



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
GEOTEKNİK ANABİLİM DALI

DOKUZ EYLUL UNIVERSITY
COLLEGE OF ENGINEERING CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
GEOTECHNICS DIVISION



İZMİR İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ
KARŞIYAKA CUMHURİYET İLKOKULU YENİ BİNASI İÇİN
TEMEL KAZI ÇUKURUNU KORUMA AMAÇLI ÖNLEMLER
ve
ZEMİN İYİLEŞTİRMESİNE İLİŞKİN
GEOTEKNİK ANALİZ ve DEĞERLENDİRME RAPORU

İZMİR
ARALIK 2018

ADRES : Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar Kampüsü, 35160, BUCA/İZMİR
TEL : (0232) 453 11 91 **FAKS:** (0232) 453 11 92

İÇİNDEKİLER

I. GİRİŞ

II. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

III. SIVILAŞMA ANALİZİ

IV. ZEMİN İYİLEŞTİRME ÖNLEMİ

4.1. Jet-Grout Kolonlu Zemin İyileştirmesi Projesi ve Önerilen Revizyon

4.2. SK-1 Sondaj Kuyusu için Jet-Grout Kolonlu Zemin İyileştirme Projesi Sıvılaşma Önleme Hesapları (orijinal projedeki jet-grout kolon aralığının sıvılaşma potansiyeli üzerindeki etkisinin tahkik edilmesi)

V. TEMEL KAZI ÇUKURUNU KORUMA AMAÇLI PALPLANŞLI İKSA ANALİZLERİ

VI. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

EK-1

ÇELİK PALPLANŞLI İKSA ve REVİZE JET-GROUT KOLONLU ZEMİN İYİLEŞTİRME PROJESİ (CD-ROM)

EK-2

KONTROL SONDAJ LOGU ve DENEY SONUÇLARI

İZMİR İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ
KARŞIYAKA CUMHURİYET İLKOKULU YENİ BİNASI İÇİN
TEMEL KAZI ÇUKURUNU KORUMA AMAÇLI ÖNLEM ve ZEMİN
İYİLEŞTİRMESİNE İLİŞKİN
GEOTEKNİK ANALİZ ve DEĞERLENDİRME RAPORU

I. GİRİŞ

Bu geoteknik analiz ve değerlendirme raporu kapsamında İzmir İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından inşaatı yaptırılmakta olan Karşıyaka Cumhuriyet İlkokulu Yeni Binası'nın temel kazısı sırasında karşılaşılan güçlüklerin çözümü ele alınmış, ayrıca binanın temel sistemine ilişkin önerilerde bulunulmuştur. Yapılan çalışmalar İzmir Valiliği İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlük Makamına Vali Erol Ayyıldız tarafından imzalanmış talebinin uygun bulunduğu tarafıma bildirilmesi üzerine 10 Kasım 2018 günü başlatılmıştır.

Bu rapor kapsamında yapılan çalışmalar kapsamında İl Milli Eğitim Müdür Yardımcısı Adnan Kaygısız, resmi görevli mimar, inşaat mühendisi, jeoloji mühendisi ve yüklenici firma temsilcileri ile şantiye sahasında 10 Kasım 2018 günü saat 13:00'de toplantı yapılmıştır. Bu toplantı sırasında projeler ile zemin etüt raporu bilgisayar ortamında özlüce incelenmiş, sahada açılmış olan gözlem çukuru tetkik edilerek yeraltı su seviyesinin (YASS) mevcut zemin yüzeyinden yaklaşık 1.0 m aşağıda olduğu görülmüştür. Zemin etüt raporunda¹ yer alan sondaj loglarına göre YASS'ın yüzeyden 4.1~4.5 m aralığında rapor edilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Sahada yapılan şifahi değerlendirmelerin akabinde tarafıma yapılacak çalışmayla ilgili dokümanlar elektronik ortamda iletilmiştir. Okul binasının mimari ve statik projeleri Ankara merkezli bir firma² tarafından hazırlanmıştır. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü Şekil 1'de görülebilir.

İnşaatı söz konusu yeni okul binası bir bodrum, zemin kat ve üç normal kattan (1B+1Z+3N) teşkil edilmiştir. Temel tabanı mevcut zemin yüzeyinden 3.9 m kadar derindedir. Kazı tabanının ise 4.2 m seviyesinde olacağı düşünülmüştür.

Raporun izleyen bölümlerinde öncelikle zemin özellikleri tarafımıza teslim edilmiş olan zemin etüt raporu baz alınarak özetlenecek, bilahare temel kazısının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi ve temel sistemine yönelik analiz ve önerilerimize yer verilecektir.

¹ Zemson Mühendislik Ltd. Şti., "İzmir İli, Karşıyaka İlçesi, Tuna Mahallesi, 25M-IVD Pafta, 48 Ada, 12-124-126-128-130-138 Parsel Alanında Yapılacak Olan Cumhuriyet İlkokulu için Zemin ve Temel Etüdü Raporu", Mart-Nisan 2018, Bayraklı-İzmir

² Artı Mühendislik Mimarlık Müşavirlik Ltd. Şti., Cinnah Caddesi No: 72/4-5, Çankaya-ANKARA

