

INS 405

Temeller

Temel Zemini İyileştirme Yöntemleri

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

TEMELLER

Hafta	Konular
1	Ders Amacı-İçeriği, Zemin İnceleme Yöntemleri
2	Arazi Deneyleri
3	Yüzeysel Temeller; Kare/Dikdörtgen Temeller, Daire ve Halka Temeller, Birleşik Temel, Sürekli Temel, Şerit Temel
4	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Taşıma Gücü Teorileri
5	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Arazi Deneyleri ile Taşıma Gücü Hesaplamaları
6	Eksantrik Yüklü Temeller
7	Derin Temeller; Kazıklar
8	Kazıkların Taşıma Gücü; Problem Çözümü
9	Derin Temeller; Ayak ve Keson Temeller
10	Temellerin Oturması; Oturmanın Tanımı, Mekanizması
11	Temellerin Oturması; Problem Çözümleri
12	Temel Zemini İyileştirme Yöntemleri
13	Temel Çukuru Güvenliği; Destekli Kazıların Tasarımı
14	Ankarajlar

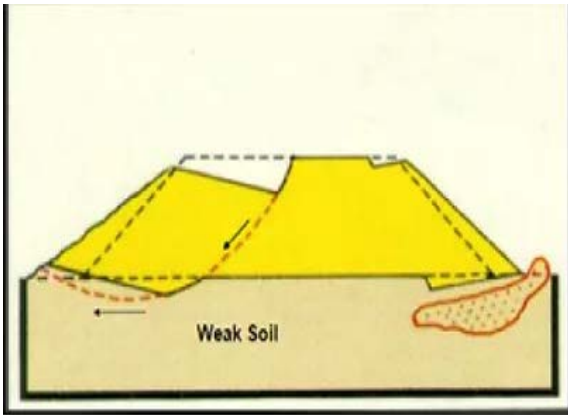
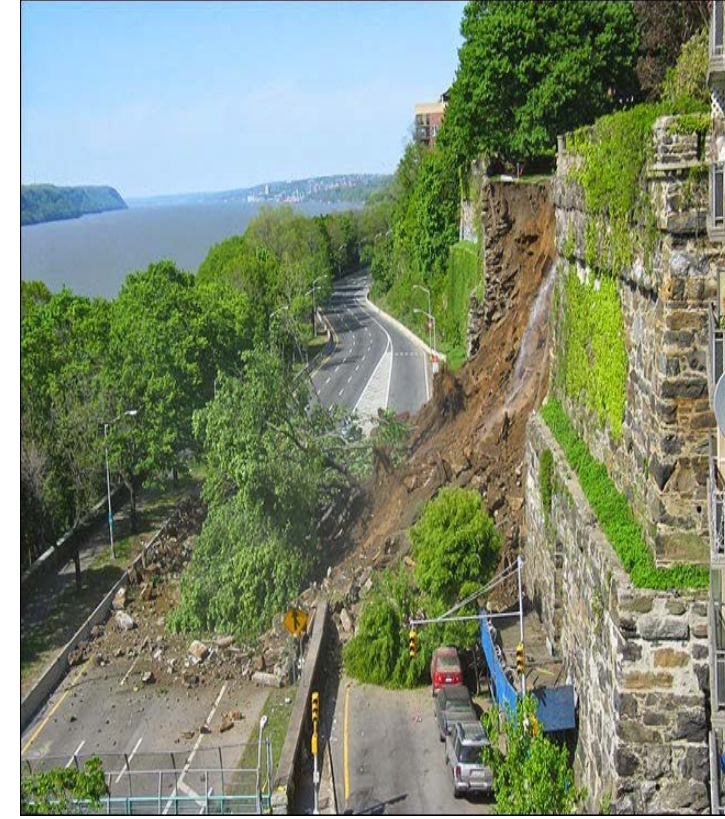
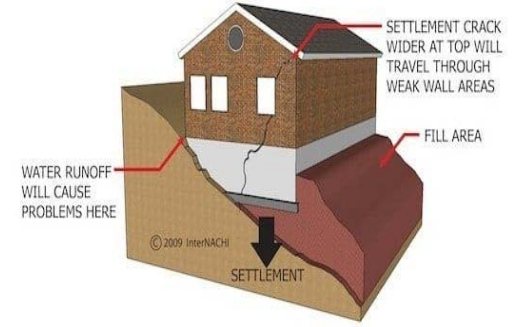
TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme Amaçları

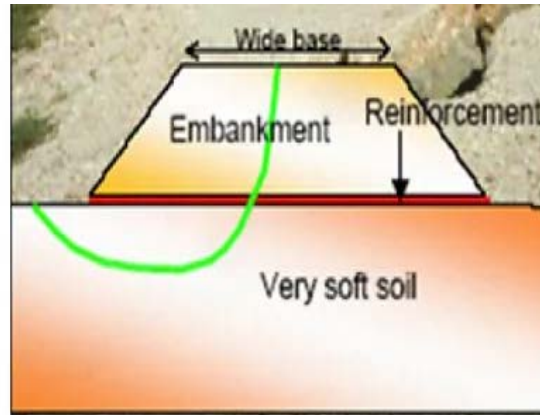
Zemin güçlendirmesi, zeminin yük taşıma kapasitesini ve stabilitesini geliştirmek için çeşitli takviye malzemeleri kullanılarak yapılan bir inşaat tekniğidir.

