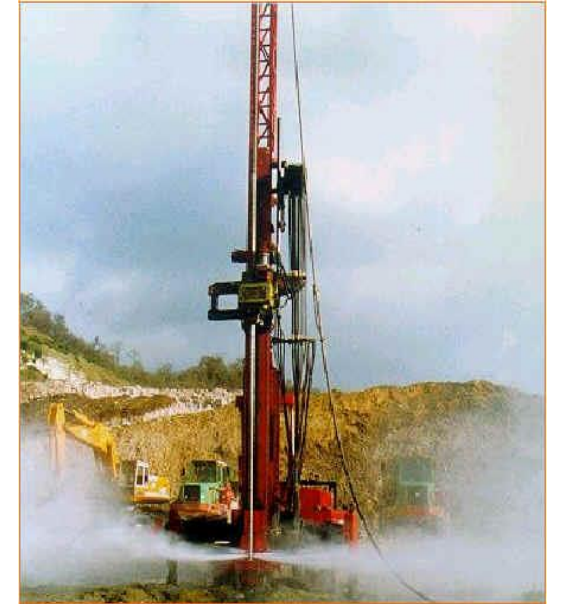
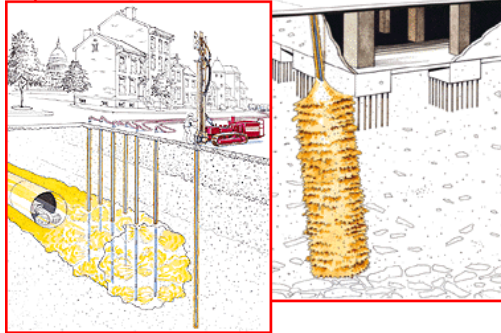
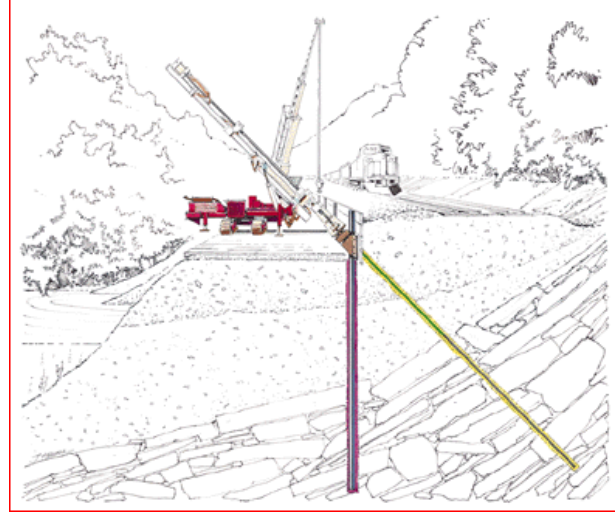
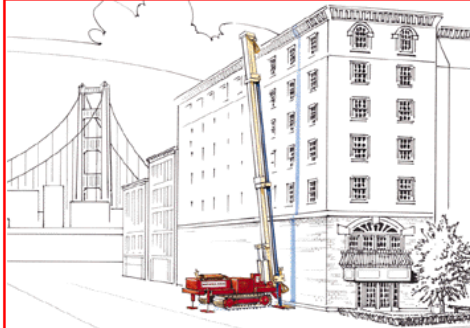


Zemin İyileştirme Yöntemleri

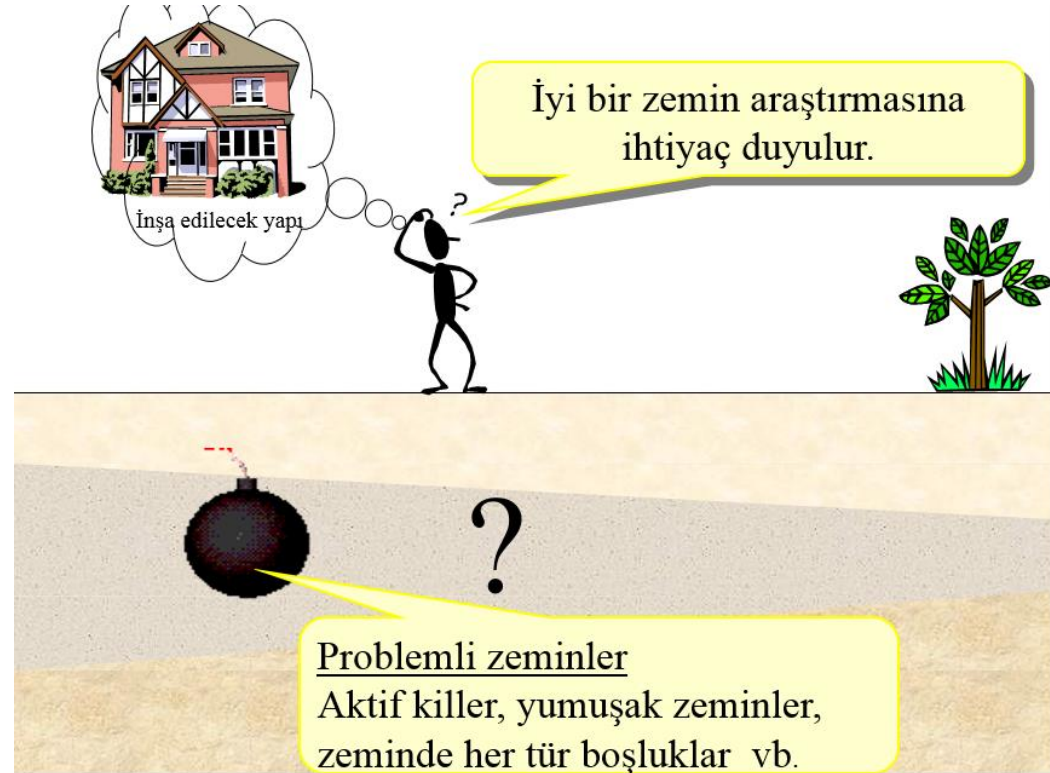


Giriş

- ❑ İnşaat mühendisinin görevi güvenli, fonksiyonel ve ekonomik yapılar tasarlamak ve inşa etmektir.
- ❑ İnşaat mühendisliği uygulamalarında, **proje sahası zemin koşulları** tasarım ve yapım yöntemleri üzerinde önemli etkiye sahiptir.

❑ Problemlı zemin koşulları projenin yapılabirliğini etkiler ve önemli sorunlara yol açabilir.

❑ Bu durumlarda uygulanabilecek seçenekler arasında arazi zemin koşullarının iyileştirilmesi de yer almaktadır.



Bir proje sahasında elverişsiz zemin koşulları ile karşılaşıldığı zaman çözüm seçenekleri:

- İnşaat alanının değiştirilmesi
- Zeminlerin değiştirilmesi
- Tasarımın zemin koşullarına uyumlu duruma getirilmesi
- **ZEMİNLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ**



Sorunlu zeminlerde inşaat mühendisinin yapacağı ilk çalışma, farklı yöntemler ile öngörülen tasarım kriterlere ulaşmaktır. Bunu yaparken, yapı tipi ne olursa olsun üst yapının güvenli, fonksiyonel ve ekonomik olması esastır.

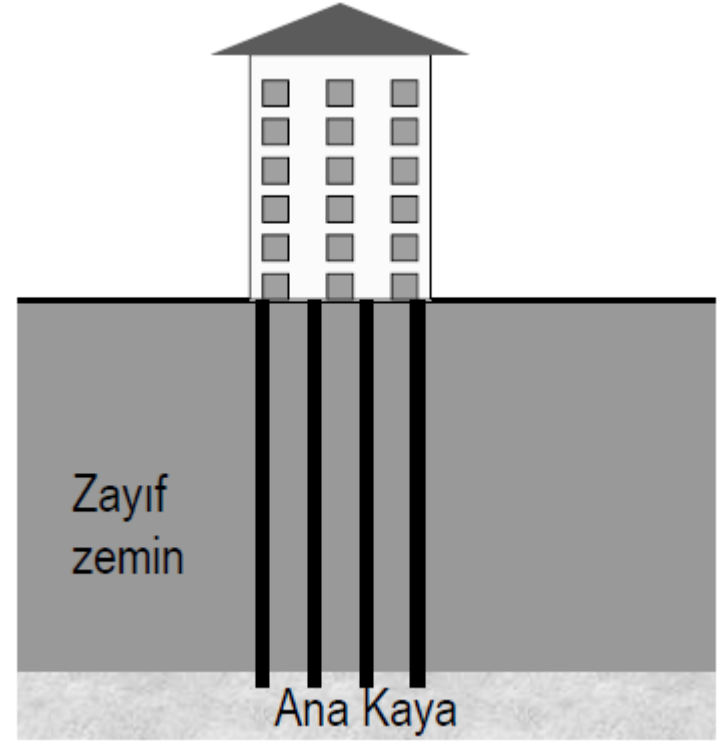
Mevcut zeminin değiştirilmesi veya proje yerinin değiştirilmesi



Bu yöntem pek mantıklı ve
ekonomik değil

Derin Temel Uygulaması

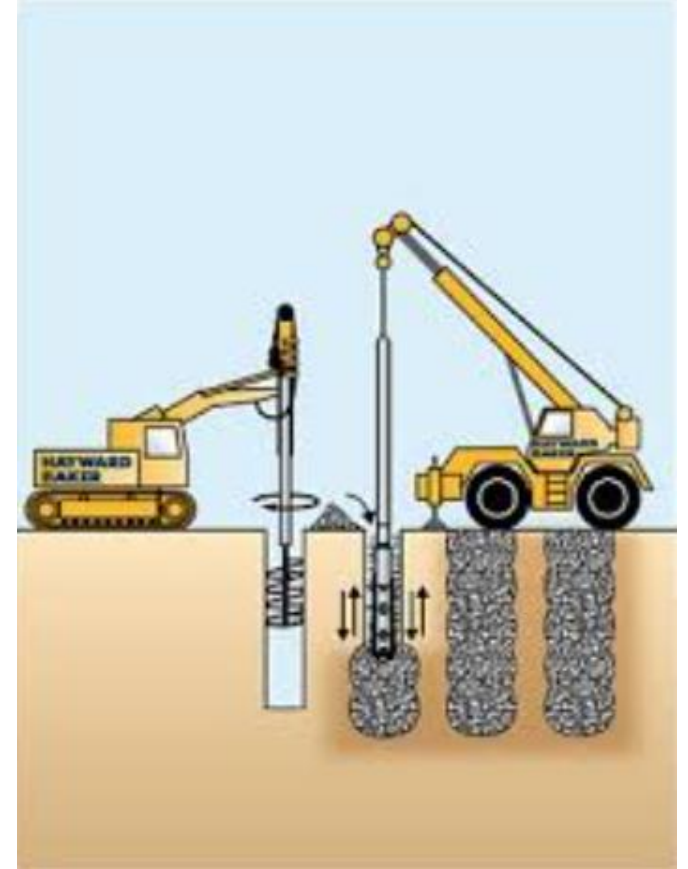
- Geleneksel bir çözüm yöntemi olan derin temel uygulaması ile yapı yükleri daha aşağıdaki sağlam zemin tabakalarına aktarılmaktadır.



Bu yöntem ekonomik değil

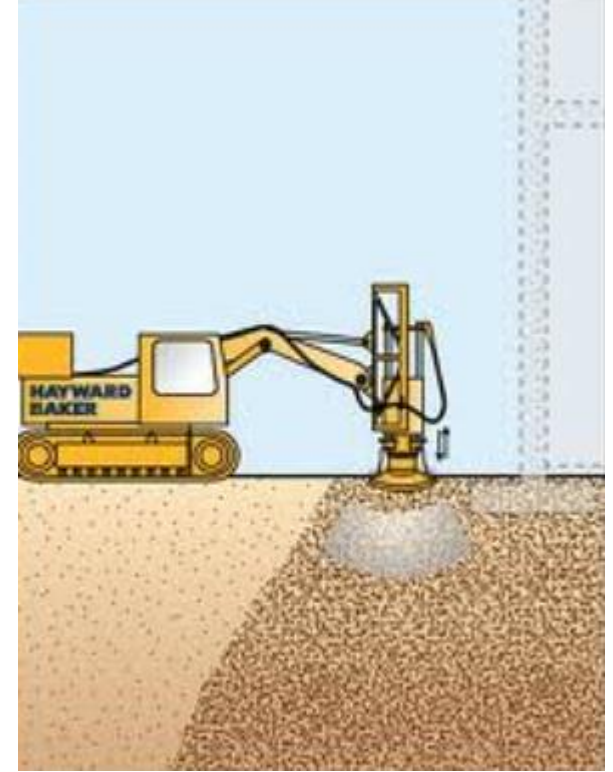
Zemin İyileştirme Nedir?

- ❑ Zemin iyileştirmesi, **zeminlerin belirli özelliklerinin**, amaçlanan bir mühendislik uygulamasına yönelik olarak, **değişik fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemler** kullanılarak iyileştirilmesi olarak tarif edilebilir.
- ❑ **Zeminlerin İyileştirilmesi** yerine **zemin ıslahı, stabilizasyonu ve modifikasyonu** gibi terimler de kullanılmaktadır.



Neden zemin iyileştirme?

- ✓ Son yıllarda oldukça önem kazanmıştır.
- ✓ Hızlı kentleşmeden dolayı uygun yerleşim alanlarının hızla azalması,
- ✓ Yüksek arsa maliyetleri
- ✓ Yetersiz temel ortamının kullanılma zorunluluğu,
- ✓ Komşu yapıların güvenliğini koruma
- ✓ Yapıların giderek artan boyutlarının getirdiği büyük gerilme limitleri olarak sıralamak mümkündür.



✓ Özellikle büyük kent ve sanayi bölgelerinde yaşanan arsa sıkıntısı ve yüksek maliyetler nedeniyle taşıma gücü zayıf veya oturma yönünden sorunlu zeminlerde inşaat yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Zayıf veya sorunlu zemin nedir?

- Taşıma gücü düşük
- Sıkışabilirliği yüksek
- Sıvılaşma yeteneği fazla olan zeminlere zayıf zemin veya yumuşak zemin olarak da isimlendirilebilir.

Hangi zeminler zayıf zemindir?