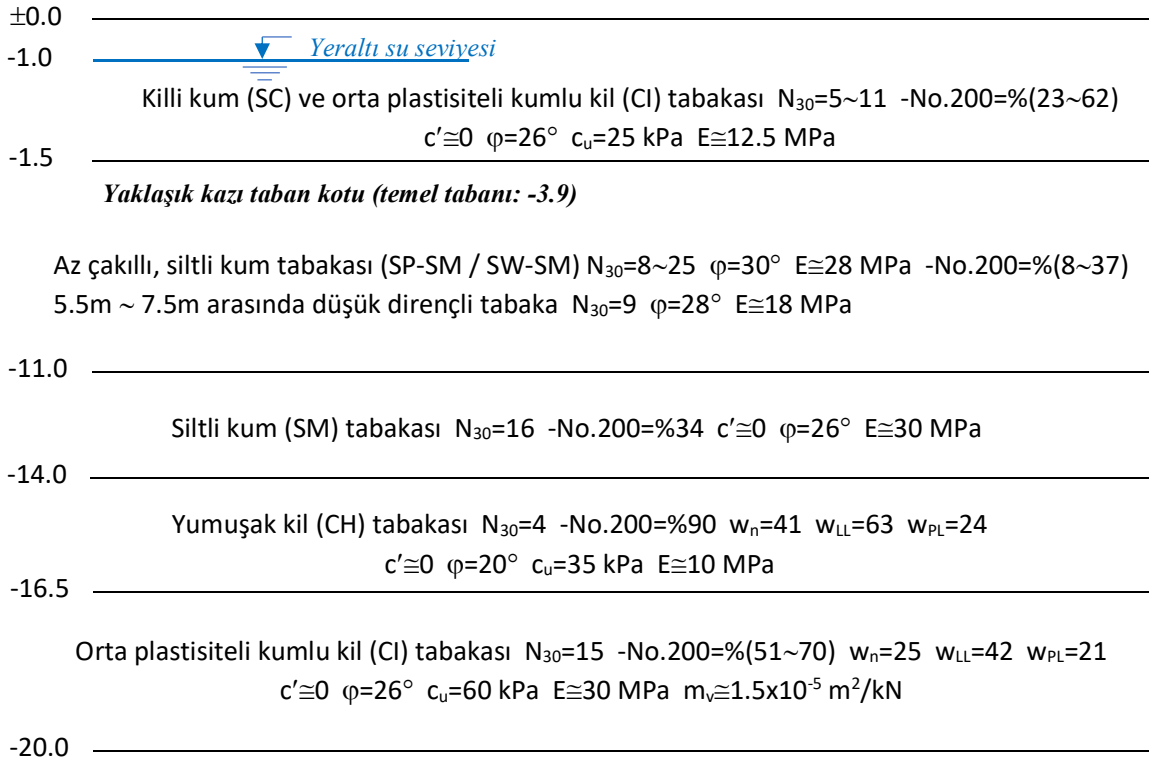


Şekil 1. Karşıyaka Cumhuriyet İlkokulu konumuna ait uydu görüntüsü

II. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Zemin etüt raporuna göre sahada her biri 20 m derinlikte 5 adet karotlu zemin sondajı yapılmış, her 1.5 m'de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) gerçekleştirilmiş, zemin mekaniği laboratuvarında doğal su içeriği tayini, sınıflandırma ve kesme kutusu deneyleri yaptırılmıştır. Etüt raporunda yeraltı su seviyesinin YASS=4.1~4.5 m aralığında olduğu bildirilmiştir. Sahadaki gözlem çukurunda yapılan tespite göre ise YASS yaklaşık 1.0 m derindedir. Zemin etüt raporu ile saha gözlemi arasındaki farkın yüzeyden takriben 4.0 m derinliğe kadar mevcut killi kum (SC) ve kil (CI) tabakalarının boşluklarındaki suyun kuyu içine sızması için yeteri kadar beklenmemiş olabileceği düşünülmektedir.

Sondaj logları (orjinal zemin etüdünde yer alanlar ve sonradan tarafımızca teyit amaçlı yaptırılan YSK-1 sondajı), arazi ve zemin mekaniği laboratuvar deney bulguları değerlendirildiğinde zemin profili aşağıda verilen idealize model ile temsil edilebilmektedir (bkz. Şekil 2). Yüzeyden 14-20 m derinlik aralığında bulgularan kil tabakalarına ait kayma mukavemeti ve sıkışma parametreleri deneyler ve korelasyonlar vasıtasıyla tahmin edilmiştir. Bu yaklaşım deformasyon modülü ve drenajsız kayma mukavemeti gibi parametreler için profilin tamamına uygulanmıştır.



Şekil 2. İksa ve oturma hesaplarına esas idealize zemin profili

III. SIVILAŞMA ANALİZİ

Sondaj logları ve laboratuvar bulguları incelendiğinde 1.5m-14m aralığındaki siltli kum zeminin sıvılaşma potansiyeli taşıdığı tespit edilmiştir. Sıvılaşma potansiyeli tarafımızca teyit amaçlı yaptırılan YSK-1 ve zemin etüt raporunda yer alan SK-1 sondaj kuyuları için NCEER Modifiye Seed-Idriss Yöntemi kullanılarak derinlik boyunca belirlenmiş, sonuçlar sırasıyla Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir. İzmir için genel kabul görmüş senaryo depremi büyüklüğü olarak $M=6.5$ kabul edilmiştir. Maksimum yüzey ivmesi ise $a_{maks}=0.4g$ alınmıştır. Analiz sonuçlarından görüleceği üzere temel taban seviyesi olan 3.9 m’nin altında sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü belirli derinliklerde $F_s < 1.2$ bulunmuştur.

IV. ZEMİN İYİLEŞTİRME ÖNLEMİ

Temel tabanı altında sıvılaşma potansiyelini düşürmek ve aynı zamanda yumuşak kil tabakasından kaynaklanabilecek oturmaya azaltmak, sahada önceden mevcut farklı kat sayısına sahip binaların ön yükleme etkilerine bağlı olarak yeni yapılacak okul binasında ortaya çıkması olası farklı oturmaya istenen sınırlar içinde tutmak üzere sahada jet-grout kolonlu zemin iyileştirme önleminin alınması yararlı ve gerekli bulunmuştur. Tarafımıza ulaştırılan proje bu kapsamda incelenmiştir. Kazı güvenliğini sağlamak, sıvılaşma potansiyelini düşürmek ve olası farklı oturma eğiliminin üst yapıya zarar vermesini engellemek üzere mevcut jet-grout kolonlu zemin iyileştirme projesinin revize edilerek uygulanmasının tavsiye edilmesine karar verilmiştir. Aşağıda tarafımızca yapılması önerilen revizyona ilişkin analizler sunulmaktadır.

4.1. Jet-Grout Kolonlu Zemin İyileştirmesi Projesi ve Önerilen Revizyon

Jet-grout kolonlu zemin iyileştirme yönteminde zemine yüksek basınçla su-çimento karışımı enjekte edilir ve enjeksiyon sıvısının zeminle karışarak yaklaşık dairesel kesitli iyileştirilmiş kısımların oluşması temin edilir. Enjeksiyon işlemi yüksek basınçlı pompalar ve özel tijler kullanılarak yapılmaktadır. Enjeksiyon tijleri önce jet-grout kolon alt kotuna hidrolik su basıncı uygulanarak indirilir. Daha sonra yüksek basınç altında enjeksiyona başlanır. Tij bir yandan belirli bir hızda döndürülür, diğer yandan öngörülen bir hızda zemin yüzeyine doğru çekilerek jet-grout kolonlar oluşturulur. Bu sayede zemine kohezyon ve yüksek basınç mukavemeti kazandırılmış olur. Ayrıca, jet-grout kolonlar zeminin iyileştirme öncesi durumuna göre daha rijit olmakla birlikte bunların deprem sırasında belirli bir ölçüde esneklik arz ettikleri ve zemin deformasyonlarını izleyebildikleri kabul edilmektedir. Bu özelliği sayesinde jet-grout kolonlar deprem enerjisinin bir kısmını üzerine çekmekte ve zemini sıvılaştıran veya yumuşatan tekrarlı kayma gerilmesi oranını düşürmektedir. İyileştirilmiş zeminin kayma mukavemeti parametreleri (c ve ϕ) ile deformasyon modülü (E) jet-grout kolon ve doğal zemin tabaka parametrelerinin planda ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanabilir. Bu yaklaşımda jet-grout kolon parametreleri aşağıdaki bağıntılar kullanılarak bulunur:

ÇİZELGE 1. YSK-1 için Sıvılaşma Analizi Hesap Çizelgesi

Sondaj	d (m)	$\sigma_{vo,2}$	$\sigma'_{vo,2}$	r_d	CSR	SPT-N	$\sigma'_{vo,1}$	C_N	C_E	C_B	C_R	C_S	$(N_1)_{60}$	FC	α	β	$(N_1)_{60cs}$	$CRR_{7.5}$	I_D	f	K_σ	FS
YSK-1	1.8	34	26	0.988	0.336	9	26	1.70	1.00	1.00	0.75	1.20	13.8	37.0	5.00	1.20	21.5	0.235	55	0.73	1.00	1.01
YSK-1	3.3	64	41	0.977	0.397	18	41	1.56	1.00	1.00	1.00	1.20	33.7	28.0	4.56	1.14	43.0	0.500	81	0.60	1.00	1.82
YSK-1	4.8	94	56	0.967	0.422	23	56	1.34	1.00	1.00	1.00	1.20	36.9	12.0	1.55	1.03	39.6	0.500	81	0.60	1.00	1.71
YSK-1	6.3	124	71	0.955	0.434	14	71	1.19	1.00	1.00	1.00	1.20	19.9	17.0	3.01	1.06	24.1	0.276	57	0.71	1.00	0.92
YSK-1	7.8	154	86	0.940	0.438	23	86	1.08	1.00	1.00	1.00	1.20	29.8	10.0	0.87	1.02	31.3	0.500	67	0.66	1.00	1.65
YSK-1	9.3	184	101	0.918	0.435	22	101	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	26.3	30.0	4.71	1.15	35.0	0.500	61	0.70	1.00	1.65
YSK-1	10.8	214	116	0.888	0.426	17	116	0.93	1.00	1.00	1.00	1.20	18.9	9.0	0.56	1.02	19.8	0.213	50	0.75	0.96	0.70
YSK-1	12.3	244	131	0.848	0.411	16	131	0.87	1.00	1.00	1.00	1.20	16.8	34.0	4.93	1.19	24.9	0.289	45	0.77	0.94	0.96

