

JFM319 Mühendislik Jeolojisi

Temel ve Yol Projelerinde
Mühendislik Jeolojisi

TEMEL JEOLJİSİ

Hangi tür temel olursa olsun, iş programının hazırlanmasında önce topoğrafik haritalar gereklidir.

Yapı türü ve büyüklüğüne göre 1/5.000 ile 1/500 arasında değişen ölçekte yüzey ve yeraltı jeolojisi çalışmaları yapılır.

Yapının genişliği, yüksekliği, ağırlığı, amacı, kullanılma şekli ve yapıya etkiyecek kuvvetler gözönünde bulundurularak ayrıntılı araştırmalar yapılır.

Gerekirse sondajlar yapılır, derindeki kayanın cinsi, özellikleri, yeraltısuyu durumu incelenir.

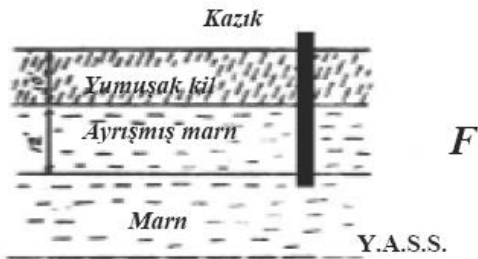
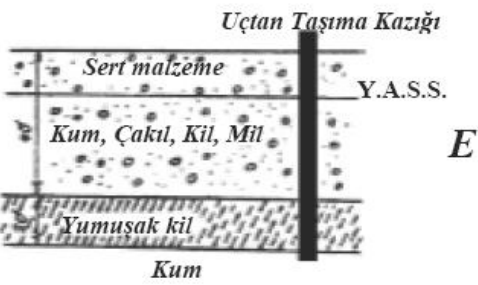
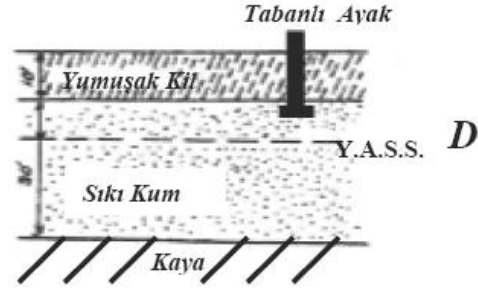
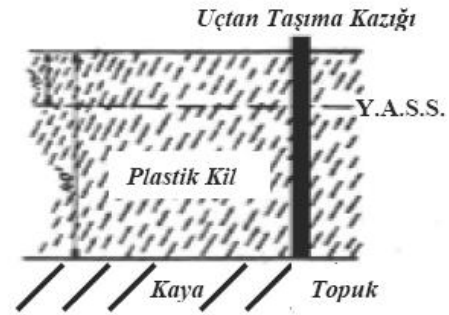
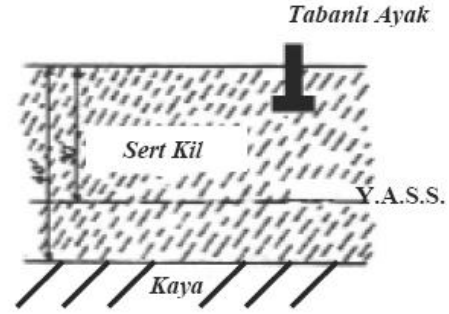
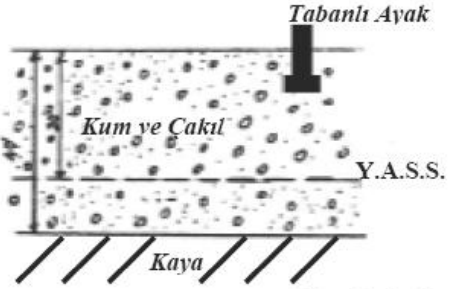
Yapının boyutlarına ve kullanılan malzemeye göre her yapının bir ağırlığı vardır. Buna yapının ölü yükü denir. Mağaza, depo, silo, okul gibi binalara sonradan ek yükler de gelir. Buna yapının canlı yükü veya hareketli, ek yükü denir. Hesaplarda canlı yük, ölü yükün yarısı kadar alınabilir. Tüm yükler duvar, kolon ve plakalarla temele düşey olarak iletilir. Bundan başka rüzgar, deprem ve çeşitli titreşimlerin meydana getirdiği yatay ve verrev kuvvetler de binalara etki yapar.

Jeolojik Faktörlerin Temel Tipi Seçimine Etkisi

- a) Temel kayaların litolojisi, cinsi, dizilişi, kesiti, kalınlıkları ve bunların değişimi
- b) Temel kayaların yapısı, süreksizlikler (kırık, çatlak, fay, dolgu malzemesi)
- c) Ayrışma derinliği ve derecesi
- d) Temel kayaların kazılabilmesi derecesi
- e) Temel kayaların suyla temasta erime ve dağılma derecesi
- f) Yeraltısu düzeyi ve drenaj olanağı
- g) Deprem durumu
- h) Temel kazı malzemesinin işe yarama durumu veya atılacak yer bulunması
Çevredeki oturuma ve kaymalar
- j) Yapılarda kullanılacak malzemenin (kil, kum, çakıl, agrega v.s.) sağlanma olanakları.

Bu bilgiler, jeolojik haritalar, kesitler, sondaj, numune alımı ve bunların laboratuvarında incelenmesiyle tamamlanır. Eğer temeller sağlam kaya üzerine oturtulabilirse sorun yok demektir.

Temel Tipinin Seçimi



A: Yapı yerinde 1 m sıkı kum ve çakıl, daha altta kaya vardır. Su tablası yüzeyden 75 cm derindedir. Kum ve çakılın içsel sürtünme açısı yüksek olduğundan makaslama yenilmesi ve bu nedenle kumun dışarı zorlanması beklenemez. Bu tür arazide oturma azdır. Büyük yapıların altında 5 cm' den azdır. **Burada betonarme ayaklar uygundur.** Ayakların tabanları don çizgisinin altında bulunmalıdır. Don geçirmeyen bölgelerde en az 5 cm derinde bulunmalıdır.

B: Kil üzerine betonarme ayak temel tipi elverişlidir.

C: Uygun olan, kayaya uçtan taşıma kazığı çakılmasıdır. Temelde su tablası alçalıp yükseliyorsa, nöbetleşe ıslak ve kuru bulunacak kazık başları çürürler. Bu nedenle, örneğin üst kesimi betondan "bileşik kazıklar" kullanılmalıdır. Gerekirse tüm beton kazık kullanılır. Gereğinden uzun yapılırsa, kesilen kısım işe yaramaz. Çelik kazıklar ağır olurlar. H şeklinde kazıklar kolay kesilir veya kaynak kabul ederler.

D: Kaya 1 m derindedir, örtü sıkı kumdur, üstte 25 cm kalın yumuşak kil bulunur. Üstteki yumuşak kilden 1m. kadar daha uzun beton ayakların kullanılması iyi olur. Kazıklar sağlam gerece değil de kuma oturacaklarından, altlar çan biçiminde olmalıdır. Su tablası ayakların batmasına yol açabilir.