- Normal konsolide killler
- Az aşırı konsolide killler ($A.K.O < 3$)
- Killi siltler
- Gevşek kumlu zeminler
- Rastgele yerleştirilmiş dolgular

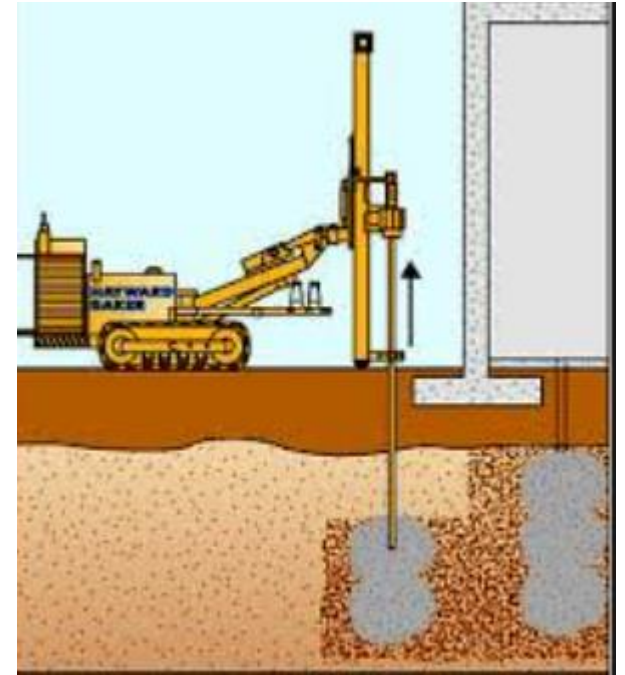
Zemin İyileştirme Yönteminin Seçimi

- Zemin cinsi, jeolojik ortam, yer altı suyu durumu
- Hedeflenen iyileştirmenin türü ve derecesi
- Gerekli malzeme, ekipman ve iş gücünün temini
- Projenin boyutları/iyileştirme maliyeti
- İnşaat takvimi ve iyileştirme süresi
- Civar yapılara ve çevreye etkileri
- Yapım kalite kontrolü ve performans ölçümleri



Zemin İyileştirmede amaç

- ✓ Zayıf bir zeminin taşıma kapasitesini arttırmak
- ✓ Toplam oturmayı azaltmak ve konsolidasyonu hızlandırmak
- ✓ Dolgu ve yarmaların stabilitesini arttırmak
- ✓ Zemini iksa duvarı gibi çalıştırmak
- ✓ İksa duvarlarını desteklemek
- ✓ Zeminin sıvılaşma potansiyelini azaltmak
- ✓ Geçirimliliği azaltmak



Zemin iyileştirmede temel ilke

- 1) **Reinforcement=Güçlendirme:** Zemin içerisine değişik malzemeler kullanılarak güçlendirilmesi (taş kolon, jet grout, geosentetikler vb.)
- 2) **Improvement=İyileştirme:** Zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması (kompaksiyon)
- 3) **Treatment=Tedavi etme:** Zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması (enjeksiyon, imento, kireç vb.)

Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- **Taş Kolon**
- **Derin Karışım**
- **Jet Grout**
- **Donatılı Zeminler**
- **Zemin Ankrajları**
- **Zemin Çivileri**

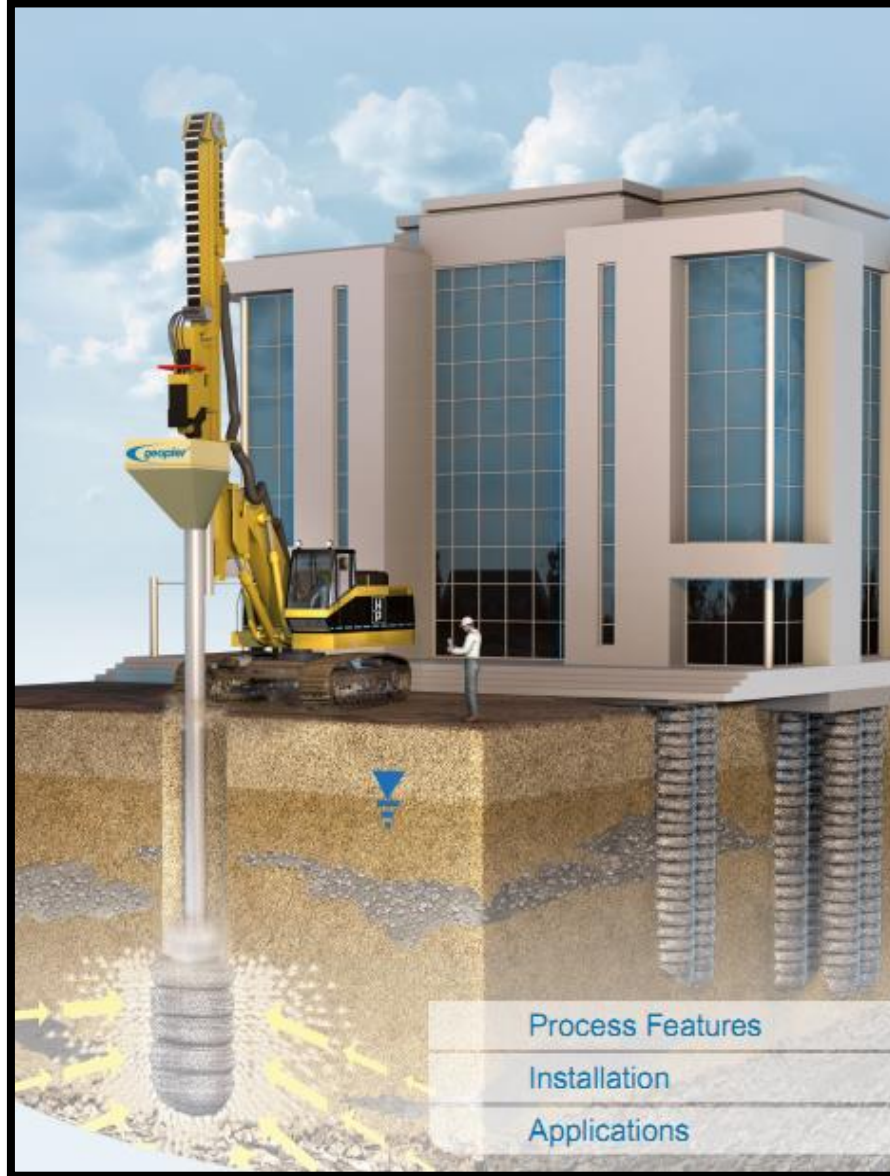
2.) Ground Improvement

- **Yüzeysel kompaksiyon**
- **Derin kompaksiyon**
- **Ön yükleme/düşey drenler**
- **Kompaksiyon enjeksiyonu**

3.) Ground Treatment

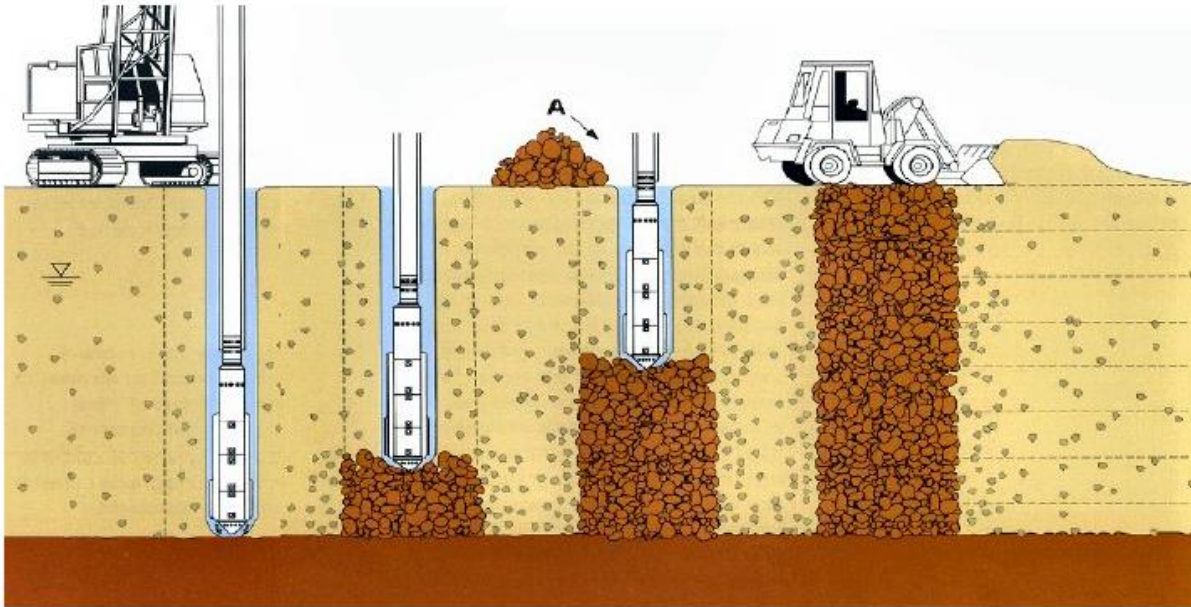
- **Zemin-Çimento enjeksiyonu**
- **Kireçle stabilizasyon**
- **Bitümlerle Stabilizasyon**
- **Uçucu kül**

TAŞ KOLON YÖNTEMİ



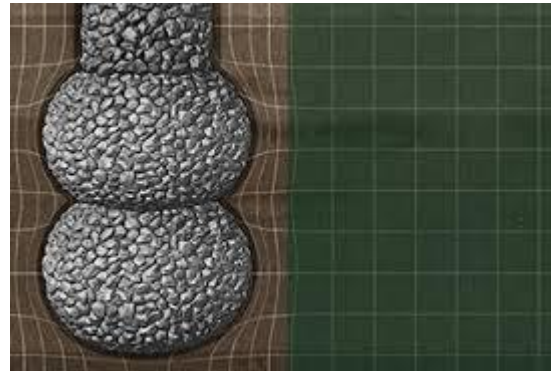
Taş kolonlar

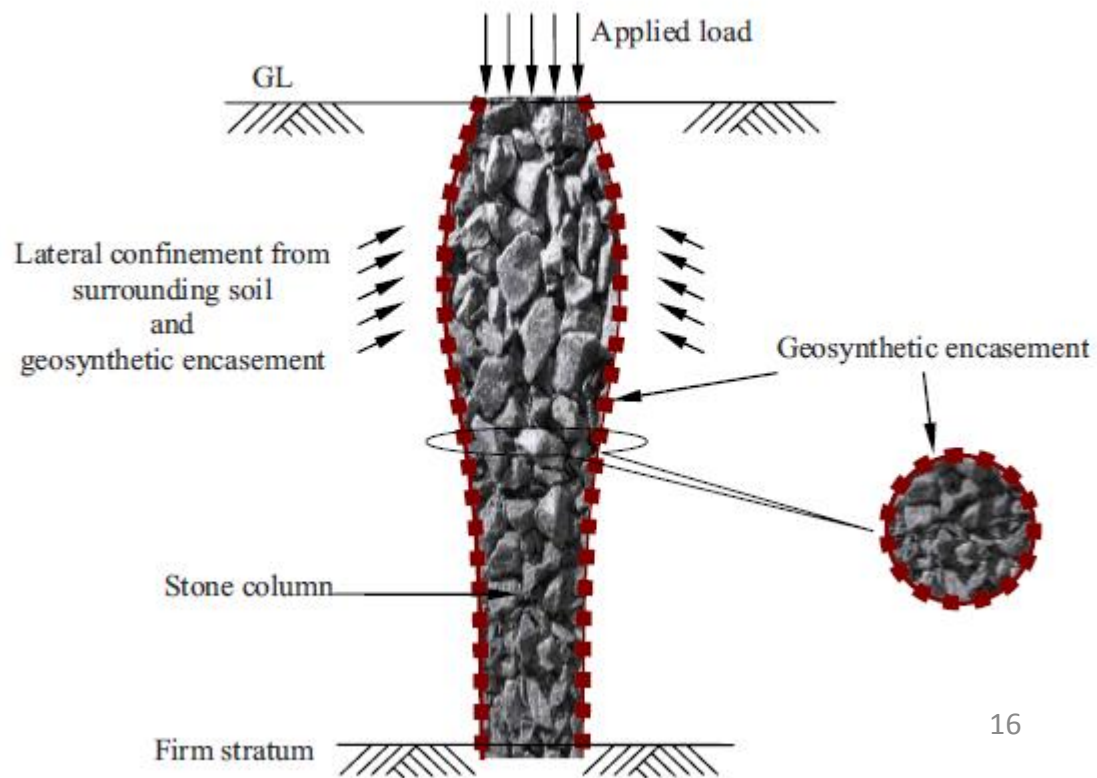
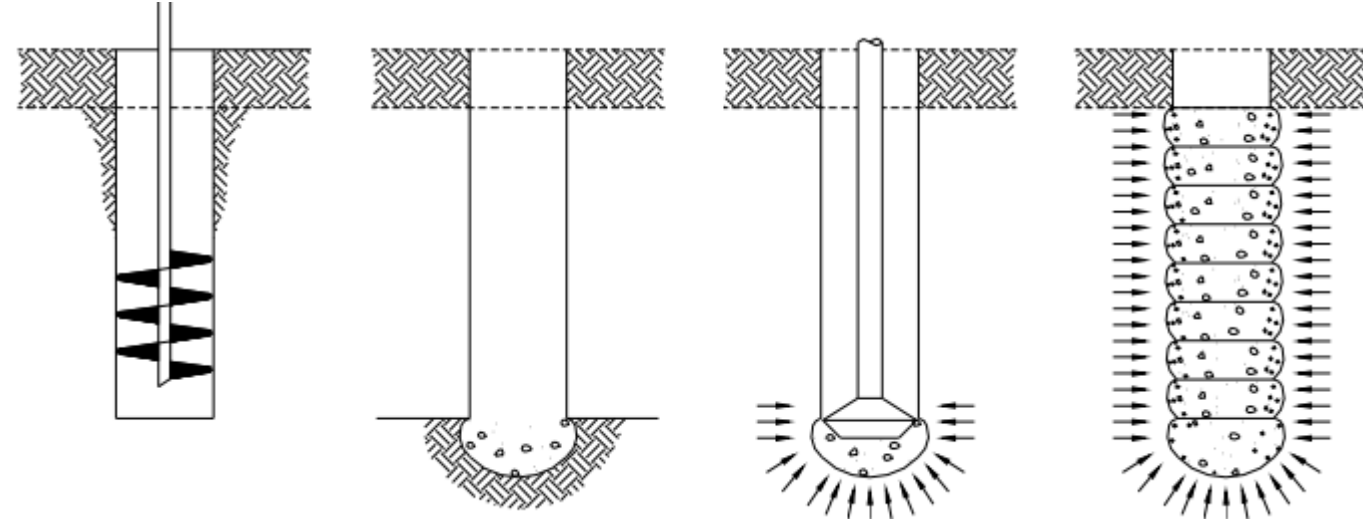
- Her türlü zeminde uygulanabilir. İki aşamada uygulanır.
- **Delme Aşaması:** Zemin içinde çeşitli yöntemlerle (vibroflot, burgu, delgi aletleri) istenilen derinliğe kadar kuyu açılır.
- **Kolon oluşturulması:** Kuyu tabanından itibaren kademeler halinde granüler malzeme yerleştirilir, sıkıştırılır ve **rijit kolonlar oluşturulur.**