GWL1
1

γ	γ_{sat}	γ_w	γ'	P_a
18	20	10	10	100

ER	BD	Sampler	a_{max}/g	M_w	MSF
1	10	2	0.4	6.5	1.44

ÇİZELGE 2. SK-1 için Sıvılaşma Analizi Hesap Çizelgesi

Sondaj	d (m)	$\sigma_{vo,2}$	$\sigma'_{vo,2}$	r_d	CSR	SPT-N	$\sigma'_{vo,1}$	C_N	C_E	C_B	C_R	C_S	$(N_1)_{60}$	FC	α	β	$(N_1)_{60cs}$	$CRR_{7.5}$	I_D	f	K_σ	FS
SK-1	6.3	124	71	0.955	0.434	8	71	1.19	0.90	1.00	1.00	1.20	10.3	30.0	4.71	1.15	16.5	0.176	41	0.80	1.00	0.58
SK-1	7.8	154	86	0.940	0.438	17	86	1.08	0.90	1.00	1.00	1.20	19.8	8.0	0.30	1.01	20.3	0.220	55	0.73	1.00	0.72
SK-1	9.3	184	101	0.918	0.435	12	101	1.00	0.90	1.00	1.00	1.20	12.9	8.0	0.30	1.01	13.4	0.144	43	0.79	1.00	0.48
SK-1	10.8	214	116	0.888	0.426	16	116	0.93	0.90	1.00	1.00	1.20	16.0	8.0	0.30	1.01	16.5	0.176	46	0.77	0.97	0.58
SK-1	12.3	244	131	0.848	0.411	12	131	0.87	0.90	1.00	1.00	1.20	11.3	8.0	0.30	1.01	11.8	0.129	37	0.80	0.95	0.43

GWL1
1

γ	γ_{sat}	γ_w	γ'	P_a
18	20	10	10	100

ER	BD	Sampler	a_{max}/g	M_w	MSF
0.9	10	2	0.4	6.5	1.44

$$\tan \varphi = \frac{\sigma_c^2 - 4c^2}{4\sigma_c \cdot c}$$

σ_c : tek eksenli

σ_t : çekme

$$\sigma_t = (0.08 - 0.14)\sigma_c$$

$$\tau_0 = 0.53 + 0.37(UCS) - 0.0014(UCS)^2 \quad (UCS \leq 60 \text{ kg/cm}^2)$$

τ_0 : 28 günlük kayma mukavemeti (kg/cm²)

UCS: 28 günlük serbest basınç dayanımı (kg/cm²) $E/UCS = 150^3 / 300^4 / 200^2$

İyileştirilmiş zeminin ağırlıklı ortalama hesaplarında kum tabakaları için güvenli tarafta alınarak efektif kohezyon $c'=0$, efektif sürtünme açısı ise $\varphi=28^\circ$ alınmıştır. Jet-grout kolon ortalama serbest basınç dayanımı için $q_u=20 \text{ kg/cm}^2$ değeri hedeflenmiştir. Doğal zeminin deformasyon modülü zemin tabakasındaki düşük standart penetrasyon direnci ve derinliği dikkate alınarak $E=18 \text{ MPa}$ alınmıştır. E/UCS oranı olarak 200 kabul edilmiştir. İhaleye esas orijinal projede jet-grout kolonların eksenden eksene aralığı yapının temel oturma alanında $S=4B=240 \text{ cm}$ seçilmiş olduğu görülmüştür. Ancak yapılan analizlerde bu aralığın düşük bir alan oranına karşı geldiği belirlenmiş ($a_r=0.0491$), sıvılaşmaya karşı yeterli güvenliğin sağlanabilmesi için tarafımızca önerilen revizyonda $S=3B=180 \text{ cm}$ jet-grout kolon aralığının seçilmesi ve bu sayede temel tabanında zemin iyileştirmesi alan oranının $a_r=0.087$ değerine çıkarılması uygun bulunmuştur.

Yapı önem katsayısı $I=1.4$ olan eğitim amaçlı ve deprem sonrası hemen kullanım kriterlerinin sağlanması gereken bir yapı olan söz konusu bina için yukarıda açıklanan yaklaşımın gerekli olduğu kanaatine varılmıştır. Bunun yanı sıra tarafımızca önerilen ve İzmir İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından uygun bulunarak yaptırılan kontrol sondajında (eski bina yıktırıldıktan sonra yeni yapılacak binanın oturma alanında) 14-16.5 m derinlik aralığında yumuşak ve sıkışmaya müsait bir kil tabakası bulgulandığı için jet-grout kolonların boyunun 2.5 m artırılması gerekli görülmüştür. Yeni JG kolon boyu 10 m yerine $L=12.5 \text{ m}$ olarak önerilmiştir. İyileştirilmiş zeminde revize edilen alan oranına karşı gelen iyileştirilme sonrası kohezyon değeri $c=42.9 \text{ kPa}$ hesaplanmıştır. İçsel sürtünme açısı ise $\varphi=28.8^\circ$ bulunmuştur. Deformasyon modülü profil içinde en düşük $E=51.3 \text{ MPa}$ olmaktadır.

İyileştirme sonrası için alan oranına bağlı olarak hesaplanan zemin parametreleri Şekil 3'de görülmektedir. Revizyon sonrası sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü $F_s>1.2$ koşulunu sağlamaktadır.

³ Siltli ve killi kum zeminlerde yüksek deformasyon seviyesine karşı gelen deformasyon modülü, kolon kesitlerinde yüksek oranda kum ve kil cepleri gözlenmiş (Kaynak: Axtell, P. J. and Stark, T. D., "Increase in Shear Modulus by Soil Mix and Jet Grout Methods", DFI Journal, Vol. 2, No.1, November 2008, pp. 11-21)

⁴ Van der Stoep, A. (2001), Grouting to Improve Pile Foundations, Doctoral Thesis, Delft University of Technology, Hollanda

<u>Jet-Grout</u>			<u>Zemin</u>		
<i>Serbest basınç</i>			<i>Efektif kohezyon:</i>	0	kPa
q_u :	2000	kPa	<i>Efektif sürtünme açısı:</i>	28.0	⁰
<i>Çekme dayanımı</i>			<i>Elastisite modülü:</i>	18000	kPa
α :	0.14		<u>İyileştirilmiş zemin</u>		
σ_t :	280	kPa	Alan oranı:	0.0873	
<i>Kohezyon</i>			c_{ort} :	42.9	kPa
c_{jg} :	491	kPa	ϕ_{ort} :	28.8	⁰
<i>İçsel sürtünme açısı</i>			E_{ort} :	51335.8	kPa
$\tan\phi$:	0.77		JG çap		
ϕ_{jg} :	37.7	⁰	60 cm		
<i>Elastisite modülü</i>			S		
E_{jg} :	400000	kPa	180 cm (S=3B)		

