

DENİZ SUYU BASINCINA KARŞI İNŞA EDİLECEK BİR YERALTI YAPISI: KABATAŞ AKTARMA MERKEZİ

An Underground Structure Constructed against Seawater Pressure: Kabataş Transfer Centre

Yalçın EYİĞÜN¹

ÖZET

Bu çalışmada İstanbul'da farklı toplu ulaşım modlarının kesiştiği bir kavşak noktası olan Kabataş Aktarma Merkezi yenilenmesi ve denizden dolgu marifetiyle alan kazanılması projesi incelenmiştir. İnşaat süresinde ve sonrasında karşılaşılabilecek hidrolik ve geoteknik sorunlar analiz edilmiş ve çözüm sunulmuştur. Deniz suyu seviyesinin yaklaşık 13 m altına kadar inen yapıda yolcu entegrasyon alanları, geçiş koridorları, bilet holleri, zorunlu ihtiyaçlar için ticari alanlar ve otopark alanları oluşturulacaktır. Bu yapının deniz suyunun sebep olacağı problemlere karşı emniyetli hale getirilmesi zorunludur. Proje alanının jeolojik ve geoteknik koşulları incelendiğinde ana kaya üzerinde yer alan ve kalınlığı 6,5 m ile 16,80 m arasında değişen güncel çökeller seddeyi oluşturacak dolgu için emniyetli tabanı oluşturmadığı, yapılan şev stabilite analizi ile tespit edilmiştir. Çözüm olarak jet grout kolonlarıyla güncel çökellerden oluşan zemin ortamın ıslahı önerilmiş ve bu durum analiz edilmiştir. Deniz suyunun sedde dolgu malzemesi içinden uzun vadede ilerlemesi riskine karşı; kayaya soketli teğet betonarme fore kazıklı bir bariyer çözümü önerilmiştir. Bu kazıkların imalatında düşeyden sapma ihtimaline karşı kazık aralarından sızmanın önlenmesi için ilave bir tıkaç elemanı olarak ön (deniz) ve arka (yeraltı yapısı) yüzlerinin kesişen teğet jet grout kolonlarıyla desteklenmesi öngörülmüştür.

ABSTRACT

In this study, the reconstruction and acquiring space by means of filling from the sea Project of the Kabataş Transformation Center, an intersection point of different modes of public transportation in Istanbul, have been examined. Hydraulic and geotechnical problems that may be encountered during and after the construction are analyzed and solutions are presented. Passenger integration areas, passage corridors, ticket halls, commercial areas for compulsory needs and parking areas will be established in the building which is about 13 m below sea level. It is necessary to make this structure safe from the problems caused by sea water. When the geological and geotechnical conditions of the project area are examined, it is determined by the slope stability analysis that the current sediment layer, which is located on the bedrock and has a thickness ranging from 6.5 m to 16.80 m, does not constitute a safe base for filling. As a solution, improvement of this layer with jet grout columns was proposed and analyzed. Against the risk of sea water intrusion through the filling material in the long period; a barrier solution with bored piles has been proposed that is rock socketed tangential reinforced concrete. It is envisaged that the front (sea side) and rear (underground structure side) faces of the piles will be supported by cross tangential jet grout columns as an additional plug element to prevent sea water intrusion due to possibility of vertical deviation during the construction of piles.

GİRİŞ

İstanbul'da farklı toplu ulaşım modlarının en önemli kavşak noktalarından birisi Kabataş'tır. Kabataş'ta karayolu ana arterinin iki tarafında olmak üzere deniz ulaşımı, belediye otobüsü ve taksi durakları, Kabataş-Bağcılar tramvayı ve Taksim-Kabataş Füniküler sistemi kesişmektedir (Şekil 1). İnşaatı devam eden Kabataş – Mahmutbey Metrosunun ilk istasyonu da burada hizmete açılacaktır. Mevcut durumda son derece dar bir alana sıkışmış, konforu düşük olan bu ulaşım entegrasyon noktası;