E: Üst toprak 1 m, altında 50 cm kalınlıkta yumuşak kil; daha altta kum vardır. Böyle olunca uçtan taşıma kazığı kuma çakılmalıdır.

F: Bir marn üzerinde 25 cm yumuşak kil ile örtülüdür ve üst kesim ayrılmıştır. Bu durumda beton kazıkların sağlam marna kadar indirilmesi gerekir.

Zemin Türüne Göre Temel Dizaynı

- Temellerin imalat amaçları;
- Yapı yükünün zemine iletilmesi
- Rüzgar ve deprem yüküne karşı binayı zemine sabitlemek
- Yapıyı don ve don kabarmasına karşı korumak
- Yapıyı şişebilen zeminlerden korumak
- Bodrum katı imalatına izin vererek ek alan oluşturmak
- Yapıyı nemden korumak

İnce taneli (silt ve kil) zeminlerde tekil sömeller genellikle uygun olmakla beraber, yükün büyüklüğüne göre değişkenlik gösterirler.

Yüksek plastisiteli ince taneli zeminlerde kazık temeller önerilebilir. Çok yüksek plastisiteli ve suya doymuş zeminlerin kazılarak yerine optimum şartlarda sıkıştırılmış dolgu zemin uygun olabilir.

Nihai (izin verilebilir) taşıma gücü hesaplanırken, taşıma gücünün güvenlik sayısına oranlanması gerekir ($2 < GS < 4$). Nihai taşıma gücü, zeminde büyük ölçekte oturmalar oluşmadan, zemin tarafından taşınabilen en büyük gerilmeyi ifade eder. Kayanın taşıma gücü en yüksek iken (zemine göre); iyi derecelenmiş çakılda ve kumda drenajlı taşıma gücü 1.4 ile 5.8 kg/cm² arasında iken, silt ve killerde 0.48 ile 1.95 kg/cm² arasında değişir. Hesaplamalarda yeraltı suyu seviyesi ve temel seviyesi ile temel üstündeki yoğunluk değişiminin dikkatli belirlenmesi gerekir.

Genel Değerlendirme

Kum ve Çakıl – En iyi

Sert ve Yarı katı Killer – İyi

Silt ve Katı Killer – Zayıf

Organik Silt ve Killer – Tercih Edilmez

Turba – Uygun Değil. Plastisite indisi yüksek zeminlerde şişme ve büzölmeye bağılı deformasyon oluşma potansiyeli daha yüksektir.

Plastik olmayan zeminlerin kohezyonlu zeminlerle beraber bulunması durumunda betonarme temellerde farklı oturma beklenebilir.

Tekil Temeller

Yapı yükünün az olduğu, sağlam zeminlerde kullanılan temellerdir. Güçlendirilmiş kolonlar, tekil sömeller üzerine yerleştirilerek, yükün tamamının zemine aktarılması sağlanır. Yoğun sismik aktivite olan alanlarda kolonlar da birleştirilerek esnek temel dizaynı amaçlanır. Temelin yeraltı suyu seviyesi üzerinde olması amaçlanır. Bu durumda zemindeki kapilerlik özelliği dikkatli şekilde incelenmelidir.

Keson Temel

Şişme potansiyeli olan veya yapı yüksek yapı yükü altında kalan zeminlerde tercih edilir. Düz veya tabana doğru genişleyen türde imal edilebilirler. Yapı yükünün göreceli olarak sağlam zemine aktarılması amaçlanır.

Kazık Temel

Şişme potansiyeli bulunan veya yük altına çok sıkışabilen zeminlerde tercih edilir. Amaç zayıf zeminlerin kazıkla geçilerek yapı yükünün kayaya veya sağlam zemine aktarılmasıdır.

Sürtünme Kazığı: Taşıma gücü çok düşük olan zeminlerde kazıktan zemine iletilen sürtünmeden faydalanılır.

Uç Kazığı: taşıma gücü yüksek zemine yükün direct olarak aktarılması amaçlanır.

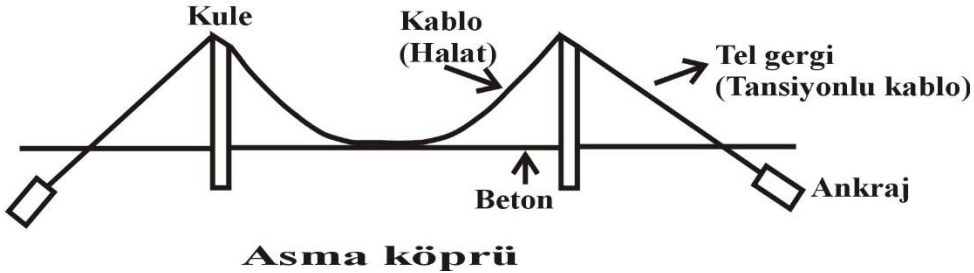
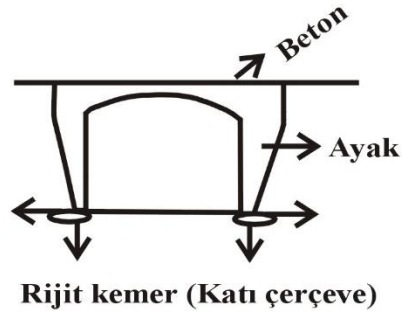
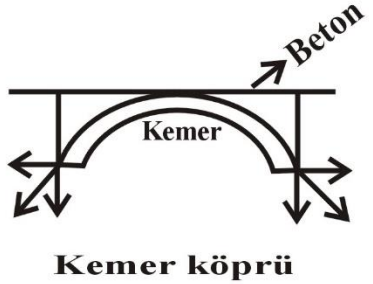
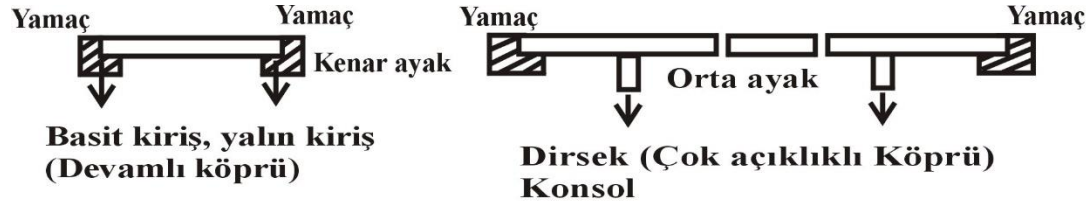
Kazıkların taşıma gücü hem çevredeki zeminin, hem de kazıkların yapısal bütünlüğüne bağlıdır. Kazıklar; ahşap, çelik, güçlendirilmiş betonarme şeklinde kullanılabilir. Yerinde yapılan kazıklar ise zemindeki foraj deliğinin betonla doldurulması ile hazırlanır.

Radye Temel

Şişme potansiyeli yüksek olan killerde, hafif yapılarda ve genelde ön gerdirmeli betonarme olarak imal edilirler. Yapının taban alanı itibariyle zeminde yüzmesine benzer bir dizayn amaçlanır. Bu sayede sömellerdeki olası farklı oturmalar engellenir. Yapıdan gelen yükün geniş Alana yayılarak gerilmenin azaltılması amaçlanır.

