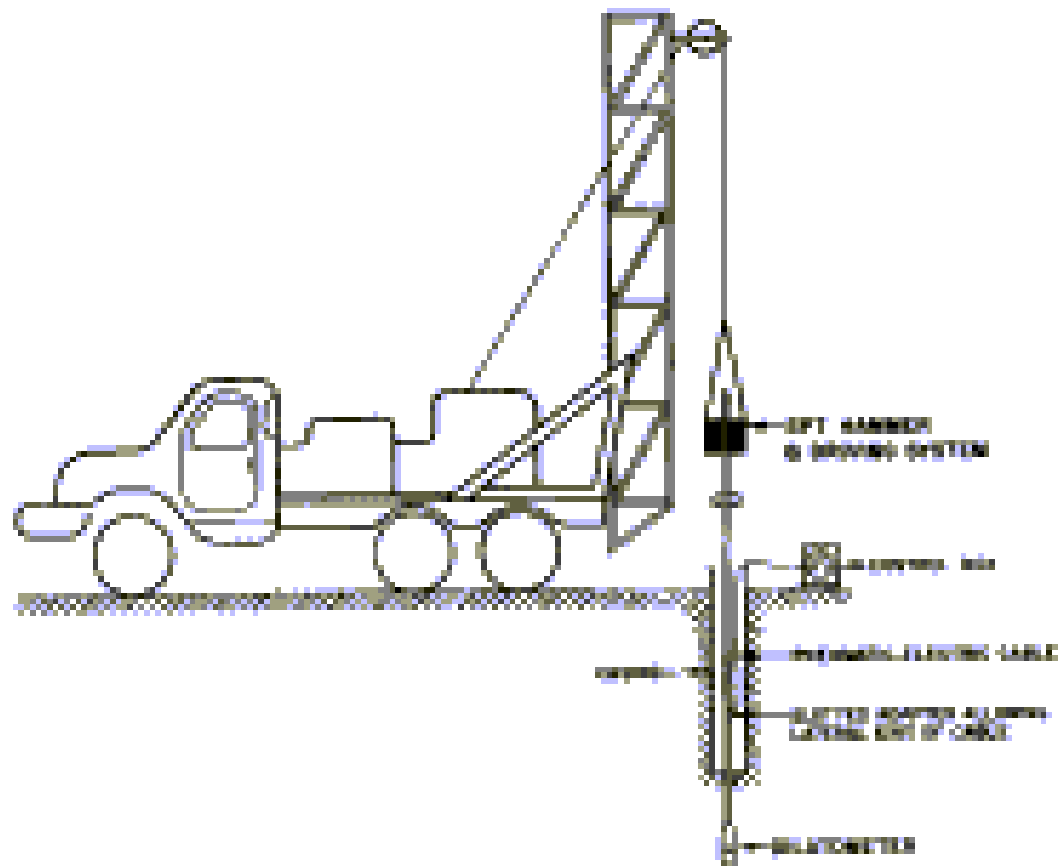
$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5} \right)^{0,47} - 0,6 \quad OCR = 0,5 K_D^{1,6}$$

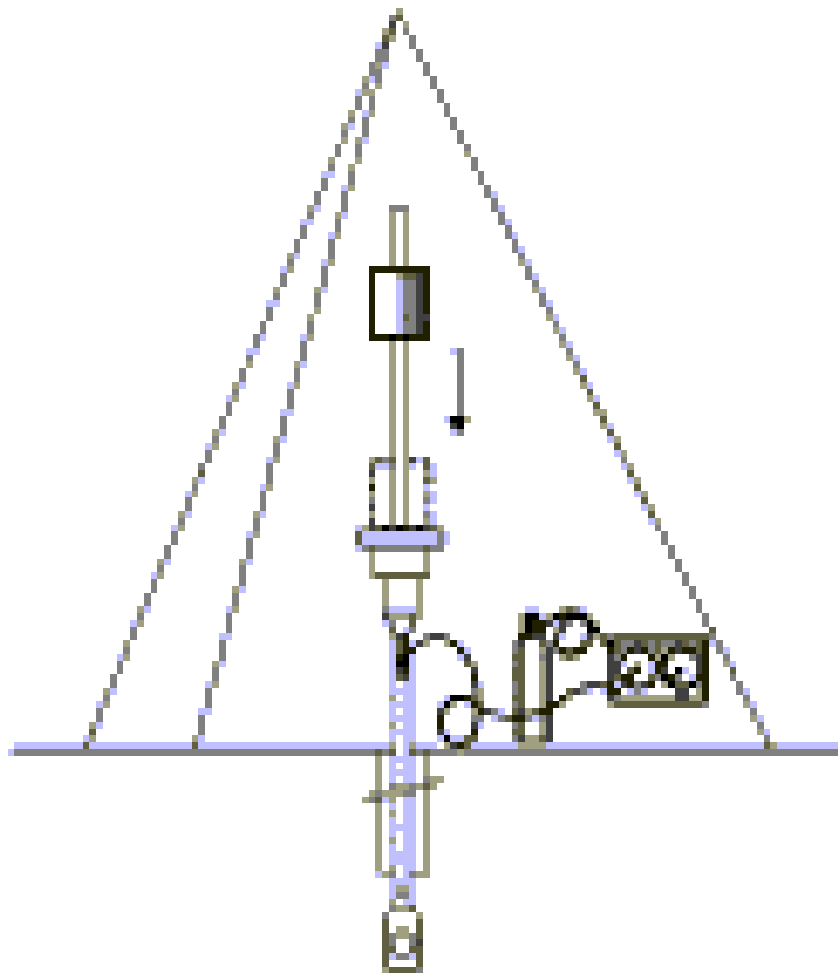
$$\frac{c_u}{\sigma_0} = 0,22 \quad (NC)$$

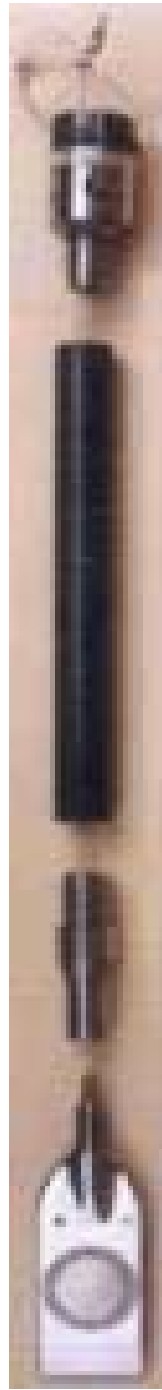
$$\left(\frac{c_u}{\sigma_0} \right)_{OC} = \left(\frac{c_u}{\sigma_0} \right)_{NC} (0,5 K_D)^{1,25} \quad (OC)$$

ÇEŞİTLİ DİLATOMETRE UYGULAMA GÖRÜNTÜLERİ



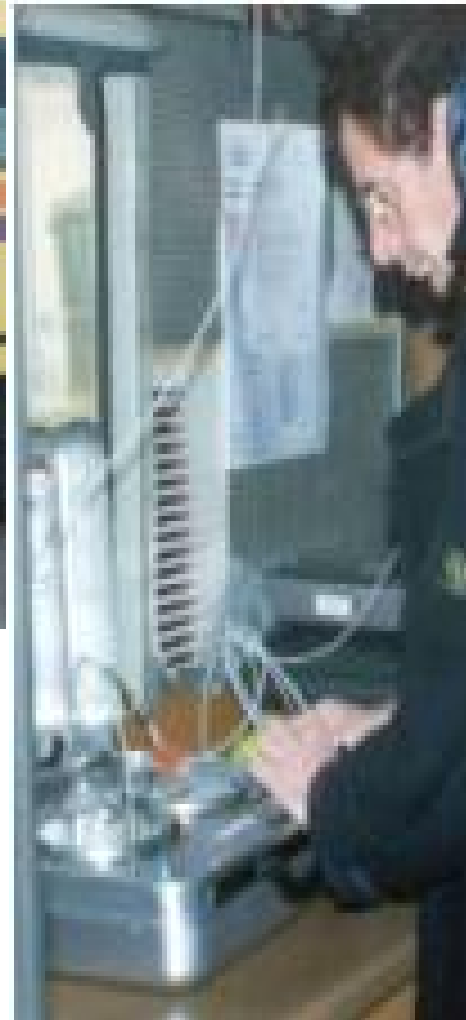








ITALIAN RAILWAYS INSITU CAR



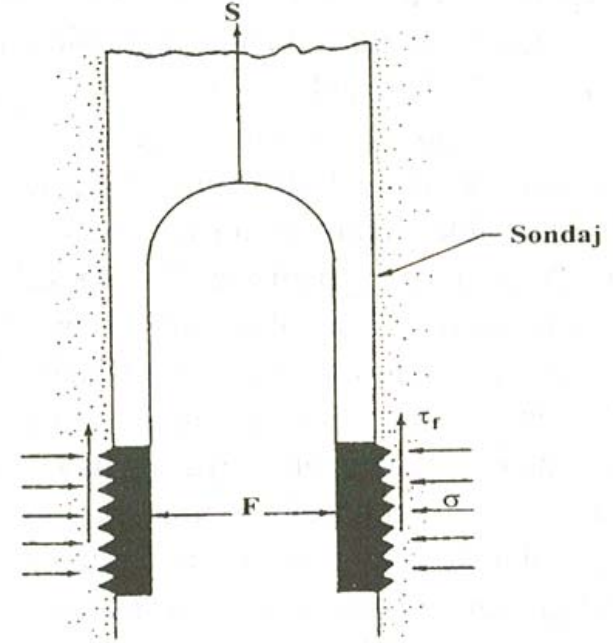
IOWA SONDAJ
DELİĞİNDE KESME
DENEYİ

Deneyin tanımı:

- **Sondaj sırasında istenilen derinlikte zemin kayma mukavemetini saptamaya yarayan basit bir deney tekniğidir.**

Deney mekanizması

- Dişli iki levha yukarıdan kontrol edilebilen bir F kuvveti ile sondaj deliği duvarına bastırılmakta ve düşey olarak etkiyen bir S kuvveti ile zemin kesilmektedir.



Şekil 1.22: Iowa Sondaj Deliğinde Kesme Deneyi

Deney verilerinden elde edilenler

- Kırılma düzlemi üzerinde normal ve kayma gerilmesi:

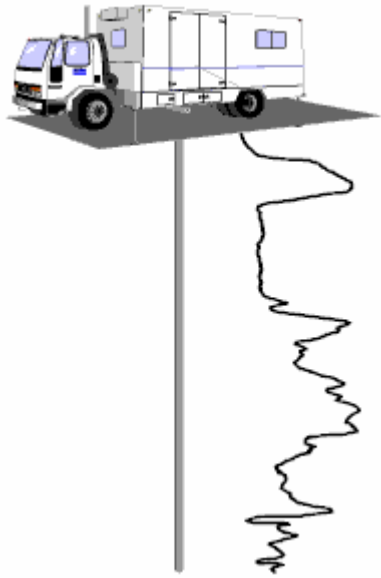
- $\sigma = F/A$

- $\tau_f = S/2A$

ifadeleri ile bulunur.

Aygıtı delikten dışarı almadan
önce farklı gerilmeleri için deney
yinelerseniz zemin için kırılma zarfı
ve kayma mukavemeti
parametreleri elde edilebilir.

- Deneý yapılış Őekli ve geçen süre (yaklaşık 0,5mm/dak) göz önüne alındığında elde edilen parametrelerin drenajlı kırılma nedeniyle c^1, ϕ^1 efektif gerilmeler cinsinden kayma mukavemeti parametreleri olması beklenir.
- Demartin Court ve Bauer (1983) deneý aygıtına bořluk basıncı ölçen bir transduser ekleyerek her tür zeminde hem toplam hem efektif gerilmeler cinsinden kayma mukavemeti parametrelerinin elde edilebileceęini göstermektedir.



GEOTEKNİK
UYGULAMALARI

-CPT(Konik Penetrasyon Testi)

-Veyn Deneyi

-Sondalamalar

CPT

**Konik Penetrasyon
Testi**

CPT NEDİR?

- Genel olarak Konik Penetrasyon Test (CPT) cihazı değişik sensörlere sahip konik biçimli silindirik bir milden oluşmaktadır.
- Bu sensörler cihazın zemine 2cm/s hız ile çakılması sırasında zemindeki gerilme ve karakteristikleri gerçek zamanlı olarak ölçerler.
- CPT tüpü gerilmeleri, çevre sürtünmelerini ve boşluk suyu basıncını ölçer. Bazıları yüzey dalga hacimlerini ölçmek için geofon adı verilen cihazlarla donatılmıştır.
- Datalar bilgisayarlar tarafından okunur ve ekranda gerçek zamanlı olarak belirli derinlik aralıklarında kaydedilir. Ölçüm değerleri min 2,5cm olmak üzere belli aralıklarda alınır.

TARİHÇESİ VE TEKNOLOJİK GELİŞİMİ

CPT ilk olarak 1934 yılında Hollanda'da uygulandı.

1948 yılına kadar elektriksel ölçüm sensörleri kullanılmadı.

1960 yılına kadar da geniş bir kullanım alanı bulamadı.

1980 lerden bu yana konik penetrometreler geoteknik uygulamalarında sıkça kullanıldı.

1980 lerden sonra diğer sensörlerin bulunmasıyla araştırmalar hızlandı.

CPT'NİN AMACI

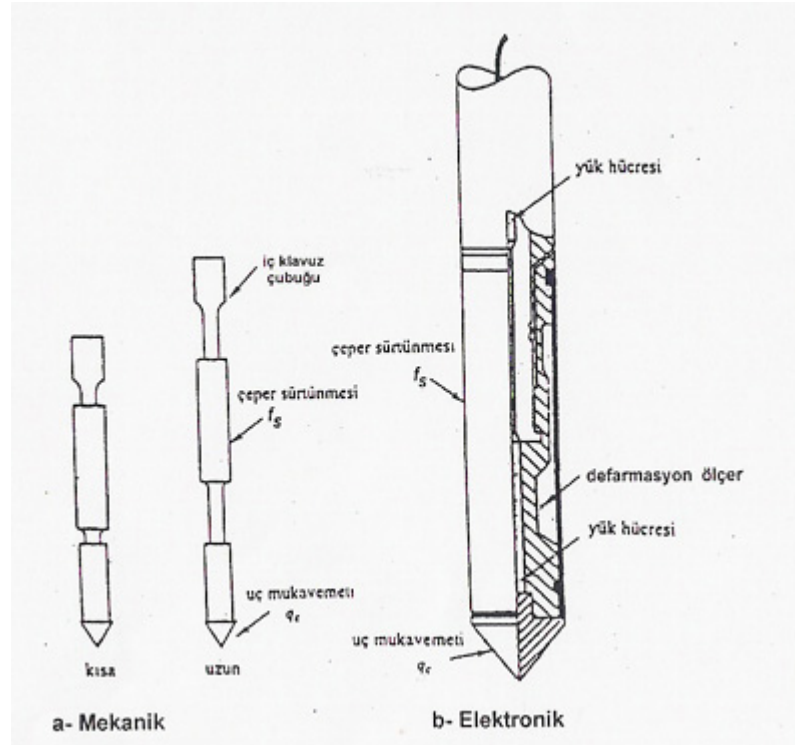
- Bu test zemine sabit bir hızla batırılan bir koninin batması sırasında koniye tatbik edilen yük ile basınç artışı arasındaki ilişkiyi saptamaktadır

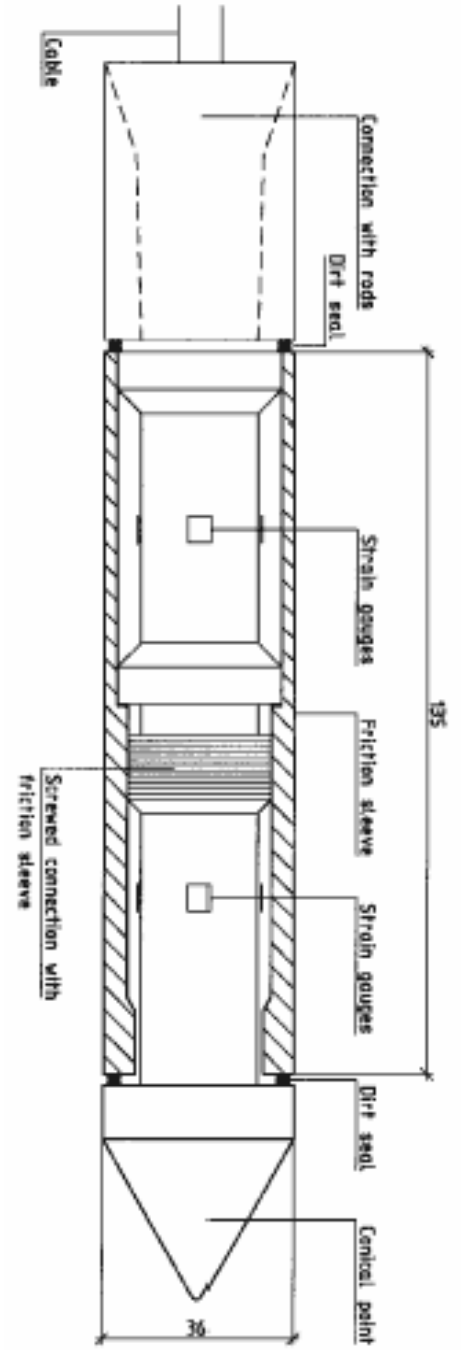
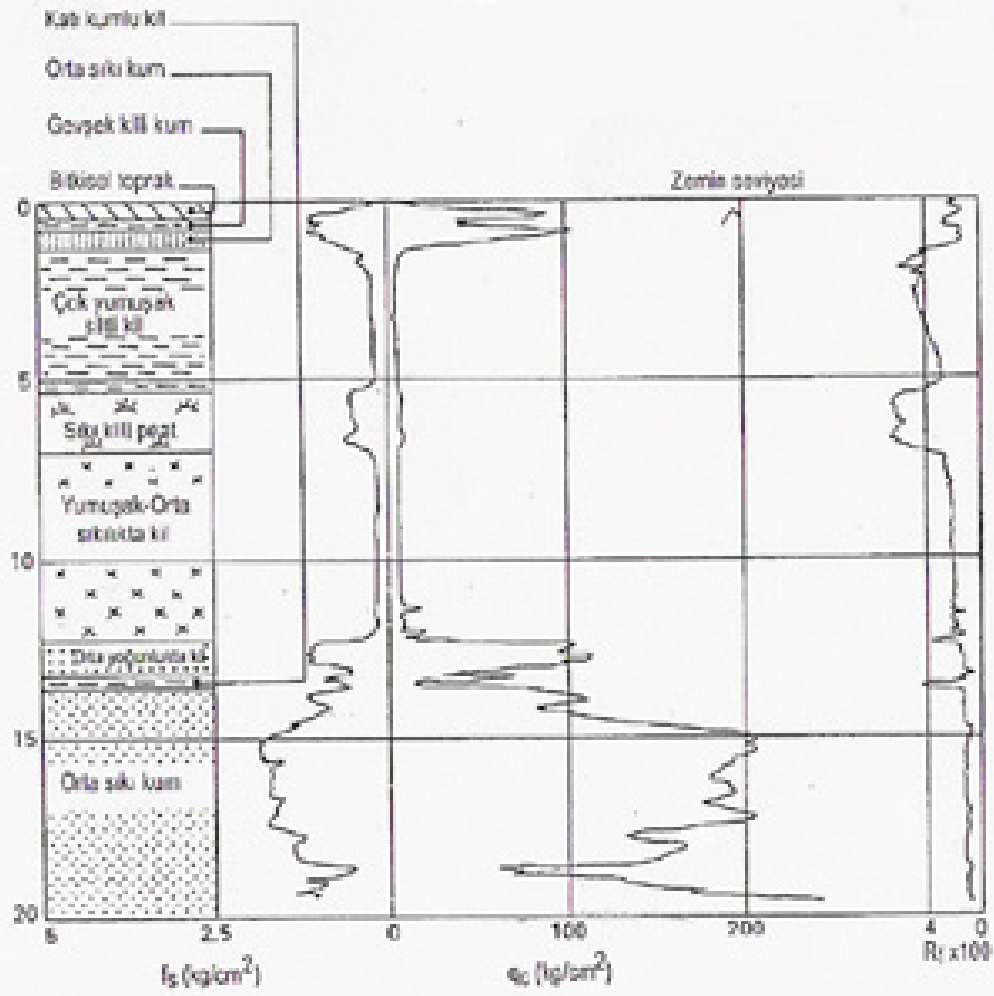
a) Statik Koni CPT Testi

b) Elektronik CPT Testi

Statik Koni CPT Testi:

