

Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Sonlu Elemanlara Metodu Kullanılarak Analiz Edilmesi

Özet

Bu çalışma kapsamında yumuşak zemin ortamında herhangi bir zemin iyileştirme yöntemi kullanılmadan analizler yapılmıştır ve zeminde meydana gelen oturma değerleri elde edilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yayılı temel altında 1,5 m aralıklarla 18 m uzunluğunda rijit kolonlar kullanılarak 150 kPa yayılı yük altında değerlendirilmiştir. Model iki farklı zemin iyileştirme yöntemi ve derin temel uygulaması kullanılarak toplam yer değiştirme ve farklı oturma değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DKK, Jet Grout, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Plaxis

Abstract

In this study analyses were conducted without using any soil improvement methods in a soft soil environment, and settlement values in the soil were obtained. Finite element method was used to evaluate the spread footing with rigid columns of 18 m length at 1,5 m intervals under a distributed load 150 kPa. The model yielded total displacements and different settlement values by employing two different soil improvement methods and deep foundation application.

Key Words: RAP, Jet Grout, Finite Element Method, Plaxis.

1. Giriş

Günümüzde zemin modellemelerinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hesaplar yapılmaktadır. Zemin ve yapı birlikte modellenerek daha doğru sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışma kapsamında statik yükler altında, zeminlerin gerilme-şekil değiştirme davranışları yanı sıra toplam ve farklı oturmalar sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilerek sonuçlar elde edilmiştir. Plaxis 2D sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak analizler yapılmıştır.

2. Rijit Kolonlar

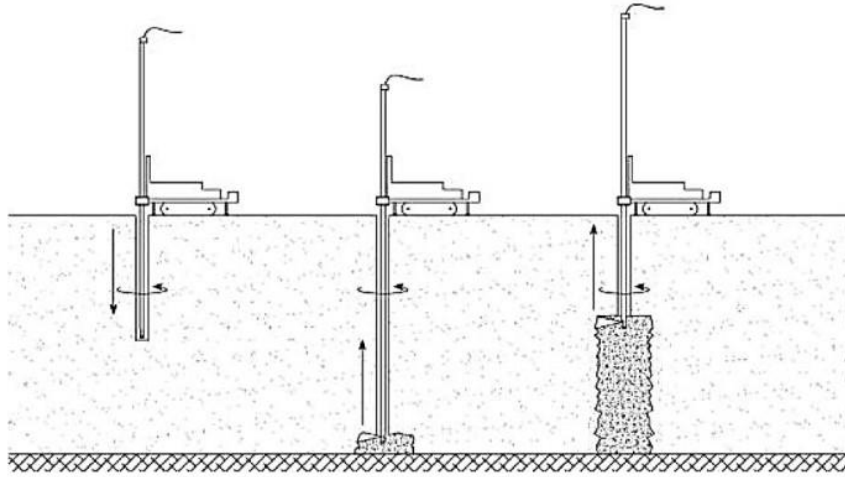
2.1. Jet Grout Yöntemi

Jet Grout yöntemi bir veya daha fazla akışkan malzemenin bir sonda yardımı ile iyileştirilecek zemin tabakası örselenerek istenilen derinliğe kadar inilerek zemin içerisinde kolonlar oluşturulması esasına dayanır. Jet Grout yönteminde genellikle üç farklı şekilde uygulanmaktadır. Bu yöntemler genel olarak zeminin dayanım durumuna göre seçilmektedir.