Uygulama

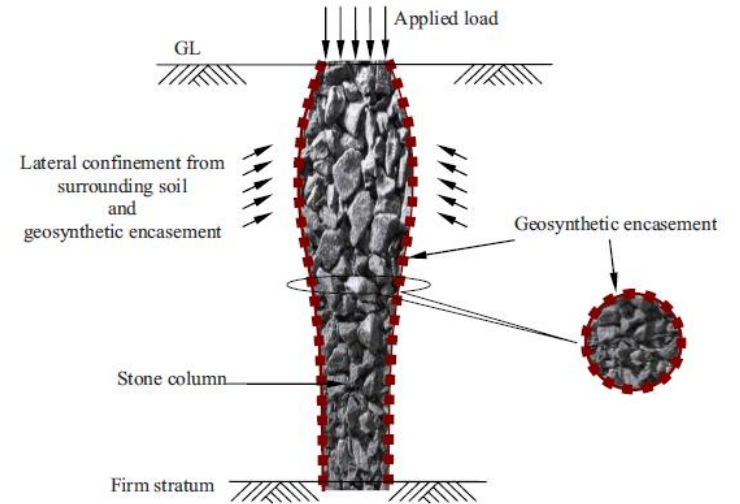
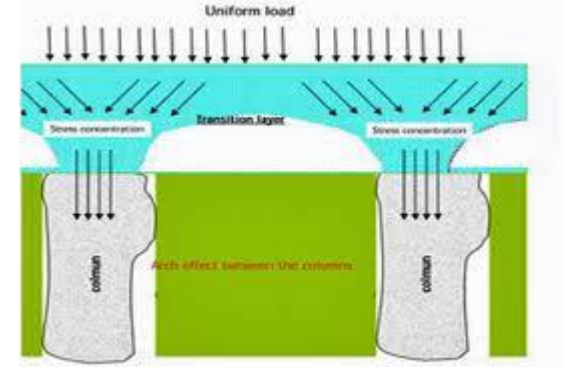
- **Kuyu çapı:** 0.60 -1.0 m
- **Derinlik:** Maks. 20 m
- **Kuyunun açılması:** Çeşitli yöntemlerle kuyu açılır, granüler malzeme yerleştirilir ve sıkıştırılır.
- **Malzeme:** 20-75 mm arası kırma taş veya tabii kaba çakıl agrega veya kum-çakıl karışımları da kullanılabilir.
- Yumuşak killerde boru çakma ve içi doldurularak çekme yöntemi yaygındır.
- Ancak taş malzemenin sıkıştırılması ve gradasyonu önemli konudur.

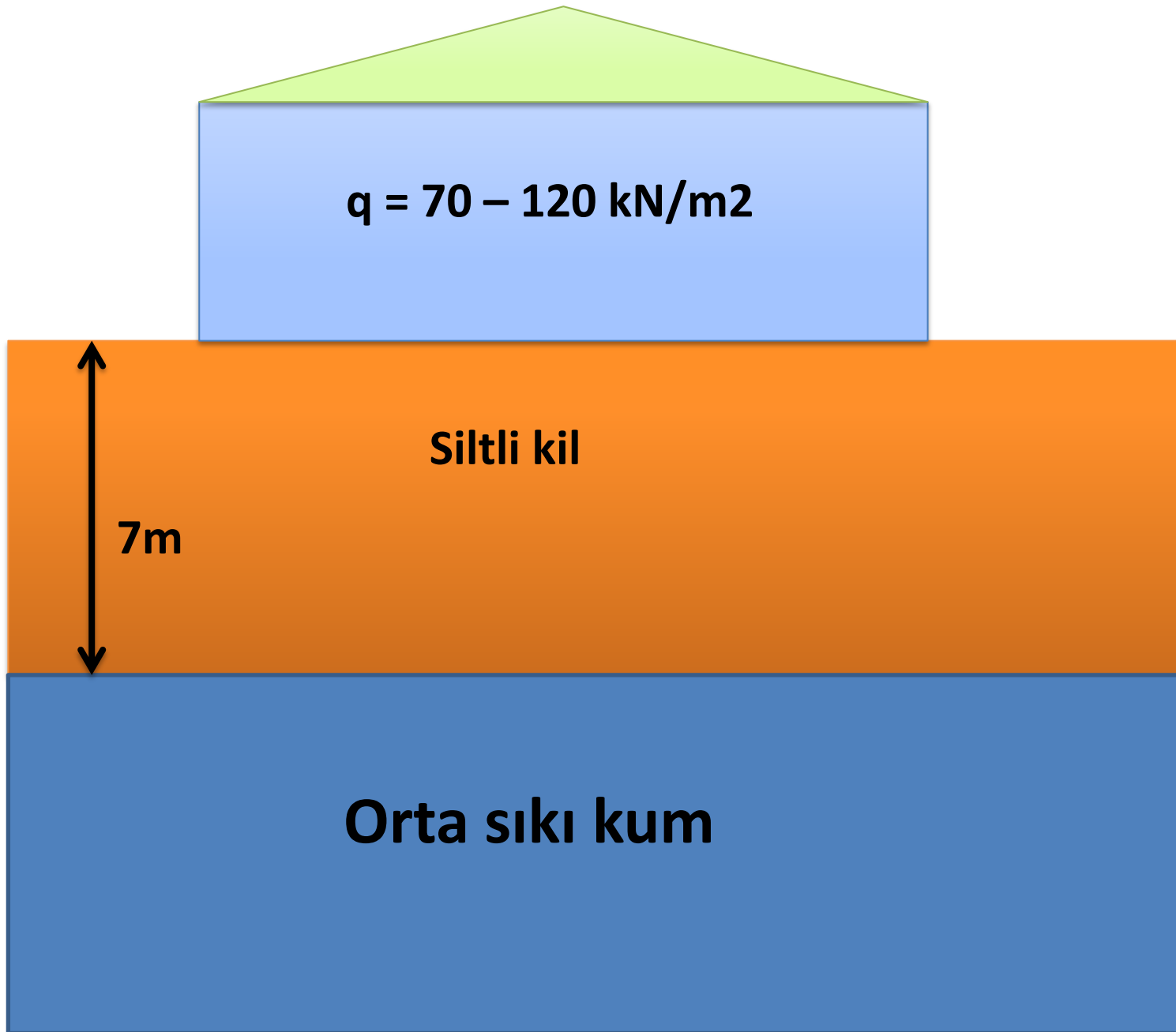


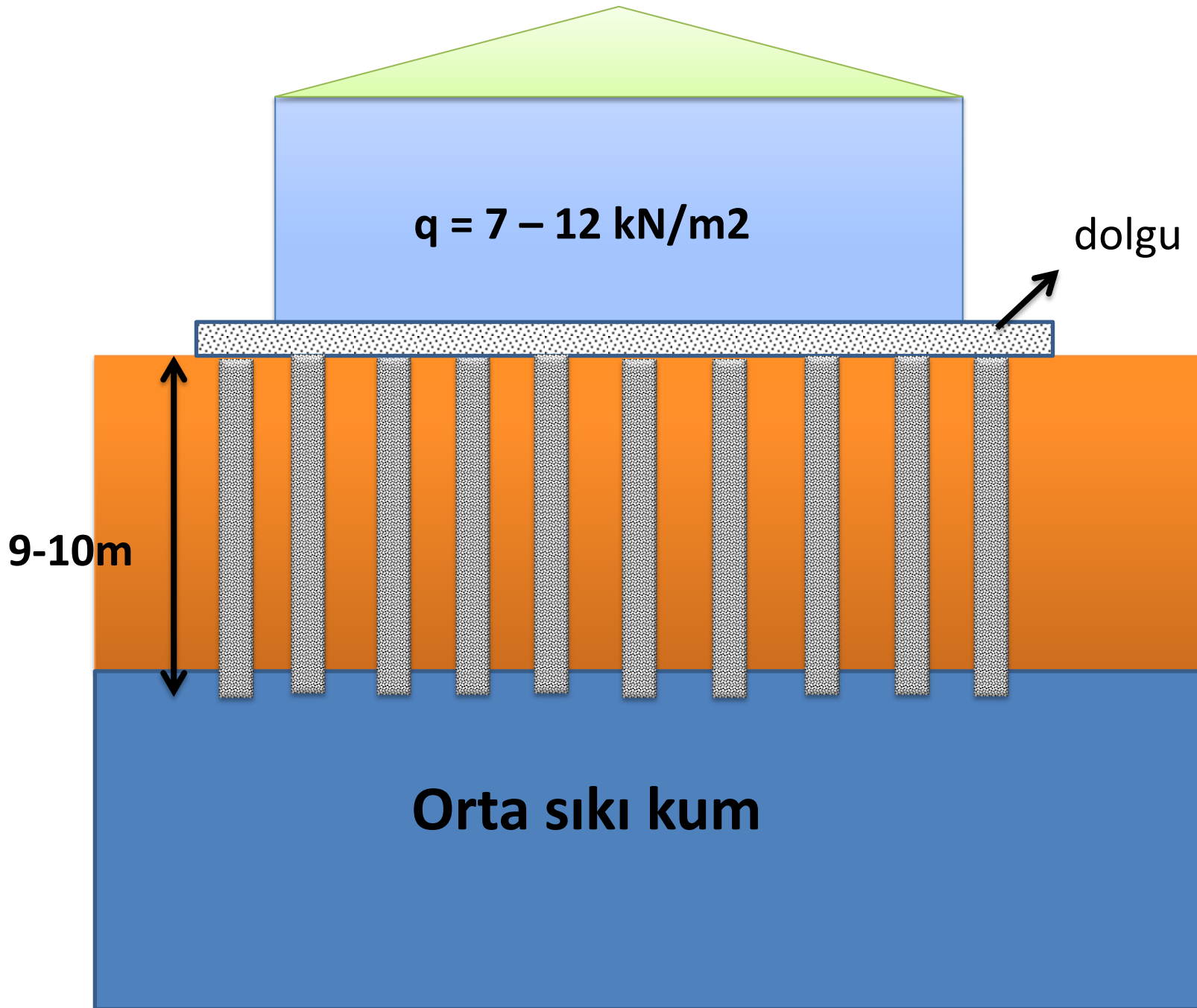


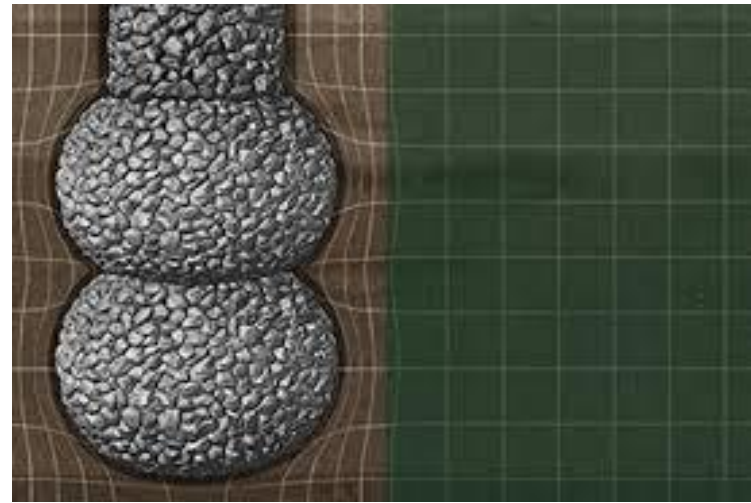
Kohezyonlu zeminlerde taş kolonlar

- Düşey dren gibi çalışır
- Konsolidasyon hızlanır,
- Taşıma kapasitesi artar,
- Taş kolon uygulaması ile ıslah edilmemiş zeminlere oranla oturmaları %50 azaltmak mümkündür.
- Killi zeminlerde taş kolonun taşıma kapasitesi 250-300 kN civarındadır









Impact System

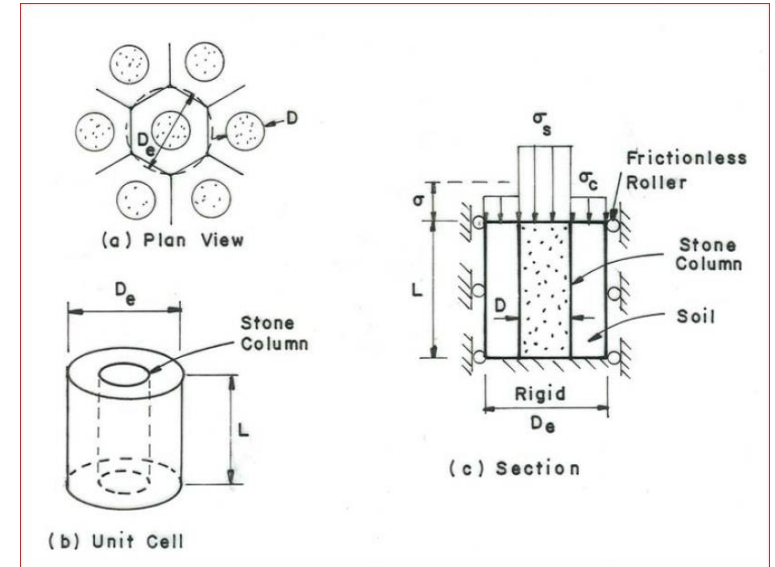
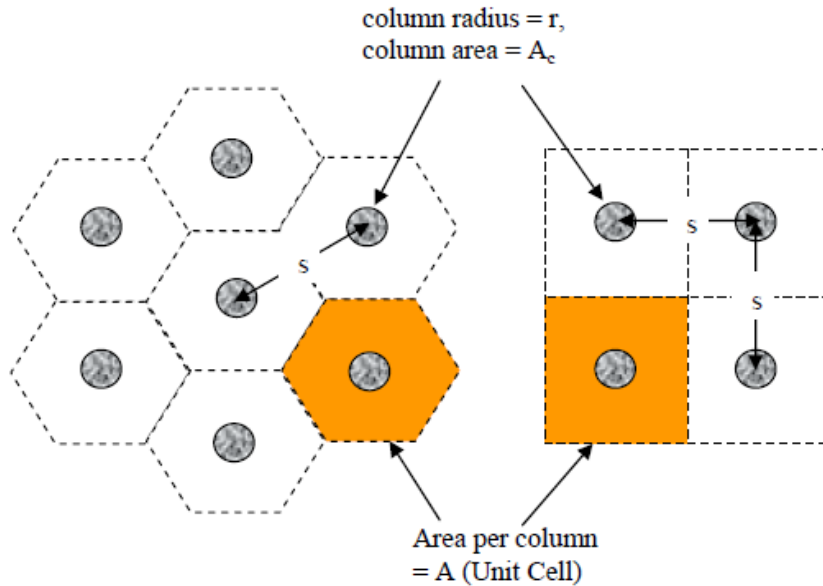


Tasarım Parametreleri

- Çap, kolon sayısı ve aralıkları
- Yükleme türü
- Zemin özellikleri
- Kolon malzemesi
- İmalat yöntemi

S: uygulama aralığı 1.5–3.0m arasında değişmektedir.

