



GEOTEKNİK BÖLGESEL
MESLEKİÇİ EĞİTİM KURSU

ZEMİN ETÜTLERİ ve ARAZİ DENEYLERİ

Prof. Dr. Mustafa LAMAN



18 Kasım 2017
İSTANBUL



ZEMİNLERDE GERİLME DAĞILIMI

Zeminde Kendi Ağırlığı Nedeniyle Düşey Gerilmeler

Birim hacim ağırlık tabaka boyunca sabitse

$$\sigma_v = \gamma \times z$$

Birim hacim ağırlık tabakadan tabakaya değişiyorsa

$$\sigma_v = \sum_{i=1}^n \gamma_i \times z_i$$

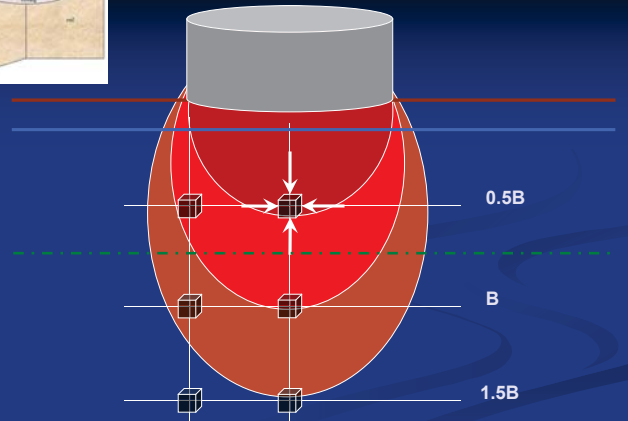
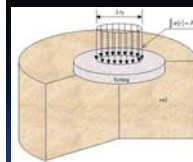
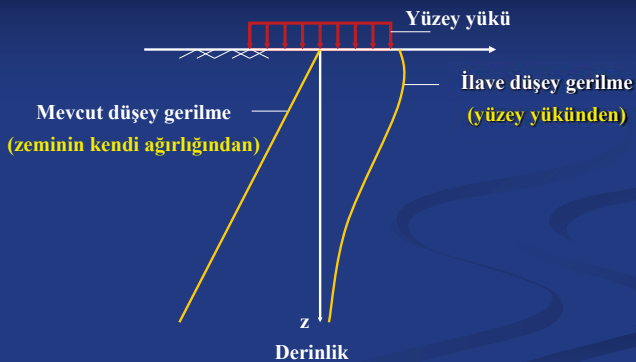
Zeminde Yatay Gerilmeler

$$\sigma_h = K \times \sigma_v$$

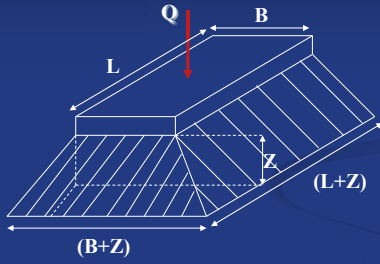
K: Yanal Zemin Basınç Katsayısı

- K_0 : Sükunetteki Yanal Zemin Basınç Katsayısı
- K_A : Aktif Yanal Zemin Basınç Katsayısı
- K_P : Pasif Yanal Zemin Basınç Katsayısı ($K_P > K_0 > K_A$)

İlave Düşey Gerilmeler



İlave Düşey Gerilmeler (Basit Kabul)



$$\Delta\sigma_z = \frac{qBL}{(B+z)(L+z)} = q \times I$$

- L: temelin uzun kenarı,
- B: temel genişliği,
- I: tesir katsayısıdır.

Elastik Çözümler (Tekil Yük Durumu)

➤ Boussinesq (1885)

$$\Delta\sigma_z = \frac{Q}{z^2} I_p$$

$$I_p = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{\left[\left(r/z\right)^2 + 1\right]^{5/2}}$$

➤ Westergaard (1938)

$$\Delta\sigma_z = \frac{Q}{z^2} I_w$$

$$I_w = \frac{1/\pi}{\left[1 + 2\left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{3/2}}$$

- Burada I_p ve I_w tesir katsayısı olup farklı (r/z) oranları için tablolardan da elde edilebilir.

Elastik Çözümler (Dairesel Yük Durumu)

➤ Boussinesq İfadesi:

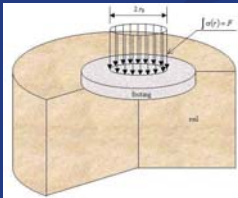
$$\Delta\sigma_z = q \times I$$

$$I = 1 - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{R}{z}\right)^2\right]^{3/2}}$$

Westergaard İfadesi:

$$\Delta\sigma_z = q \times I_w$$

$$I_w = 1 - \frac{k}{\left[k^2 + (R/z)^2\right]^{1/2}}$$



Elastik Çözümler (Dikdörtgen Yük Durumu)

➤ Boussinesq İfadesi:

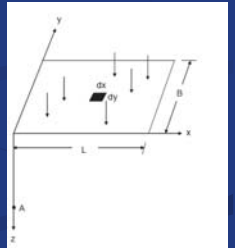
$$\Delta\sigma_z = q \times I_r$$

$$I_r = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right) \right]$$

➤ Westergaard İfadesi:

$$\Delta\sigma_z = q \times I_r$$

$$I_r = \frac{1}{2\pi} \left[\cot^{-1} \sqrt{\left(\frac{1-2\nu}{2-2\nu} \right) \left(\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} \right)} + \left(\frac{1-2\nu}{2-2\nu} \right)^2 \left(\frac{1}{m^2n^2} \right) \right]$$



➤ Zemin etüt yönetmeliği

➤ Yanlı hazırlanmış genelgeler

➤ Yetki kargaşası

➤ SONUÇ: Can-mal kayıpları ve mahkeme dosyaları

Zemin Etüdü Hiç Yapılmamış
Yada Hatalı (Eksik) Yapılmış
Projelerden Bazı Örnekler



5 Ocak 2015

İstanbul'da göçük

İstanbul Eyüp'teki bir inşaat, işçiler kanal açma çalışması yaparken toprak kayması meydana geldi. 1 işçi toprak altında kaldı.



05 Ocak 2015 Pazartesi 16:32

NOMO SOHO

Olay, sabah saat 10.00 sıralarında Alibeyköy, Atatürk Bulvarı üzerindeki bir inşaat meydanına

20 Haziran 2015

İstanbul'da AVM inşaatında göçük



Olay sırasında inşaat işçilerin bulunmaması olası bir faciaı önlerken, itfaiye ekipleri, göçük altında kalan bir aracın kurtarılması için çalışma başlattı.

Alınan bilgiye göre, İçerenköy Bosna Bulvarı üzerinde yer alan bir AVM'nin inşaatında göçük meydana geldi. Göçük sırasında inşaat sahasında işçi bulunmadığı için olası bir facianın eğilinden dönüldü. Göçükte bir otomobil toprak ve moloz yığını altında kalırken aracın kurtarılması için çalışma başlatıldı.

1 Eylül 2015

01-09-2015 18:00

Kategori: Aylık

İstanbulda Göçük: 2 İşçi Yaralı



0

"İstanbul Beylikdüzü'nde bir apartmanın temel atma çalışması sırasında oluşan toprak kayması sonucu 2 işçi göçük altında kaldı. Belden altı toprak altında kalan işçiler itfaiyenin çalışması sonucu çıkarılarak hastaneye kaldırıldı."

13 Ekim 2015

Kağıthane'de, bir inşaatın temel kazma çalışması sırasında meydana gelen göçük nedeniyle, vinç 15 metrelik inşaat alanına uçtu.



Çevrede oturan vatandaşlar ise inşaat firmasının çevrede gerekli önlem almadığını öne sürdü. Olay yerine gelen polis ve belediye ekipleri, inşaat alanı ve çevresini şerit ve bariyerle kapatarak güvenlik önlemi aldı.

19 Ocak 2016

İstanbul'da göçük: 7 bina boşaltıldı

İstanbul Bahçelievler'de bir ortaokul inşaatının yanındaki parkın duvarları, yağmur ve kar yağışı sonrasında oluşan heyelan nedeniyle parçalanarak büyük bir gürültüyle çöktü. Olayın ardından alana gelen belediye görevlileri, inşaat sahasındaki vincin devrilme ihtimaline karşı 7 binayı boşaltarak elektriklerini kesti.



İstanbul'da göçük: 7 bina boşaltıldı videosunu izle

2 Şubat 2016

Zemini kayan bina vinçle tutuluyor

Manisa'nın Şehzadeler ilçesinde bir binanın zemininde inşaat çalışmaları sırasında kayma meydana geldi. Bir bina, bitişik binadan ayrıldı. Bunun üzerine bina yıkılmasın diye vinç ve direklerle desteklendi.



02.02.2016 15:55

25 Şubat 2016

İstanbul ve Bursa'da inşaatta göçük

25 Şubat 2016 Perşembe, 09:50:53 Güncelleme: 12:10:35

İstanbul ve Bursa'da göçük altında kalan işçiler kurtarıldı



Üsküdar Belediye Binası İnşaatı



Sarıyer Yurt İnşaatı



Otel İnşaatı Güneşli İstanbul





Marmaray ve İSKİ Tünel çalışmalarında Cerrahpaşa Tıp Fakültesi ve Çevrede Oluşan Çatlaklar.



Üsküdar – Çekmeköy Metrosu'nun zemine yakın kazı çalışmaları



Erzurum'daki atlama kuleleri çöktü

ERZURUM'un 2011 yılında ev sahipliği yaptığı 25'inci Dünya Üniversiteler Kış Oyunları için yaptırılan kayakla atlama kulelerinin önündeki pistlerde toprak kayması meydana geldi. Pistler tamamen kullanılamaz duruma gelirken, otel ve diğer tesisler de bozaltıldı.



