

1915 ÇANAKKALE KÖPRÜSÜ AVRUPA YAKLAŞIM VİYADÜĞÜ ZEMİN İYİLEŞTİRME PROJESİ

1915 ÇANAKKALE BRIDGE EUROPEAN APPROACH VIADUCT SOIL IMPROVEMENT PROJECT

Rasin DÜZCEER¹, Alp GÖKALP², ŞenolADATEPE³, Ahmet DİNÇ⁴

ÖZET

Avrupa ile Asya'yı beşinci kez birine bağlayan 1915 Çanakkale köprüsü, 2023 metre orta açıklığı ile dünyanın en uzun açıklıklı asma köprüsüdür. Proje kapsamındaki Avrupa yaklaşma viyadüğü 365 m uzunluğundadır. Köprü ayaklarının oturduğu temellerin, deprem yükleri altında sıvılaşmaya karşı güvenliğininin sağlanması ve dinamik yükler altında zeminde oluşacak yanal zemin hareketlerin kısıtlanması amacıyla derin zemin iyileştirme ve derin temeller teşkil edilmiştir. Bu bildiri de Avrupa yaklaşım viyadüğü, zemin iyileştirme projesi kapsamında yapılan DSM (Derin Karıştırma Kolonu) imalatlarına ait detaylar ve kalite kontrol testlerinin sonuçları anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirme, Derin zemin karıştırma, Sıvılaşma.

ABSTRACT

The 1915 Çanakkale Bridge, which connects Europe and Asia for the fifth time, is the world's longest suspension bridge with a middle span of 2023 meters. The European approach viaduct within the scope of the project is 365 m long. Deep soil improvement and deep foundations have been established in order to ensure the safety of the foundations on which the bridge piers sit against liquefaction under seismic loads and to limit the lateral ground movements that will occur on the ground under dynamic loads. In this paper, the details of the DSM (Deep Soil Mixing) productions and the results of the quality control tests will be presented within the scope of the European approach viaduct, soil improvement project.

Keywords: Soil improvement, Deep soil mixing, Liquefaction.

¹ Ph. D. C.E., Kasktas A.S., rasin.duzceer@kasktas.com.tr

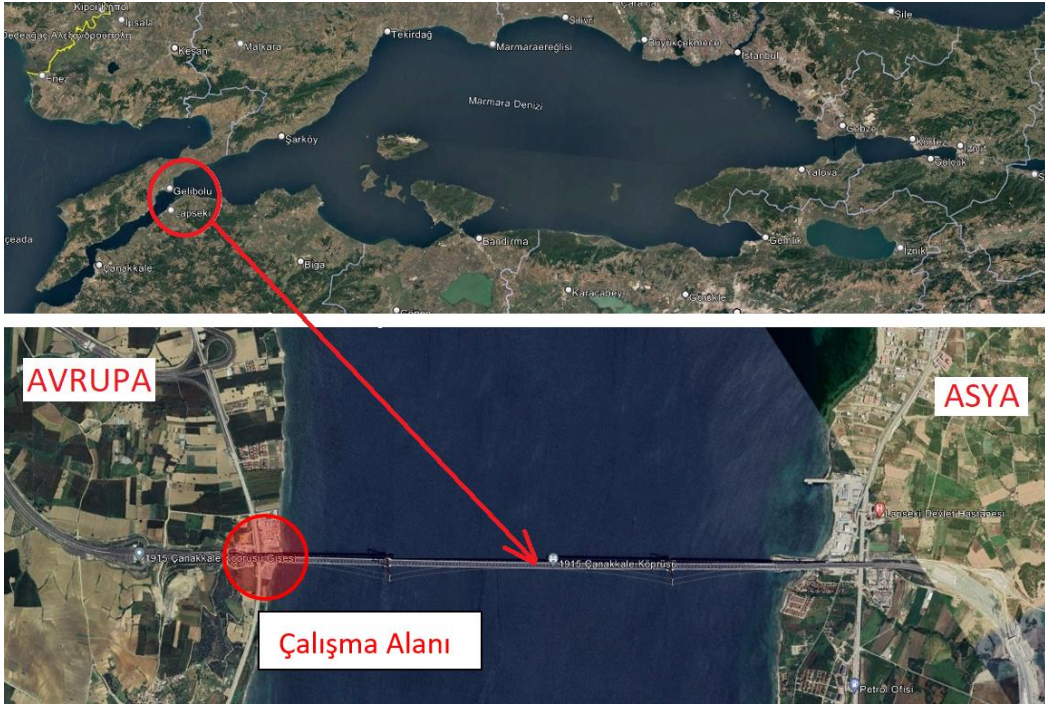
² MS. C.E., Kasktas A.S. , alp.gokalp@kasktas.com.tr

