

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ (Bölüm-4)

GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ

Yrd. Doç. Dr. Banu Yağcı

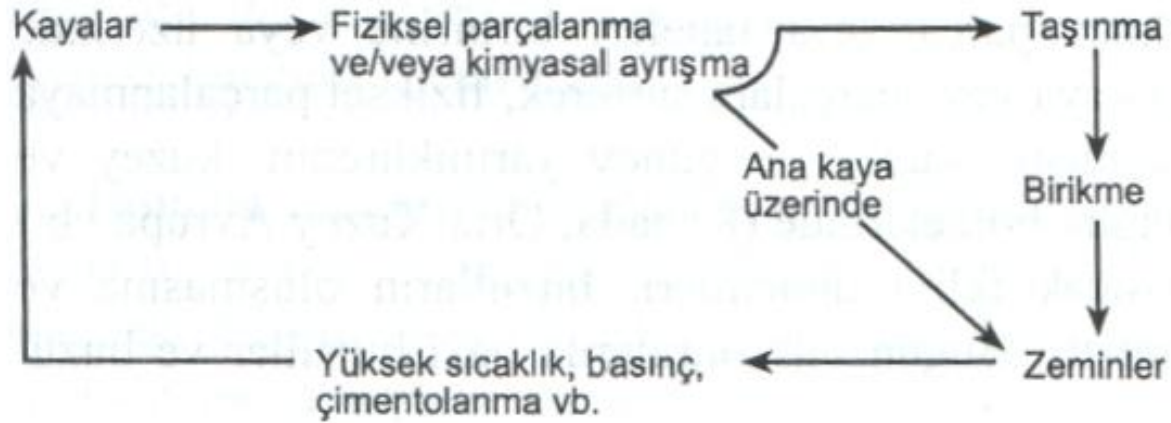
Kaynaklar;

- Bayram Ali Uzuner, “Temel Zemin Mekaniği”
- Kutay Özaydın, “Zemin Mekaniği”
- CİMİLLİ, TAYFUN , İnşaat Mühendisliğine Giriş, Ders Notu , 1981
- Emre Öz, Cihan Akalın, Havvanur Kılıç, “İnşaat Mühendisliği Alt Bilim Dalı Olarak Geoteknik Anabilim Dalı’na Ait Bir Değerlendirme”1. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, Antalya,2009
- ZM11 ve ZM13 Bildirileri ve Sunumları

İnşaat Mühendisliği çok eski bir bilim dalı olmasına karşın **geoteknik** bilim dalı 1900'lü yılların başında doğmuş ve gelişen teknolojiyle beraber inşaat mühendisliği problemlerinin çözümünde çok önem kazanmıştır.

“Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği” uzmanlık alanının ortak adı olan **“Geoteknik”** inşaat mühendisliğinin en genç uzmanlık alanıdır. Geoteknik mühendisliği, inşaat mühendisliği yapılarının dayandıkları veya içinde yer aldıkları zemin veya kaya ortamı ile etkileşimlerini konu alan İnşaat mühendisliği disiplini. Geoteknik mühendisliği uygulamalarının tasarımı ve sorunlarının değerlendirilmesi için yeterli bir zemin mekaniği ve temel inşaatı bilgisine sahip olmak gereklidir

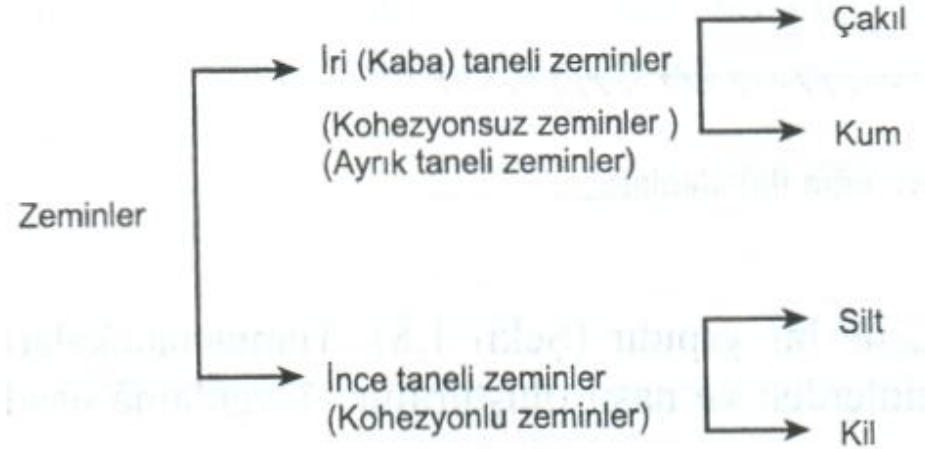
1920 de **Karl Terzaghi** adlı bir makine mühendisi İstanbul'da görevli bulunduğu sırada Boğaz'daki yamaçlarda sıkça oluşan heyelanlar ve Haliç'te eskiden yapılmış çeşme, cami gibi benzeri ağır yapıların önemli oturma problemleri getirdiğini fark ederek bunlara sayısal bir çözüm getirme olanaklarını araştırmıştır. Terzaghi 1916'da Mühendis Mekteb-i Alisi'nde bugünkü adıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'nde göreve başlamış ve 1916-1918 yılları arasında “usul-ü umumiye-i inşaat” genel inşaat yöntemleri adlı dersi vermiştir. Bu ders bugünkü adıyla temel inşaatı, yol ve demiryolu derslerinin konularını kapsamaktadır. Bu yıllar arasında zeminlerin davranışını açıklamaya yönelik laboratuvar çalışmalarına başlamıştır. 1919 yılı başından itibaren Robert Kolej'de (Boğaziçi Üniversitesi) termodinamik ve gaz makinaları dersi vermeye başlamış ve burada da küçük bir zemin mekaniği laboratuvarı kurarak zeminlerin fiziksel özelliklerini bilimsel temele dayandırarak araştırma hazırlıklarına başlamıştır. Bu aynı zamanda modern zemin mekaniğinin doğuş hazırlıklarıdır. 1925 te yayınladığı **“Erdbaumechanik”** adlı kitabı modern zemin mekaniğinin temel taşı sayılmaktadır. Kendisinden önce Fransa ve İsveç'te de benzer zemin problemlerinin çözümü için başarılı çalışmalar yapılmışsa da Terzaghi bunları rasyonel bir yaklaşım ve sayısal yöntemlerle çizen ilk mühendis olarak anılmaktadır. **Böylece modern zemin mekaniğinin temelleri Terzaghi'nin İstanbul'da çalıştığı yıllar arasında atılmıştır.**



Kaya-zemin-kaya basit dönüşüm çemberi.

Fiziksel Parçalanma; sıcaklık farkları, suyun donması, erozyon, bitki ve ağaç kökleri, akarsular, rüzgar, buzullar, yerçekimi

Kimyasal Ayrışma; Havadaki oksijeni ve karbondioksiti eriterek alan yağmur suyu, yüzey toprağındaki asitleri de alarak , kayalarda kimyasal reaksiyonlara yol açar. Bitki ve hayvanların yaşamları sonucu yüzey toprağında oluşan bakteriler, çeşitli asitler (karbonik asit, nitrik asit vb.) salgılayarak, kayaların kimyasal ayrışmasına yol açarlar.



Başlıca zemin cinsleri

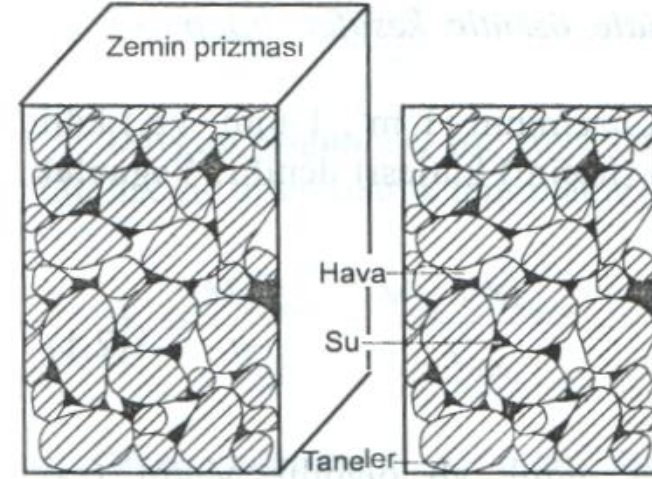
GEOTEKNİK ÖĞRETİMİNİN KAPSAMI

Zemin, **doğal** malzeme olduğu için heterojendir. **Klasik mekanik kanunlarına** uymaz. Ayrıca çok fazlı bir ortam olduğundan ötürü genelde boşluklarında hava ve su, doymun ise yalnızca su içerir. Bu durum, klasik mekanik problemlerine ilave olarak **bir boşluk sıvısı basıncı** kavramını ve diğer inşaat malzemesinin davranışına kıyasla çok farklı bir davranışı gündeme getirir.

Geoteknik Mühendisi; bu karmaşık malzemenin davranışını çözümleyerek;

- **Liman yapıları**
- **Toprak Barajlar**
- **Yamaç Dayanımı Problemleri**
- **Dayanma Yapıları**
- **Derin ve Yüzeysel Temeller**
- **Yer altı yapıları**

gibi İnşaat Mühendisliğinin doğuşundan beri var olan sorunları en ekonomik ve en güvenli şekilde çözmek zorundadır.



Geoteknik Öğretiminin klasik konularına eklenen yeni konu başlıkları:

- **Depreme Dayanıklı Yapıların inşaatında Geoteknik mühendisliğini ilgilendiren konular;**
Geoteknik Deprem Mühendisliği
- **Gelişmekte olan şehirlerdeki yer problemi nedeniyle zayıf zeminler üzerine inşaat yapma zorunluluğu;**
Zeminleri İyileştirme Yöntemleri
- **Şehirleşmenin gelişmesi sonucunda oluşan toprak kirlenmesi sonucu;**
Çevre Geotekniği
- **Farklı iklim bölgeleri için özel zemin türleri nedeniyle;**
Şişen ve Çöken Zeminler

geoteknik inceleme nedir ne olmalıdır?

Bütün dünya ülkelerinde bu konu bir inşaat mühendisliği konusu olarak ele alınmış ve tanımlanmıştır.

Bir geoteknik İncelemenin ana amacı;

İnşaat için seçilen sahada zemin tabakalaşmasının ve bu tabakaların mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve bu verilere dayalı olarak güvenli ve ekonomik bir temel sisteminin seçilmesidir. Zemin incelemesi amacına uygun olarak üst yapı ve temel sistemine yönelik gerekli tasarım parametrelerini de içermelidir.



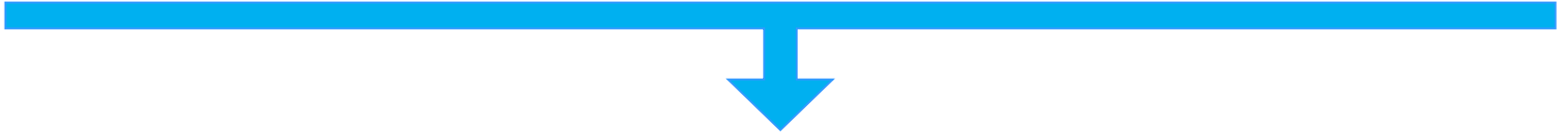
geoteknik anabilim dalı inşaat mühendisliği altında üç alt daldan oluşmaktadır

- Zemin Mekaniği (zeminlerin mühendislik özellikleri ve davranış biçimlerinin incelenmesi)
- Temel İnşaatı (Uygulama problemleri için mühendislik tasarımlarının geliştirilmesi)
- Zemin Dinamiği (zeminlerin Dinamik yükler etkisi altında mühendislik özellikleri ve davranış biçimlerinin incelenmesi)

ZEMİN MEKANİĞİ

Tabii bir malzeme olan zeminler, katı, sıvı ve gaz gibi üç değişik fazda bileşenlerden meydana gelmektedir. Dolayısıyla diğer inşaat mühendisliği malzemelerine göre davranışlarının anlaşılması daha zor olmaktadır. Zemin olarak nitelendirilen malzemeler içinde özellikleri **beton** ile **su** kadar birbirinden farklı malzemeler yer almaktadır.

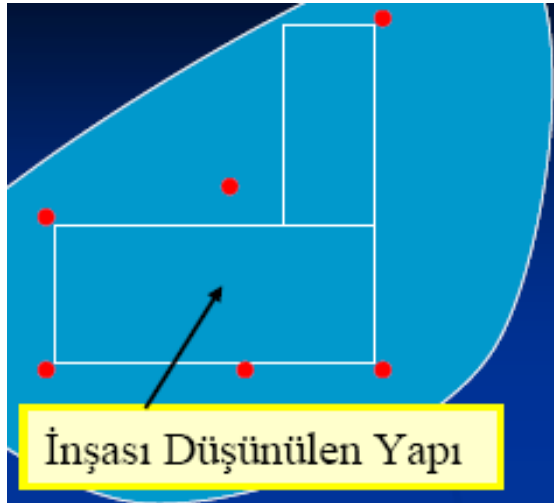
Zeminler genel olarak, **homojen ve izotrop olmayan** ayrıca **özellikleri çevre koşullarına, jeolojik tarihçesine ve zamana bağlı olarak büyük değişiklikler gösteren** inşaat malzemeleridir.



Bu açıdan, zeminlerin mühendislik davranışlarını tanımlayan genel **analitik modellerin** ve **sabit malzeme katsayılarının** belirlenmesi mümkün olmamaktadır.

Zemin özelliklerinin her proje sahası için **deneysel** olarak saptanması ve bu yapılırken **arazide geçerli olacak koşulların** dikkatle göz önüne alınması gerekmektedir.