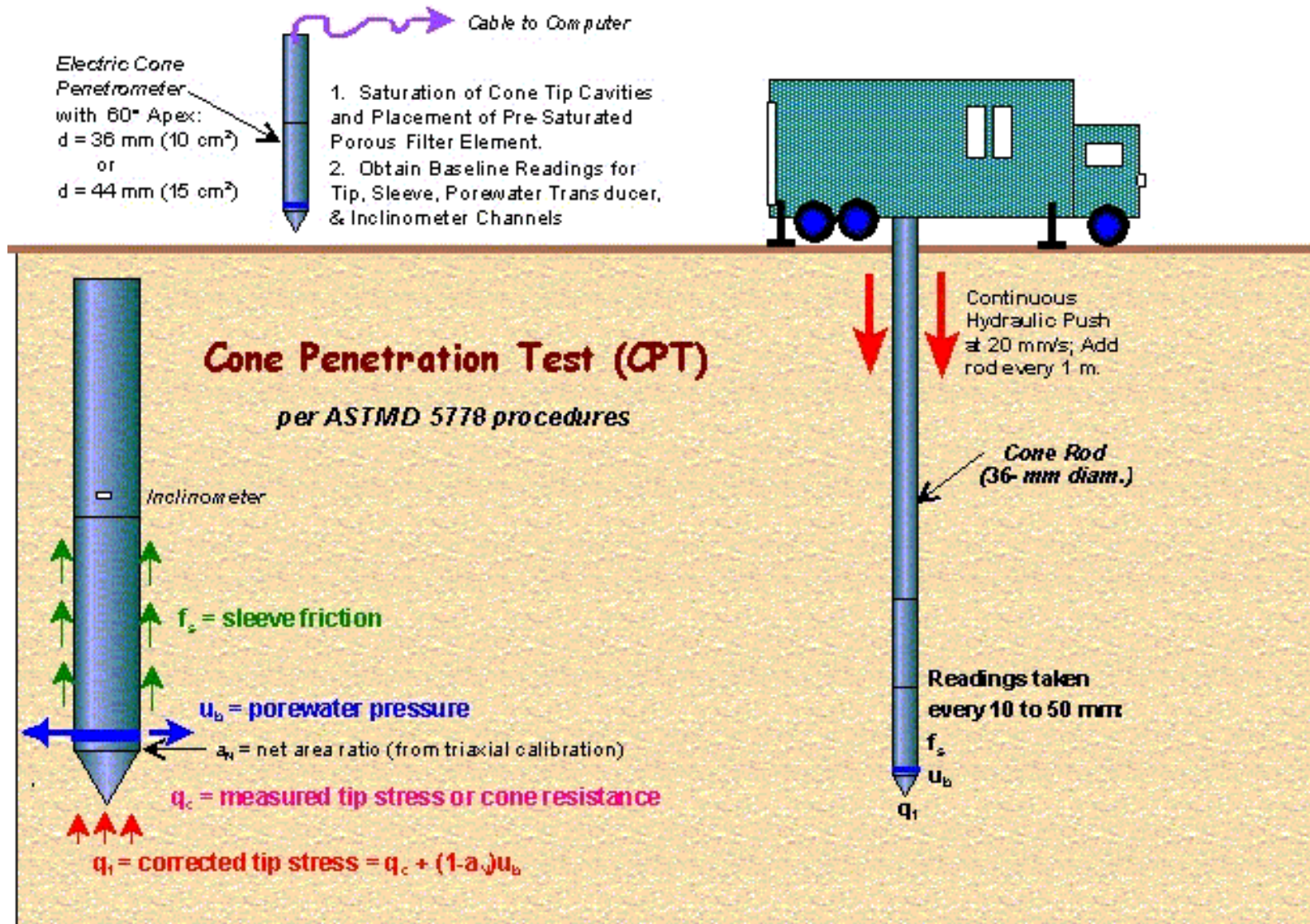
Begemann konisi statik bir penetrometre olup ucu **60 derece** açılı ve uç alanı **1000 mm²** (**35,7 mm** çapında)'dır. Bu koni klavuz çubuğuna bağlı olup sondaj kuyusu olmaksızın **15-20 mm/san** hızla zemine hidrolik bir kuvvetle batırılır ve basınç kaydedilir. Sondalama sırasında ölçülen uç direnci (q_c) ve çeper sürtünmesi (f_s) değerleri ile zemin özelliklerinin derinlikle değişimi saptanır.



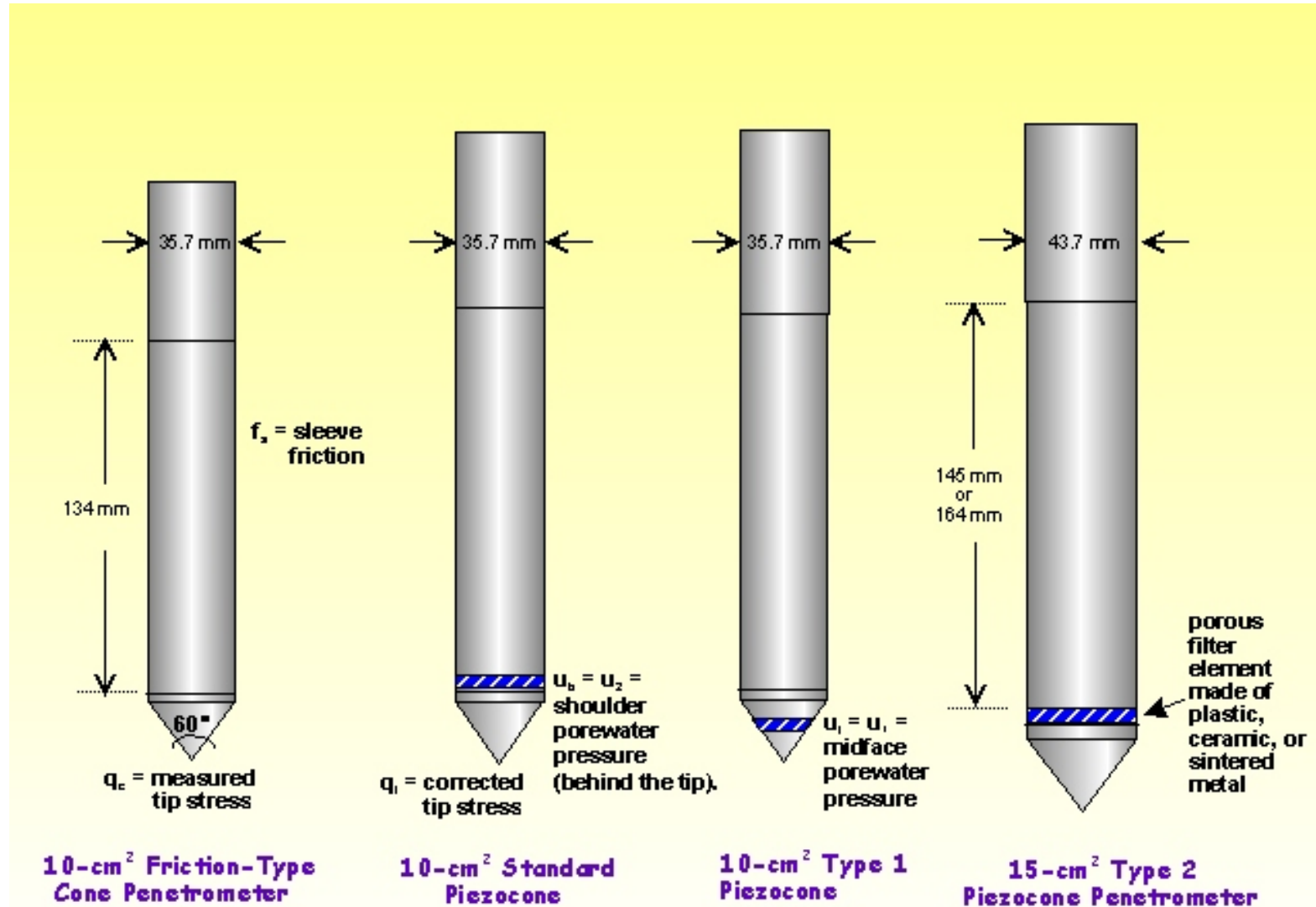


UYGULANABİLİRLİK

CPT genellikle 150 feet derinliğe kadar uygulanır. Ama 300 feet derinliğe kadar uygulamak mümkündür.



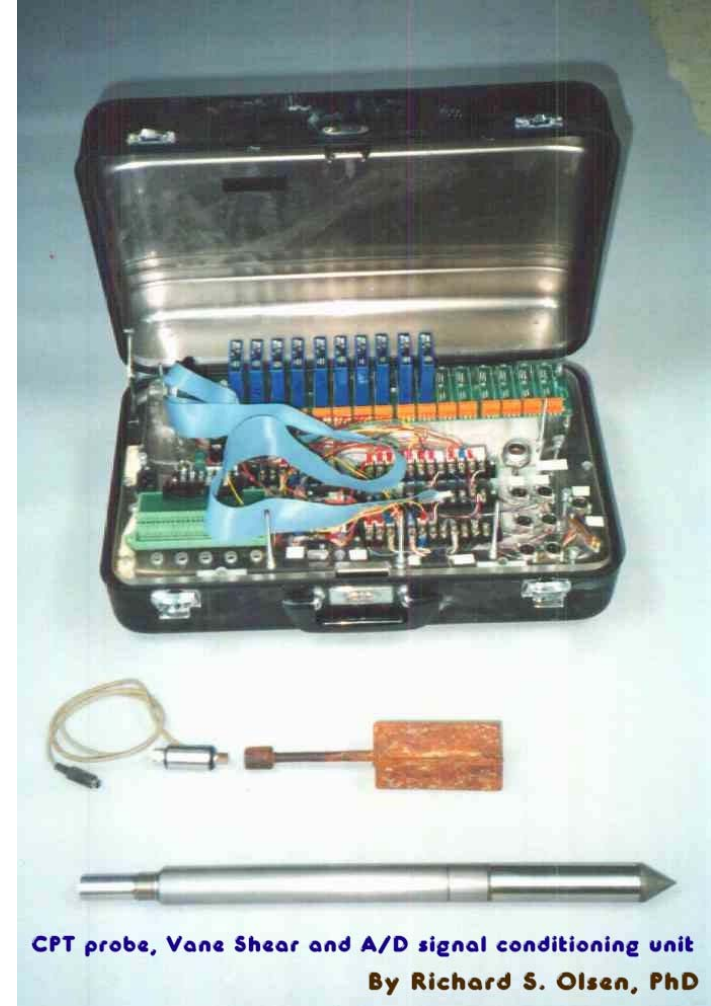
Aşağıdaki grafikte boşluk suyu basınç elementlerinin pozisyonlarına göre değişen birkaç konik konfigürasyon gösterilmiştir.



CPT KULLANIMI İLE İLGİLİ SINIRLAMALAR VE GÖRÜŞLER

- CPT yüksek yoğunluklu zeminlere sahip arazilerde uygulanamaz.
- Çoğu sensör araziye ait karakteristik dataların görüntülenmesinde kullanılır. Bu dataların doğrulanması toplanan örneklerin laboratuardaki testleri ile desteklenir. Bu durum sensör teknolojisindeki gelişim ile sınırlandırılmıştır.
- CPT'nin konsolide olmamış karışıma sahip zeminlerde kullanılması uygundur. Öte yandan iri kayalar ve çimentolaşmış katmanlara sahip zeminlerde penetrasyon uygulaması oldukça zordur.
- CPT sensörlerinde mercekler zemindeki reaksiyonların etkisiyle kirlenmek suretiyle olumsuz etkilenebilirler.

CPT ile ilgili görüntüler





Fugro CPT truck at the Port of Los Angeles.



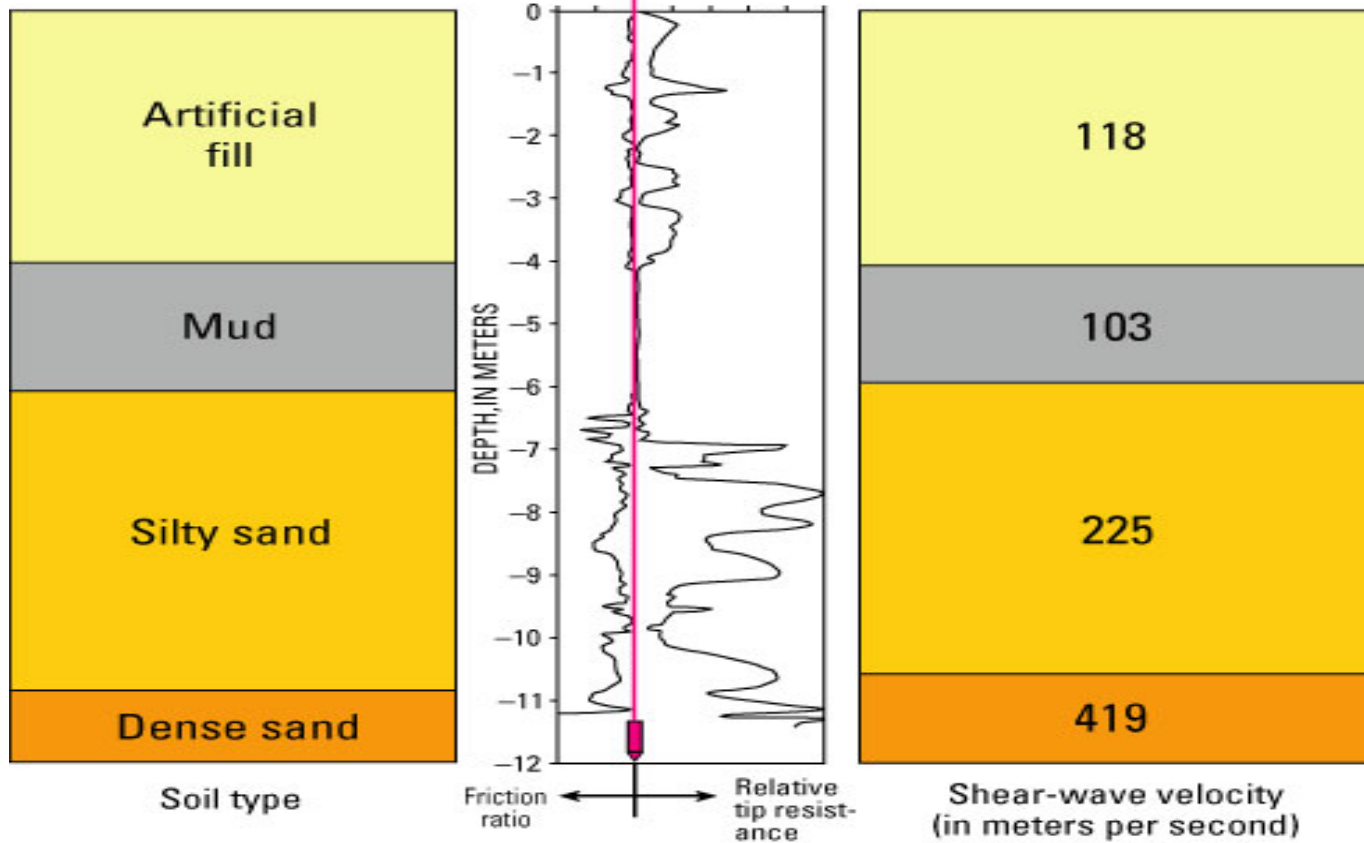
CPT testing at the San Francisco Bay Bridge.



CPT testing on the railroad tracks at Lewis Road.



