

ZEMİN ARAŞTIRMALARI

Prof.Dr. Mehmet Berilgen
YTÜ İnş. Fak. Geoteknik Anabilim Dalı

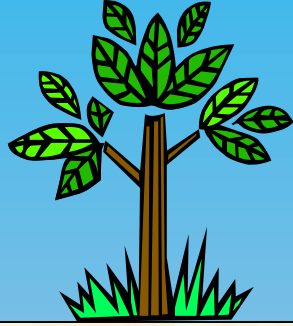
ZEMİN ARAŞTIRMALARI

İnşası planlanan veya mevcut bir yapının altında ve çevresinde bulunan zemin tabakalarını ve onların fiziksel özelliklerini belirleme işlemi

Zemin araştırmaları veya ***Zemin etüdü*** olarak tanımlanmaktadır.



Zemin koşullarını bilme
ihtiyacı var



?

Problem Zeminler
reaktif killer, yumuşak
zeminler, sink holler, vs.

Zemin Araştırmalarında Amaçlar

1. Zemin profili ve yeraltı su seviyesinin belirlenmesi
2. Zemin tabakalarının özelliklerinin belirlenmesi
3. Yapı temel tipi ve derinliğinin belirlenmesi
4. Temel taşıma gücünün tayini
5. Olası oturmaların tahmini
6. Potansiyel temel problemleri (sıvılaşma/mukavemet kaybı, rijitlik kaybı, taşıma gücü kaybı vb)
7. Olası zemin iyileştirme seçenekleri
8. Olası temel sistemi modifikasyonları

Gerekli zemin verileri:

Zemin profili

- Tabaka kalınlığı ve zeminlerin tanımı

İndeks özellikleri

- Atterberg limitleri, dane çapı dağılımı vd.

Mukavemet ve sıkışabilirlik özellikleri

- c' , c_u , ϕ' , C_c , C_r , AKO , ...

Diğerleri (Örn., geçirgenlik)

Zemin Araştırma Programı

- Mevcut bilgilerin toplanması- yapı ve/veya yakın çevresindeki yapılar için hazırlanmış zemin etüt raporları, jeolojik harita ve raporlar, vb.
- Arazi gözlemleri- topoğrafya, yapının ve komşu yapıların durumu
- Zemin İncelemesi

Zemin İncelemesi Aşamaları

- İncelemelerin planlanması
 - Sondaj ve/veya muayene çukuru adeti, yerleri, derinlikleri
 - Alınacak numunelerin sayısı ve derinlikleri
 - Arazide deneyleri
- Laboratuvar deneyleri
- Gerekli parametrelerin belirlenmesi
- Geoteknik Rapor hazırlanması

Arazi Zemin Araştırma Yöntemleri

- Muayene çukurları
- Sondajlar
- Numune Alma
- Sondalar
- Jeofizik yöntemler

Laboratuvar Deneyleri için Örnek Alma

- Zemin Sınıflandırma Deneyleri için Örselenmiş(temsili) örnekler
- Mukavemet ve Sıkışabilirlik Deneyleri için Örselenmemiş Örnekler

(Kumlardan örselenmemiş örnek almak çok zor)

Araştırma Noktaları Yerleri

- Tüm sahanın genel jeolojik yapısını ortaya koyacak biçimde sondaj, sondalama ve araştırma çukurları yerleştirilmelidir.
- Önemli yapılar, toprak işleri yerleri, sorunlarının beklendiği yerler ve karmaşık zemin noktalarında ayrıntılı bilgi edinilmelidir.
- Araştırma çukuru, sondaj ve sondaj yerleri, katı bir düzende yerleştirilip uygulamak yerine yapı yerindeki bulgulara göre değişebileceğini de göz önüne alan esnek bir düzende olmalıdır.
- Tünel ve eğik shaftlarda yapım düşünülerek eksen dışında sondaj yapılabilir. Benzer şekilde deneme kazıları, düşünülen temel alanı dışında açılmalıdır.
- Yol araştırmalarında bazı araştırma noktaları merkezden dışarıda saptanarak zeminde yataydaki değişiklikler ortaya çıkarılmalıdır.
- Araştırma noktaları yer ve yükselti olarak bir ölçümle belirlenmelidir.

Araştırma Aralıkları

- Kesin bir kural olmamakla birlikte binalarda 10-30 m aralık yeterli olmaktadır.
- Küçük alana oturan yapılarda olanağı varsa üç yerde araştırma yapılması önerilir.
- Yapı, yan yana birçok birimden oluşuyorsa bir birim için bir nokta yeterli olabilir.
- Baraj, tünel ve büyük kazılar gibi bazı işler özellikle jeolojik koşullara çok duyarlı olduklarından araştırma aralıkları ayrıntılı jeolojiyi ortaya çıkaracak kadar sık düzenlenmelidir.
- Yol ekseninde 250-500 m, yerleşime açılacak bölgelerde 300-400 m aralıklar normal koşullar için uygun sayılmaktadır.

Araştırma Derinliği

- Araştırmanın derinliği, yeni yapının zeminde ve yeraltı suyunda yapacağı etki derinliğine kadar olmalıdır.
- Zemin ve yeraltı suyunda olacak değişiklik mevcut bir yapıyı etkileyecekse yine bu etkinin derinliği araştırmanın derinliğini belirlemektedir.
- Genelde araştırma, temel için uygun olmayan tüm formasyonların (dolgu, zayıf sıkışabilen zeminler) altına kadar devam etmelidir. Yapılacak yapının oturmasına katkıda bulunacak sıkışabilir zeminde, gerilmelerin belirli bir değere düştüğü derinliğe kadar araştırma yapılmalıdır.
- Bu derinlik geçilirken kayaya rastlanıyorsa ve yerel jeolojik bilgiler de açık değilse en az 3 m ilerlenmedikçe araştırma kesilmemelidir.

Bina Temelleri

- Araştırma derinliği en az yüklenmiş alan genişliğinin 1.5 katı olmalıdır.
- Bu genel kural dışına, geçerli bir mühendis yargısı ile çıkılabilir, örneğin sağlam kayada derin sondaj gerekmebilir.
- Yüzeye yakın temelerde, yüklenmiş alan olarak (tekil temellerin alanı veya temel araları temel genişliğinin üç katından az ise tüm yapı alanı) olarak alınmalı, radye temelde ise radye alanı alınacaktır. Her durumda derinlik temel veya radye altından başlayacak şekilde ölçülmelidir.
- AASHTO (1992) 'da tek temelerde $L < 2B$ için en az $2B$, $L > 5B$ için en az $4B$ derinliğe kadar araştırmaların devam etmesi gerektiği belirtilmektedir. Derin temelerde ise kazık ucundan en az 6 m daha derine ulaşılmalıdır.
- Bjerrum (1973) araştırma derinliğinin yüzeysel temelerde zemine aktarılan net gerilme değerinin %10'a düştüğü derinlik veya bu gerilmelerin jeolojik düşey efektif gerilmelerin %5'ine düştüğü derinlik olarak alınmasını önermektedir. NAVFAC (1988) benzer önerilere ek olarak kayaca rastlanmadıkça temelin en alt noktasından en az 10 m daha derine inilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de sondajlar

- **16A.1.3 – Sondaj Yerleri:** Topoğrafik ve jeomorfolojik koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa, en az yapı planının köşeleri ve ortasında sondaj yerleri seçilecektir. Geniş alanlarda yapı tipleri ve yerleri belirli ise, yapı yerleşimine uygun olarak sondaj noktaları seçilecektir. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında, bir karelaj (grid) üzerinden sondaj yerleri planlanacaktır. Şev duraysızlığı potansiyeli olan eğimli arazilerde, sondaj yerleri yamaç duraylılık (stabilite) analizine veri sağlayacak hatlar boyunca planlanacak, yapı alanı dışında da sondaj yerleri seçilecektir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

2018'de sondajlar

- **16A.1.4 – Sondaj Derinlikleri:** Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1.5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ($\Delta\sigma$) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin ($\Delta\sigma_{vo}'$) % 10'una eşit olduğu derinlikten daha elverişsizi olacak şekilde seçilecektir. $\Delta\sigma = 0.10\sigma_{vo}'$
- **(a)** Yüksek dayanıma ve rijitliğe sahip bir tabakanın daha sığ derinliklerde rastlanması durumunda sondaj, bu tabaka içine en az 3 metre girerek tabaka sürekliliğinin belirlenmesi ile sonlandırılabilir.
- **(b)** Kazıklı temel uygulamasının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilecektir.
- **(c)** Sondajlar, şev duraylılığı çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar, derin kazılarda ise kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inecektir.
- **(d)** Deprem tasarım sınıfları DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=1a olan bölgelerde, yeraltı suyu düzeyi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı sahalarda, sondaj derinliği zemin yüzünden itibaren en az 20 m olacaktır.

Dolgular ve Barajlar

- Araştırma derinliği, doğal zemini de içerisine alacak şekilde gelişmesi olası bir göçme yüzeyinin araştırılabilmesine olanak sağlamalı, aynı zamanda sıkışabilen tabakalar nedeniyle olabilecek oturmaların tahmini için veri elde edilebilmelidir. Uniform taban zemini için şevin yatay boyunun 0.5 - 1.25 katı kadar derinliğe ulaşılmalı, yumuşak tabakaya rastlanmırsa araştırma sert tabakaya kadar devam etmelidir.
- Su tutucu dolgularda borulanma ve sızmanın beklendiği derinlikleri kapsar derinliklere ulaşılmalıdır. Toprak barajlarda barajın taban genişliği, küçük beton barajlarda baraj yüksekliğinin 1.5 katı derinlikler homojen taban zemini için uygulanacak derinliklerdir. Sondajlar sert ve geçirimsiz tabakanın varlığından emin olunabiliyorsa 3 - 6 m devam ettikten sonra kesilebilir.

Kazılar

- Şevlerin duraylılığının değerlendirilebilmesi için yeterli derinliğe kadar ulaşılmalıdır. Bu zayıf tabakanın tümüyle araştırılmasını gerektirebilir.
- Dar kazılarda taban genişliğinin 0.75 katı derinliğe kadar inilmelidir.
- Kazı yeraltı suyu üzerinde ve kendini tutabilen bir formasyonda ise kazı tabanı altında 1.5 - 3.0 m ilerleyen derinlikler yeterlidir. Kazı tabanı yeraltı suyu seviyesi altında ise geçirimli tabakanın kalınlığının ortaya çıkarılması gerekebilir.

Yollar ve Hava Limanları

- Araştırmanın derinliği, temel altı zemininin drenaj, dona dayanıklılık ve mukavemet özelliklerini belirtir biçimde yapılmalıdır. Genelde kırmızı kottan 2 - 3 m derine inilmesi yeterli olmaktadır.

Boru Hatları

- Sağ boru hatlarında invert düzeyinden başlayarak 1 m derinliğe inilmesi genelde yeterlidir.
- Daha derin boru hatları için hendek kazısında ortaya çıkabilecek güçlükleri ve boru hattının desteklenmesi sorunlarını ortaya çıkarabilecek kadar derinlik gerekmektedir.
- İvert'in altında 1 - 2 m yeterlidir. Büyük boru hatlarının özellikle taşıma gücü düşük zeminde yer alması durumunda özel çalışma gerekebilir.

Tüneller

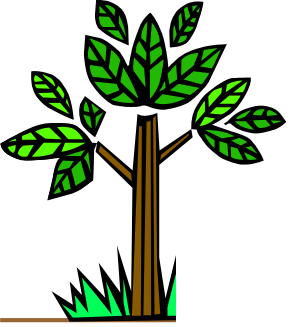
- İnvert düzeyinden başlayarak çapa eşit bir derinlik kadar alta uzanan araştırma derinlikleri genel bir uygulama ise de kotlarda uygulama sırasında değişiklik olabileceği düşünülmeli ve bunları kapsayacak kadar derin olmalıdır.