Şekil 3. İyileştirilmiş zemin için alan oranına bağlı mukavemet parametreleri (S=3B)

4.2. SK-1 Sondaj Kuyusu için Jet-Grout Kolonlu Zemin İyileştirme Projesi Sıvılaşma Önleme Hesapları (orijinal projedeki jet-grout kolon aralığının sıvılaşma potansiyeli üzerindeki etkisinin tahkik edilmesi)

Zemin

Projede sıvılaşma ve oturmaya karşı iyileştirilecek tabaka kalınlığı: 7.6 m

Ortalama yer altı su seviyesi, YASS=1 m

Zeminde düzeltilmiş ortalama SPT direnci $SPT-N_{60}=14.1$

Zemin ortalama kayma modülü, $G \cong 10.4$ MPa (Poisson oranı, $\nu=0.35$ kabulü ile)

JG kolon özellikleri (sıvılaşan zemin tabakasında)

İmalat yöntemi: Jet-I

Çap, $D=60$ cm

Boy, $L=10$ m

Eksenler arası mesafe, $S=4B_{jet} = 240$ cm

Hedeflenen serbest basınç dayanımı, $q_{u-jg} = 20$ kg/cm²

Elastisite modülü, $E_{jg} = 400$ MPa

Poisson oranı, $\nu=0.25$

Kayma modülü, $G_{jg} = 160$ MPa

Yer değiştirme oranı

Jet-grout kolonların arasında kalan zemin tabakalarına etkiyen dinamik kayma gerilmeleri üzerinde bu kolonların azaltıcı etkisi vardır. Bu etki kayma gerilmesi oranı, K_G , ile ifade edilebilir. Bu oran

kolonlar arasında kalan zemine etkiyen azaltılmış kayma gerilmesinin, τ_s , azaltılmamış gerilmeye, τ , oranı şeklinde yazılır ve aşağıdaki denklem ile verilir:

$$K_G = \frac{\tau_s}{\tau} = \frac{1}{G_r} \cdot \frac{1}{[A_r + \frac{1}{G_r}(1 - A_r)]}$$

G_r : kayma modülü oranı ($G_r = G_{jg}/G_{zemin}$)

G_{jg} : jet-grout kolon kayma modülü G_{zemin} : zemin kayma modülü

A_r : yer değiştirme oranı ($A_r = A_{jg}/A$)

A_{jg} : jet grout alanı A : temel alanı

$G_r = 160/10.4 = 15.4$ $A_{jg} = (\pi \cdot 0.60^2/4) = 0.283 \text{ m}^2$ $A_r = 0.283/2.4^2 = 0.0491$

$\Rightarrow K_G = 0.585$

Zeminde 5.7-13.3 m derinlikleri arası sıvılaşma oluşturan ortalama kayma gerilmesi oranı:

$CSR_{ort.} = 0.428$

Zeminde 5.7-13.3 m derinlikleri arası sıvılaşmaya karşı ortalama kayma direnci oranı:

$CRR_{ort.} = 0.234$

Jet-grout kolon imalatı öncesi sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü:

$F_s = CRR_{ort.}/CSR_{ort.} = 0.55 < 1.0 \Rightarrow$ Yüksek sıvılaşma potansiyeli!

Jet-Grout kolon imalatı sonrası zeminde sıvılaşma oluşturan kayma gerilmesi:

$CSR'_{ort.} = K_G \times CSR_{ort.} = 0.585 \times 0.428 = 0.250$

Jet-Grout kolon imalatı sonrası sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü:

$F_s = CRR_{ort.}/CSR'_{ort.} = 0.94 < 1.2$

$\Rightarrow$ Sıvılaşmaya karşı yeterli güvenlik sağlanması için alan oranının en az $a_r = 0.085$ değerine artırılması gereklidir.

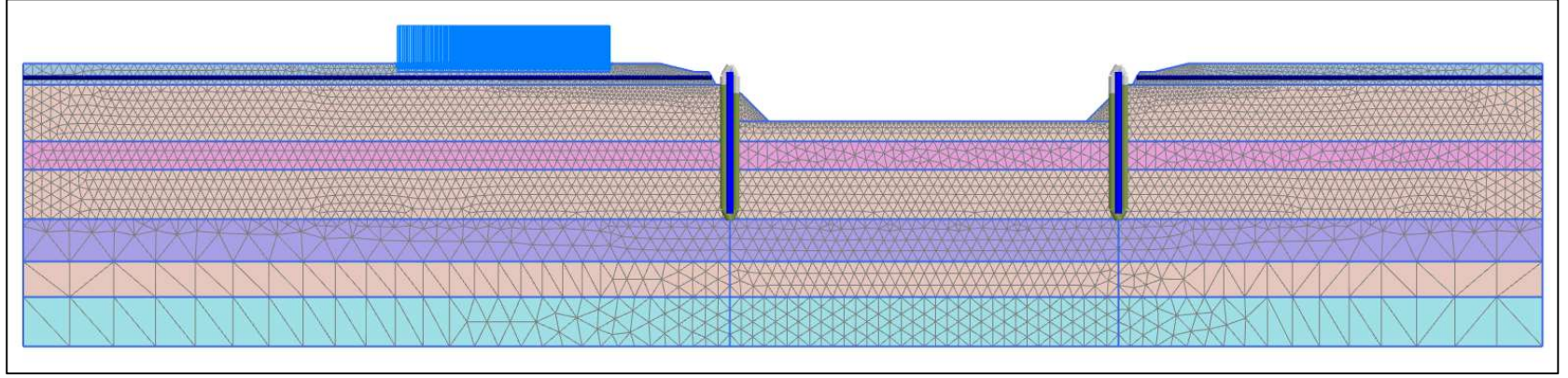
V. TEMEL KAZI ÇUKURUNU KORUMA AMAÇLI PALPLANŞLI İKSA ANALİZLERİ

Yeraltı su seviyesinin sahada yüzeyden 1.0 m derinde olduğu tespit edildikten sonra kazı çukurunu koruma amaçlı önlem alınması mecburiyeti hasıl olmuştur. Kazı derinliği göz önüne alındığında palplanşlı iksa en uygun çözüm olarak ön plana çıkmıştır. Deformasyonların kontrol altında tutulması amacıyla palplanşlı iksanın köşelerine diyagonal çelik boru destek konulması önerilmiş, ayrıca palplanş topuğunda zemin bırakılması ve topuk jet grout kolon imali uygun bulunmuştur. Topuk jet grout kolonları sahanın batı-kuzey batı kısmında mevcut ve önemli bir bölümü 40-50 yıl önce inşa edilmiş binaların korunması amacıyla projeye ilave edilmiştir. Yapılan analizlerde kazı güvenliğinin sağlandığı ve kazı çukuru çevresindeki oluşacak deplasmanların çevre yapılara zarar vermeyen sınırlar içinde tutulduğu belirlenmiştir.

İksalı kazı analizleri Plaxis 2D yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanılan hesaplarda, analiz modeli doğrusal olmayan hesaba müsait 15 noktalı üçgen elemanlar vasıtasıyla oluşturulmuştur. Zemin tabakaları Şekil 2’de verilen idealize profile göre oluşturulmuştur. Zemin profiline atanan parametreler Çizelge 3’de, SE modeli ise Şekil 3’de, verilmiştir.