Köprü Temelleri

Köprüler, bir akarsudan ya da vadiden geçmeyi sağlayan yapılardır. Bunlar yapıldığı malzemeye göre ağaç, taş, beton, demir ve çelik köprü adını alır. Yapı şekline göre de basit kiriş, dirsek, kemer rijit kemer ya da asma köprü adı verilir. Her köprüde iki tür yapı vardır: üst yapı ve alt yapı. Üst yapının ölü ağırlığı ve üstünden geçenlerin diri ağırlığı, ayaklar ve desteklerle temele iletilir. Bu nedenle temeldeki kaya cinslerinin, bunların düşey ve yatay değişimleri ile ayrışma durumlarının bilinmesi, gelecek yükün temel tarafından güvenle taşınıp taşınamayacağı saptanması gerekir.



Köprülerde oturma ve yıkılmaya etki eden faktörler:

- Yamaç ve ayak temellerinin aşınması
- Yamaç ve ayak temellerinin yanlara kaçması
- Yamaç ve ayak temellerinin yıkanması
- Temelin deformasyonu
- Köprü üzerinden fazla yük geçmesi
- Taşkın sularının umulandan fazla gelmesi
- Depremler
- Asma köprülerde rüzgar etkisinin iyi hesaplanamaması.

Köprü temel sondajları yamaçlarda ve ayağın veya ayakların oturacağı yerlerde yapılır. Sondaj sayısı temel şartlarına ve yapılacak köprü tipine göre değişir.

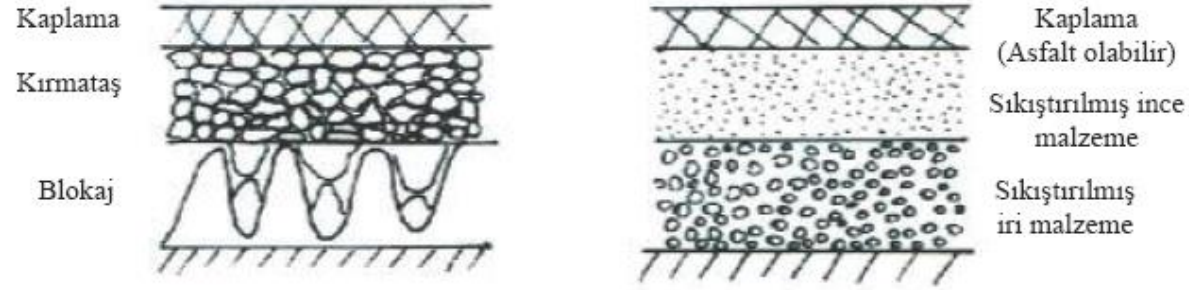
Yol Temelleri

Demiryolu için, karayoluna göre daha az eğimli ve daha az virajlı güzergah seçmek gerekir. Genellikle dağ ve tepelerden geçen yollarda kar ve don; yamaçlarda kütle hareketleri, dere ve düz yollarda taşkın ve oturma sorunları vardır. Yapılan çalışmalarda litoloji, yapısal özellikler, yüzey ve yeraltı suları, kazılabilme durumu, malzeme olabilme niteliği araştırılır. Jeolojik harita yapımından sonra, üzerinde durulan güzergahlar boyunca jeolojik kesitler çıkarılır. Burgu, çukur açma, sondaj ve jeofizik yöntemlerle araştırmalar yapılır. Kayalar çatlak, ayrışma durumu, suya karşı hassasiyeti gibi özelliklerine göre sınıflandırılarak, yapılan kesite işlenirler. Depremler, hassas dengedeki yamaçların harekete geçmesine ve bazen tünellerin çökmesine neden olabilirler. **Bununla ilgili tipik bir örnek, Boludağı yolunun Ankara-İstanbul şeridinin 12 Kasım 1999 depreminde heyelanla yok olması ve aynı zamanda Bolu dağı otoyol tünelinin çökmesi, viyadüklerin hasar görmesidir (Özben, 2003)**



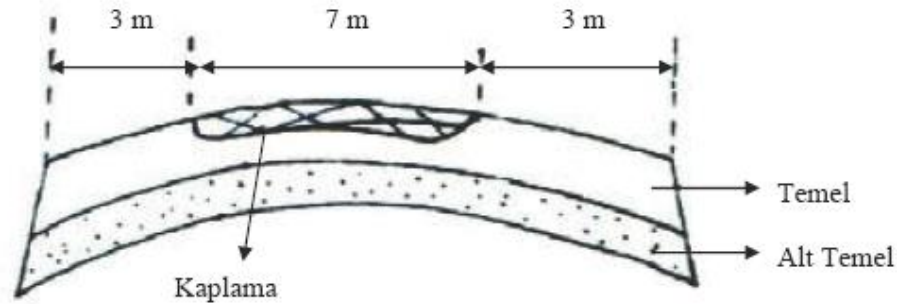
Bolu-Kaynaşlı D100 Karayolunda Dolgu ve Temel Zemindeki Heyelan

Yol temelleri projelendirilmeden önce güzergahdaki jeolojik birimlerin temel, kazı ve dolgu olabilme özellikleri incelenmelidir. Yüzeysel yağış kayıtları uzun dönem boyunca incelenerek, yüzeysel yağış rejimi ve yeraltı suyu seviyesi yine dönemsel olarak belirlenmelidir. Tipik bir yol kesitinde en altta doğal zemin (siyah kot) bulunur. Üste gelen alt ve üst temel ile yolun esas iskeleti tamamlanmış olur. En üstte ise yol cinsine göre stabilize, bitümlü kaplama veya beton tabakası gelir (kırmızı kot). Her şartta alt ve üst temelede sıkıştırılmış zemin veya kırmataş kullanılır. Diğer en önemli yapı elemanı ise yol kesitinin yanlarında ve temel altındaki drenaj borularıdır.