Dayanma Yapıları

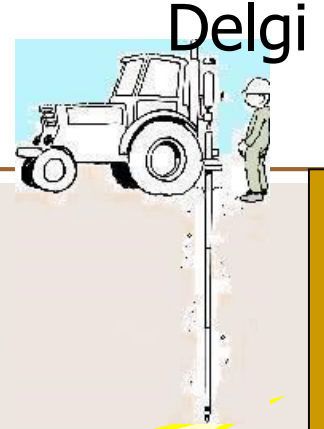
- Düşünülen kazı tabanından başlayarak duvarın serbest yüksekliğinin 0.75 - 1.5 katı bir derinliğe kadar ulaşılmalıdır. Derin bir göçme olasılığı varsa araştırmalardan bazıları sert zemin üzerine kadar ilerlemelidir.

Araştırma Çukurları ve Sondajlar

- Sığ Araştırma Çukurları
- Derin Araştırma Çukurları ve Şaftlar
- El Burguları
- Darbeli Sondaj
- Mekanik Burgular
- Dönmeli Sondaj ve Karot Alma
- Yıkamalı Sondaj



Kepçe



Muayene çukuru
1-2 m genişlik
2-4 m derinlik

Sondaj deliği
75 mm çap
10-30 m derinlik

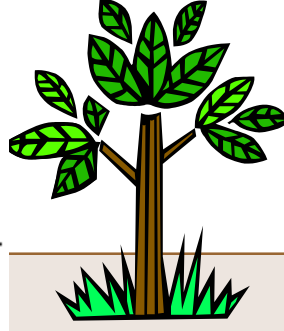
KİL

Araştırma ukuru

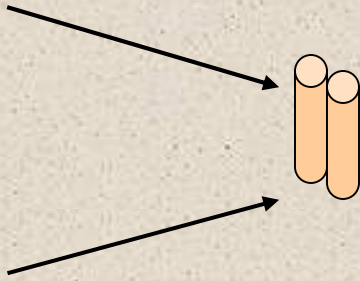


Çok geniş bir araştırma (muayene) ukuru

Kil zeminlerde...



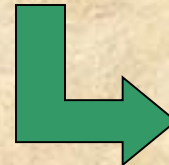
Kil



İnce cidarlı tüplerle kil numuneler alınır.
(örn. şelbi tüpü)



Sondaj deliği



Konsolidasyon, üç eksenli deneyler

Örselenmemiş Kil Numuneler

- Laboratuvar üç eksenli, konsolidasyon deneyleri için gerekli.
- İyi kalite numuneler gerekli.

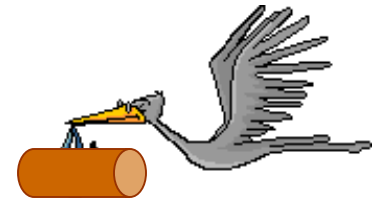
$$A_R < 10\%$$



$$A_R = \frac{O.D.^2 - I.D.^2}{I.D.^2} \times 100 (\%)$$

Alan oranı

- Cidar kalınlaştıkça, örselenme artar.
- Taşıma ve nakliyyede azami dikkat

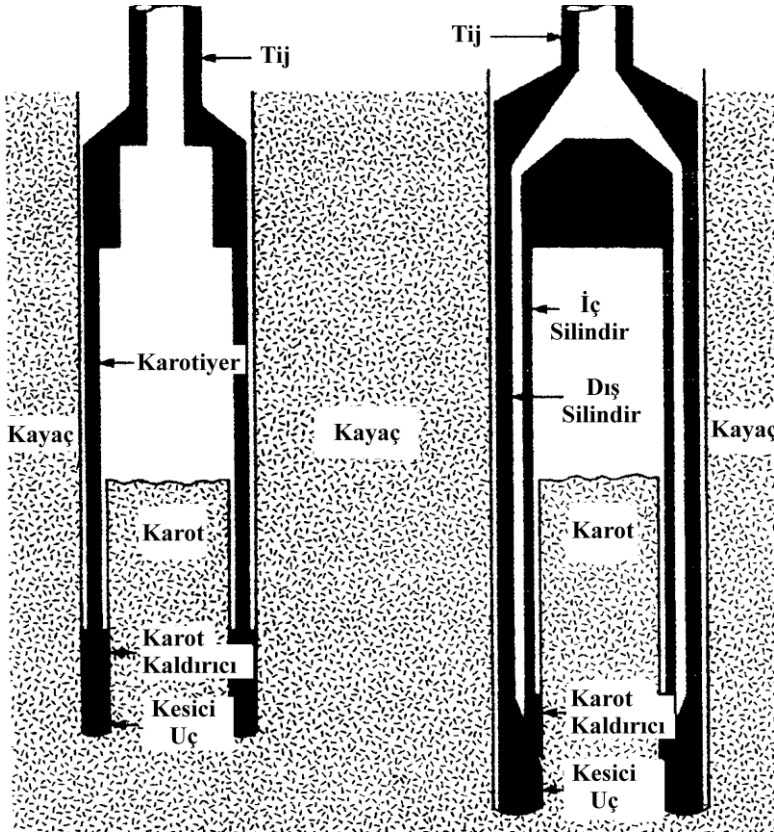


Karot alma

Alınan karotlar üzerinde şu özellikler saptanmaktadır:

$$KAROT \%si = \frac{\text{Alınan karot boyu}}{\text{Teorik karot boyu}}$$

$$RQD = \frac{\sum \text{Karot} > 10cm}{\text{Toplam karot ilerleme boyu}}$$



Tek ve Çift Tüplü Karotiyerler



Karotiyer ve Tij Boyutları

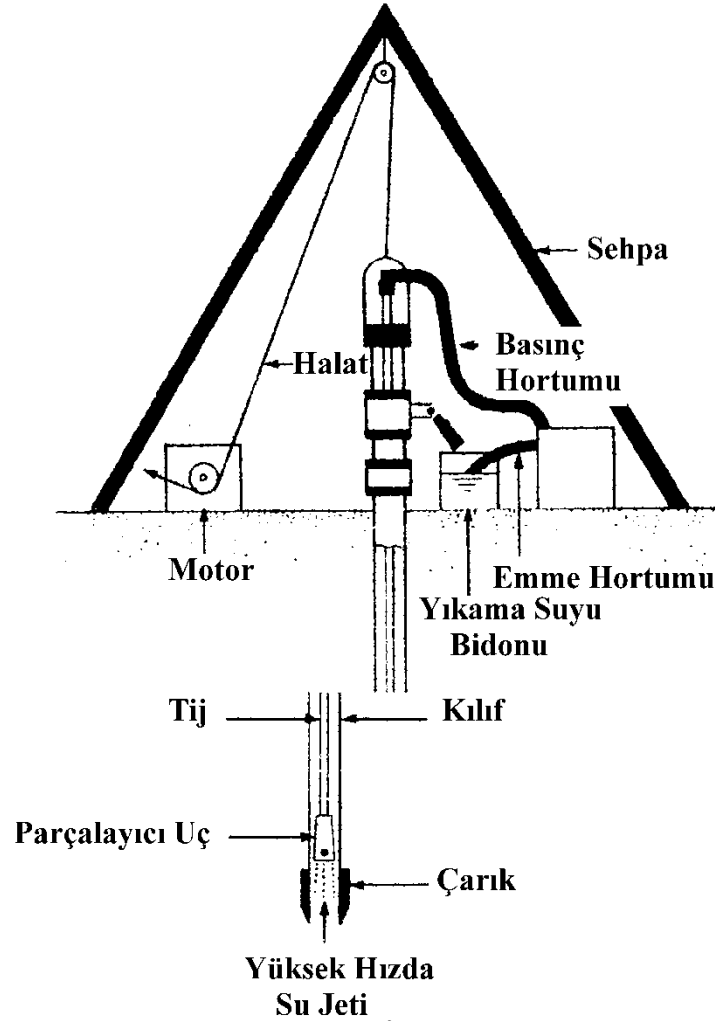
Kılıf veya Karotiyer Adı	Karotiyer Dış çapı (mm)	Tij Adı	Tij çapı (mm)	Delik çapı (mm)	Karot çapı (mm)
EX	36.51	E	33.34	38.1	22.23
AX	47.63	A	41.28	50.8	28.58
BX	58.74	B	47.63	63.5	41.28
NX	74.61	N	60.33	76.2	53.98

RQD'ye göre kayaç kalitesi

RQD %	Kalite	E_f/E_{lab}^*	İzin verilebilir Temel Altı Gerilmesi MN/m ²
0 - 25	Çok zayıf	0.15	1.1 – 3.2
25 – 50	Zayıf	0.20	3.2 – 7.0
50 - 75	Orta	0.25	7.0 – 12.9
75 - 90	İyi	0.3 – 0.7	12.9 – 21.5
90 - 100	Çok iyi	0.7 – 1.0	21.5 – 32.3

* Arazide kitle olarak beklenecek elastisite modülünün, laboratuarda karotlar üzerinde ölçülen elastisite modellerine oranı. Bu oran yaklaşık olarak serbest basınç dirençleri için de benzer olduğu varsayılabilir.

Yıkamalı sondaj



Sondaj Deliği veya Araştırma Çukurunun Geri Dolgusu

- İyi doldurulmamış geri dolgular ileride suyun geçişi ve oturmaları neden olan zayıf yerler olarak kalacaktır. Özellikle derin kazılar, tüneller veya su tutucu yapılara denk gelen bu tür geri dolguların özenle yapılması gerekir.
- Kuru zeminlerdeki deliklerde sıkıştırılmış zemin geri dolgu olarak kullanılabilirse de su akışı yönünden en etkili yöntem çimento-bentonit enjeksiyonunu bir tremie borusu yardımı ile tabandan başlayarak doldurmaktır.
- Yalnız çimento-su karışımı büzölme nedeniyle sakıncalı olup 4 birim çimento+1 birim bentonit + akıcılık için yeteri kadar su karışımları daha uygundur. Araştırma çukurları ise bir kepçe yardımı ile sıkıştırılarak geriye doldurabileceği gibi gerekli görülürse az dozda bir betonla da doldurulabilir.

Zeminden Örnek Almak

- Zeminden örnek alma tekniği örnekten istenilen niteliğe ve örneğin örselenme derecesine bağlıdır. Örnek alma konusunda unutulmaması gerekli önemli bir konu zemin kitlesinde davranışın zayıf zonlar ve süreksizliklerce belirlenebileceği, bu nedenle de kitleyi örnekleyecek zemin örneklerinin alınmasının asıl amaç olduğudur. Günümüzde örnek almada uygulanan beş teknikten söz edilebilir.
- **a)** Delgi aygıtlarından ve kazı sırasında örselenmiş örnek almak.
- **b)** Statik veya dinamik olarak bir örnek alıcıyı zemine sokarak örnek almak
- **c)** Ucunda bir kesici olan tüpü döndürerek karot örneği almak
- **d)** Araştırma çukuru, shaft veya galeride elle blok örnek almak.
- **e)** Sürekli örnek alarak ilerlenen sondajlardan örnek almak

Örnek Niteliği

Nitelik	Güvenilir Biçimde Saptanabilecek Özellik
1. Sınıf	Sınıflandırma, su muhtevası, yoğunluk, mukavemet, deformasyon ve konsolidasyon karakteristikleri
2. Sınıf	Sınıflandırma, su muhtevası, yoğunluk
3. Sınıf	Sınıflandırma, su muhtevası
4. Sınıf	Sınıflandırma
5. Sınıf	Tabaka sıralanışı

Granuler Zeminler...

Örselenmemiş numuneler almak çok zor.

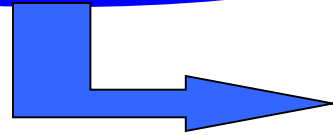
∴ in situ (yerinde) deneyler yapılır .

Örneğin, penetrasyon deneyleri

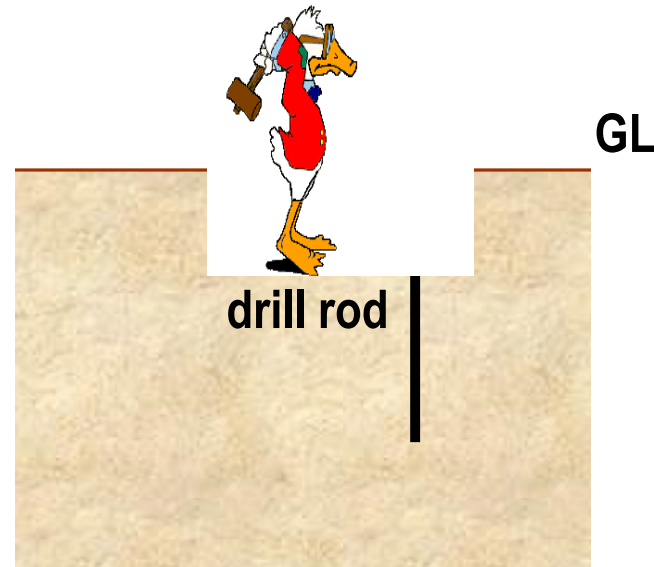
Temel tasarımcılarının 80-90%'ı
penetrasyon deneylerini esas alır

Penetrasyon Deneyleri

Bir düzenek sokulması sırasında zemin direncinin ölçümü



ϕ' , E ...