ARAZİ ÇALIŞMALARI



SONDAJ ARALIK ve DERİNLİĞİ

- ✓Yapının önemine
- ✓Yapı boyutu ve yüküne
- ✓Zemin özelliklerine
- ✓Topografik yapıya
- ✓Projenin bütçesine



SONDAJ ÇALIŞMALARI

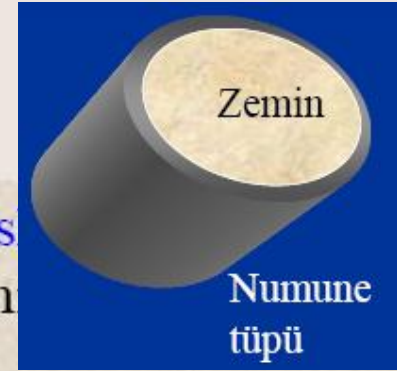


Kil

Sondaj
Kuyusu

İnce cidarlı tüplerle (s
örselelenmemiş kil zem
numuneleri alınır.

Shelby Tüpü

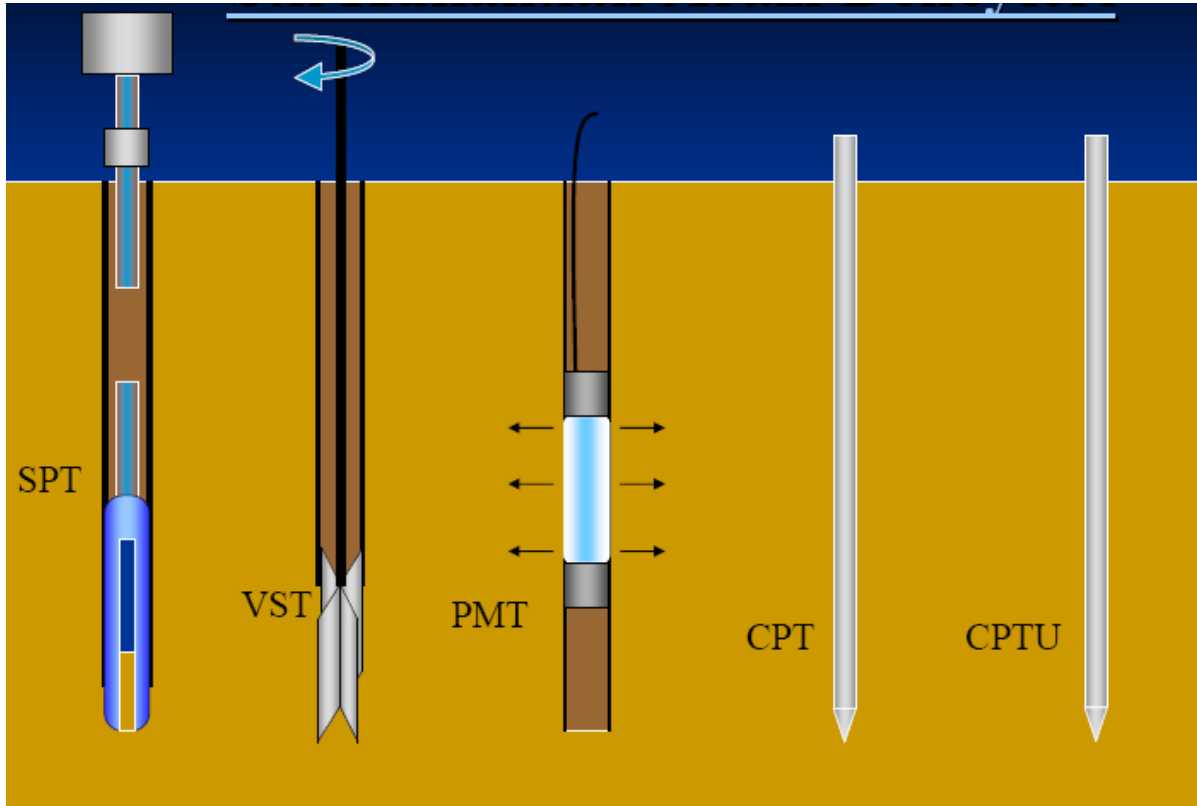


Lab Konsolidasyon,
Üç eksenli Deney vb.
numunesi



SONDAJ KUYUSUNDA YAPILAN PENETRASYON DENEYLERİ

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



STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)

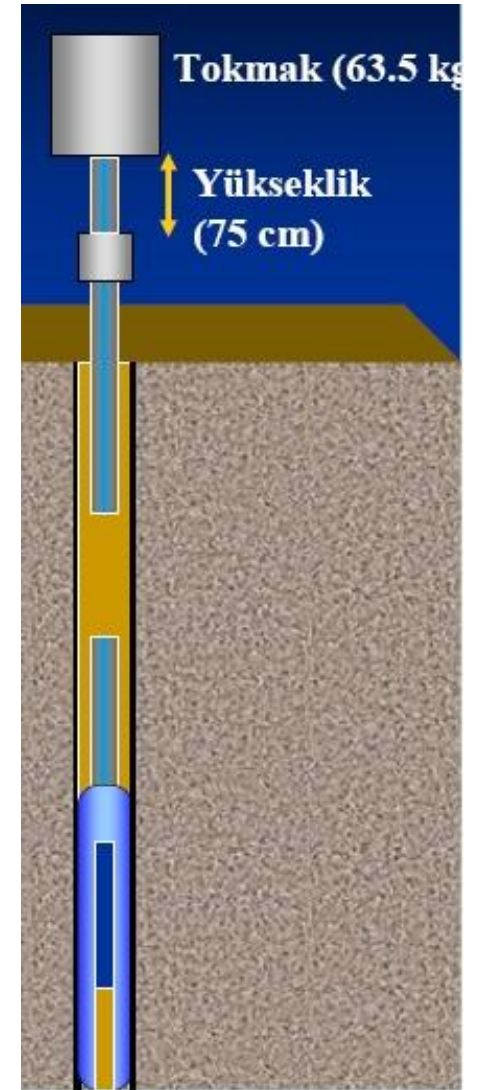
Standart ucun (numune alıcı) zemine 30 cm girmesi için gerekli düşüş sayısı----- SPT-N

Kum Zeminlerde

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

Kil Zeminlerde

SPT N	Kıvam
0-2	Çok Yumuşak
2-4	Yumuşak
4-8	Orta Katı
8-15	Katı
15-30	Çok Katı
>30	Sert



KONİ PENETRASYON DENEYİ (CPT)

Zemine 2 cm/s hızla itilerek girilir

Derinlik boyunca sürekli yapılabilir

Piezocone (CPTU)

*Ayrıca günümüzde CPTU
adıyl ve boşluk suyu
basıncını da okuyan
düzeneği ile sıvılaşma riski
olan bölgelerde
kullanılmaktadır*



PRESSİYOMETRE DENEYİ (PMT)



✓ Zemin mukavemet ve
oturma özellikleri
belirlenir

✓ Her tür zemine
uygulanabilir

pressiyometre

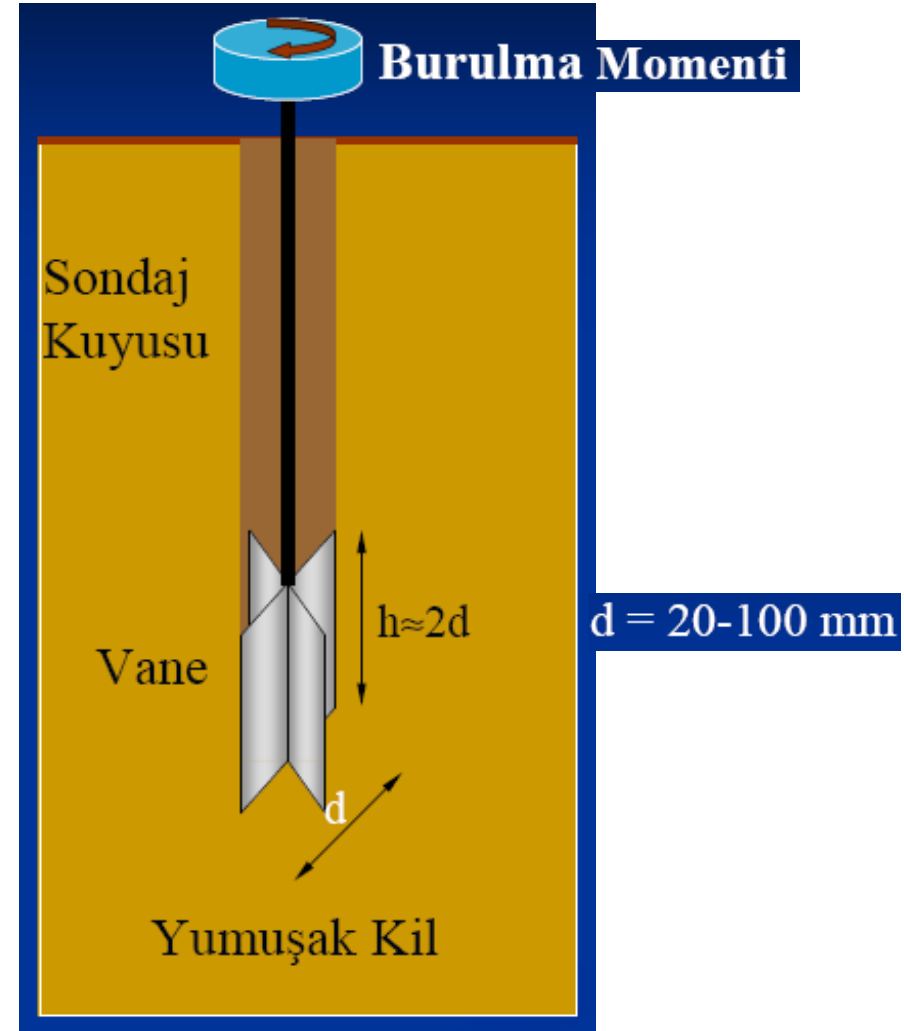
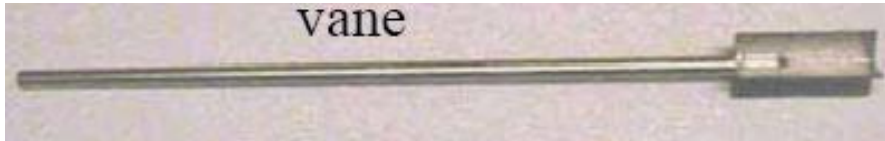
Ölçen hücre

Koruyucu
Hücre



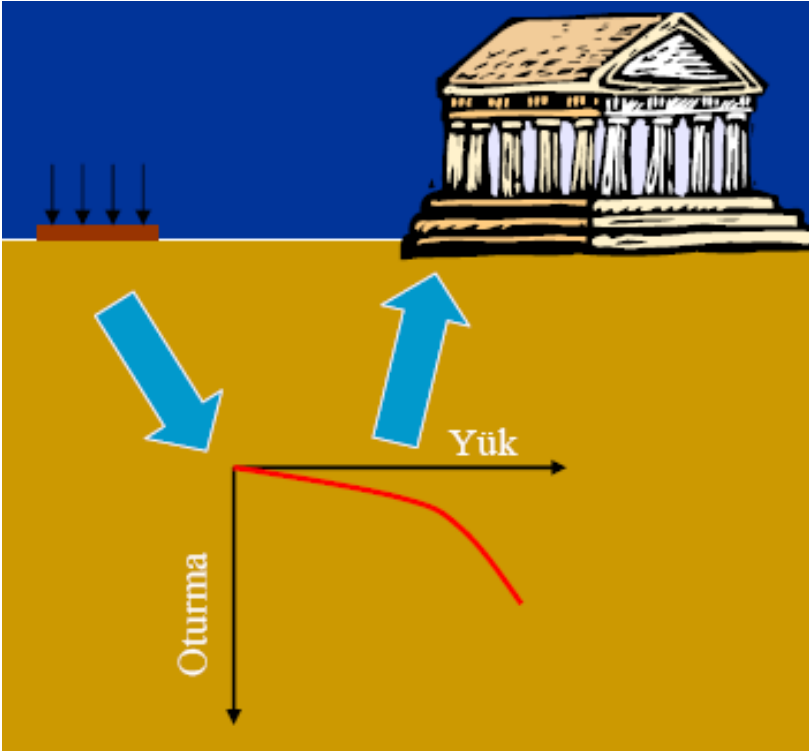
VEYN DENEYİ (VST)

- ✓ Zeminde girdirilen kanatçıkların zemini silindirik olarak kesecek şekilde döndürülmesine karşı okunan burulma momentinden zemin drenajsız dayanımı elde edilir.
- ✓ Genellikle yumuşak kil zeminlere uygulanır



PLAKA YÜKLEME DENEYİ

✓ Kare (daire) plaka (300mm*300mm) göçene kadar yüklenir. Yük-oturma grafiği çizilir. Temel boyutlarına dönüştürülür.