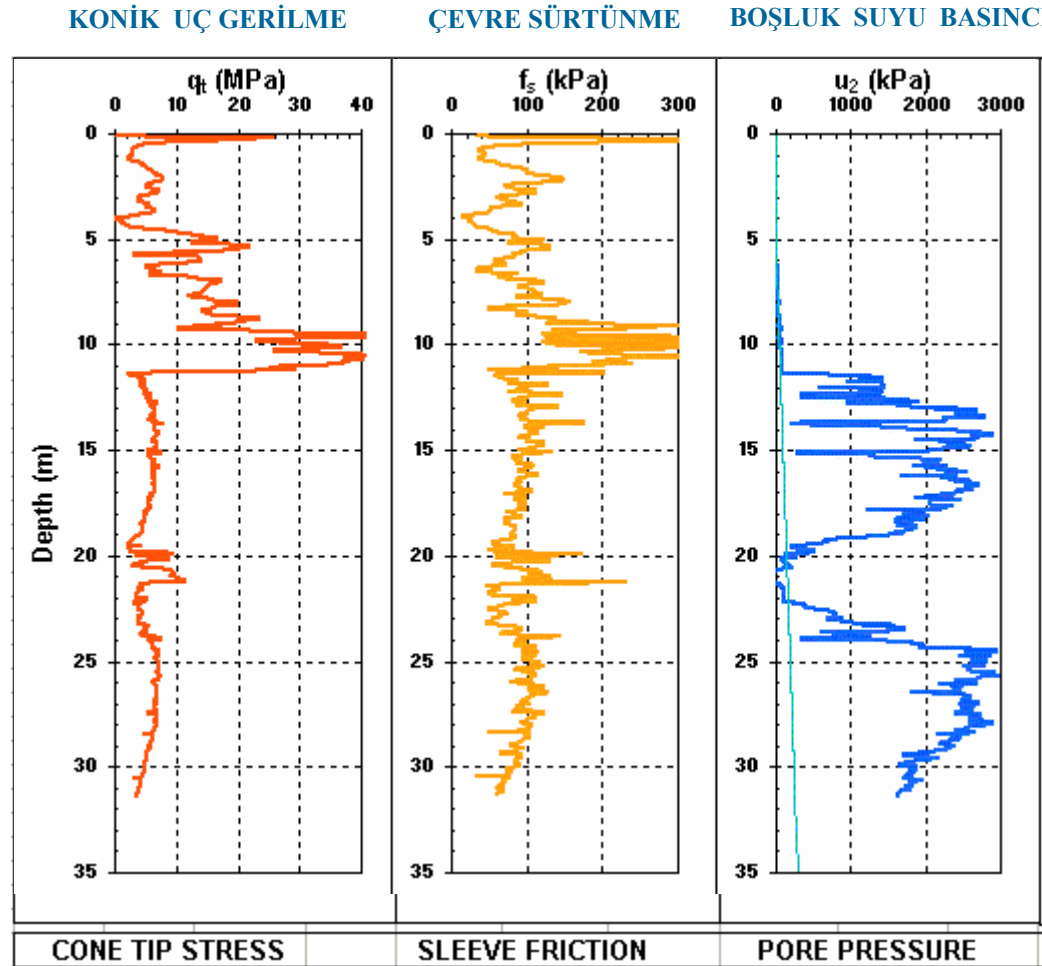
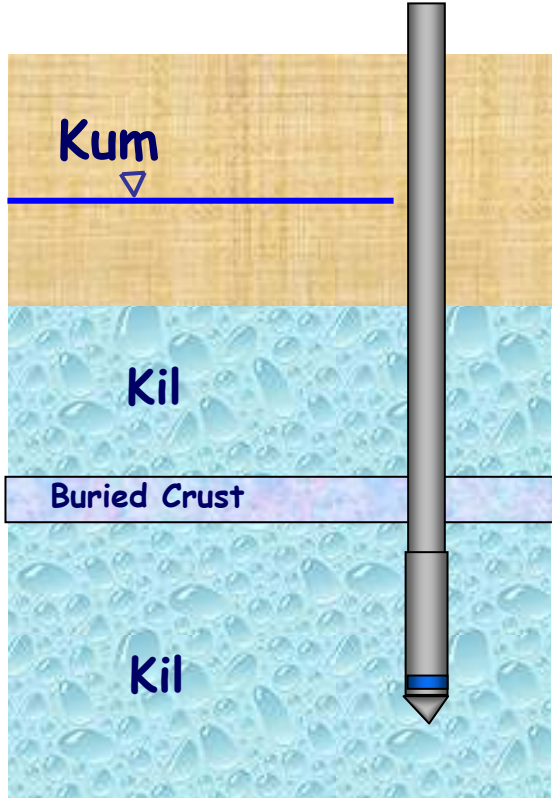




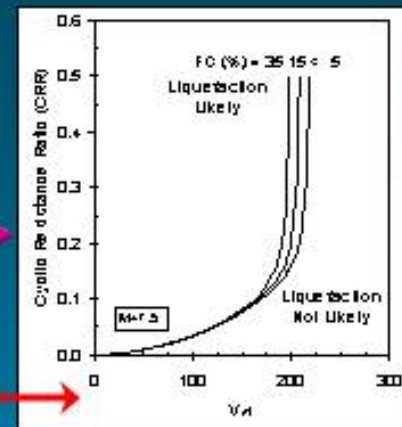
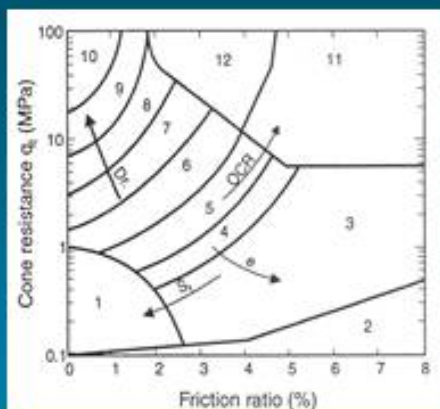
KONİK PENETRASYON TESTİ (CPT)

Bilgisayar Ekranından Gerçek Zamanlı Data Okumaları

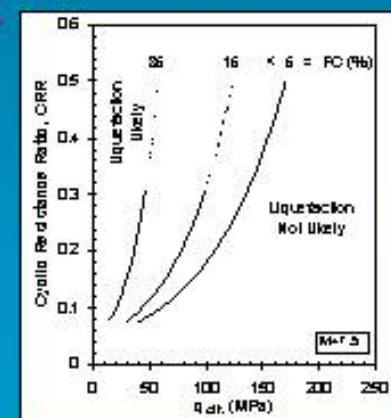
2 cm/s deki Penetrasyon



Piezocone Tests to Evaluate Seismic Ground Hazards



Stress-Based $V_{s,1}$



Stress-Based q_{c1}

Soil Type:

- Nonliquefaction Susceptible
- Liquefaction Susceptible

Site-Amplification (SHAKE Profile)

CPT ALETLERİ VE KULLANIM YERLERİ





Mini Cone

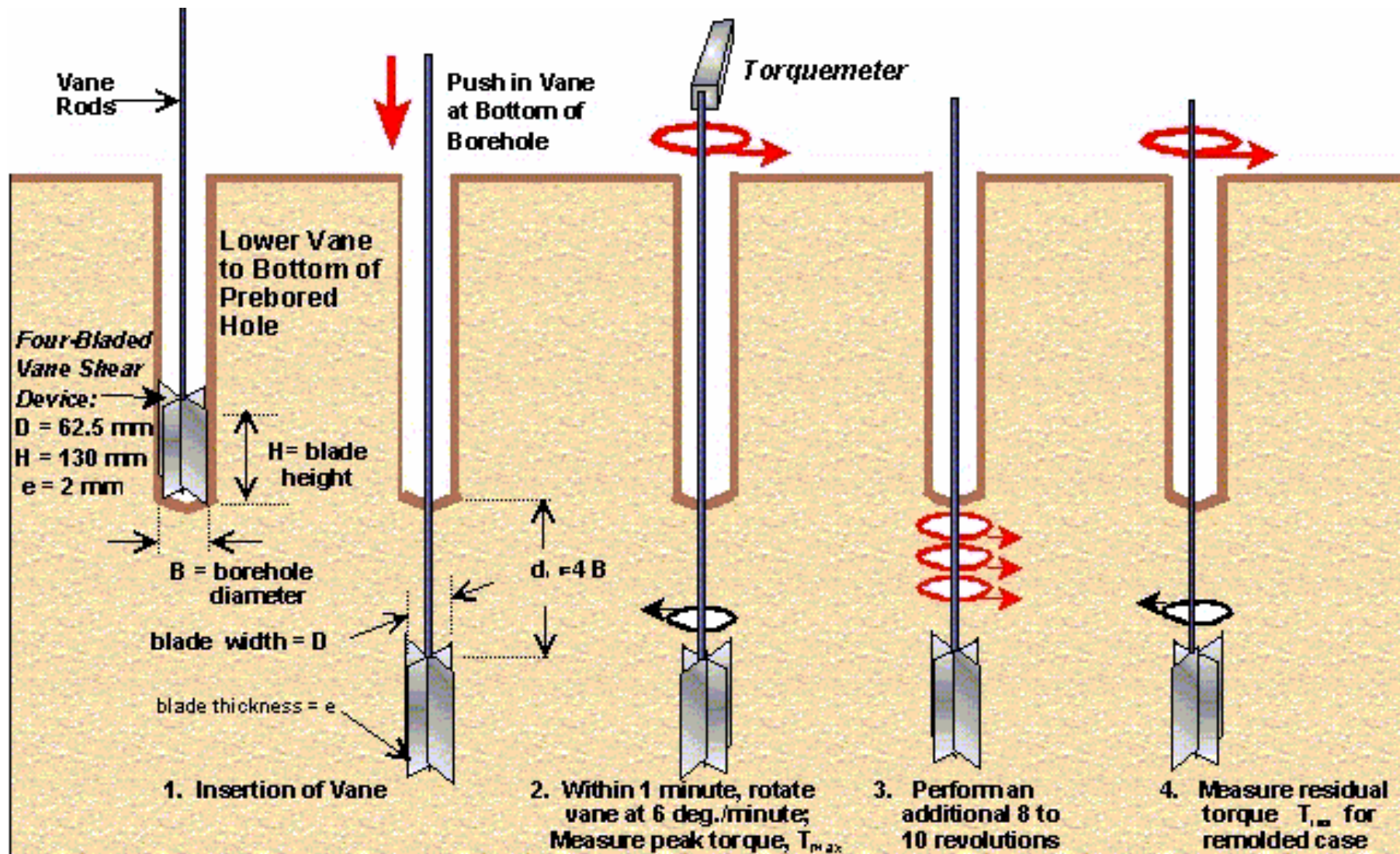
10cm²
Cone

15cm²
Cone

40cm² Cone

VEYİN DENEYİ





Vane Shear Test (VST) per ASTM D 2573:

Undrained Shear Strength: $S_{uv} = 6 T / (7 \pi D^3)$ For $H/D = 2$

In-Situ Sensitivity: $S_t = S_{uv} (\text{peak}) / S_{uv} (\text{remolded})$

Rijit bir çubuk ucundaki 4 kanatlı kesici sondaj deliği tabanında zemine batırılıp döndürülürse bu işlem için gerekli kuvvet (moment) ile zeminin kayma mukavemeti arasında bir ilişki kurulabilir. Deney, zeminin yoğrulmuş mukavemetini ölçmek için de uygundur. Bu amaçla burulmayı ölçmekte kullanılan düzenek ,çubuklarından çıkarılır ve 6 tur döndürülür, 5 dakika geçtikten sonra normal yolla deney yapılır.

Deney normal olarak oldukça üniform,suya doygun kohezyonlu zeminlerden drenajsız kayma mukavemeti 100 kN/m² 'e kadar olanlarında yapılabilir.Daha sert killerde özellikle kesme sırasında hacim artışı eğilimi varsa veya fissür içeriyorsa sonuçlar güvensizdir.Deney diğer yandan hassas killeri için çok elverişli bir deney tekniğidir.

Dakikada 10-60 lik açısal hızla döndürüldüğünde ölçülen maksimum burulma T ise

$$T = \pi \cdot D \cdot S_v \cdot \frac{D}{2} + 2 \cdot S_H \int_0^{D/2} 2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr$$

$$= \pi \cdot D^2 \cdot H \cdot S_v / 2 + \frac{\pi \cdot D^3}{6} \cdot S_H$$

olacaktır.Burada Sv ve SH sırasıyla düşey ve yatay yönde drenajsız kayma mukavemetidir.Anizotropik ortamlarda farklı

boyutta veynler kullanmak gerektiği açıktır.

Üniform,izotropik koşullarda Sv= SH= Su olur.

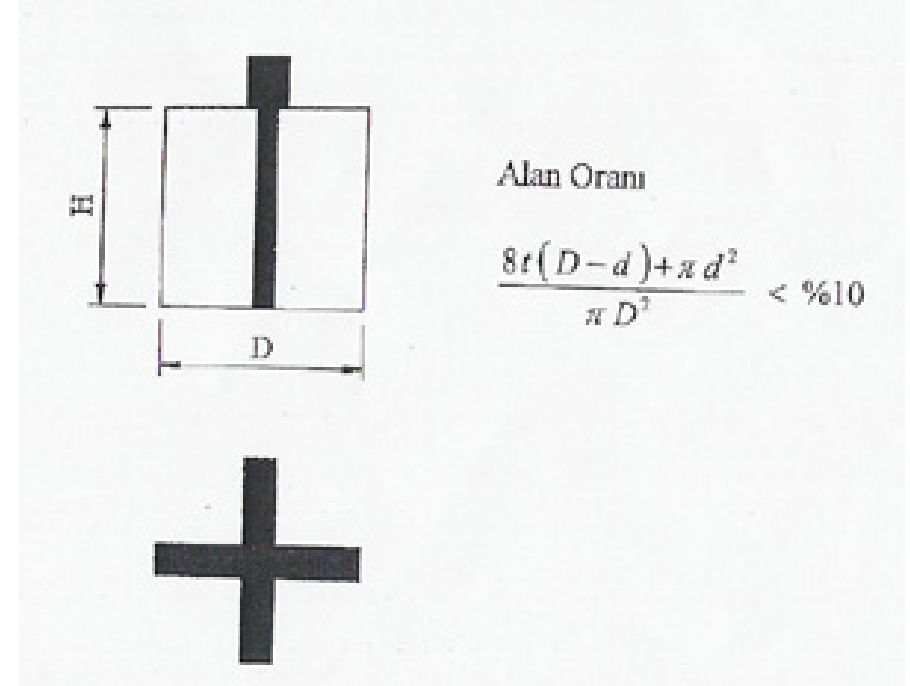




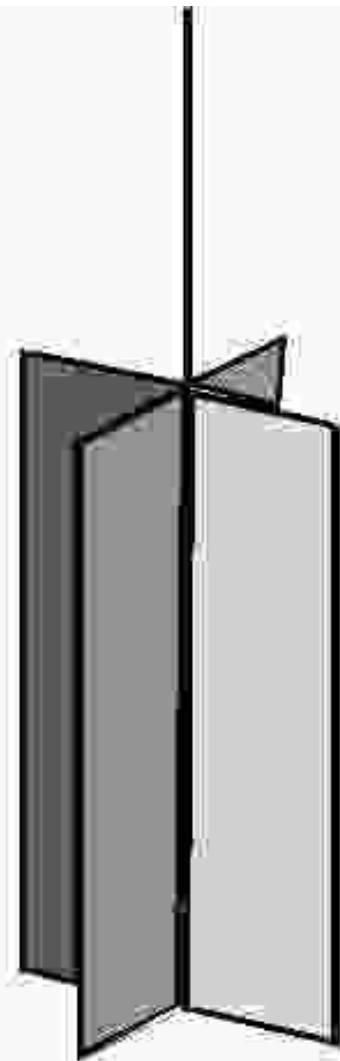
Photo by: D. P. Zeccos
Geoengineer Website
<http://www.geoengineer.org>



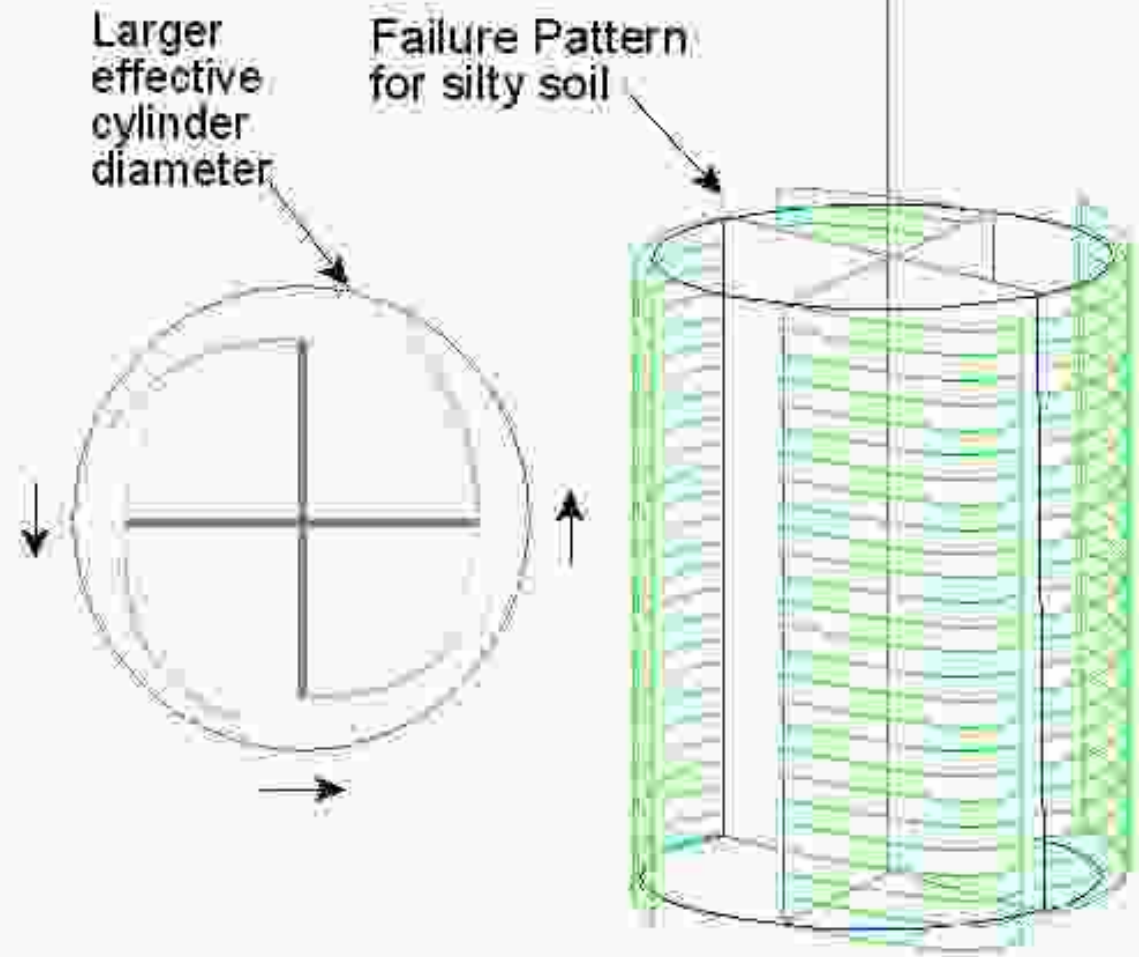
Veyn Boyutları

Kılıf Çapı	H (mm)	D (mm)	t (mm)	Çubuk Çapı (mm)
AX	76.2	38.1	1.6	12.7
BX	101.6	50.8	1.6	12.7
NX	127.0	63.5	3.2	12.7
101.6 mm ⁺	184.1	92.1	3.2	12.7

Deneyin bir sondaj deliği tabanından sonraki örselenmemiş kesimde yapılması önemli bir avantajdır. Hassas killerde elde edilen sonuçlar, genel amaçlı örnek alıcılar yardımı ile alınan örneklerde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına göre daha fazla değer vermekte ve daha gerçekçi oldukları kabul edilmektedir.