Zemin güçlendirmesi zeminin gevşek/yumuşak ve kayma mukavemeti düşük olduğu durumlarda yapılır. Böylece, bu teknik yardımıyla, zeminin kayma mukavemeti, taşıma kapasitesi artmakta geçirgenliği ve sıkıştırılabilirliği ise azalmaktadır.

Zemin güçlendirmesi, tipik olarak zemin üzerine konulacak yükleri taşıyacak kadar güçlü veya stabil olmadığında kullanılır.



Embankment failure mechanism on soft soil



Reinforcement function of geotextile prevent the failure of embankment

TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zayıf – Problemli Zemin?

- Taşıma gücü düşük
- Sıkışabilirliği yüksek
- Sıvılaşma yeteneği fazla

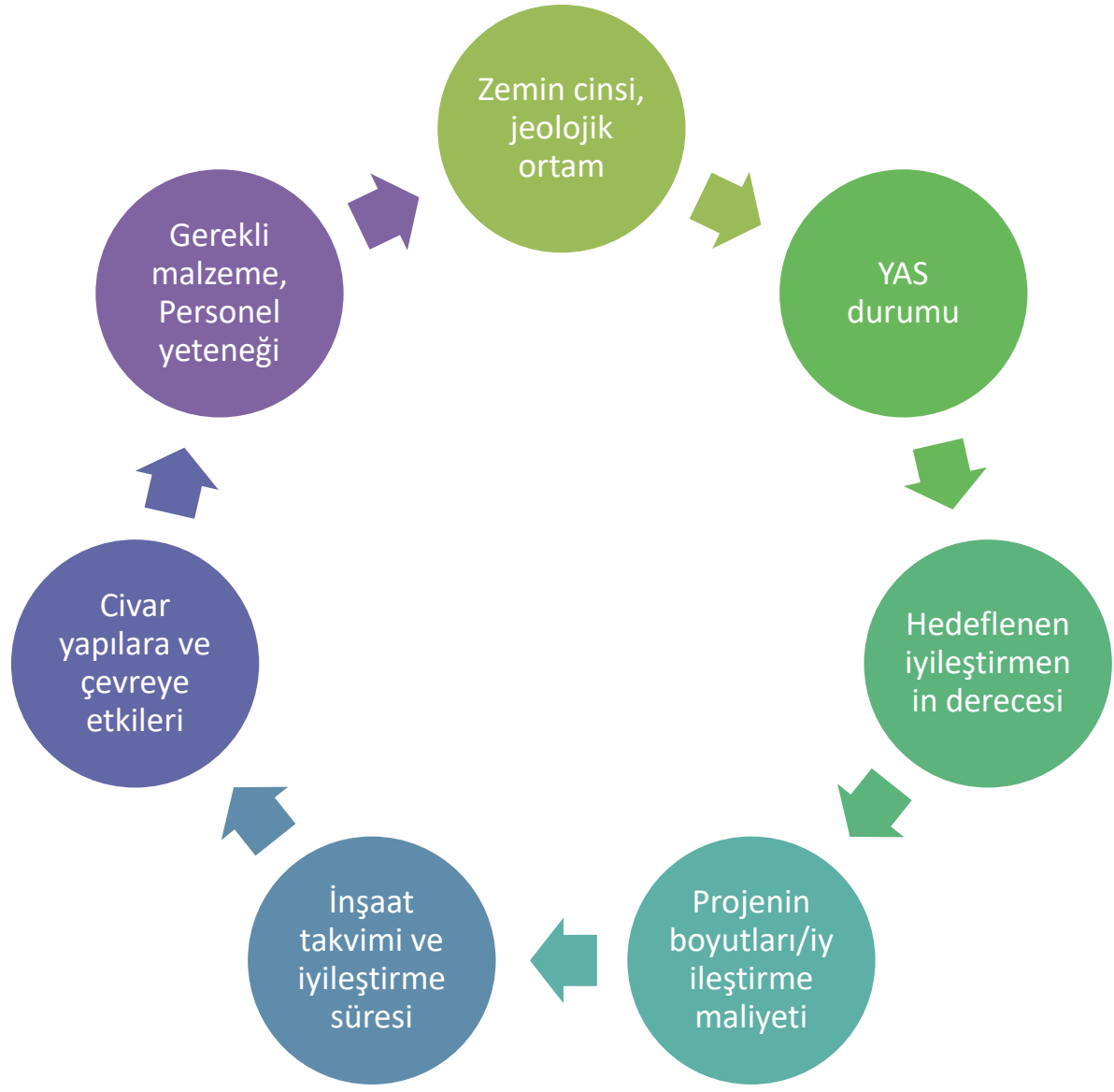
DİKKAT

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



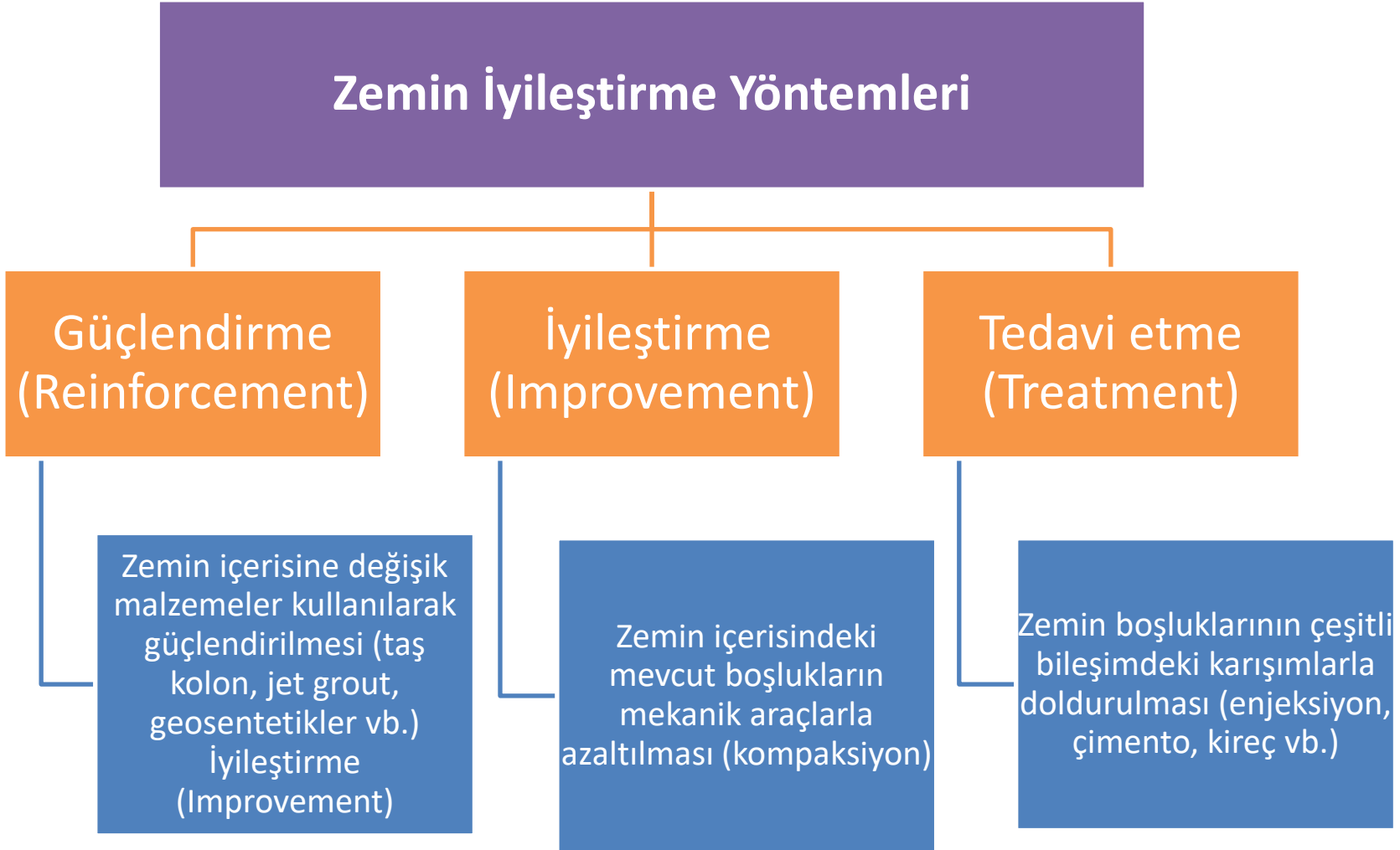
TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin İyileştirme Yönteminin Seçimi



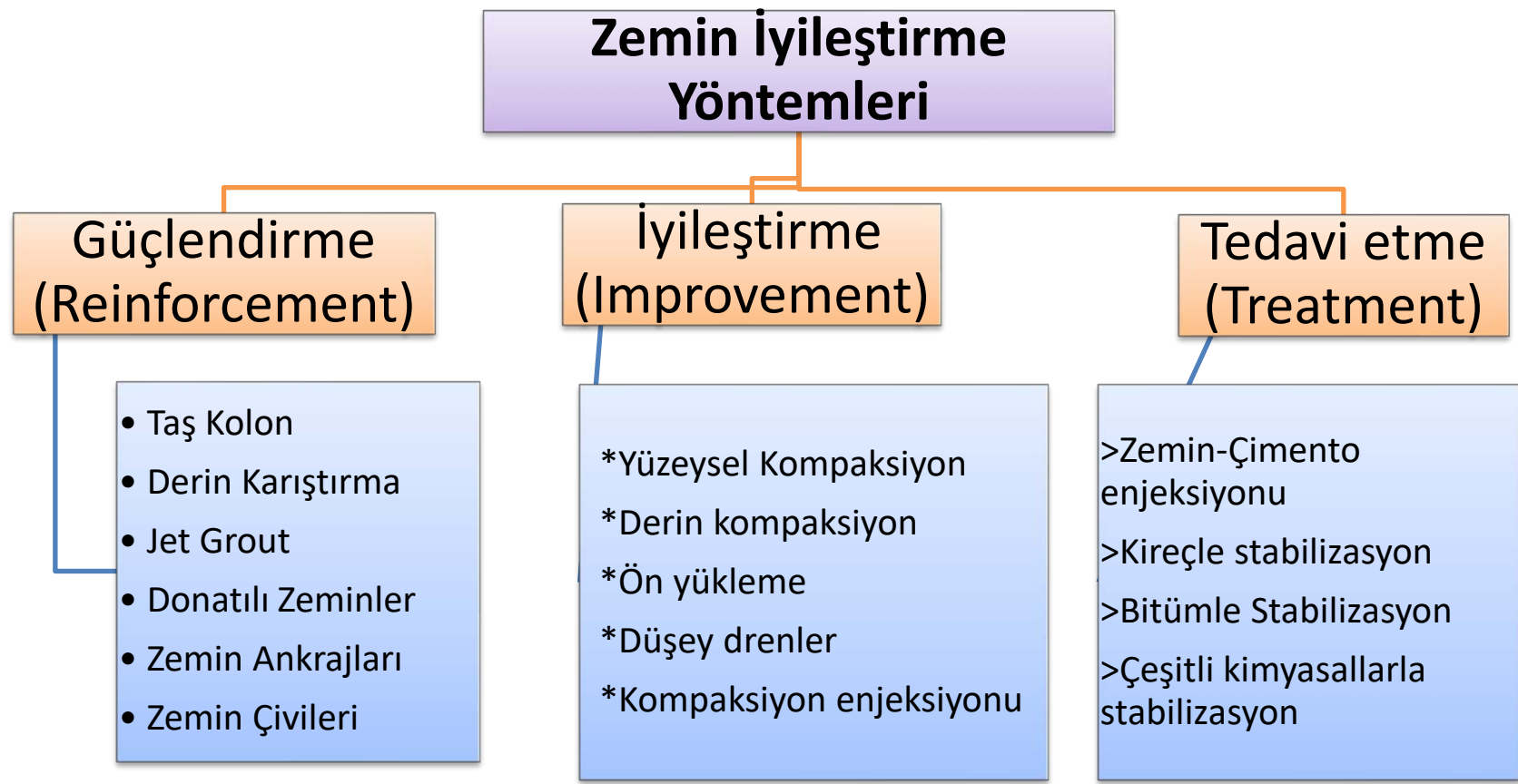
TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin İyileştirme Yöntemleri



