

VAKA ANALİZİ: FINDIK KIRMA VE ELEME TESİSİ ZEMİN İYİLEŞTİRME PROJESİ

A CASE STUDY: SOIL IMPROVEMENT PROJECT FOR A HAZELNUT CRACKING AND SELECTION FACILITY

ALP GÖKALP¹, ŞENOL ADATEPE², AHMET DİNÇ³

ÖZET

Bu bildiri, Düzce İli, Çilimli İlçesi'nde inşaatı tamamlanan Fındık Kırma Tesisi Projesi kapsamında laboratuvar, numune alma istasyonu, su depoları, pompa odası ve güvenlik binası için yapılan zemin iyileştirme ve derin temel projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sunulmaktadır. Yer altı seviyesinin zemin yüzeyinden yaklaşık 1,0 metre derinde olduğu sahada imalatlar, derin alüvyon dolgu malzemesi, kil, siltli kum ve kumlu çakıllardan oluşan birimlerde gerçekleştirilmiştir. Yapılan saha araştırmalara göre bu çökellerin kalınlığı yaklaşık 260 m olarak ölçülmüştür. Bu çalışma kapsamında, proje sahasında gerçekleştirilen derin karıştırma kolonu (DSM), taş kolon ve fore kazık imalatlarına ait detaylar sunulmuştur. Bunlara ilave olarak projede izlenen yoğun kalite kontrol test programına ait detaylar da sunulmuştur. Kalite kontrol test programı kapsamında, 2 adet fore kazık yükleme deneyi, 29 adet taş kolon üzerinde plaka yükleme deneyi, 32 adet koni penetrasyon (CPT) deneyi, 436 adet kolon süreklilik deneyi (PIT), 8 adet DSM kolonları ile iyileştirilen temelde alan yükleme deneyi, 15 adet DSM kolonundan toplam 45 adet ıslak numune, 15 adet DSM kolonundan tam boy karot numunesi ve numunelere ait tek eksenli basınç mukavemeti deneyi gerçekleştirilmiş ve sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite kontrol testi, kazık yükleme testi, alan yükleme testi, taş kolon, derin zemin karıştırma (DSM).

¹ İnş.Yük. Müh, KASKTAŞ, alp.gokalp@kasktas.com.tr (Sorumlu yazar)

² İnş.Yük. Müh, KASKTAŞ, senol.adatepe@kasktas.com.tr

³ İnş.Yük. Müh, KASKTAŞ, ahmet.dinc@kasktas.com.tr



ABSTRACT

This paper presents the endeavors undertaken as part of the soil improvement and deep foundation project for various facilities, including the laboratory, sampling station, water tanks, pump room, and security building within the Hazelnut Cracking Facility Project, located in Duzce Province, Cilimli District. The groundwater level in this area is approximately 1.0 meters below the ground surface. All construction works were carried out in a deep alluvial material, consisting of clay, silty sand, and sandy gravel layers. A detailed site investigation study shows that the thickness of these alluvial sediments was measured as approximately 260 m. Within the scope of this study, details of deep soil mixing (DSM), stone columns, and bored piling works are presented. In the study, details of the extensive quality control test program followed in the project, as well as the production diversity within the scope of the project, are also presented. Within the scope of the quality control test program, 2 bored pile loading tests, 29 plate loading tests on stone columns, 32 cone penetration tests (CPT), 436 pile integrity tests (PIT), and 8 zone loading tests on the foundation were improved with DSM columns. A total of 45 wet samples from 15 DSM columns, full-length core samples from 15 DSM columns, and uniaxial compressive strength tests of the samples were carried out, and the results were presented.