D: 0.60m-1.0m arasında değişmektedir.



Yükleme deneyi



Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- **Taş Kolon**
- **Derin Karışım**
- **Jet Grout**
- **Donatılı Zeminler**
- **Zemin Çivileri**
- **Zemin Akrajları**

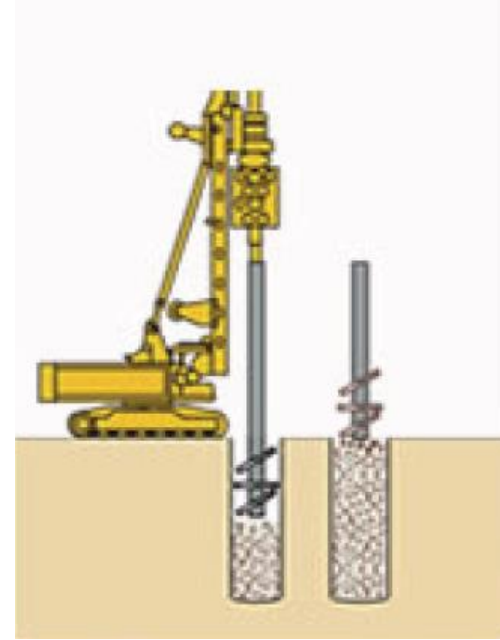
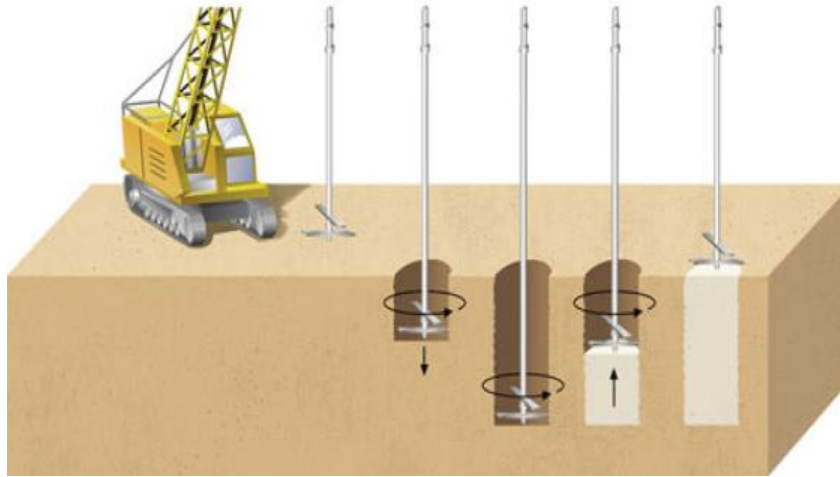
2.) Ground Improvement

- **Yüzeysel kompaksiyon**
- **Derin kompaksiyon**
- **Ön yükleme/düşey drenler**
- **Kompaksiyon enjeksiyonu**

3.) Ground Treatment

- **Zemin-Çimento enjeksiyonu**
- **Kireçle stabilizasyon**
- **Bitümlerle Stabilizasyon**
- **Uçucu kül**

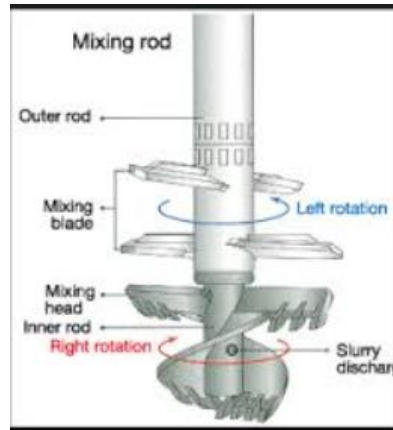
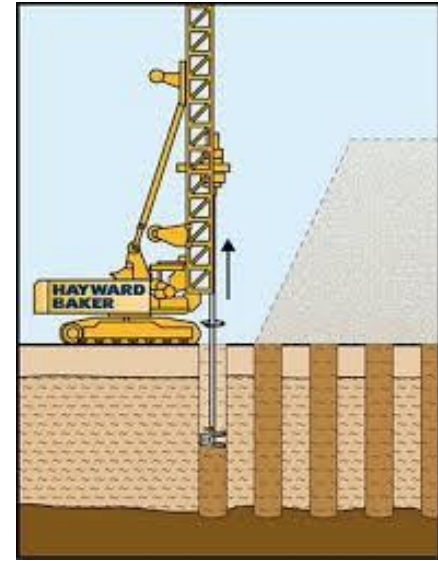
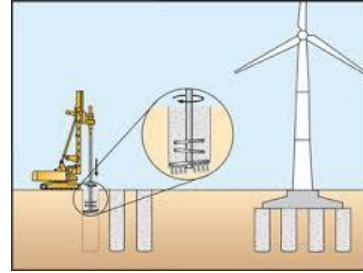
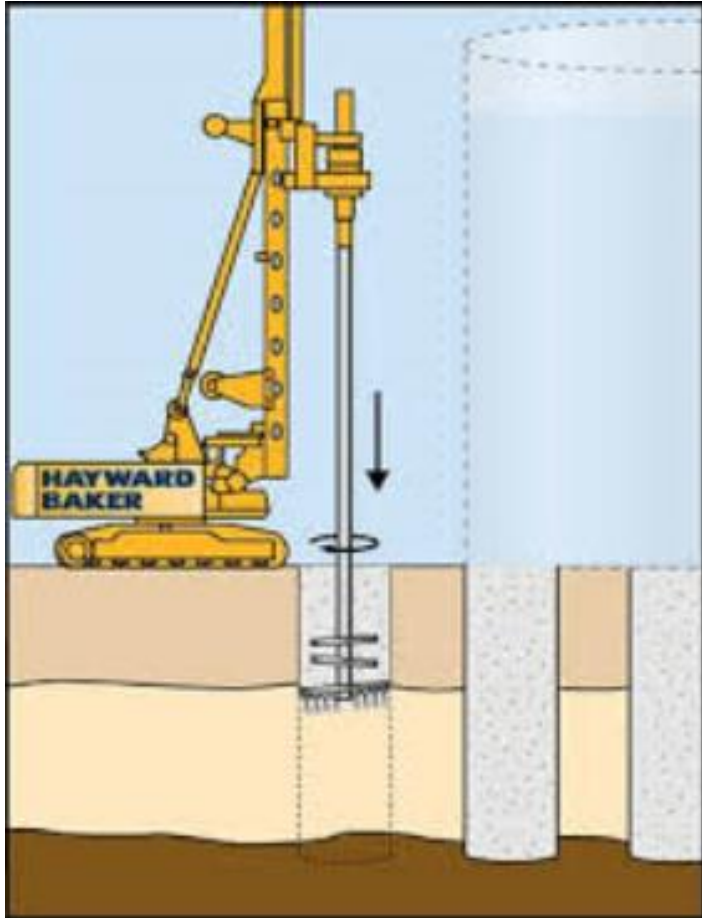
DERİN KARIŐTIRMA (DEEP MIXING) YÖNTEMİ



DERİN KARIŐTIRMA YÖNTEMİ

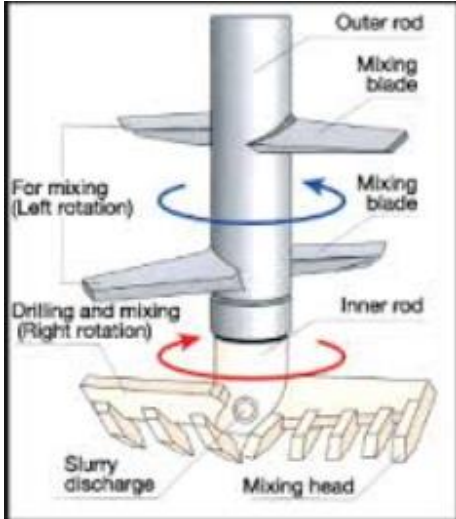
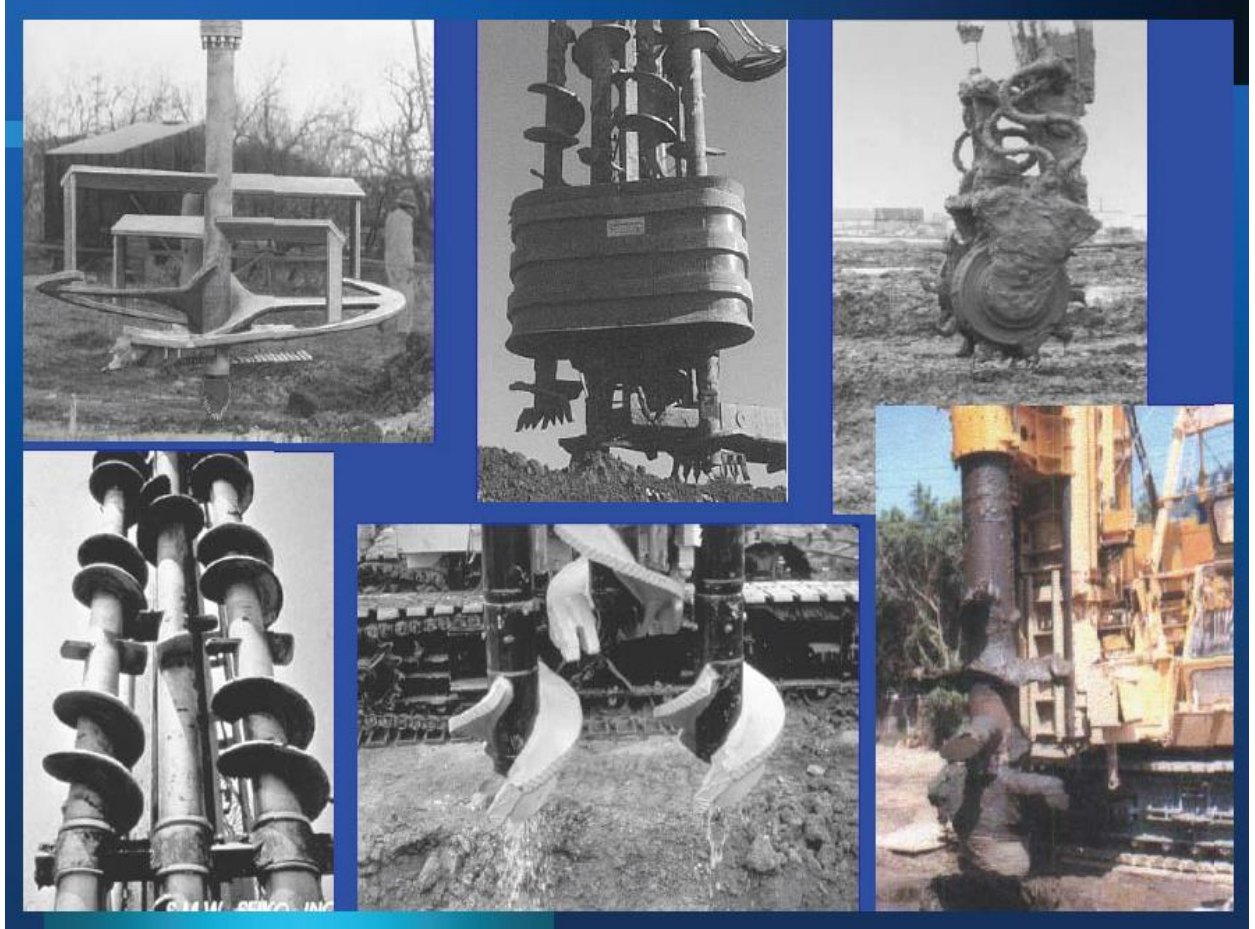
- Derin karıőtırma, zeminin çimentolu kireçli maddeler kullanılarak yerinde karıőtırılmasıdır.
- Özel karıőtırma aletleri kullanılarak, yumuşak killi zeminlerin yerinde kireç veya imento Şerbeti ile karıőtırılması sonucu rijit kolonlar oluşturulur.
- Çimento, uçucu kİL, yŐksek fırın cŐrufu, kireç, çeşitli katkılar veya bunların kombinasyonları bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır.





Uygulama

Yöntemde, ucunda palet bulunan içi boş özel burgular (auger) kullanılır.

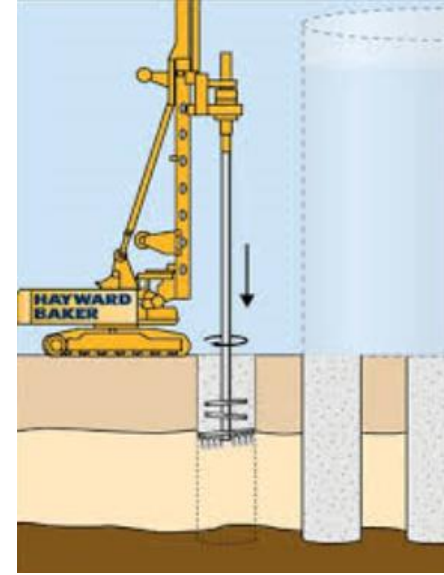


Uygulama Alanları

- Kazı çukurlarının desteklenmesi
- Geçirimsizlik perdeleri
- Rıhtım yapıları
- Tünel zeminin desteklenmesi
- Temel takviyesi
- Sıvılaşmanın önlenmesi

Hangi zeminlerde uygulanabilir?