I. Tek akışkanlı sistem

- II. Çift akışkanlı sistem
- III. Üç akışkanlı sistem

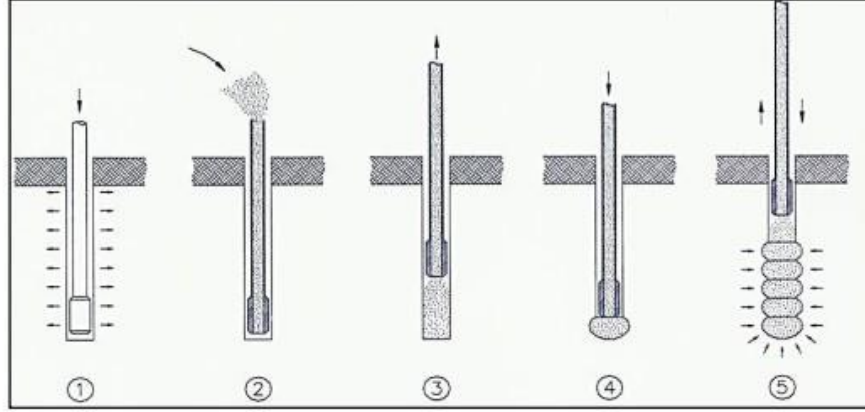
Jet Grout yöntemi zemin iyileştirme, tünel korumada, kazı yanal yüzeylerinin desteklenmesinde kullanılmaktadır. Zeminlerin iyileştirilmesinde kullanıldıklarında, zeminlerin taşıma gücü artar ve zeminde meydana gelecek farklı oturmaları azaltmaktadır.



Şekil 1 Jet grout uygulama yöntemi [1].

2.2. Taş Kolon Yöntemi

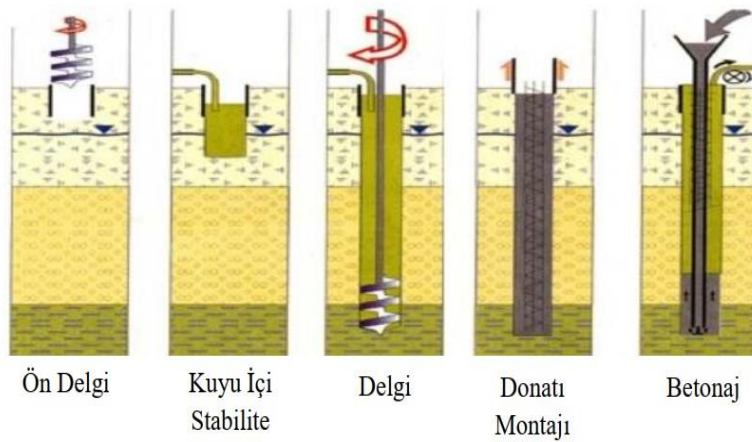
Taş kolon yöntemi, zeminlerin dayanımlarının arttırmak amacıyla kullanılan bir zemin iyileştirme yöntemidir. Taşıma kapasitesini artırma, oturmayı azaltma ve konsolidasyon sürecini hızlandırma yeteneğine sahip olan taş kolonlar, yumuşak ve zayıf zemin problemleri için alternatif çözüm önerdiği için, jeoteknik uzmanlar arasında en üst düzey tercihler haline getirmiştir [2]. Taş kolon yöntemi zemin içerisinde rijit kolonlar oluşturularak, zeminin mukavemetini arttırmaktadır. Taş kolon yöntemi deprem durumunda, zemin içerisinde bulunan fazla boşluk suyu basınçlarını sönmüleyebilmektedir. Bu çalışma kapsamında “Darbeli Kırmataş Kolonları (DKK)” yöntemi Impact yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 2 Darbeli Kırmataş Kolon Yöntemi [3]

2.3. Kazık

Kazıklar; üst yapı yüklerinden kaynaklı, hasara veya göçmeye neden olabilecek ve zemin iyileştirme yöntemlerinin yeterli olmadığı durumlarda grup halinde veya tekil olarak imal edilen yapısal elemanlardır. Kullanım tipine göre, uç kazıkları, sürtünme kazıkları, çekme kazıkları, ankraj kazıkları, kompaksiyon kazıkları ve eğik kazık olarak gruplandırılmıştır [4] Kazıklar ahşap, çelik veya beton olarak imal edilebilmektedir. Kazıklar zemin içeri sondaj ile delgi yapılır ve açılan kuyu içerisine donatı yerleştirilir ve beton dökülerek kazık imalatı tamamlanır.