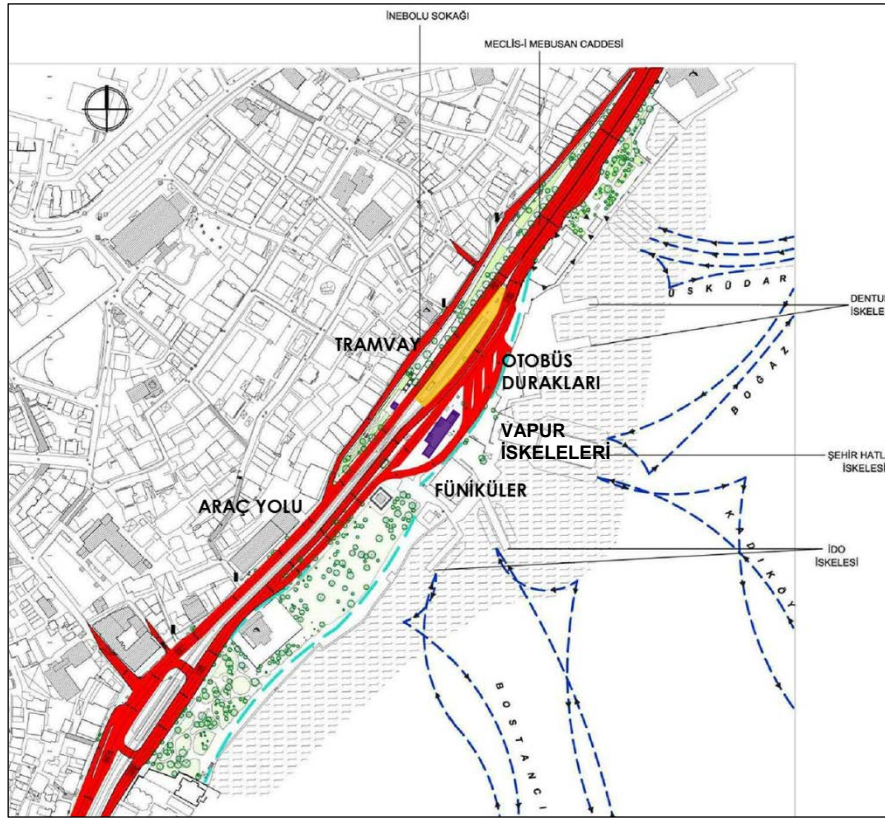
¹ Analitik Ulaşım Çözümleri San. ve Tic. AŞ. İçerenköy Mah. Çayır Cad. Partaş Center, No: 1/4 K.3, Ataşehir-İSTANBUL
e-mail: yalcineyigun1@gmail.com

*İlgili yazar / Corresponding author: yalcineyigun1@gmail.com

Gönderim Tarihi: 23.04.2018

Kabul Tarihi: 17.05.2018

metronun da açılmasıyla günde 215,000 insanın kullanacağı daha kalabalık bir aktarma merkezi olacaktır. Bu noktanın farklı ulaşım modlarının konforlu şekilde buluşacağı bir aktarma merkezi olması için yeni bir Aktarma Merkezine dönüştürülmesi Belediye tarafından amaçlanmıştır.



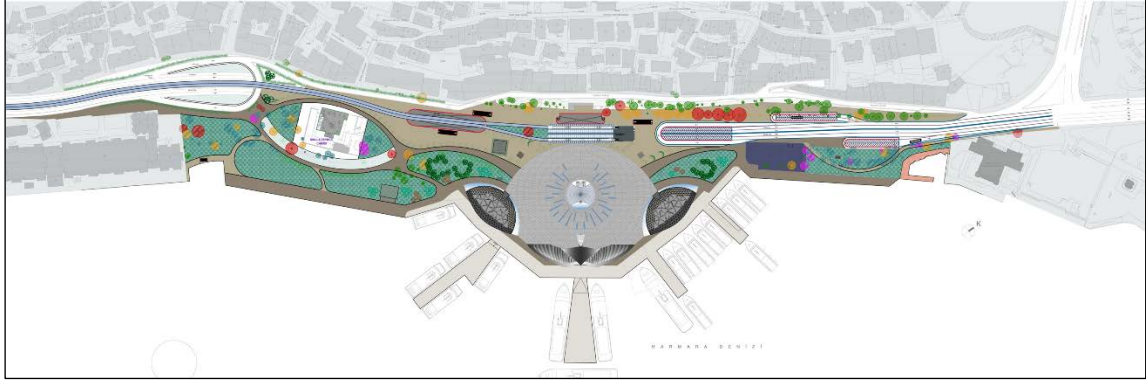
Şekil 1. Kabataş'ta mevcut durumdaki ana ulaşım bileşenleri
Figure 1. The main transportation components in Kabataş