Field Vane Shear



Field Vane Shear testing in silty clays

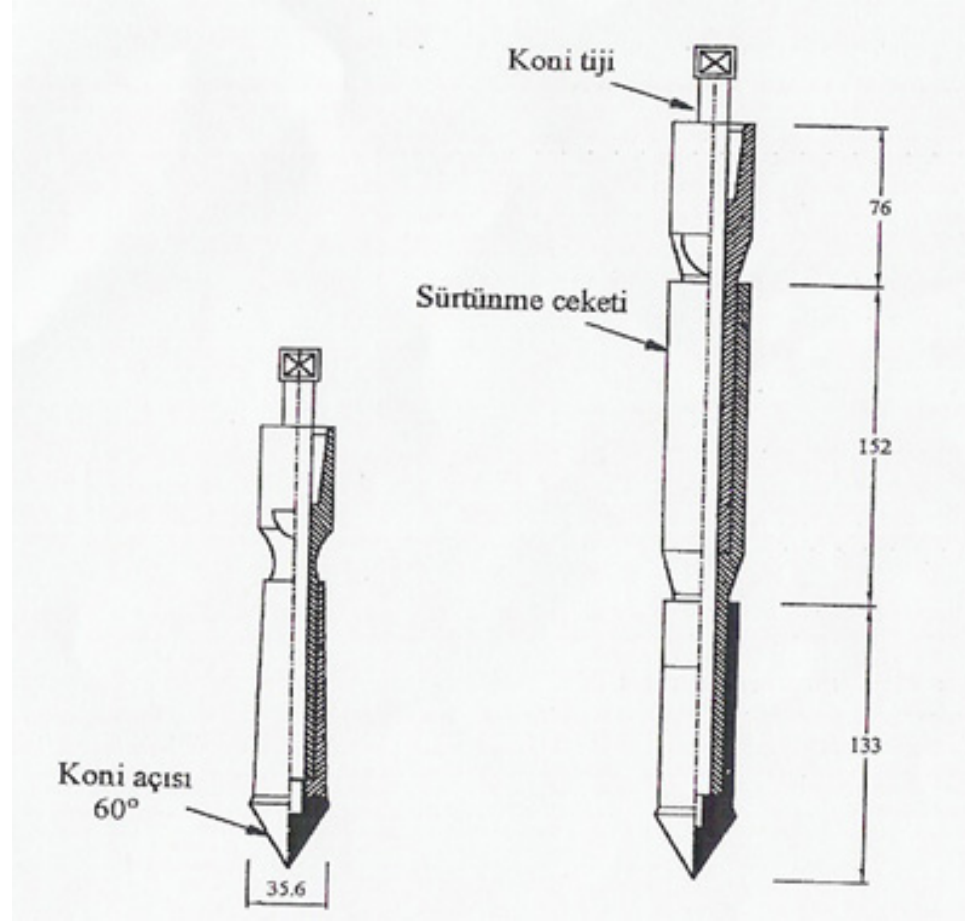
SONDALAMA

- Sağlam tabakaya kadar derinlikleri fazla olmayan zayıf zeminlerin yüzeyden başlayarak sondalanması uzun zamanlardan beri başvurulan arazi deneylerindedir. En basit şekilde sivriltilmiş bir çelik çubuğun itilmesi veya çakılması ile yapılabilir.

- Dinamik olarak yapılan sondalama deneylerinde çubuk çapından biraz daha büyük koni, belirli bir ağırlığın belirli bir yükseklikten düşürülmesi ile çakılmaktadır. Böyle düzenleme ile çubuk sürtünmesi ortadan kaldırılmışsa da fazla derinlikler için yine de bir etken olabileceği düşünülmelidir.

- Çevre sürtünmesi ,istenilen derinliğe kadar sondaj yoluyla ilerlemek veya deney çubuklarını kılıf içersinden geçirerek ortadan kaldırılabilir.
- Dinamik sondalama deneylerinde bir uç ve ona bağlı çubuklar zemine itilmekte,gösterilen direnç mekanik,elektrik veya hidrolik sistem yardımı ile ölçülmektedir.Direnç,çubuğun belirli bir bölgesinde yanda veya toplam olarak ölçülmektedir.

- Mekanik Hollanda konisinde iki tür koni vardır .Sürtünme çeketsiz ve sürtünme ceketli koni.



- Sürtünmesiz tipte konideki kuvvet koni dış sonda borusundan bağımsız olarak bir iç çubuk tarafından itilirken zemin yüzündeki hidrolik bir gereç yardımı ile ölçülmektedir.
- Sürtünmeli konide ise başlangıçta ilkindekine benzer bir ölçüm yapılmakta daha sonra sürtünme ceketini ile birlikte koni itilmesi sırasında toplam kuvvet ölçülmektedir.

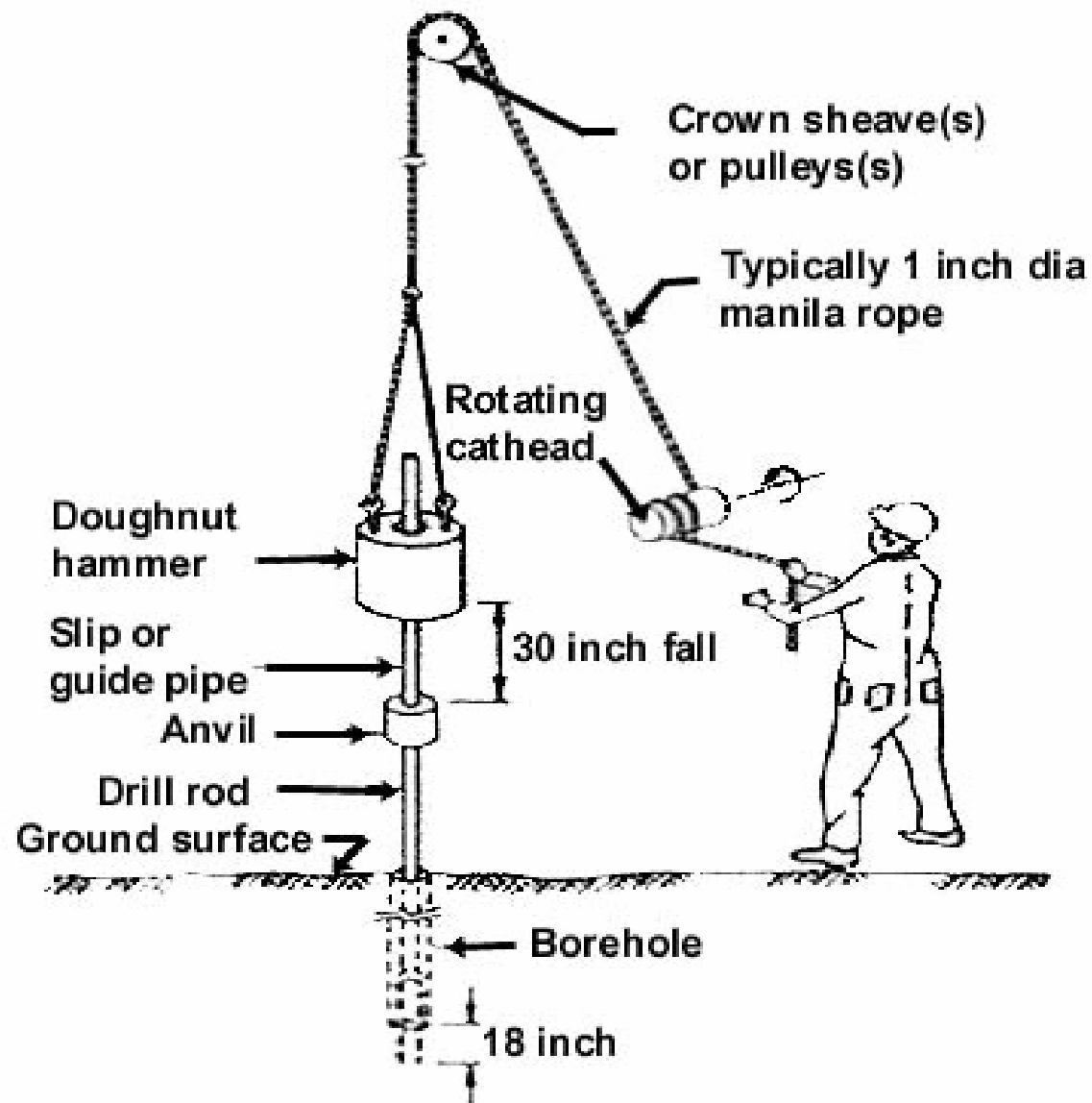
KAYNAKLAR

- **GEOTEKNİK UYGULAMALARI İLE İLGİLİ WEB SİTELERİ**
- <http://www.liqufaction.com>
- <http://geopubs.wr.usgs.gov>
- <http://www.cpeo.org>
- **FUNDAMENTALS OF GEOTECHNICAL ENGINEERING Braja M. Dos.**
- **YOL MÜHENDİSLİĞİNDE GEOTEKNİK VE UYGULAMALARI İLE İLGİLİ KİTAP VE YAYINLAR**

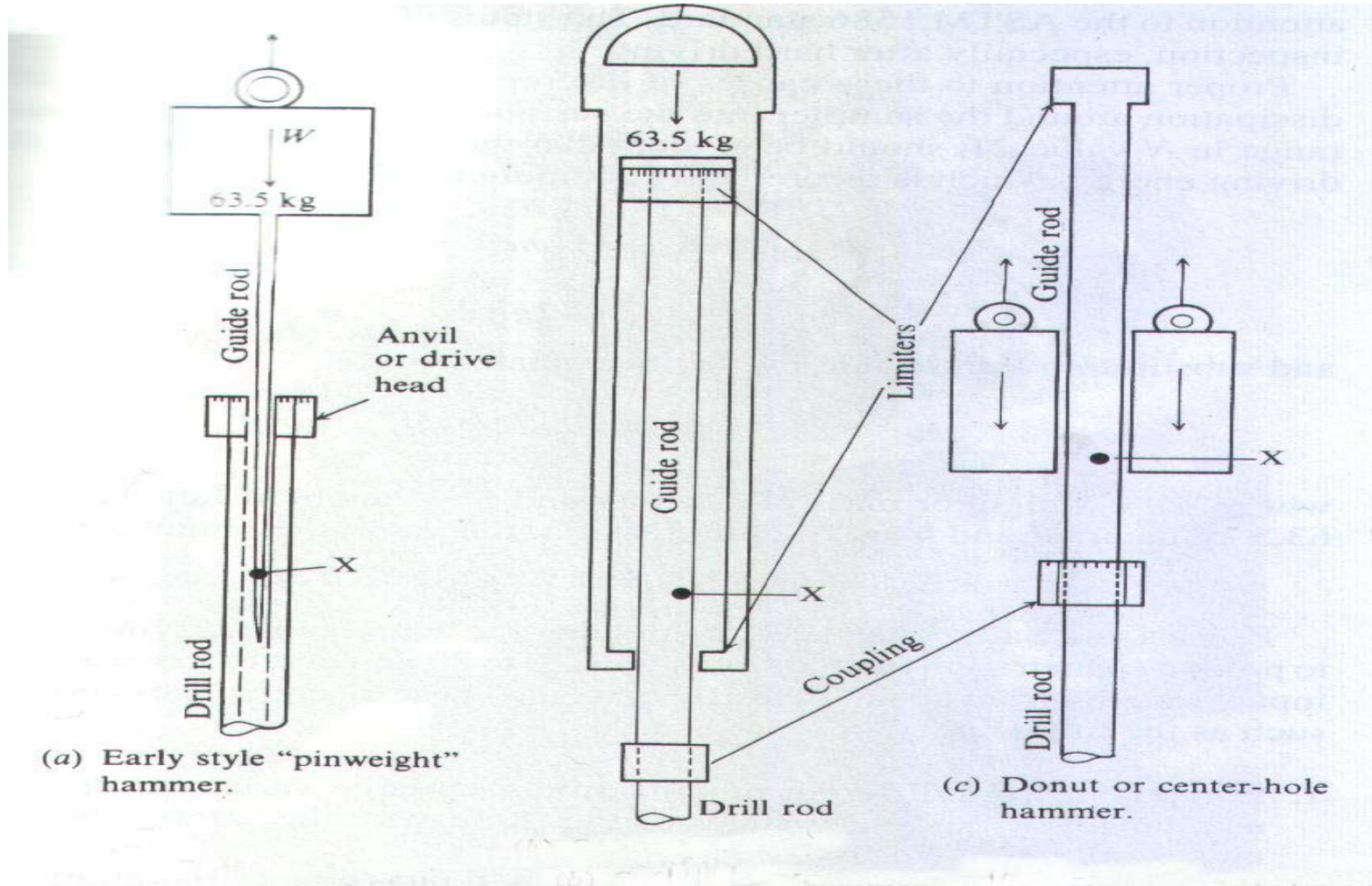
STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)