Makadom yol

Stabilize yol



Devlet karayolu

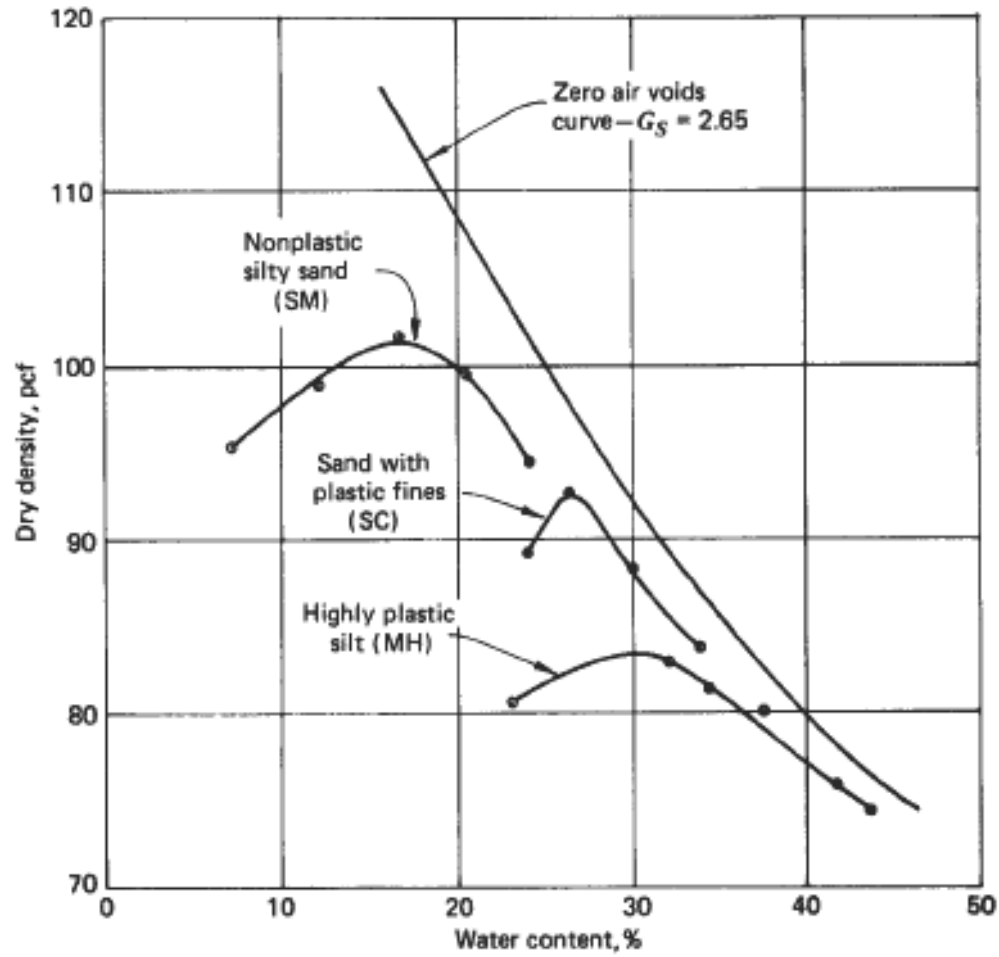
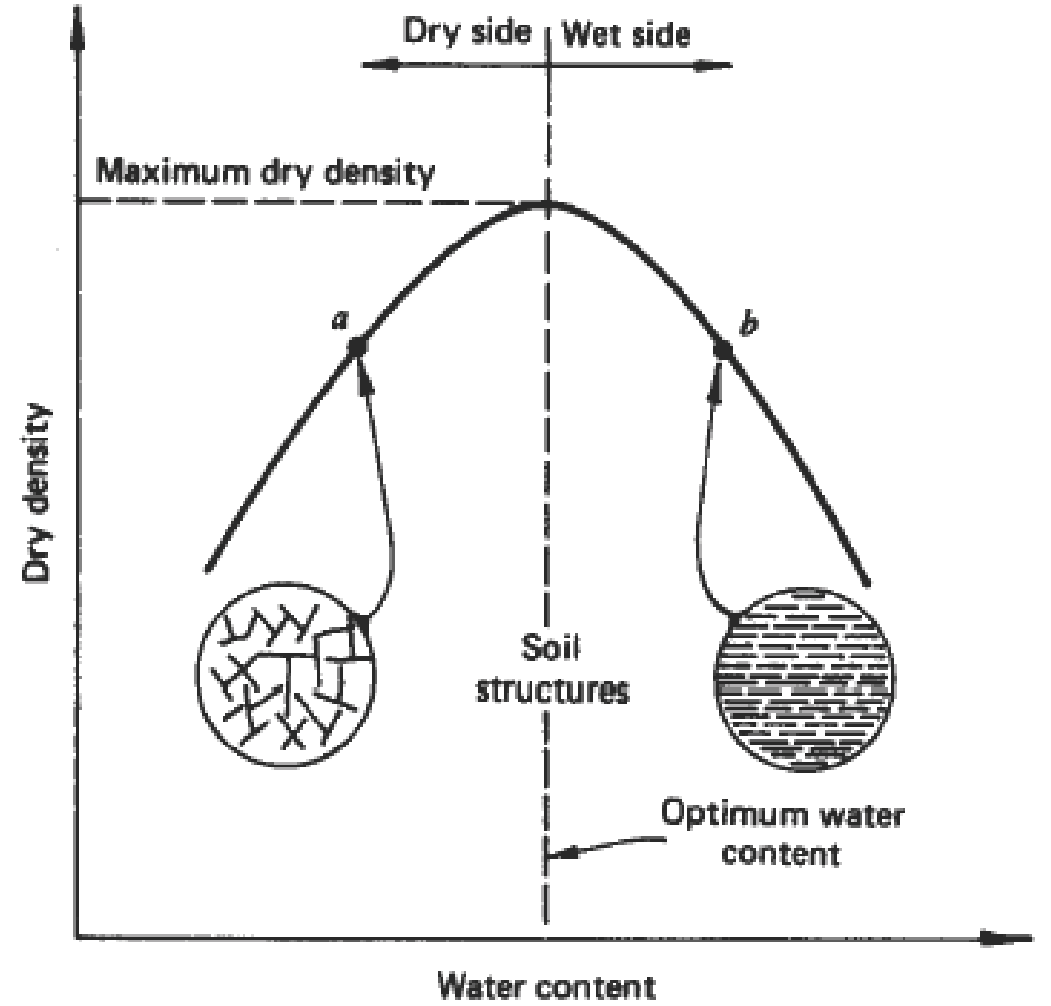


Figure 8.15 Moisture–density curves indicating the effects of soil plasticity differences.

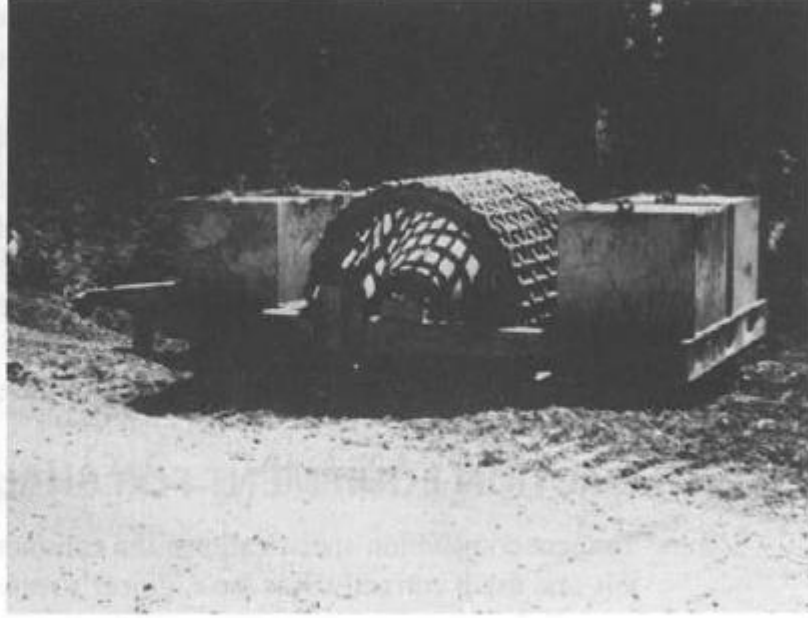


Sıkıştırılacak malzemenin optimum su içeriği ve en büyük kuru yoğunluğunun tespit edilmesi



(a)

(a) Titreşimli silindir
(İri taneli zemin)



(b)

(b) Izgara silindir
(kaya dolgu)



Keçi ayağı

Zemin malzemesinin yol temelleri, baraj çekirdeği gibi projelerde sıkıştırılmasında kullanılan ekipman



(a)



(b)

Arazide sıklık kontrolünde kullanılan yöntemler

(a) Kum konisi

(b) Nükleer yöntem

Zeminlerin Güçlendirilmesi/İyileştirilmesi

Zemin iyileştirmesinde amaç; taşıma gücü düşük, sıvılaşma potansiyeli olan, yüksek geçirimsizlik katsayısına sahip ve düşük yoğunluktaki zeminlerin yapı yükleri altında yenilmemesi, duraylılığının artırılması, şişme basıncı ile yüzdesinin azaltılması ve dolgu malzemesi olarak kullanılabilmesinin sağlanmasıdır. Ekonomik sınırlarda kalma kaydı ile zayıf zeminlerin kazılarak, ideal şartlarda sıkıştırılmış zemin veya kaya dolgu ile yer değiştirilmesi mümkündür.