Bu amaçla geliştirilen projede;

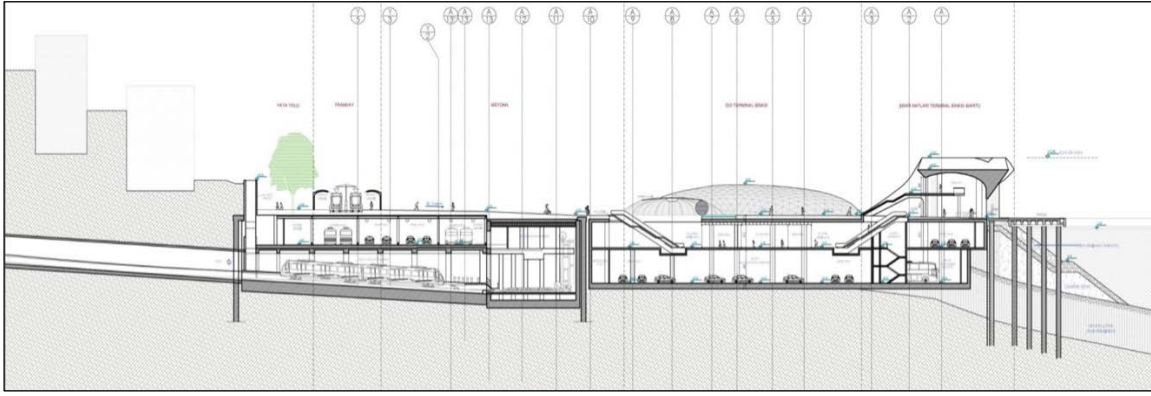
- Zemin altında alt katı 700 araç kapasiteli otopark olmak üzere iki kat ve bir ara kattan oluşan yolcu aktarma merkezi binasının inşası (temel kotu -12,50 m kotunda)
- Karayolu ana arterinin 550 m'lik kesiminin yer altına alınması
- Mevcut deniz işletmecilerine hizmet eden vapur iskelelerinin yıkılarak büyüklüklerinin, sayılarının ve kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır (Şekil 2).

Böylece adı geçen tüm toplu ulaşım modlarından birbirine geçişler yolcu için emniyetli ve konforlu hale gelecektir.

Geliştirilen Aktarma Merkezi projesinin uygulanması ve yeraltında gerekli hacimlerin oluşturulabilmesi için kıyı-kenar çizgisinin deniz tarafında, mevcut iskele-rihtim hattının; genişliği 4 m ile 66 m arasında değişen miktarda dolgu ile denize doğru genişleyerek ilave alan kazanılması zorunludur (Şekil 3 a ve b). Temel kazısı 13 metreyi bulan bu yeraltı yapısının denizden dolgu ile kazanılacak alanda inşa edilmesinin amaçlanması neticesinde; beraberinde deniz suyunun hidrolik basıncı, dalgaların aşındırma etkisi, sızma etkileri, dolgunun stabilitesi, deprem durumunda davranış ve sıvılaşma potansiyeli gibi problemlerin çözülmesi gereği ortaya çıkmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 2. Kabataş Aktarma Merkezi projesi: (a) Plan görüntüsü, (b) Enine kesit görüntüsü (Kıran H. Mimarlık, 2016)

Figure 2. Kabataş Transfer Center: (a) Plan view (b) Cross section view (Kıran H. Mimarlık, 2016)