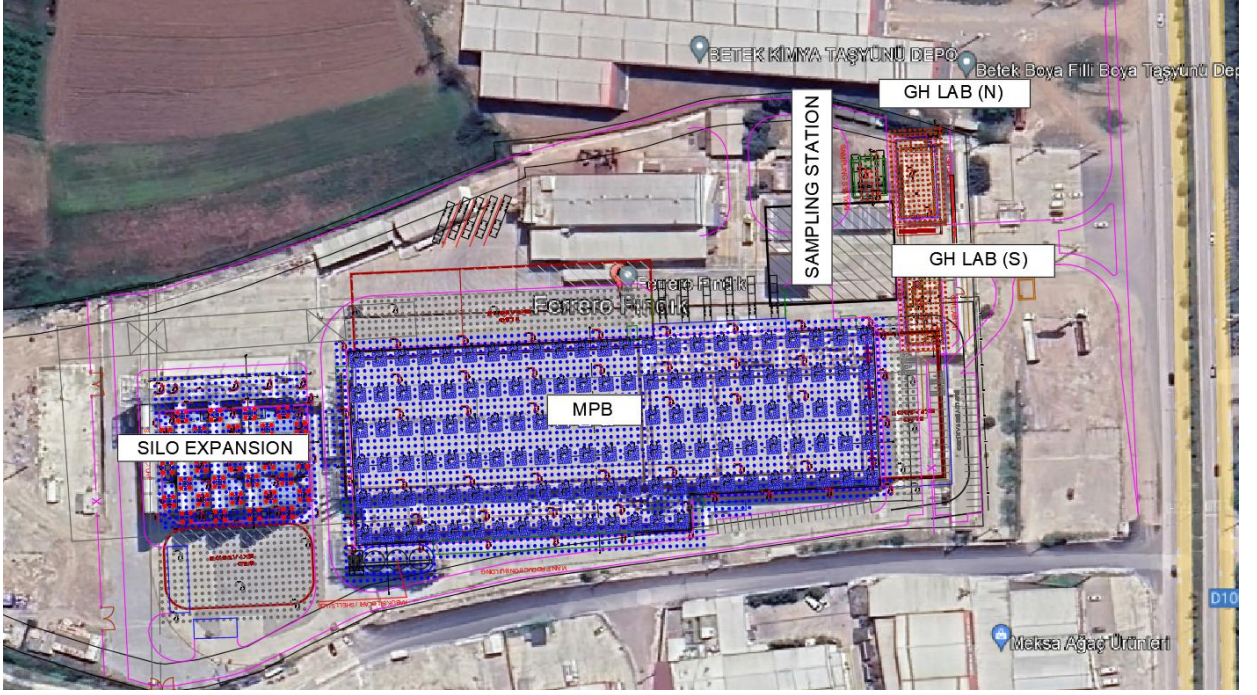
Keywords: Quality control test, pile load test, zone loading test, stone column, deep soil mixing (DSM).

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, Düzce ili'ne bağlı Çilimli ilçesi'nde yer alan Fındık Kırma ve Eleme Tesisi projesinin yapılan çalışmaları detaylandırılmıştır. Çilimli, Düzce ilinin Karadeniz bölgesindeki bir ilçesidir ve Düzce il merkezine 15 km uzaklıktadır. İlçe, Düzce Ovası'nın kuzey yamacında dağlık bir alanda konumlanmış olup, yaklaşık olarak yarısı dağlık ve düz arazilerden oluşmaktadır. Çilimli'nin deniz seviyesinden yüksekliği 222 metre olup, rakım kuzeye doğru artmaktadır. İlçenin yüzölçümü ise 63,8 km²'dir.

Proje sahasında altı farklı yapı bulunmakta olup, her birinin altında farklı zemin iyileştirme uygulamaları yer almaktadır. Bu yapılar şunlardır: Silo, Ana Bina (MPB), GH Lab (N), GH Lab (S), Kabuk Silo ve Numune İstasyonu (Sampling Station). Tüm yapıların altında, çapları 80 cm; boyları 7.50 m ile 16 m arasında değişen 2917 adet taş kolon bulunmaktadır. Silo bölgesinde ise taş kolonlara ilave olarak, çapları 120 cm; boyları 33 m olan 124 adet fore kazık bulunmaktadır. Ana bina bölgesinde ise çapları 100 cm olan 3120 adet DSM kolonu mevcuttur. Proje sahasının genel yerleşim planı Şekil 1'de gösterilmiştir.