³ MS. C.E., Kasktas A.S. , senol.adatepe@kasktas.com.tr

⁴ MS. C.E., Kasktas A.S. , ahmet.dinc@kasktas.com.tr

1. GİRİŞ

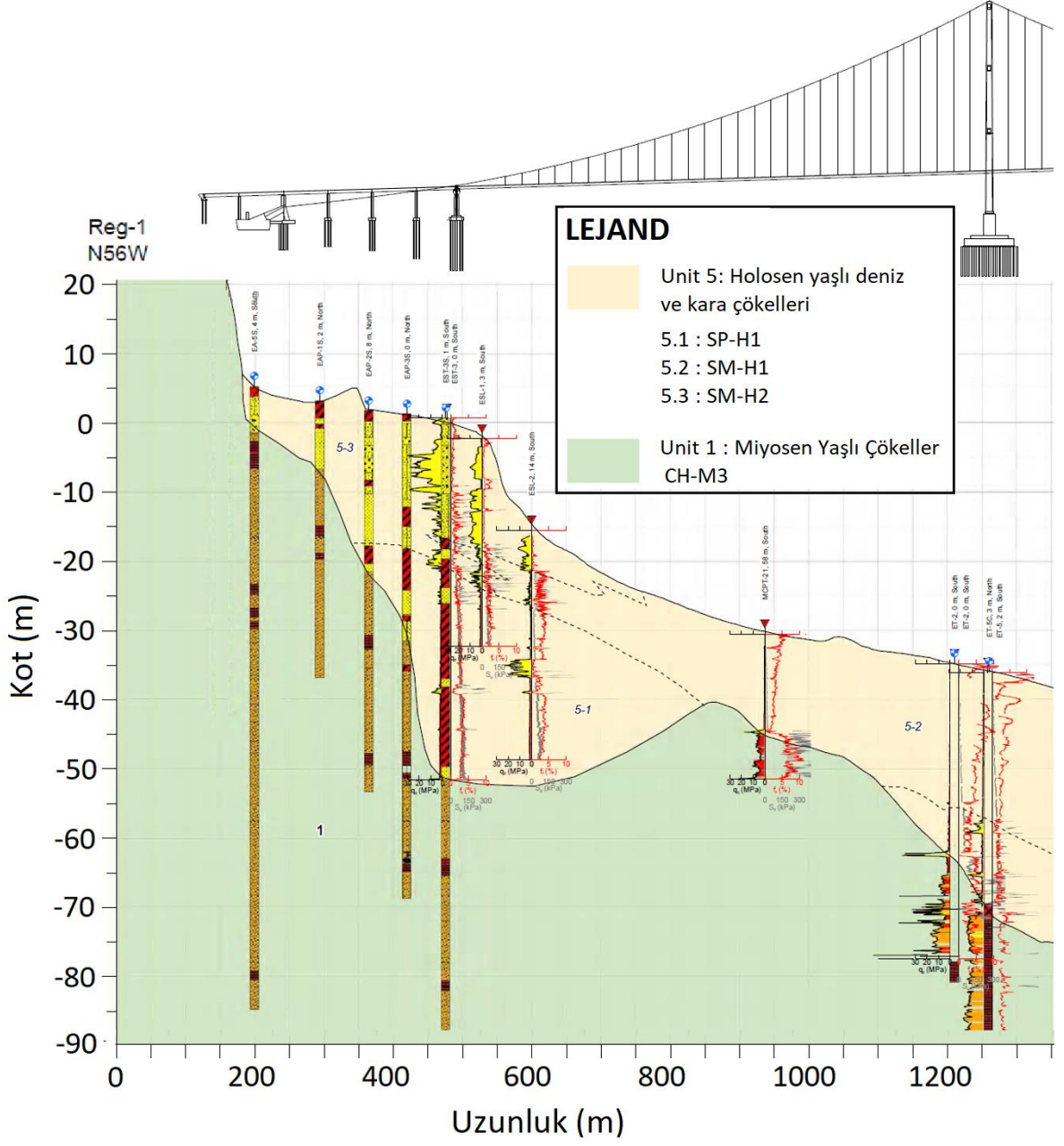
Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun yüzüncü yıl dönümü anısına 2,023 metre ana açıklığa sahip 1915 Çanakkale Köprüsü, Japonya'daki Akashi Kaikyo Köprüsü'nü geçerek dünyanın en büyük orta açıklıklı asma köprüsü olmuştur. 1915 Çanakkale Köprüsü; 2023 metre orta açıklık, 770'er metre yan açıklıklar ve 365 ve 680 metrelik yaklaşım viyadükleri ile toplam 4.608 metre uzunluğundadır. 1915 Çanakkale Köprüsü'nün Asya yakasındaki (Lapseki) yaklaşım viyadüğü 680 metre, Avrupa yakasındaki (Gelibolu) yaklaşım viyadüğünün ise 365 metre uzunluğundadır. Yapılan detaylı zemin araştırmaları sonucunda hem Asya hem de Avrupa yakası yaklaşım viyadüklerinin Holosen yaşlı derin alüvyon çökeller üzerine oturacağı belirlenmiştir. Köprü tasarımı 50 yılda aşılma olasılığı %2, tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan DD-1 deprem yer hareketi dikkate alınarak yapılmıştır. Bu denli büyük bir deprem hareketinde, her iki yakada yer alan yaklaşım viyadüklerinin temel zeminini oluşturan Halosen yaşlı alüvyon çökellerde sıvılaşma potansiyelinin oldukça yüksek olması nedeniyle detaylı zemin iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu bildiride Avrupa Yakası (Gelibolu) yaklaşım viyadükleri temellerinde, sıvılaşmaya karşı güvenliğin sağlanması amacıyla Derin Karıştırma (Deep Soil Mixing, DSM) kolonları ile yapılan zemin iyileştirme işleri kapsamında yapılan çalışmalar ve deney sonuçları özetlenmiştir. Çalışma alanının uydu fotoğrafı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Proje alanı uydu görüntüsü

2. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanında Fugro(Ref1, Ref2) tarafından detaylı zemin araştırmaları yapılmıştır. Derinlikleri 30-70 m arasında değişen 4 adet sondaj ve derinlikleri 10.6 m-35.70 m arasında değişen 6 adet CPT deneyi yapılmıştır. Zemin sınıflandırması CPT deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak Robertson 1990 sınıflandırma grafiği kullanılarak yapılmıştır. İdealize zemin profili Şekil 2 'de, tabakalara ait geoteknik parametreler ise Tablo 1'de verilmiştir.



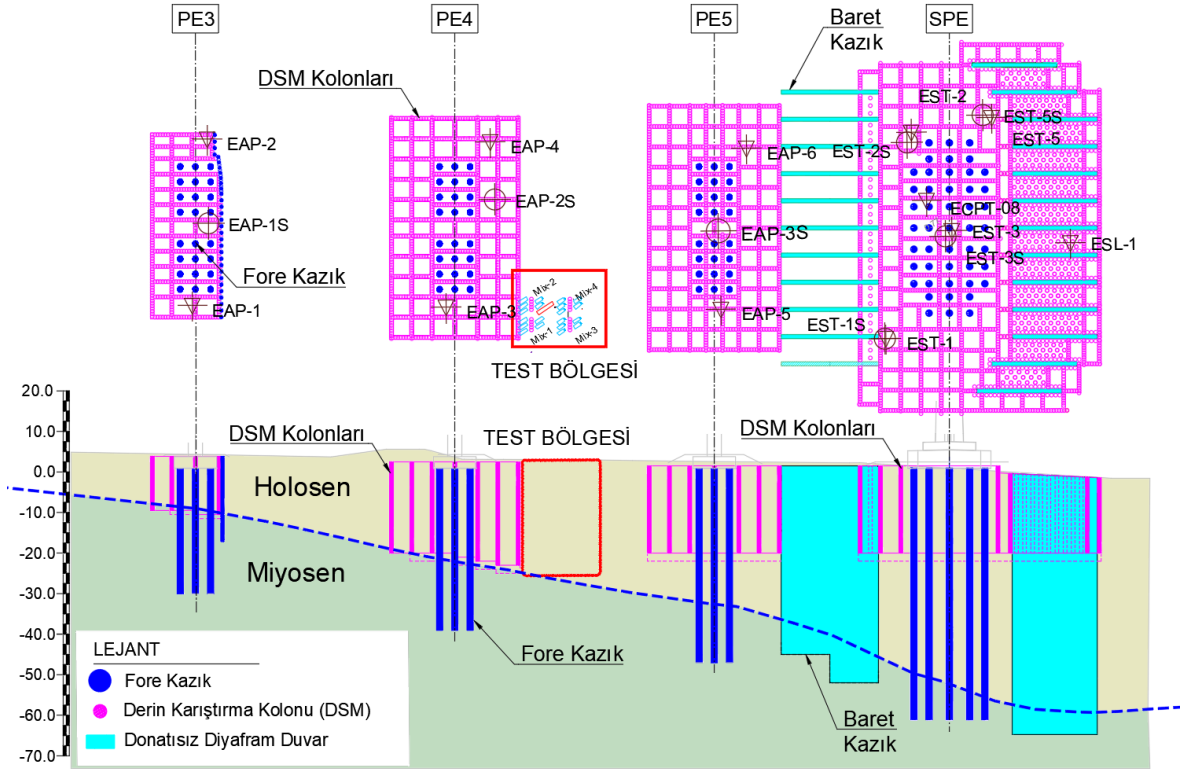
Şekil 2. İdealize zemin profili

Tablo 1. Zemin tabakalarına ait geoteknik parametreler

Zemin Tipi	γ [KN/m ³]	w [%]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	E [MPa]	C_c [-]	C_r [-]	k [m/s]	v_u
Holosen										
SP-H1	19.0	16.5	35	0	-	27.5	-	-	0.001	0.5
SM-H1	18.0	30.0	30	0	-	7.5	-	-	1.60E-05	0.5
SM-H2	18.2	25.4	33	0	-	17.5	-	-	2.50E-05	0.5
Miyosen										
CH-M3	22.7	9.9	40	40	500	-	-	0.008	-	0.5

3. ZEMİN İYİLEŞTİRME PROJESİ

Proje kapsamında, yaklaşım viyadükleri ayakları altında çapı 1500mm olan boyları 26m-60m arasında değişen Fore kazıklar ve zemin iyileştirmesi amacıyla 44-54 metre arasında değişen donatısız diyafram duvarlar yapılmıştır. Bununla birlikte deniz kıyısına yakın kule ve yaklaşım viyadüklerinin olduğu bölgede deniz içi dolgu alanı oluşturulmuştur. Bu alanın oluşturulduğu dolgu ve alanın altındaki zeminde sıvılaşmaya karşı derinlikleri 15-25 m arasında değişen hücresel olarak kapalı kutu şeklinde, kesişen DSM kolonları ile zemin iyileştirmesi yapılmıştır. Yapılan imalatların genel yerleşim planı ve tipik kesiti Şekil 3'te verilmiştir (Ref.3)



Şekil 3. Proje sahasının zemin iyileştirme uygulamaları yerleşim planı ve tipik kesiti (Ref3)