PROJENİN DENİZ TARAFININ KOŞULLARI

Dalga ve Akıntı Koşulları

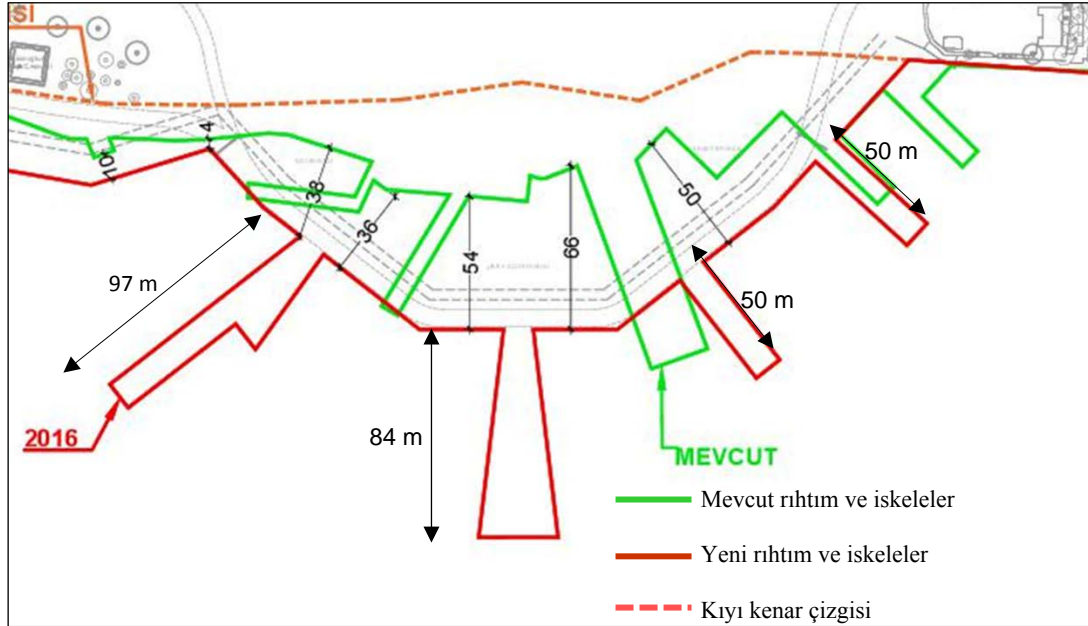
Proje sahasındaki dalga ve akıntı şartlarını belirlemek için İTÜ (2012) tarafından yapılan çalışmada lodos fırtınalarında dalga yükseklikleri nedeniyle bölgedeki mevcut tesislerde operasyonların durmak zorunda kaldığı ifade edilmiştir. Bölge açıklarında, belirgin yükseklik cinsinden 1,0 metre dalga yüksekliği ilgili çalışmada dile getirilmiştir. Fırtına durumunda bu değer iki katına yaklaşan yükseklikte dalgaların gözlenmesi söz konusu olabilecektir. Proje bölgesinde akıntı hızları olarak 1,0 knota ulaşan değerler verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında sahada çekilen dalga fotoğrafları Şekil 4’de verilmektedir. Operasyonel problemlerin en aza indirilmesi için dalga yansıma etkilerinin azaltılması gerekmektedir. Buna göre, kıyı boyunca dalga emici yapı sistemleri tercih edilmesi gereklidir. Proje sahasında su derinlikleri dalga yüksekliklerine oranla büyük olduğundan, dalga kırılması ve kırılma kaynaklı yüksek yüklenme halleri beklenmemektedir.