Deprem Hasarları



Zeminde Sıvılaşma Sonucunda Meydana gelen Hasarlar





TDY 2008, Bölüm 6.2.2: (Sıvılaşma Potansiyelinin İrdelenmesi)

Bütün deprem bölgelerinde YASS'nin yüzeyden 10 metre içinde olduğu durumlarda D grubu zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin incelenmesi ve sonuçların belgelenmesi zorunludur.

Sıvılaşma potansiyeli yüksek olan zeminler;

- Standart penetrasyon değerleri yüzeye yakın yerlerde (ilk 10 metrede), $N_{10} < 10$ ve daha derinde $N_{10} < 20$ olan kumlu zeminler,

- Derinliği 15m ile 20m arasında bulunan ve düşey basınç gerilmeleri yüksek olmayan, suya doymun kumlu ve siltli kumlu, killi kumlu zeminler,

- Dane çapı dağılımı üniform olan silt-kum cinsi ve özellikle efektif çap (D_{10}) değerinin 0.005mm ile 0.15mm arasında olduğu zeminler ve elek analizinde 0.005mm'den geçen kısmı ağırlıkça %15'den daha az, likit limit değeri 0.35'den küçük ve su muhtevası likit limit değerinin 0.90 katından daha büyük olan killi zeminler.



Zemin Etütlerinde Yapılan Hatalar ve Eksiklikler

Özyurt ve Toker (2013) tarafından yapılan araştırmada toplam 66 adet zemin-temel etüt raporu 30 farklı kritere göre değerlendirmiştir.

Çalışmada;

Arazi ve laboratuvar çalışmalarının yanlış veya eksik yapıldığı ve bu verilere dayanarak yanlış-güvensiz-aşırı güvenli geoteknik hesaplar ve temel tasarımı yapıldığı vurgulanmıştır.



Araştırmaya göre sıkça yapılan hatalar;

- İnşaatı planlanan yapının oturum alanı, kat sayısı, temel-bodrum derinliği gibi bilgilerin zemin etüt raporunda verilmemesi,
- Sondaj yerlerinin planda gösterilmemesi,
- Sondaj sayıları ve derinliklerinin yetersiz olması,
- Zemin davranışını (drenajlı uzun dönem, drenajsız kısa dönem davranış vb.) ve nihai bina yüklerini göz önüne almadan arazi ve laboratuvar deneylerinin yapılması,

- Numune alımında, çoğunlukla yüzeyden 2-3 m. derinlikte, 1-2 adet örselenmemiş numune alınıp, daha derinlerden alınmaması,
- Zemin tipine uygun arazi deneyinin seçilmemesi, uygulanmaması, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)'nin her türlü zemin ve kaya ortamında uygulanması ve Standart Penetrasyon Vuruş Sayısı (SPT-N) değerine yapılacak düzeltme faktörleri için gerekli verilerin tam olarak bulunmaması,
- Laboratuvar deneylerinin (konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı, kayada tek eksenli basınç dayanımı deneyleri) yeterli sayıda ve gerekli özenle yapılmaması.

Hatalı Bir Zemin Etüdünün Maliyete Etkisi

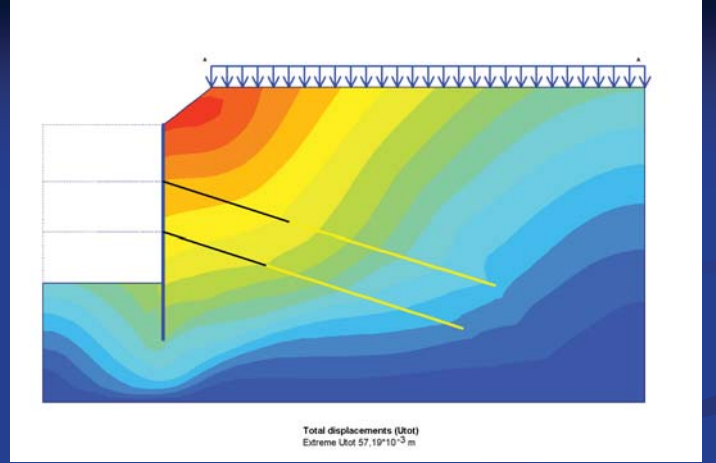


	1. Nolu Zemin Etüd Raporu	2. Nolu Zemin Etüd Raporu
Zemin Emniyet Gerilmesi (kgf/cm ²)	0.90	2.20
Düşey Yönde Yatak Katsayısı (t/m ³)	1080	2640
Temel Zemin Grubu	D	B
Yerel Zemin Sınıfı	Z3	Z2
Spektrum Karakteristik Periyotları (s)	0.15, 0.60	0.15, 0.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (g)	0.30	0.30
Açılan Sondaj Kuyusu Sayısı	3	4
Onerilen Temel Tipi	Derin Temel	Yüzeysel Temel

•Zemin etüt raporlarına göre iksa sistemleri

Yapılacak İmalat	1 Nolu Zemin Etüd Raporu	2 Nolu Zemin Etüd Raporu
Kazık Çapı	60cm fore kazık	30cm mini kazık
Kazık Boyu	10m	8.5m
Geçirimsizlik Perdesi	Gerekıyor	Gerekmiyor
Ankraj Kök Boyu	10.0 m	8.5m
Ankraj Serbest Boy	6.0m	5.5m
Zemin İyileştirmesi	Jet Grout	İyileştirme Gerekmiyor
Toplam Maliyet	618300 TL	275910 TL

49



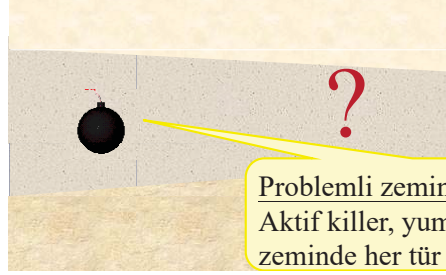
50



Zemin Etüt Çalışması Nasıl Yapılmalı?



İyi bir zemin araştırmasına ihtiyaç duyulur.



Problemlı zeminler
Aktif killer, yumuşak zeminler,
zeminde her tür boşluklar vb.

Zemin Etüt Çalışmaları

- A. Ön Çalışmalar
- B. Arazi Çalışmaları
- C. Laboratuvar Çalışmaları
- D. Parametrelerin Belirlenmesi ve Analizler
- E. Zemin Etüt Raporlarının Hazırlanması

A. Ön Çalışmalar

Arazi gezilir arazi ve yapı ile ilgili mevcut bilgiler toplanıp değerlendirilir.

- İncelenen arazinin konumu ve son durumu,
- Topoğrafyası,
- Arazi jeolojisi,
- Arazi su durumu (mevcut kuyulardan)
- Zemin profili (mevcut yarmalardan)

- Çevrede zemin kaynaklı problemler olup olmadığı,
- Komşu yapıların durumu, varsa zemin etüt raporları,
- Belediye ve diğer kuruluşlardan altyapılarla ilgili bilgiler,
- İnşa edilecek yapının özellikleri,



B. Arazi Çalışmaları

El Aletleri



Kazıcı



Sondaj
Makinası



Muayene Çukuru

1-2 m Genişlik
3-5 m Derinlik

Sondaj Kuyusu

50-75-90 mm Çap
6-30 m Derinlik

Kil

Arazi incelemesinde neler hedeflenir?

- Zemindeki yatay yöndeki değişimler
- Zemin profili,
- Y.A.S.S.
- Endeks özellikler,
- Sınıflandırma,
- Oturma ve dayanım parametrelerinin belirlenmesi.

Muayene Çukuru

- Yüzeysel inceleme amaçlı
- En fazla 5-6 m derinliğe kadar incelenebilir
- Genellikle uygun iş makinesi ile kazılır
- Hafif yapılarda veya sondajları doğrulama

Amaç:

- Gözle inceleme
- Numune alma
 - ❖ Tüp örnek
 - ❖ Torba örnek



Muayene Çukuru

Zemin tabakaları ve türleri gözle incelenir, ortamında deneyler yapılır ve örselenmemiş blok numuneler alınabilir.



Tüp ile numune alma

- Kazılan çukurun tabanından tüp örnek almak için çelik borular kullanılır.
- Kullanılan boruların boyutu;
 - iç çapı 10.16 cm (4 inç),
 - et kalınlığı 0.32 mm (1/8 inç),
 - boyu 80 cm'dir.
- Çakmadan önce borunun içi gresle yağlanır.



- Borunun üzerine konan kapağa bir balyozla vurarak ve boru tabana gömülünceye değin çakılır.

- Daha sonra, boruyu hiç sarsmadan, etrafı oyulup açılarak boru içindeki tüp yer örneği ile birlikte çıkarılır.



Torba Örnek Alımı (Bozulmuş örnek):

- Deneyler için torba örnek alımı için tüp çakılan çukur tabanından kazılarak ve tüpü çıkarırken çevresinden alınan yaklaşık 20-25 kg toprak torba içine doldurulur.
- Torbanın ağzı bağlanır ve üzerine bir etiket iliştilir. Etiket üzerine tüp alınırken düşülen bilgiler aynen geçirilir.
- Veya bu iş için kavanozlar da kullanılabilir.