Çizelge 3. SE modelinde tabakalara atanan peklesen zemin parametreleri

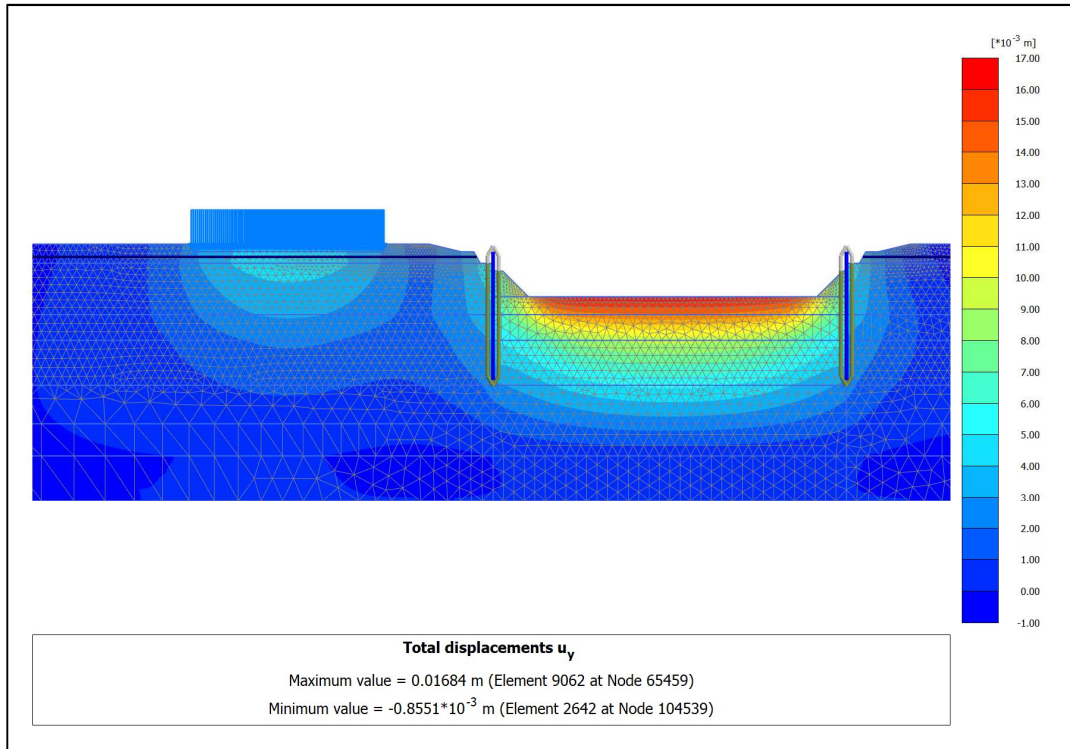
Identification	SC_CI	SM	SM_1	SM_2	CI	CI_yumusak	jg_kolon
Identification number	1	2	3	4	5	6	7
Material model	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type	Undrained (B)	Drained	Drained	Drained	Undrained (B)	Undrained (B)	Drained
γ_{unsat} kN/m ³	17.5	17.5	17	17	18.5	17	18
γ_{sat} kN/m ³	18	18	17.5	17.5	19	17.5	19
E_{50}^{ref} kN/m ²	12500	28000	18000	30000	30000	15000	50000
E_{oed}^{ref} kN/m ²	12500	28000	18000	30000	30000	15000	50000
E_{ur}^{ref} kN/m ²	37500	84000	54000	90000	90000	45000	150000
power (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5
c_{ref} kN/m ²	30	20	20	20	60	35	30
ϕ (phi) °	0	30	28	26	0	0	28.8
ψ (psi) °	0	0	0	0	0	0	0
v_{ur}	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
p_{ref} kN/m ²	100	100	100	100	100	100	100
K_0^{nc}	1	0.5	0.5305	0.5616	1	1	0.5182
Undrained behaviour	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
R_{inter}	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	1
Cross permeability	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
K_0 determination	Manual	Automatic	Automatic	Automatic	Manual	Manual	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,z}$	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$	0.562	0.5	0.5305	0.5616	0.562	0.562	0.5182
$K_{0,z}$	0.562	0.5	0.5305	0.5616	0.562	0.562	0.5182
OCR	1	1	1	1	1	1	1
Data set	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type	Fine	Medium	Medium fine	Medium fine	Fine	Very fine	Very fine
< 2 μ m %	46	19	19	19	46	74	74
2 μ m - 50 μ m %	26	41	74	74	26	11	11
50 μ m - 2 mm %	28	40	7	7	28	15	15
Use defaults	From data set	From data set	From data set	From data set	From data set	From data set	None
k_x m/s	2.87E-06	1.40E-06	2.63E-07	2.63E-07	2.87E-06	1.74E-06	0
k_y m/s	2.87E-06	1.40E-06	2.63E-07	2.63E-07	2.87E-06	1.74E-06	0



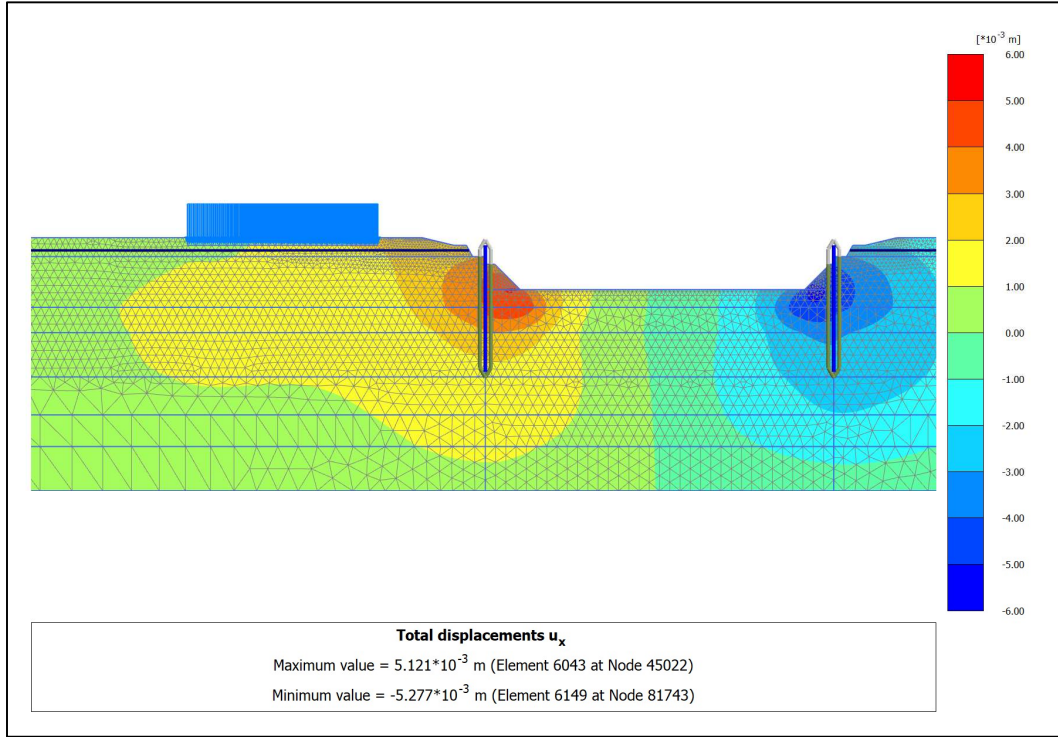
Şekil 3. İksalı kazıya ait sonlu elemanlar modeli