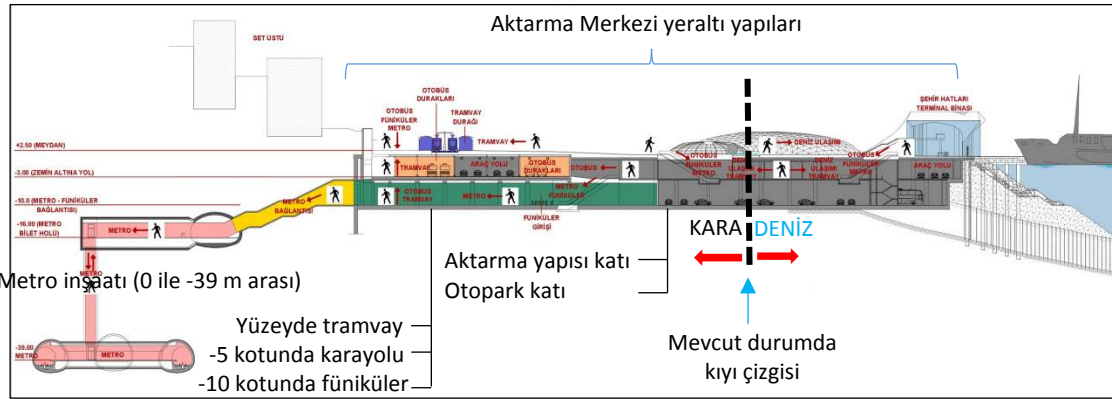
Batimetri

Proje sahasının 07.11.2011 tarihinde yapılmış detaylı bir batimetrik ölçümü bulunmaktadır (Şekil 5). Proje sahasının merkez bölgesinde hızlı derinleşme ve dik taban eğimleri görülmekte, sahanın kenar bölgelerinde ise daha yumuşak taban eğimleri gözlenmektedir. Yapılacak rıhtım hattı boyunca su derinlikleri 10 metrenin altındadır ancak iskelelerin uç bölümlerinde 25 metre derinliklerine ulaşılmaktadır. Tesisi kullanacak olan teknelerin su kesimi ihtiyaçları herhangi bir tarama ihtiyacı

olmadan karşılanabilmektedir. Projede yapılacak herhangi bir dolguda, bu iskeleyi kullanacak en büyük tekne veya yolcu vapurunun draft derinliği dikkate alınarak en az 6 m draftın sağlanması proje kriteridir.



(a)



(b)

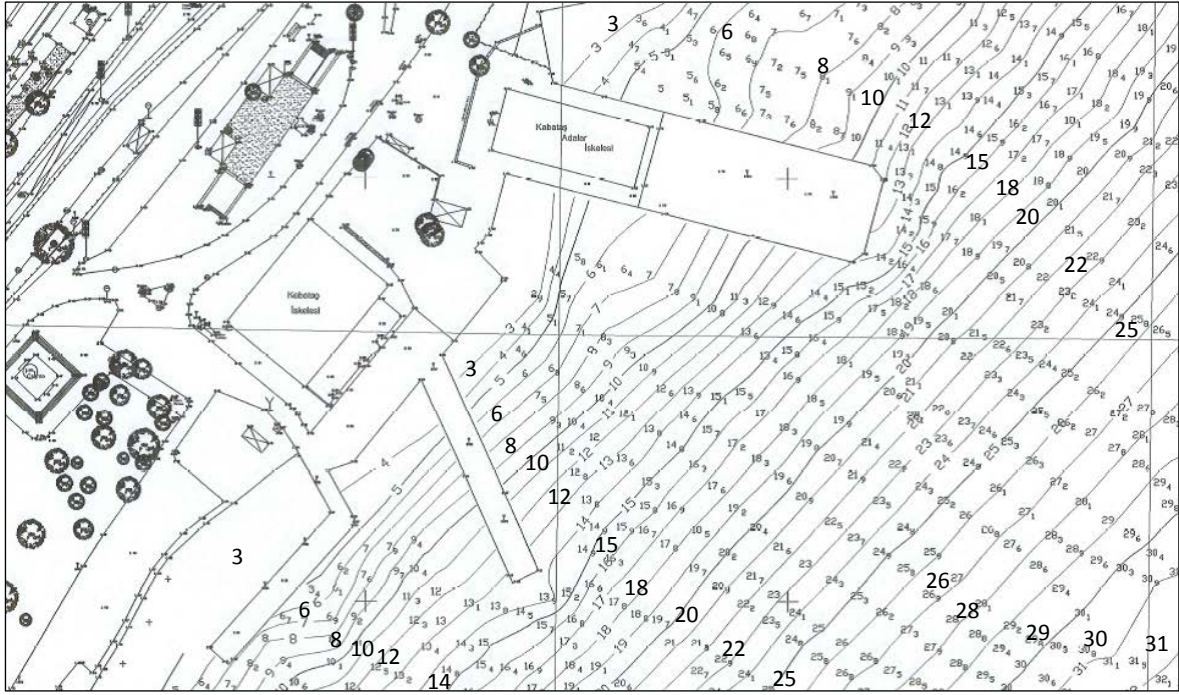
Şekil 3. Kabataş Aktarma Merkezi projesi: (a) Plan görüntüsü, (b) Enine kesit görüntüsü (Kıran H. Mimarlık, 2016)