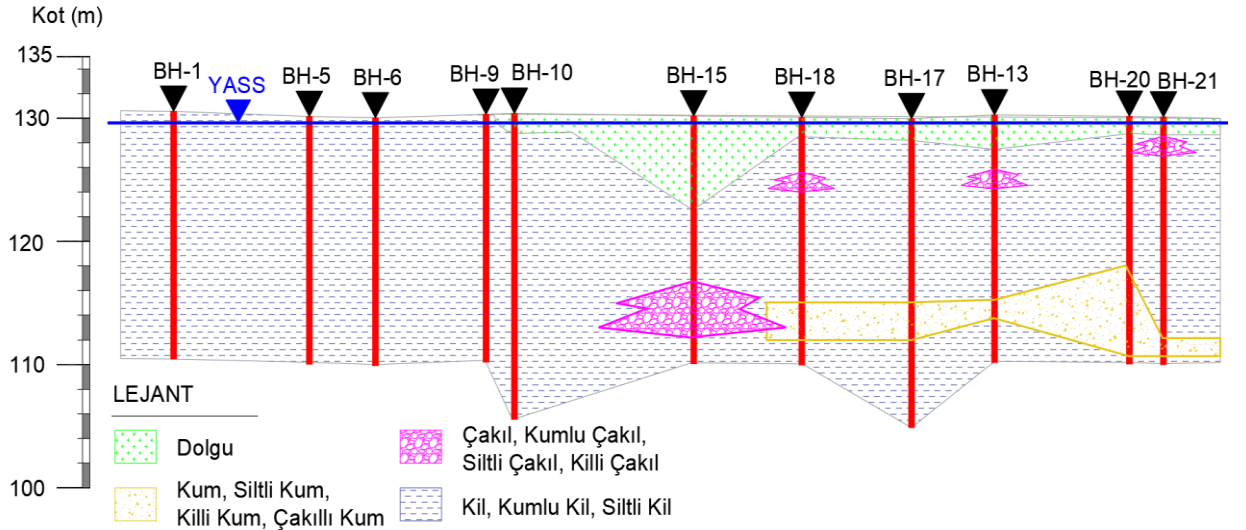




Şekil 1. Proje genel yerleşim planı

2. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Çilimli ilçesi, Çayçuma formasyonu içerisinde kısmen ana kayaya sıkışmış eski alüvyon yelpazesi üzerinde yer almaktadır. Akarsular boyunca alüvyon birimlerden oluşmuştur. İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gözlenmekte olup ince taneli, çakıllı, kumlu, siltli, killi, yanal ve düşey geçişler gözlenmiştir. İdealize zemin profili Şekil 2'de verilmiştir.

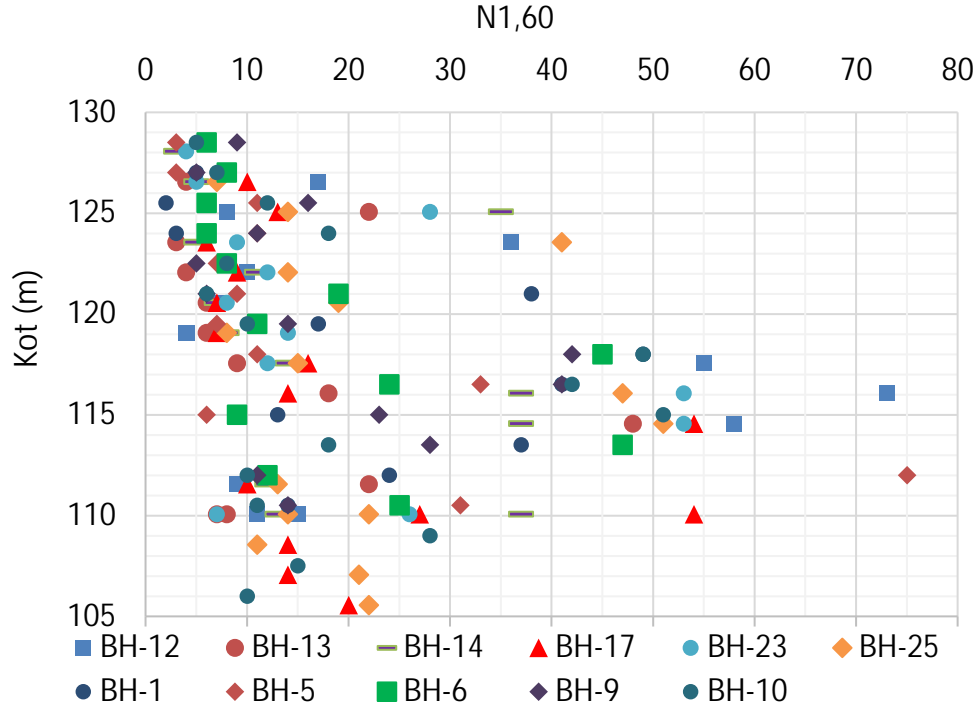


Şekil 2. İdealize zemin profili

Düzce Havzasını dolduran kırıntılı çökellerin tamamı (Pleyistosen-Holosen) çakıl-kum-silt ve kil birimlerinden oluşmaktadır. Havza kenarlarında az miktarda moloz veya yamaç molozu



dışında alüvyon ve göl alanlarında depolanan kırıntılı çökellerin de gözlemlendiği görülmektedir. Sondajlarda kum, çakıllı kum, siltli kum, siltli kum, kil, siltli kil, kumlu kil ve silt birimlerine ait alüvyon çökellerine rastlanmaktadır. SPTN_{1,60} değerlerinin derinlik ile değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. SPTN_{1,60} değerlerinin derinlik ile değişimi

Saha ve laboratuvar testleri birlikte değerlendirilerek elde edilen geoteknik tasarım parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