Pekleşen zemin (hardening soil) parametreleri atanarak yapılan çok aşamalı geoteknik analiz sonucunda kazı çukuru arkasındaki düşey ve yatay deplasmanların <1.0 cm mertebesinde kaldığı görülmüştür (Şekil 4 ve 5). Hesaplarda 5 kat imarlı komşu yapıların temel değme basıncı 50 kPa kabul edilmiştir. phi-c azaltma tekniği (kohezyon ve içsel sürtünme açısının en kritik kayma yüzeyi bulununcaya kadar kademeler halinde azaltılarak kaymaya karşı güvenlik faktörünün hesaplanması) yoluyla yapılan derin göçme analizinde güvenlik faktörü $F_s=2.096>1.5$ ✓ bulunmuştur. Bir başka deyişle önerilen palplanşlı iksa projesi altında kazı yapıldığı ve bu sırada kazı öncesinde topuk ve temel alanı jet-grout kolonlar imal edildiği ve palplanş önünde topuk bırakıldığı takdirde sahada derin göçme tehlikesi mevcut değildir. İksa perdesi olarak görev yapacak çelik palplanş ele alındığı takdirde bu perdede maksimum eğilme momentinin $M_{maks}=2.1$ tm/m olduğu görülmüştür. Bu moment ve kesme kuvveti (bkz. Şekil 7) sektörde ulaşılabilen palplanş kesitleriyle karşılanabilir durumdadır (örneğin Arcelor 14-420, 14-430 veya benzeri).

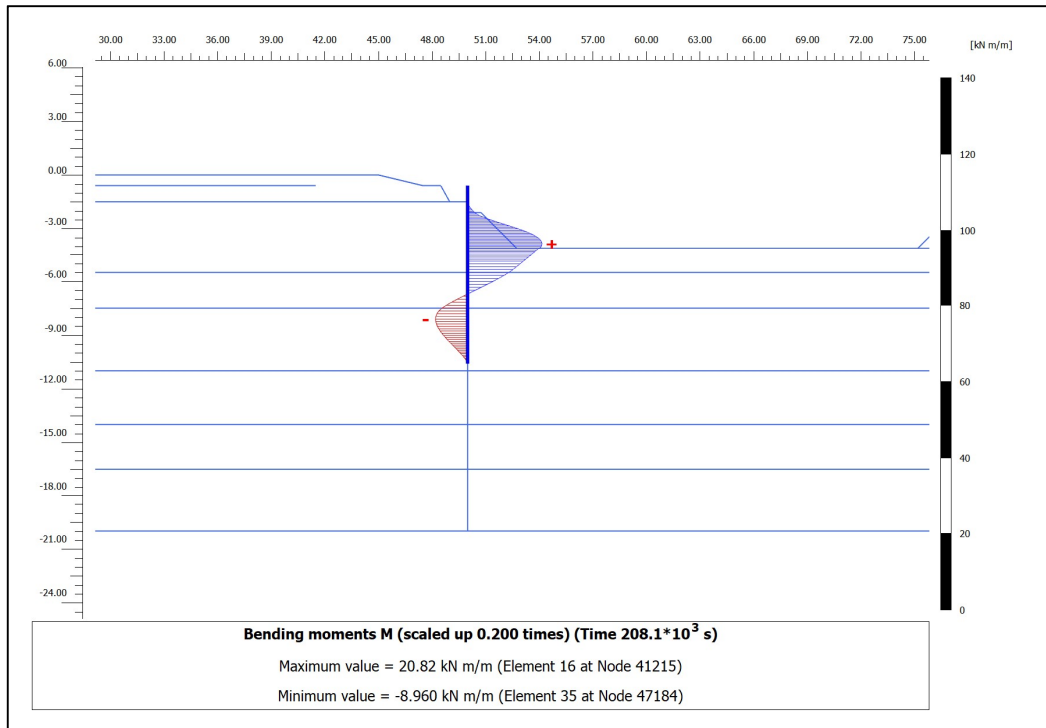
Palplanş çakımı sırasında her bir elemanın lamba-zıvana bağlantılarının düzgün olmasına, yüksek frekanslı bir vibratör kullanılarak çakımın yapılmasına dikkat edilmelidir. Çakım öncesi jet-grout kolonların yapılması ve kazı alanında 60 cm kadar sıyırma kazısının yapılması önerilir.



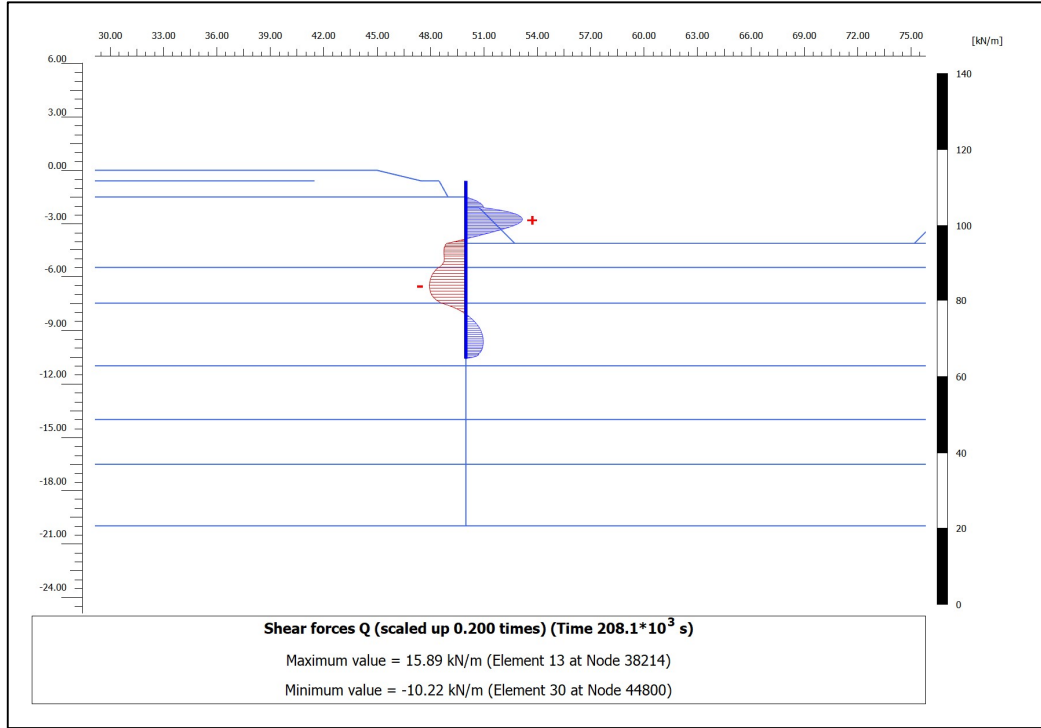
Şekil 4. İksalı temel kazı çukuru içinde ve komşuluğunda düşey deplasman dağılımı