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin İyileştirme Yöntemleri



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

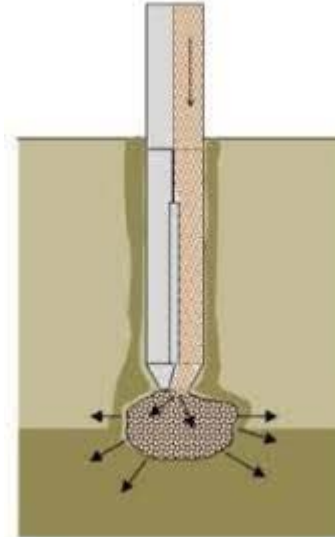
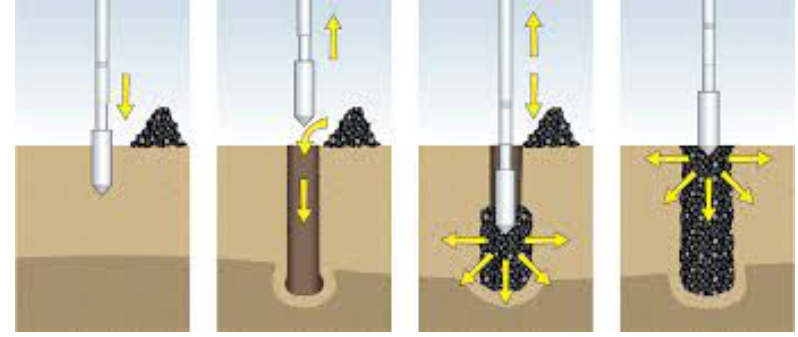
Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Taş Kolon

Taş kolonlar, zeminde konsolidasyonu, şev stabilitesini ve taşıma kapasitesini arttırılması, sıvılaşma, oturma gibi zemin problemlerinin çözümünde kullanılan bir zemin iyileştirme yöntemidir.

- Kuyu çapı: 0.60 -1.0 m
- Derinlik: Maks. 20 m
- Kuyunun açılması: Çeşitli yöntemlerle kuyu açılır, granüler malzeme yerleştirilir ve sıkıştırılır.
- Düşey dren gibi çalışır
- Konsolidasyon hızlanır,
- Uygulanan zeminde taşıma kapasitesi artar,
- Taş kolon uygulaması ile zeminde oturmaları %50 azaltmak mümkündür.
- Killi zeminlerde taş kolonun taşıma kapasitesi 250-300 kN civarındadır.