- Gevşek kumlar, yumuşak killer
- Uygulama derinliği ~30m
- İyileştirilmiş zeminde $q_u = 70 \text{ kPa} - 3.5 \text{ MPa}$



AVRUPADA İMAL EDİLEN SİSTEMLERDEN BAZI ÖRNEKLER



Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- **Taş Kolon**
- **Derin Karışım**
- **Jet Grout**
- **Donatılı Zeminler**
- **Zemin Çivileri**
- **Zemin Ankrajları**

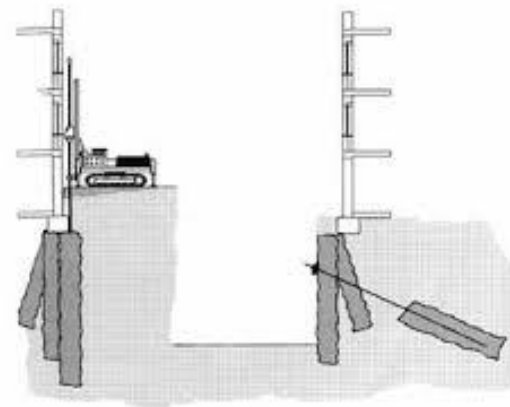
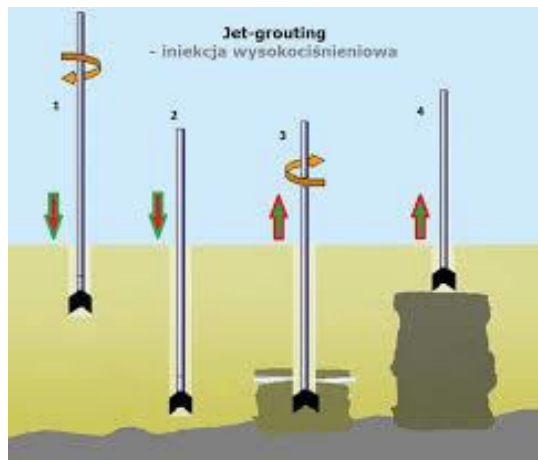
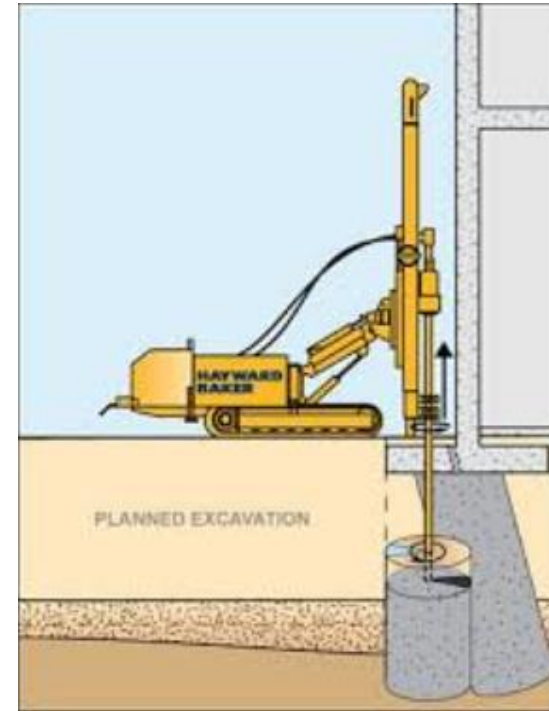
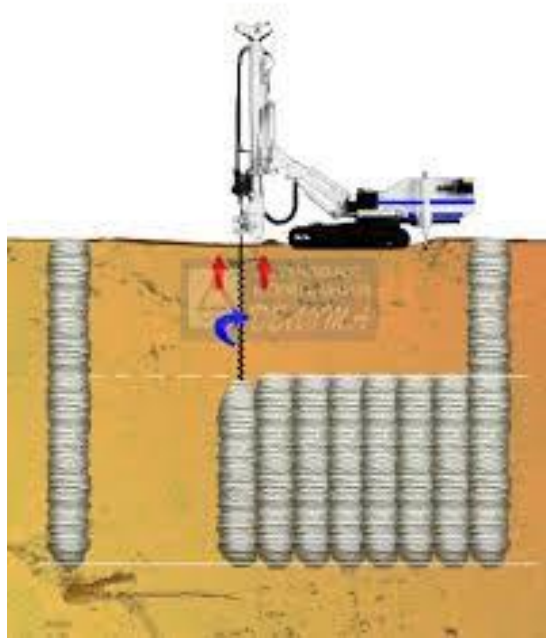
2.) Ground Improvement

- **Yüzeysel kompaksiyon**
- **Derin kompaksiyon**
- **Ön yükleme/düşey drenler**
- **Kompaksiyon enjeksiyonu**

3.) Ground Treatment

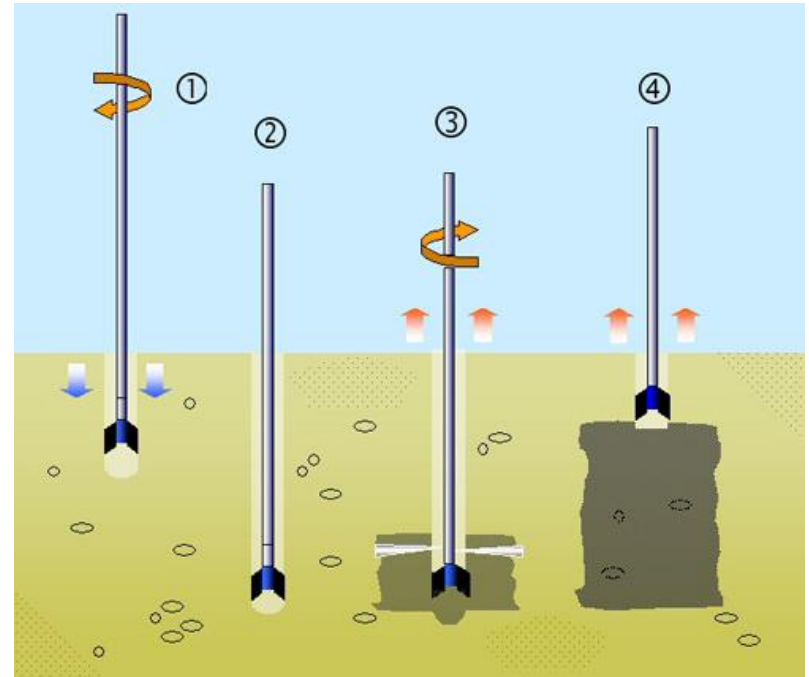
- **Zemin-Çimento enjeksiyonu**
- **Kireçle stabilizasyon**
- **Bitümlerle Stabilizasyon**
- **Uçucu kül**

JET-GROUT YÖNTEMİ



Jet grout = jet enjeksiyon

- Yüksek basınç altında (700 kg/cm^2) çok küçük kuyulardan pompalanan çimento şerbeti zemini bıçak gibi keserek zemin içerisinde silindirik kolonlar oluşturmaktadır.
- Kazığa benzeyen bu kolonlar zeminin taşıma kapasitesini artırmakta ve sıkışabilirliğini azaltmaktadır.
- Birbirleri ile kesiştirildiğinde sızdırmazlık perdeleri oluşturulabilmektedir.



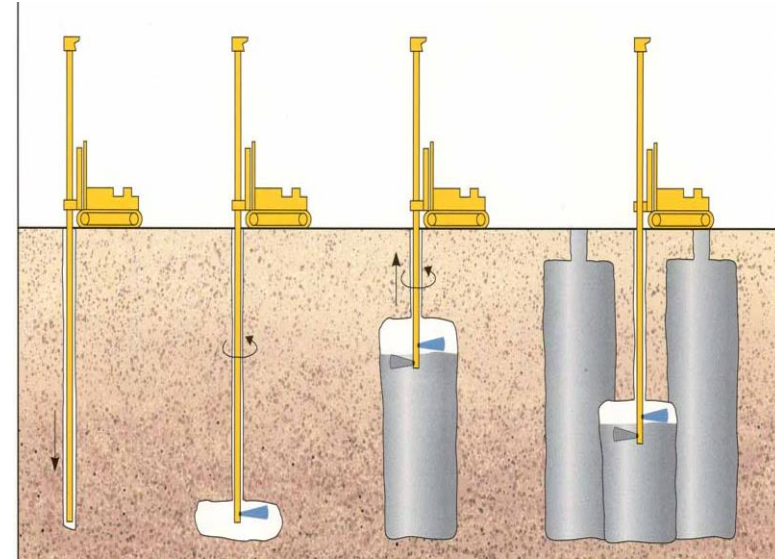
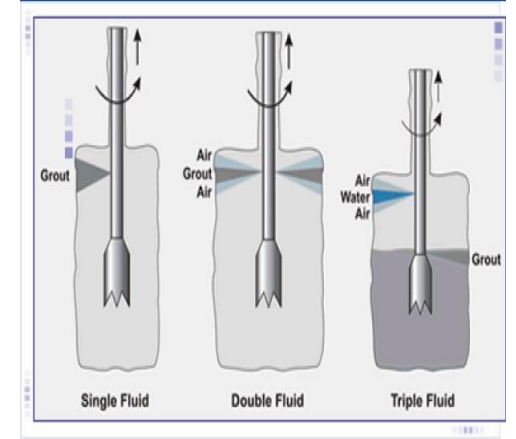
UYGULAMA

Delme Aşaması:

- Öngörülen derinliğe kadar özel delgi makinaları (genelde rotary usulü ile kuyu açılır.

Enjeksiyon (püskürtme) aşaması:

- Delgi tijinin ucundaki delikler otomatik valflarla kapatılır
- Monitör denilen özel parçaya yatay olarak tespit edilen püskürtme nozullarından genellikle 400-600 bar basınçla jetleme enjeksiyonu yapılır.
- 1.5 veya 4.0mm çaplı nozul veya nozullardan 250 m/sn gibi büyük bir hızla çıkan enjeksiyon malzemesi, taşıdığı büyük kinetik enerji ile çevresindeki zemini yırtarak karıştırır.

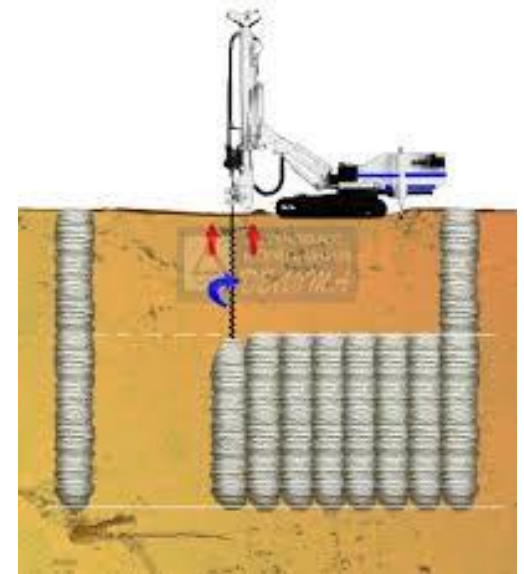
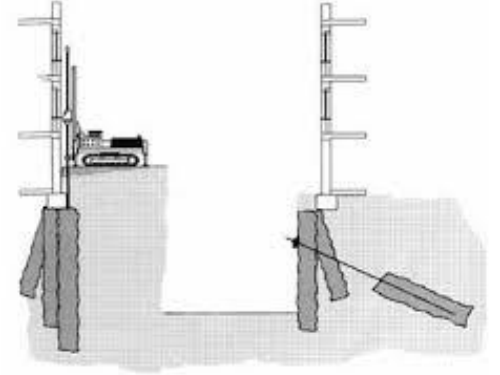


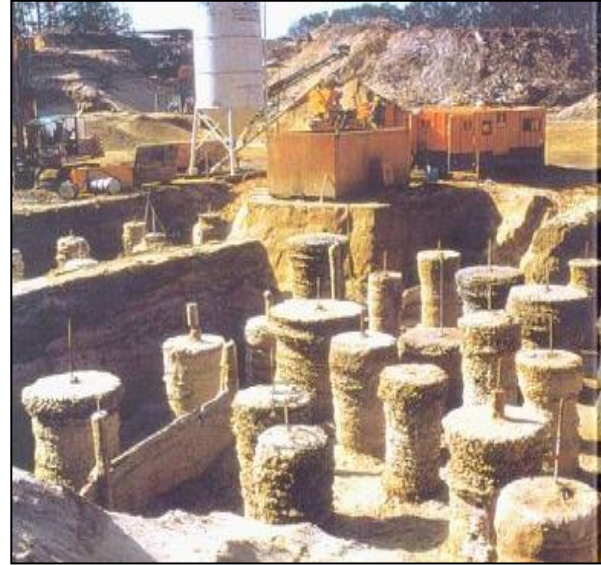
Niçin jet-grout yöntemi?

- Çok farklı zemin koşullarında uygulanabilmesi
- Çok geniş uygulama alanı
- Büyük bir tasarım serbesti
- İstenilen çap ve boyda ve istenilen mukavemette kolonlar imal edilebilmesi
- Kontrol imkanı

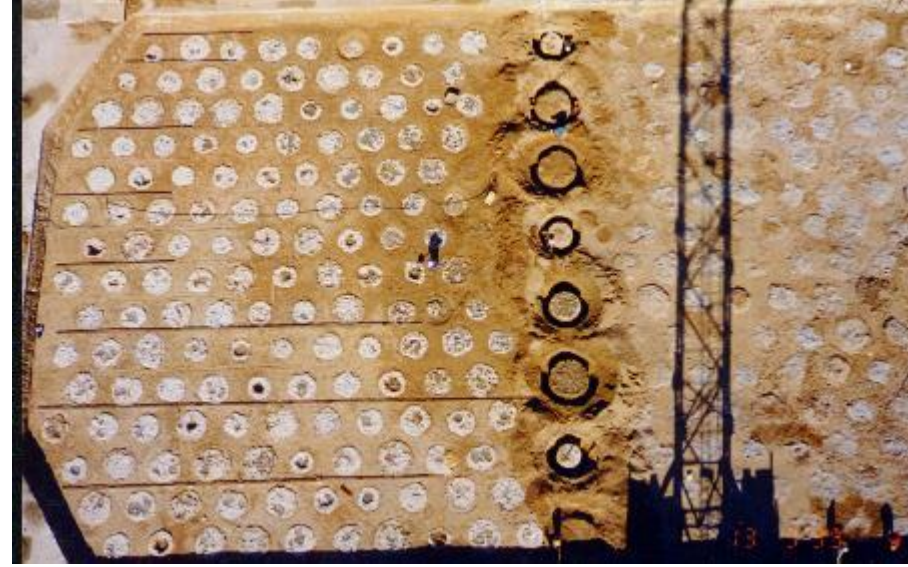
Uygulamadan önce,

- Gerekli malzemenin miktarı
- Zeminin taşıma kapasitesi
- Zemin parametrelerinin önceden bilinmesi
- İşin başında maliyetin belirlenebilmesi