Şekil 3 kazık imalatı [5].

3. Sayısal Model

Bu çalışma kapsamında Plaxis 2D yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım geoteknik problemlerin sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanmasını sağlamaktadır. Yazılım, analizlerde gerilme artışları ve ani oturmaların

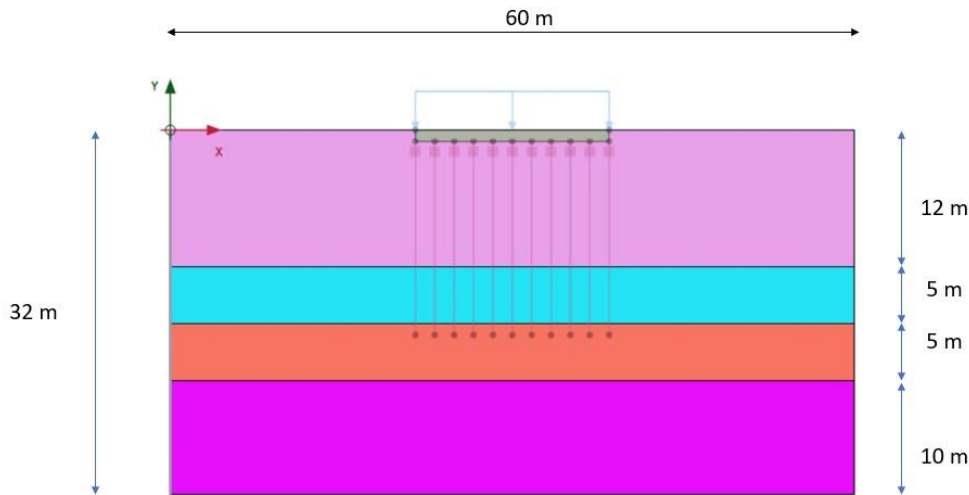
hesaplanmasında elasto-plastik davranış teorisini esas almaktadır. Yazılımda zemin ortamı iki fazlı (katı ve sıvı), olarak göz önüne alınarak drenajlı veya drenajsız çözümler yapılabilmektedir [6].

3.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar nümerik analiz yöntemi, matematiksel ifadelerle tanımlanan sürekli problemlerin genel çözüm yöntemi olarak tanımlanmıştır [7]. Sonlu elemanlar yöntemi mühendislik problemlerinin yanı sıra diğer birçok problemin çözümünde kullanılmaktadır. Geoteknik problemlerin çözümünde kullanılan ve birçok çözüm mevcuttur. Zemin ve üst yapı elemanlarının birlikte çözülmesine olanak sağlamakta ve dinamik yükler, deprem yükü vb. yüklerin etkisinde kalmış yaklaşımların çözümünde olanak sağlamaktadır.

4. Analiz

Bu çalışma 4 farklı zemin tabakası tanımlanmıştır. Analizler düzlem deformasyon (Plane Strain) modeli kullanılmıştır. Zemin davranışının gerçeğe daha yakın olması ve yeterli zemin parametrelere sahip olunması nedeniyle “Hardening Soil” zemin modeli seçilmiştir ve analizler drenajlı duruma göre yapılmıştır. Yeraltı su seviyesi zemin yüzeyinden 2 m aşağıdadır. Analizlerde kullanılan zemin parametreleri ve yayılı yük parametreleri Tablo 1. Ve Tablo 2.’de gösterilmiştir.