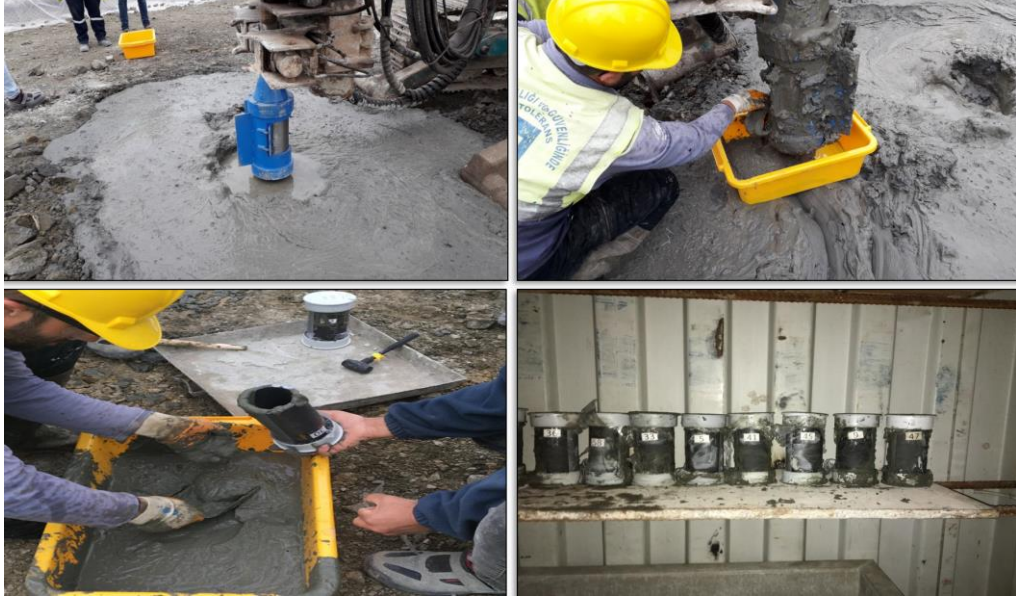
4. TAM ÖLÇEKLİ SAHA DENEYLERİ

Uygulamada kullanılacak DSM parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, Tablo 2'de verilen imalat parametreleri ve farklı çimento dozajlarından oluşan 4 farklı karışım oluşturulmuş ve her karışım için 5 adet olmak üzere toplam 20 adet kolon imal edilmiştir. Kolonların imalat parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme imatları için kullanılan imalat parametreleri

Karışım No.	Çimento Dozajı (kg/m ³)	w/c	N _d (rpm)	N _u (rpm)	V _d (m/min)	V _u (m/min)
1	250	1.0	50	55	1.0	3.0
2	300	1.0	50	55	1.0	3.0
3	350	1.0	50	55	1.0	2.1
4	400	1.0	50	55	1.0	1.8

Proje kapsamında belirlenen zemin profili dikkate alınarak, farklı imalat parametreleri ve/veya çimento oranıyla imal edilen her karışımdan ıslak numuneler alınmıştır. ıslak numune kotları CPT deneylerine göre belirlenen zemin profiline göre tabaka sınırları dikkate alınarak, sırasıyla; -3.0m,-13.0m, -21.0m ve -24.0m olarak belirlenmiştir. UCS (Tek Eksenli Basınç Mukavemeti) ve birim hacim ağırlık testi için her bir karışım ile imal edilen kolonlardan, yukarıda belirtilen her kotta, 8 adet numune özel olarak tasarlanmış ıslak numune alıcı kullanılarak alınmış ve alınan numuneler %100 bağıl nem ve sıcaklığın 20 ile 25 °C arasında olduğu bir laboratuvarında test edilinceye kadar muhafaza edilmiştir.