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

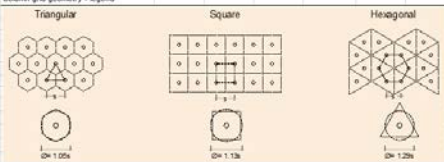
Taş Kolon

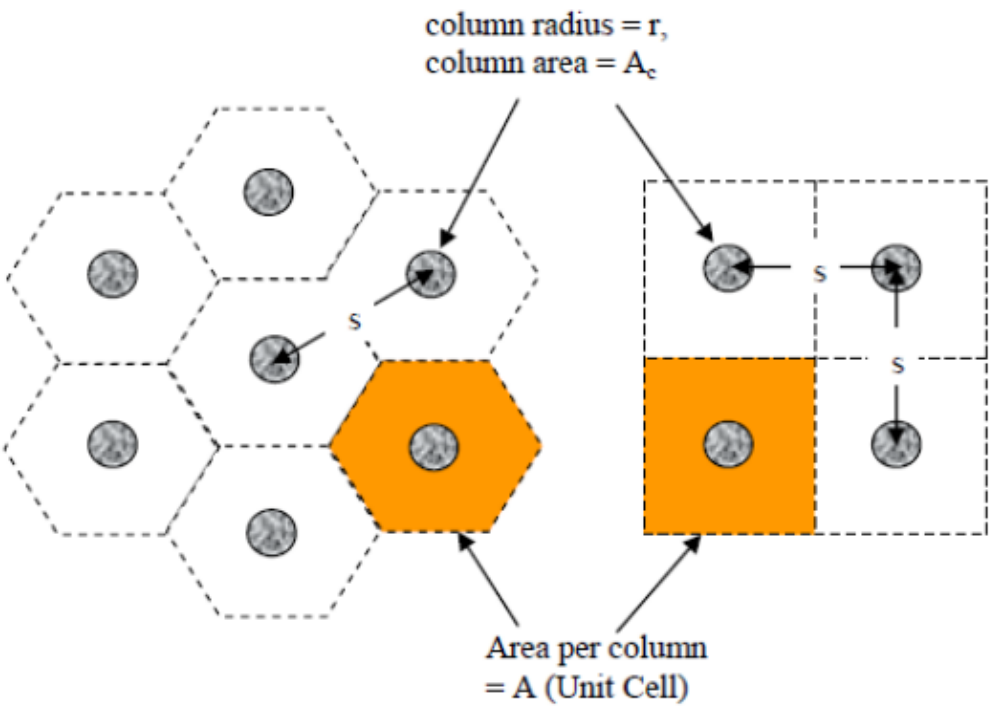
S: uygulama aralığı 1.5–3.0m arasında değişmektedir.

D: 0.60m-1.0m arasında değişmektedir.



Kontrol ??

Estimation of soil improvement by vibro replacement										v12 - 20.06.2026		
Pribe's method										Project: Element: Date: Designer:		
Infinite loaded area. Loads applied at surface level												
Triangular, square or hexagonal grids												
Maximum of 20 soil layers												
$v_1 = 1/2$ for the calculation of $\Delta(A_{u1}/A_s)$												
Load												
P_{max}	150 kPa											
Column grid geometry												
Grid	Triangular									Grid		
s	1,520 m									s, s_1 , s_2		
A_{u1}	2,001 m ²									A _u /A _s		
Column material												
γ_c	20 kN/m ³									Triangular 1,05 0,000		
E_{max}	100 MPa									Square 1,13 1,000		
β_c	45°									Hexagonal 1,29 1,290		
η_u	0,217											
η_c	0,357											
Column grid geometry - legend												
												
Soil improvement parameters (1/2)												
Soil layer	Thickness	v_1	v_2	f_1	f_2	E_{max}	D_1	A_u	A_c	$E_{max}/E_{max,1}$	f_1	f_2
[1]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[m]	[m ²]	[m ²]	[1]	[1]	[1]
1	1	0,33	0,33	25	0	50	0	0	0	-	-	-
2	0,4	0,33	0,33	25	5	20	0,75	0,442	4,53	5,0	0,93	2,34
3	0,6	0,33	0,33	0	25	2	0,75	0,442	4,53	50,5	0,93	2,34
4	0,8	0,33	0,33	0	20	1	0,75	0,442	4,53	100,0	0,93	2,34
5	0,6	0,33	0,33	0	20	1	0,75	0,442	4,53	100,0	0,93	2,34
6	0,8	0,7	0,33	0	30	10	0,6	0,253	7,98	10,0	1,20	1,70
7	1	0,33	0,33	30	0	20	0,6	0,253	7,98	1,0	1,20	1,70
8	10	0,9	0,33	30	0	20	0	-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

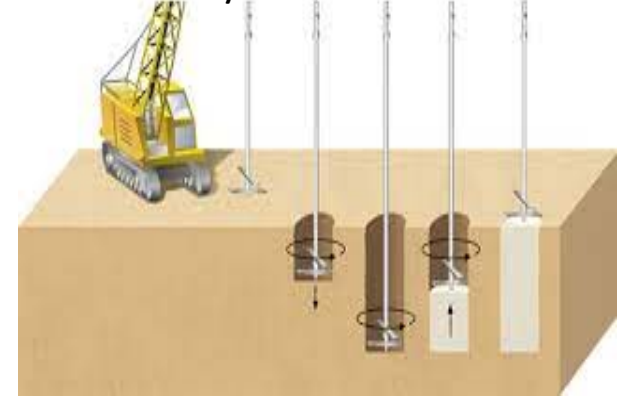
Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

<https://www.youtube.com/watch?v=Ja5TBh-nxEM>

Derin Karıştırma (Deep Soil Mixing)

Bu yöntem zeminin stabilitesini artırmak için çimento veya diğer stabilize edici malzemeleri ile zeminin derinlemesine karıştırılmasını içerir. Bu yöntem ile özel karıştırma aletleri kullanılarak, **yumuşak killi** ve **gevşek kumlu** zeminlerin yerinde katkı maddeleri ile karıştırılması sonucu rijit kolonlar teşkil edilir.



Çimento, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kireç, çeşitli katkıları veya bunların kombinasyonları bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır.