- Zemin içerisine değişik malzemeler kullanılarak güçlendirilmesi (taş kolon, jet grout, geosentetikler vb.)
- Zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması (kompaksiyon)
- Zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması (enjeksiyon, çimento, kireç vb.)

Güçlendirme

Taş Kolon

Derin Karıştırma

Jet Grout

Ankraj ve Zemin Çivileri

Sıkılaştırma

Yüzeysel kompaksiyon

Derin kompaksiyon

Ön yükleme/düşey drenler

Kompaksiyon enjeksiyonu

Kimyasal stabilizasyon

Zemin-Çimento enjeksiyonu

Kireçle stabilizasyon

Bitümlü Stabilizasyon

Uçucu kül

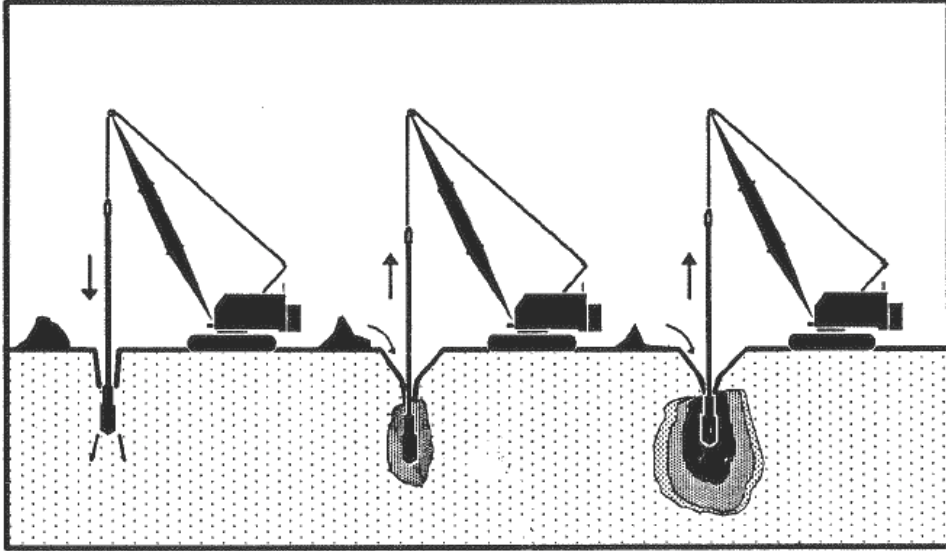
Vibro-Kompaksiyon

Temelerde oturmanın azaltılması

Sıvılaşma riskinin azaltılması

Dolgu üzerine yapı yapılabilmesinin temini.

Temel jeoteknik dizayn parametreleri ise zemin türü, izafi sıklık, doygunluk derecesi ve geçirimsizliktir. Titreşimli ekipman ile zeminin daha sıkı ve yoğun hale gelmesi amaçlanır.



Vibro-Yer Değiştirme

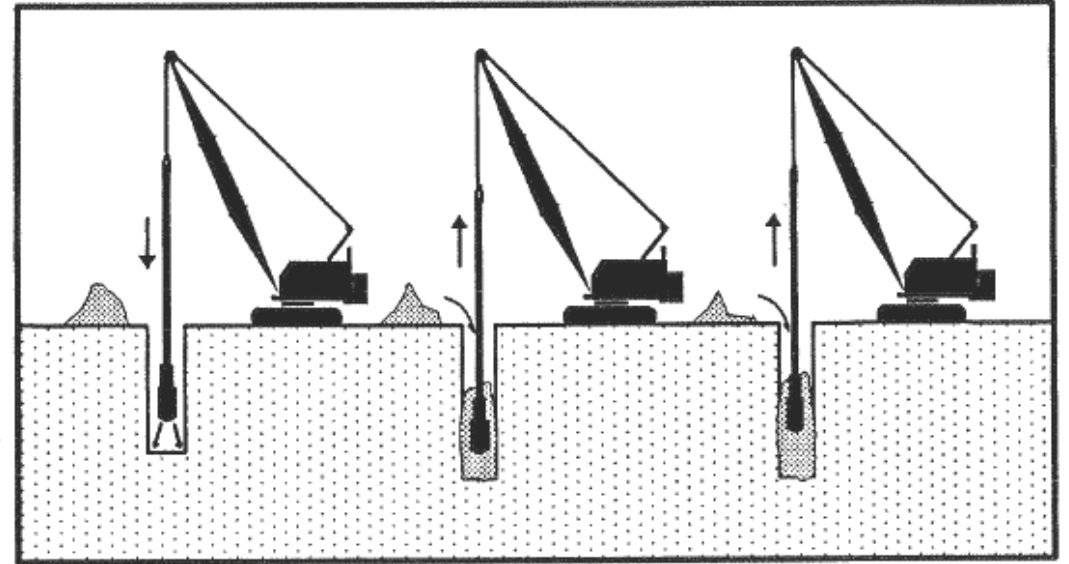
Temelerde oturmanın azaltılması

Sıvılaşma riskinin azaltılması

Dolgu üzerine yapı yapılabilmesinin temini

Şev duraylılığının artırılması

Taşıma gücünün artırılması amacı ile zemine sıkılaştırılmış granule malzemenin yerleştirilerek "Taş Kolon" oluşturulması.