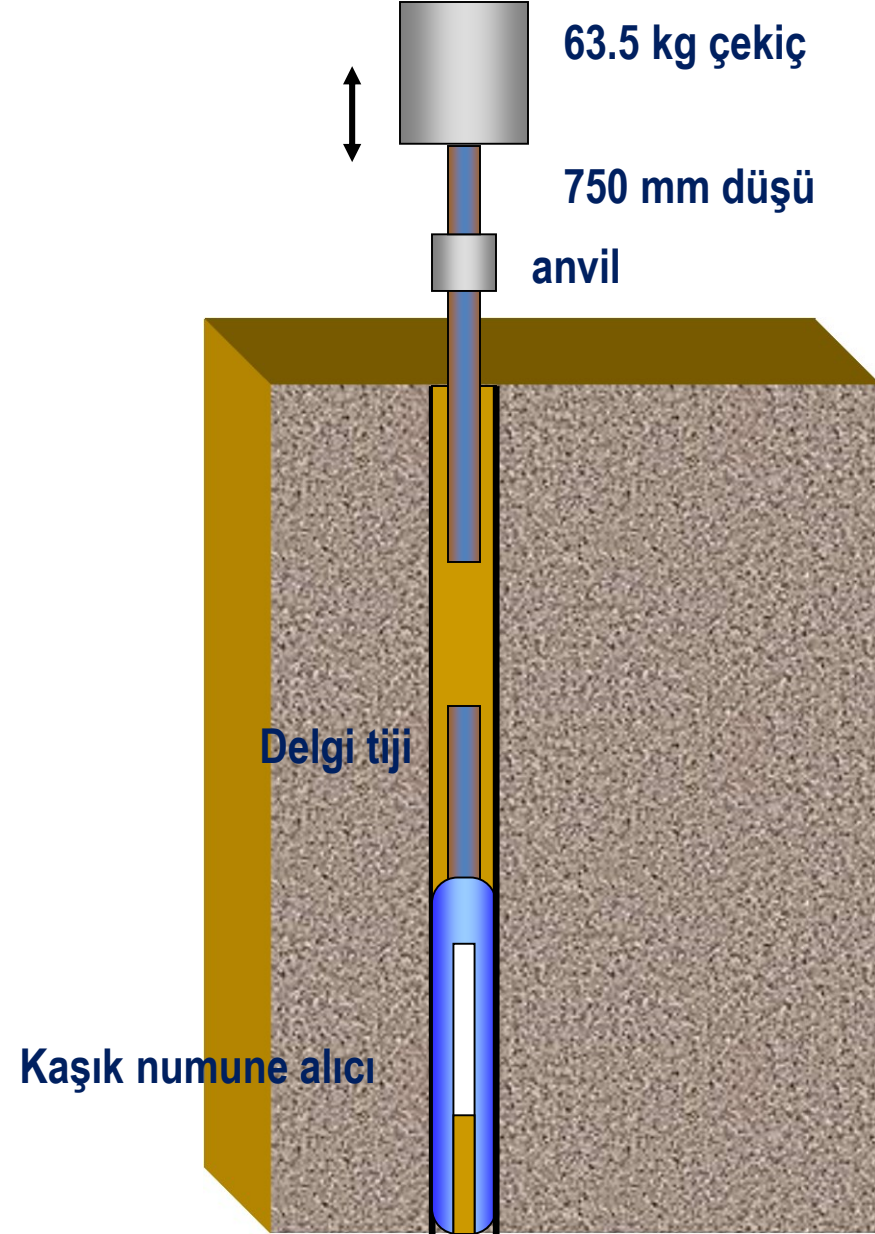


Standard Penetrasyon Deneyi (SPT)

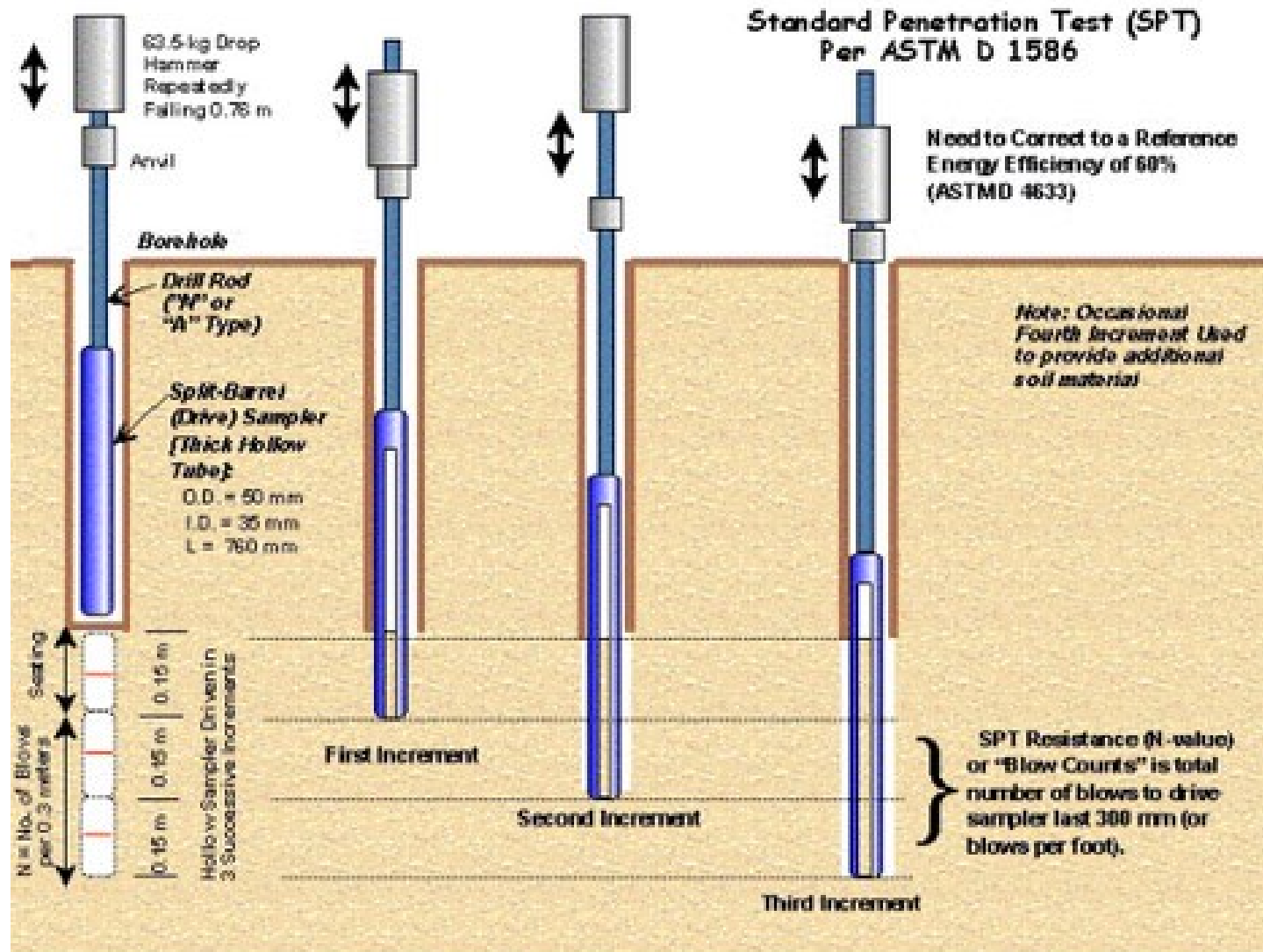
300 mm penetrasyon için düşü sayısı = SPT N



Düşü sayısı
veya
N-Değeri



Standard Penetrasyon Deneyi (SPT)



SPT DENEYİ

- 1927 yılından bu yana geliştirilip kullanılmış bir dinamik sondalama deneyi olup yurdumuzda da yaygın uygulama alanı bulmuş bir yerinde deney tekniğidir.
- Yarık örnek alıcının zemine sokulması sırasında örnek alıcının ilerlemesi için gerekli vuruş sayısının granüler zeminlerde sıklıkla, kohezyonlu zeminlerde kıvamlı ilişkisi görüldüğünden bu işlem bir standarda bağlanmıştır.
- Örnek alıcı 622.72 N (=63.5kgf) ağırlıklı bir tokmağın 0.762 m'den düşürülmesi ile çakılır ve üç kez 152.4 mm ilerlemesi için gerekli vuruş sayısı belirlenir. Son iki aşamadaki toplam vuruş sayısı Standard Penetrasyon, SPT Değeri (N değeri) olarak adlandırılır.
- Deney bitirilince takım dışarı alınır, uç ve bağlantı elemanı çıkarılır, zemin örneği tüpten alınır ve cam kavanoza konulup laboratuara gönderilir.
- Deney genellikle 1.50 m aralıklarla uygulanmaktadır. Genelde 152-456 mm arasındaki giriş için $N > 100$ ise deneye son verilmekte ve giriş derinliği yazılmaktadır. Özellikle çok ayrılmış ve zayıf kayalarda istenilen kadar ilerleme sağlanamamış olsa da sonuçlardan yararlanılabilir.

Standard Penetrasyon Deneyi

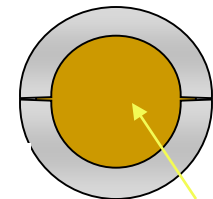
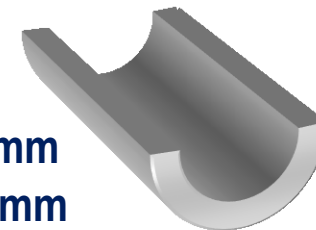
Yine de bir
anlamı var

- Çoğunlukla granüler zemin; Killerde güvenli değil
- N-değeri ϕ' , E ... parametrelerine korole edilir
- Sondaj çukurlarında 1.5 m aralıklarla yapılır
- Yarık kaşık numune alıcılarla örselenmiş numuneler aşınır.