ZEMİN MEKANİĞİ PROBLEMLERİNİN ANALİZİ



Zeminler ile ilgili inşaat mühendisliği problemleri hesap yöntemleri açısından üç grupta incelenebilir

Stabilite problemleri

Zeminin ani ve toptan göçme olasılığı

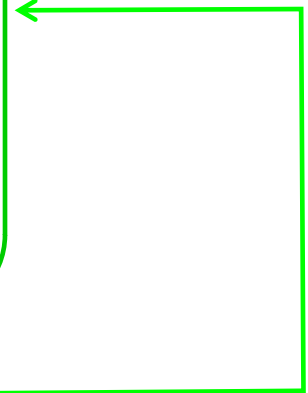
- ✓ **Temellerin taşıma gücünün hesabı**
- ✓ **Şevlerin ve istinat yapılarının duraylılık hesabı**

Elastik ve plastik şekil değiştirme problemleri

- ✓ **gerilme-oturma-zaman davranışı**

Zemin içinde su hareketi ile ilgili problemler

- ✓ **Su akımı (sızan su miktarı ve hızı)**
- ✓ **Su basınçları**



ZEMİNLER İLE İLGİLİ BAŞLICA İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROBLEMLERİ

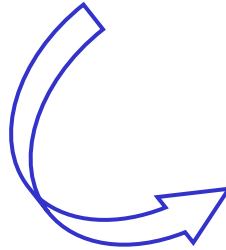
Temeller ile ilgili problemler

Yapıların kendi ağırlıklarından ve hareketli yüklerden kaynaklanan yüklerin tabii zemin veya kaya tabakalarına aktarılmasını sağlayan sistemlere genel olarak **temel adı verilmektedir.**

Uygulanan yükler altında;

Zeminin mukavemetinin aşılması - **göçme**

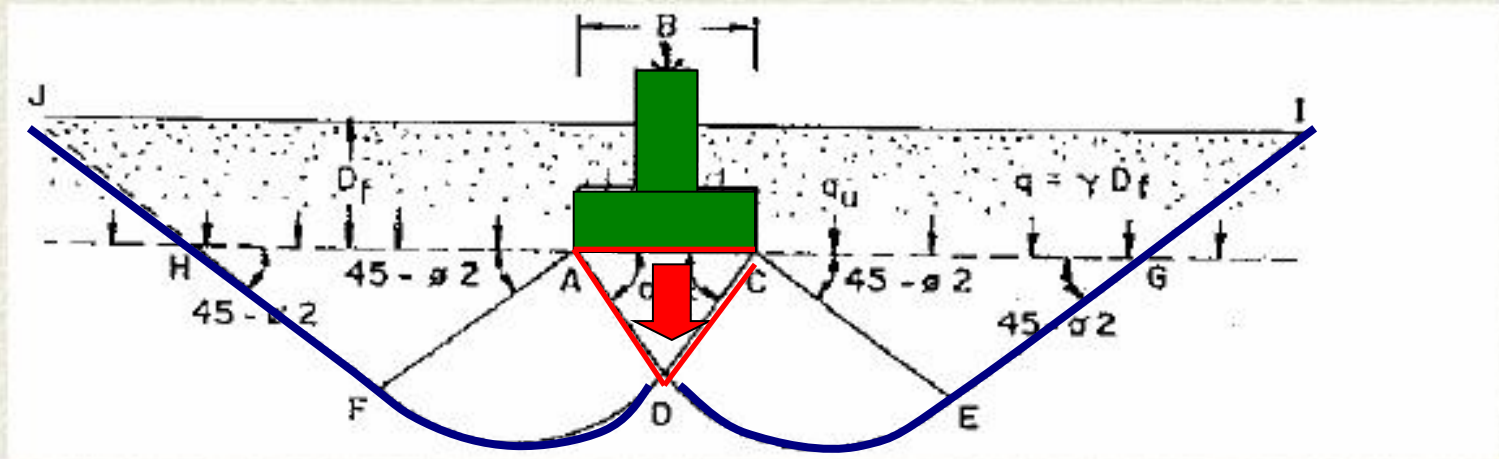
Büyük şekil değiştirmeler - sıkışma – **oturma (farklı oturma, konsolidasyon oturması)**



Yüzeysel temel sistemleri

Derin temel sistemleri

Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü



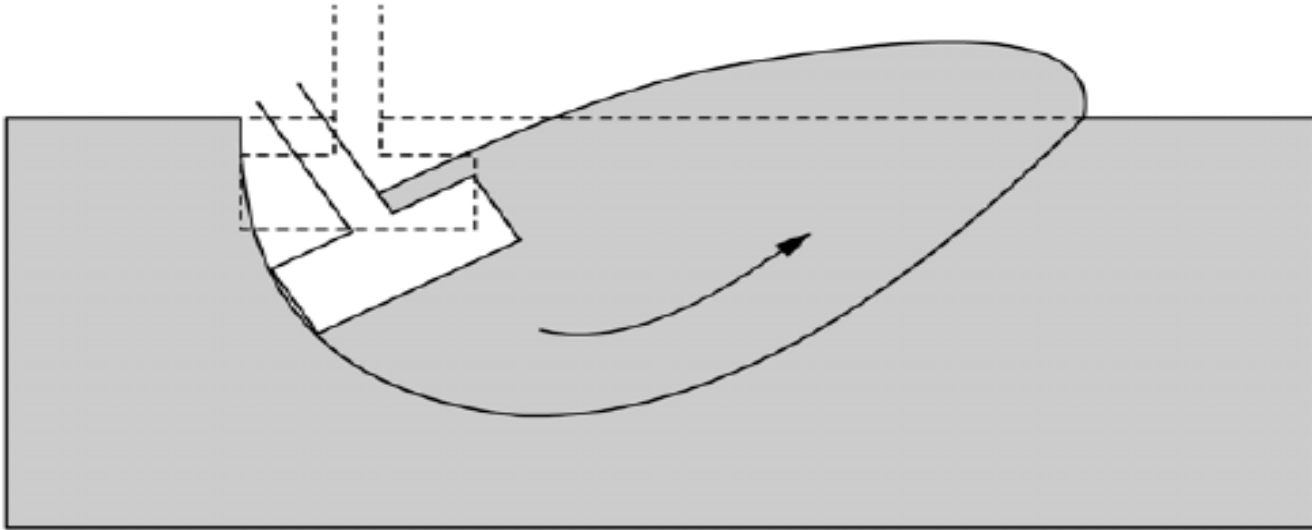
Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi Göçme Modeli

Yüzeysel Temeller İçin Taşıma Gücü

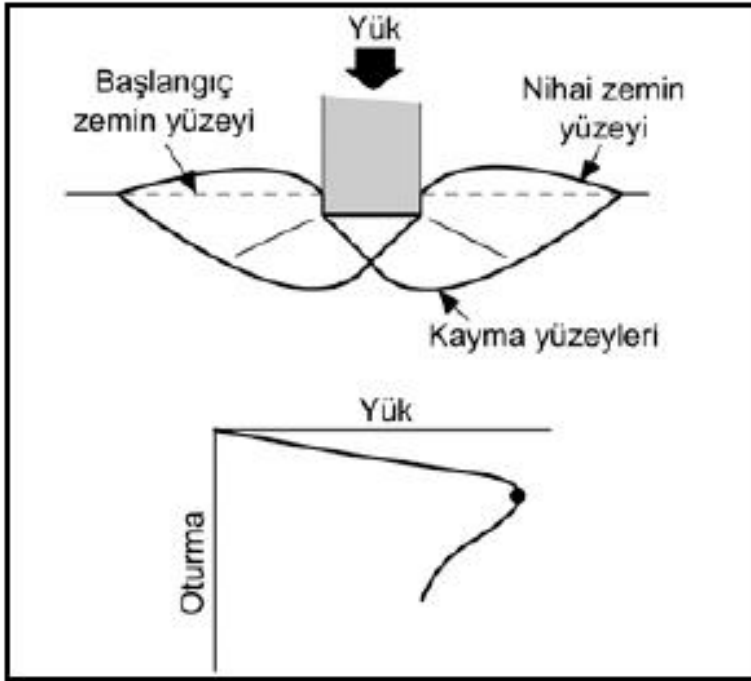
Temelden aktarılan yüklerin zeminde oluşturduğu kayma gerilmeleri zeminin kayma mukavemetini aşarsa taşıma gücü göçmesi oluşur. Bu tür göçmeler yıkıcıdır ve mutlaka kaçınılmalıdır.

Taşıma gücü göçmeleri üç grupta tanımlanabilir (Vesic, 1975; Day, 2002)

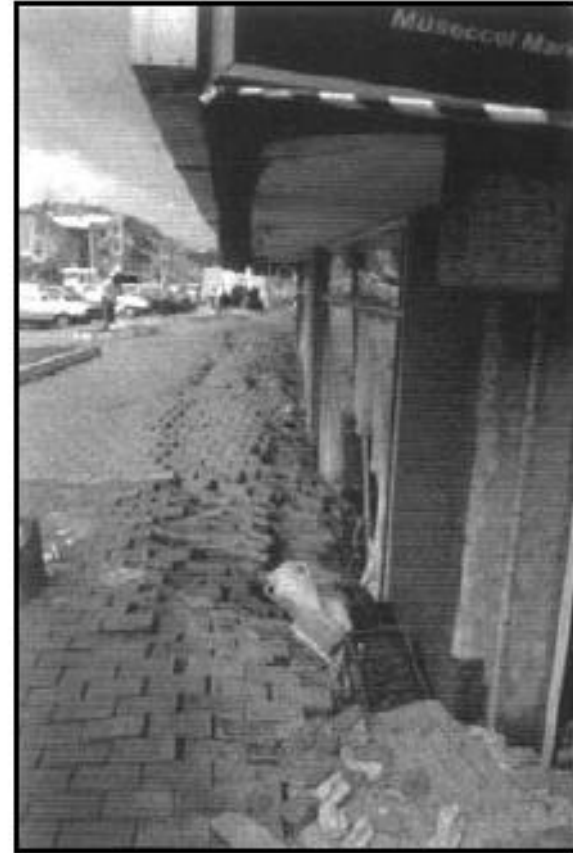
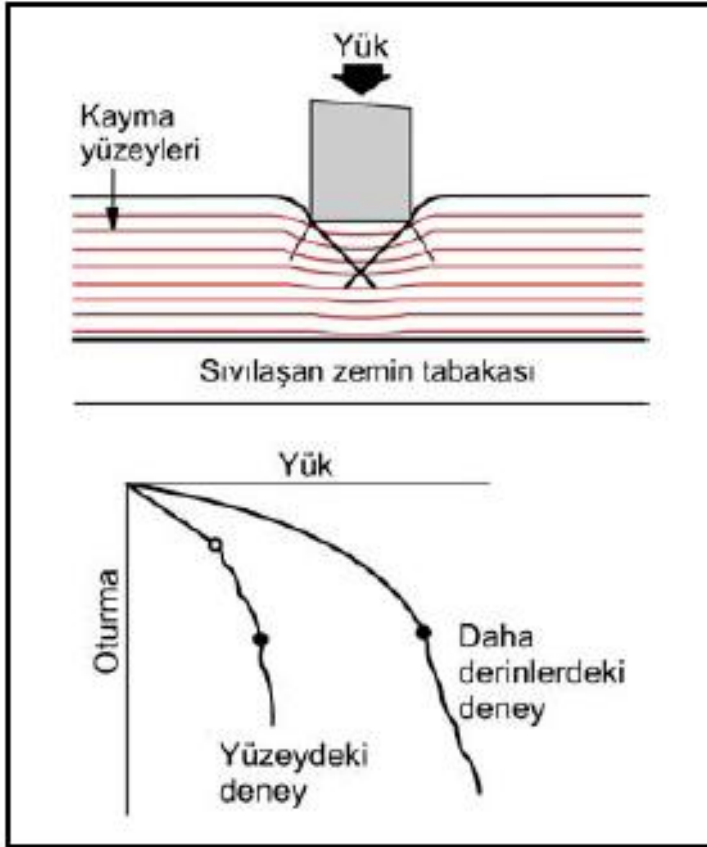
- Genel kayma göçmesi
- Zımbalama göçmesi
- Kısmi (bölgesel) kayma göçmesi