Dinamik Derin Kompaksiyon (DDC)

Temellerde oturmanın azaltılması

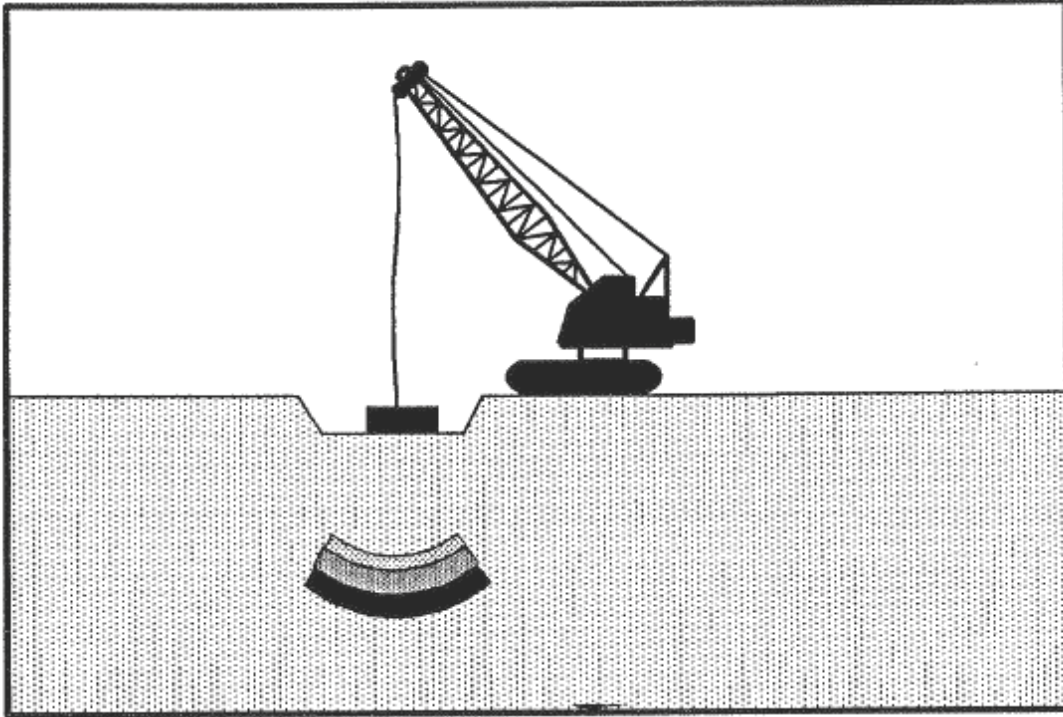
Sıvılaşma riskinin azaltılması

Dolgu üzerine yapı yapılabilmesinin temini

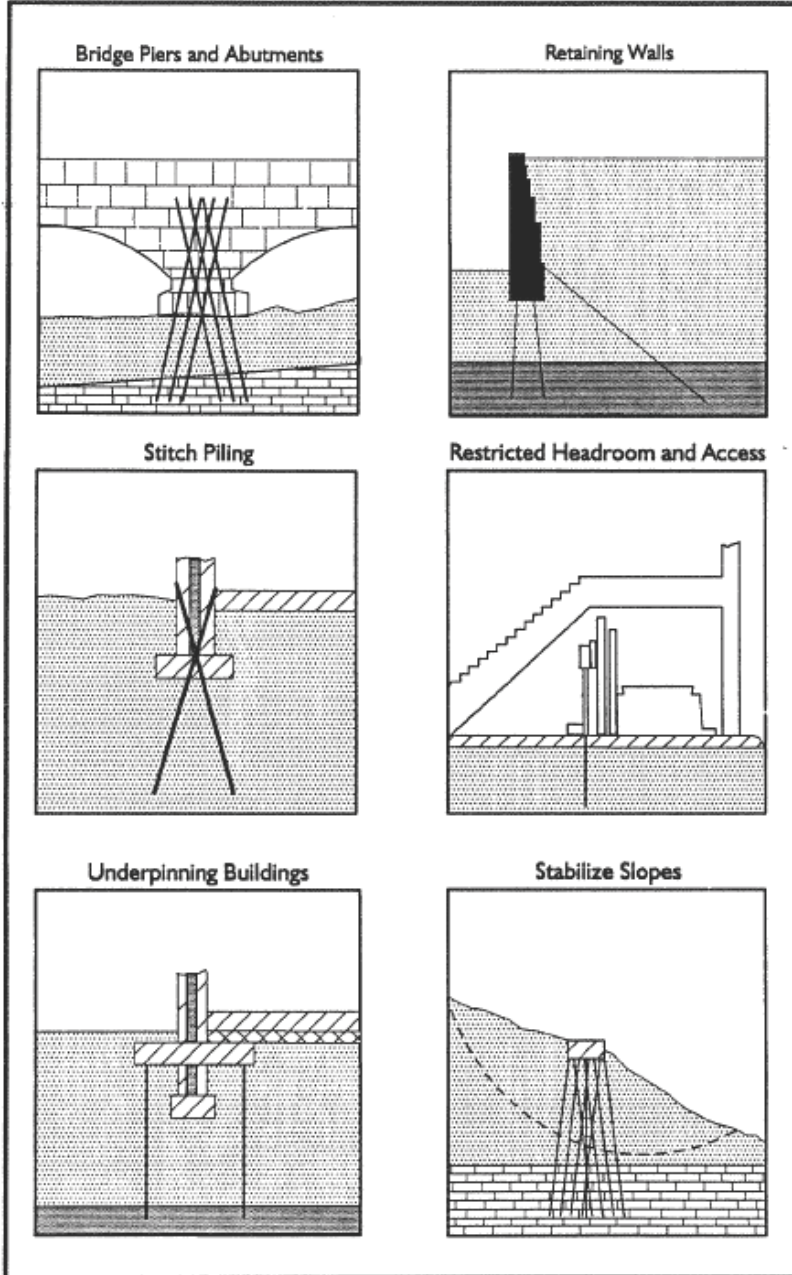
Dolgu ve maden atıklarının stabilitesi

Her türlü atık sahasında sıkılaştırma

Temel jeoteknik dizayn parametreleri ise zemin türü, izafi sıklık, doygunluk derecesi ve geçirimsizliktir. Titreşimli ekipman ile zeminin daha sıkı ve yoğun hale gelmesi amaçlanır.