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin İyileştirme teknikleri

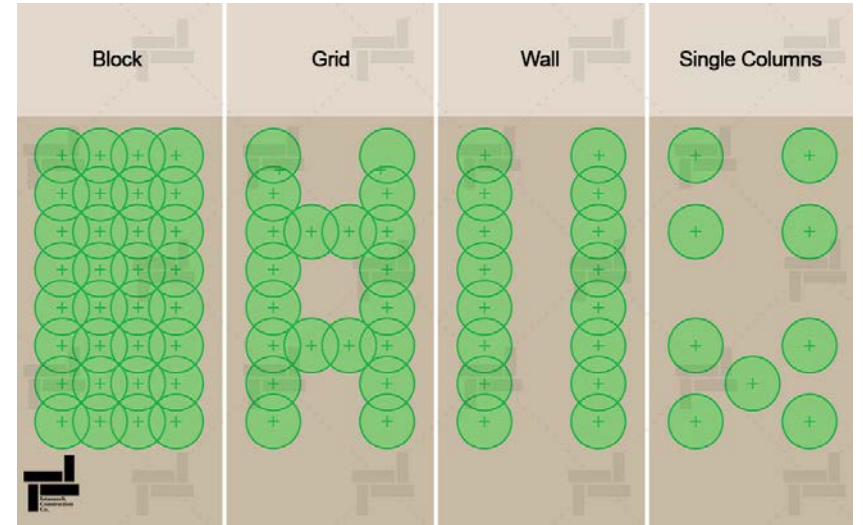
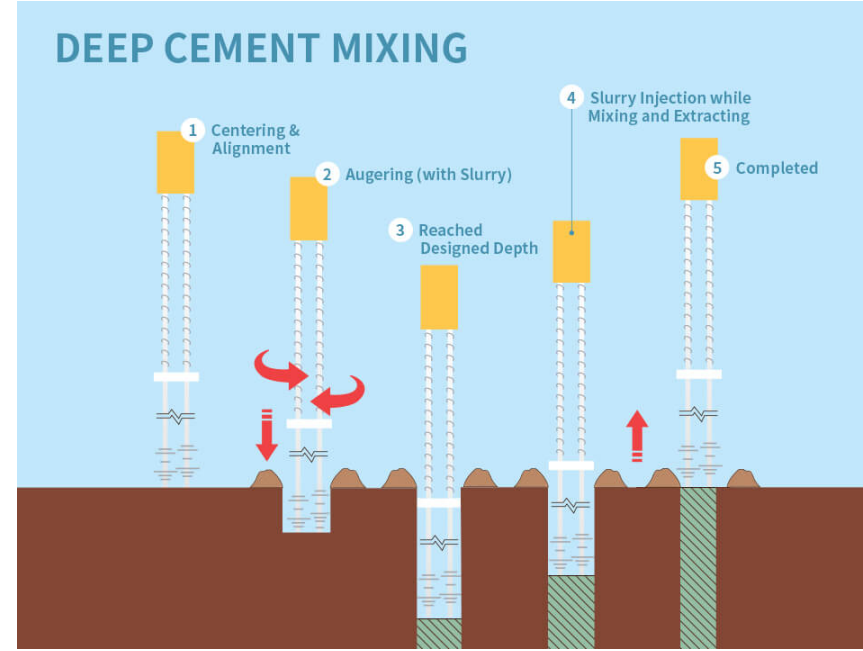
Güçlendirme (Reinforcement)

Derin Karıştırma (Deep Soil Mixing)

Uygulama Aşamaları

- 1-) Delici makina kolon koordinatında pozisyon alır.
- 2-) Karıştırıcı şaft zemini parçalayarak istenilen derinliğe kadar indirilir.
- 3-) Karıştırıcı şaft istenilen derinliğe ulaştıktan sonra zemini karıştırarak yukarıya çekilir.

İstenilen derinliğe inme ve bu derinliğe ulaştıktan sonra geri çekme evrelerinin birinde veya her ikisinde de katkı maddesi verilerek zemin ile karışması sağlanır.



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

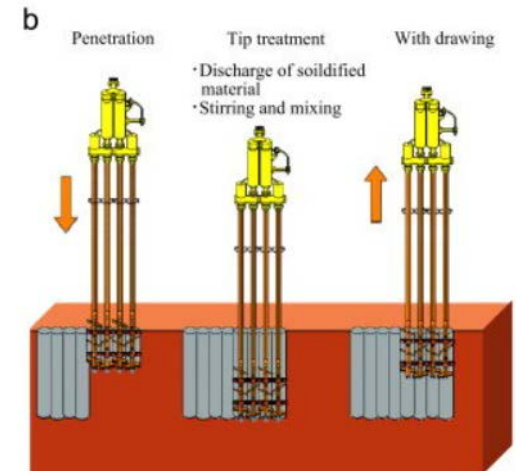
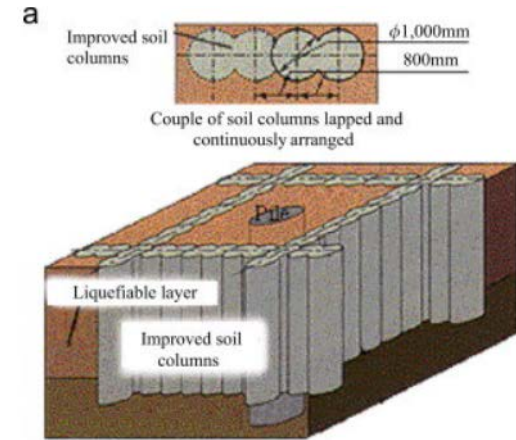
Derin Karıştırma (Deep Soil Mixing)