Çok kullanılan SPT türleri



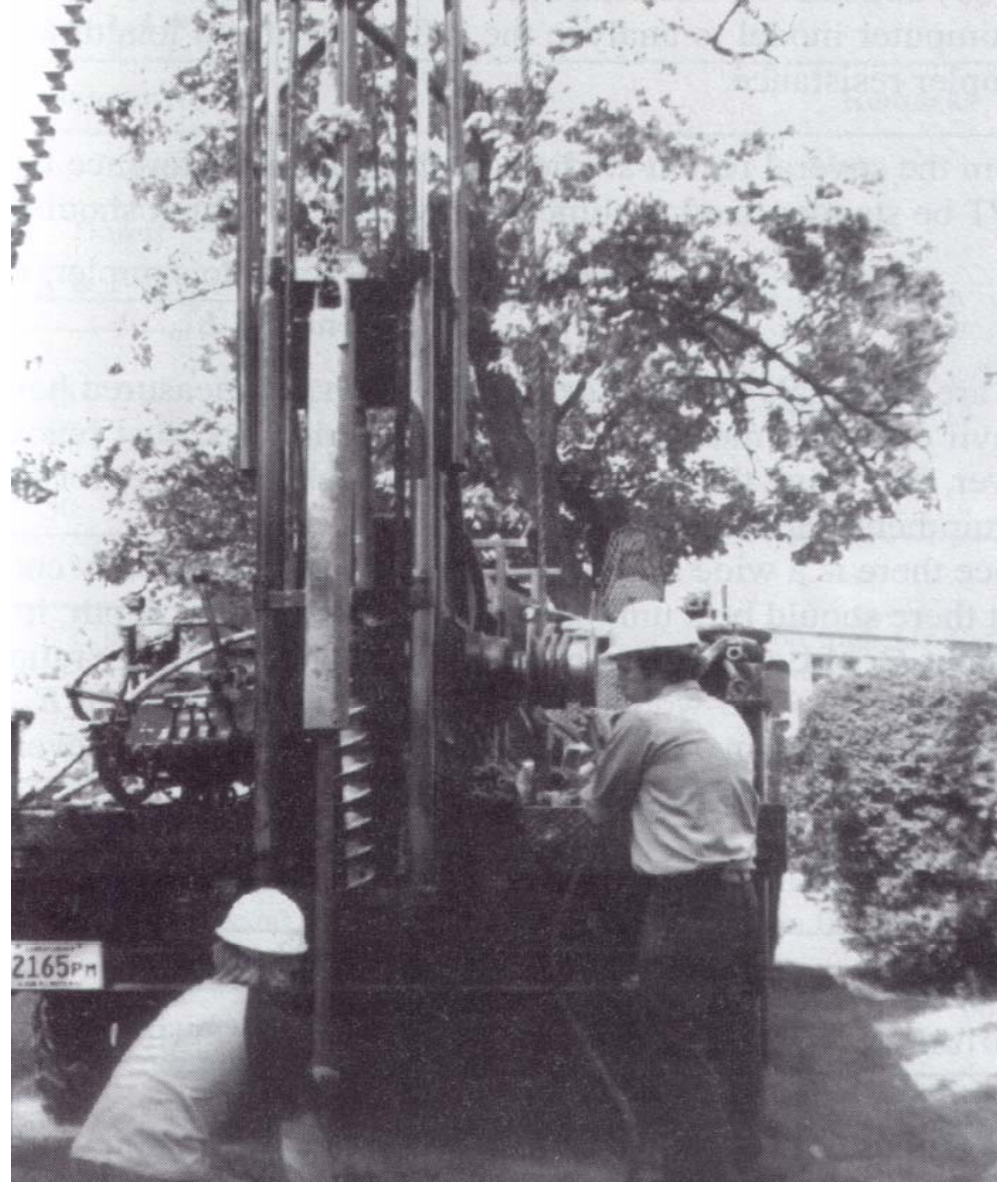
Tokmak



Zeminin Sondajının Yapılması



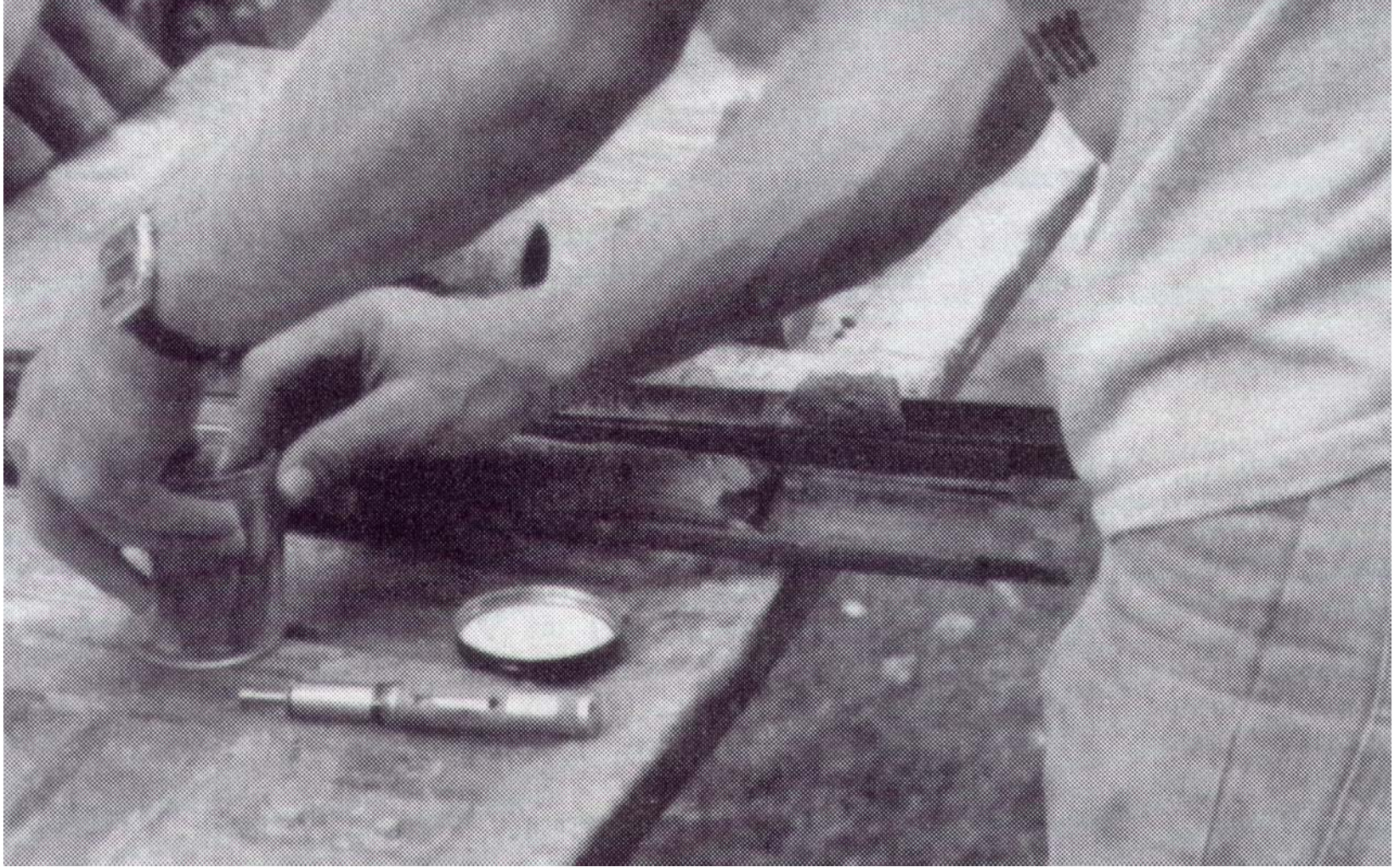
Tokmağın düşürülmesi



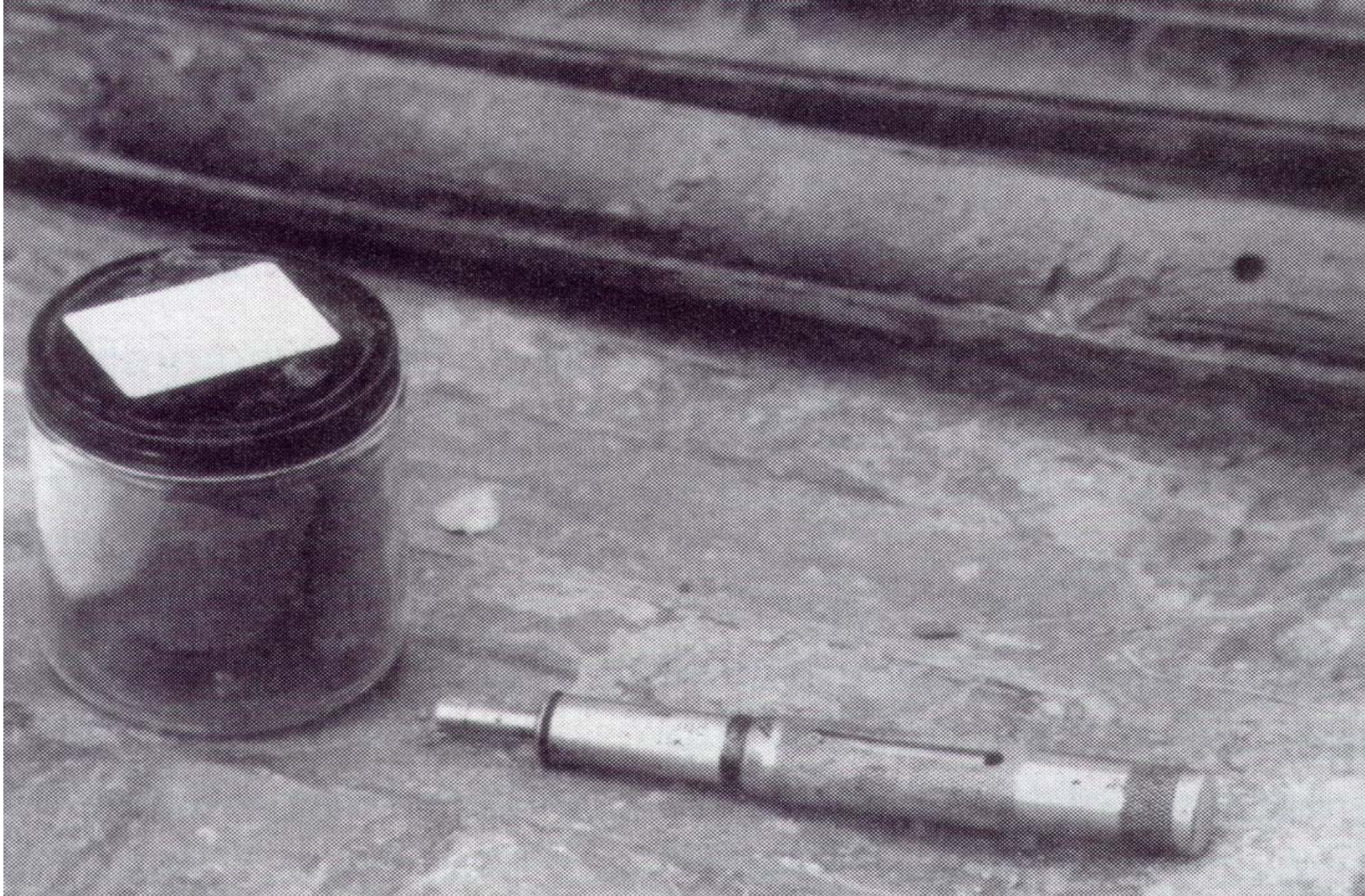
Örnek alıcıdan numunenin alınması



Numuneden alınan örneğin kaba aktarılması



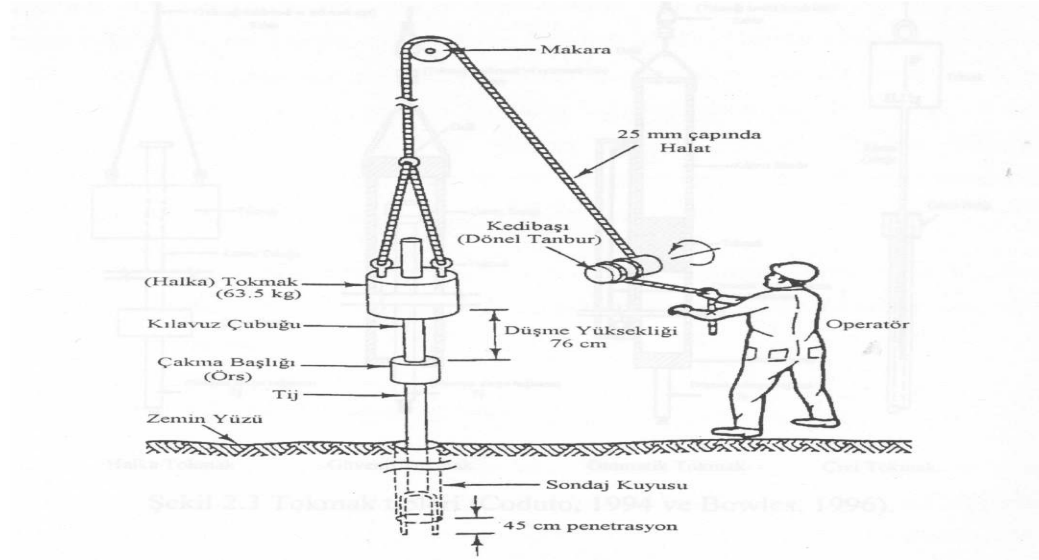
Kaba aktarılan numunenin laboratuara götürülmesi



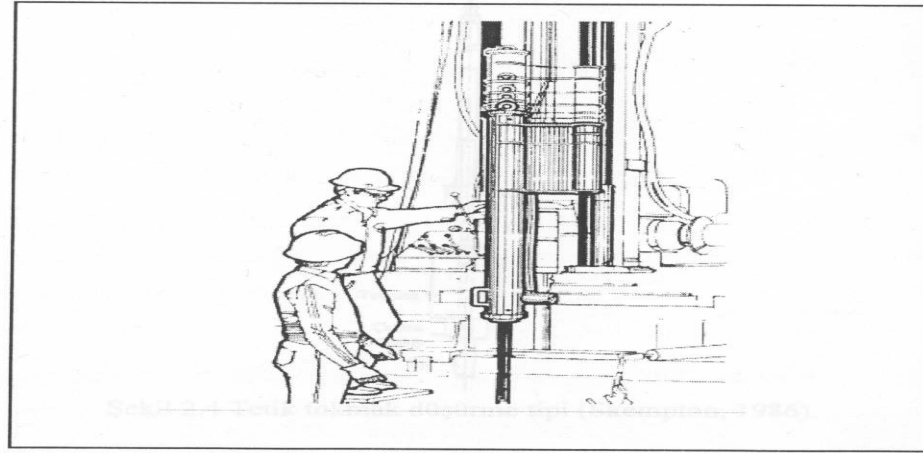
N Değerlerini etkileyebilecek etkenler :

- Sondaj deliğinin yeterince temizlenmeyişi
- Örnek alıcının sondaj kılıfı alt ucundan yukarıda çakılması
- Sondajda yeteri kadar hidrolik yük sağlanamaması
- Deney yapanın gösterdiği özen
- Örnek alıcının fazla çakılması
- Örnek alıcının çakılla tıkanması
- Tıkanmış kılıf borusu
- Kılıf borusu alt ucu ötesinin fazla yıkanması
- Delme yöntemi
- Standart olmayan tokmak düşüşü
- Tokmağın serbest düşüşünün sağlanamaması
- Doğru ağırlık kullanılmaması
- Ağırlığın aksenal düşmesi
- Kılavuz kullanılmaması

UYGULAMA ŐEMASI



Şekil 2.1 SPT'nin yapılışı (Coduto, 1994).



Şekil 2.2 Otomatik CME tokmak sistemi (Farrar, Chitwood, 1999).

UYGULAMA RESMİ



UYGULAMA RESMİ 2



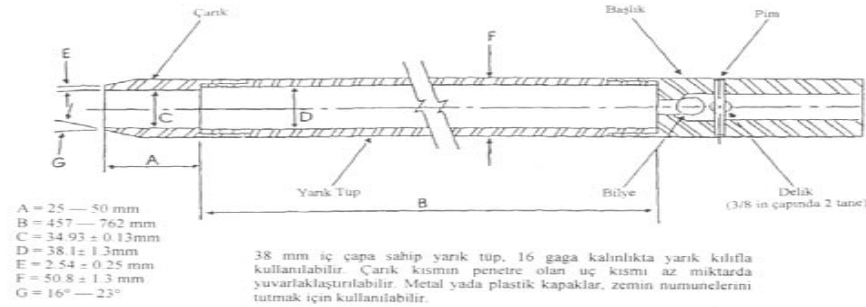
SUDA UYGULAMA



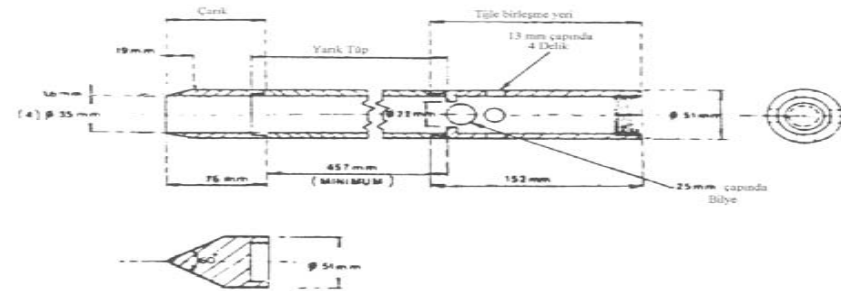
FARKLI MEKANLARDA UYGULAMA



SPT KAŞIĞI



Şekil 2.5 Standart penetrasyon kaşığı (numune alıcı) (ASTM, 1997).



Şekil 2.6 Avrupa standart penetrasyon kaşığı (Nixon, 1982).

KULLANILAN ALETLER 1

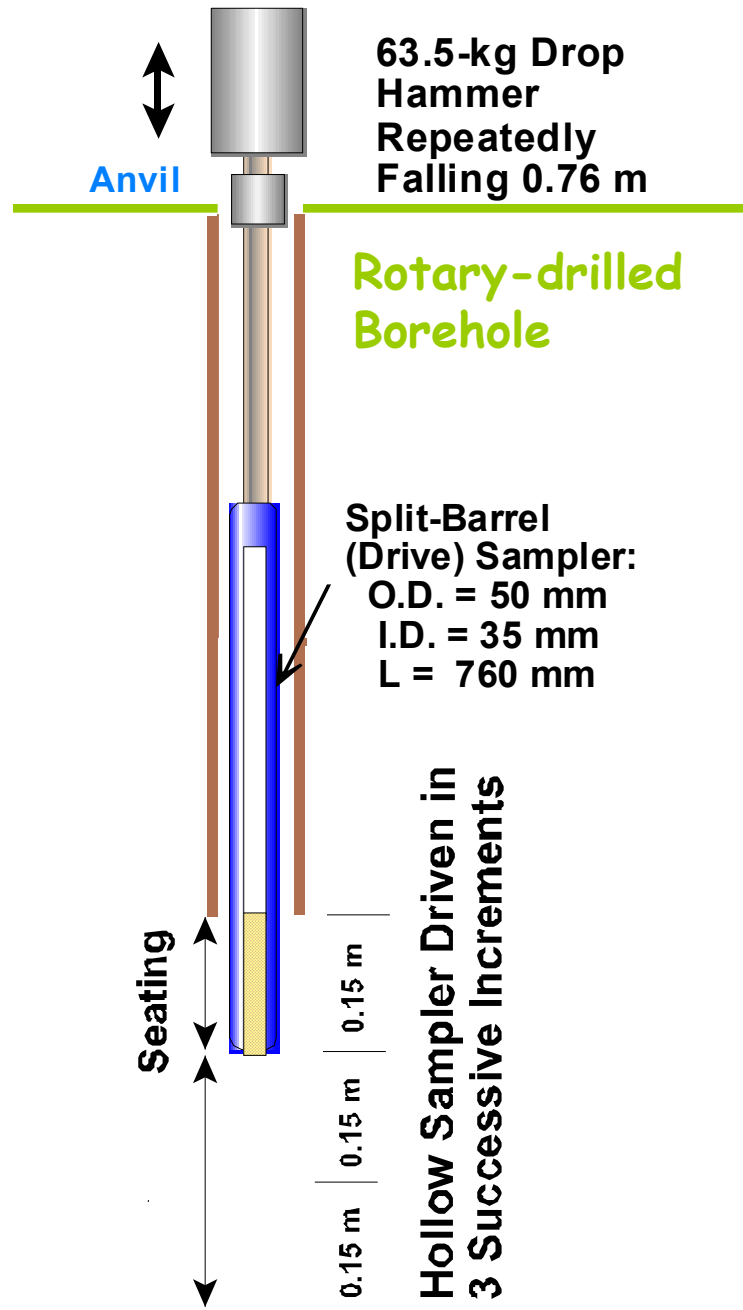


KULLANILAN ALETLER 2



KULLANILAN ALETLER 3





SONDAJ İÇİN DELİCİLER



NUMUNE ALICI



SPT-N HATA VE DÜZELTMELERİ

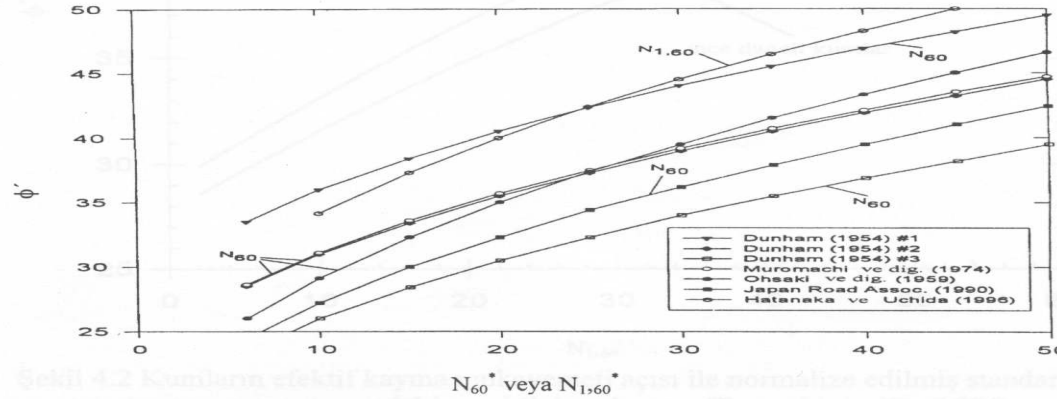
Tablo 3.1 Ölçülen Penetrasyon Direncini Etkileyebilen Faktörler (NAVFAC, 1982).

Prosedür	Yorumlar
Sondaj deliğinin yeterince temizlenmemesi.	SPT deneyi yalnızca kısmen örselenmemiş zeminde yapılır. Numune alıcıya çamur girer ve numune alıcı çakıldığında sıkışır. Bunun sonucu olarak vuruş sayısını artırır.
Numune alıcının örselenmemiş zemine oturmaması.	Doğru olmayan SPT-N değerleri elde edilir.
Numune alıcının, kaplama borusunun alt ucundan daha yukarıdaki bir seviyeden zemine çakılması.	Kum zeminlerde SPT-N sayıları artar, kil zeminlerde ise azalır.
Sondaj deliği içerisinde yeterince hidrostatik basınç sağlanmaması.	Sondaj deliği içerisindeki yeraltı su seviyesi yüksekliği en azından kum zemin içerisindeki piyezometrik basınca eşit olmalıdır. Aksi takdirde sondaj deliği dibindeki kum gevşek duruma dönüşür.
Operatörün tutumu	Aynı numune alıcıyı kullanarak aynı zemin için vuruş sayıları, operatörün kim olduğuna hatta operatörün ruh haline ve sondaj açma zamanına bağlı olarak değişebilmektedir.
Aşırı hız düzenli numune alıcı	Daha büyük vuruş sayıları genellikle aşırı hız düzenli numune alıcıdan meydana gelir.
Numune alıcının çakılla tıkanması durumu	Numune alıcı ağızına iri çakıl veya taş rastlayıp tıkadığında daha büyük SPT-N sayıları oluşur. Gevşek kumun direnci gerçeğinden daha büyük tahmin edilir.
Kaplamamanın tıkanması	Numune yeraltı su seviyesinin altında olduğunda gevşek kumlar için yüksek SPT-N değerleri kaydedilebilir. Hidrostatik basınç kumun yükselmesine ve kaplamayı tıkanmasına sebep olur.
Kaplama borusunun ilerisinin aşırı yıkanması	Sıkı kum için, aşırı yıkanmasından dolayı kum gevşeyeceği için, düşük SPT-N değeri meydana gelebilir.
Sondaj açma metodu	Sondaj açma tekniği (kaplanma borusu veya çamurla stabilize) aynı zemin için farklı SPT-N değerleri meydana getirebilir.
Tokmağın serbest düşmesinin engellenmesi	Tambur çevresine 1.5 defadan fazla sarılı halatın ve/veya çelik halatın kullanılması tokmağı serbest düşürmesini engelleyecektir. Dolayısıyla düşük SPT-N sayıları elde edilecektir.
Doğru tokmak ağırlığı kullanılmaması	Çakma tokmağının ağırlığı standarttan 4.5 kg kadar değişebilmektedir.
Tokmağın çakma başlığına merkezi olarak çarpmaması.	Çarpma enerjisi azalır dolayısıyla SPT-N sayıları artar.
Kılavuz çubuğunun kullanılmaması.	Doğru olmayan SPT-N sayıları elde edilir.
Numune alıcı ucunda hasar görmüş çarık kullanılması.	Çarık ucu hasara uğrarsa ve çarık boşluğu azalır veya uç ala artarsa SPT-N değeri artabilir.
Standarttan daha ağır tijlerin kullanılması	Daha ağır tijlerle daha çok enerji absorbe edileceğinden SPT-N değerlerinde artmaya sebep olur
SPT-N sayısı ve penetrasyonu kayıtlarının düzenli ve doğru bir şekilde alınmaması	Doğru olmayan SPT-N değerleri elde edilir.
Doğru olmayan sondaj açma prosedürü	SPT deneyi ilk olarak yıkamalı sondaj tekniğinden geliştirilmiştir. Zemini ciddi manada örselleyen sondaj açma prosedürleri SPT-N değerini etkileyecektir (tel kablo alet ekipmanı ile sondaj gibi).
Çok geniş sondaj deliği çapı kullanılması	4 in çapından daha büyük sondaj delikleri tavsiye edilmemektedir. Daha geniş çapların kullanımı SPT-N değerinde azalmalar meydana getirebilir.
Çok yüksek kapasiteli pompa kullanmak	Çok yüksek kapasiteli pompa sondajın tabanında zemini gevşetecektir. Dolayısıyla SPT-N sayısında azalmaya sebep olur.