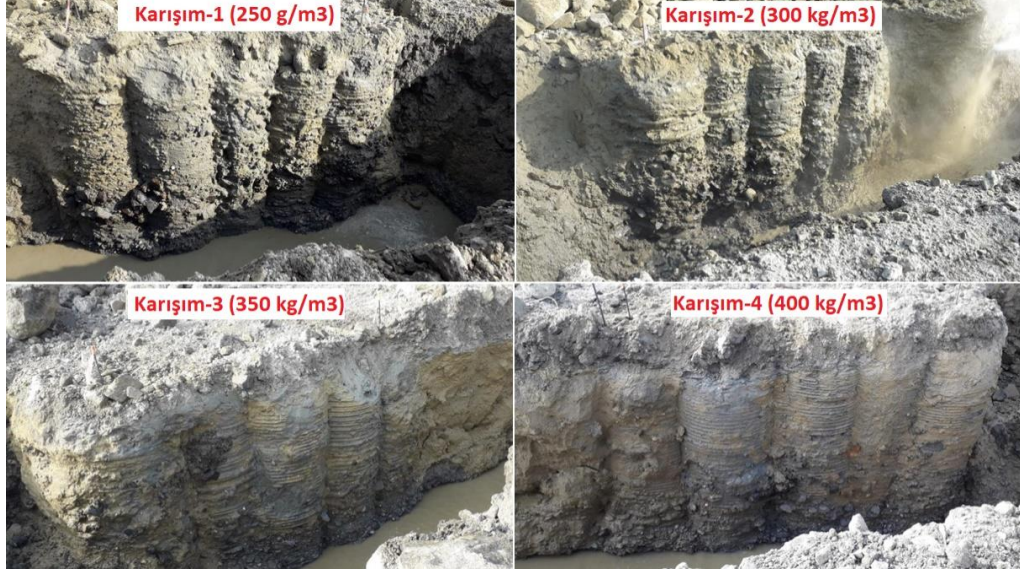
Şekil 4. ıslak numune alma işlemi

ıslak test numunelerinde yapılan testlerden elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

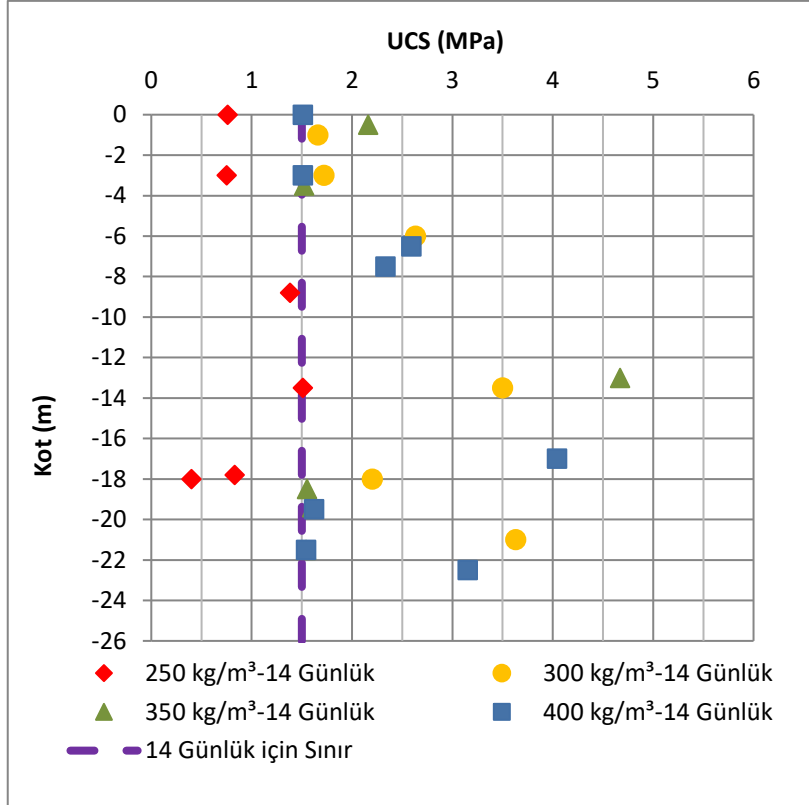
Tablo 3. ıslak Numune Test Sonuçları

Krş. No.	Çimento Dozajı (kg/m ³)	Kot (m)	B. Hacim Ağırlığı (kN/m ³)					Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (MPa)						
			3. Gün	7. Gün	14. Gün	Kriter	Knt.	3. Gün	7. Gün	14. Gün			Kriter	Knt.
										1	2	Ort.		
M1	250	-3.0	18.5	19.3	19.2	16.5	✓	-	-	1.0	0.8	0.9	1.5	✗
		-13.0	18.5	20.5	19.8	16.5	✓	2.4	5.1	4.3	4.4	4.4	1.5	✓
		-21.0	18.5	20.7	20.4	16.5	✓	2.5	4.8	6.6	7.3	7.0	1.5	✓
		-24.0	185.1	18.8	19.0	16.5	✓	0.7	1.2	1.7	2.4	2.0	1.5	✓