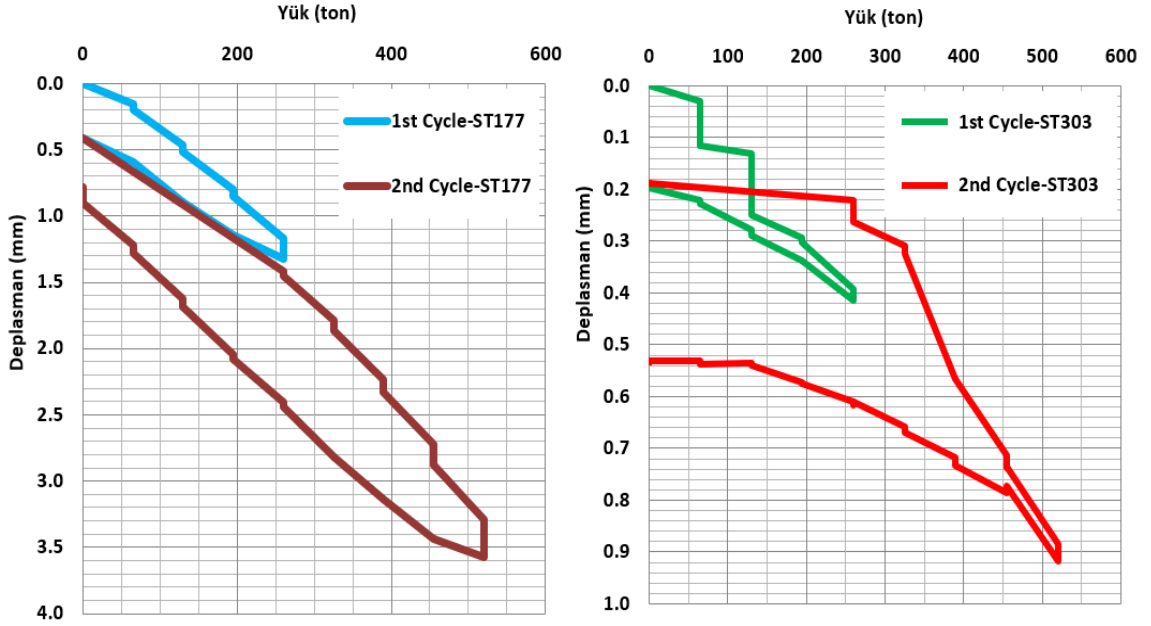
Tablo 1. Zemin tabakalarına ait geoteknik parametreler

Derinlik	Tabaka	γ kN/m ³	ϕ °	c' kPa	c_u kPa	E' kPa	E_u kPa	Poisson oranı
0.0-1.5	Dolgu	19	30	1	-	5,000	7,500	0.30
1.5-4.5	Kil-2	19	24	9	85	8,500	17,000	0.40
4.5-6.0	Siltli Kum-2	19	35	1	-	17,000	-	0.30
6.0-9.0	Kil-1	19	24	5	48	4,500	10,000	0.40
9.0-10.5	Siltli Kum-3	19	30	1	-	5,900	-	0.35
10.5-20.0	Kil-3	19	24	14	140	11,000	31,000	0.40



3. KAZIK YÜKLEME TESTLERİ

Silo yapısı altında yer alan, 1200 mm çapında ve 33 m boyundaki temel altı kazıkların kapasitelerinin doğrulanması amacıyla, iki adet statik yük testi uygulanmıştır. Yükleme prosedürü olarak, ASTM-D1143 hızlı yükleme prosedürü (Quick load test) izlenmiştir. Kazıklar, servis yüklerinin iki katına (%200, 520 ton) kadar yüklenmiştir. Her iki test için yük deplasman grafiği Şekil 4'de verilmiştir.



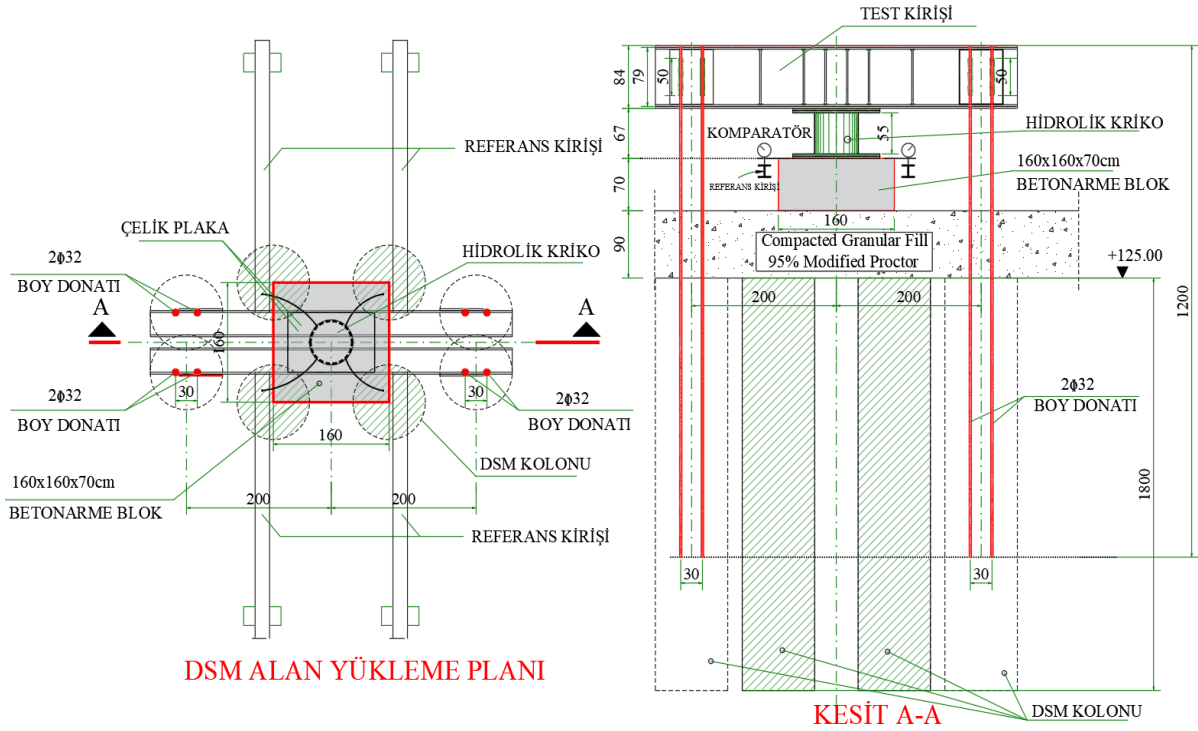
Şekil 4. ST177 ve ST303 statik yük testi – yük – deplasman grafiği