Uygulama alanları

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

Gevşek kumlar, yumuşak killer en uygun zemin

- Uygulama derinliği ~30m
- İyileştirilmiş zeminde $q_u = 70 \text{ kPa} - 3.5 \text{ MPa}$



- 1 Positioning of auger tool
- 2 Drilling and mixing soil with cement grout
- 3 Bottom mixing
- 4 Withdrawing while continuing soil mixing
- 5 Complete mixed product column

TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

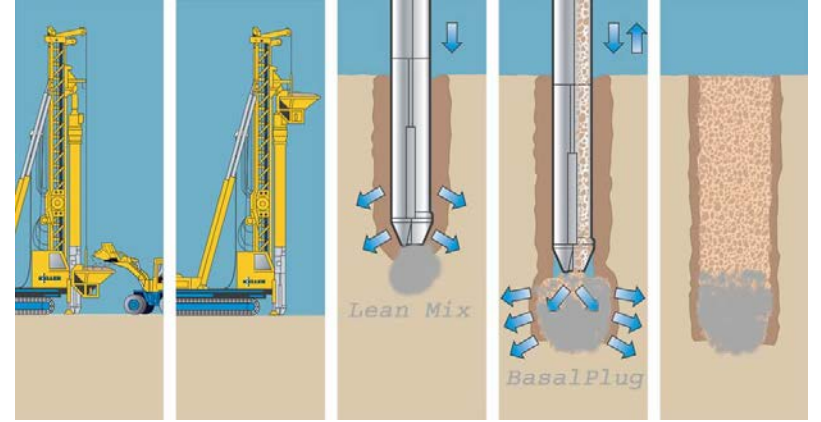
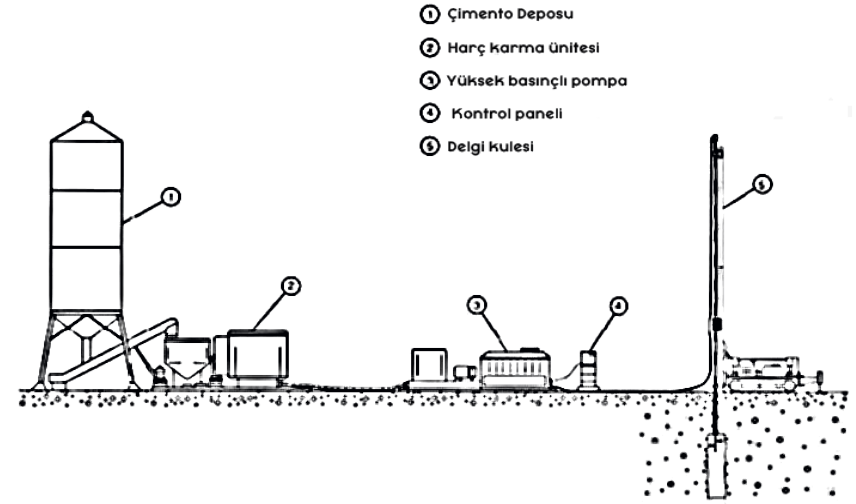
Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Jet Grout

Yüksek basınç altında (700 kg/cm^2) zeminin, bir delgi makinasıyla delinip, çimento şerbetinin zemine püskürtülerek zeminle karıştırılması ile zemin malzemesi ve çimento karışımından silindirik kolonlar imal edilmesi işlemi jet grout yöntemi olarak isimlendirilmektedir.

İnce taneli ya da yoğun zeminlere, yerinde enjekte edilen çimentoyu direkt olarak karıştırılarak, homojen ve sürekli bir konsolidasyon sağlanır.