$A_R = 112\%$;
sınıflandırma için
kullanılır

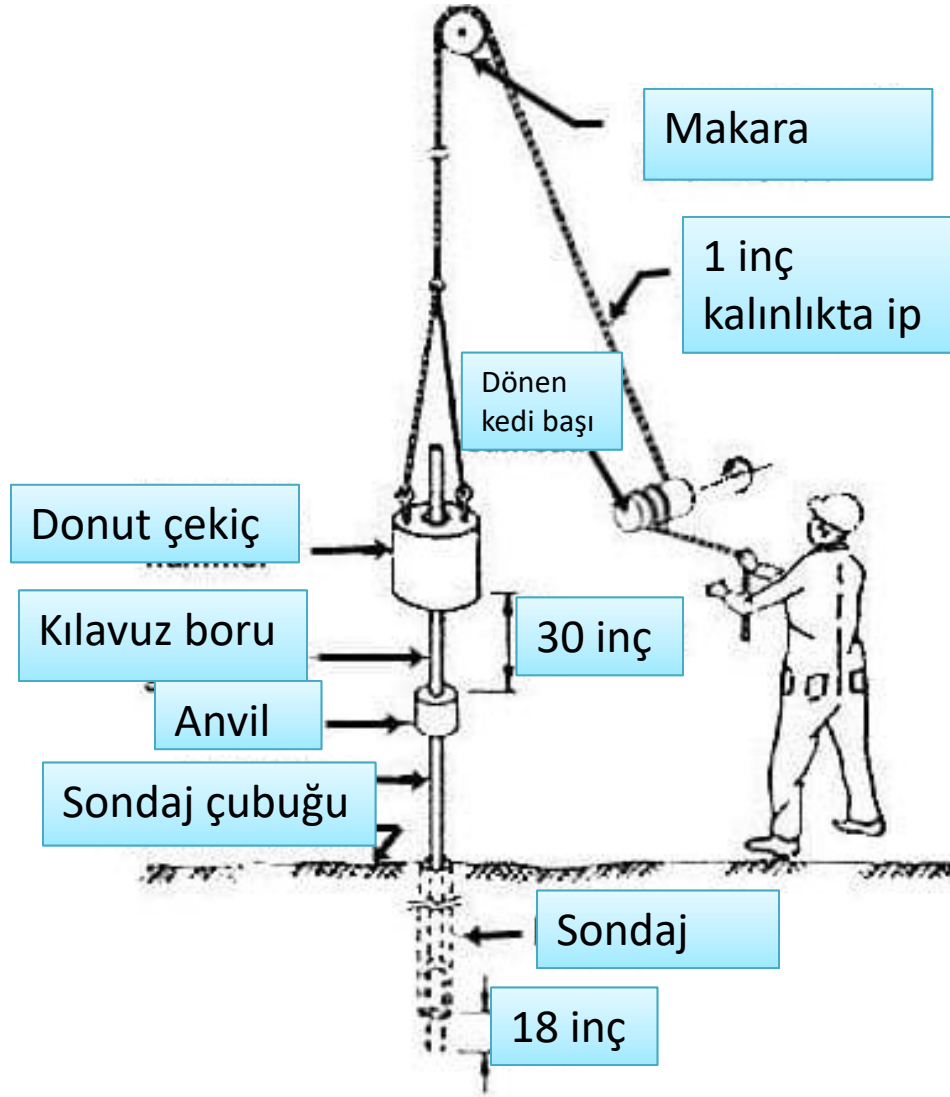


I.D. = 35 mm
O.D. = 51 mm



zemin

Standard Penetrasyon Deneyi



SPT Çekici



SPT (N) Sayısına etki eden faktörler

- a) Sondaj deliğinin yeterince temizlenemeyişi
- b) Örnek alıcının sondaj kılıfı alt ucundan yukarıda çakılması
- c) Sondajda yeteri kadar hidrolik yük sağlanamaması
- d) Deney yapanın gösterdiği özen:
- e) Örnek alıcının fazla çakılması
- f) Örnek alıcının çakılla tıkanması
- g) Tıkanmış kılıf borusu
- h) Kılıf borusu alt ucu ötesinin fazla yıkanması
- l) Delme yöntemi
- k) Standard olmayan tokmak düşüşü
- l) Tokmağın serbest düşmesinin sağlanamaması
- m) Doğru ağırlık kullanılmaması
- n) Ağırlığın aksinel düşmemesi
- o) Kılavuz kullanılmaması
- p) Örnek alıcı ucunun iyi olmaması
- q) Standarttan daha ağır sondaj çubuğu kullanılması
- r) Doğru olmayan delme tekniği
- s) Çok büyük sondaj deliği
- t) Yeterli denetim olmaması
- u) Çok büyük pompa kullanmak

SPT Enerjisi

- Standard bir ağırlık ve düşüş yüksekliği ile kuramsal olarak
- $E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} ()^2 g \cdot h = wh = 475 \text{ Joule}$
- enerjisinin elde edilmesi beklenir. Gerçekte ise Kovacs ve Salamon (1982) bunun %30-%80'inin, Riggs (1983) %70-%100'ü civarında ölçüldüğünü belirtmektedirler.

SPT N ölçümlerindeki farklılık, Bowles (1990)

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

SPT N Düzeltmesi

$$N_{70} = C_N \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$

- N_{70} = Standart Enerjinin %70'inin uygulandığı durumda standard enerjiye karşılık gelen SPT N değeri
- C_N = efektif düşey jeolojik gerilme)'in Standard gerilmeden (95.76 kPa) farklı olması halinde düzeltme sayısı
- Liao ve Whitman (1986)'a göre $C_N = \left(\frac{95.76}{p'_0}\right)^{1/2}$

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ = Enerji, tij uzunluğu, kılıf ve sondaj çapı düzeltmesi

Killerde SPT korelasyonları

Jeolojik
gerilme için
düzeltme yok

N_{60}	c_u (kPa)	kıvam	Görsel tanımlama
0-2	0 - 12	Çok yumuşak	Parmak batırılabilir > 25 mm
2-4	12-25	Yumuşak	Parmak 25 mm batırılabilir
4-8	25-50	orta	Parmak ortalama bir güç ile batırılabilir
8-15	50-100	Katı	Parmak ile 8 mm girinti
15-30	100-200	Çok katı	Tırnak ile kazınabilir
>30	>200	sert	Tırnakla bile kazılamaz



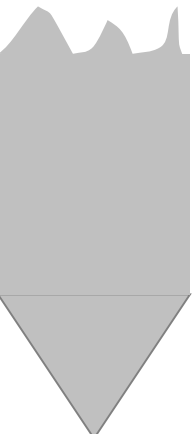
Dikkatli kullan; Güvenli değil.

SPT Granular Zeminlerde Korelasyon

Jeolojik
gerilme için
düzeltme yok

(N)₆₀	D_r (%)	Sıkılık
0-4	0-15	Çok gevşek
4-10	15-35	Gevşek
10-30	35-65	Orta
30-50	65-85	Sıkı
>50	85-100	Çok sıkı

Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)



Dinamik konik penetrasyon deneyi (DCPT)

- SPT'ye benzer; çekiç itilir
- Yarık kaşık yerine konik uç kullanılır

Kapalı uç;
örnekleme yok

- Düşü sayıları @ 1.5 m derinlik aralıkları ile alınır

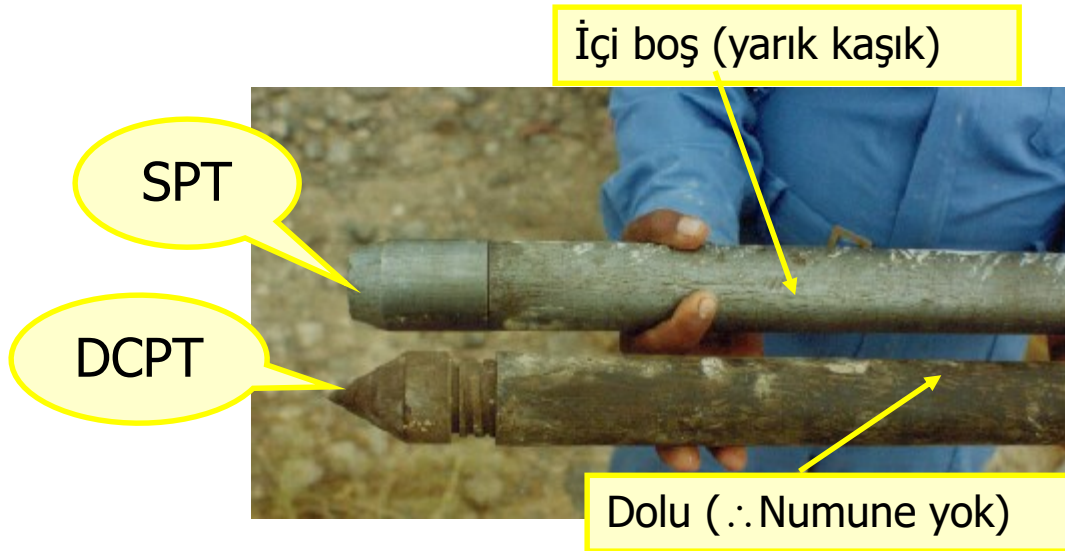
Static konik penetrasyon deneyi (SCPT)

- Zemine @ 2 cm/s hızla itilir
- Sürekli ölçüm verir

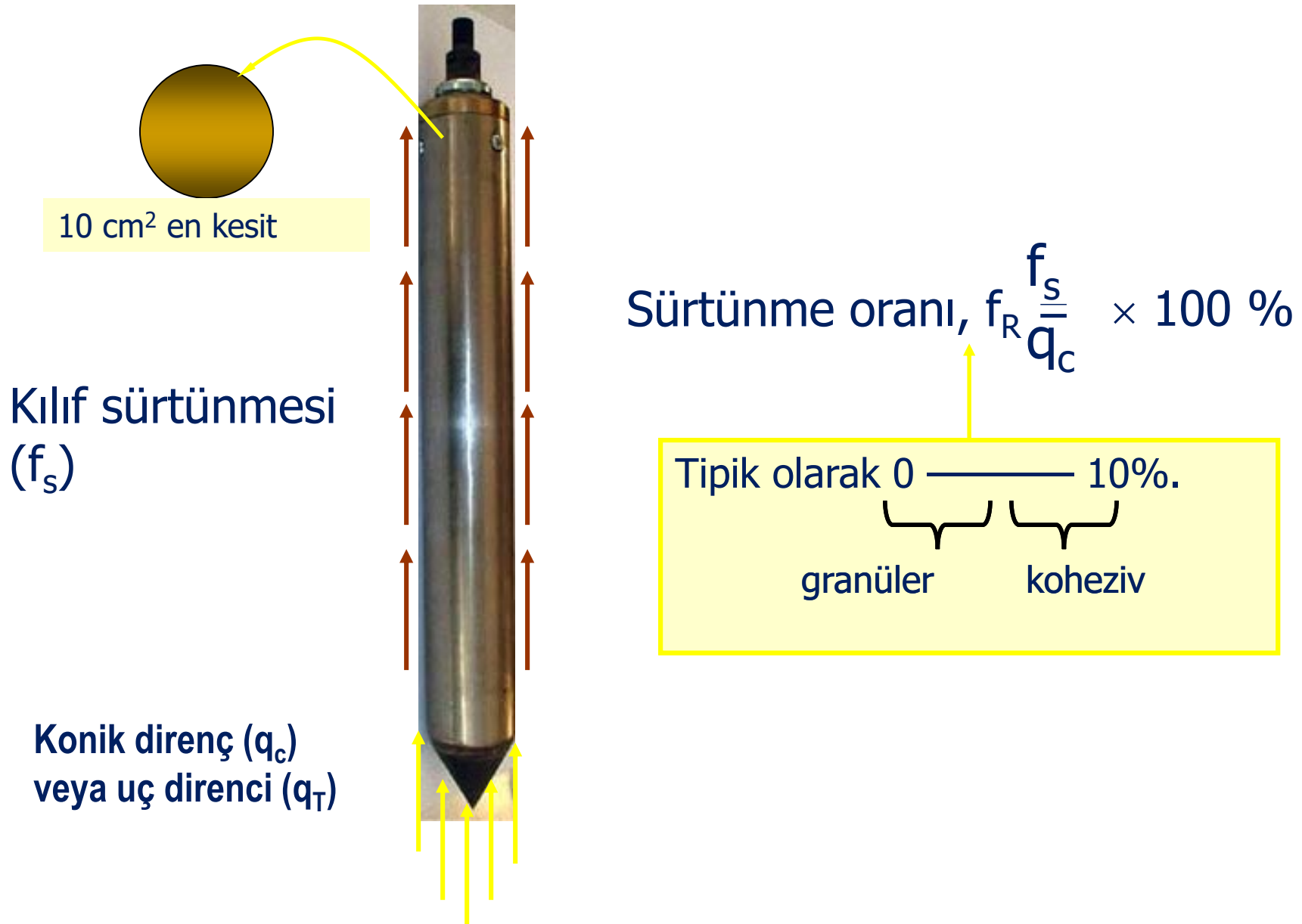


Dinamik Konik Penetrasyon Deneyi

- Basit ve kaba.
- SPT 'den veya sert zemindeki SCPT'den daha iyi
- SPT kadar kaba; düşü sayısına bağlı korelasyonlar güvenilir



Static Cone Penetration Test

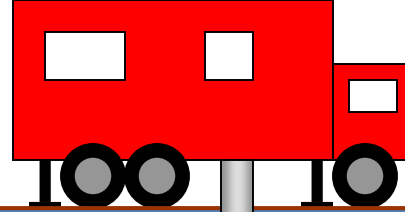


Piezokon (CPTU)

Modern statik koni; boşluk suyu basıncını da ölçebilir.