Amaçlarına göre sınıflandırma

- Petrol sondajları
 - * Petrol arama sondajları
 - * Petrol üretim sondajları
 - * Sismik etüd sondajları
- Su sondajları
 - * Araştırma sondajları
 - * İşletme sondajları (içme ve kullanma & sulama suyu)
 - * Drenaj sondajları
 - * Gözlem sondajları
 - * Yapay besleme sondajları
- Zemin etüdü (temel) sondajları
- Enjeksiyon sondajları
 - * Sağlama enjeksiyon sondajları
 - * Dolgu enjeksiyon sondajları
 - * Perde enjeksiyon sondajları
- Maden sondajları
 - * Maden arama sondajları
 - * Üretim sondajları (doğal gaz ve sıvı madenler için)
 - * Dolaylı üretim sondajları (patlatma amaçlı)
 - * Havalandırma kuyusu sondajları
 - * Kuy sondajları (galeri bağlantıları için)
- Özel amaçlı sondajlar

Yöntemlerine göre sınıflandırma

- Darbeli sondaj (Percussion drilling)
 - * çubuklu
 - * halatlı
- Döner sondaj (Rotary drilling)
 - * Döndürme sistemine göre
 - Tablalı sistem: dönme işlemi makina üzerindeki bir tabla ve masa ile sağlanır
 - Kovanlı (morset) sistem: dönme işlemi morset denilen dişli düzeneği ile sağlanır.
 - Başlıklı sistem: sondaj takımının dönüşü başlık ile yüzeyden sağlanır.
 - Turbo sondaj : kuyu içerisinde sadece kazıcı döner.
 - * Boşaltma sistemine göre
 - Düz dolaşimli sistem
 - Ters dolaşimli sistem
 - Havallı sistem
 - Örnek almalı sistem
- Birleşik (Döner-darbeli) sondaj



Tijler (sondaj borusu):

- Dönme, baskı kuvveti ve sondaj sıvısını matkaba ileten çelik borulardır.
- Farklı çaplarda olabilir. (33mm, 42mm, 50mm ve 60mm)
- Farklı uzunluklarda olabilir.
- Tijlerin bir ucu erkek diğer ucu dişi dişlidir.
- Sağlamdır, bağlantı yerlerinde sıvıyı sızdırmazlar.

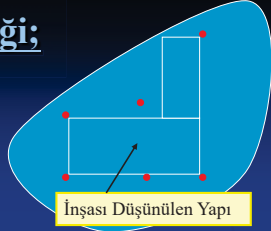


- **Karotiyer:** sondaj ilerleme sırasında matkabin kestiği karotu içine alarak bu örneğin yerüstüne çıkarılmasını sağlayan ekipmandır.



Sondaj Aralık ve Derinliği:

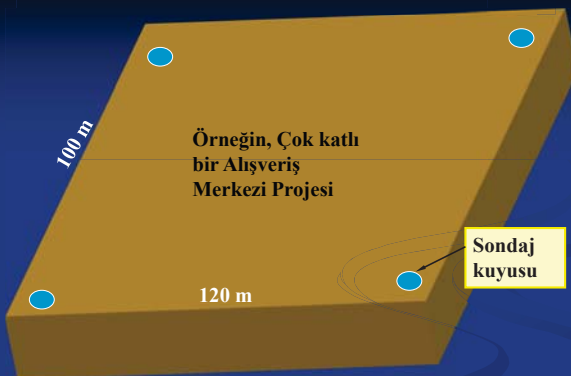
- Yapının Önemine
 - Arazi Zemin Özelliklerine
 - Yapı Boyutu ve Yüküne
 - Ayrıca Arazinin Jeolojik Yapısı, Topografya ve Proje Bütçesine bağlıdır
- Sondaj yerleri yapıların etrafında yoğunlaştırılır.
- Konut alanları dışında tipik olarak 20-60 m aralıkla.
- Sondaj derinliği ise, efektif gerilme artımının azaldığı derinliğe kadar olmalıdır (En az 1.5 B olmalıdır).



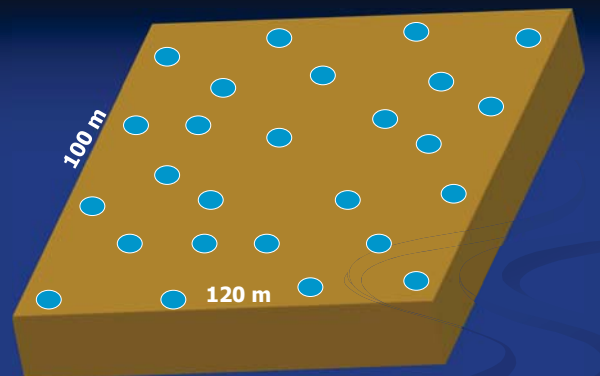
Binalar İçin En Az Zemin Araştırma Derinliği (Z) (ZEYT)

	KAT SAYISI (S)				
GENİŞLİK (B)	1	2	4	8	16
30	5	7	11	16	25
65	7	9	13	21	33
120	9	11	15	25	41

Arazi Çalışmaları Planlaması?

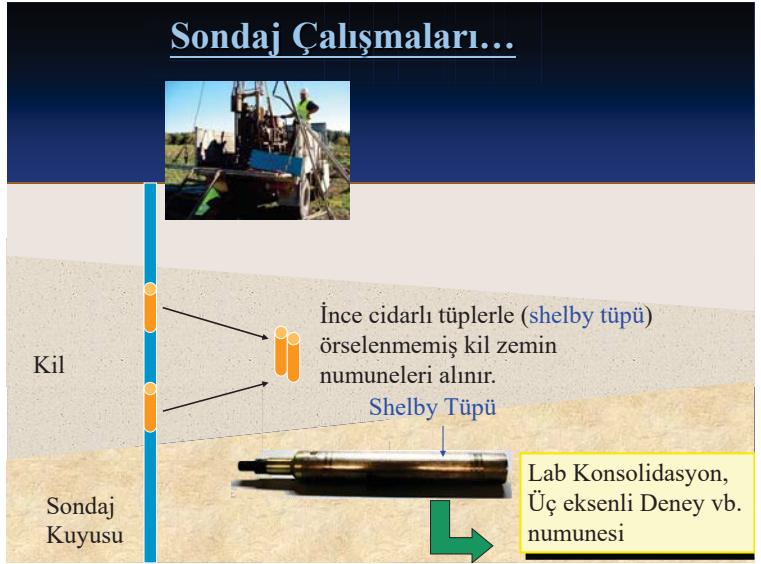
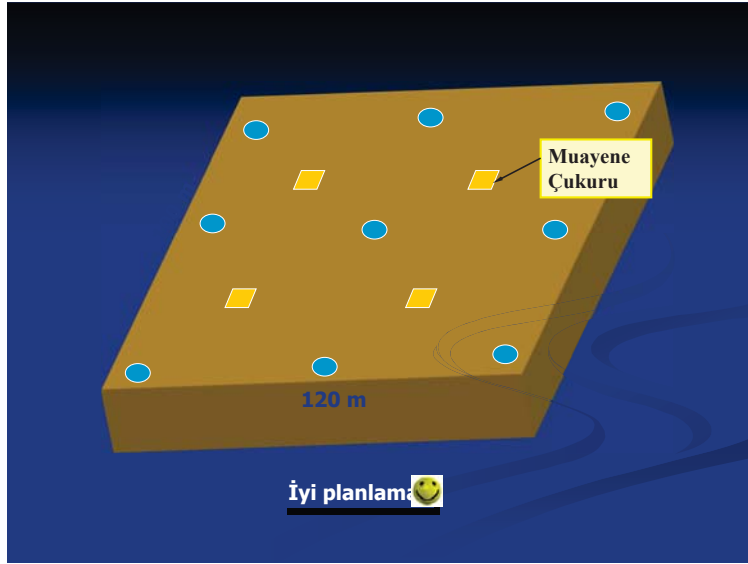


Yetersiz sondaj kuyusu; zemin profili ve özellikleri yeterince belirlenemez.



Çok fazla ve gereksiz maliyet artıran sondaj planlaması.





Örselenmemiş Kil Zemin Numunesi

- Laboratuvar üç eksenli ve konsolidasyon deneyleri için
- Kaliteli numuneler için “alan oranı”

$A_R < 10\%$

Zemin

Numune tüpü

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

Alan oranı

- Tüp et kalınlığı arttıkça, örselenme artar.
- Numunelerin taşınması ve alete yerleştirilmesinde dikkatli olunmalıdır.

Daneli (Kum-Çakıl) Zemin Tabakalarında ...

Örselenmemiş numune almak çok zordur. Bu yüzden arazi deneylerine başvurulur.

Örneğin, Penetrasyon Deneyleri

Bu durumda, temel tasarımında çoğunlukla penetrasyon deneylerinden yararlanır.

Penetrasyon Deneyleri

Standart ucun zemine girdirilmesi sırasında zemin dayanımı belirlenir.