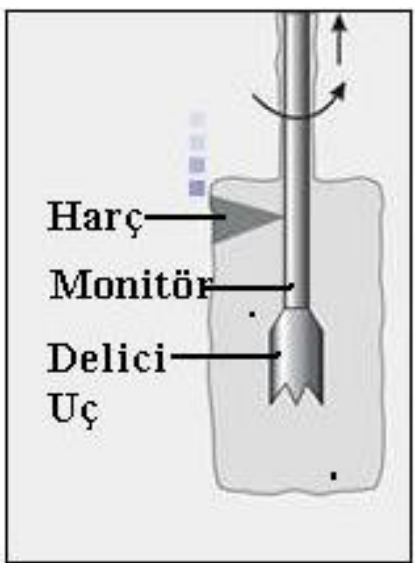
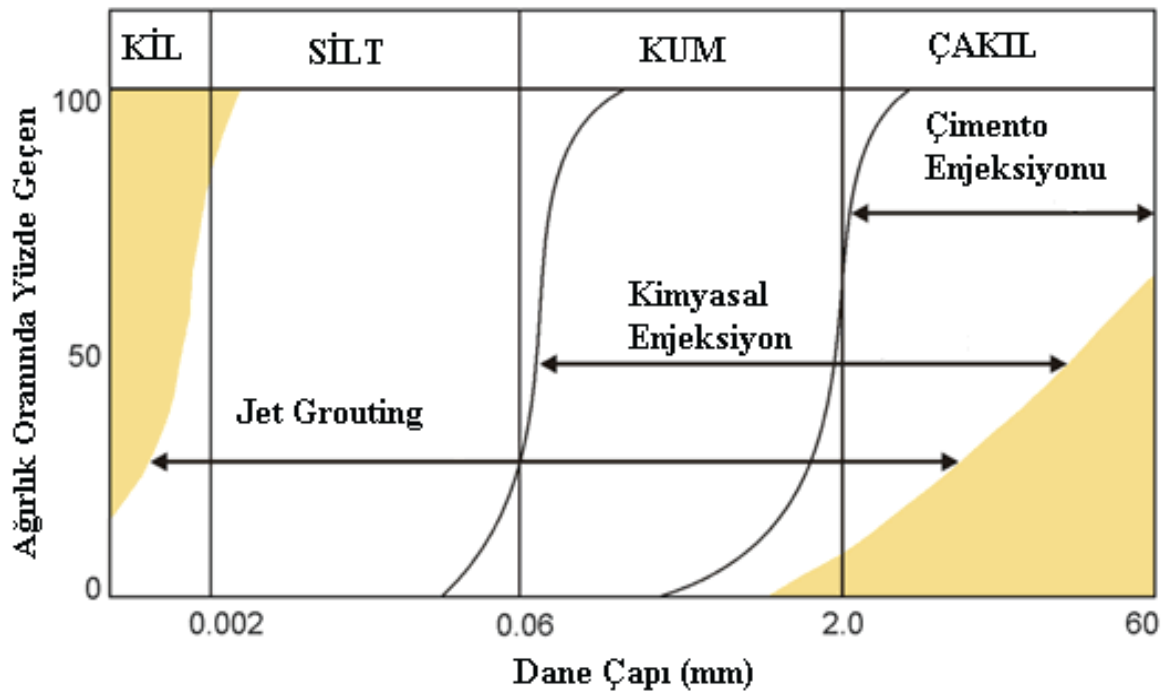
TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Jet Grout

Jet grouting tekniği geliştirildiği ilk zamanlarda **granüler** zeminlerde kullanılmış, teknolojinin gelişimi ile **ince daneli** zeminlerde de başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sebepten dolayı Jet grouting tekniğinin, en önemli artılarından birisi **değişik dane dağılımı gösteren zeminlerde** uygulanabilirliği ve uygulama alanları bu özellik göz önüne alındığında, diğer enjeksiyon çeşitlerine göre oldukça geniş olmasıdır



Dane dağılımına göre enjeksiyon çeşitleri

TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Jet Grout

Jet Grouting Sistemleri

Jet grouting tekniği, enjekte edilen akışkanın sayısına göre üçe ayrılmıştır. Bu sistemler,

- *tek akışkanlı,
- *çift akışkanlı ve
- *üç akışkanlı olarak adlandırılmaktadır.

- 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.



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin İyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Donatılı Zeminler (Geosentetikler)

Bunlar, toprakla doldurulmuş ve zemini güçlendirmek için kullanılan plastik veya kauçuktan yapılmış hücrelerdir.

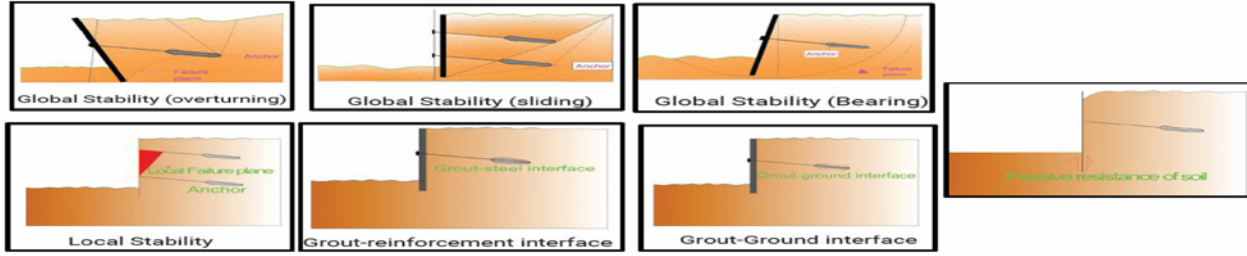


TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

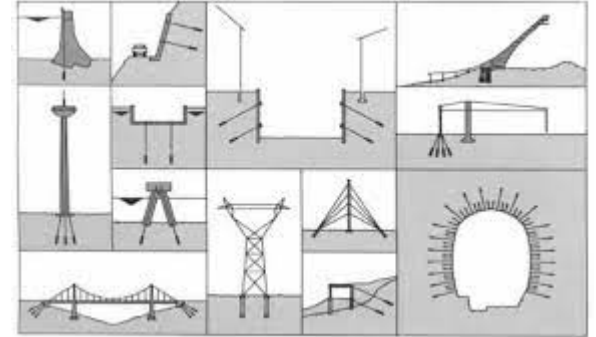
Zemin Ankrajları



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.



TEMEL ZEMİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zemin iyileştirme teknikleri

Güçlendirme (Reinforcement)

Zemin Çivileri

Bu yöntem çelik çubukların toprağa yerleştirilmesini ve ek destek sağlamak için yerinde enjeksiyon yapılmasını içerir.

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 stabilize tahkikleri yapılmalıdır. Yeterli sıklıkta yerleştirilmelidir

Tasarım yöntemi henüz gelişme aşamasındadır. Genellikle, 2 çivi/m² ile 1 çivi/5m² arasında uygulanır.