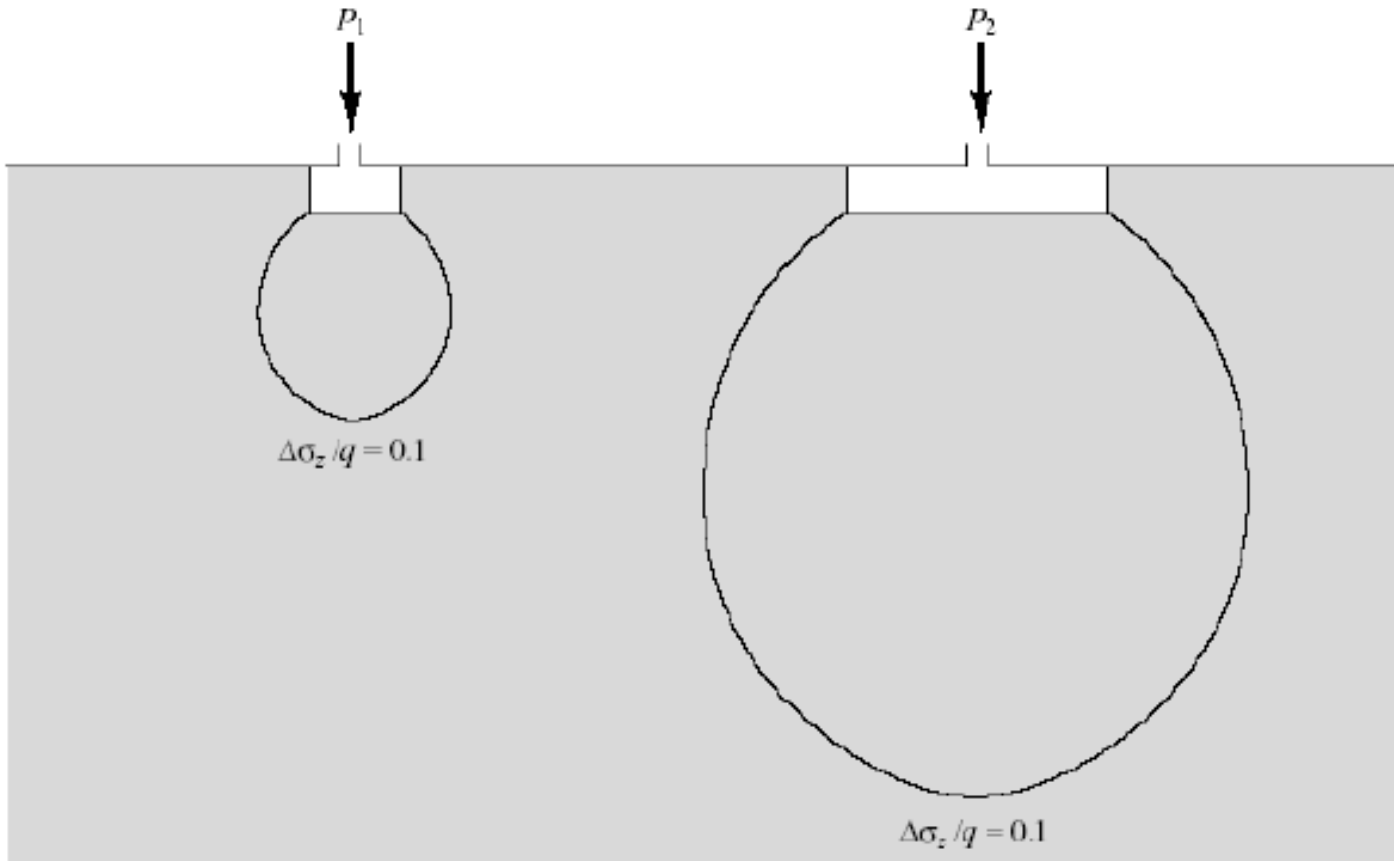
Genel Kayma Göçmesi



Zımbalama Göçmesi

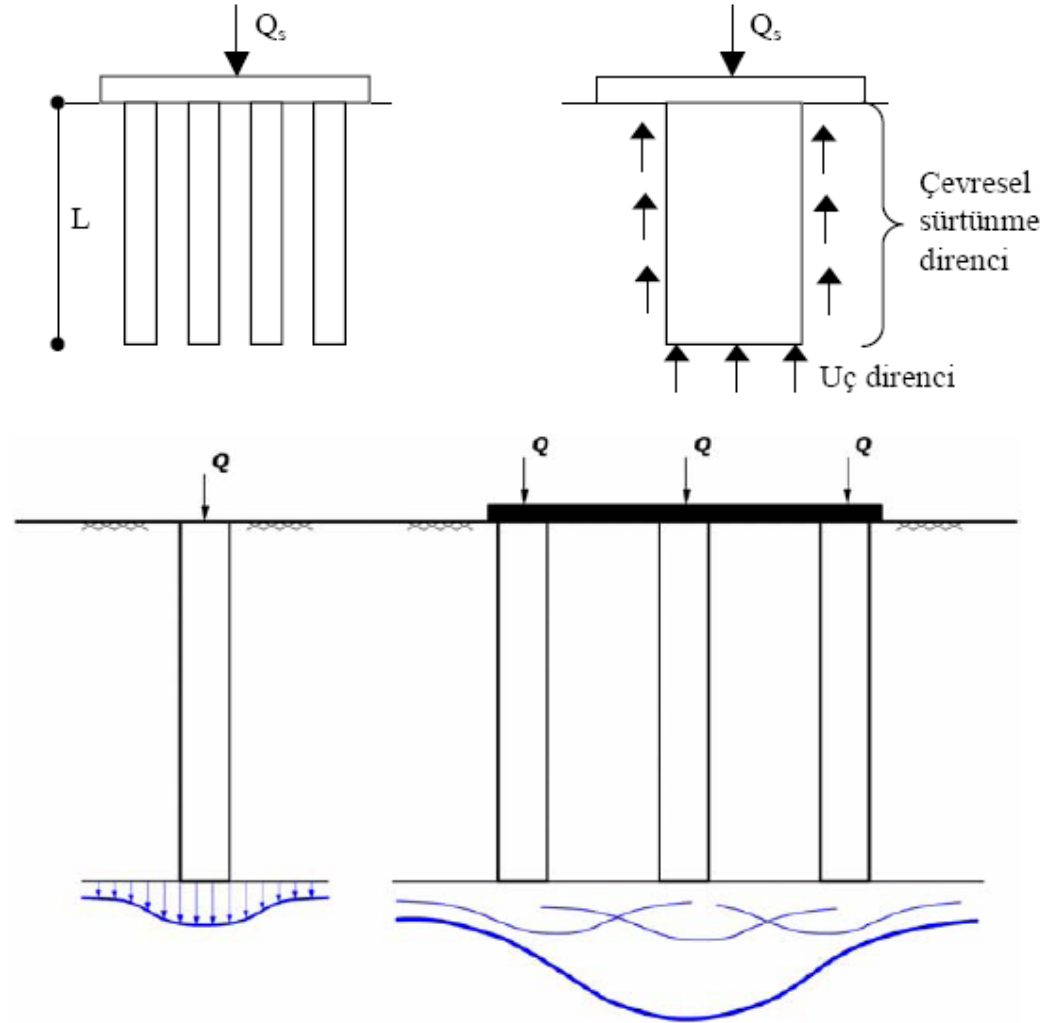
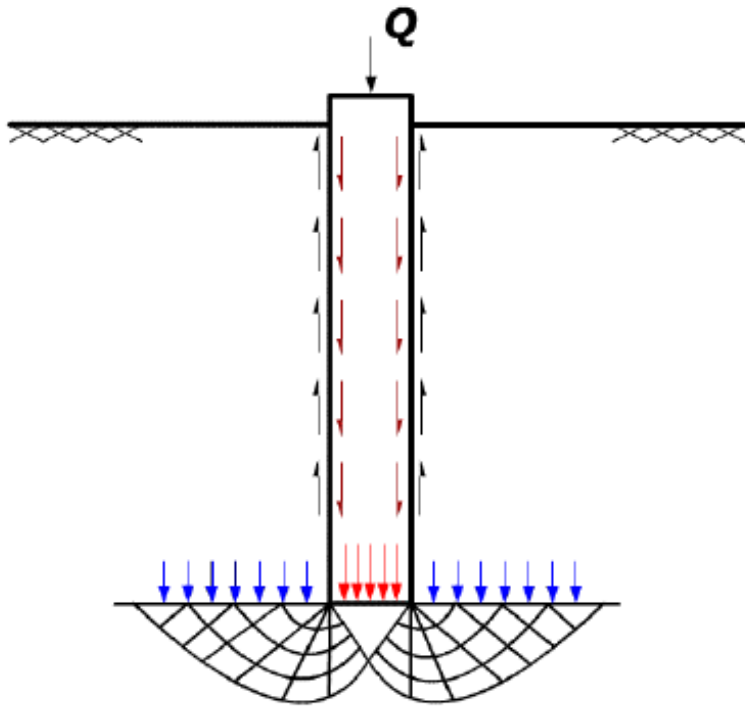


Aynı gerilme değeriindeki farklı boyuta sahip temellerin altında
OTURMALAR farklı olur



Kazıklı Temeller

Kazıkta uç mukavemeti ve çevresel sürtünme mukavemetini tanımlayan mekanizma



doğu

(1)
köprü kenar ayağı
üzerine etki eden
bileşke yatay
toprak basıncı

köprü

kenar ayak

kazık başlığı

yumuşak kil

(2)
kayma gerilmesi

(3)
pasif itki

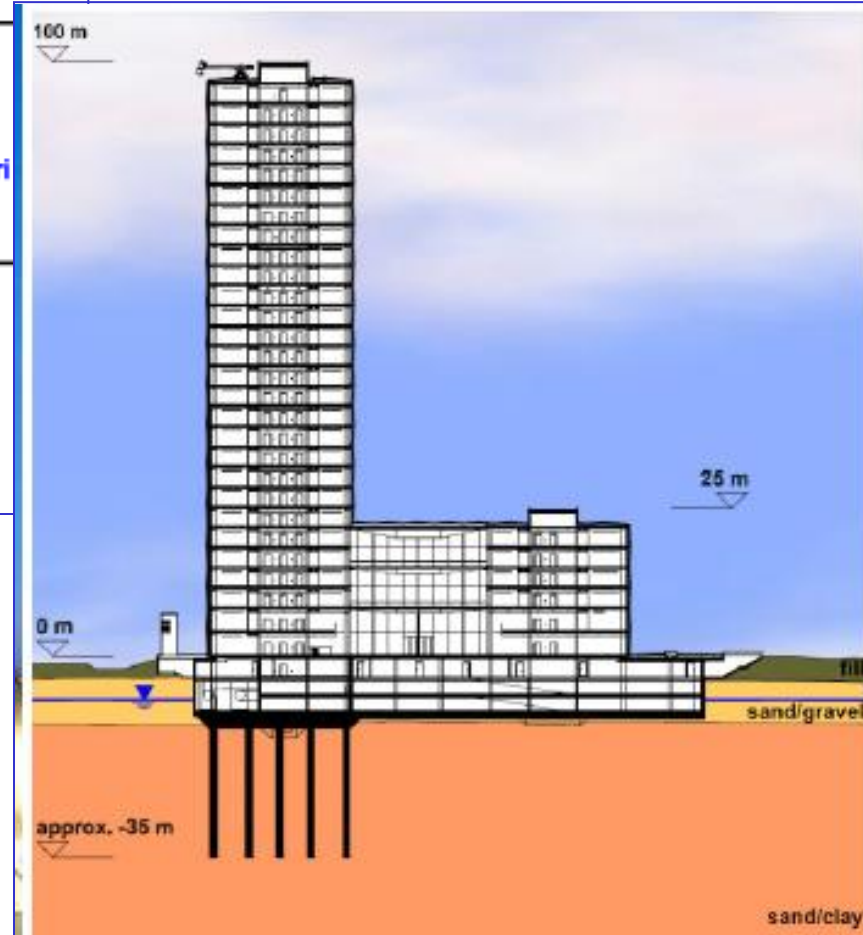
zemin
hareketleri

sıkı tabaka

ön kazık

arka kazık

Kazıklı Temeller



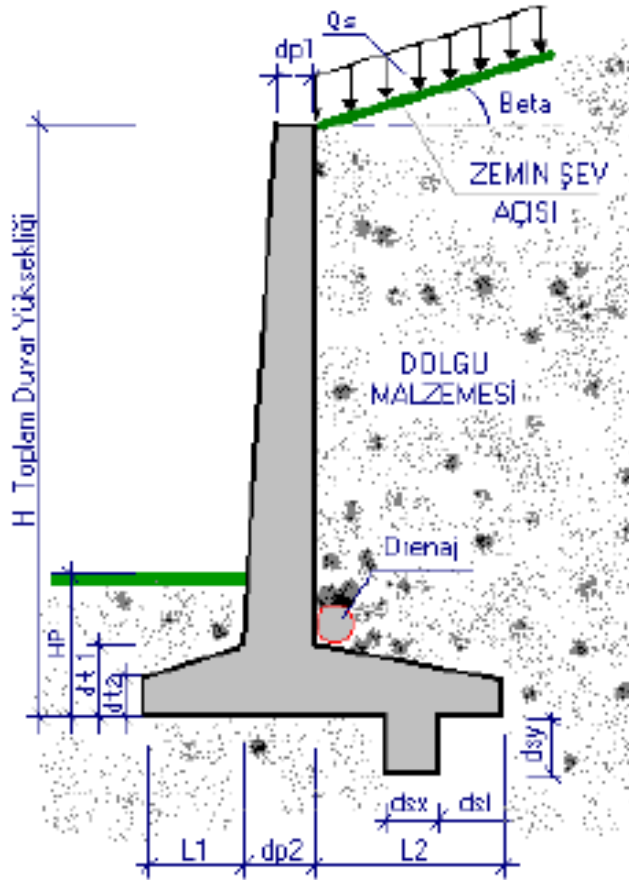


*Fore Kazık
örnekleri*

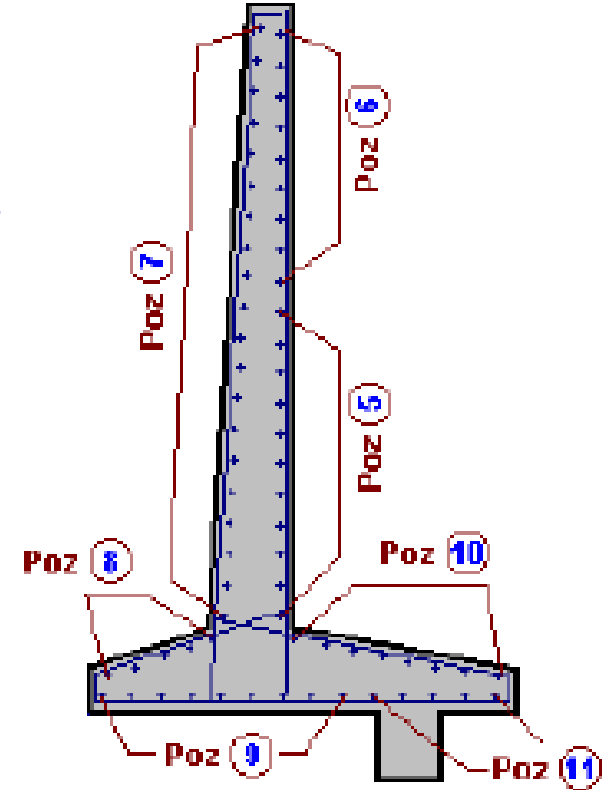
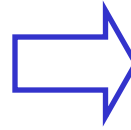