Şekil 5. İksal temel kazı çukuru içinde ve komşuluğunda yatay deplasman dağılımı



Şekil 6. Palplanş boyunca eğilme momentinin derinlikle değişimi



Şekil 7. Palplanş boyunca kesme kuvvetinin derinlikle değişimi

VI. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu geoteknik analiz ve değerlendirme raporu kapsamında İzmir İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından inşaatı yaptırılmakta olan Karşıyaka Cumhuriyet İlkokulu Yeni Binası'nın temel kazısı sırasında karşılaşılan güçlüklerin çözümü ele alınmış, ayrıca binanın temel sistemine ilişkin önerilerde bulunulmuştur. İzmir Valiliği İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlük Makamına Vali Erol Ayyıldız tarafından imzalanmış talep yazısının gereğinin yapılması hususunun tarafıma bildirilmesi üzerine konu hakkındaki çalışmalarımız 10 Kasım 2018 günü başlatılmış, iksa hesapları ve analizleri 12 Kasım 2018 tarihinde tamamlanarak proje CAD dosyası İl Milli Eğitim Müdür Yardımcılığı'na e-posta ile ulaştırılmıştır. Bu proje ilgili taraflarca uygun bulunmuş, bilahare kontrol amaçlı bir sondaj ve zemin mekaniği laboratuvar çalışması başlatılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ilk hazırlanan ve prensipte mutabık kalınan projede kısmi revizyona gidilerek projeye nihai hali verilmiştir. Çalışmada ulaşılan sonuçlar raporumuzda ayrıntılarıyla sunulmakla birlikte aşağıda bir kere daha özetlenmiş ve önerilerde bulunulmuştur:

1. Yeraltı su seviyesi yüzeyden 1.0 m derinde olduğu için temel kazısının önlem alınmadan yapılması mümkün değildir.
2. Kazı çukurunu koruma seçeneklerinden biri olan “well-point” sistemi ile su pompajı, çevre yollardaki su giderlerinin kapasiteleri konusunda doğan şüpheler ve su

seviyesindeki düşümün komşu binalarda istenmeyen oturmalara sebep olabileceği düşüncesi ile uygun bulunmamıştır.

3. Çelik palplanş ile iksa perdesi oluşturulması seçeneği etraflıca ele alınmış ve yapılan analizlerde çevre yapılar, alt yapı ve kazı çukuru güvenliğinin sağlandığı görülmüştür.
4. Çelik palplanşlı iksa projesi hazırlanırken palplanş önünde zemin topuğu bırakılmış, ayrıca batı-kuzey batı cephesinde topuk jet-groutları öngörülmüştür. Topuk JG kolonlarının boyunun $L=10$ m olması yeterlidir. Bunların katkısı yapılan analizlerde dikkate alınmıştır. Palplanş boyu $L=10$ m olacak, çakım mevcut zemin yüzeyinden (± 0.0) 60 cm aşağıda başlayacaktır. Bir başka deyişle bloklu zemin 60 cm sıyrıldıktan sonra çakım başlayacak ve palplanşın alt kotu -10.60 olacaktır. Palplanş kesiti olarak Arcelor 14-420 (U kesit) veya benzeri seçilebilir.
5. Gözetimimiz altında yaptırılan kontrol sondajında yüzeyden 14-16.5 m derinlik aralığında düşük SPT dirençli yumuşak kil tabakası tespit edilmiştir. Bu nedenle güvenli tarafta kalan bir yaklaşım olarak jet-grout kolonların boyu 2.5 m uzatılarak temel tabanından itibaren $L=12.5$ m yapılmıştır. JG kolonların alt ucu bu durumda -16.6 kotunda yer alacaktır. Kolon üst kotu -4.10'dur. JG kolonlar ile temel arasında 20 cm kalınlığında iri çakıllı başlık dolgusu bulunacaktır.
6. Tarafımızca yapılan tahkiklerde $S=4B$ jet-grout kolon aralığı yeterli görülmemiş, bunun yerine $S=3B$ aralıklı yeni bir JG kolon yerleşim planı hazırlanmıştır. Temel sistemi önerilen kolon yerleşimi ve boyu ile yeterli taşıma kapasitesi, oturma ve sıvılaşma güvenliğine sahiptir. Yapının bir kat bodrumunun bulunması zemine aktarılan ortalama net yükü $q_{net}=30$ kPa mertebesine indirmektedir.
7. Yukarıdaki düşünceler altında hazırlanan çelik palplanşlı iksa projesi ve revize jet-grout kolon yerleşim planı ile kesiti raporumuz ekindeki CD-ROM içinde takdim edilmiştir.

Gereği için arz olunur. 02.12.2018

Prof. Dr. Gürkan ÖZDEN
Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Geoteknik Anabilim Dalı

EK-1

ÇELİK PALPLANŞLI İKSA

ve

REVİZE JET-GROUT KOLONLU

ZEMİN İYİLEŞTİRME PROJESİ

(CD-ROM)

EK-2
KONTROL SONDAJ LOGU
ve
DENEY SONUÇLARI



DOKUZ EYLÜL ZEMİN ETÜD VE SONDAJCILIK

SONDAJ LOGU

[illegible]

		DOKUZ EYLÜL ZEMİN ETÜD VE SONDAJCILIK										SONDAJ LOGU																			
PROJE ADI:		CUMHURİYET İLKOKULU				Kuyu Derinliği :				20,00 m				SONDAJ NO :				SK-1													
İlî - İlçesi:		İZMİR / KARŞIYAKA /				YERALTI SU SEVİYESİ				1. Okuma :				SAYFA NO :				2													
YERİ:										2. Okuma :				0,90 metre				Logu Hazırlayan				SEÇİL KILINÇ									
SONDAJ METODU :		Sulu Sistem Rotary				Koordinat - X :												Sondör				BİLGİN AŞKIN									
Başlama Tarihi :		16.11.2018				Koordinat - Y :																									
Bitiş Tarihi :		16.11.2018				Koordinat - Z (m):																									
Sonda Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Zemin Deneyleri										Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması											
					SPT				Standart Penetrasyon Grafiği						Karat Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı													
					Muh. Borusu	Darbe Sayıları																									
					15	30	45	N	10	20	30	40	50																		
12.00				K																											
				SPT	3	7	9	16																							
13.00				K																											
14.00				SPT	2	2	2	4																							
15.00				K																											
16.00				SPT	0	1	2	3																							
				K																											
17.00				UD																											
				SPT	5	6	9	15																							
18.00				K																											
19.00				SPT	6	7	13	20																							
				K																											
20.00				SPT	3	4	7	11																							
21.00																															
22.00																															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT																				KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI			
İnce taneli (Kohezyonlu)										İri taneli (Kohezyonsuz)																					
N : 0-2	Çok Yumuşak				N : 0-4	Çok Gevşek				0-25	Çok Zayıf				W1	Taze (Ayrışmamış)				< 1	Masif										
N : 3-4	Yumuşak				N : 5-10	Gevşek				25-50	Zayıf				W2	Az Ayrışmış				1-3	Az çatlaklı-Kırıklı										
N : 5-8	Orta Katı				N : 11-30	Orta				50-75	Orta				W3	Orta Derecede Ayr.				3-10	Kırıklı										
N : 9-13	Katı				N : 31-50	Sıkı				75-90	İyi				W4	Ayrışmış				10-50	Çok çatlaklı-Kırıklı										
N : 14-30	Çok Katı				N : >50	Çok Sıkı				90-100	Ç.İyi				W5	Tamamen Ayr.				> 50	Parçalanmış										
N : 30	Sert																														