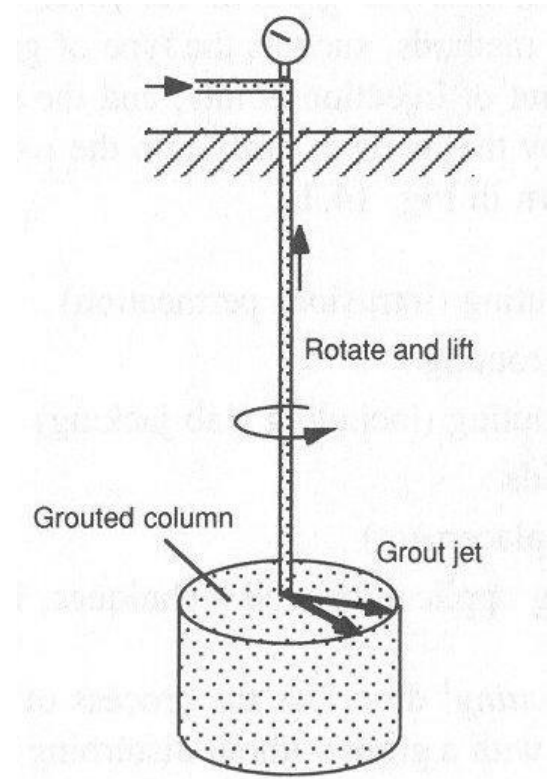


İmalat sonunda temel zemini



TASARIM PARAMETRELERİ

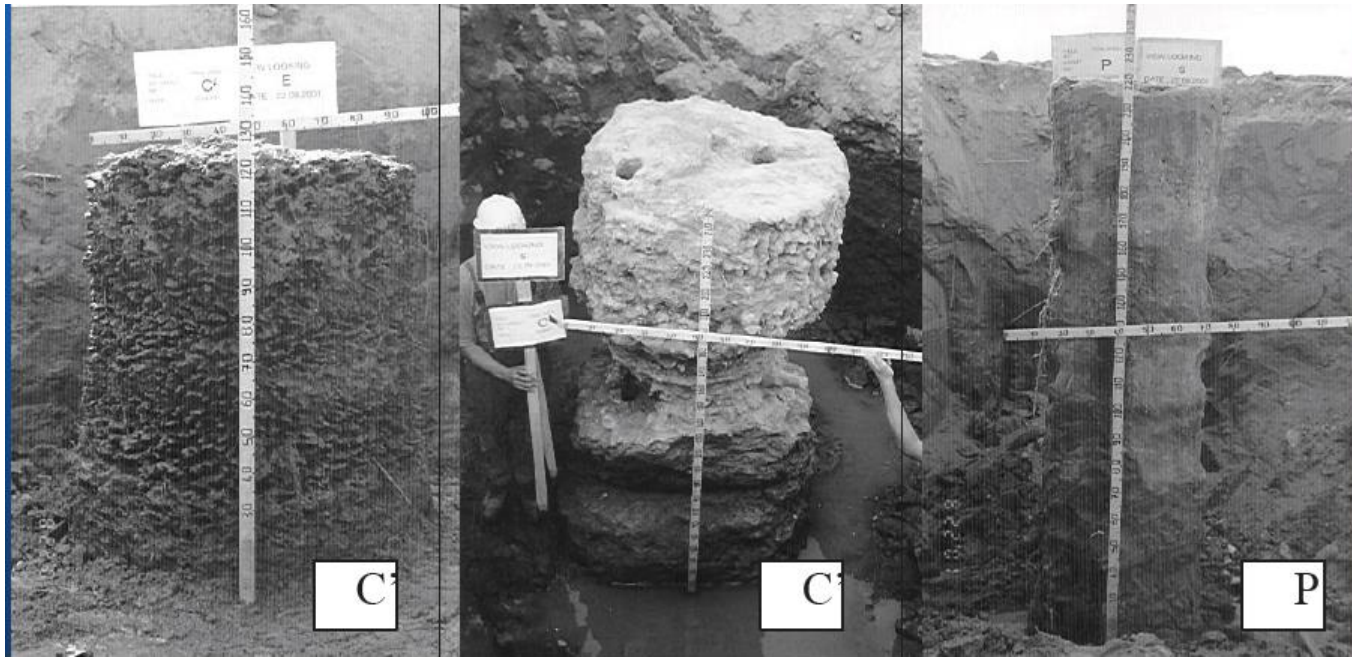
- Jet-grout tasarımı ve uygulamasında en önemli unsurlar enjeksiyonun özellikleri ve çalışma parametreleridir.
- **Çalışma parametrelerinin seçimi;**
 - zemin şartları,
 - kolon çapı,
 - istenilen taşıma gücü değeri
- **Uygulanacak yöntem belirlenir. Bunlar;**
 - Basınç,
 - Dane yapısı,
 - Dönme ve çekme hızı,
 - Dozaj,
 - Püskürtme nozulları



JET-GROUT YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

- Yaklaşık her türlü zeminlerde uygulanabilir
- Hafif ve küçük ekipmanla gerçekleştirilebilir,
- Çimento ve su karışımı kullanıldığı için kimyevi enjeksiyonlar gibi çevre kirlenmesi yapmaz,
- Önceden belirlenebilecek geometrik ölçüler çerçevesinde uygulanacağından malzeme sarfiyatı büyük yaklaşımla önceden hesaplanabilir.
- Delinen küçük çaplı (10 cm) delgi deliğinden başlayarak geniş çaplı (50-300 cm) kolonlar elde etmek mümkündür.
- İstenilen derinlikten başlatılıp zemin yüzeyi altında istenilen derinlikte bitirilebilir.
- İstenilen mukavemet ve permabilite tasarlanabilir.
- Zararlı vibrasyon etkisi yaratmadığından hassas ve tarihi yapılar yakında uygulanabilir.

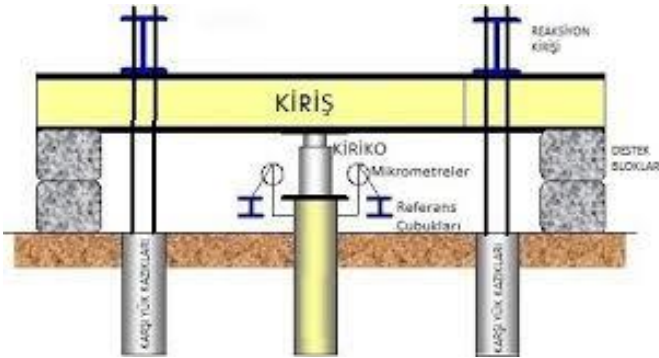
Kalite kontrol





Jet Kolonun taşıma gücü

- Kolonların imalatından sonra Jet-grout kolonlarında **yükleme deneyi** yapılarak beklenen taşıma kapasitesini sağlayıp sağlamadığı belirlenmelidir.



Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- **Taş Kolon**
- **Derin Karışım**
- **Jet Grout**
- **Donatılı Zeminler**
- **Zemin Çivileri**
- **Zemin Ankrajları**

2.) Ground Improvement

- **Yüzeysel kompaksiyon**
- **Derin kompaksiyon**
- **Ön yükleme/düşey drenler**
- **Kompaksiyon enjeksiyonu**

3.) Ground Treatment

- **Zemin-Çimento enjeksiyonu**
- **Kireçle stabilizasyon**
- **Bitümlerle Stabilizasyon**
- **Uçucu kül**

ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

DONATILI ZEMİN YÖNTEMİ VE GEOSENTETİKLER

Geosentetikler

- Son yıllarda İnşaat mühendisliğinde hemen hemen her alanda kullanımı çok artmıştır.
- Geoteknik mühendisliğinde devrim
- Ülkemizde kullanımı yaygın değildir.

Geosentetikler

Geo = zeminle ilgili işlerde kullanıldığı için
Sentetik = kullanılan malzeme sentetik

Niye Sentetik ?

- Ucuz
- İstenilen her türlü özellik verilebilir.
- Çevre şartlarına dayanıklıdır.



GEOGRİDLER

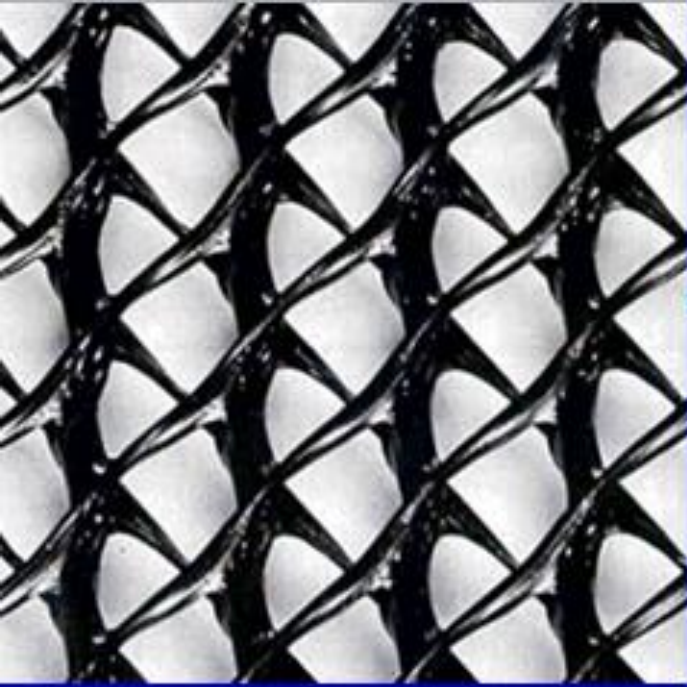
GEOMEMBRAN



GEOSEL



GEOKOMPOZİT



Donatılı Zemin Yönteminin Üstünlükleri

- **Hızlı**
- **Kolay**
- **Ekonomik**
- **Efektif**

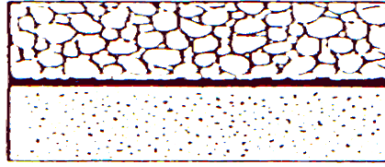
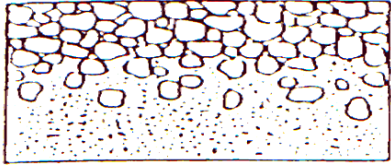
Geosentetik malzemenin üstünlükleri

- Donatı-zemin sürtünmesi daha yüksek
- Daha efektif
- Çevre koşullarına daha dayanıklı
- Çekme mukavemeti yüksek
- Elastisite modülü yüksek
- Sıyırılma direnci yüksek
- Sünme(creep) daha küçük

Geosentetiklerin fonksiyonları;

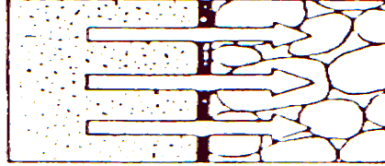
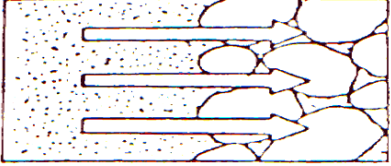
1. Ayırma/separasyon
2. Filtrasyon
3. Drenaj
4. Güçlendirme/sağlamlaştırma
5. Su yalıtımı
6. Şev koruma, erozyon önleme

③ SEPARATION



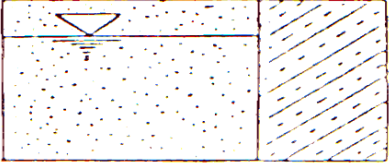
AYIRMA

④ FILTRATION



FİLTASYON

⑤ DRAINAGE



DRENAJ

⑥ REINFORCEMENT



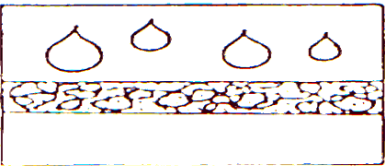
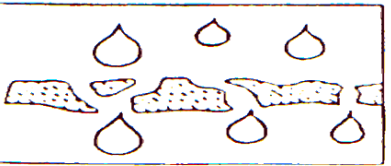
GÜÇLENDİRME

⑦ PROTECTION



KORUMA

⑧ SEALING

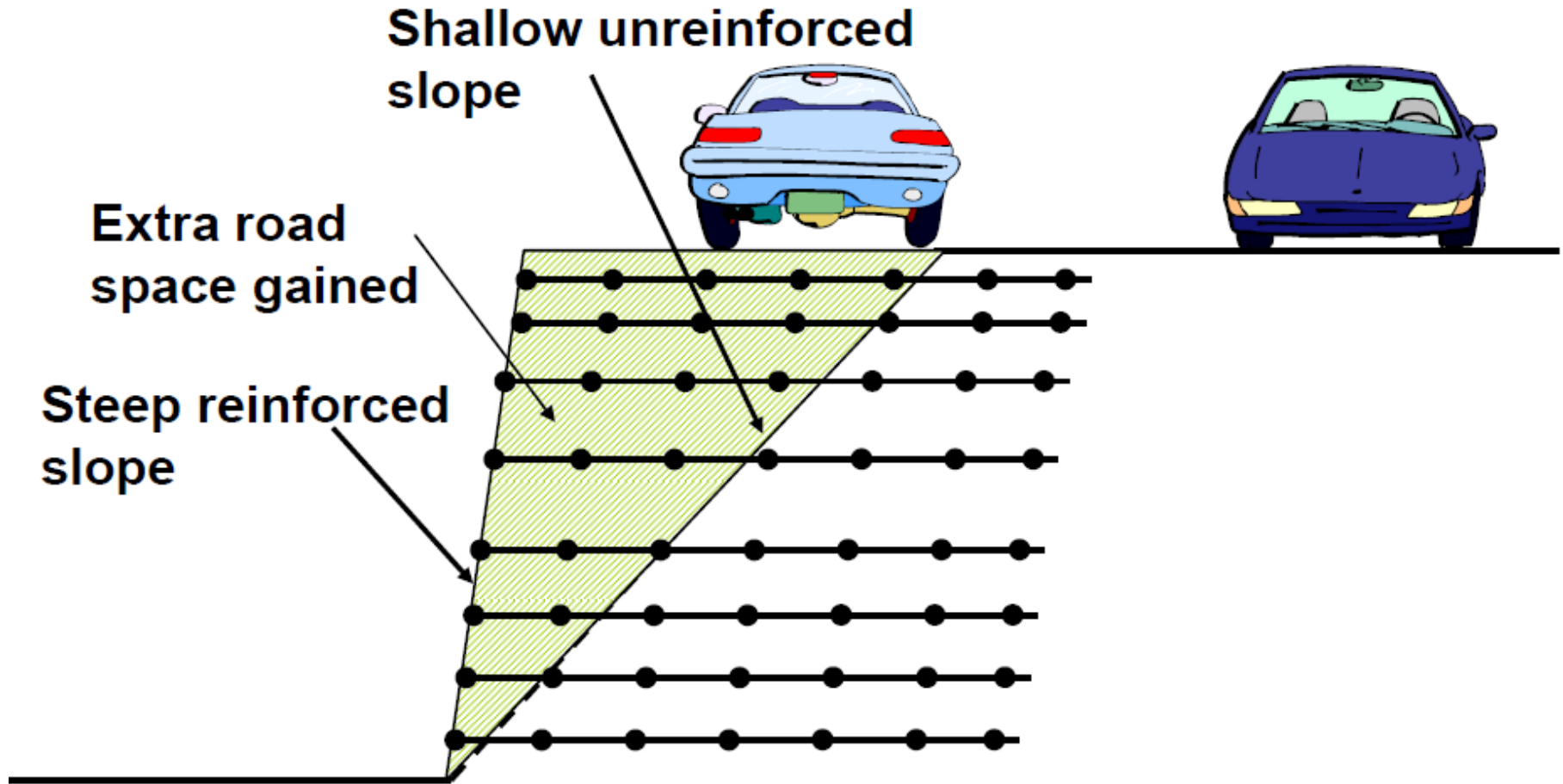


YALITIM

Donatı ile Zeminlerin Güçlendirilmesi

- **Donatılı zemin** = Zeminlerin metal veya geosentetik türü malzemeler kullanılarak mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi
- Zemin içerisine çekmeye dayanıklı lif, çubuk, şerit, levha veya **sentetik donatı** elemanı yerleştirerek elde edilen kompozit bir malzeme olarak da tanımlanabilir.