Statik yükleme testi neticesinde, ST-177 numaralı 1200 mm çapındaki test kazığında 0,80 mm kalıcı deplasman ve 2,80 mm elastik deplasman elde edilmiştir. ST-303 numaralı 1200 mm çapındaki test kazığında ise 0,50 mm kalıcı deplasman ve 0,40 mm elastik deplasman elde edilmiştir.

4. ALAN YÜKLEME TESTLERİ

Ana üretim binasının temel tasarımı 1000 mm çapında ve 18.0 ile 20.0 metre uzunluğundaki DSM kolon kapasitelerinin doğrulanması amacıyla, her bir ayakta dört adet DSM kolonu bulunan toplam 8 adet (1, 2, 24, 30, 67, 68, 124 ve 125 numaralı) temel alanı üzerinde alan yükleme testi yapılmıştır. DSM kolonları üzerinde yapılan alan yükleme testi için statik yükleme planı ve yükleme kesiti Şekil 5'te verilmiştir.

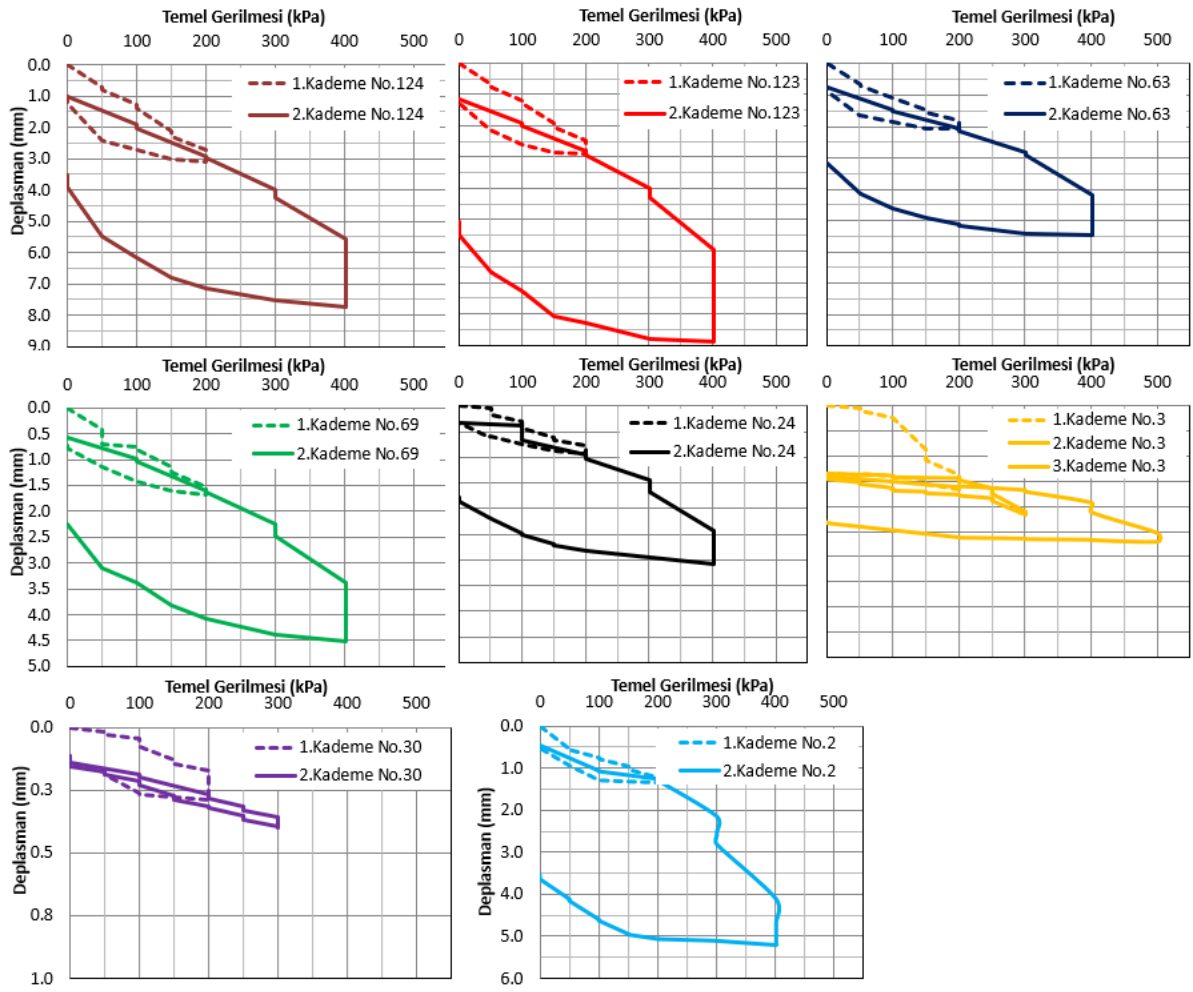




Şekil 5. Alan yükleme testi, test sistemi

DSM alan yükleme testleri, temel ayakları için belirlenen gerilme değerleri altında gerçekleştirilmiştir (300 kPa = 1.5x200 kPa). Yükleme işlemi, 1.60 x 1.60 x 0.70 metre boyutlarındaki betonarme bir kafa üzerinde yapılmıştır. 3 numaralı temel üzerinde gerçekleştirilen alan yükleme testi, diğer yedi temelden farklı olarak 3 kademe ve 500 kPa test yükü olarak gerçekleştirilmiştir. Alan yükleme testleri, farklı DSM kolon uzunluklarına (L=18m ve L=20m) sahip iki farklı tip temel alanında tamamlanmıştır. Her iki test sistemi de maksimum tasarım basıncının 2 katına kadar yükleme gerçekleştirilmiştir (No.3 tasarım basıncının 2.5 katına). Sekiz adet statik alan yükleme sonuçları incelendiğinde, maksimum yükteki oturma değerlerinin 9,0 mm'den düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, maksimum kalıcı oturma 123 numaralı temelde 5,0 mm olarak gerçekleşmiştir. Sekiz temelde gerçekleştirilen alan yükleme testlerine ait gerilme-deplasman eğrileri Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6. Alan yükleme testleri gerilme-deplasman grafikleri