Dayanma (İstinat) Yapıları

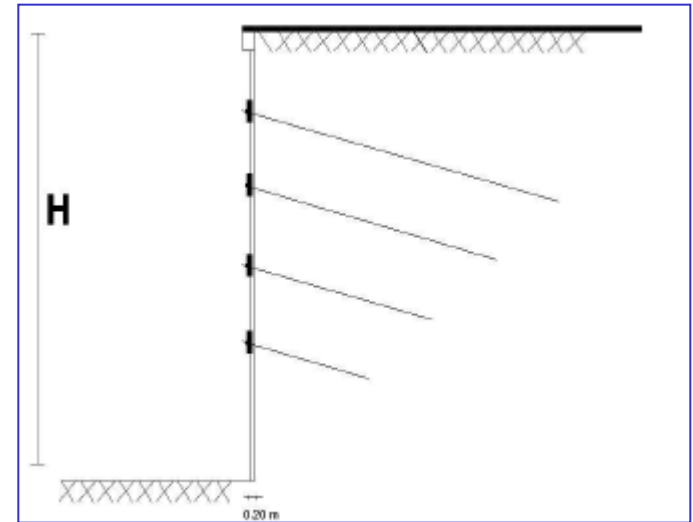
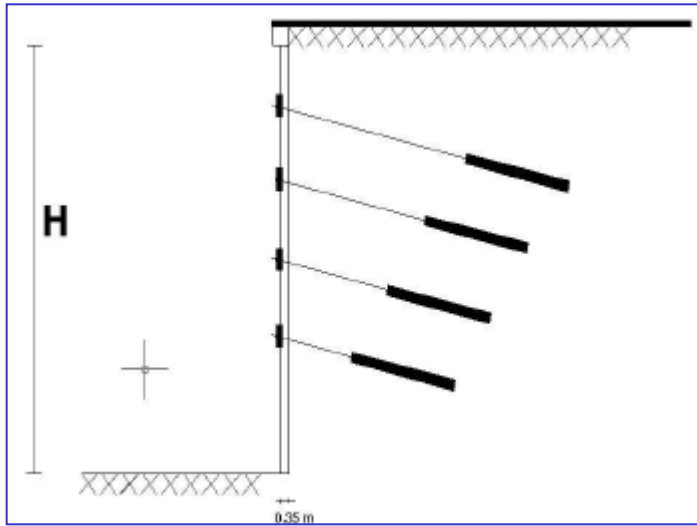
- Yapı arkasındaki zemin kütlesinden gelecek basınçlar
- Kazı tabanı seviyesi altındaki zeminlerin mukavemet ve sıkışabilirlik özellikleri



BETONARME KONSOL
İSTİNAT DUVARI



Derin Kazı Destek Sistemleri



Mecidiyeköy Projesi (kazı derinliği, 18.0-38.5 m)
Fore kazık+öngermeli ankraj +Zemin çivisi+püskürtme beton



Ümraniye (kazı derinliği 18.0m)
Mini kazık+öngermeli ankraj+Zemin çivisi+püskürtme beton

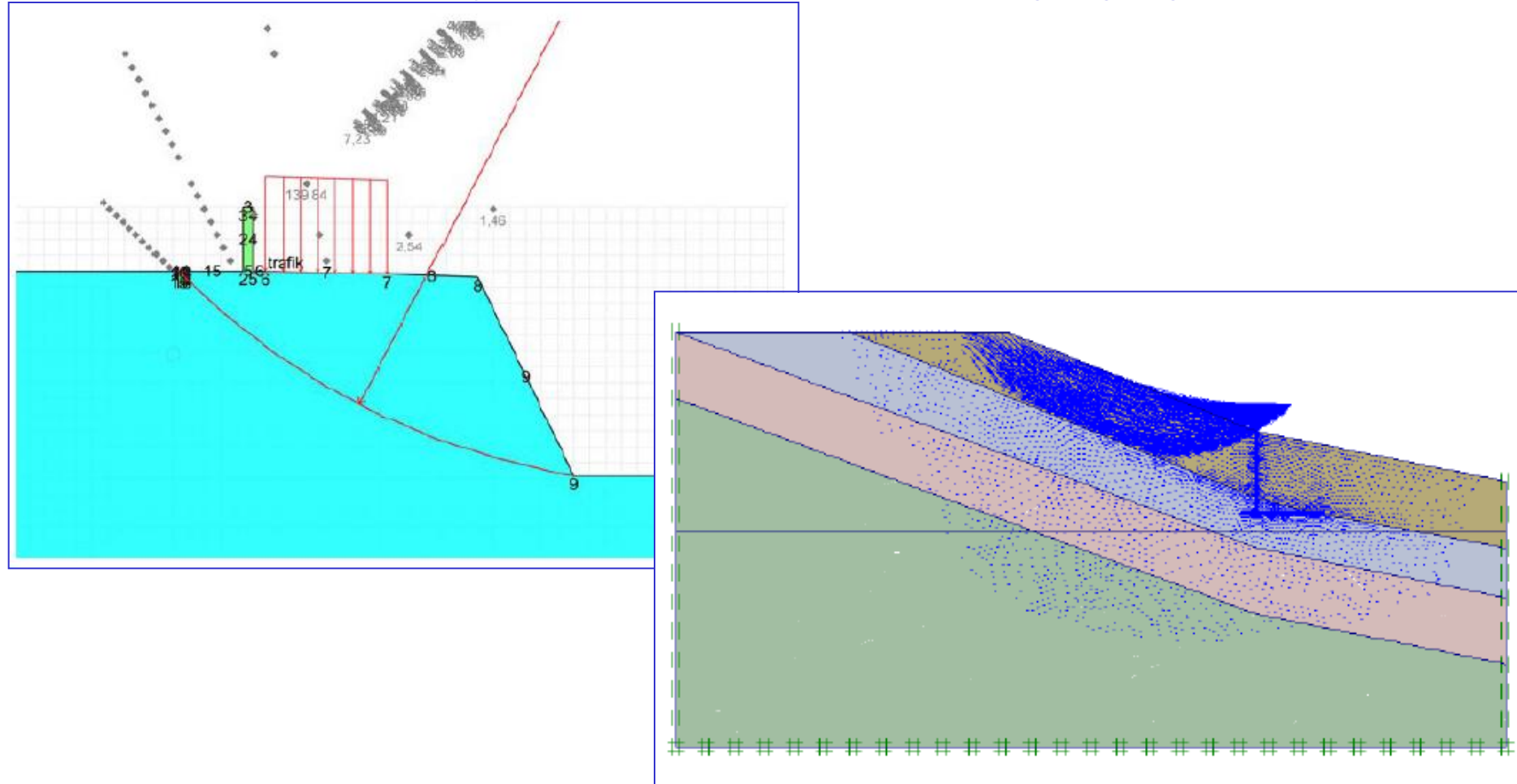


Kazılar ve şevler

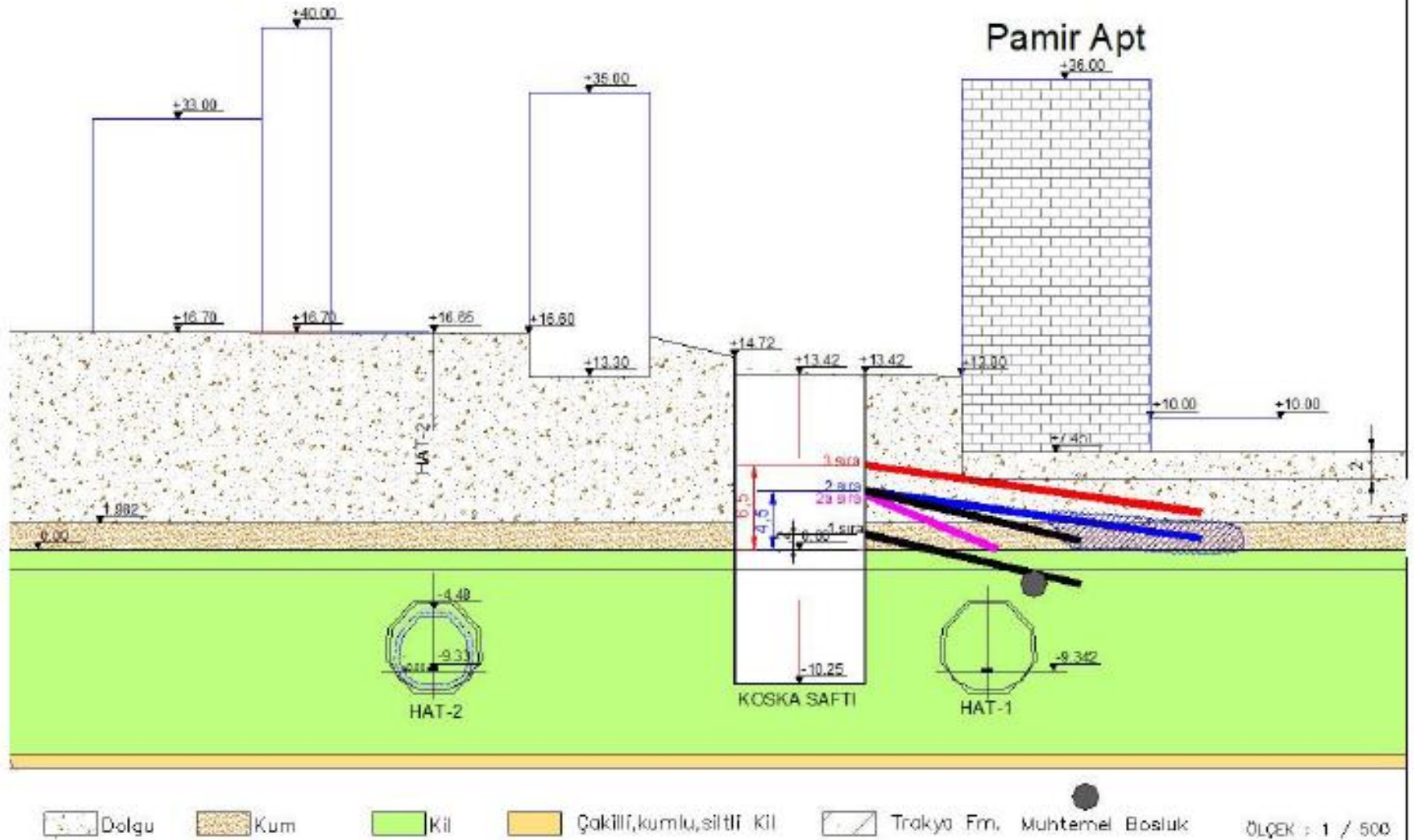
Kazı kenarları, Tabii şevler, Dolgu şevleri

- Kazi ve dolgularda güvenli şev açısının ve yüksekliğinin seçilmesi
- Tabii şevlerin kaymaya karşı güvenlik katsayılarının belirlenmesi

Zeminlerin kısa ve uzun süreli kayma mukavemetlerinin ve muhtemel kayma yüzeyinin saptanması



Yeraltı Yapıları, Tüneller

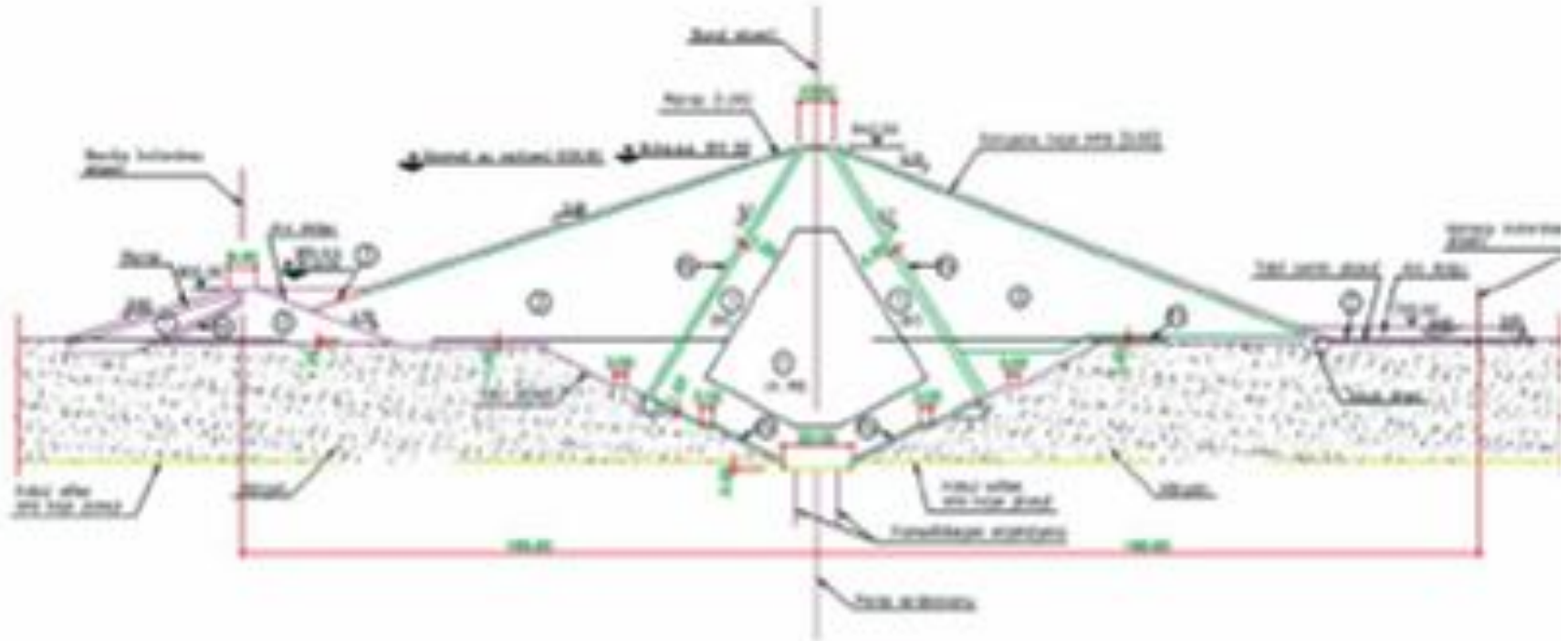


Zeminlerin İnşaat Malzemesi Olarak Kullanılması

Karayolu ve havaalanı kaplamaları altında, toprak baraj inşasında vb.