Şekil 4 Plaxis 2D Programında zemin tabakalarının modellenmesi

Tablo 1 Zemin Parametreleri [9].

	i Kil-1	Kum-1	i Kil-2	Kum-2
ne Modeli	en Zemin	en Zemin	en Zemin	en Zemin
Durumu	enajlı	enajlı	enajlı	enajlı
m3)	18,00	19,00	18,00	19,00

(kN/m ³)	19,00	20,00	19,00	20,00
(kPa)	2.773	16.800	6.240	20.000
(kPa)	2.773	16.800	6.240	20.000
(kPa)	8.319	50.400	18.720	60.000
	0,20	0,20	0,20	0,20
	10,00	5,00	23,00	10,00
	25,00	35,00	20,00	33,00
	-	5,00	-	3,00

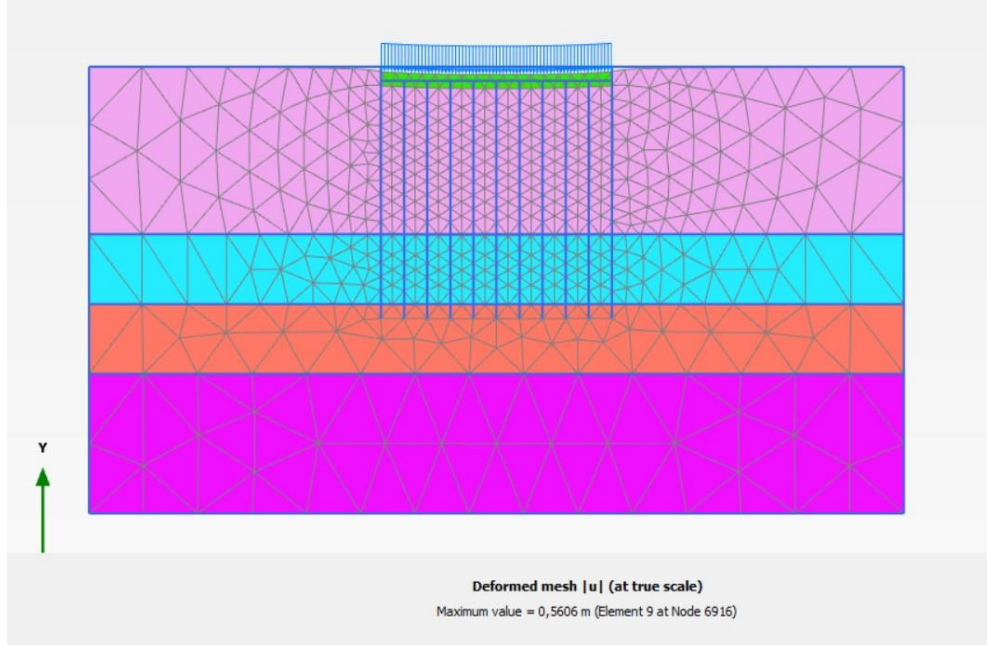
Tablo 2 Yayılı Temel Parametreleri [10].

Malzeme	Zeme Modeli	Enaj Durumu	ρ (kN/m ³)	E (GPa)	ν
Yayılı Temel	Linear Elastik	Geçirimsiz	24	30	,2