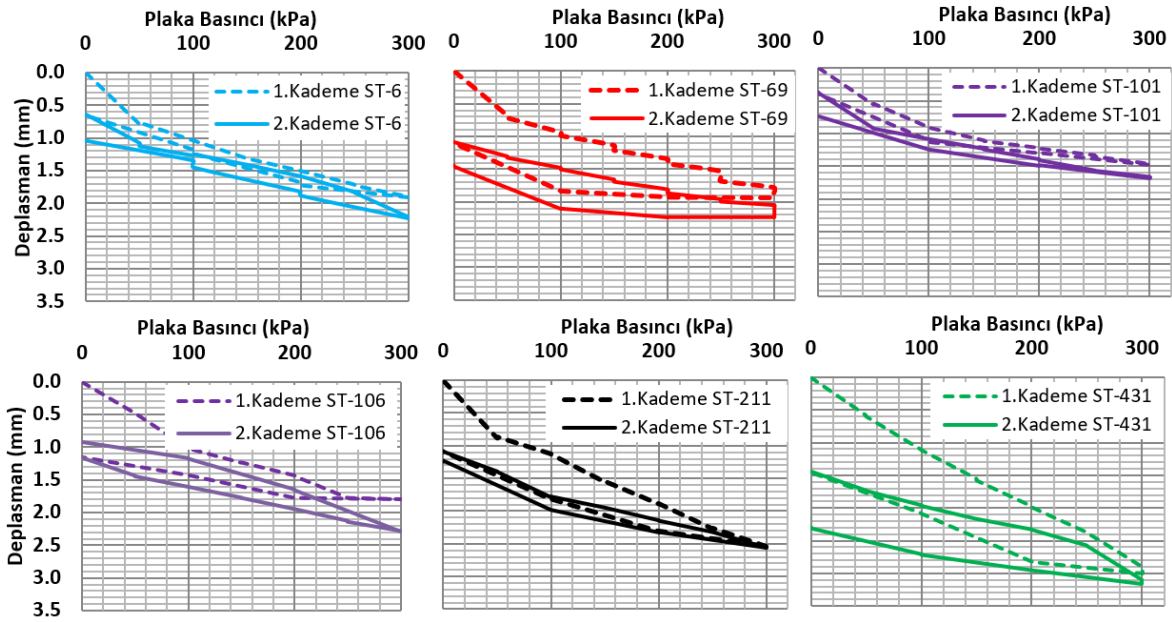
5. PLAKA YÜKLEME TESTLERİ

Silo yapısı altında yer alan 800 mm çapındaki taş kolonların kapasitelerinin doğrulanması amacıyla, 6 adet plaka yükleme testi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Maksimum temel yükü olarak tanımlanan yüklere göre yapılan plaka yükleme testleri, 300 kPa (1,5x200 kPa) gerilme altında yapılmıştır. Yükleme 0,54 m çapındaki çelik plaka üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Plaka yükleme testinin sonuçları üç kriter kullanılarak değerlendirildi.

- Tasarım yükü altında oluşacak oturma miktarının 10 mm'yi geçmemesi,
- $E_{v2}:E_{v1}$ oranının 3'ten küçük veya eşit olması,