Sondaj Kuyusunda yapılan başlıca penetrasyon deneyleri

- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
- Presiyometre Deneyi (PMT)
- Koni Penetrasyon Deneyi (CPT, CPTU)
- Veyn Deneyi (VST)

Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Standart ucun (numune alıcı) zemine 30 cm girmesi için gerekli düşüş sayısı kaydedilir. (SPT N)

Tokmak (63.5) kg

Yükseklik (76 cm)

Kum Zemin

Standart Uç

Crown sheave(s) or pulleys(s)

Typically 1 inch dia manila rope

Rotating cathead

Doughnut hammer

Slip or guide pipe

Anvil

Drill rod

Ground surface

Borehole

18 inch

30 inch fall



Deney sonuçlarını etkileyen faktörler:

- Sondaj kuyusunun açılış biçimi
- Sondaj kuyusunun temizlenmesi
- Sondaj kuyusunun çapı
- Kullanılan sondaj sıvısı
- Şahmerdanın elle ya da otomatik olarak kullanılması
- Şahmerdanın tipi
- Şahmerdanın düşüş yüksekliğinin 76 cm'den az olması
- Şahmerdanla kılavuz arasındaki sürtünme
- Kaşığın zemine iyi oturtulmadan saymanın başlatılması
- Örnek alıcının çakılla tıkanması
- Yeraltı suyu altındaki kuma yeterli hidrostatik basınç sağlanamaması sonucu "kaynama" oluşması
- Çok uzun ya da çok hafif sondaj borusu kullanma
- Düşüşler arasında geçen süre
- SPT kaşığının içinin yağlanması
- Sondaj ekibinin dikkatsiz çalışması

DÜZELTME

- Zemin Cinsi**
- Efektif jeolojik yük-Derinlik (C_N)
 - Tokmak düşürme frekansı (C_{BF})
 - YASS
- Deney Yöntemi**
- Çekiş Düşürme Yöntemi-Enerji (C_E)
 - Tij boyu (C_B)
 - Numune alıcısındaki kılıf (C_C)
 - Çakma başlığı (C_A)
 - Çakma başlığındaki blok yastık (C_C)

- Etkiyen faktörler dikkate alınarak SPT verileri bir düzeltme katsayısı ile çarpılarak düzeltilir.
- $N_{1,60} = (C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_C \cdot C_R \cdot C_{BF} \cdot C_S \cdot C_A) N_{ar}$
- Geoteknik uygulamalarda genelde efektif düşey gerilme C_N ve enerji düzeltmesi C_E yapılmakta, diğerlerinin etkisi daha az olduğundan ihmal edilebilmektedir.
- Bu durumda düzeltilmiş N değerleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$C_E = ER/60$$

$$N_{1,60} = (N_{ar}) C_E C_N$$

Y.A.S.S. DÜZELTMESİ

Terzaghi ve Peck, YASS altındaki ince taneli ve siltli kumda boşluk suyu basıncından dolayı, SPT sayısı 15'den büyük ise aşağıdaki düzeltme ile vuruş sayısının azaltılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

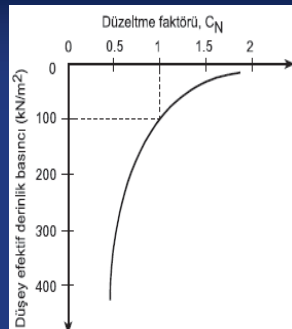
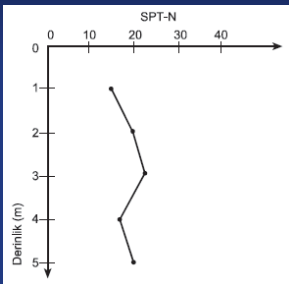
$$N_{düzeltilmiş} = 15 + 0.5 (N_{ölçülen} - 15)$$

DERİNLİK DÜZELTMESİ

SPT N değerleri deney seviyesinin üstündeki zeminden kaynaklanan efektif gerilmenin etkilerini gidermek için de düzeltilmelidir. Bu düzeltmede örtü yükü olarak 100 kPa esas alınmıştır. 100 kPa'lık örtü yükünden daha az olduğunda, N değeri yükseltilir. Daha derinlerde ise düzeltilmiş N değeri düşer.

$$N'_{60} = C_N N_{60}$$

$$C_N = 9.78 (1/\sigma'_v (\text{kN/m}^2))^{1/2}$$



σ'_v : deney derinliğindeki düşey efektif gerilmesi (kN/m^2)

C_N : düzeltme faktörü olup; derinlik basıncına bağlı olarak, aşağıdaki derinlik efektif basıncına karşılık alınır.

Meyerhoff (1956)

State of Packing	Relative Density	Standard Penetration Resistance (N)	Static Cone Resistance (q_c)	Angle of Internal Friction (ϕ)
	Percent	Blows / ft	Tsf or kgf/cm^2	Degrees
Very Loose	< 20	< 4	< 20	< 30
Loose	20 - 40	4 - 10	20 - 40	30 - 35
Compact	40 - 60	10 - 30	40 - 120	35 - 40
Dense	60 - 80	30 - 50	120 - 200	40 - 45
Very Dense	> 80	> 50	> 200	> 45

SPT Yorumu

Soil Consistency	SPT N	S_u (psf)	S_u (kPa)
Very Soft	< 4	< 250	< 12
Soft	2 - 4	250 - 500	12 - 25
Medium	4 - 8	500 - 1000	25 - 50
Stiff	8 - 15	1000 - 2000	50 - 100
Very Stiff	15 - 30	2000 - 4000	100 - 200
Hard	> 30	> 4000	> 200

Dikkatli kullanımlar;
güvenilirliği tartışılır.

Presiyometre Deneyi (PMT)

-

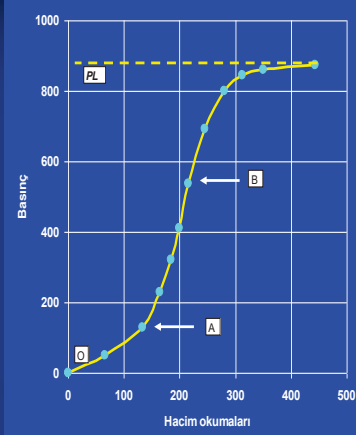
1. BÖLGE (Başlangıç arazi koşullarına dönüş)

- OA bölümü: Probu şişerek kuyu çeperlerine temas etmesi ve zeminin kuyu açılmadan önceki gerilme koşullarına gelmesidir.
- A noktasında arazi başlangıç gerilme koşulları yeniden oluşmuştur (P_{0m}). Bu noktadaki hacim V_0 olarak tanımlanır.

$$V_0 = v_0 + V_c$$

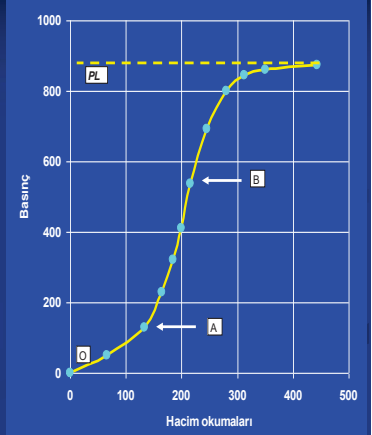
$$v_0 = A \text{ noktasının apsisi}$$

$$V_c = \text{Volumetredeki sıfır okuması}$$



2. Bölge (Elastik bölge)

- AB bölgesi: A ile B arasındaki doğrusal bölüm. Elastik bölgedir. Deneyin A noktasında başladığı kabul edilir.
- Zeminin deformasyon modülü (E_M =Menard deformasyon modülü) bu doğrusal bölgenin eğiminden hesaplanır.
- B noktasının koordinatları v_f ve P_f dir.
- P_f aynı zamanda akma gerilmesidir.
- B noktası aynı zamanda plastik bölgenin başlangıç noktasıdır.

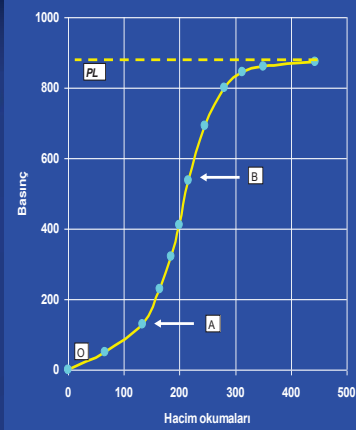


3. Bölge (Plastik bölge)

- B noktasından sonra plastik deformasyonlar başlar ve eğri yataya doğru asimptot kalır.
- Limit basınç (P_L): kuyu hacminin iki katı olması için gereken basınç olarak tanımlanır (v_L).

$$v_L - v_0 = V_0 = V_c + v_0$$

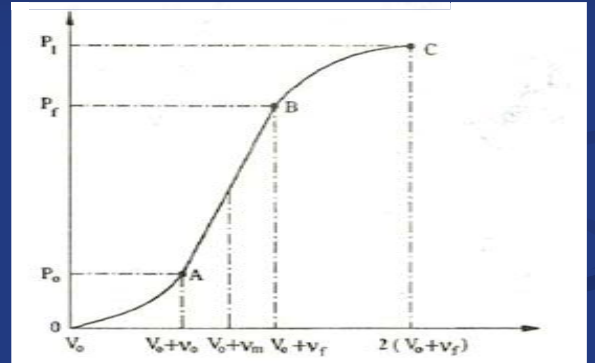
$$v_L = V_c + 2v_0$$



Net limit basınç (P_L^*)

$$P_L^* = P_L - P_0$$

PMT Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi



PMT Verileri İle Oturma Hesabı

- Presiyometre deneyinden elde edilen E_m değerleri kullanılarak bir yapı temelinde meydana gelebilecek oturmalar hesaplanabilir.

$$s = (q - \sigma_v) \left[\frac{2B_0}{9E_d} \left(\lambda_d \times \frac{B}{B_0} \right)^{\alpha} + \left(\frac{\alpha \lambda_v}{9E_v} \right) \times B \right]$$

B_0 : referans genişlik genellikle 60 cm alınır.
 λ_v, λ_d : Temelin L/B oranına bağlı olan şekil faktörleri
 α : Zemin cinsine ve E_M/PL oranına bağlı olarak reolojik faktör
 E_d ve E_v : Eşdeğer presiyometre modülleri
 B : Temelin genişliği/çapı ve daima $B > B_0$ olmalıdır.
 σ_v : Temel seviyesindeki düşey gerilme
 q : Yapıdan zemine gelen taban basıncı
 bu formül derinliği, genişliğinin iki katından daha fazla olan temeller için uygulanabilir.
 (Reoloji: Malzemenin zamana bağlı deformasyonunu inceleyen bilim dalı)