M2	300	-3.0	19.0	19.0	19.0	16.5	✓	1.2	1.7	2.4	2.5	2.4	1.5	✓
		-13.0	19.8	19.8	20.2	16.5	✓	1.2	2.6	5.1	5.9	5.5	1.5	✓
		-21.0	17.9	18.8	19.0	16.5	✓	1.2	1.0	1.8	1.9	1.9	1.5	✓
		-24.0	18.4	19.6	19.1	16.5	✓	1.4	1.8	1.4	1.5	1.5	1.5	✗
M3	350	-3.0	18.0	18.7	19.0	16.5	✓	1.2	1.5	2.2	2.0	2.1	1.5	✓
		-13.0	18.8	19.2	19.0	16.5	✓	1.2	2.3	2.3	2.4	2.3	1.5	✓
		-21.0	19.9	19.3	19.9	16.5	✓	4.8	5.8	8.3	7.2	7.7	1.5	✓
		-24.0	18.8	18.8	19.3	16.5	✓	1.3	2.3	2.8	2.5	2.7	1.5	✓
M4	400	-3.0	18.3	18.9	18.6	16.5	✓	1.3	1.9	2.7	2.3	2.5	1.5	✓
		-13.0	18.3	18.9	18.6	16.5	✓	-	2.2	2.6	2.4	2.5	1.5	✓
		-21.0	19.0	18.9	19.9	16.5	✓	1.6	4.8	6.8	6.3	6.5	1.5	✓
		-24.0	18.7	18.9	19.1	16.5	✓	1.4	1.4	4.1	3.1	3.6	1.5	✓