- Yapının amacına uygun malzemenin seçilmesi
- Zeminin usulüne uygun olarak yerleştirilmesi ve sıkıştırılması (kompaksiyon)

Örnek: barajlar (geçirimsiz ve mukavemeti yüksek malzeme)



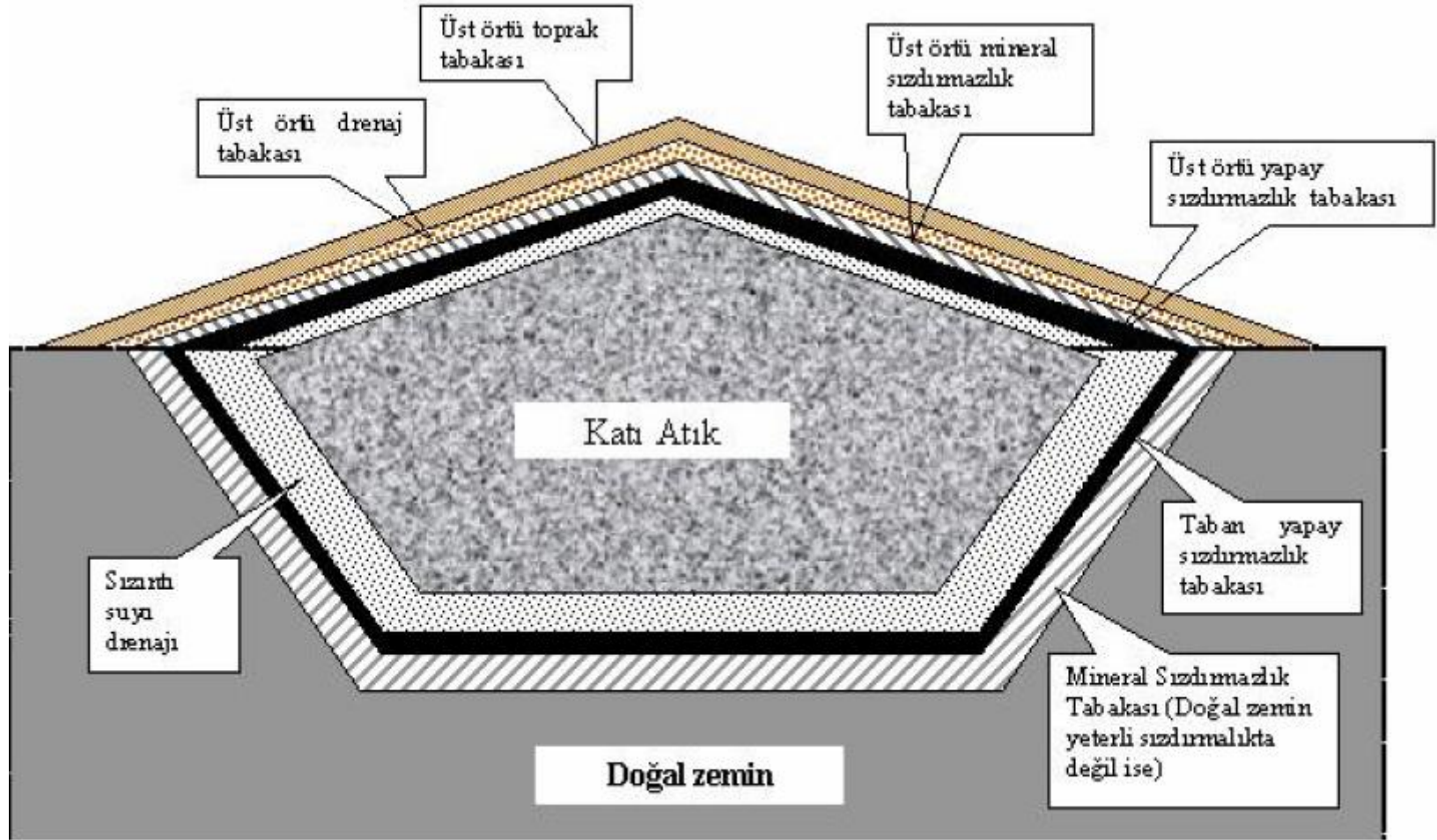
Sultansuyu Barajı / Malatya



Altinkaya Barajı / Samsun “kil çekirdekli kaya dolgu tipinde”



Çevre Geotekniğine Bir Örnek



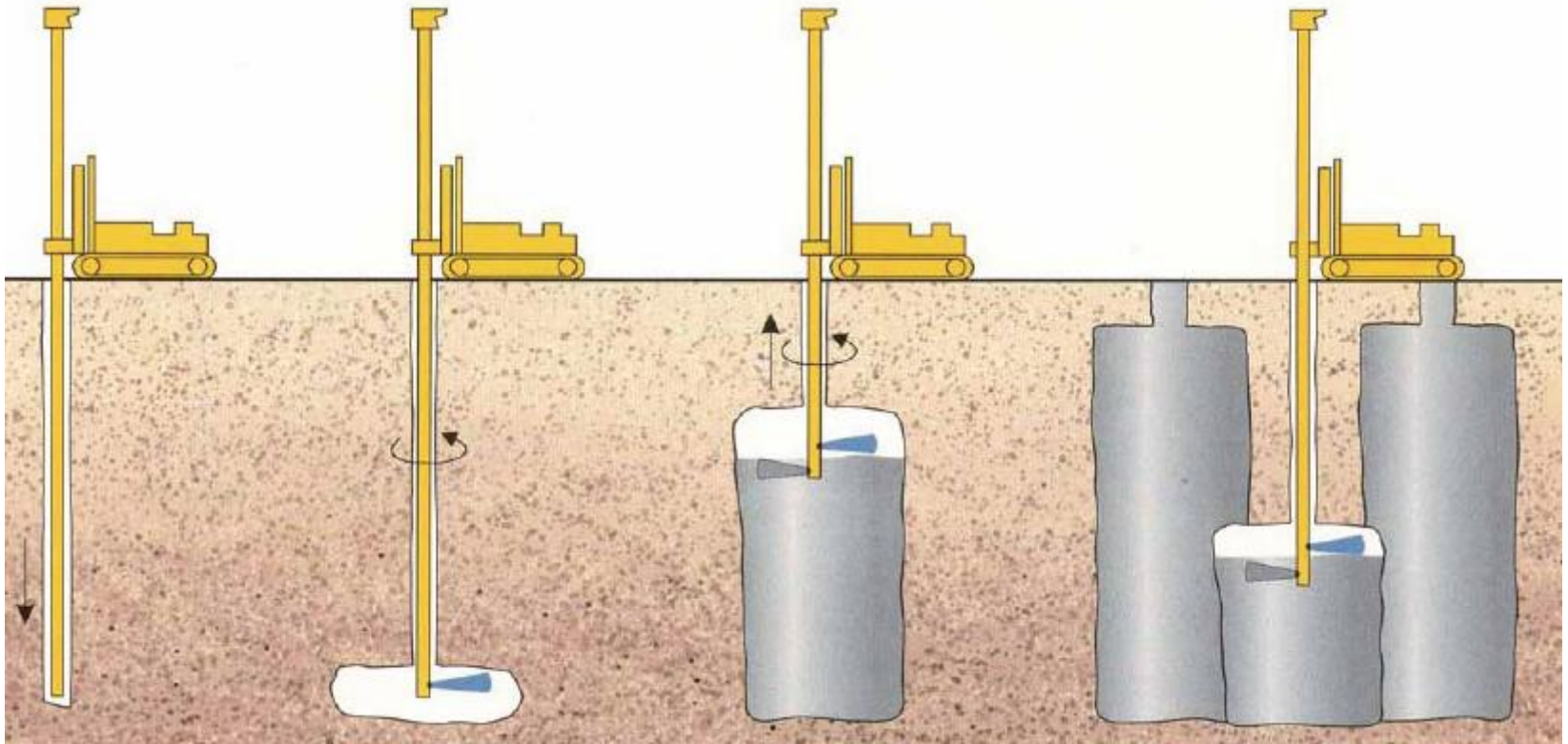
Düzenli Kıatı Atık Depolama Tesisi Sızdırmazlık ve örtü tabakalarının şematik görünüşü

Zemin İyileştirme Yöntemlerine Bir Örnek

Jet grouting yöntemi, tüm zemin tipleri ve dane çaplarında uygulanabilen ve çimento bazlı enjeksiyon karışımlarının kullanıldığı bir yöntemdir.

Bu yöntemde, çok yüksek basınçla (300–600 bar) zemine enjekte edilen bir stabilize malzeme (çimento-su karışımı) ile zemin karıştırılır.