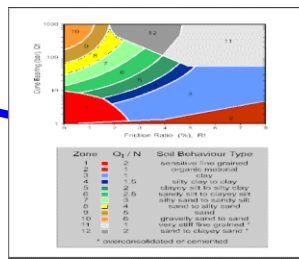
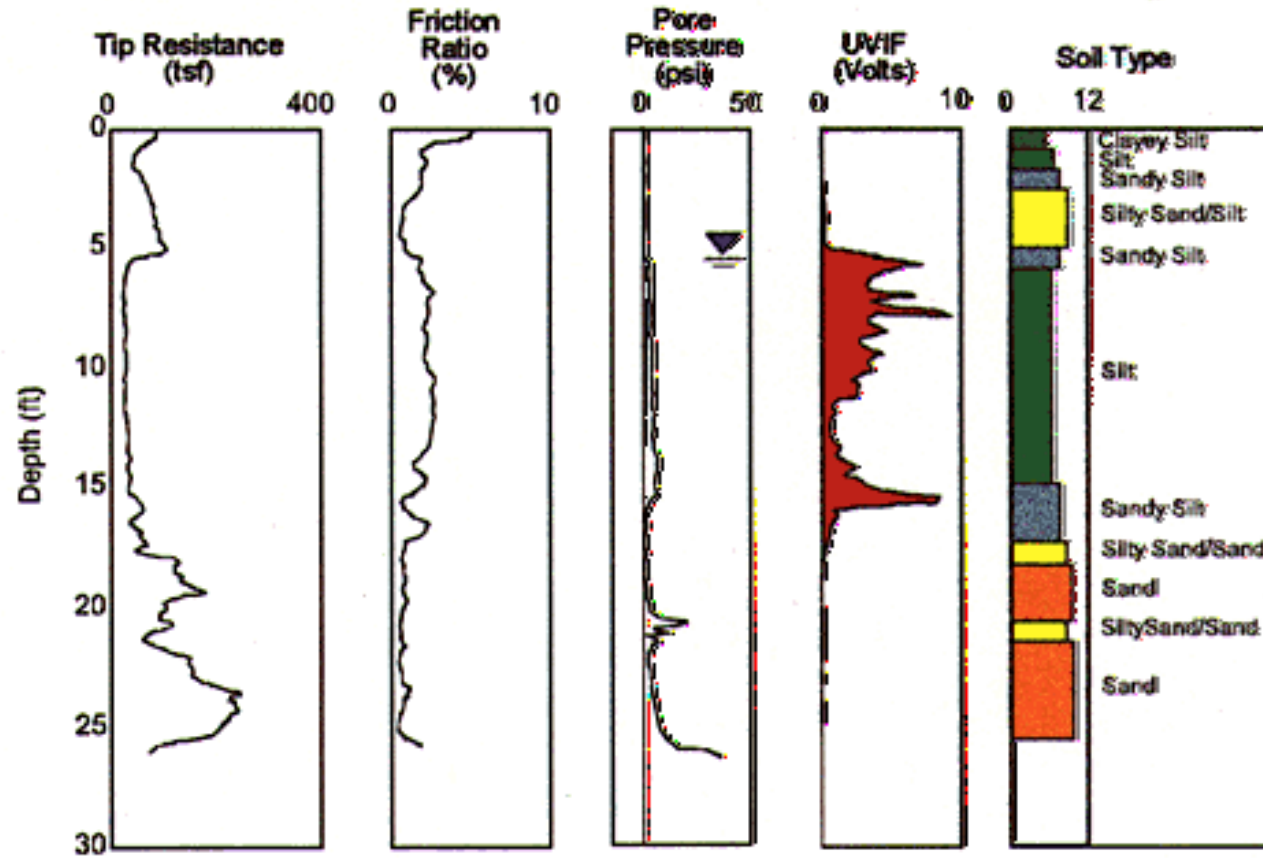
Boşluk suyu basıncı
Kuvvetlerle piezokon
ölçümü için poroz taş



20 mm/s
hızla itilir

Sürekli
ölçümler : q_c ,
 f_s ve u .

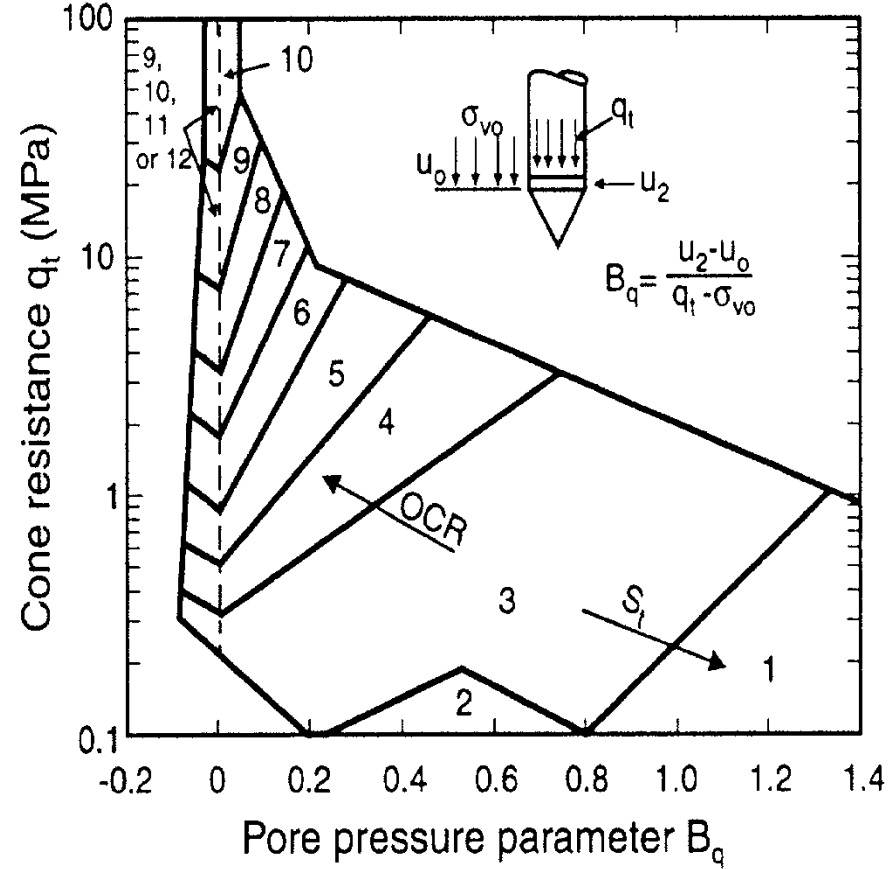
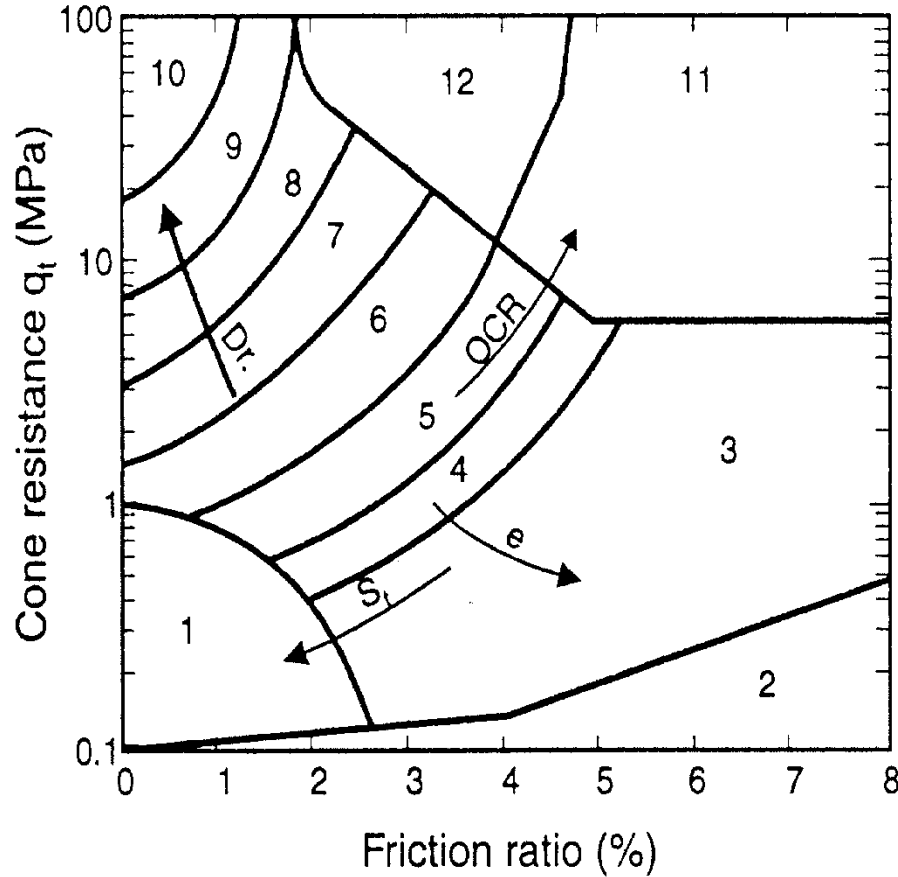
SCPT Veri Yorumlama



Bir sonraki slayt



SCPT (Piezocone) Veri Yorumlama



Tipik Zemin Davranışı (Robertson et al., 1986; Robertson & Campanella, 1988)

1 – Sensitif ince daneli

2 – Organik malzeme

3 – Kil

4 – Siltli kil - kil

5 – Killi silt - siltli kil

6 – Kumlu silt – siltli kum

7 – Siltli kum - kumlu silt

8 – Kum - siltli kum

9 – sand

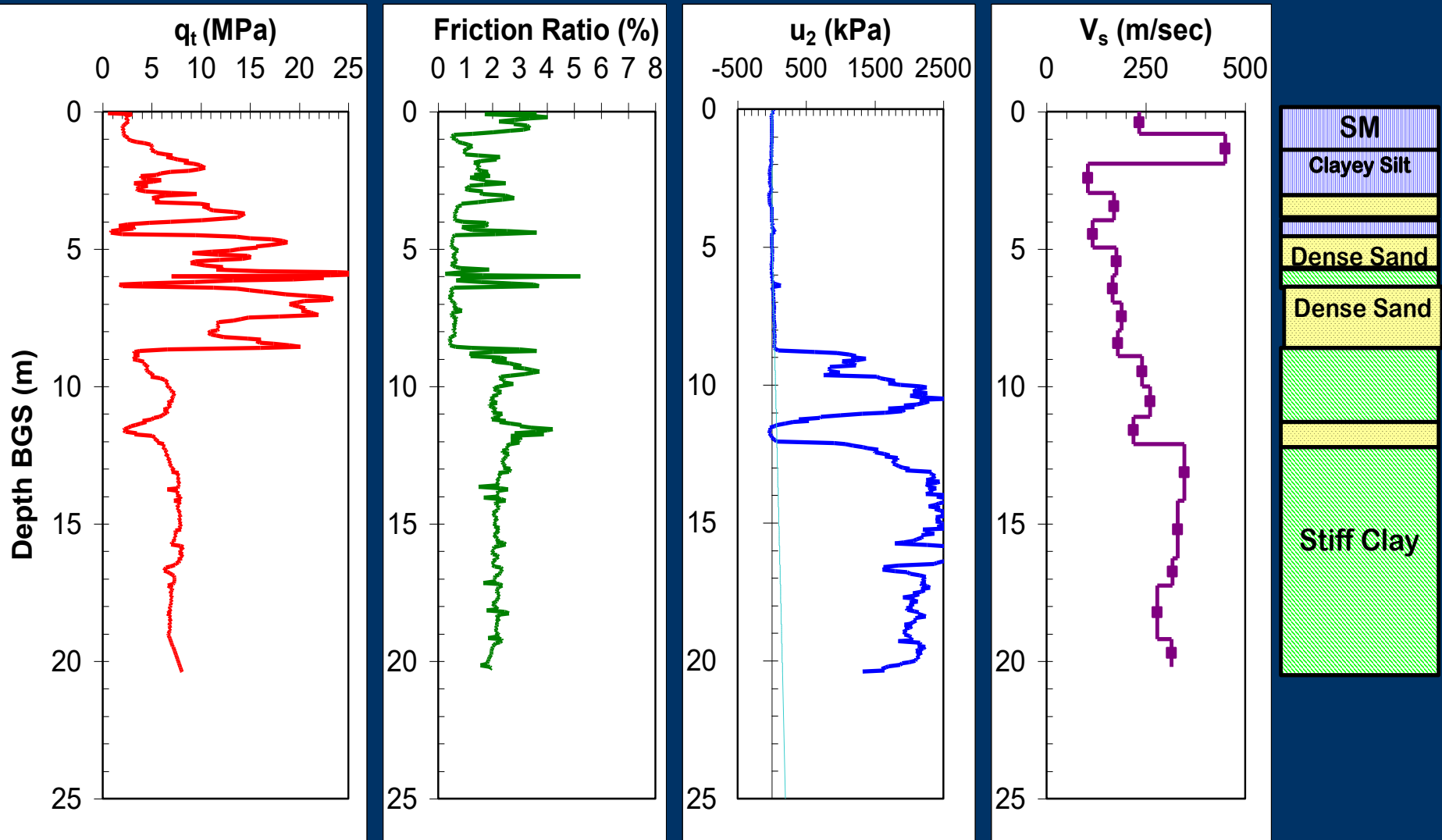
10 – Çakıllı kum -kum

11 – Çok katı ince daneli*

12 – Kum-killi kum*

**Not: Aşırı konsolide veya çimentolanmış*

Sounding - Shelby County, TN (U.S.A)