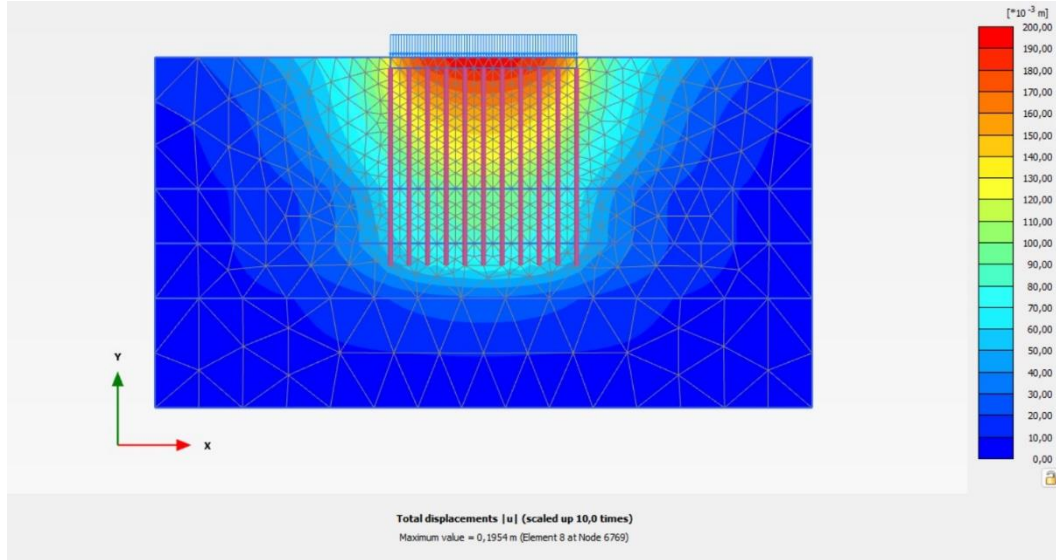
Bu çalışmada zeminin statik durumu ve herhangi bir zemin iyileştirme yöntemine başvurmadan zeminin analizleri yapılmış daha sonra temel altında 1.5 m aralıklarla 18 m uzunluğunda Kazık, Jet Grout ve DKK yöntemleri kullanılarak temel altında rijit kolonlar oluşturulmuştur. Rijit kolonların tanımlanabilmesi için Tablo 3.'teki parametrelerden faydalanılmıştır.

Tablo 3 Rijit Kolonlara Ait Parametreler [9]

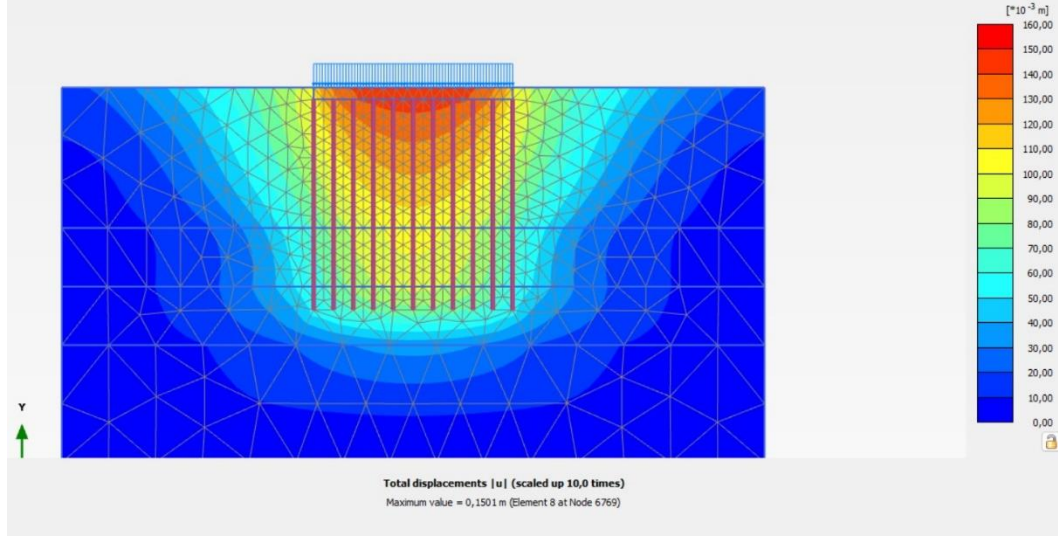
Malzeme	MPa)	kN/m ³)	ρ (m)	Yüklenme Direnci f_s (kN/m)	Direnci Q_g (kN)
DKK	165	22	0,5	65	160
Grout	300	24	0,6	784,3	229
Kazık	0000	24	0,6	784,3	229