Her bir parametre seti ile imatları tamamlanan kolonların, karot örnekleme işleminden önce tek taraftan 4 m kazılmış ve her karışım alanı için görsel inceleme yapılmıştır. Her bir deneme karışım alanı için çekilen fotoğraflar Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Deneme DSM kolonları görsel kontrol resimleri

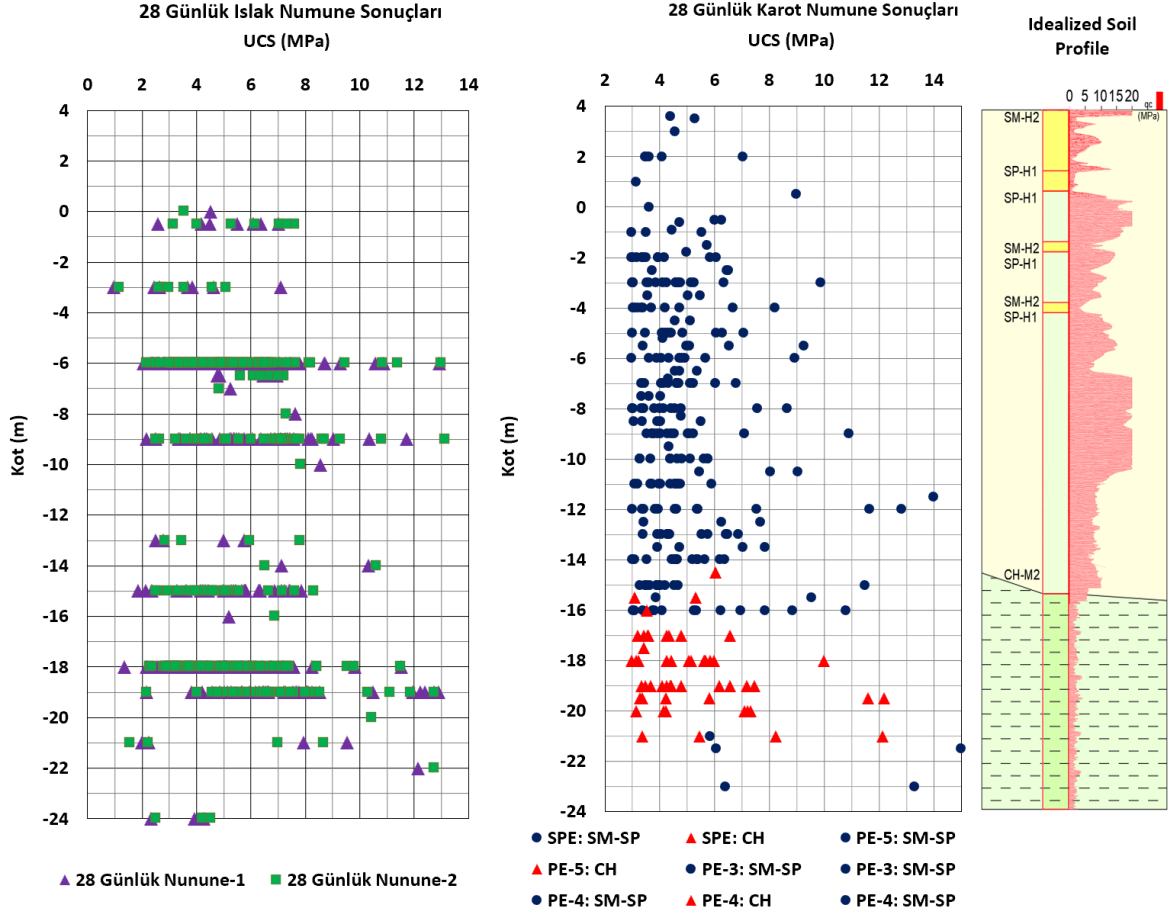


Şekil 6. Karot numunelerine ait tek eksenli basınç test sonuçları

Deneme imatlarının tamamlanmasından sonra elde edilen tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, imatların Karışım-3 (350 kg/m³) ve Karışım-4 (400 kg/m³) ile yapılması durumunda teknik şartnamede verilen tüm kriterlerin sağlandığı belirlenmiştir.

5. DSM İMALATLARI VE KALİTE KONTROL TEST SONUÇLARI

Ön testler ile belirlenen parametreler kullanılarak 116000 m D=90 cm çaplı hüresel olarak kapalı kutu şeklinde kesişen DSM kolon imalatları başarı ile tamamlanmıştır. İmal edilen kolonlardan 1382 adet ıslak numune ve 672 adet karot numunesi alınarak test edilmiştir. Test sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.



Proje kapsamında imal edilen DSM kolonlarının kabul kriteri olarak; 28-38 günlük, karot numunelerin en az %80'inin, $q_u=3.0$ Mpa'nın üzerinde olması gerekmektedir. Tüm ayaklarda, karot numuneleri üzerinde gerçekleştirilen UCS test sonuçları Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4. Uygulama DSM kolonları test sonuçlarının proje kriterlerine göre değerlendirilmesi

Ayak	Ortalama 28-38 Günlük UCS (MPa)	UCS>3.0 MPa	Kriter	Kontrol
PE3	4.76	100%	>80%	✓
PE4	6.69	100%	>80%	✓
PE5	5.25	100%	>80%	✓
SPE	4.68	100%	>80%	✓

6. SONUÇLAR