JET GROUT YAPIMI

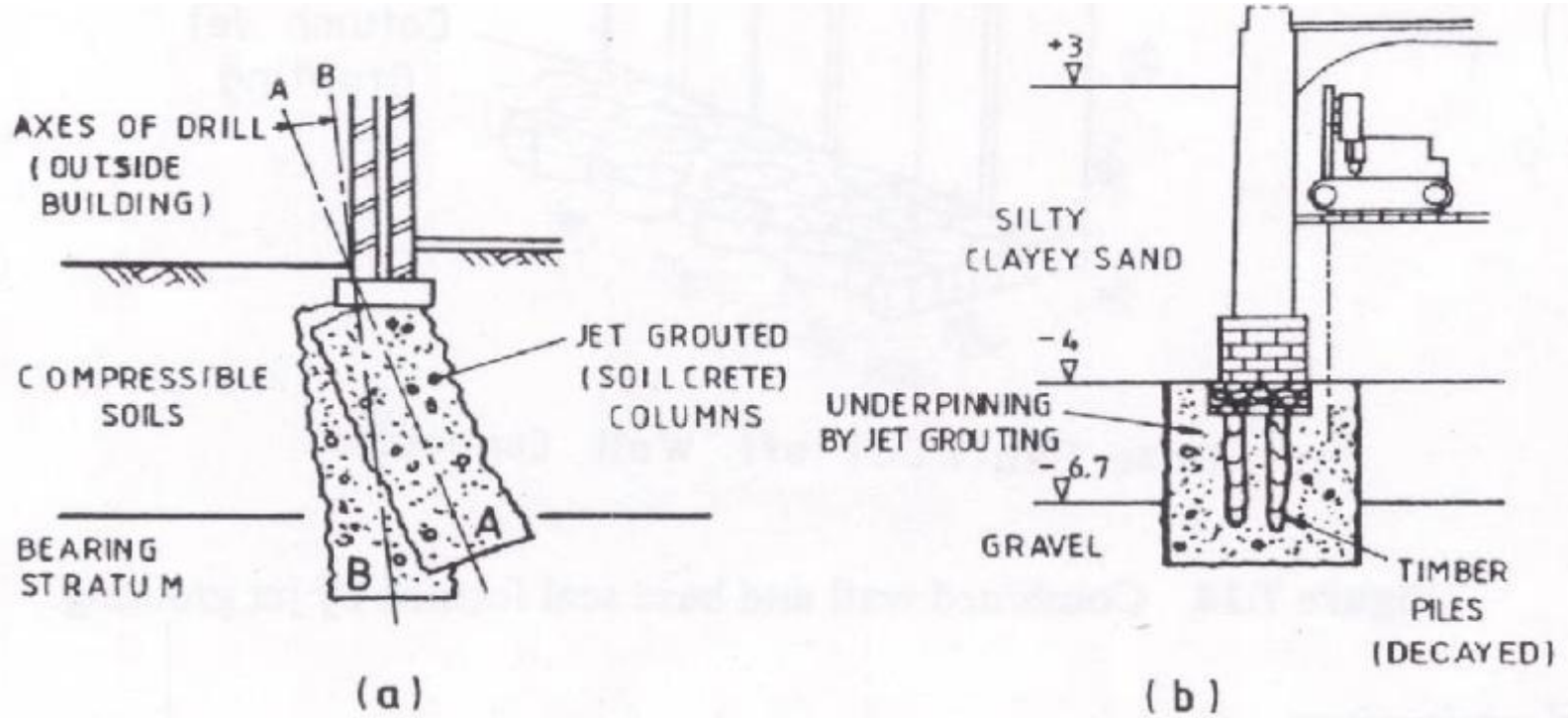


JET GROUT KOLONLARI

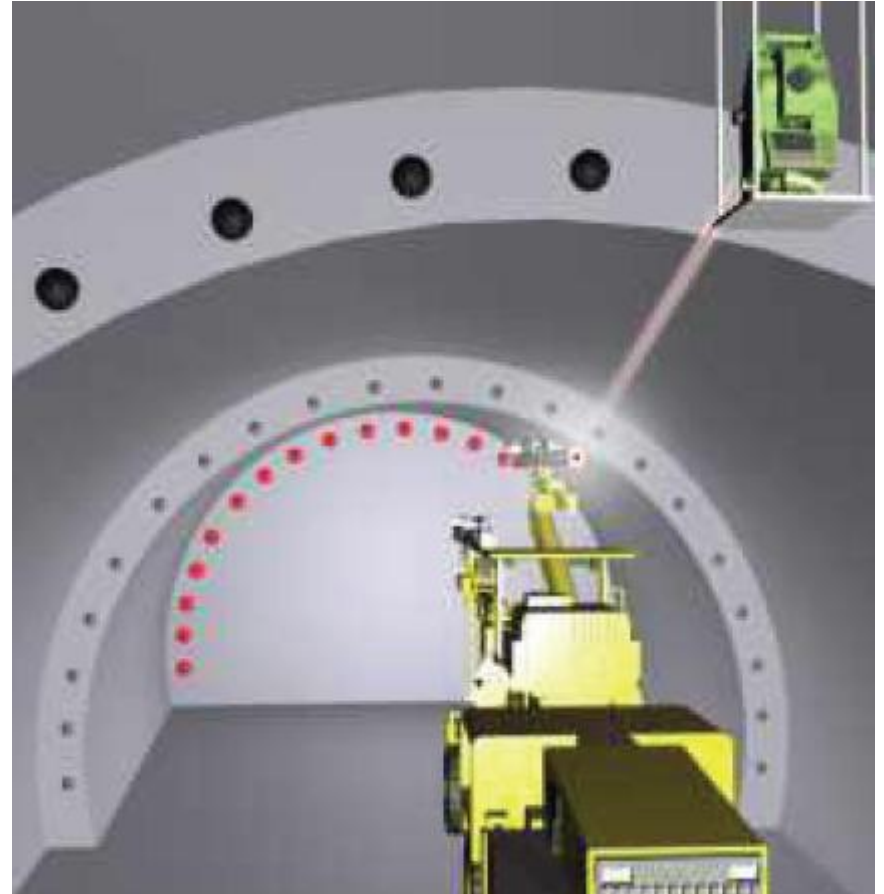
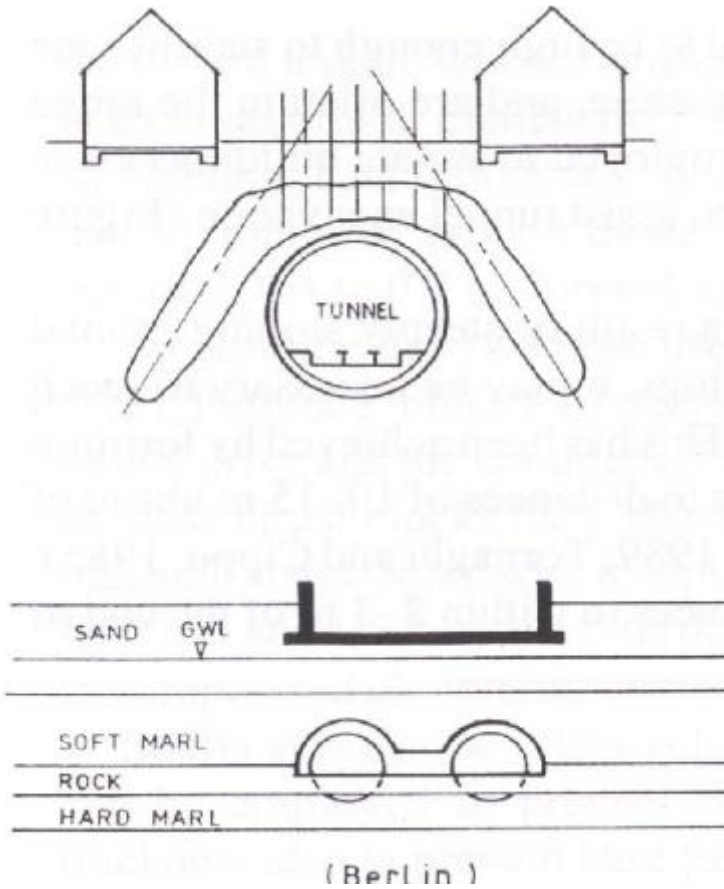


JET GROUT UYGULAMA ALANLARI;

TEMEL TAKVİYESİ

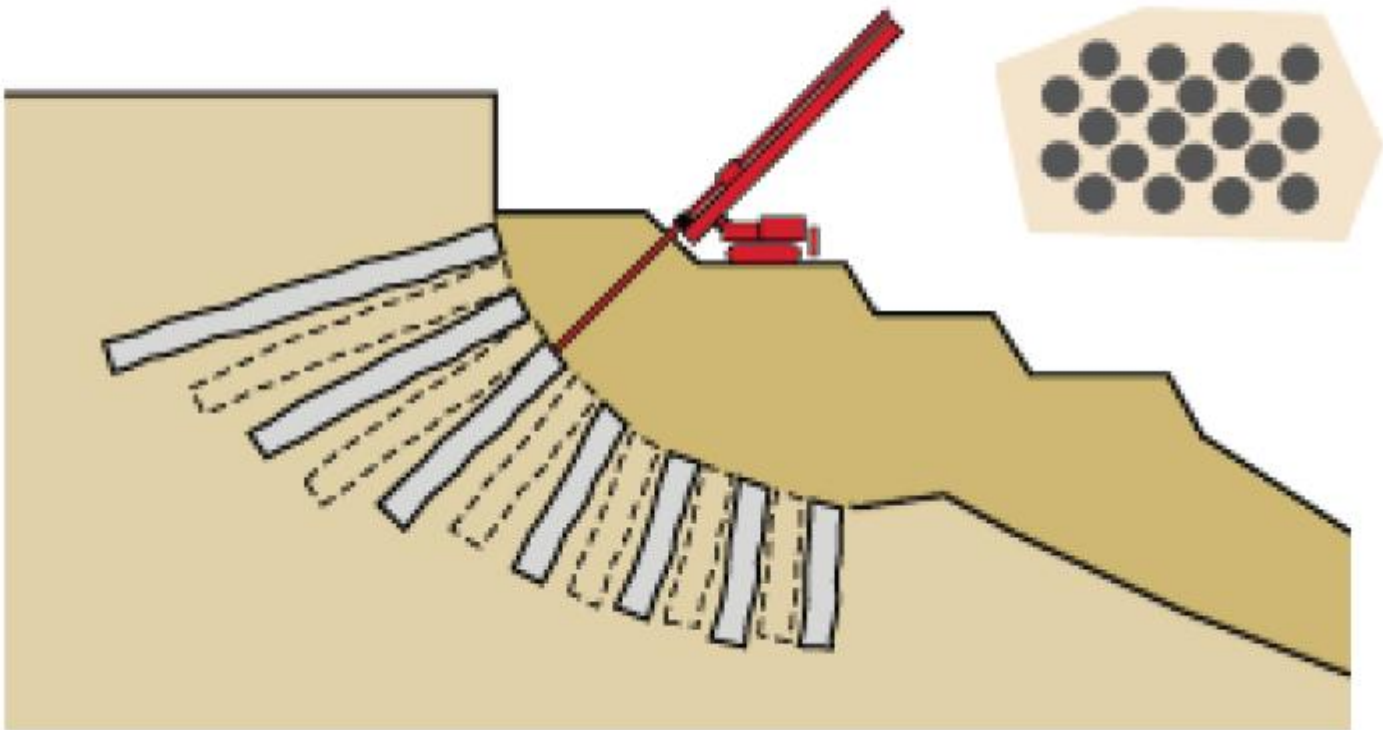


JET GROUT UYGULAMA ALANLARI; TÜNEL MÜHENDİSLİĞİNDE



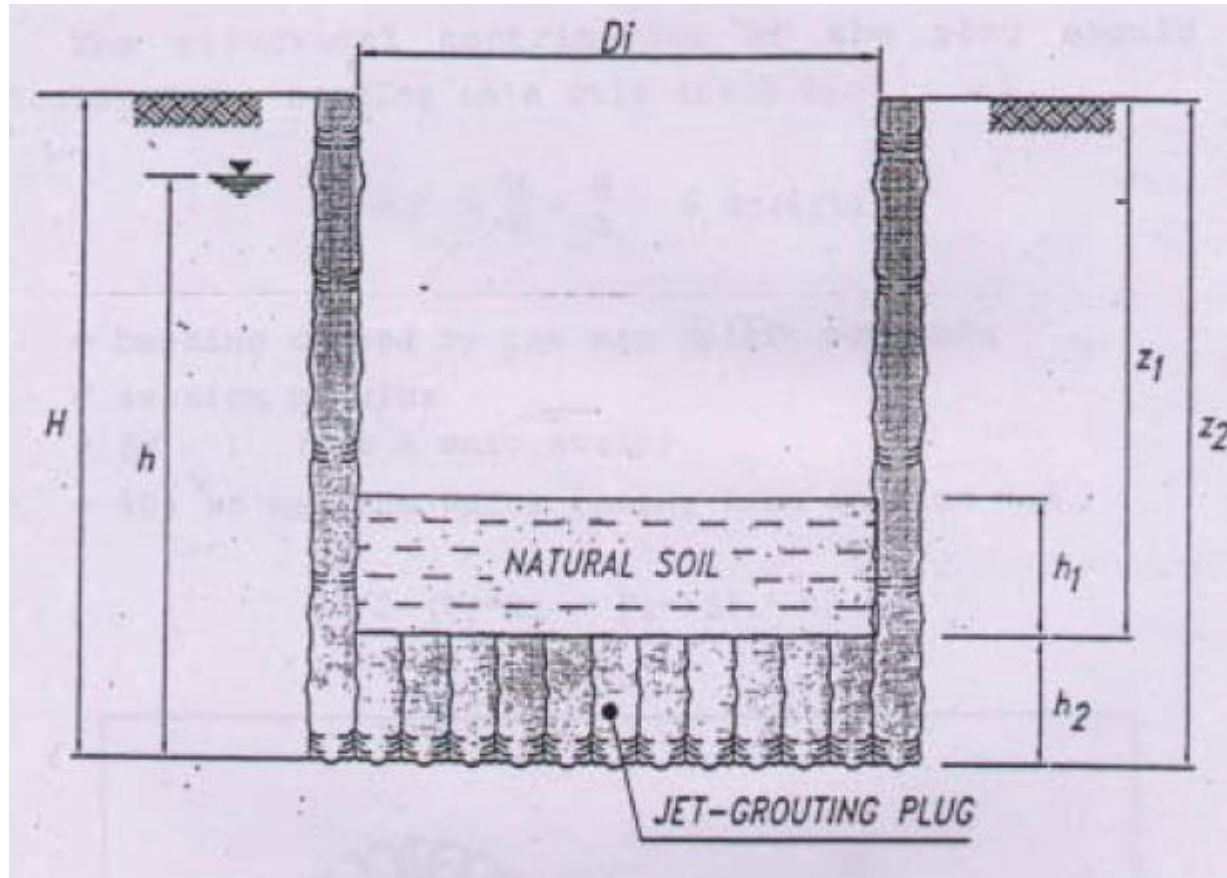
JET GROUT UYGULAMA ALANLARI;

ŞEV STABİLİTESİNDE



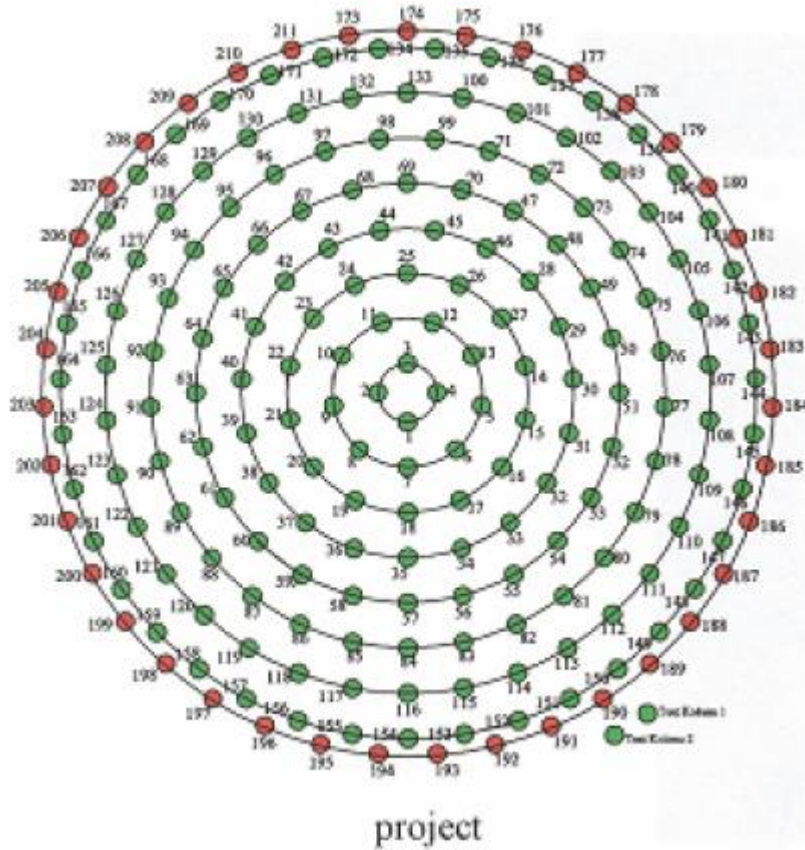
JET GROUT UYGULAMA ALANLARI;