Kayma Mukavemeti Parametresi

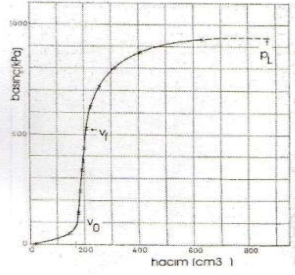
- Killerde; $P_L^* < 300$ kPa ise $c_u = P_L^*/5.5$
 $P_L^* > 300$ kPa ise $c_u = P_L^*/10 + 25$

Zemin türü	E_m (kPa)	PL (kPa)
Çamur, turba	200-1.500	20-150
Yumuşak kil	500-3.000	50-300
Orta kil	3.000-8.000	300-800
Sert kil	8.000-40.000	600-2000
Marn	5.000-60.000	600-4000
Gevşek siltli kum	500-2.000	100-500
Silt	2.000-10.000	200-1500
Kum ve çakıl	8.000-40.000	1200-5000
Sedimenter kumlar	7.500-40.000	1000-5000
Kireçtaşı	80.000-20.000.000	3000->10000
Yeni dolgu	500-5.000	50-300
Eski dolgu	4.000-15.000	400-1000

Limit basınç (PL) ve Menard Modülü (E_m) değerleri (Gambinand Rousseau, 1980)

ÖRNEK

Siltli kilde 7m derinlikte MPM deney yapılıyor. Y.A.S.S. 1.5m' dir. Yapılan deneyde elde edilen eğri verilmiş olup buradad presiometre modülünü hesaplayınız.



Ölçümden:
Presiometre başlangıç hacmi $V_0 = 170 \text{ cm}^3$
Lineer bölge sonu hacim $V_x = 207 \text{ cm}^3$
Limit gerilme $p_L = 940 \text{ kPa}$
Presiometre ilk hacmi $V_e = 535 \text{ cm}^3$

ÇÖZÜM :

ASTM D4719'a göre presiometre modülü

$E_p = 2(1 + \nu)(V_0 + V_m) \frac{\Delta p}{\Delta V}$ ile verilmektedir. Burada $\nu = 0.33$ Poisson oranı, V_m presiometre eğrisinin doğrusal olduğu kesimdeki ortalama hacim, $\Delta p / \Delta V$ ise doğrusal bölgenin eğimidir. Buradan

$$E_p = 2(1 + 0.33) \left(535 + \frac{170 + 207}{2} \right) \left[\frac{520 - 100}{205 - 170} \right] = 23100 \text{ kPa} = 23.1 \text{ MPa}$$

Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)

Koni çapı : 35.6 mm

Tepe açısı : 60°

İz düşüm alanı : 10cm²

Zemine 2cm/s hızla itilerek girilir.

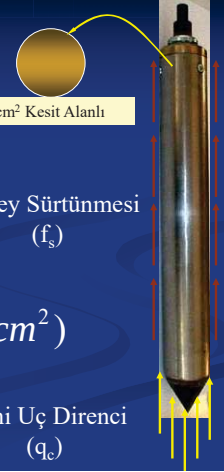
Derinlik boyunca sürekli yapılabilir.

$$q_c = \frac{Q_{uc}}{10} \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

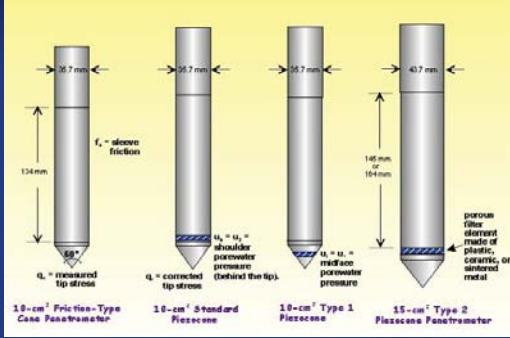
Yumuşak kil, silt ve ince orta kum zeminlerde uygundur.

Yüzey Sürtünmesi (f_s)

Koni Uç Direnci (q_c)



CPT tüpü, gerilmeleri, çevre sürtünmelerini ve boşluk suyu basıncını (BSB) ölçer. Bazıları yüzey dalga hacimlerini ölçmek için GEOFON adı verilen cihazlarla donatılmıştır.



Datalar bilgisayar tarafından okunur ve ekranda gerçek zamanlı olarak belirli derinlik aralıklarında kaydedilir.

Piezocone (CPTU)



CPTU adıyla BSB'yi de okuyan düzeneği ile sıvılaşma riski olan bölgelerde kullanılmaktadır.



CPT DÜZELTMELERİ

Boşluk Suyu Basıncı:

Penetrasyon sırasında, penetrometre etrafında oluşan boşluk suyu basıncı u_b , ölçülen q_c ve f_s değerlerini etkiler. Düşey yükün uygulandığı shaftın ve konik başlığın kesit alanlarının eşit olmaması bu etkiye neden olmaktadır. Kısaca "alan oranı" denilebilir. Bu nedenle ölçülen değerler boşluk suyu basıncına göre düzeltilmektedir.

$$q_1 = q_c + u_c(1-a)$$

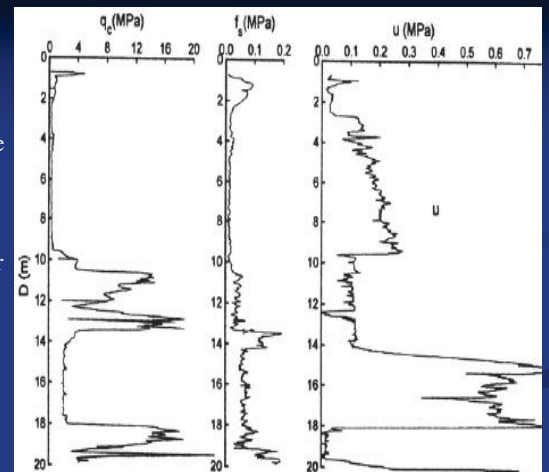
q_1 : Düzeltilmiş uç direnci
 q_c : Ölçülen uç direnci
 u_c : Ölçülen Boşluk Suyu Basıncı
 a : Alan Oranı

$$f_1 = f_s - (u_c A_{sb}) / A_s$$

f_1 : Düzeltilmiş sürtünme direnci
 f_s : Ölçülen sürtünme direnci
 u_c : Ölçülen Boşluk Suyu Basıncı
 A_{sb} : Sürtünme yüzeyinin en kesit alanı
 A_s : Sürtünme alanı

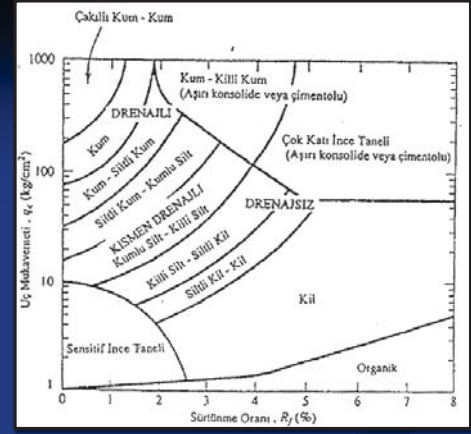
CPT SONUÇLARININ SUNUMU

Ölçülen Parametreler:
Ölçülen q_c , f_s ve u derinlikle değişimi grafik olarak aynı sayfada anlaşılır bir şekilde gösterilmelidir.



CPT'nin sonuçları;

1. Zemin sınıfının belirlenmesinde
2. Zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde
 - Relatif sıkılık
 - Drenajsız kayma mukavemeti
 - Sıkışabilirlik
 - Kayma modülü
3. Sıvılaşma potansiyeli analizinde
4. Temellerin taşıma gücünün belirlenmesinde
5. Temellerin oturma tahmininde kullanılmaktadır.

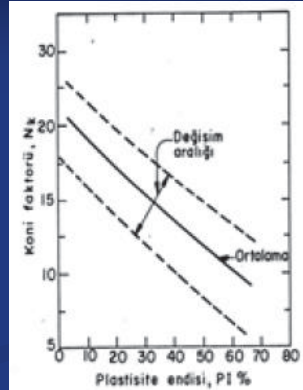


CPT sonuçları kullanılarak zemin sınıflandırması (Robertson ve Campanella, 1988)

Kohezyonlu zeminlerde; drenajsız kayma mukavemeti (c_u) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$q_c = N_k * C_u + P_o \quad C_u = (q_c - P_o) / N_k$$

c_u : Drenajsız kesme mukavemeti, kN/m²
 q_c : Uç Direnci, kN/m²
 P_o : z derinliğinde toplam örtü yükü, kN/m²
 N_k : Koni faktörü (boyutsuz)

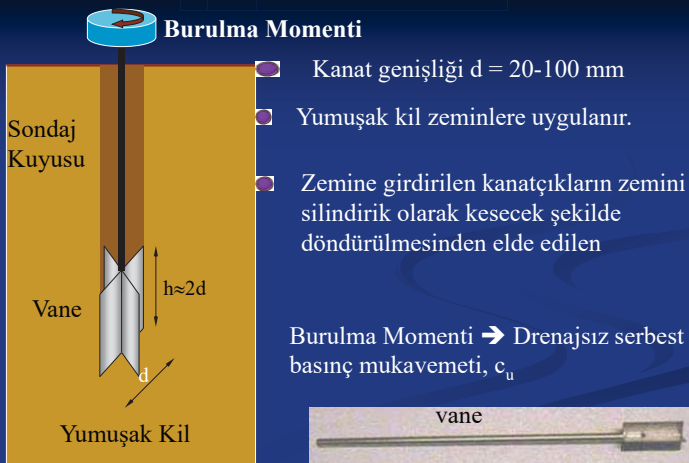


CPT deneyi ile yüzeysel temelin son taşıma gücü:

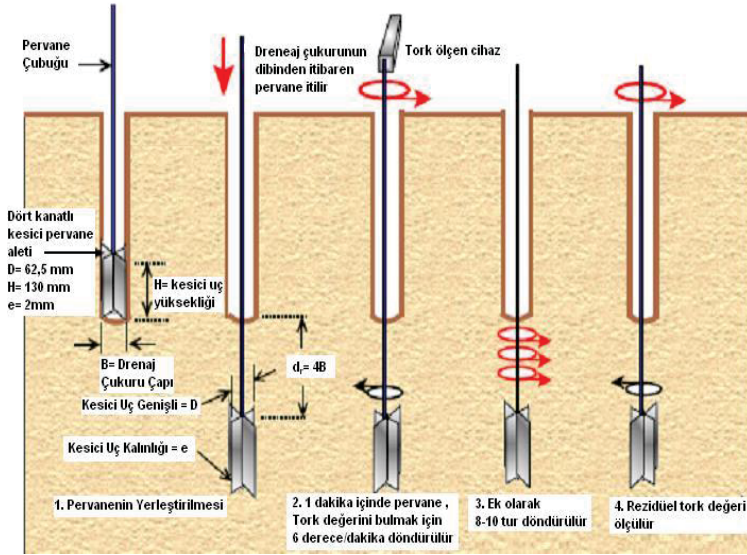
$$q_d = q_c \left(\frac{B}{C_1} \right) \left[1 + \frac{D_f}{B} \right] \approx R_k q_c + \sigma$$

Burada $C_1=12.2m$, $R_k=0.12$, σ ise hesaplama derinliğinde etkiyen toplam gerilme değeridir. Formüldeki q_c temel altından en az B derinliğe kadar ölçülmüş koni uç dirençlerinin ortalaması olarak alınmalıdır

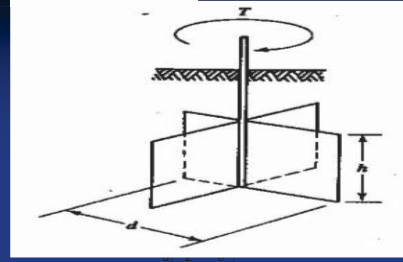
Veyn Testi (VST)



- ✓ Çok yumuşaktan, orta sert değişen kıvamda, doymuş, normal konsolide killerde artı kesitli bir kanatlı kesiciyle uygulanan burulma yoluyla kayma direncinin yerinde ölçülür.
- ✓ Kanatlı kesici takım, mevcut sondaj kuyusuna indirilir.
- ✓ Zemin genellikle 2-5 dakika içinde kesilir.
- ✓ Burulma momenti göstergesi okumalar yaklaşık 15 saniye aralıklarla kaydedilir.



HESAPLAR



D, H cm,
T kg.cm ve
 c_u kg/cm²'dir.

$T = f(c_u, D, H)$,
 $c_u = T/K$,
 c_u = Drenajsız kayma mukavemeti dayanımı.

Kırılma anında ölçülen moment (T), zeminin mukavemeti ve geometrik boyutların bir fonksiyonudur.

$$c_u = \frac{T}{\pi \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)}$$



El Penetrometresi

- Kil zeminlerde serbest basınç dayanımının elde edilmesinde kullanılır ($q_u = 2 c_u$).
- Muayene çukurlarında kullanılır.
- Uygulamacı her Geoteknik Mühendisinde bulunmalı

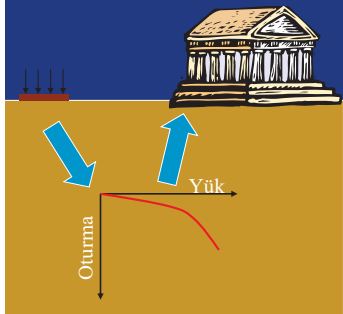


Kile girdirilir ve ..

..mukavemet okunur

Plaka Yükleme Deneyi

- Kare (daire) plaka (300 mm x 300 mm) göçene kadar yüklenir. Yük-Oturma grafiği çizilir. Temel boyutlarına dönüştürülür.
- Yol vb. dolgular için idealdir.



Deney düzeneği.

plaka

Arazi Verileri ile Zemin Parametrelerinin Yaklaşık Tahmin Edilmesi

SPT

$$c_u = 4-6 N_{30} \text{ (kPa)}$$

$$\phi^\circ = 20 + 3.5 N_{30}$$

Killi zeminlerde
Kumlu zeminlerde

CPT

$$\phi^\circ = 29 + 2.5 q_c$$

$$q_s = q_c / 10 \text{ (MPa)}$$

$$q_s = q_c / 40 \text{ (MPa)}$$

Kumlu zeminlerde
Kil zeminlerde
Kumlu zeminlerde

MPT

$$c_u = P_L^* / 9 \text{ (kPa)}$$

Kil zeminlerde

Kayaç kalitesi ile ilgili olarak;

Toplam karot yüzdesi yada verimi (TCR)
Kaya kalitesi tanımı (RQD)

$$TCR = \frac{\sum \text{Karot uzunluğu}}{\text{Sondaj derinliği}} \cdot 100$$

$$RQD = \frac{\sum L_{10}}{H} \cdot 100$$

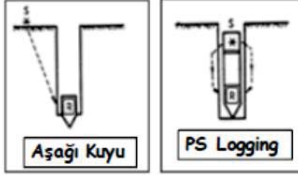
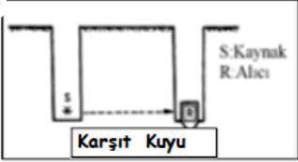
RQD (%)	Kaya kalitesi
0 - 25	Çok zayıf
25 - 50	Zayıf
50 - 75	Orta
75 - 90	İyi
90 - 100	Çok iyi

- Arazi çalışmalarına ilave olarak ayrıca jeoteknik uzmanın uygun görmesi halinde arazide jeofizik ölçümler ve uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılır (ZEYT).

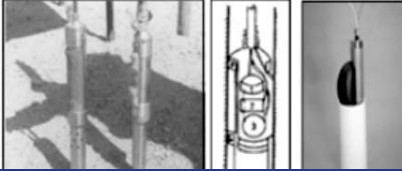
Sismik Deneyler

- Zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemek için, üretilen sismik dalgaların yayılma hızlarını belirlemeyi içerir.
 - Kayma (S) Dalgası Hızı (V_s) ve Basınç (P) Dalgası Hızı (V_p)
 - Sismik dalgaların farklı ortamlarda yayılma hızları da farklıdır.
- Yüzey yöntemleri
- Yüzey Kırılma, Yüzey Yansıma, SASW, MASW, ReMi
- Kuyu içi yöntemler
- Karşıt Kuyu, Aşağı Kuyu, Kuyu içi (PS Logging)

Kuyu içi Sismik Deneyler



- Açılan sondaj kuyuları içinde kayma dalgası hızının (V_s) derinlikle değişimini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.
- Uygulanması için kuyuların PVC ile kaplanması, kaplama ile zemin arası uygun malzeme ile doldurulması gereklidir.



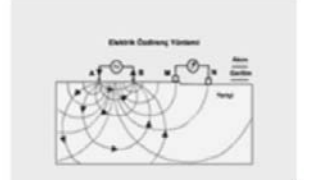
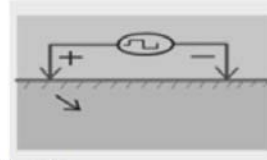
Elektrik Özdirenç Yöntemi

Farklı tabakalarının farklı elektriksel dirençte olması esasına dayanır.

Zemin yüzeyine yerleştirilen iki elektrot ile yer içine elektrik akımı gönderilir ve yüzeyde farklı noktalarda oluşan gerilim farkı ölçülür.

Elektrot aralığı değiştirilerek derinlikle ilgili inceleme yapılır.

Sismik yöntemle göre daha güvensiz sonuçlar verir.

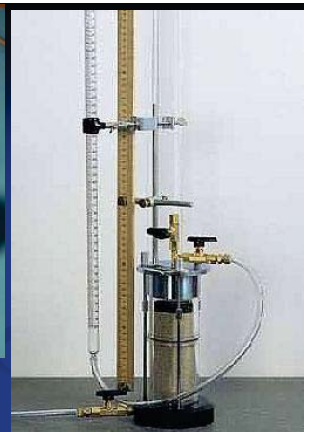


C. Laboratuvar Çalışmaları

- ✓ Endeks özelliklere yönelik deneyler
- ✓ Kayma mukavemeti deneyleri
- ✓ Oturma Deneyi



Likit Limit



Permeabilite



Konsolidasyon



Veyn

Serbest Basınç



Kesme Kutusu



Üç Eksenli



D. Parametrelerin Belirlenmesi ve Analizler

Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından

- Zemin Profili
- Endeks Özellikler
- Mukavemet ve Oturma Özellikleri
- Diğer (YASS) belirlenir

Uluslararası kabul görmüş bağıntılarla (Terzaghi, Vesic, Brinch Hansen, Meyerhof ve Skempton vb.) taşıma gücü ve gerekli durumlarda oturma hesabı yapılır.