- E_{v2} 'nin minimum değeri 50.000 kPa'dan az olması kabul kriteri olarak kullanılmıştır.





Şekil 7. Plaka yükleme testleri gerilme-deplasman grafikleri

Test sonuçlarının özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Plaka yükleme testleri özeti

Test No.	$E_{v,1}$ (MPa)	$E_{v,2}$ (MPa)	$E_{v,1} / E_{v,2}$	Tasarım gerilmesi altında maksimum deplasman (mm)	Değerlendirme
ST-481	46.00	106.00	2.30	2.34	✓
ST-6	87.00	121.00	1.39	1.59	✓
ST-211	55.00	103.00	1.87	2.15	✓
ST-101	120.00	129.00	1.08	1.41	✓
ST-69	98.00	122.00	1.24	1.87	✓
ST-106	82.00	119.00	1.45	1.94	✓
Ortalama		116.67	1.56	1.88	

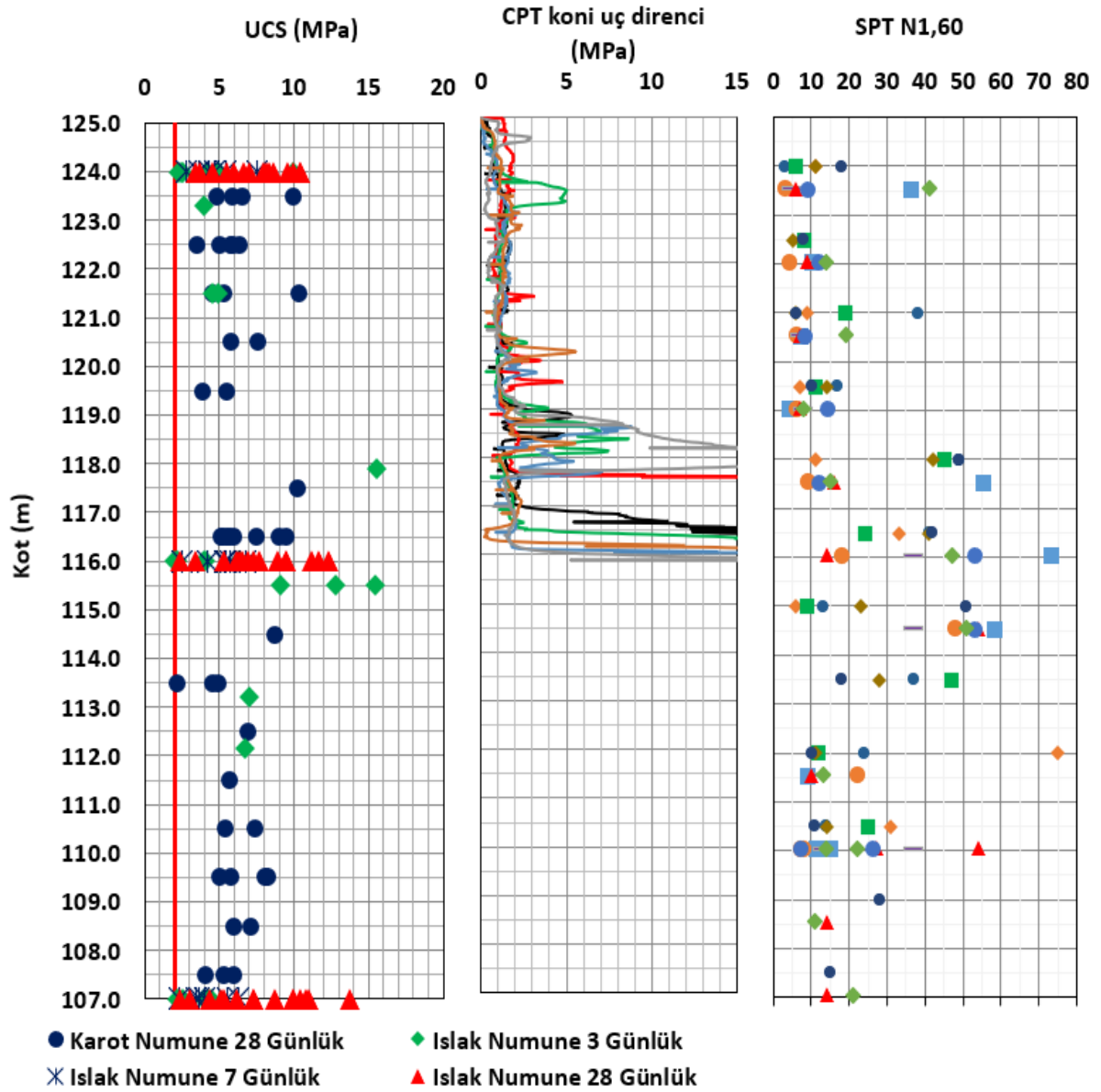
Silo yapısı altında gerçekleştirilen tüm plaka yükleme testleri, tasarım kriterlerini karşılamıştır.