- Avrupa Yakası Viyadük temelleri kapsamında 150 cm çapında, 67 m derinliğinde ~6.600m Fore Kazık, 100 cm kalınlığında ve 66 m derinliğinde ~30,000 m³ Donatısız Diyafram Duvar ve 90 cm çapında ve 27 m derinliğinde ~116.000 m Derin Karıştırma Kolonu (DSM) başarı ile imal edilmiştir.
- Deneme kolonları üzerinde yapılan görsel incelemeler, uygulama projesindeki yerleşim dikkate alındığında (25 cm kesişim) birincil kolonların tamamlanmasından ~24 saat sonra ikincil kolon imalatlarına başlanmasının uygun olacağını göstermektedir.
- Tablo 4'te görüleceği üzere tüm numunelerin 3.0 MPa üzerinde olduğu ve seçilen uygulama parametreleri ile ortalama 5.35 MPa tek eksenli basınç mukavemetinin sağlandığı görülmüştür.



Şekil 8. Çalışa alanı genel görüntüsü

TEŞEKKÜR

Proje kapsamında birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğumuz, başta **Öncü Gönenç** olmak üzere tüm Yapı Merkezi çalışanlarına ve proje kapsamında yapılan tüm imalatları iş güvenliği kurallarına uygun şekilde ve istenilen sürede başarı ile tamamlayan başta **Ahmet Metin Akkaya** olmak üzere tüm Kaskaş saha ekibine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

KAYNAKLAR

- Fugro, (2017) Onshore Investigation European Approach Piers Factual Report, 1915 Çanakkale Bridge, Çanakkale, Turkey, November 2017
- Fugro, (2017) Preliminary Interpretive Report, 1915 Çanakkale Bridge, Çanakkale, Turkey, June 2017
- Fugro, (2017) Liquefaction Analyses Report, 1915 Çanakkale Bridge, Çanakkale, Turkey, August 2017
- COWI, (2018) 1915 Çanakkale Bridge Detailed Designside Span Pier, European and Asian Foundation Geotechnical Design Çanakkale, Turkey, July 2018