TABLO 6.1 – ZEMİN GRUPLARI

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar.... 2. Çok sıkı kum, çakıl..... 3. Sert kil ve siltli kil.....	— > 50 > 32	— 85–100 —	> 1000 — > 400	> 1000 > 700 > 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.... 2. Sıkı kum, çakıl..... 3. Çok katı kil ve siltli kil....	— 30–50 16–32	— 65–85 —	500–1000 — 200–400	700–1000 400–700 300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar..... 2. Orta sıkı kum, çakıl..... 3. Katı kil ve siltli kil.....	— 10–30 8–16	— 35–65 —	< 500 — 100–200	400–700 200–400 200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları..... 2. Gevşek kum..... 3. Yumuşak kil, siltli kil.....	— < 10 < 8	— < 35 —	— — < 100	< 200 < 200 < 200

TABLO 6.2 – YEREL ZEMİN SINIFLARI

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

- ETKİN YER İVMESİ KATSAYISI (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

- SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI

Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Temellerin, aynı anda sağlaması gereken koşullar:

1. Taşıma Gücü Koşulu

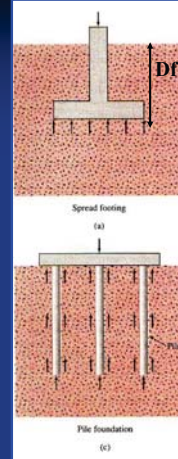
$$q_{emin} = \frac{q_d}{G_s}$$

$$q_{max} \leq q_{emin}$$

2. Oturma Koşulu

3. Ekonomik Olma Koşulu

Temeller


 $D_f/B \leq 1 \Rightarrow$ Yüzeysel (Sığ) Temel

Tekil Mütemadi Radye

 $D_f/B > 1 \Rightarrow$ Derin Temel

Kazık Ayak Keson

Yüzeysel Temel

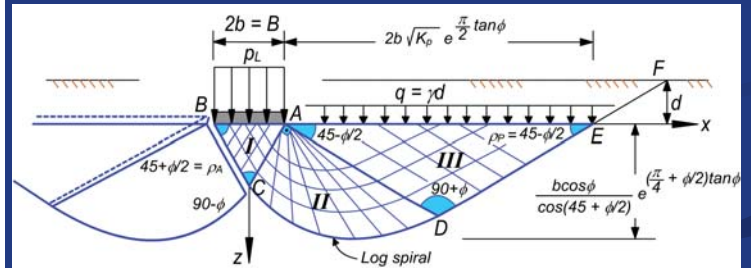
Kum ve Kil Zeminler için Taşıma Kapasitesi ve Oturma Parametreleri



Yüzeysel Temelerde Zemin Taşıma Gücü;

1. Taşıma gücü formülleri ile (Teorik yaklaşım)

✓ Terzaghi Taşıma Gücü Formülü;



Sürekli temel:

$$q_d \text{ (kN/m}^2, \text{ t/m}^2) = \frac{Q_u}{B \cdot L} = c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma \cdot D_f \cdot N_q$$

Kare Temel için:

$$q_d = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Dairesel Temel için:

$$q_d = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

B	:	Temelin genişliği (m)
L	:	Temelin uzunluğu (m)
γ	:	Zemin birim hacim ağırlığı (kN/m ³ , t/m ³)
Df	:	Temel derinliği
c	:	Temel altındaki zeminin kohezyonu (kN/m ² , t/m ²)
Nc, Nq, N γ	:	Taşıma gücü parametreleri (boyutsuz)

✓ Skempton Taşıma Gücü Formülü (B<L);

➤ Df/B<2.5 için;

$$\bar{q}_d = 5 \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L} \right) c$$

➤ Df/B≥2.5 için;

$$q_d = 7.5 \left(1 + 0.2 \frac{B}{L} \right) c$$

2. Arazi deneyleri ile;

❖ SPT-N'e Göre Taşıma Gücü Formülleri

1. PARRY (1977) Taşıma Gücü İfadesi;

$$q_u = 0.24 N_f \left[\frac{D_f + 0.73B}{D_f + 0.75B} \right]$$

q_u : Temelin nihai taşıma gücü

N_f : Temel tabanından itibaren 0.75B derinlikteki ort. SPT N değeri

D_f ve B : Temel derinliği ve genişliği

2. Meyerhof-Terzaghi-Peck;

($D_f \leq B \leq 1.22m$ ise)

$$q_a = 12N \left(1 + \frac{D_f}{3B} \right)$$

($B \geq 1.22m$ ise)

$$q_a = 8N \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 \left(1 + \frac{D_f}{3B} \right)$$

($B < D_f$ ise)

$$\left(1 + \frac{D_f}{3B} \right) = 1.33$$

$q_a = 25 \text{ mm. oturma için emniyetli taşıma gücü (kN/m}^2)$

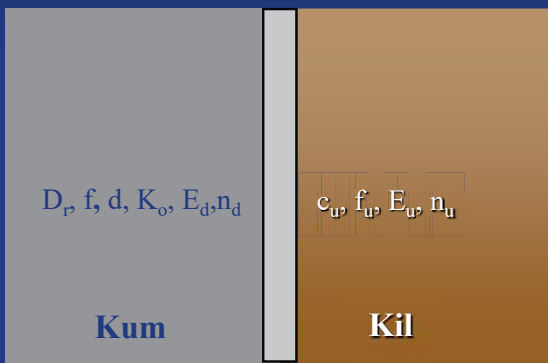
$N = \text{SPT darbe sayısı}$

$D_f = \text{Temel derinliği (m)}$

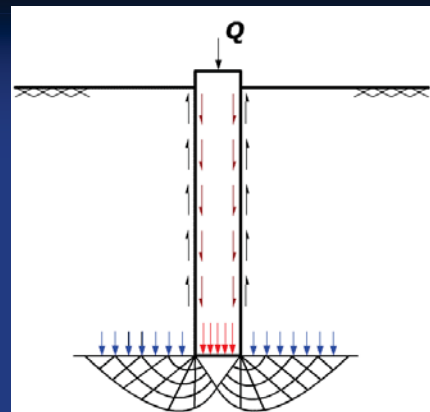
$B = \text{Temel genişliği (m)}$

Derin Temeller

Kum ve Kil Zeminler için Taşıma Kapasitesi ve Oturma Parametreleri

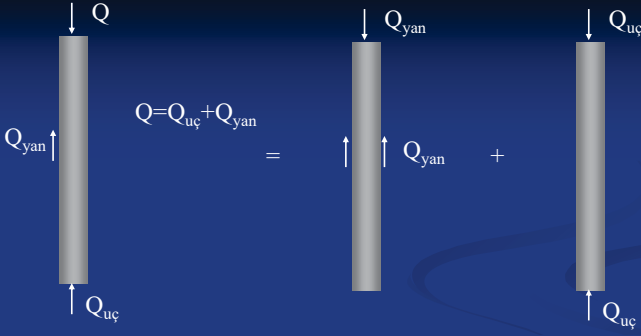


Derin Temellerde Taşıma Gücü:



Kazıkta uç ve çevresel sürtünme mukavemetini tanımlayan mekanizma

1. Statik Kazık Formülü İle



2. Arazi Deneyleri İle

SPT N değerlerine bağlı olarak;

Kumlu Zeminlerde ;

$$Q = \frac{40 \bar{N} L}{D} \leq 400 \bar{N} \text{ kN/m}^2$$

$\bar{N}$, SPT sayısı; kazık ucundan 10D yukarıda ve 4D aşağıda ortalama değer

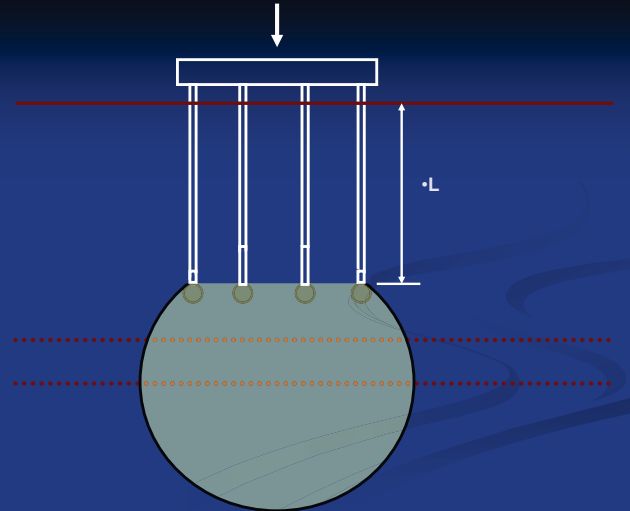
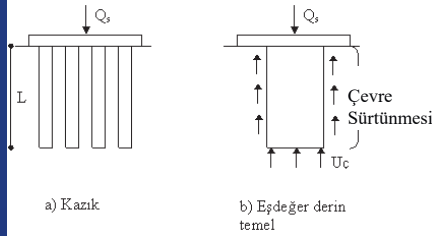
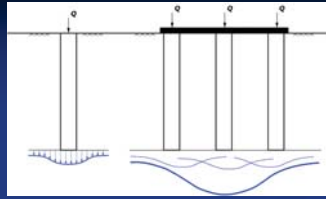
Kohezyonsuz siltlerde;

$$Q \leq 300 \bar{N} \text{ kN/m}^2$$

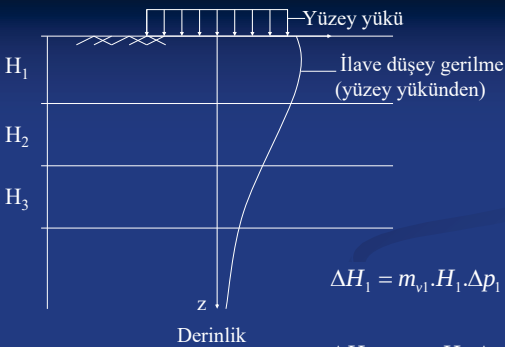
Çakma kazıkların çakılması sırasında zeminin içine batmaya karşı gösterdikleri dirençten taşıma gücünü hesaplamak üzere geliştirilen çok sayıda ampirik taşıma gücü denklemi mevcuttur.