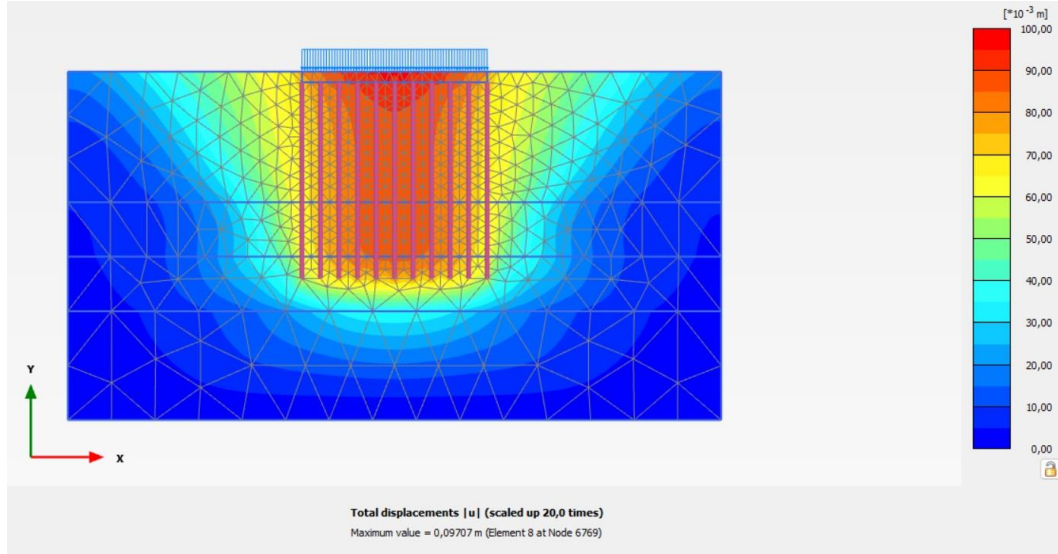
Şekil 5 Yumuşak Zemin Tabakalarında İyileştirme Yapılmamış Durumda



Şekil 6 DKK kolonları ile İyileştirme Yapılmış Durum



Şekil 7 Jet Grout kolonları ile İyileştirme Yapılmış Durum



Şekil 8 Kazık ile İyileştirme Yapılmış Durum

Sonuçlar

Bu çalışmada yumuşak zemin tabakalarının dayanım-şekil değiştirme durumlarının incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Zemin herhangi bir iyileştirme yapılmadan sonlu elemanlar yöntemi çözülmüş ve toplam oturma değeri 56,06 cm olarak hesaplanmıştır. DKK, Jet Grout ve Kazık gibi zemin iyileştirme yöntemleri kullanılarak zemin içerisinde rijit kolonlar oluşturularak, toplam oturma değerleri azaltılmaktadır;

- I. DKK rijit kolonların uygulanmasında 19,54 cm
- II. Jet Grout rijit kolonların uygulanmasında 15,10 cm

III. Kazık yapısal elemanların uygulanmasında 9,71 cm

Olarak hesaplanmıştır. Yapılan sonlu elemanlar analizinde en iyi performans değerine yapısal eleman olan kazık uygulaması ile elde edilmiştir. Ani ve aşırı oturmaların meydana geldiği zemin tabakalarında her üç yöntemde başarılı sonuçlar vermektedir.

Referanslar

- [1] Erol O, Bayram Ç. Jet Enjeksiyon Yöntemi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. Ankara, 2018.
- [2] Dehghanian K, Ahmed K. Taş Kolonların Performans Analizi, ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2019, 1(2):60-69.
- [3] Erol O, Bayram Ç. Vibro-Zemin İyileştirme Yöntemleri Vibro Sıkıştırma ve Taş Kolonlar, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. Ankara, 2016.
- [4] Alkaya D, Yeşil B, Kazık Temellerin Bilgisayar Destekli Analizi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi.
- [5] <https://www.insaatim.com/fore-kazik-uygulamasi/>
- [6] PLAXIS, User Manual. 2D, (Edited by Brinkgreve, R.J.B.), Delft University of Technology & PLAXIS, 2002; The Netherlands.
- [7] Zienkiewicz O. C. The finite element method. Maidenhead, England: 1977; McGraw Hill.