Güçlendirme amaçlı geogrid kullanımı

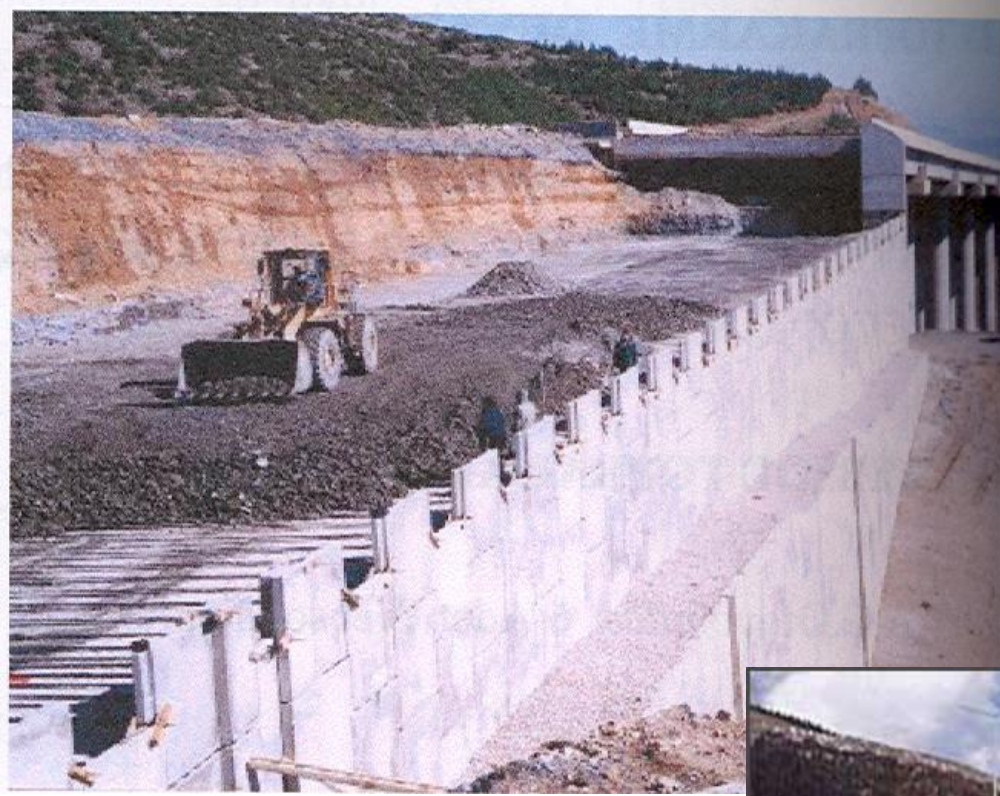




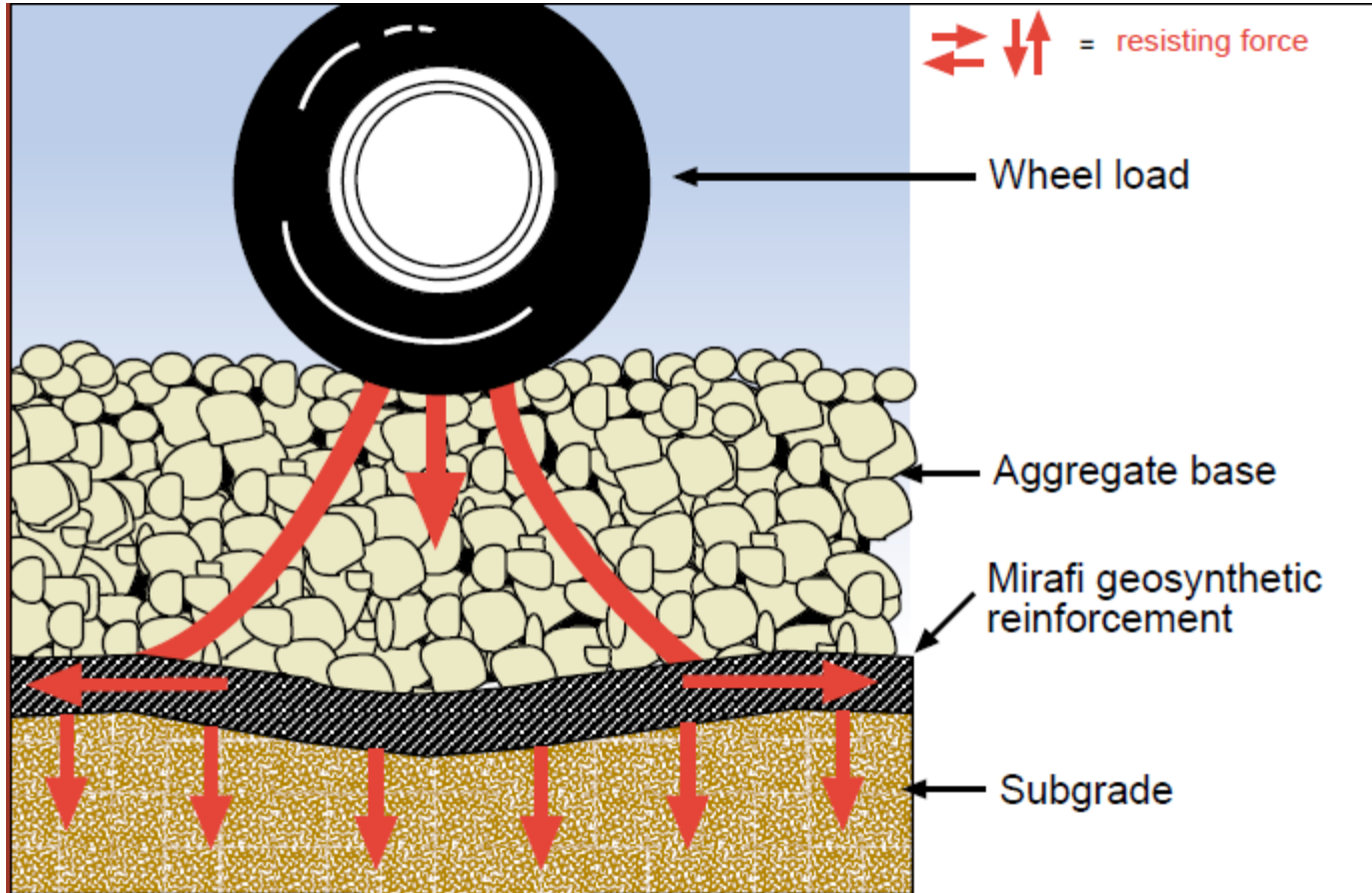
TAG OTOYOLU

**POLİMER ŞERİTLİ DONATILI
DUVAR UYGULAMALARI**

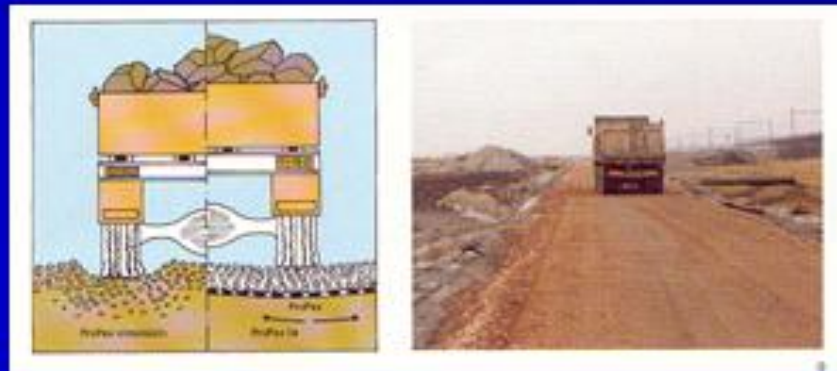
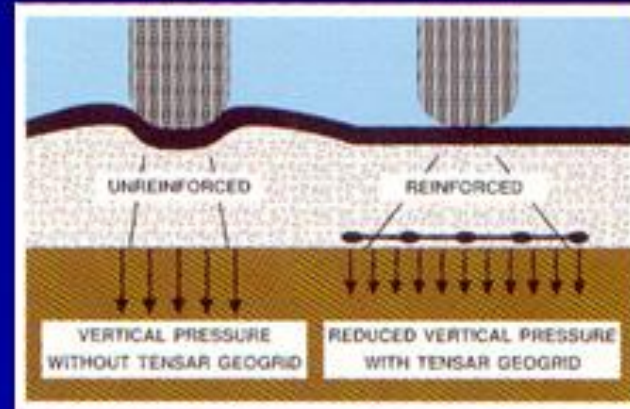
Maksimum Yükseklik:29 m



Güçlendirme ve ayırma



Yol inşaatında güçlendirme



Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- Taş Kolon
- Derin Karışım
- Jet Grout
- Donatılı Zeminler
- Zemin Ankrajları
- Zemin Çivileri

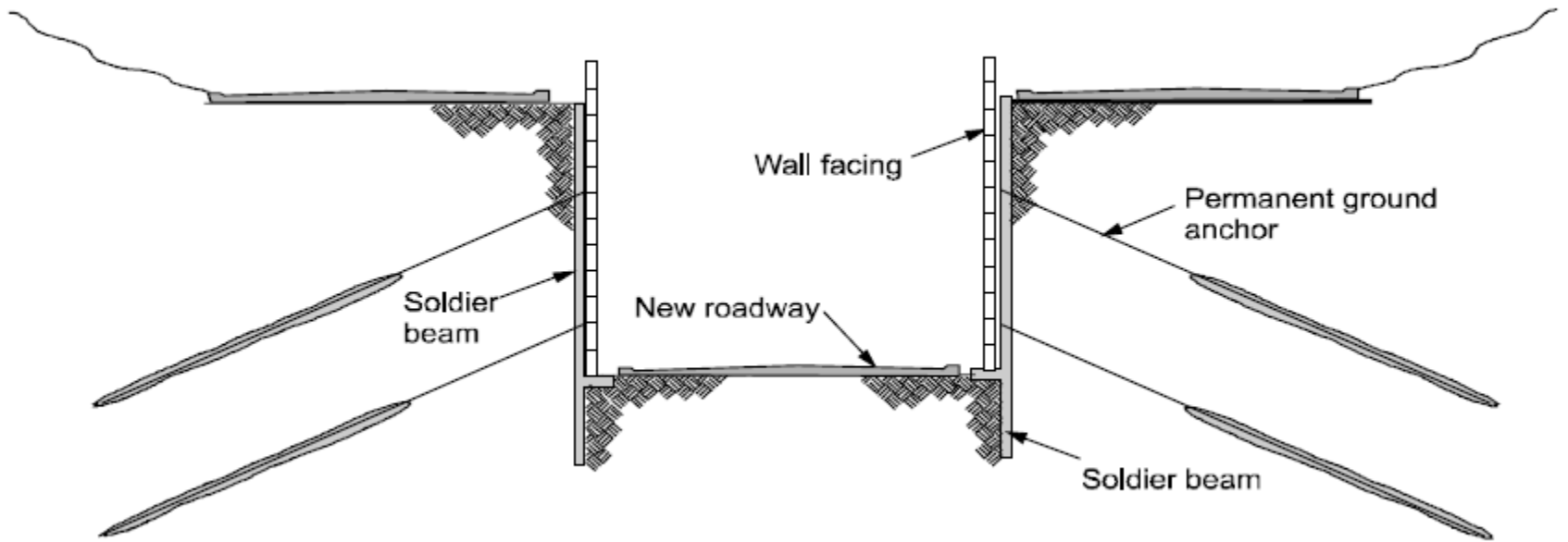
2.) Ground Improvement

- Yüzeysel kompaksiyon
- Derin kompaksiyon
- Ön yükleme/düşey drenler
- Kompaksiyon enjeksiyonu

3.) Ground Treatment

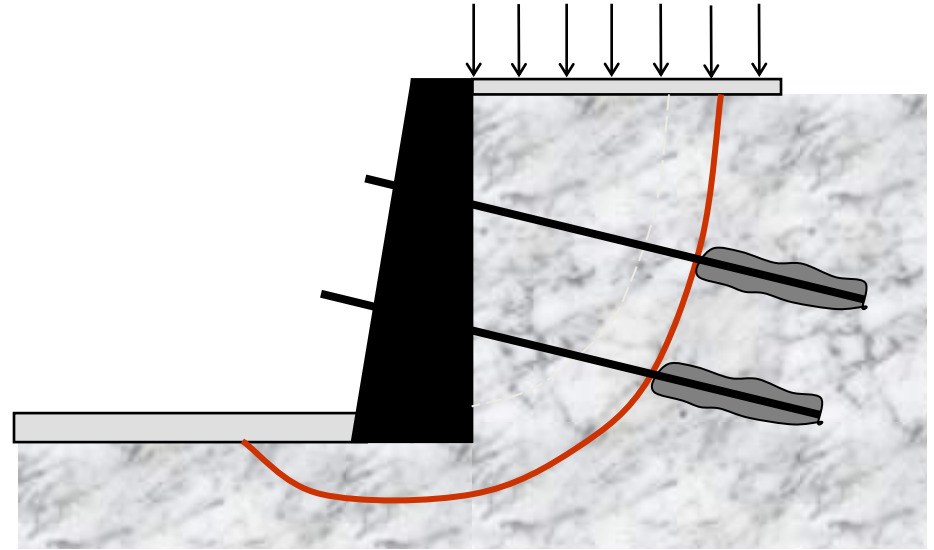
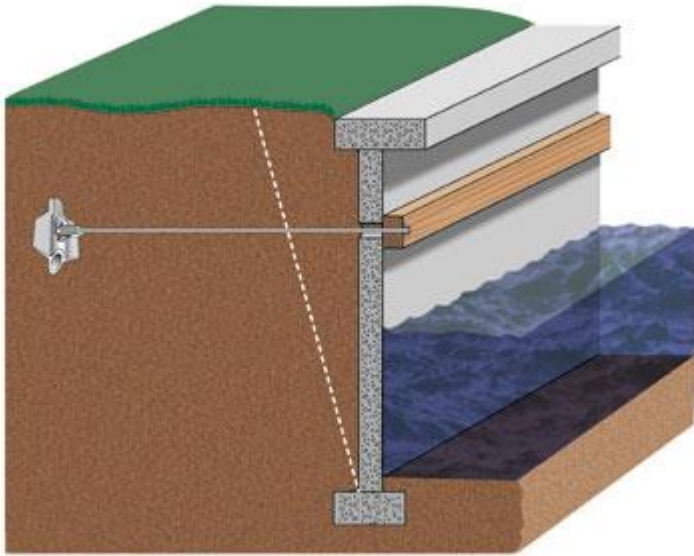
- Zemin-Çimento enjeksiyonu
- Kireçle stabilizasyon
- Bitümlü Stabilizasyon
- Uçucu kül

ZEMİN ANKRAJLARI

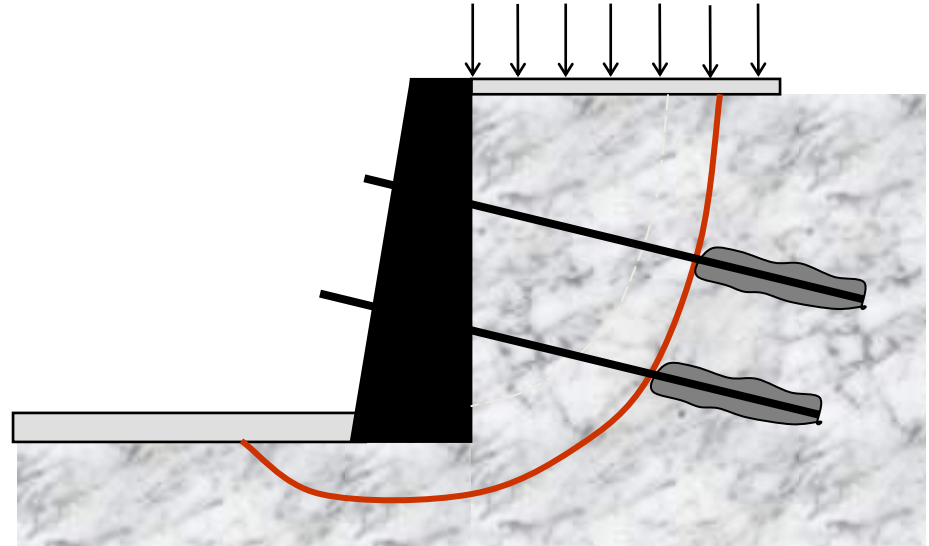


Ankraj nedir?