Kazık Grubu Taşıma Kapasitesi

Bir kazık grubunda tek bir kazığın davranışı komşu kazıklar ve grubun geometrisinden etkilenir.



Temelerde Oturma Hesabı



ρ : Zeminin Cinsine Bağlı Katsayı

ρ : 0.75-1.00 N.K.K.

ρ : 0.50 A.K.K.

$$\Delta H_1 = m_{v1} \cdot H_1 \cdot \Delta p_1$$

$$\Delta H_2 = m_{v2} \cdot H_2 \cdot \Delta p_2$$

$$\Delta H = \rho_1 \times \Delta H_1 + \rho_2 \times \Delta H_2 + \dots$$

Sömelerde oturma limitleri 3-4 cm civarındadır.

Radye temellerde;

- * kohezyonsuz zeminler için 5 cm ve
- * kohezyonlu zeminler için 10 cm

Radye temeller aşırı oturma veya taşıma gücünden dolayı tasarlanamıyorsa;

- 1) ya derin temel
- 2) ya da zemin ıslahı düşünülür.

Kazık temellerin oturma hesabında ise, grubun yükü zemine nasıl aktardığı konusunda varsayım yapılarak bu transferin gerçekleştiği yerde hayali bir temel varsayıp oturma hesaplanır. Literatürde aşağıdaki varsayımlar görülmektedir;

1. Kazık boyunun $2/3L$ aşağısında kazıklarca çevrelenen hayali bir temel
2. Yüzeyden itibaren 4 düşey 1 yatay açı ile genişleyen ve yine $2/3L$ 'de bir hayali temel
3. Kazıkların ucunda kazıkların çevrelediği hayali bir temel
4. Kazık ucunda daha geniş alanlı hayali bir temel



$$q_d \text{ (kN / m}^2, \text{t / m}^2\text{)} = c \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

Sadece Kil Olması Durumu

$$q_d = 1 \times 50 \times 5.7 + 16 \times 1 \times 1 + 0$$

$$q_d = 301 \text{ kPa (3 kg/cm}^2\text{)}$$

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.71	1.0	0.0
40	95.66	80.00	100.00

Sadece Kum Olması Durumu

$$q_d = 1231 \text{ kPa (12 kg/cm}^2\text{)}$$

Zeminde Birden fazla Tabaka Durumu

$$c = x_1 \times c_1 + x_2 \times c_2 \Rightarrow c = 16.67 \text{ kPa}$$

$$\phi = x_1 \times \phi_1 + x_2 \times \phi_2 \Rightarrow \phi = 26.7^\circ$$

$$\gamma = x_1 \times \gamma_1 + x_2 \times \gamma_2 \Rightarrow \gamma_d = 18.06 \text{ kN / m}^3$$

$$q_d = 762.32 \text{ kPa (7.62 kg/cm}^2\text{)}$$

$$x_1 = \frac{h_1}{H} ; \quad x_2 = \frac{h_2}{H}$$

E. Zemin Etüt Raporlarının Hazırlanması (ZEYT)

1. GENEL BİLGİLER

- a) Amaç ve parselin tanıtımı
- b) Parselin jeolojisi
- c) İmar bilgileri (tapu, imar durumu)
- d) Alanın depremselliği
- e) Yapının özellikleri ve yükler

2. TEMEL ZEMİNİ ÖZELLİKLERİ

- a) Arazi çalışmaları
- b) Laboratuvar çalışmaları
- c) Yeraltı su seviyesi ve bilgileri

3. DEĞERLENDİRME

- a) Temel zemininin modellenmesi
- b) Deney sonuçlarının değerlendirilmesi
- c) Zemin parametrelerinin seçimi
- d) Analizler ve sonuçları
- e) Temel sisteminin seçimi ve boyutlandırılması
- f) Kazıdan çıkacak malzemenin kullanılabilirliği

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

- a) Temel tipi
- b) Zeminin sınıflandırılması (TDY uyarınca)
- c) Önerilen ek işlemler (var ise);
 - i) Drenaj
 - ii) Kazı derinliği ve destek sistemi
 - iii) Heyelan tehlikesi
 - iv) Y.A.S.S. ve zararları
 - v) Zemin iyileştirme yöntemleri

ZEMİN ETÜDÜ EL KİTABI

Zemin Etüdü El Kitabı

158

➤ Zemin Etüdü El Kitabı

Bina ve bina türü yapılar ve ilgili yardımcı (iksa sistemleri, istinat duvarları vb.) yapılarla etkileşime giren zeminlere ait gerekli verilerin doğru bir şekilde toplanması için yol göstermek amacıyla hazırlanmıştır.

1998-1999 depremleri sonrası çıkarılan ve önemli eksiklikleri olduğu görülen yönetmelik ve genelgeler, zemin etütlerinin hangi içerikte, kimlerin yetkisinde, ne şekilde yapılacağı ile ilgili büyük belirsizliklere neden olmuştur.

Bu durum, gerek arazi ve laboratuvar çalışmalarının gerekse bu verilerle hazırlanan zemin etüt raporlarının kapsam ve nitelik olarak yetersiz kalmasını beraberinde getirmiştir.

➤ Zemin Etüdü El Kitabı

Ülkemizde parsel bazındaki zemin etüt çalışmalarının, en kısa süre ve en düşük maliyet hedefi ile gerekli kapsamdan ödün verilerek hazırlandığı bilinen bir gerçektir.

Bu şekilde hazırlanan raporların yarattığı olumsuz sonuçlardan kaçınabilmek için zemin etütlerinin doğru planlanması, yapılması ve raporlanması konusuna önem verilmesi gerekmektedir.

Zemin etüt çalışmalarının tek bir rapor yerine, yurtiçi ve yurtdışı örneklerinde de olduğu gibi,

**“Zemin Etüdü Veri Raporu” ve
“Geoteknik Değerlendirme Raporu”**

olarak iki ayrı kısımda hazırlanması, uygulamada karşılaşılan sorunların asgari düzeye indirilmesi için önem arz etmektedir.

Zemin Etüdü El Kitabı

Özellikle zemin - üstyapı ilişkisini de değerlendirecek olan Geoteknik alanında uzman veya uzmanlaşmış inşaat mühendisinin yönetiminde zemin etüdünün planlanması ve bu şekilde **“Zemin Etüt Veri Raporu”**nun hazırlanması gerekmektedir.

İnşaat mühendisliği yapılarının tasarımına esas olan taşıma gücü, oturma, sıvılaşma ve stabilite gibi konular zemin-yapı etkileşimi kapsamında yer almaktadır. Bu tür analiz ve tasarım çalışmaları **“Zemin Etüt Veri Raporu”** ndan bağımsız olarak ayrı bir değerlendirme raporuyla (**Geoteknik Değerlendirme Raporu**) ele alınmalıdır.

Zemin etütlerinin kapsam ve içeriğini belirleyen incelemeler ve analizler, yapı-zemin, depremsellik ve çevre koşulları dikkate alınarak;

**Kategori-1: Az riskli,
Kategori-2: Orta riskli,
Kategori-3: Yüksek riskli**

3 kategoride değerlendirilir (Bay. Bak., 1993).

Bir yapının bu kategorilerden hangisine gireceği etüt öncesinde kararlaştırılır. Belirlenen kategori, etütlerin herhangi bir aşamasında gerekçesi belirtilerek değiştirilebilir.

- **16.2.2. Zemin ve Temel Etüt Raporları;** zemin araştırmaları sonuçlarının sunulacağı Veri Raporu ve tasarıma yönelik olarak hazırlanacak Geoteknik Rapor'dan oluşacaktır.

- **16.2.2.1 – Veri Raporu;** arazi ve laboratuvarda gerçekleştirilmiş zemin araştırmalarında elde edilen verilerin sunulduğu rapordur.

Bu raporda,

- bölgenin jeolojik yapısı ve proje sahasının jeolojik özellikleri,
- araştırma sondajları,
- muayene çukuru logları,
- zemin kesitleri ve yeraltı su düzeyi,
- arazi ve laboratuvar deneyleri sonuçları,
- jeofizik araştırma bulguları vb. zemin araştırma sonuçları sunulacaktır.

DBYBHY-Taslak

- **16.2.2.2 – Geoteknik Rapor;** statik, dinamik ve deprem etkileri göz önüne alınarak,
- arazi zemin modelinin oluşturulduğu,
- zemin tabakaları için geoteknik tasarım parametrelerinin verildiği,
- temel tipleri seçimine ilişkin seçeneklerin irdelendiği,
- mühendislik analizleri ve değerlendirmeler ile temel tasarımına ilişkin önerilerin sunulduğu rapordur.

DBYBHY-Taslak

Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe / 30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

DBYBHY-Taslak

TEŞEKKÜRLER



Zemin ve temel etütleri ile ilgili Standart ve dokümanlar

1. Zemin ve Temel Etüdü Raporunun Hazırlanmasına ilişkin Esaslar 1993, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Sayı: 93/34
2. Yapılar için Temel Sondajları Teknik Şartnamesi, 1976, Bayındırlık Bakanlığı Yüksek Fen Heyeti, A-03-6-15/1050
3. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997, Resmi Gazete No.23098
4. Türk Standartları TS1500/2000, TS 1900/1987 (2005), TS1901/1975