SCPT korelasyonları

Killerde,

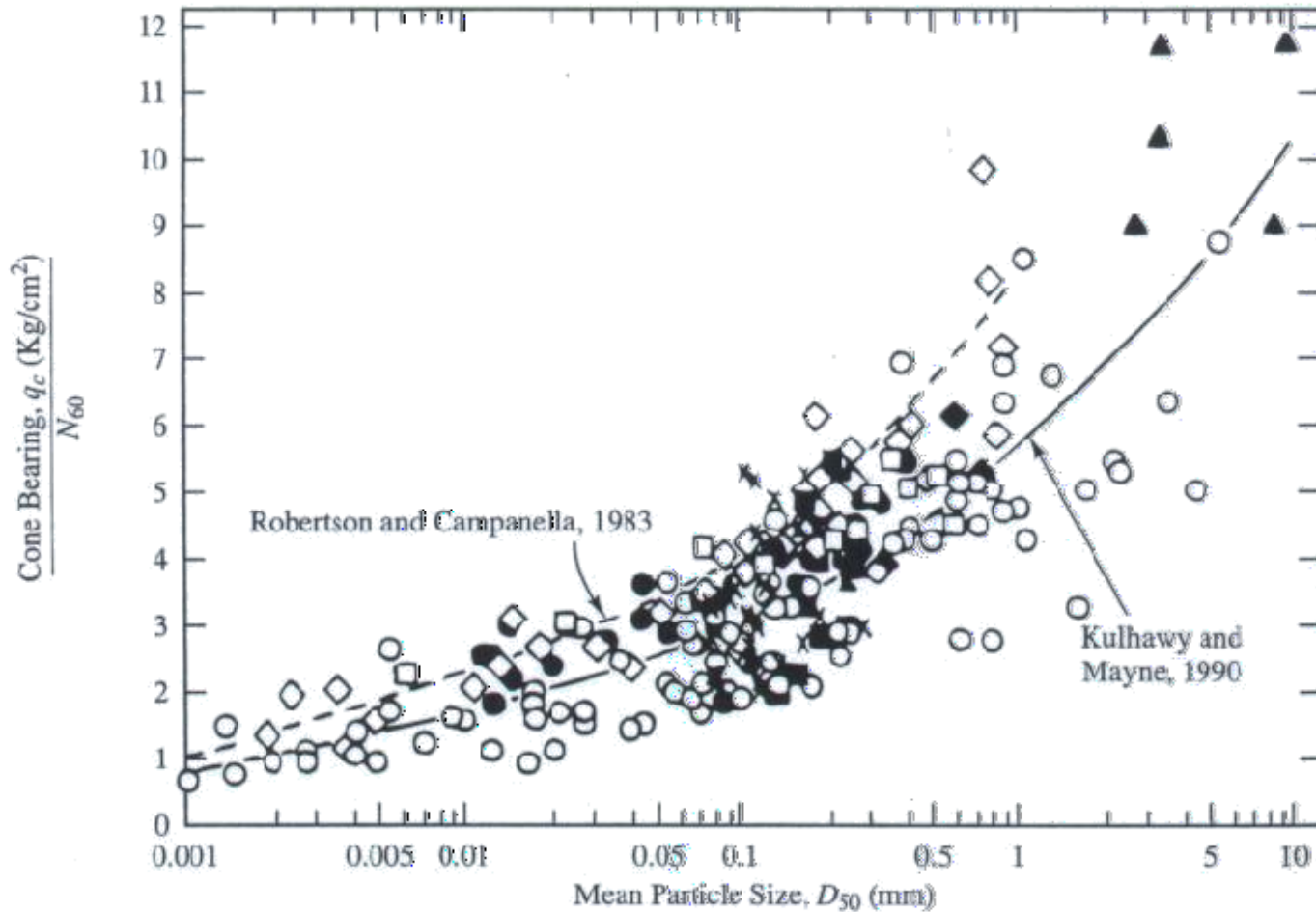
$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$

→ koni faktörü (15-20);
koni ile değişir

Kumlarda,

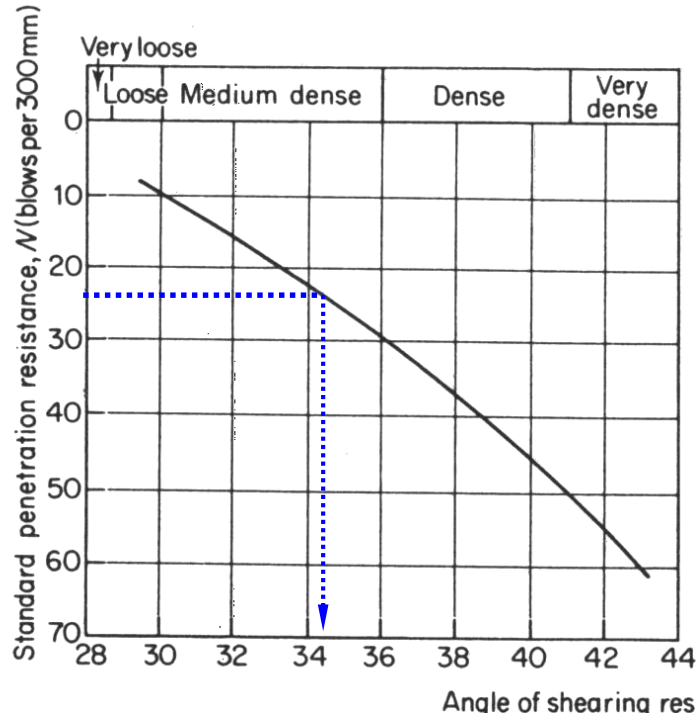
$$E = 2.5-3.5 q_c \quad (\text{genç normal konsolide kumlar})$$

Granüler zeminlerde q_c/N ilişkisi

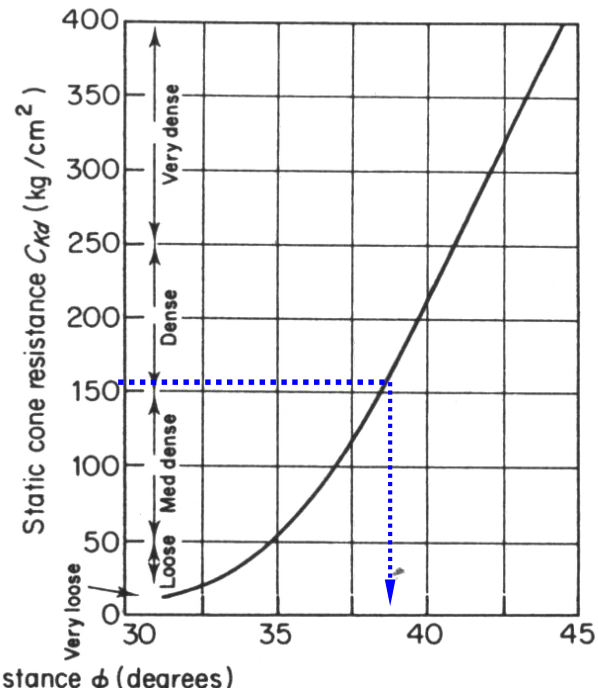


q_c (kg/cm²) (1 kg/cm² = 98.07 kPa)

Granüler zeminlerde SPT/CPT'den ϕ'



Peck et al. (1974)



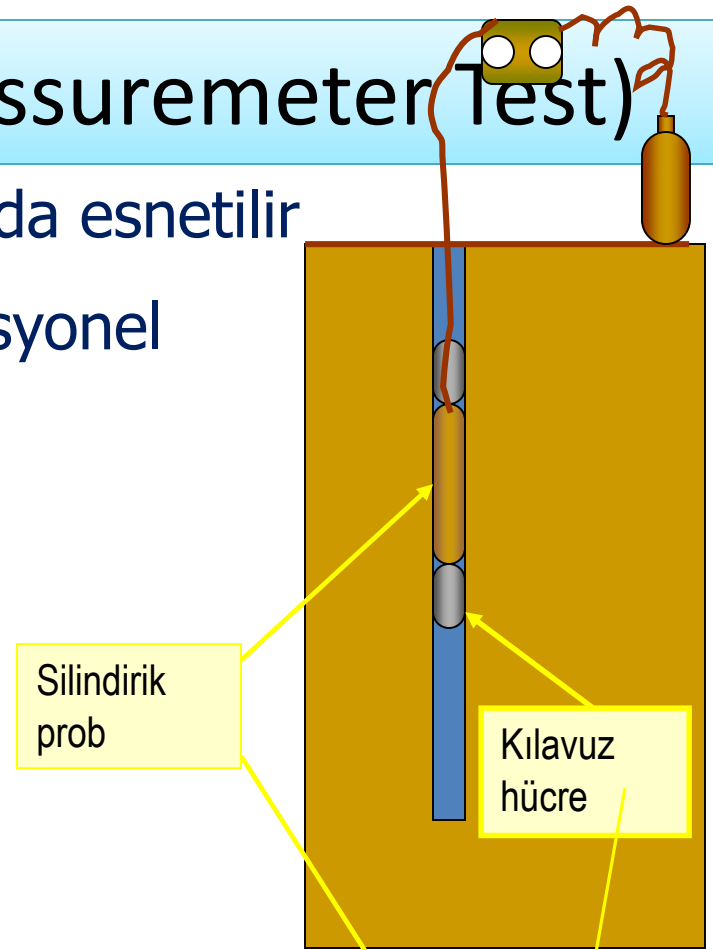
Meyerhof (1976)

Presiometre Deneyi (Pressuremeter Test)

- Silindirik bir probe sondaj çukurunda esnetilir
- Tüm yerinde deneylerden daha rasyonel
- Mukavemet, modül, K_0 , c_v ... verir
- Tüm zeminlerde