SPT-N VE EFEKTİF KAYMA MUK. İLİŞKİSİ

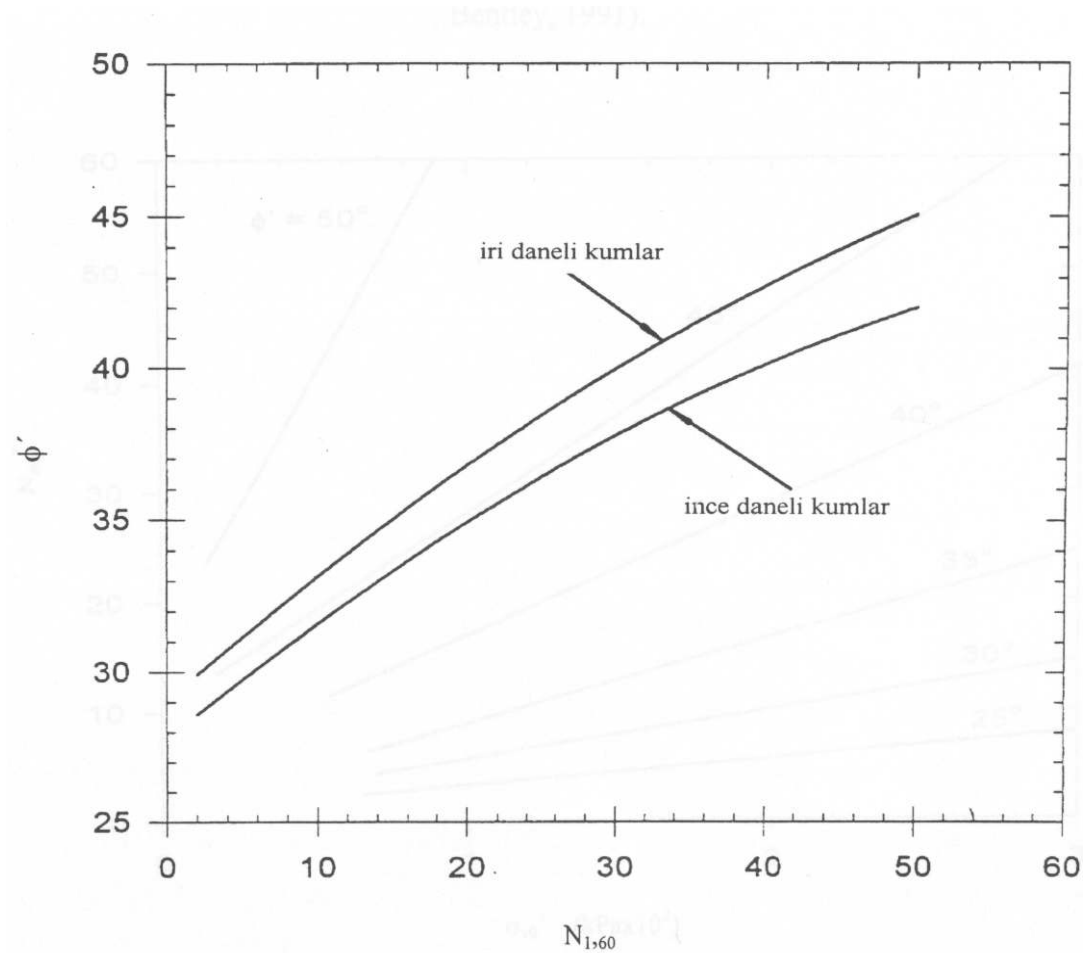
Tablo 4.1 SPT-N ile ϕ' arasındaki ilişkiler (McGregor ve Duncan, 1998).

Zemin Cinsi	ϕ' (°)	Referans
Köşeli ve İyi Derecelenmiş Zemin Daneleri	$\phi' = (12N_{60}^*)^{0.5} + 25$	Dunham (1954), (#1)
Yuvarlak ve İyi Derecelenmiş veya Köşeli ve Üniform Derecelenmiş Zemin Daneleri	$\phi' = (12N_{60}^*)^{0.5} + 20$	Dunham (1954), (#2)
Yuvarlak ve Üniform Derecelenmiş Zemin Daneleri	$\phi' = (12N_{60}^*)^{0.5} + 15$	Dunham (1954), (#3)
Kumlu	$\phi' = (12N_{60}^*)^{0.5} + 15$	Ohsaki ve diğ. (1959)
Daneli	$\phi' = 3.5(N_{60}^*)^{0.5} + 20$	Muromachi ve diğ. (1974)
Kumlu	$\phi' = (15N_{60}^*)^{0.5} + 15 \leq 45 \quad (N > 5)$	Japan Road Association (1990)
Kumlu	$\phi' = (20N_{1,60}^*)^{0.5} + 20$ <small>$N_{1,60}^*$ = SPT-N'nin Liao ve Whitman (1986) denklemini kullanarak 100 kPa jeolojik basıçla normalize edilmiş şekli. McGregor ve Duncan (1998) bu korelasyon için N_1 yerine $N_{1,60}$ yani $(N_1)_{60}$ kullanmayı tavsiye etmektedir.</small>	Hatanaka ve Uchida (1996)



Şekil 4.1 ϕ' ile penetrasyon direnci (SPT-N) arasındaki korelasyonlar.

SPT-N VE EFEKTİF KAYMA MUK. İLİŞKİSİ 2

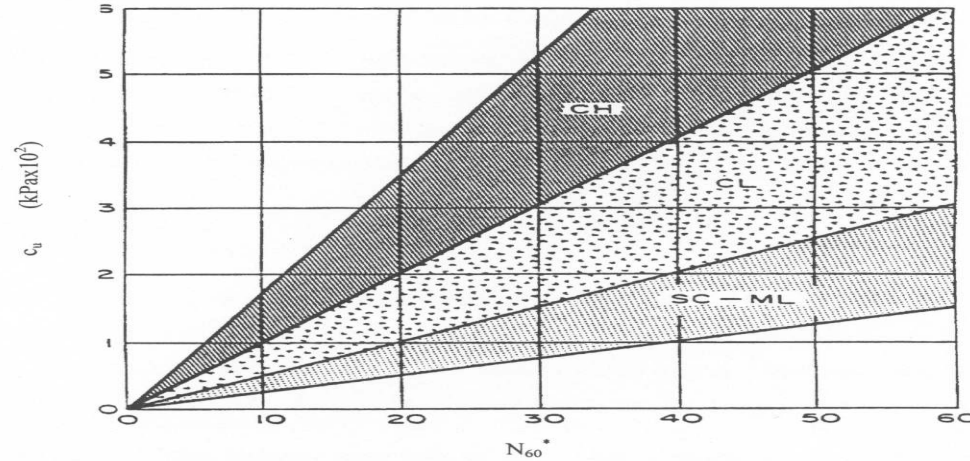


Şekil 4.2 Kumların efektif kayma mukavemeti açısı ile normalize edilmiş standart penetrasyon sayısı arasındaki ampirik korelasyon (Terzaghi ve diğ., 1996).

DRENAJSIZ KAYMA MUK.İLE KIVAM ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Tablo 4.11 SPT-N'e göre kohezyonlu zeminlerin kıvamı ile c_u arasındaki değişim aralığı

SPT- N_{60} *	Zeminin Kıvamı	Drenajsız Kayma Mukavemeti c_u (kPa)		
		Tschebotarioff (1973)	Parcher ve Means (1968)	Terzaghi ve Peck (1967)
< 2	Çok Yumuşak	15	< 12	< 12.5
2 - 4	Yumuşak	15 - 30	12 - 25	12.5 - 25
4 - 8	Orta Katı	30 - 60	25 - 50	25 - 50
8 - 15	Katı	60 - 120	50 - 100	50 - 100
15 - 30	Çok Katı	120	100 - 200	100 - 200
> 30	Sert	> 225	> 200	> 200



Şekil 4.15 SPT-N ile c_u arasındaki ilişki (Sowers, 1979).

TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALAR



TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALAR 2



- Örnek alıcı ucunun iyi olmaması
- Standarttan daha ağır sondaj çubuğu kullanılması
- Doğru olmayan delme tekniği
- Çok büyük sondaj deliği
- Yeterli denetim olmaması
- Çok büyük pompa kullanmak

N Ölçümlerindeki farklılık ;

1. Farklı firmaların ürettiği düzenekler
2. Tokmak türü
3. Örnek alıcı içinde kılıf olup olmadığı
4. Delik çapı ve sürşarj gerilme
5. Sondaj çubuğu uzunluğu
6. Tokmağın düşmesini sağlayan mekanizma
 - a.Otomatik tetik mekanizması
 - b.İp kedibaşı sistemi
 - İpin hasarlı olup olmayışı
 - Kedibaşı durumu ve çapı
 - Kedibaşında ipin sarım sayısı
 - Gerçek düşüş yüksekliği

Er değerleri

Tokmak Türü	Ortası Delik		Güvenli	
	Kedibaşı	Tetik	Kedibaşı	Tetik
USA	45	-	70-80	80-100
Japonya	67	78	-	-
İngiltere	-	-	50	60
Çin	50	60	-	-

η_2 değerleri

Uzunluk (m)	η_2
L>10	1.00
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

η_4 : Sondaj deliği çapı ile ilgili düzeltme olup aşağıda bazı değerler verilmiştir.

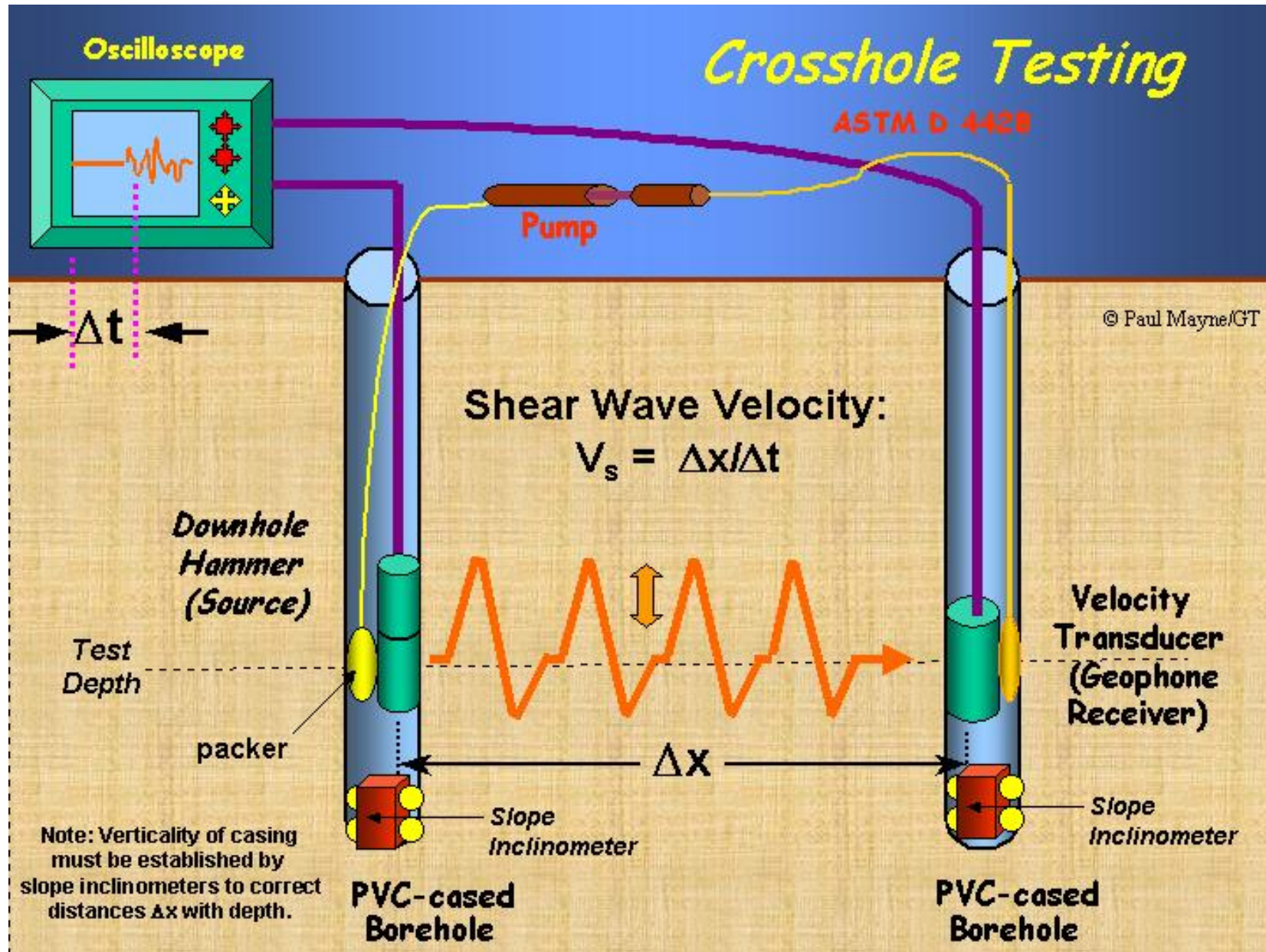
D (mm)	η_4
60-120	1.00
150	1.05
200	1.15

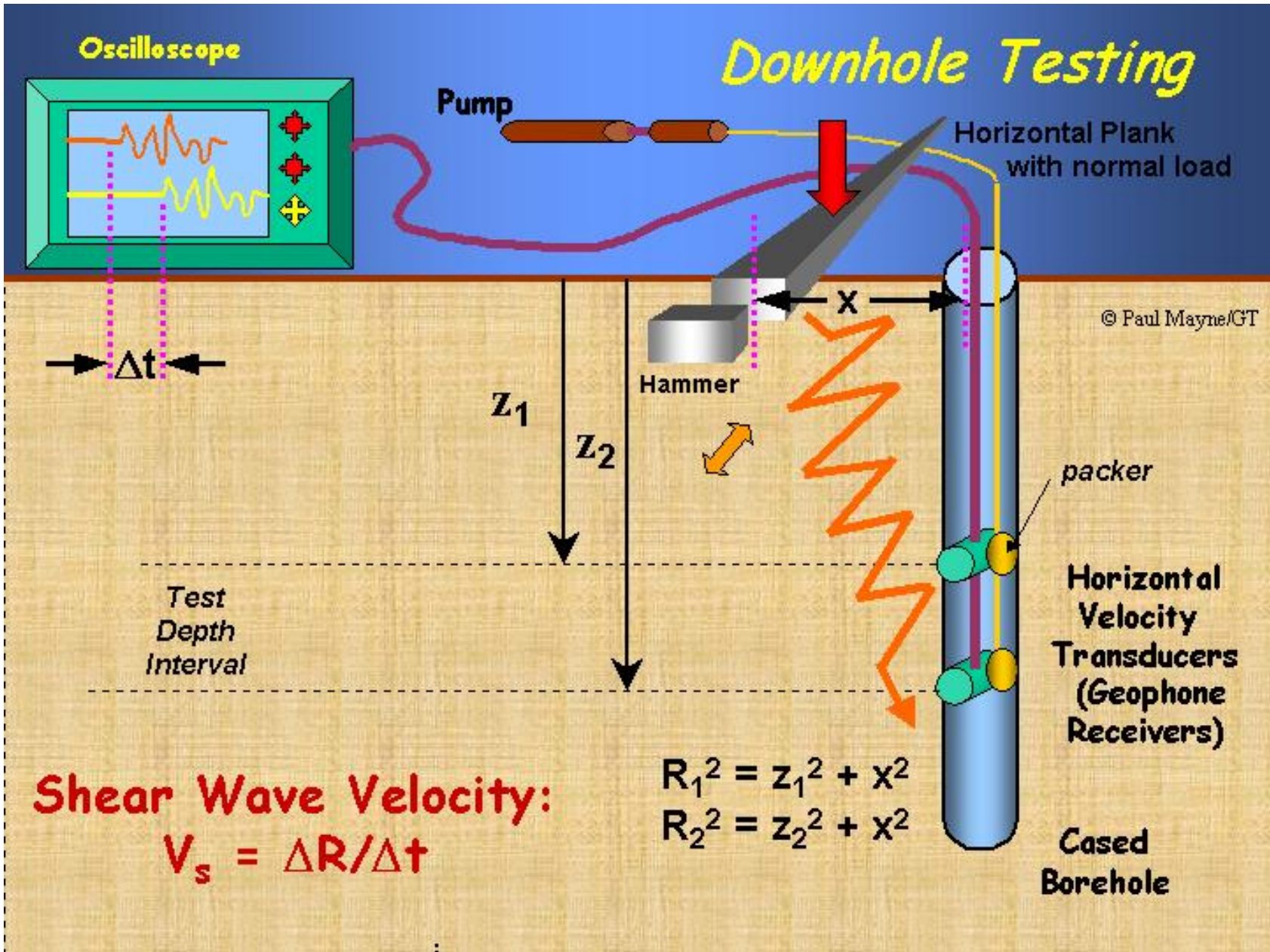
SPT Sayılarına göre Granüler Zeminlerde Bağlıntılar

Sıkılık Tanımı Göreceli Sıkılık	Çok gevşek 0	Gevşek 0.15	Orta Sıkı 0.35	Sıkı 0.65	Çok Sıkı 0.85
İnce Kum N ₇₀ Orta Kum Kaba Kum	1-2 2-3 3-6	3-6 4-7 5-9	7-15 8-20 10-25	16-30 21-40 26-45	
İnce Kum φ ⁰ Orta Kum Kaba Kum	26-28 27-28 28-30	28-30 30-32 30-34	30-34 32-36 33-40	33-38 36-42 40-50	< 50
γ (kN/m ³)	11-16	14-18	17-20	17-22	20-23