Mini Kazıklar



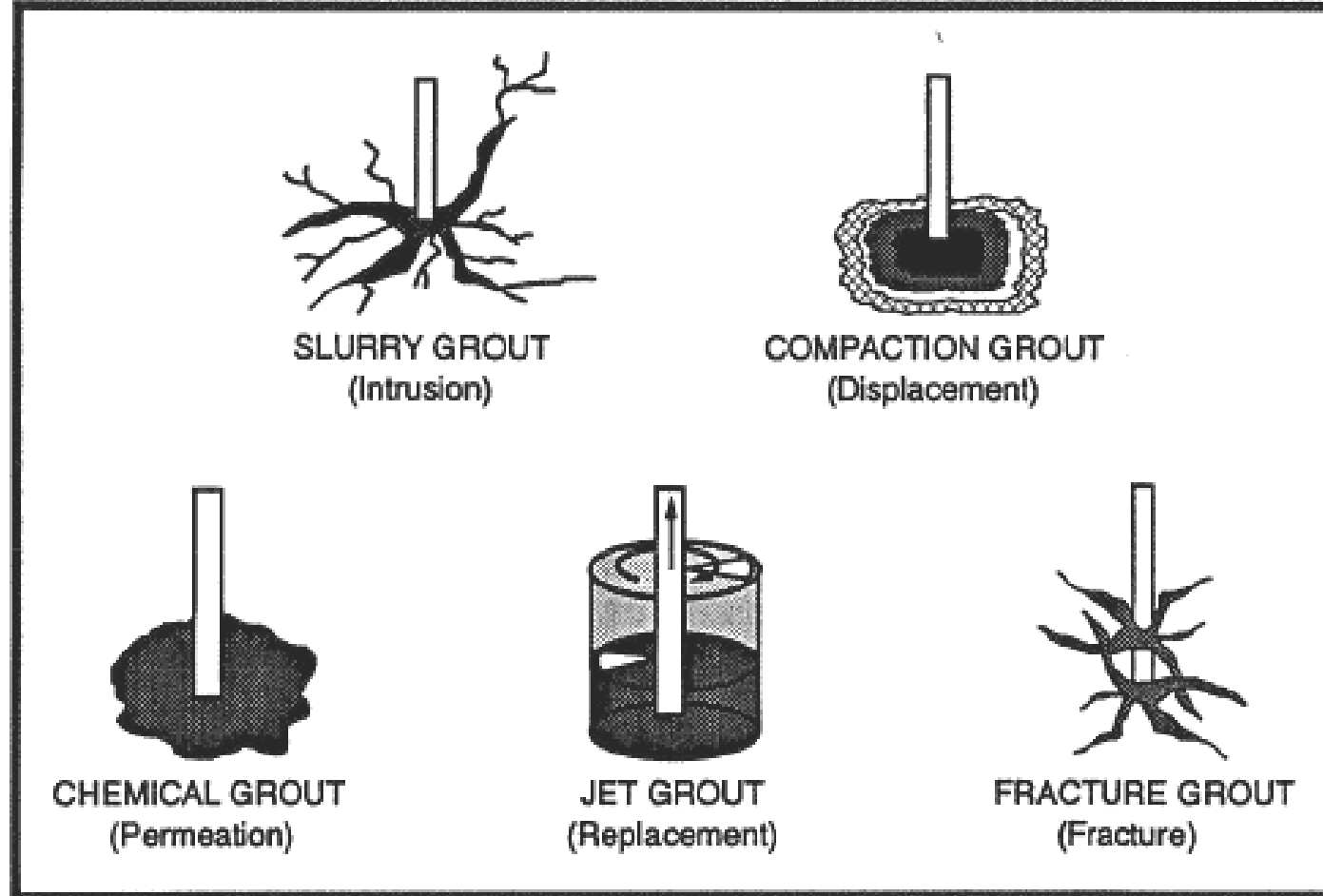
Temellerde oturmanın azaltılması
Sıvılaşma riskinin azaltılması
Dolgu üzerine yapı yapılabilmesinin temini.
Temel jeoteknik dizayn parametreleri ise zemin türü, izafi sıklık, doygunluk derecesi ve geçirimsizliktir. Zayıf zeminlerin bypass edilerek yükün sağlam kaya veya sıkı zemine aktarılması.

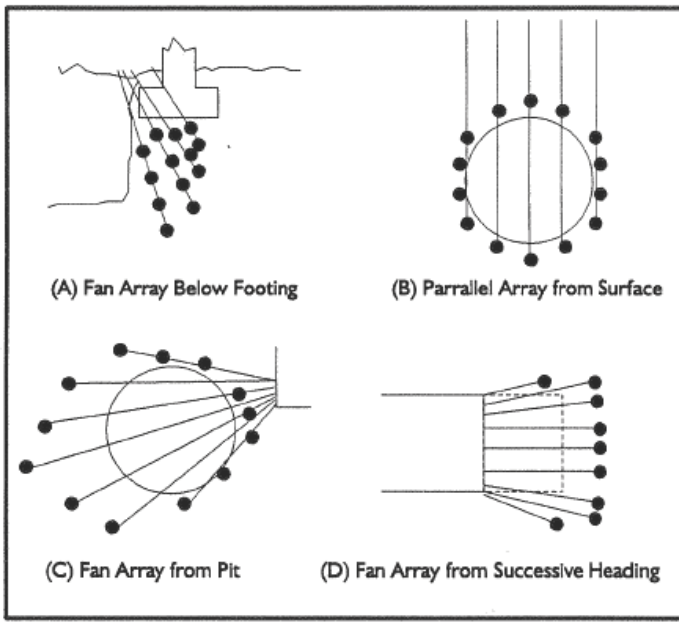
Grouting (Enjeksiyon, şerbetleme, bulamaç)

Grouting : Zemin veya kaya ortamına pompalanabilen mazlemenin enjekte edilmesi ile fiziksel karakteristiklerinin değiştirilmesi. Zemin ve/veya zayıf kaya kütlelerinin dayanımlarının artırılması, yeraltı kazıları sonrasında yüzeydeki deformasyonların azaltılması, rijidliğin artırılması, taşıma gücünün artırılması, geçirimsizliğin azaltılması gibi bir çok amaçla kullanılabilir.

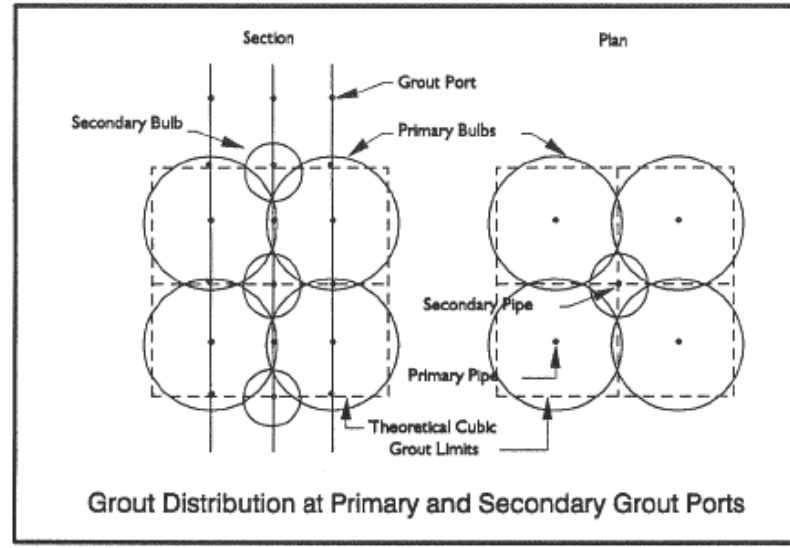
Temel grout türleri:

- Kompaksiyon
- Kimyasal (Permeasyon)
- Jet
- Konsolidasyon
- Çatlak/kırık
- Slurry (Bulamaç)