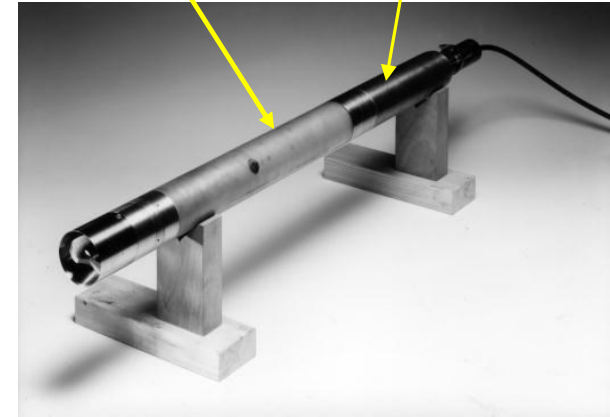


pressuremeter



Silindirik
prob

Kılavuz
hücre



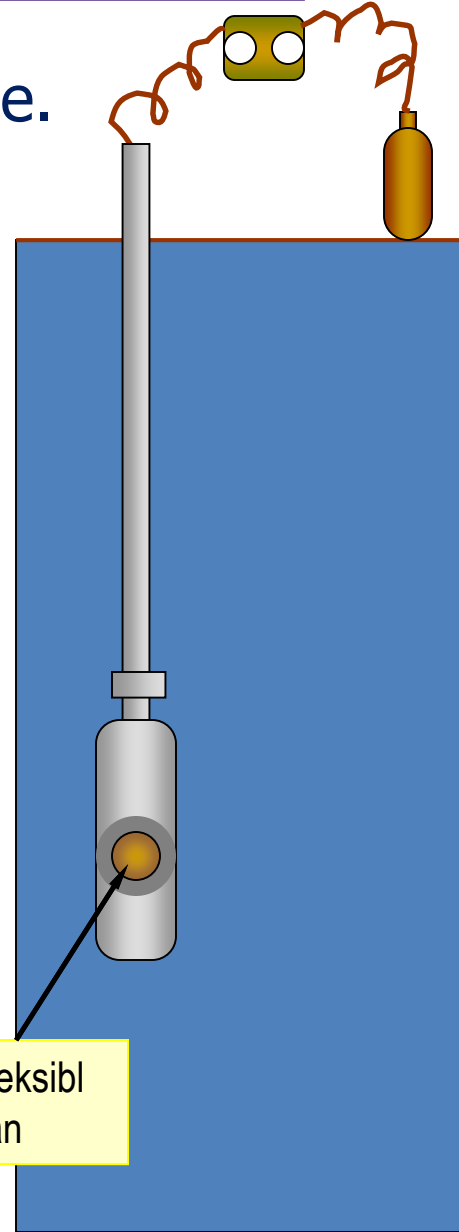
Dilatometre Deneyi

- 20 mm/s hızla ilerlenir. Her 200-300 mm 'de.
- Şişen zar için Nitrojen tankı .
- c_u , K_0 , OCR, c_v , k , E .
- Zemin tanımlanabilir