KAZI ÇUKURLARINDA

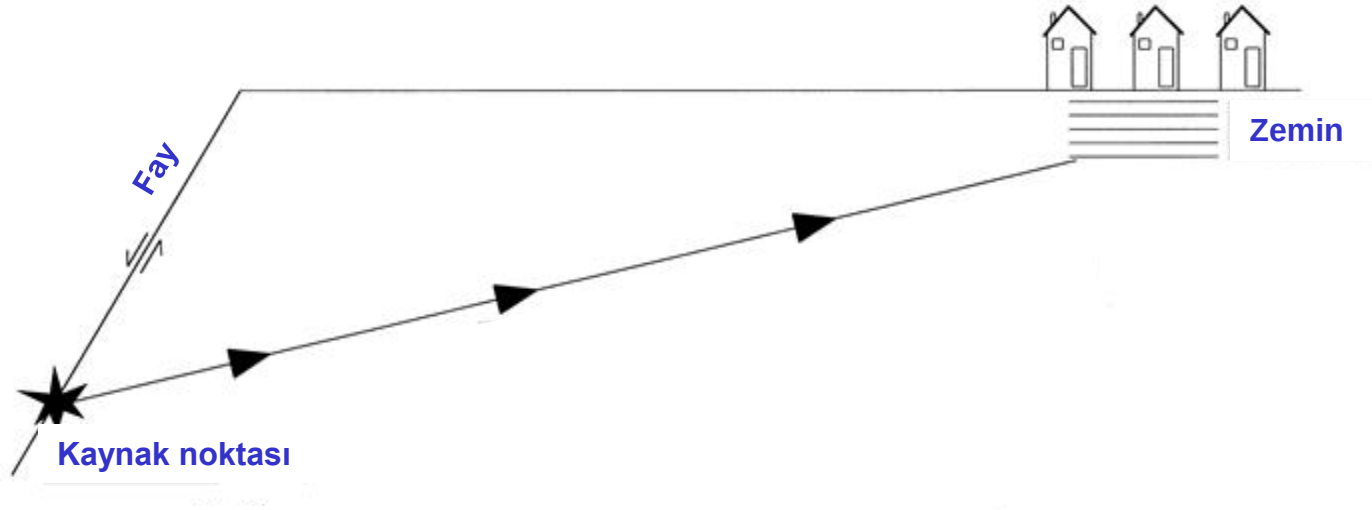
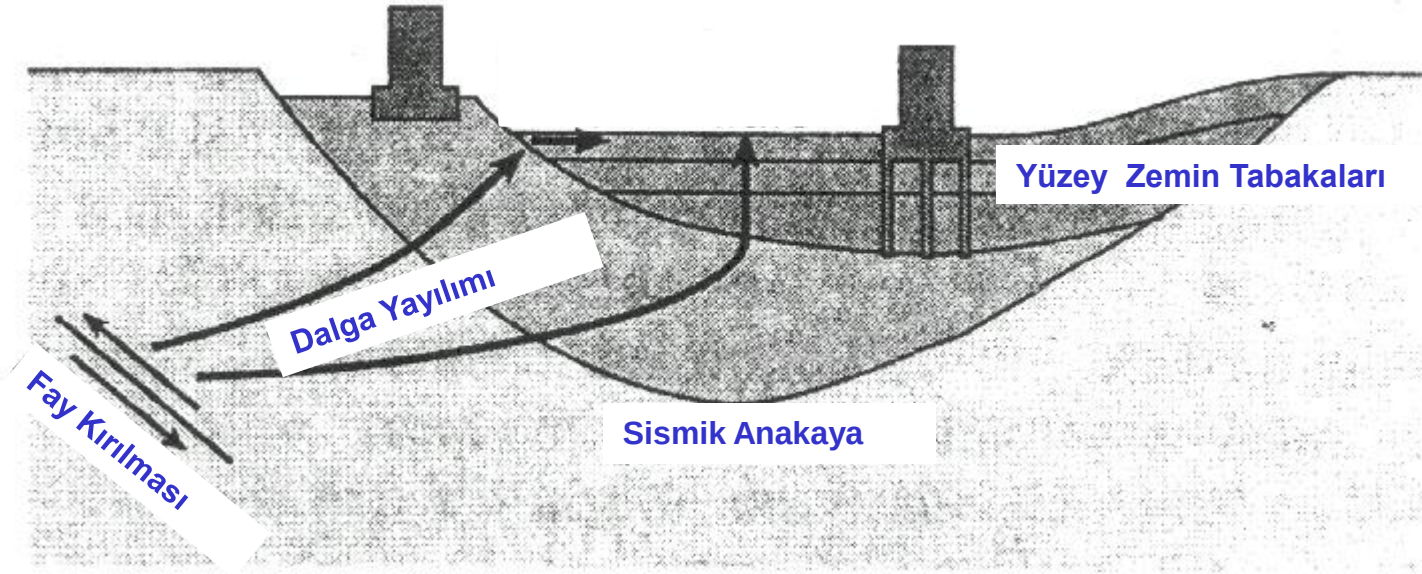


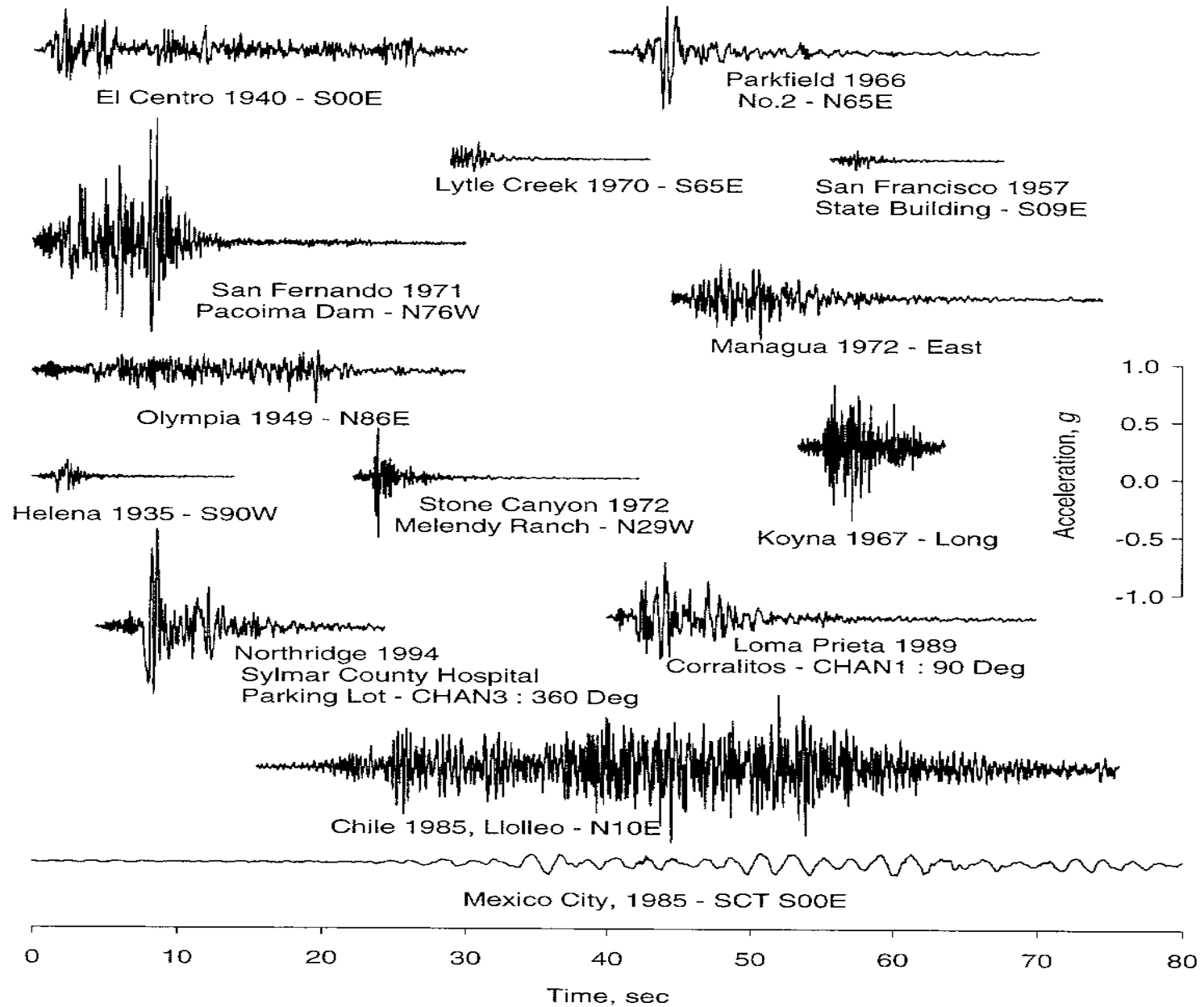
JET GROUT UYGULAMA ALANLARI;

TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRMESİNDE



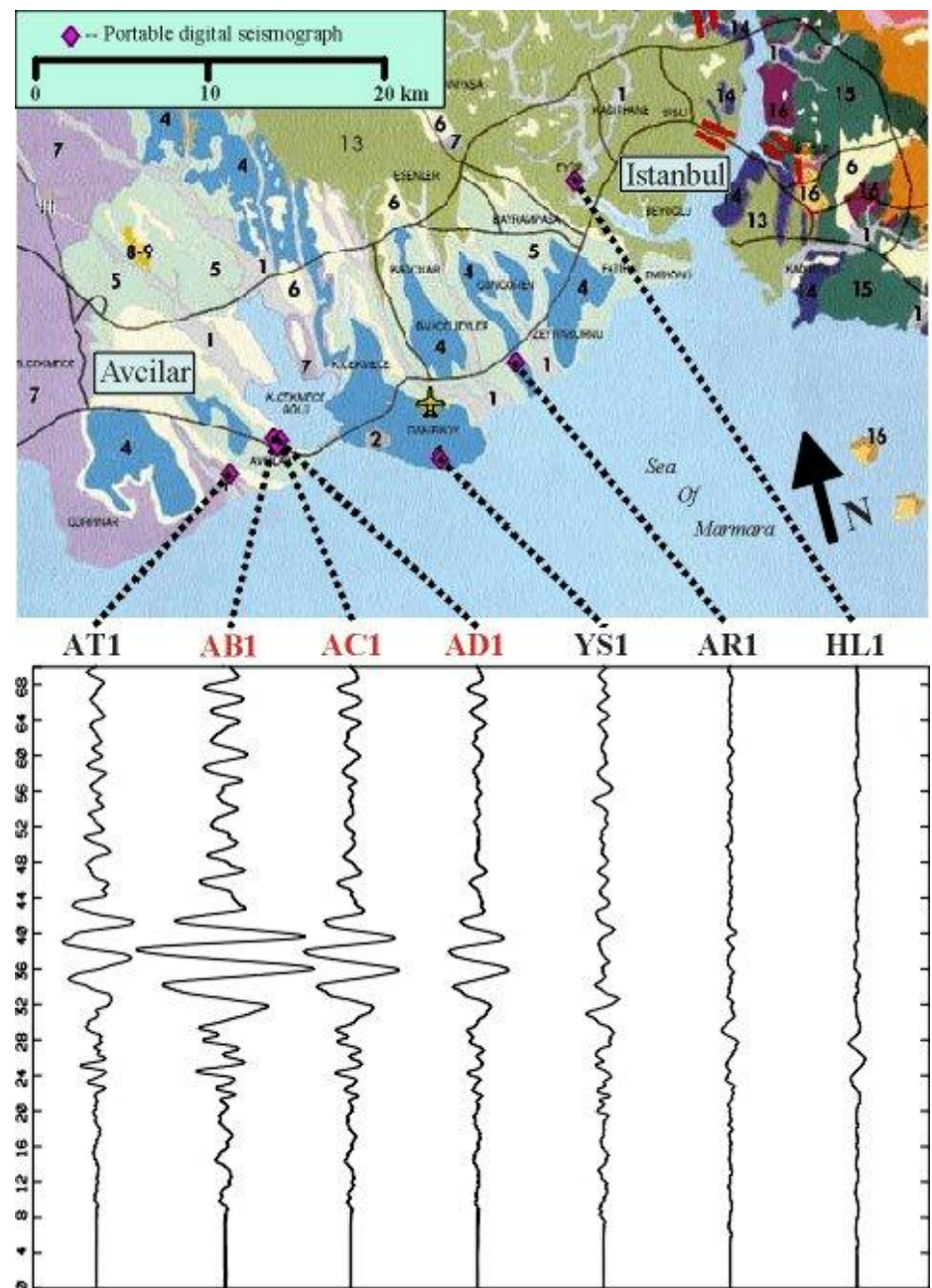
ZEMİN DİNAMİĞİ-Geoteknik Deprem Mühendisliği



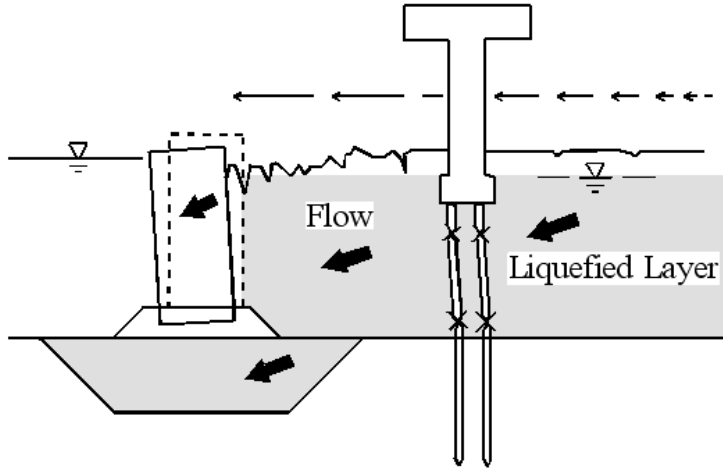


1999 Kocaeli Depreminde İstanbul'daki İstasyon Kayıtları;

Yerel Zemin Şartlarının yer hareketi
karakteristikleri üzerindeki etkisine
bir örnek



Yer hareketinin zeminin mukavemet özellikleri üzerindeki etkisi ne bir örnek; **SIVILAŞMA**



1995 Kobe depreminde iskele duvarı arkasında sıvılaşma nedeni hasar





**1999 Kocaeli depreminde
sivilařma nedenli oturmalar**

1964 Niigata Depremi, Japonya