6. DERİN KARIŞTIRMA KOLONU (DSM) KIRIM SONUÇLARI

DSM kolon uygulamaları iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla deneme kolonları ve proje kolon imalatlarıdır. Proje kapsamında, 3900 adet 100 cm çapında boyları 18.0 m olan DSM kolonu tamamlanmıştır. Kolon boyları temel üst kotundan itibaren yaklaşık 18.0 metre derinde başlayan katı kil tabakasına göre belirlenmiştir. Kalite kontrol test programı kapsamında, 15 adet DSM kolonundan toplam 45 adet ıslak numune, 15 adet DSM



kolonundan tam boy karot numunesi alınmıştır. Alınan DSM kolon numuneleri üzerinde tek eksenli basınç mukavemeti deneyleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. DSM karot ve ıslak numune tek eksenli basınç mukavemetini derinlik ile değişimi

Derinlik boyunca alınan numunelerin tek eksenli basınç mukavemetleri 2 ile 15 MPa arasında değişmektedir.



7. SONUÇLAR

Düzce ili Çilimli ilçesi'nde gerçekleştirilen Fındık Kırma ve Eleme Tesisi Projesi, zemin iyileştirme ve derin temel mühendisliği alanında önemli bir uygulama örneğidir. Proje kapsamında başarılı bir şekilde gerçekleştirilen derin karıştırma kolonu (DSM), taş kolon ve fore kazık uygulamaları, detaylı saha araştırmaları ve kalite kontrol test programları ile desteklenmiştir.

DSM kolonları, taş kolonlar ve fore kazıklar kullanılarak yapılan zemin iyileştirme çalışmaları, hedeflenen taşıma kapasitesine ve proje gerekliliklerine ulaşmada başarılı olmuştur. Gerçekleştirilen 2 adet fore kazık yükleme testi, 29 adet taş kolon üzerinde plaka yükleme testi, 32 adet koni penetrasyon (CPT) testi ve 436 adet kolon süreklilik testi (PIT) gibi kapsamlı kalite kontrol testleri, yapılan iyileştirme çalışmalarının etkinliğini doğrulamıştır.

Silo ve diğer yapıların temelleri altında yapılan statik yükleme testleri, projede öngörülen tasarım kriterlerini karşılamıştır. Özellikle DSM kolonları üzerinde yapılan alan yükleme testleri, beklenen oturma değerlerinin altında sonuçlar vermiştir. DSM kolonlarından alınan numunelerin tek eksenli basınç mukavemetleri (3-7-28 günlük) 2 ile 15 MPa arasında değiştiği, 28 günlük ortalama basınç mukavemetinin 6.83 MPa olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bahis konusu projede farklı zemin iyileştirme ve derin temel mühendisliği uygulamaları kullanılmıştır. Bu imalatlar sahada uygulanan yoğun ve kapsamlı kalite kontrol testlerinin neticesinde, iş programına uygun, yüksek kalitede ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- ASTM-D1143_07 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load.
- BS EN 14679:2005: Execution of special geotechnical works —Deep mixing.
- BS EN ISO 22477-1 :2018: Geotechnical investigation and testing. Testing of geotechnical structures. Testing of columns: static compression load testing.
- EN 1997-1: Geotechnical Design – General Rules.
Project and Technical Specification.
- The Federation of Piling Specialists, In Association with BGA, Institution of Civil Engineers - ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls, 2nd Edition-Thomas Telford Publishing (2007).
- TS EN 14731: Execution of special geotechnical works - Ground treatment by deep vibration.
- TS 5744: Determination of bearing capacity of soils in-situ by plate loading test.
- TS EN 1536+A1: Execution of special geotechnical works: Bored Piles.
- ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls, 2nd Edition-Thomas Telford Publishing (2007).