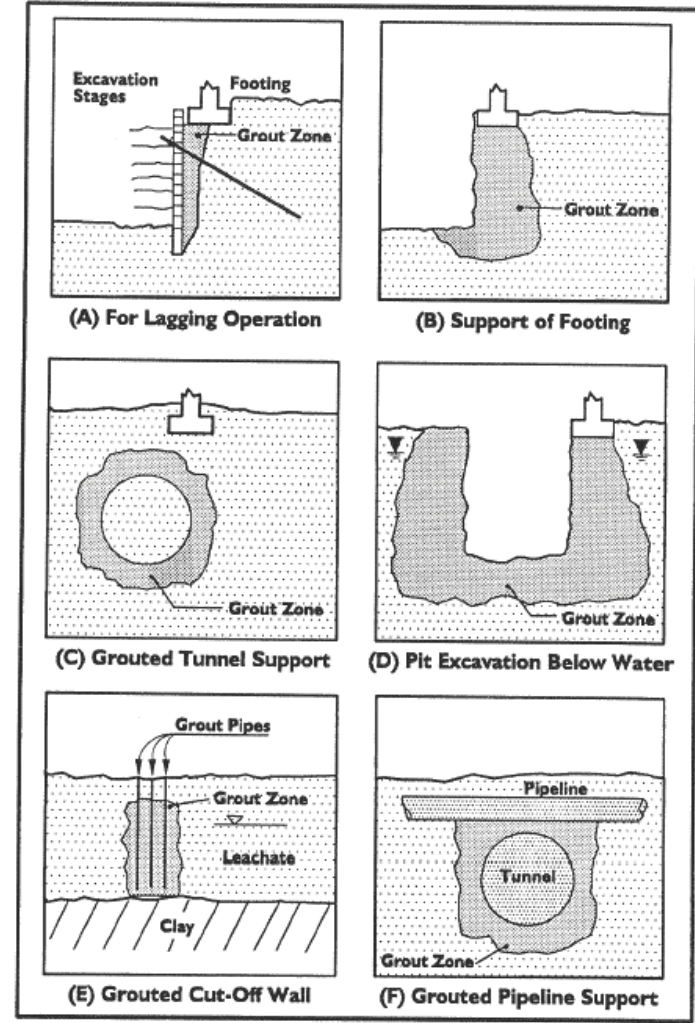




Grout uygulama düzeninin belirlenmesi



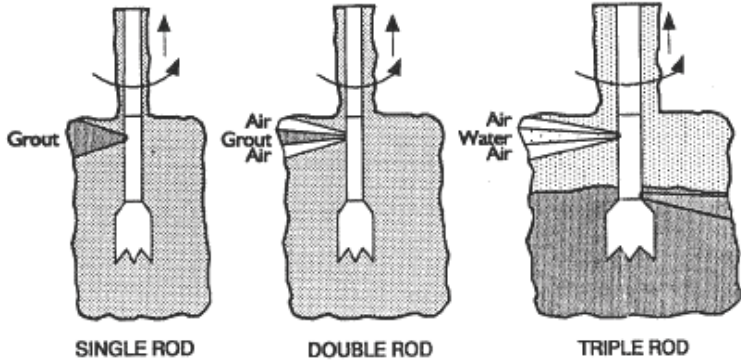
Enjeksiyon aşamaları ve sekans planlaması



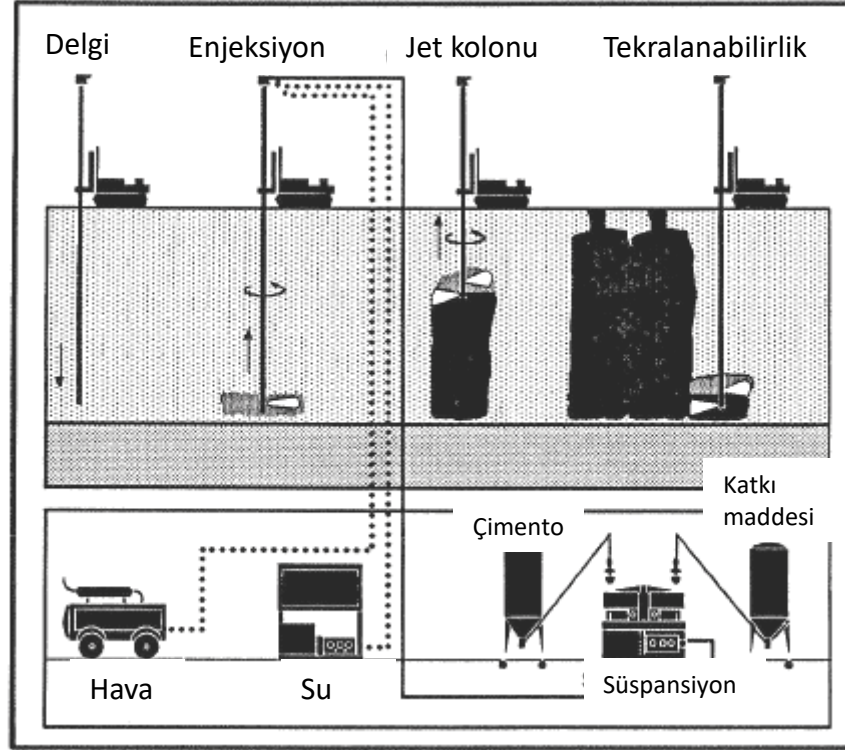
Kimyasal grout uygulamaları
 Temel desteklenmesi, tünel çevresi desteklenmesi, yeraltı su seviyesi altındaki kazılarda duraylılık sağlanması, cut-off kazıları, boru hatları çevresinde duraylılık sağlanması

Jet Grouting

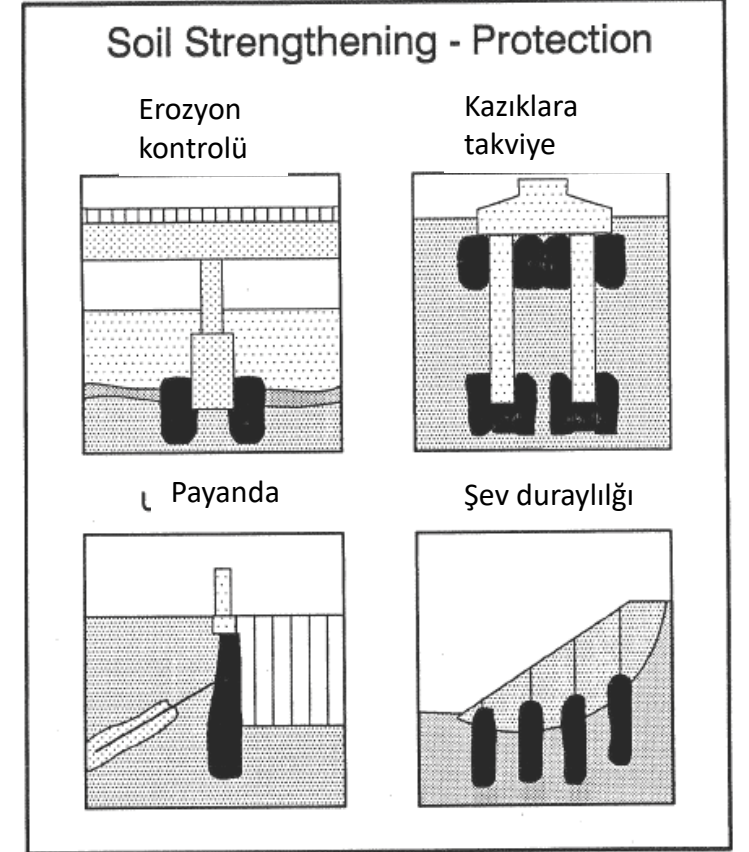
En yaygın olarak kullanılan yöntem hemen her tür zemine uygulanabilir ve en geniş geometriyi oluşturmak mümkündür. Zemin içinde en kaliteli soilcrete oluşturan sistemdir (zeminle karışmış enjeksiyon malzemesi). Tek-çift ve üçlü piston uygulamaları ile enjeksiyon şerbeti, hava ve suyu zemine enjekte etme imkanı vardır.



Temel türleri



Uygulama aşamaları



Uygulama alanları