Karşıt Delik Dalga Yayılma Deneyi

Delikte Yukarı veya Aşağı
Yönde Dalga Yayılma Deneyi







Karşıt delik deneyi gereçleri



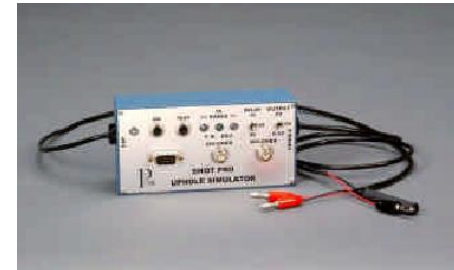
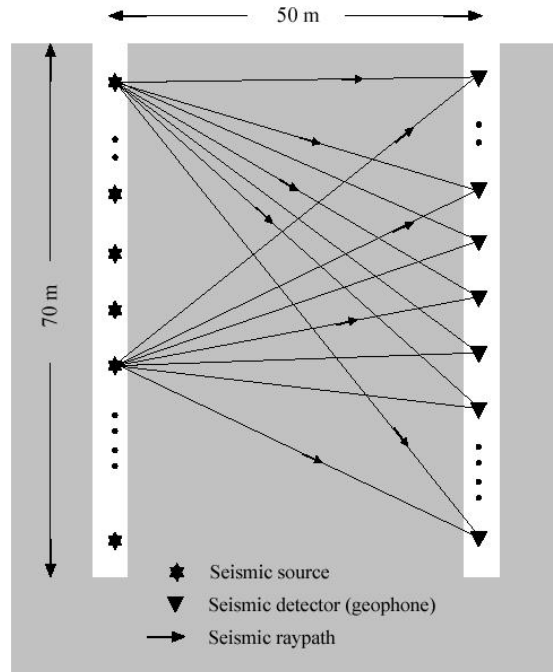


Çekiç için basınç kaynağı



Alet kuyuya indirilirken





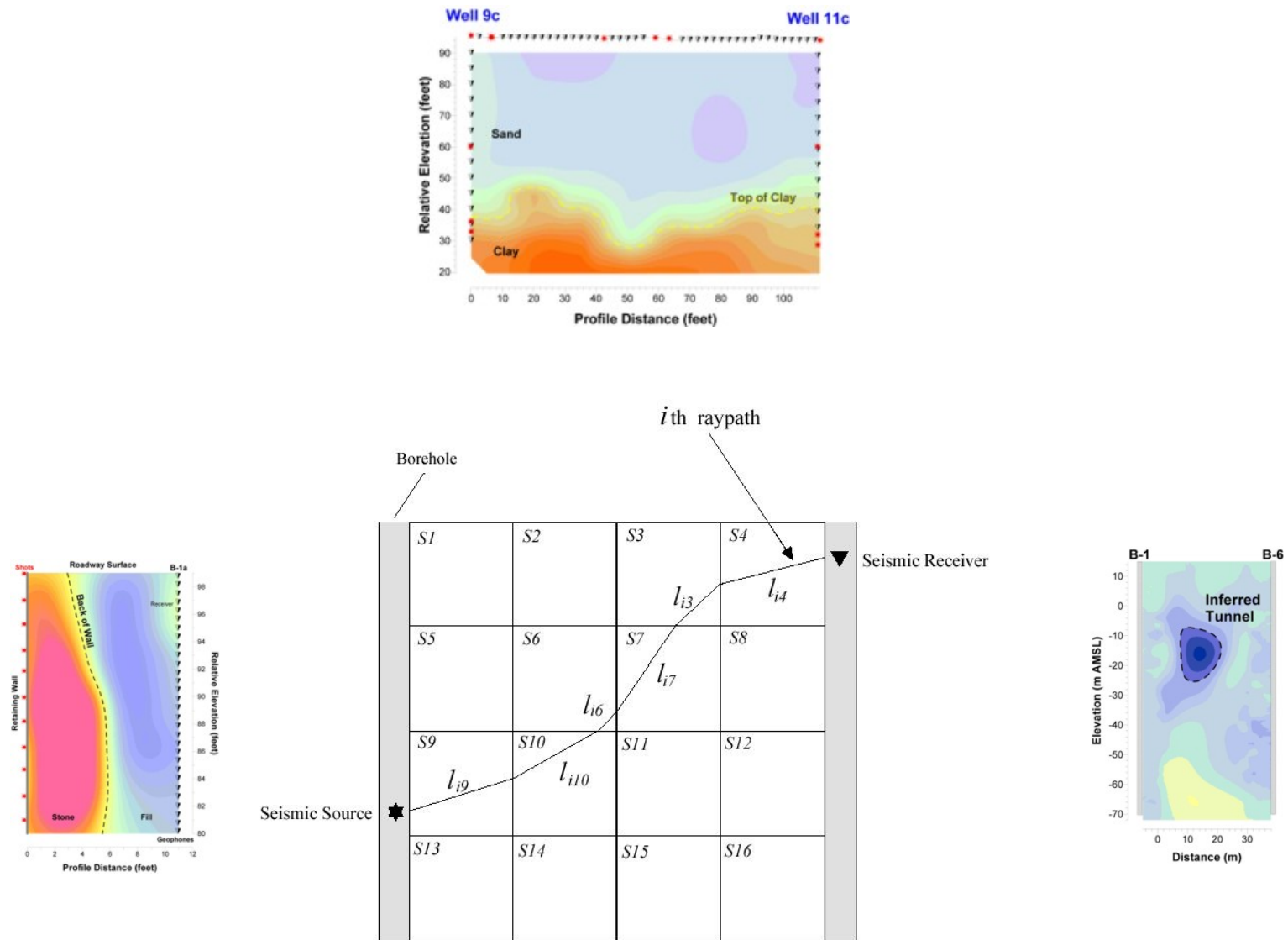


Figure 5. Schematic illustration of ray paths through a cell slowness model (After J. Berryman, 1991).

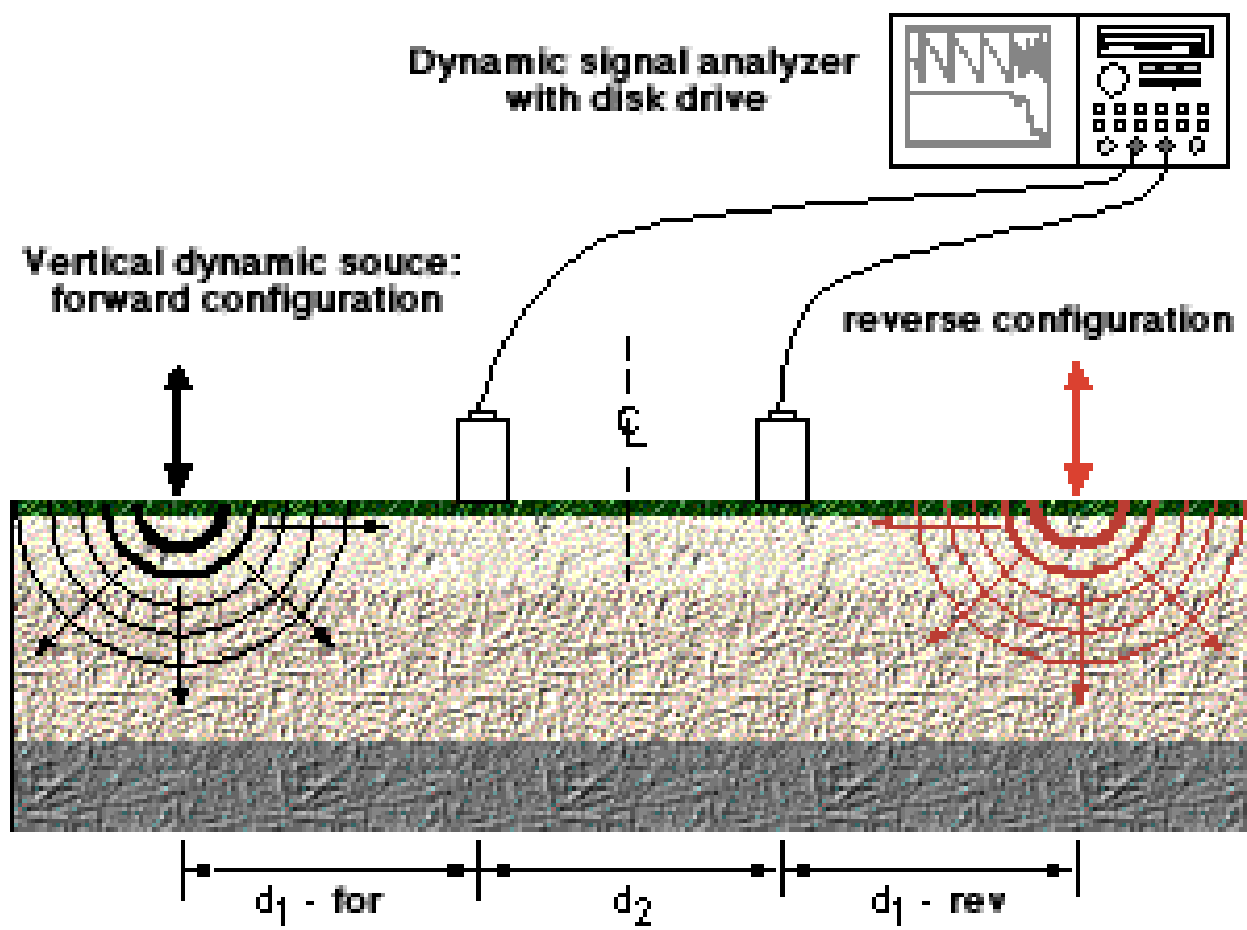
YÜZEYDE DALGA YAYILMA DENEYİ VE TEMEL REZONANS DENEYİ



SASW ALICI ve PROFİLLERİ



Kuru Havuzda SASW

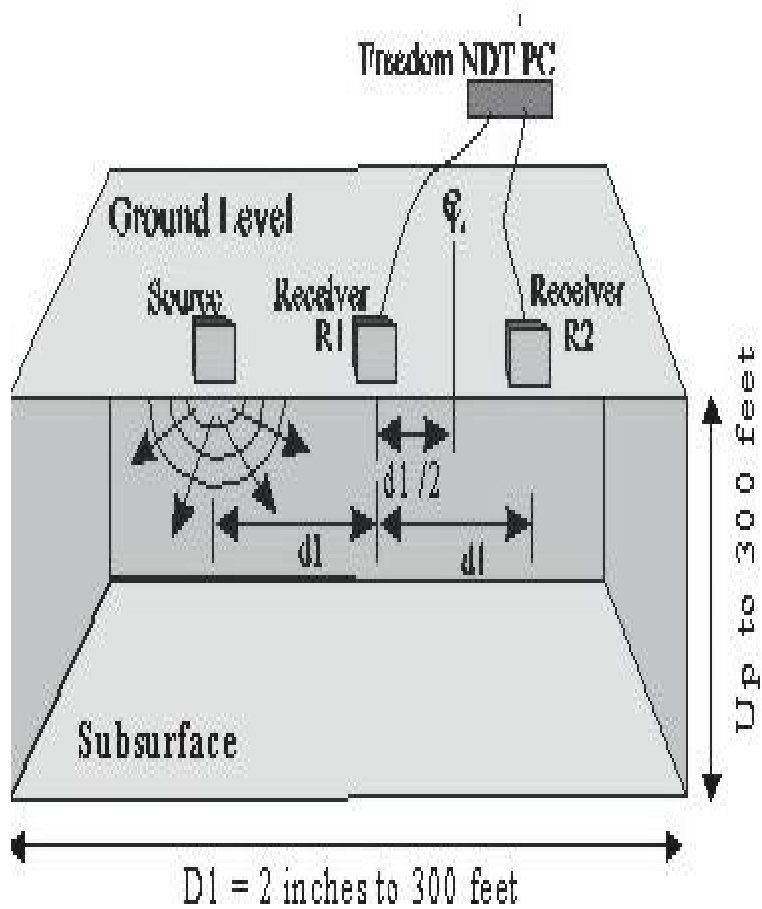




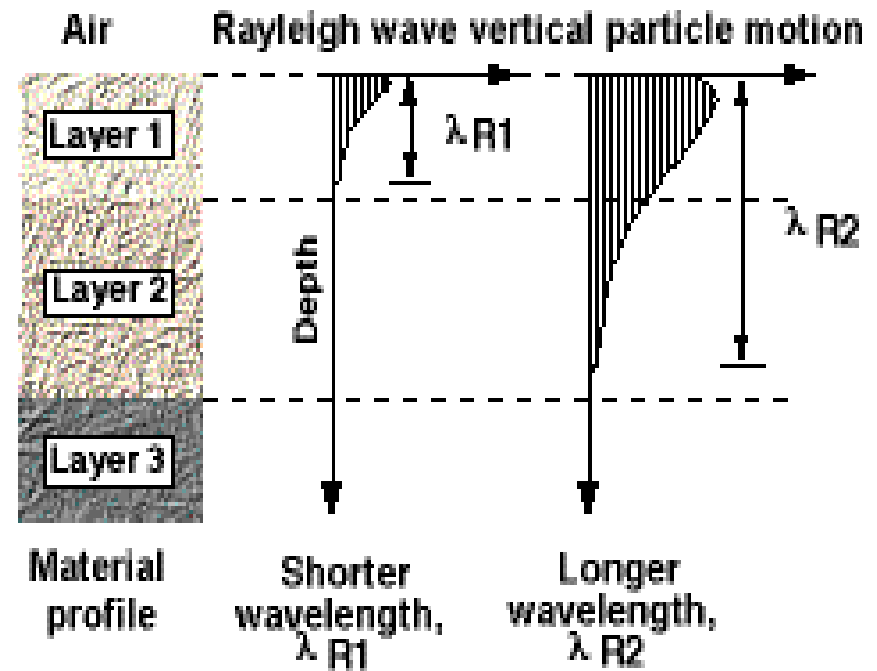
Yol Yüzeyinde SASW



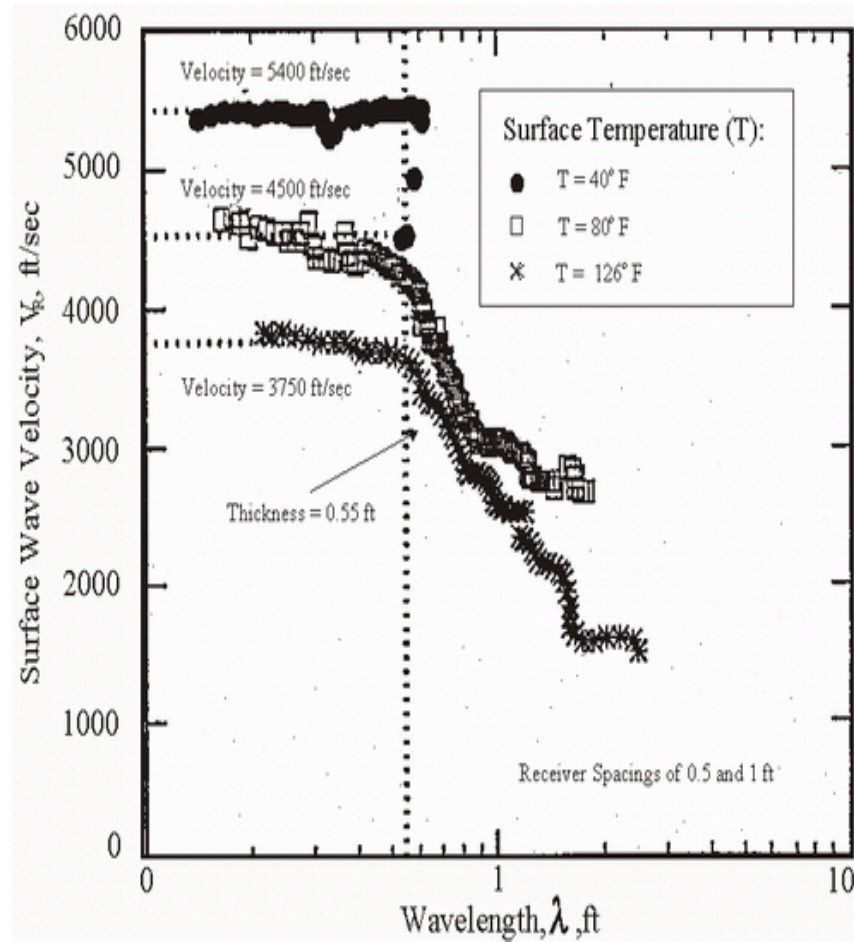
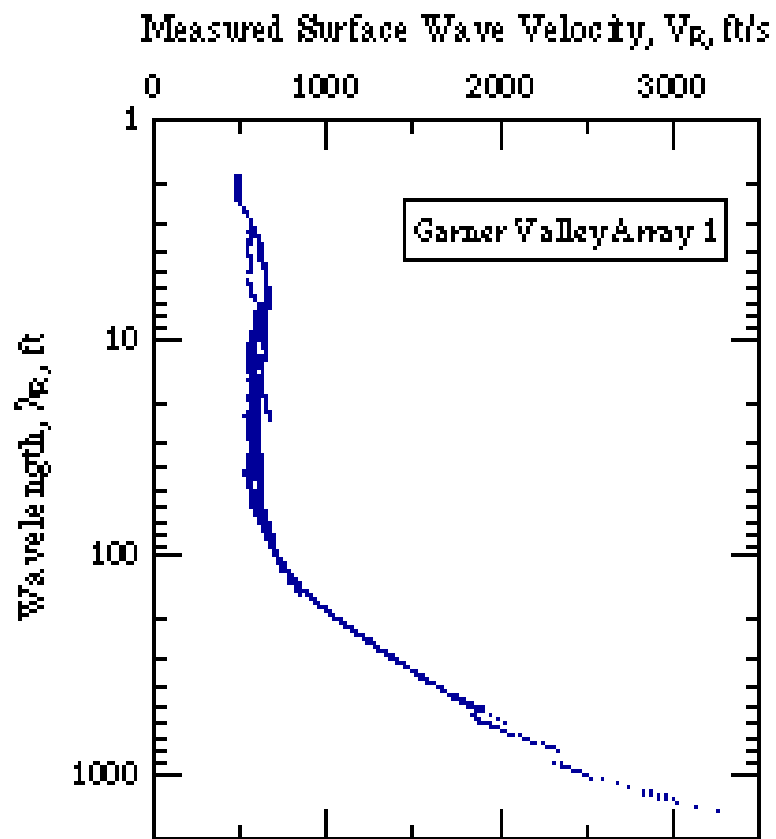
Boru Hattında SASW