Zemin veya kaya içine yerleştirildikten sonra çimento enjeksiyonu ve daha sonra ön germeye tabi tutulan donatıların çekme gerilmelerini zemine veya kayaya ileterek stabilitelerinin arttırılması işlemine ankraj denir.



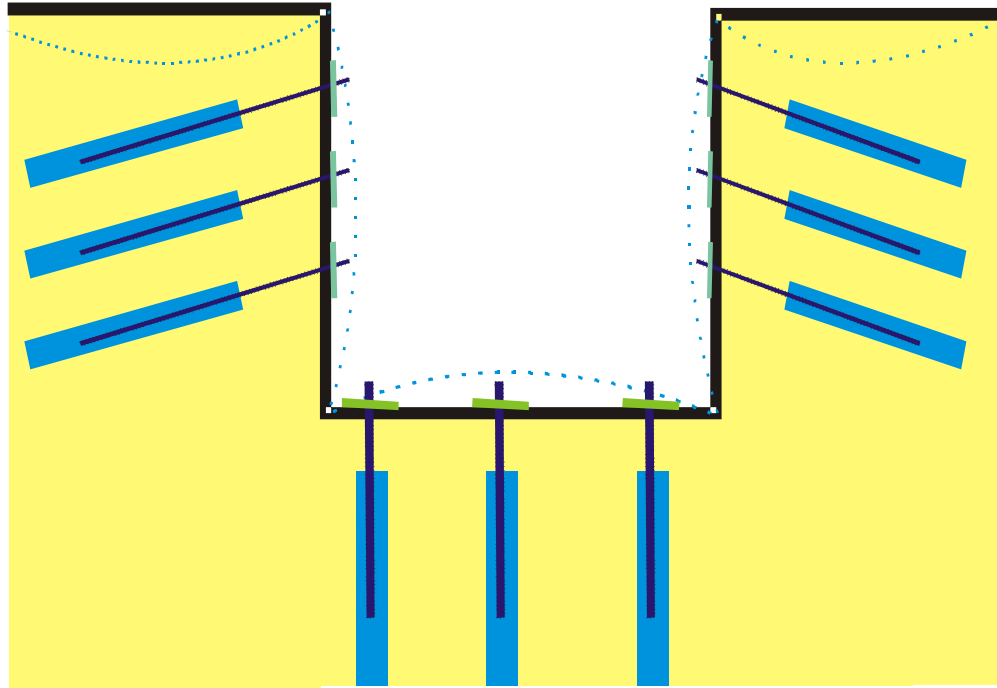
- Ankraj esas olarak üç kısımdan meydana gelmiş bir gergi çubuğu veya telidir.
- Birinci kısım (kök), ankraj çubuğunu zemine tespit eden, çevresine çimento enjeksiyonu yapılmış kafa kısmıdır.
- İkinci kısım (kafa), ankrajın dışardaki ucudur. Ankraj kuvvetini satha yayan bir başlık ihtiva eder.
- Üçüncü kısım (gövde), Ankraj çubuğunun bu iki kısım arasında kalan boyu ise, genellikle yalnız kuvveti iletmeye yarar.



Devrilme veya Dönmeye Karşı Yapıların Emniyete Alınmasında



Kaldırma ve Kabarma Kuvvetlerine Karşı Koyabilmek İçin



Zemin İyileştirme Yöntemleri

1.) Ground Reinforcement

- **Taş Kolon**
- **Derin Karışım**
- **Jet Grout**
- **Donatılı Zeminler**
- **Zemin Ankrajları**
- **Zemin Çivileri**

2.) Ground Improvement

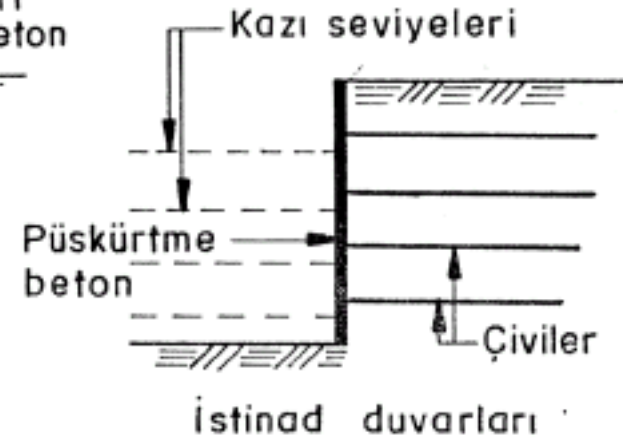
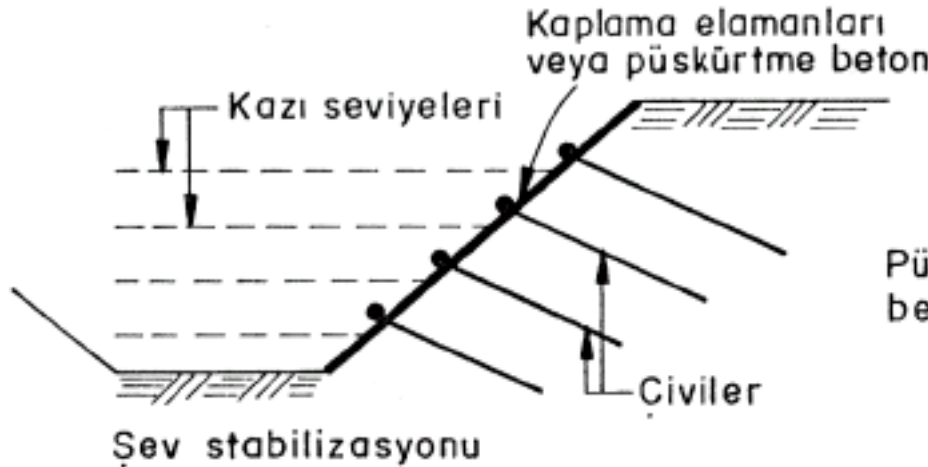
- **Yüzeysel kompaksiyon**
- **Derin kompaksiyon**
- **Ön yükleme/düşey drenler**
- **Kompaksiyon enjeksiyonu**

3.) Ground Treatment

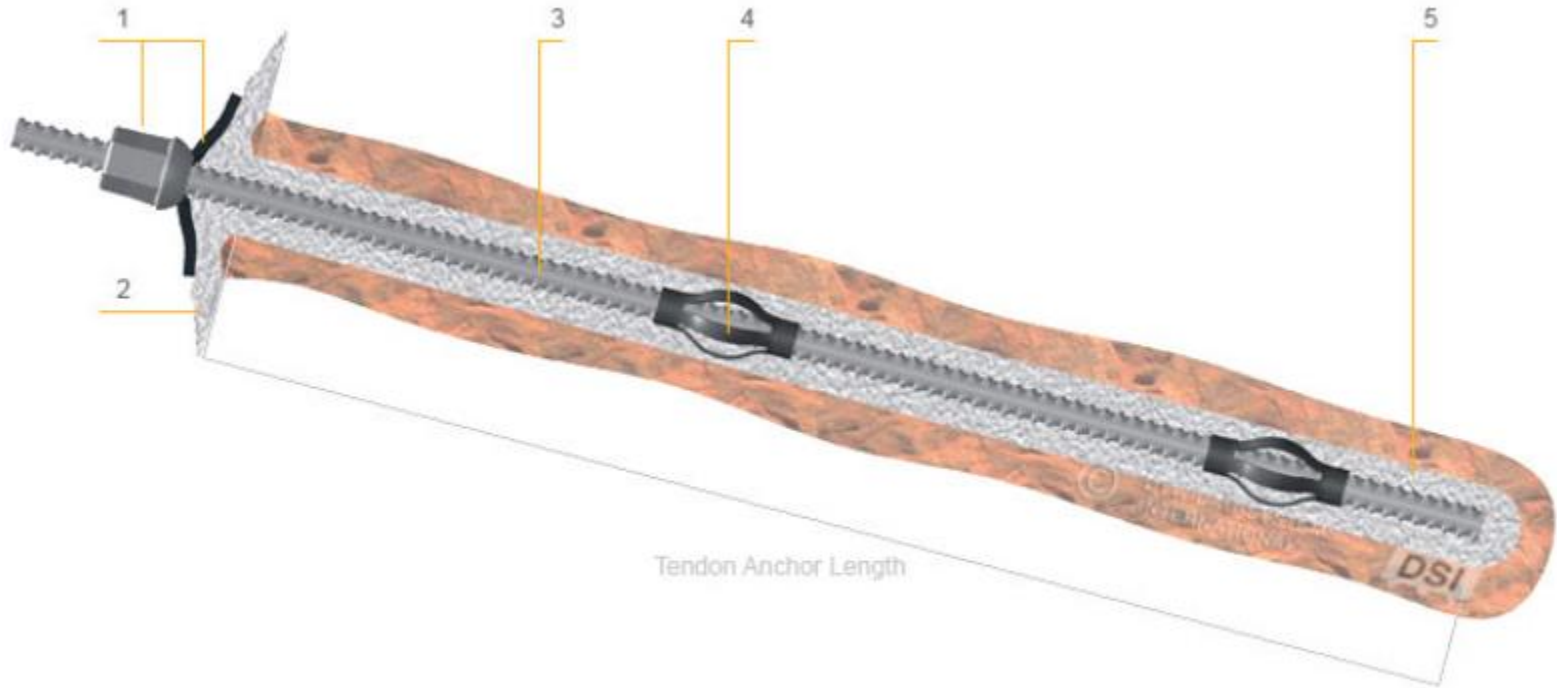
- **Zemin-Çimento enjeksiyonu**
- **Kireçle stabilizasyon**
- **Bitümlerle Stabilizasyon**
- **Uçucu kül**

Zemin Çivileri

- Düşey yük taşımaktan ziyade yanal hareketlerin hapsedilmesi prensibine dayanmaktadır.
- Kazı kenarları, istinad duvarları ve şevlerin stabilizasyonunda yatay veya yataya yakın konumda yerleştirilir.
- İç ve dış stabilite tahkikleri yapılmalıdır. Yeterli sıklıkta yerleştirilmelidir
- Tasarım yöntemi henüz gelişme aşamasındadır. Genellikle, 2 çivi/m² ile 1 çivi/5m² arasında uygulanır.



Zemin çivisi

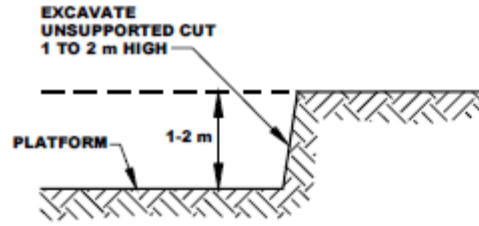


- 1 - Nail Head
- 2 - Face
- 3 - Tendon

- 4 - Spacer
- 5 - Cement Mortar

Uygulama:

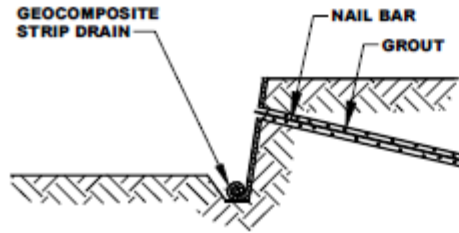
Önce delme işlemi yapılır, donatı yerleştirilir ve basınçsız bir şekilde çimento şerbeti ile doldurulur.



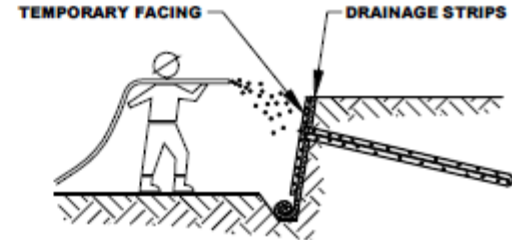
STEP 1. EXCAVATE SMALL CUT



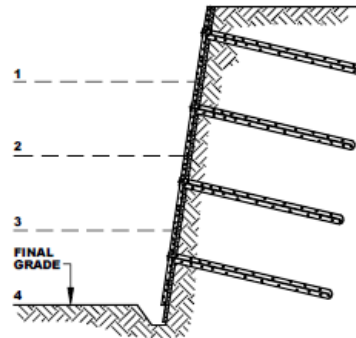
STEP 2. DRILL NAIL HOLE



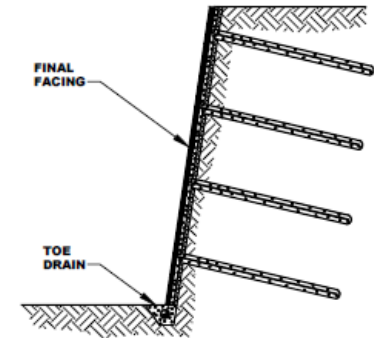
STEP 3. INSTALL AND GROUT NAIL
(INCLUDES STRIP DRAIN INSTALLATION)



STEP 4. PLACE TEMPORARY FACING
(INCLUDES SHOTCRETE,
REINFORCEMENT,
BEARING PLATE, HEX NUT, AND
WASHERS INSTALLATION)



STEP 5. CONSTRUCTION OF
SUBSEQUENT LEVELS



STEP 6. PLACE FINAL FACING
ON PERMANENT WALLS
(INCLUDES BUILDING
OF TOE DRAIN)