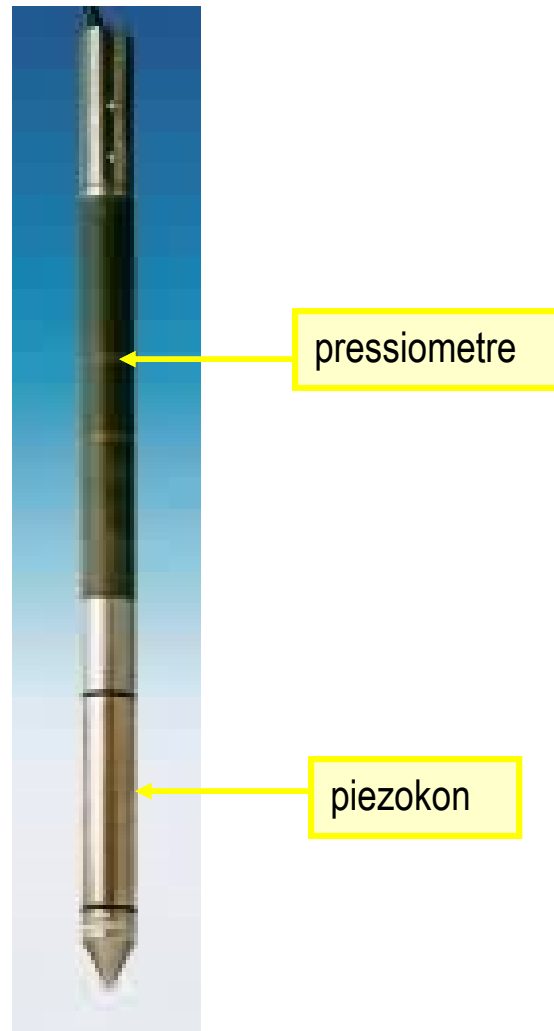
CPT gibi



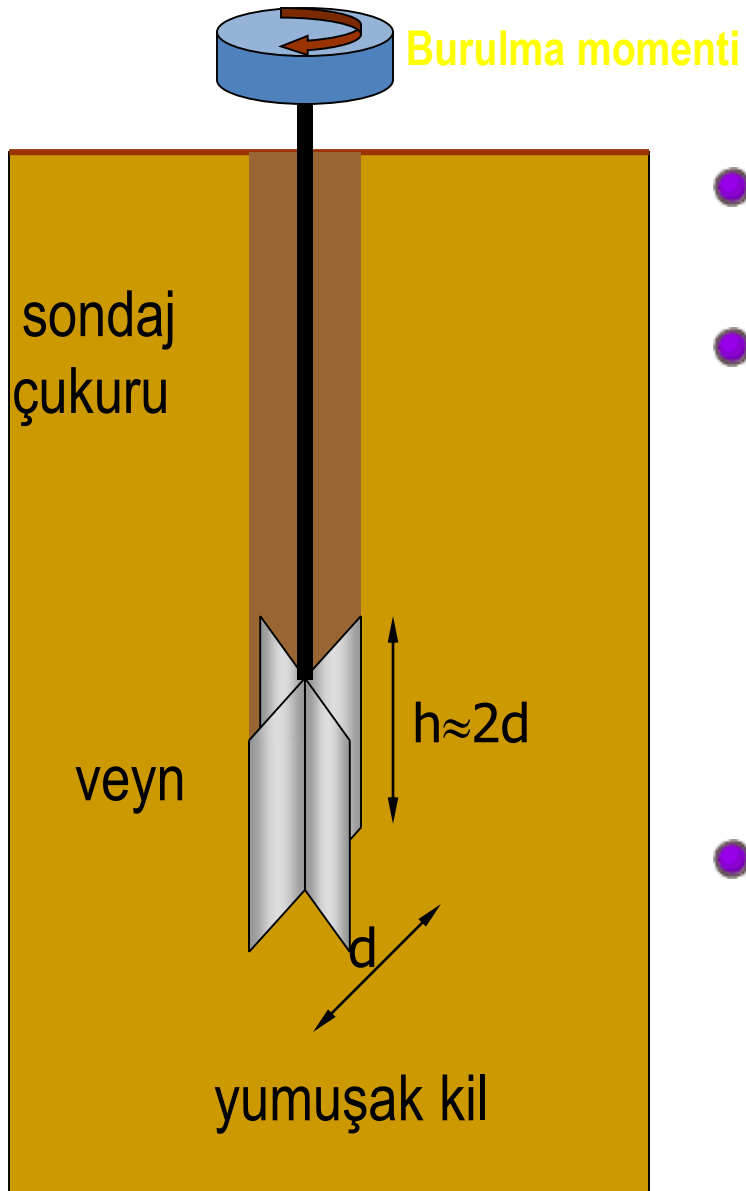
60 mm çap fleksibl
çelik membran



Konik Pressiometre



Veyn deneyi



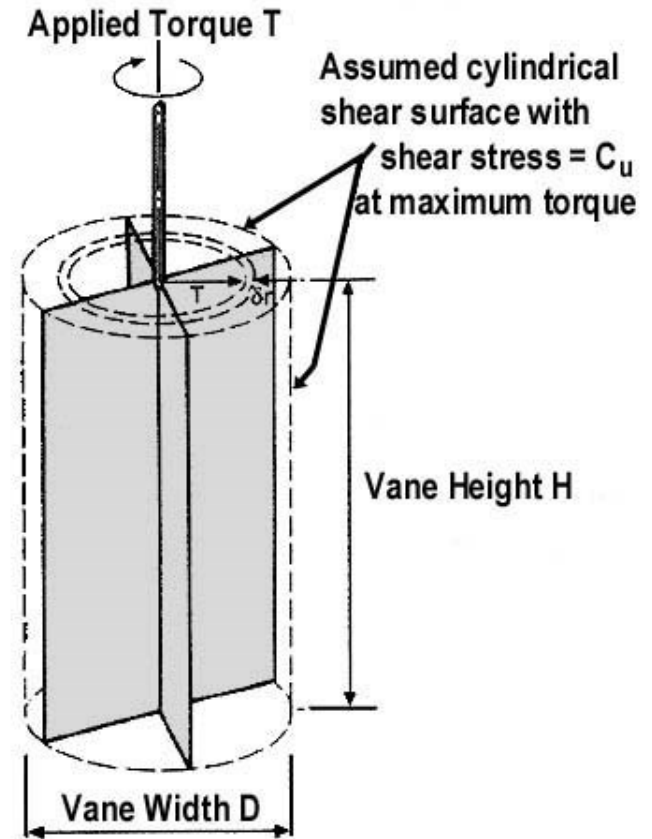
∴ drenajsız



Veyn deneyi



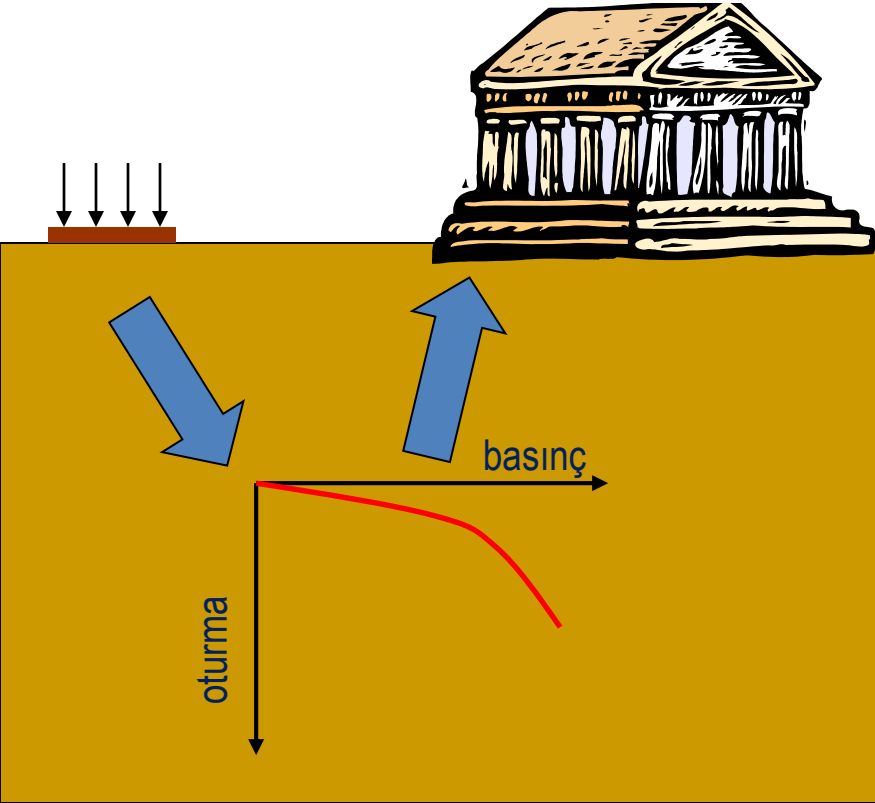
Deney uygulaması



Göçme yüzeyi

Plaka yükleme deneyi

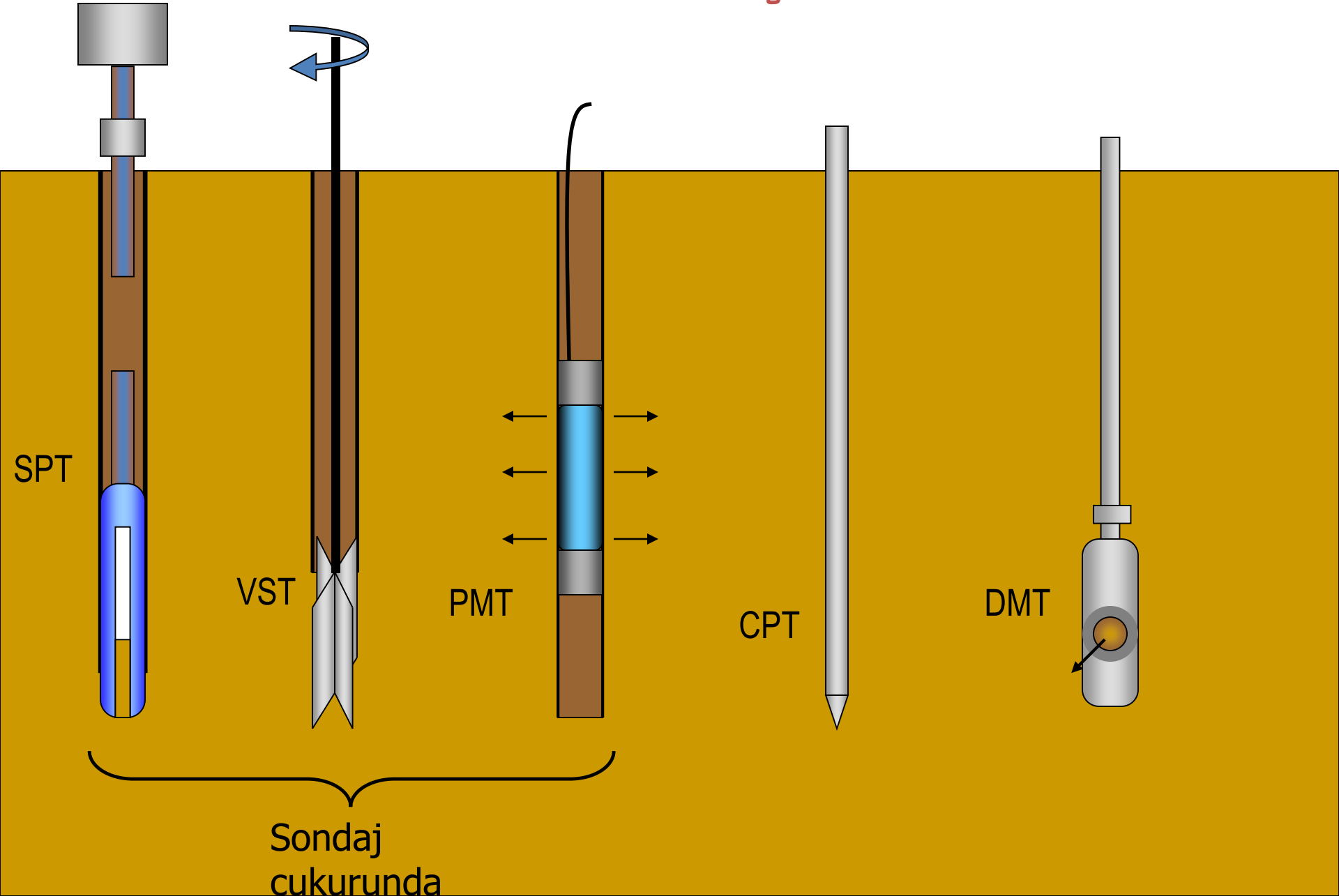
- Kare bir plaka (300 mm x 300 mm) göçünceye kadar yüklenir. Basınç vs. oturma eğrisi çizilir. Prototipe göre yorumlanır
- Yükleme düzeneği deneyi pahalılaştırabilir
- Düzensiz dolgularda iyi; ortalama sonuç verir.



plaka



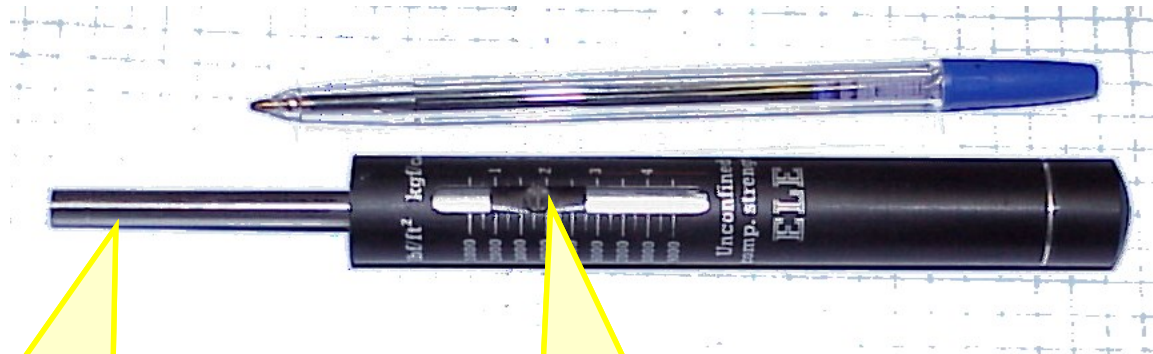
Arazi deneyleri



Cep Penetrometresi

- Killi zeminlerin serbest basınç mukavemetini ölçmek için basit bir alet($q_u = 2 c_u$)
- Araştırma çukurlarında deney numunlerinde uygulanır.

Çok kaba



Kile it

..mukavemeti oku

Sondaj Logu

[illegible]

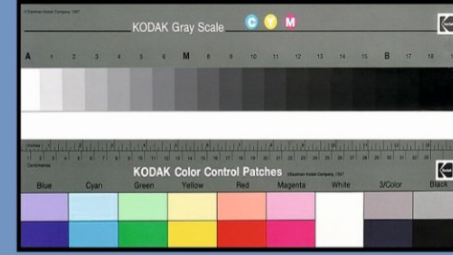
Karot Sandığı

İSTANBUL İLİ, SİLİVRİ İLÇESİ, GAZİOSMANPAŞA RES PROJESİ

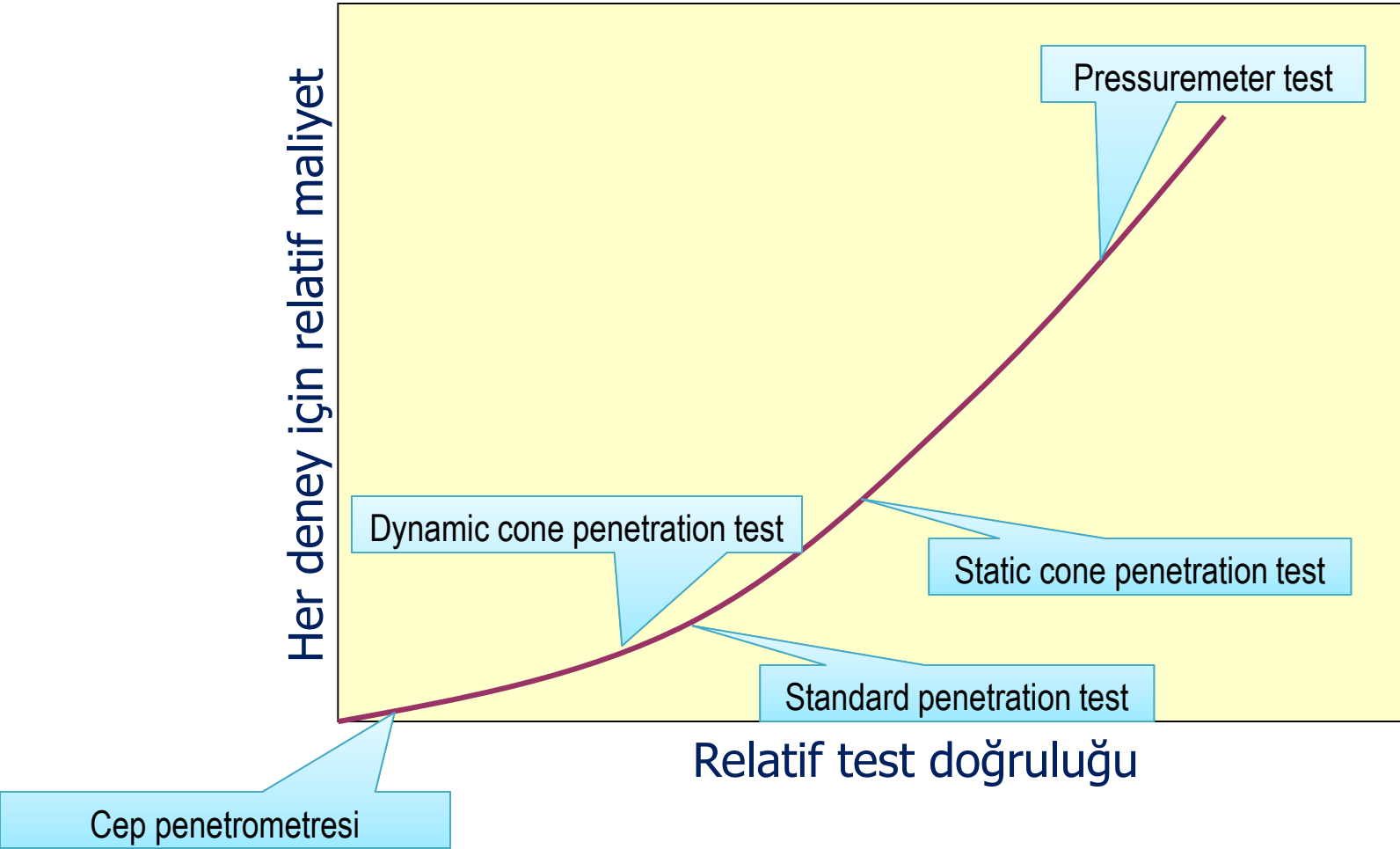
SONDAJ NO: S-T4

SANDIK NO: 2

DERİNLİK: 9.50 – 18.00 m



Doğruluğa göre maliyet



JEOFİZİK YÖNTEMLER

- Jeofizik yöntemler geoteknik mühendisliği dışında özel bir uzmanlık işi olup alışılmış araştırma yöntemlerine göre daha kısa sürede ve ekonomik olarak Jeofizik gözlemlerin yorumunda geniş alanları taramak için kullanılmaktadır. Yorumlamada yeterli sondaj verilerine göre değerlendirme gerekmektedir.
- Jeofizik yöntemleri birçoğu iki tarafında fiziksel özelliklerin farklı olduğu kesimleri ortaya çıkarmaktadır. İki tabakanın sınırı, fay, yeraltı yapısı, bir boşluk bu farklılığın ortaya çıkmasına neden olabilir. Fark belirgin değilse jeofizik yöntemin başarı şansı azalmaktadır. Bu yöntemler bazen zemin veya kayacın parametrelerini bulmakta kullanılırsalar da sonuçlar bu parametreler için doğrudan ölçümlerle karşılaştırılmalıdır.

JEOFİZİK YÖNTEMLER

- Elektriksel direnç
- Sismik yansımalar
- Sismik kırılma
- Rezistivite
- Magnetizma
- Gravite

Ödev

- <https://www.youtube.com/watch?v=IGk1HI1NGug>

Geoteknik Raporlar

- Geoteknik Raporlar aşağıdaki başlıklardan oluşmalıdır.

1. Zemin Etüdlerinin Amacı ve Kapsamı

2. Arazi Durumu

- Konumu
- Topoğrafik durumu
- Yüzey bitki örtüsü
- Civardaki yapıların durumu

3. Jeolojik Koşullar

- Genel jeolojik yapı
- İnşaat alanının jeolojik durumu

4. Arazi Araştırmaları

- Sondajların sayısı ve derinlikleri
- Araştırma çukurları
- Jeofizik araştırmalar
- Arazi deneyleri (SPT, CPT, Presyometre, Yerinde permeabilite ..vb)

5. Arazi Zemin Profili ve Yeraltı Suyu Durumu

6. Laboratuvar Deneyleri

7. Zemin Koşullarının Değerlendirilmesi

- Zemin Modeli (Geoteknik Modelleme)
 - Basitleştirilmiş zemin profili ve başlıca tabakalar
 - Arazi ve laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre tabakaların geoteknik özellikleri
 - Mukavemet parametreleri
 - Birim hacim ağırlıkları
 - Oturma parametreleri
 - Deformasyon parametreleri
 - Olası Bir Deprem Sırasında Zemin Tabakalarının Davranışı
 - Sıvılaşma olasılığı
 - Mukavemet ve rijitlik kaybı olasılığı

8. İnşa Edilecek Yapının Özellikleri

- Taşıyıcı sistemi ve açıklıkları
- Bodrum ve kat sayıları

9. Temellerin Tasarımına İlişkin Öneriler ve Parametreler

- Alternatif temel sistemleri
- Tavsiye edilen temel sistemi
- Güvenli taşıma gücü (Zemin emniyet gerilmesi)
- Beklenebilecek oturmalar
- Kazıklı sistem önerilmesi durumunda
 - Önerilen kazık çap ve boyları
 - Kazık taşıma gücü parametreleri
 - Yanal yataklanma katsayısı
 - Statik ve deprem durumu için güvenli taşıma gücü
(Sıvılaşma dikkate alınarak)
- Deprem yönetmenliğine uygun yerel zemin sınıfı ve T_A , T_B değerleri

10. İnşaat İle İlgili Tavsiyeler

- Kazı ve iksa sistemi ile ilgili tavsiyeler
- Kazıdan çıkan malzemenin dolguda kullanabilirliği
- Drenaj ve yalıtım ile ilgili tavsiyeler

Kaynak