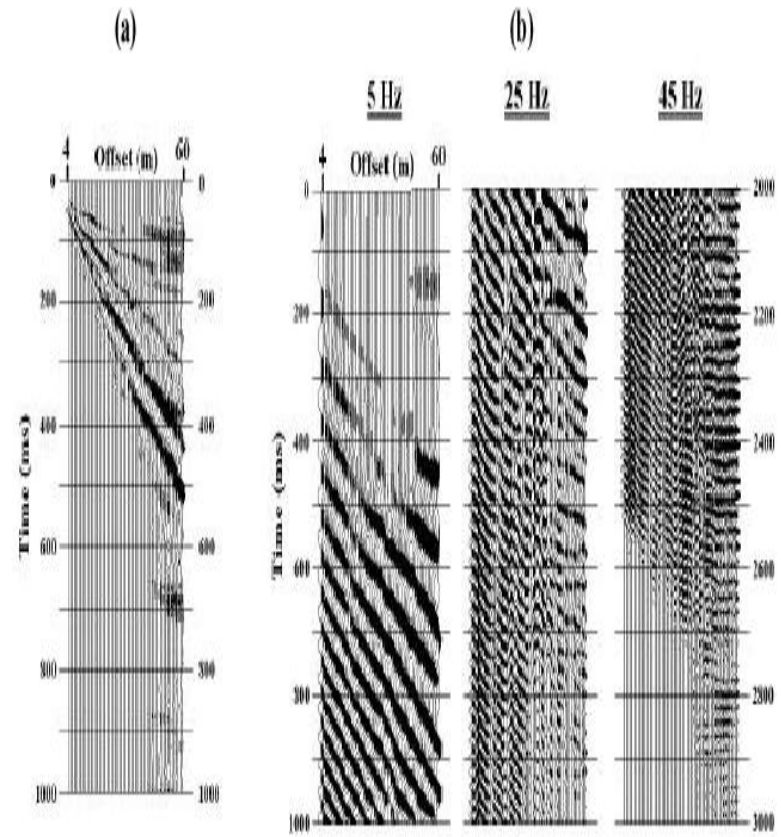
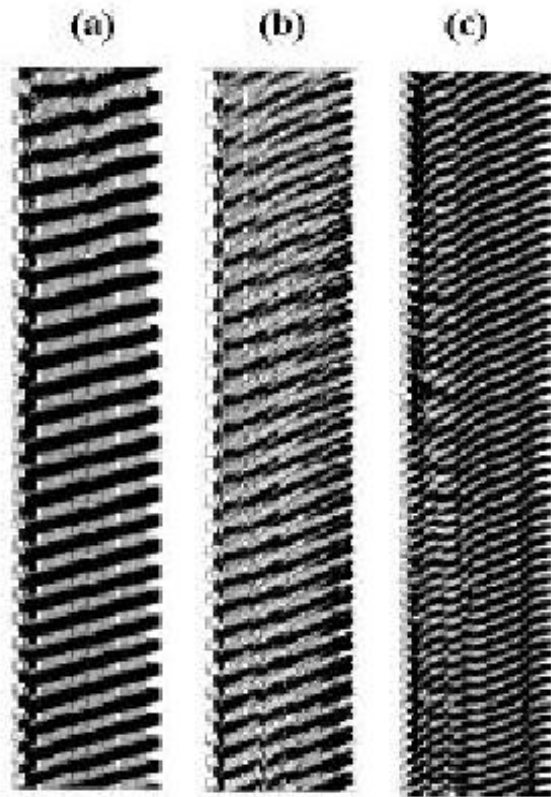


SASW için Saha Hazırlığı



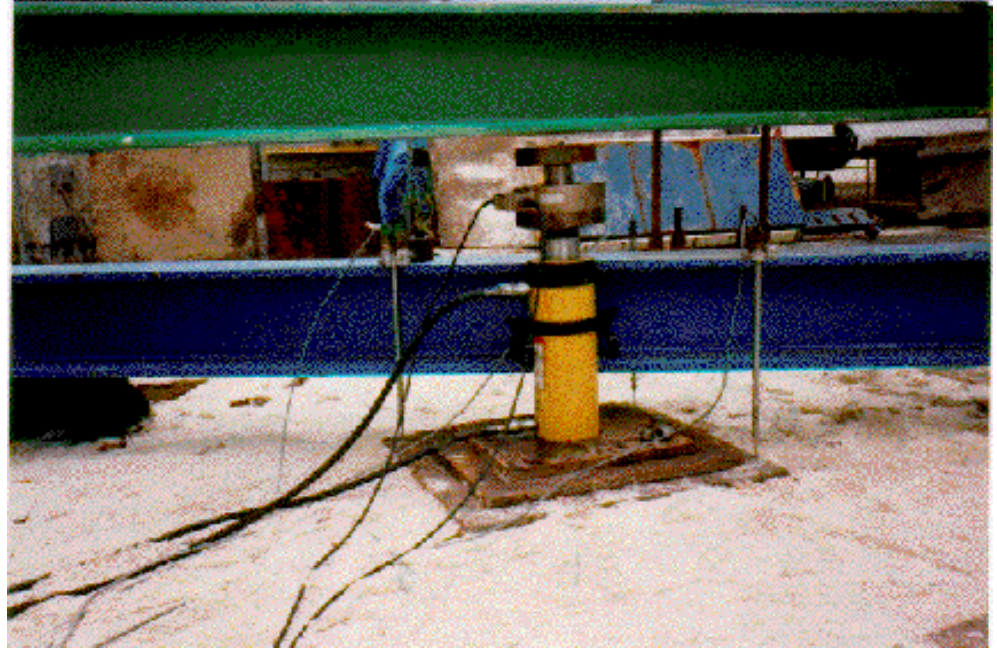
Deriniliğe Bağlı Olarak tabakalardaki Dalga Boyları





PLAKA YÜKLEME DENEYLERİ

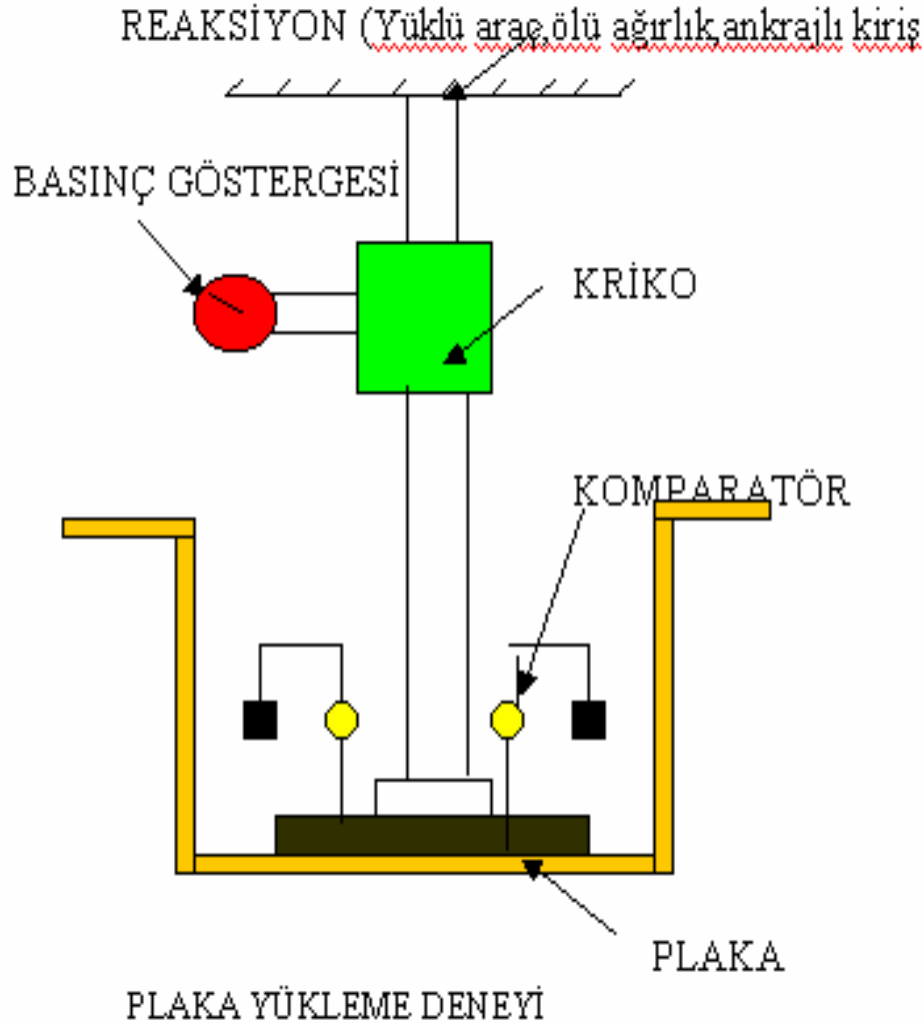
- PLAKAYA YÜKLENE YÜK İLE BİRLİKTE PLAKANIN YAPACAĞI OTURMANIN ÖLÇÜLMESİ DENEYİDİR.
- SIĞ DERİNLİKTE
- ŞAFT İÇERİSİNDE
- SONDAJ DELİĞİ TABANINDA UYGULANABİLİR.
- ✚ GENEL AMAÇ: SON TAŞIMA GÜCÜ
- ✚ OTURMA ELASTİK DEFORMASYON PARAMETRELERİ TAYİNİNDE BEKLENEN GERİLME DÜZEYLERİNDE DENEY YAPMAKTIR.



YÜKLEMENİN YAPILIŞI

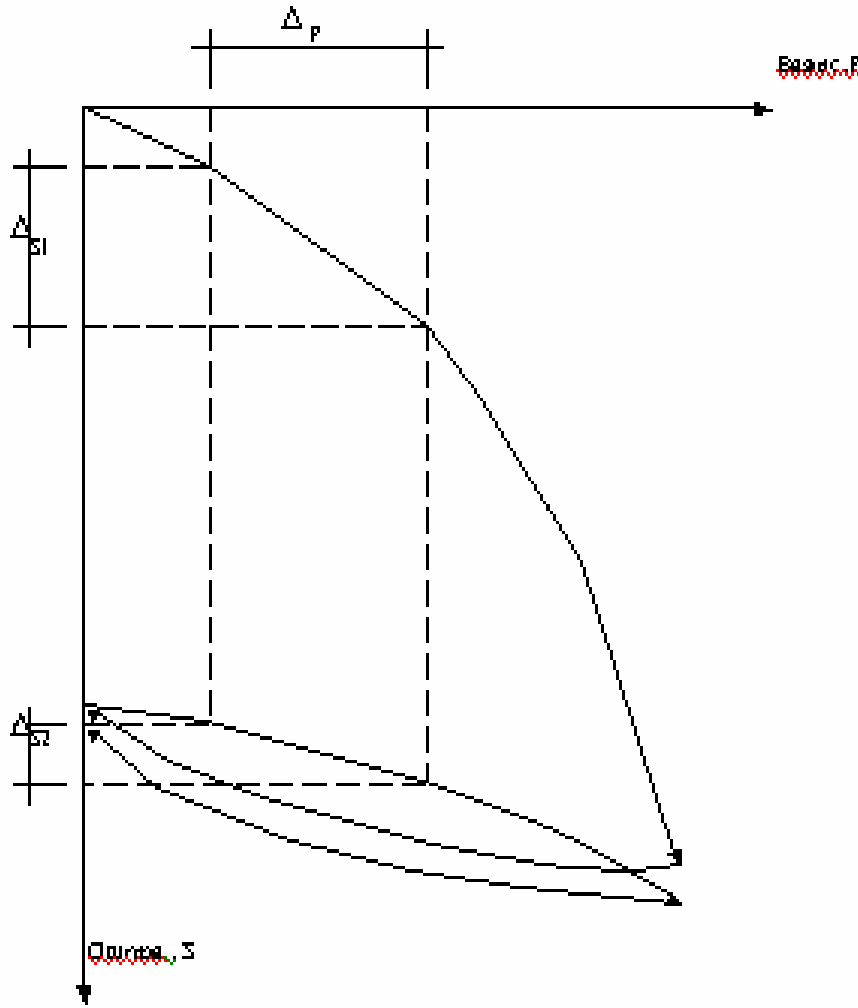
- GENELDE : ADIMLAR HALİNDE YÜKÜ ARTTIRIP OTURMALARIN ÖLÇÜLMESİYLE VEYA
- SABİT BİR HIZLA İTİLME SIRASINDA YÜKÜN ÖLÇÜLMESİ ŞEKLİNDE DE YAPILABİLİR.
- ***GÖÇME OLURSA KAYMA MUKAVEMETİ ;
OLMAZSA DEFORMASYON PARAMETRESİ
ÖLÇÜLÜR.***

DENEYİN YAPILIŞI



- KULLANILAN ÇELİK LEVHALAR:
 - 25mm KALINLIKTA
 - 300-1000mm ARASINDA DEĞİŞEN DAİRE VEYA 305mm KENARLI KARE
 - TEMELİN YER ALACAĞI DÜZEYDE TEMEL BOYUTUNA YAKIN BOYUTLU PLAKA KULLANMAK ESASTIR.
- DENEY İÇİN Y.S.S. İNDİRİLMİŞSE SIZMA BASINÇLARININ DENEYDE ETKİLİ OLACAĞI UNUTULMAMALIDIR.

BASINÇ VE OTURMA İLİŞKİSİ (STANDART YÜKLEME EĞRİSİ)



PLAKA YÜKLEME DENEYİ

- YÜKLEME BİÇİMİ
- DOĞRUDAN AĞIRLIKLARLA
- ÇEKME KAZIKLARI
- ZEMİN ANKRAJLARINDAN SAĞLANAN TEPKİYE KARŞI KRİKO YARDIMIYLA YAPILIR.
- ✓ PLAKA GEVŞEK MALZEMELERDEN TEMİZLENMİŞ BİR ZEMİN YÜZEYİNE OTURTULARAK YAPILMALI
- ✓ ISI VE NEMLİLİK ETKENLERİNİN EN AZA İNDİRİLMESİ İÇİN DENEY ÇOK KISA SÜREDE YAPILMADIR.

Table 1. Best Estimates of Elastic Moduli from the Plate Loading Tests

Plate Loading Test Date	Maximum Bearing Pressure (MPa)	Ambient side of Plate Loading Test Niche (GPa)	Temperature (ambient side) °C	Heated side of Plate Loading Test Niche (GPa)	Temperature (heated side) °C
5/28/1998 (day 174)	6.4	11.7	25	26.6	34
6/9/1998 (day 186)	11.9	11.4	25	30.2	34
10/17/2000 (day 1,074)	31.75	17.3	36	43.0	58

- PLT DENEYİ İÇİN YAPILAN EN İYİ UYGULAMALARDA :
- ZEMİN ÖRSELENME ETKİSİ ÖN YÜKLEME BOŞALTMA ÇEVİRİMLERİ İLE EN AZA İNDİRİLMİŞ
- YÜKLEME HIZI KONSOLIDASYON VEYA KRİP ETKİSİNİ ÖNLEMEK İÇİN YETERİNCE HIZLI YAPILMIŞ
- 2 – 3 ÇEVİRİMDEN SONRA ASIL YÜKLEME DENEYİNE GEÇİLMİŞTİR.



BOŞALTMA VE YENİDEN YÜKLEME HIZLARI YETERİNCE HIZLI İSE YÜK OTURMA EĞRİSİ EĞİMİ DRENAJSIZ ŞEKİL DEĞİŞTİRME MODÜLÜNÜN SAPTANMASINDA KULLANILABİLİR



- BELİRLENEN BİR GÖÇME NOKTASI SAPTANAMIYORSA PLAKA ÇAPININ %15'İNE KARŞILIK GELEN DEĞER SON TAŞIMA GÜCÜ DEĞERİ OLARAK ALINIR.

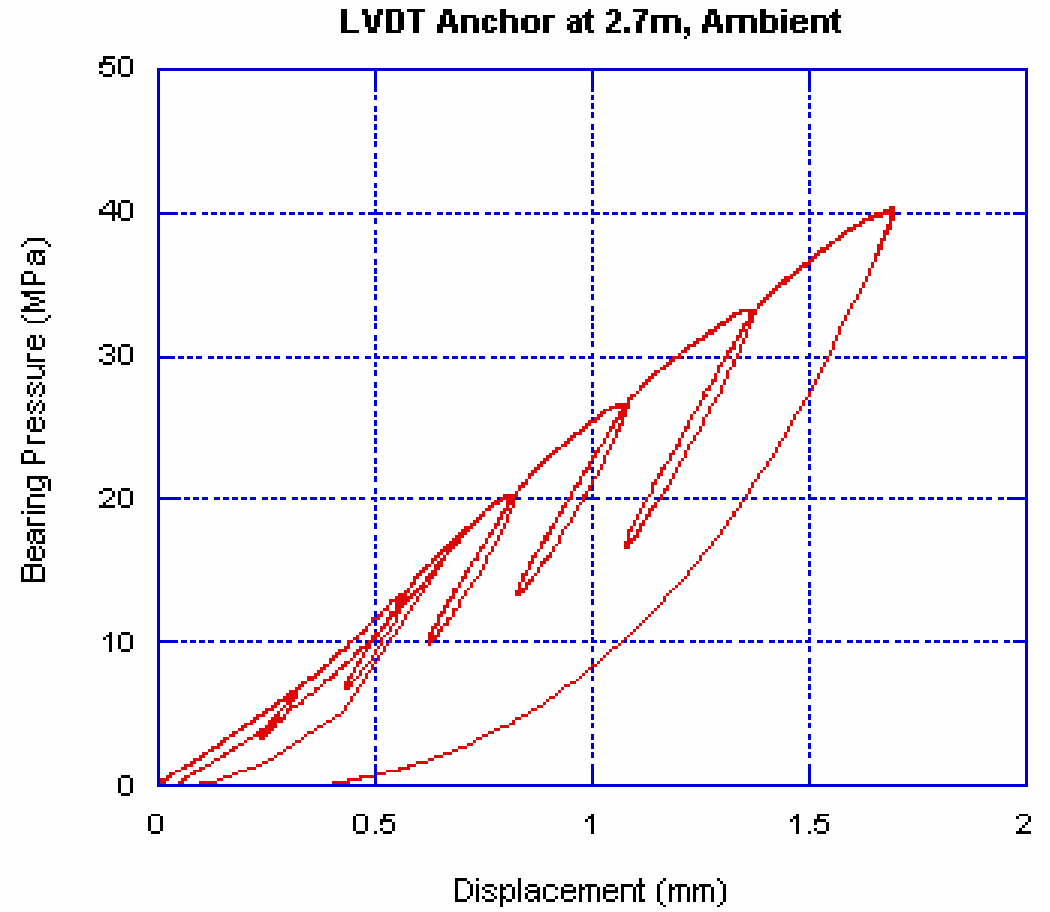
- OTURMANIN DENETLENDİĞİ DENEYLER DAHA ÇOK ZEMİNLER İÇİN UYGUN OLUP 38 – 868 mm ÇAPLI PLAKALAR 2,5 mm/dak HIZLA İTİLİRLER.
- DENEYİN YORUMUNDA PLAKADAN ETKİLENEN ZEMİN YÜKLENEN ALANIN GENİŞLİĞİ İLE İLGİLİ OLDUĞU GİBİ ZEMİNİN SIKIŞABİLİRLİĞİ DE GÖZ ÖNÜNE ALINMALIDIR.







Grafikte görüldüğü gibi Yükleme-boşaltma etkisinde zemin davranışı izlenebilmektedir.



KİLLER İÇİN BELİRLENEN BİR OTURMA KRİTERİNE KARŞILIK GELEN TAŞIMA GÜCÜNÜN BULUNMASI

$$S_F = S_P \cdot B_F / B_P$$

GRANÜLER ZEMİNLER İÇİN:

$$S_F = S_P (B_F / B_P)^2 \left(\frac{3.28 \cdot B_P + 1}{3.28 \cdot B_P + 1} \right)^2$$

S_F = TEMELİN OTURMASI

B_P = PLAKANIN OTURMASI