 RADON MÜHENDİSLİK SONDAJCILIK LTD. ŞTİ Osmangazi Mah. 597/3 Sok. No :30 Kardelen APT Zemin Kat 3/A Bayraklı /İZMİR Tel:2590776 Fax:2592739 www.radonmuhendislik.com.tr		 T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI		DENEY SONUÇLARI RAPORU (F-25) Laboratuvarımız Bayındırlık Bakanlığı 105 Numaralı İzin Belgesine Sahiptir.				Yür. Tarihi : 06.09.2005 Rev.no.su : 03 Rev. Tarihi : 10.10.2011 Sayfa no.su : 1/1															
PROJE ADI:		CUMHURİYET İLKOKULU								RAPOR NO :				2018-628									
MÜŞTERİ ADI:		DOKUZ EYLÜL								NUMUNE GELİŞ TARİHİ :													
ADA :		PAFTA :		PARSEL :		İL/İLÇE :		İZMİR İLİ, KARŞIYAKA İLÇ.		RAPOR TARİHİ :				SAYFA NO :									
LAB. NO.		628		SINIFLANDIRMA DENEYLERİ				MUKAVEMET DENEYLERİ				KONSOLIDASYON DENEYİ		PROKTOR DENEYİ		CBR DENEYİ							
ÖRNEK		ELEK ANALİZİ YIKAMALI		HİDROMETRE		ATTERBERG LİMİTLERİ		SINIFLANDIRMA SİSTEMİ		DOĞAL SU İÇERİ		DOĞAL B. HACİM AĞIRLIK		LAB. SIKIŞTIRILMIŞ B. HACİM AĞ.		NOKTA YÜKLEME DENEYİ		SERBEST BASINÇ DENEYİ		ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		DİREKT KESME DENEYİ	
Kuyu No Örnek No Derinlik		% %		% %		LL PL PI		USCS		Wn Gs		γ _n γ _s		kg/cm ² kg/cm ²		c Derece c Derece		İlk boşluk oranı Son boşluk oranı		Sıkışma İndisi Şişme İndisi Şişme Basıncı		Opt. Su İceriği Max. K. B. H.Ağrılık CBR CBR	
SK-1 SPT 1.50-1.95		3 37				NP		SM 26.3															
SK-1 SPT 3.00-3.45		29 28				NP		SM 15.1															
SK-1 SPT 4.50-4.95		14 12				NP		SP-SM 25.2															
SK-1 SPT 6.00-6.45		10 17				NP		SM 28.2															
SK-1 SPT 7.50-7.95		36 10				NP		SW-SM 16.0															
SK-1 SPT 9.00-9.45		5 30				NP		SM 21.5															
SK-1 SPT 10.50-10.95		21 9				NP		SW-SM 23.0															
SK-1 SPT 12.00-12.45		12 34				NP		SM 26.9															
SK-1 SPT 15.00-15.45		8 90				63 24 38		CH 41.2															
SK-1 UD 16.00-16.50		10 51				42 21 21		CL 24.6		1.86													
SK-1 SPT 16.50-16.95		2 66				40 20 20		CL 27.5															
SK-1 KAROT 17.00-18.00		4 68				39 21 18		CL 21.7		1.91													
SK-1 SPT 18.00-18.45		3 63				44 22 22		CL 28.6															
SK-1 KAROT 19.00-20.00		5 70				43 21 22		CL 25.2															
BU DENEY SONUÇ TABLOSU LABORATUVARIMIZIN İZİN OLMADAN KISMEN KOPYALANAMAZ DEĞİŞTİRİLEMEZ. BU RAPORDAKİ NUMUNE BİLGİLERİ MÜŞTERİ BEYANINA GÖREDİR. SONUÇLAR SADECE DENEYİ YAPILAN NUMUNEYE AİTTİR.																							
DENEYİ YAPAN JEOLojİ MÜHENDİSİ MÜGEN ÜNGÜR												ONAYLAYAN LABORATUVAR DENETÇİ MÜHENDİSİ MURAT ÖZGÜL											



Yür. Tarihi: 06.09.2005
Rev. no.su: 02
Rev. Tarihi: 20.05.2011
Sayfa no.su:1/2

SERBEST BASINÇ DENEYİ RAPORU
(F-16)

[illegible]

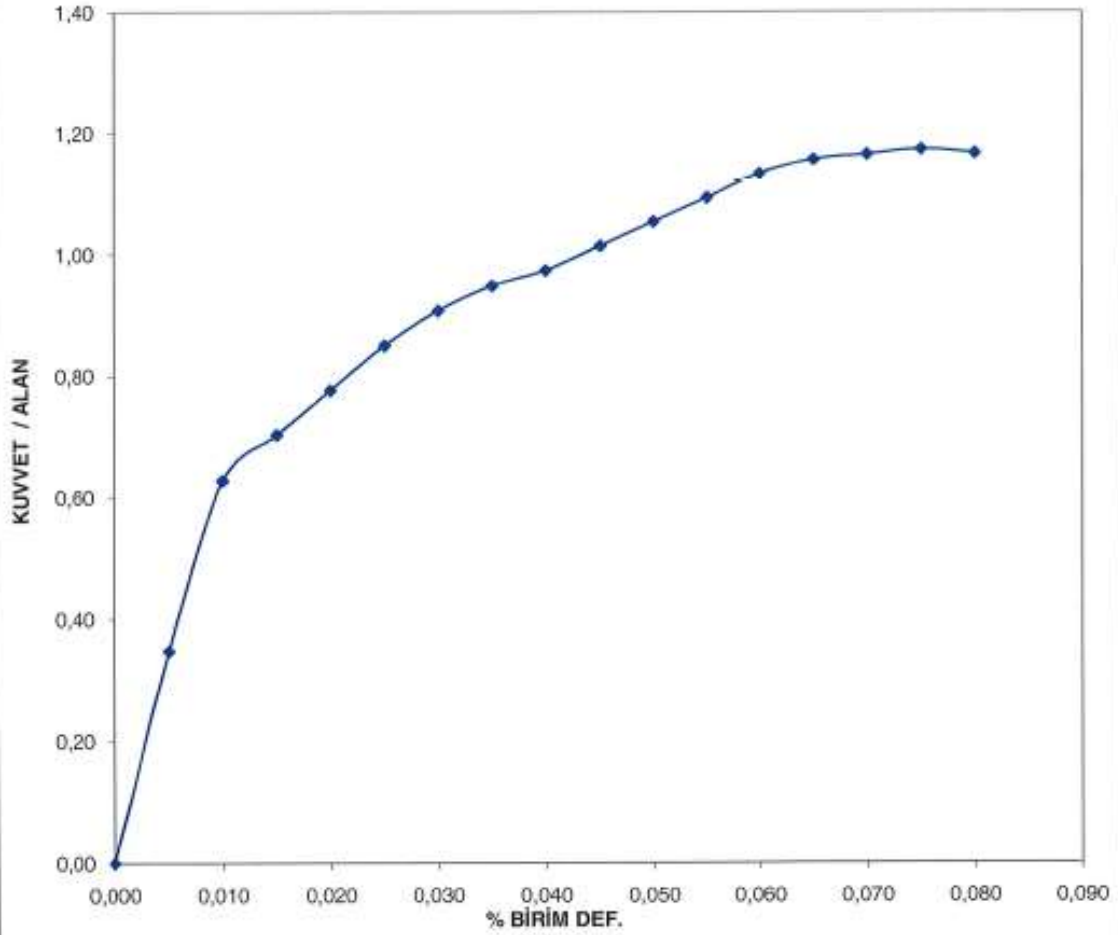


RADON ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI

SERBEST BASINÇ DENEYİ RAPORU (F-16)

Rapor Tarihi		Rapor No	2018-598	Lab. No.	598	Örnek No.	
Sondaj No:	SK-1	Numune Adı:	KAROT	Derinlik:	17.00-18.00	Sayfa No/Toplam Sayfa No	

SERBEST BASINÇ GRAFİĞİ



DENEYİ YAPAN
JEOLOJİ MÜHENDİSİ
MÜGEN ÜNGÖR

KONTROL EDEN
DENETÇİ MÜHENDİS
MURAT ÖZGÜL