Figure 3. Kabataş Transfer Center: (a) Plan view (b) Cross section view (Kıran H. Mimarlık, 2016)



Deniz Suyu Baskısına Karşı Koyarak İnşa Edilecek Bir Yeraltı Yapısı: Kabataş Aktarma Merkezi
An Underground Structure Constructed Against Seawater Pressure: Kabataş Transfer Centre

Şekil 4. Kabataş Aktarma Merkezi proje alanından çekilen dalga fotoğrafları
Figure 4. Wave photographs taken from Kabataş Transfer Center project area

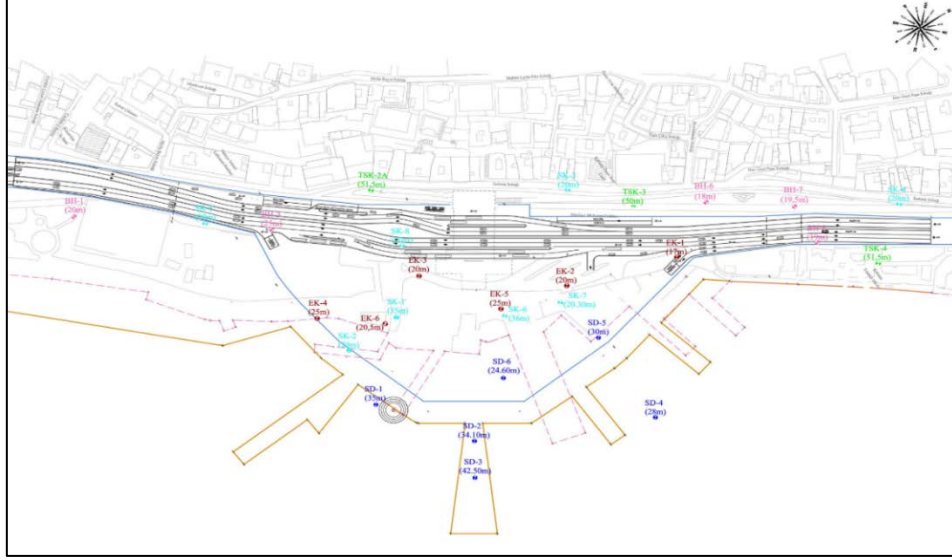


Şekil 5. Kabataş İskelesi ve yanaşma alanı için batimetri haritası (STFA, 2011a)
Figure 5. Bathymetry map (STFA, 2011a) for Kabataş quay and docking area

PROJENİN KARA TARAFININ KOŞULLARI

Jeolojik ve Geoteknik Özellikler

Aktarma Merkezi yeraltı yapısı denizden bakıldığında kabaca 150 m yarıçaplı bir yarım daireye benzemektedir. Kapsamdaki karayolu ana arteri ise başlangıç ve bitiş noktaları itibariyle yaklaşık 700 m'lik bir güzergahı ilgilendirmektedir. Denizde maksimum iskele boyu 97 m'dir. Tüm bu alanları kapsamak üzere bugüne kadar sahada toplam 28 adet sondaj yapılmıştır. Boyları 17 m ile 51,50 m arasında değişen sondajlarla ilgili bilgiler Çizelge 1'de, lokasyon planı ise Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. Yapılan sondajların lokasyon planı (STFA, 2011b)

Figure 6. Location plan of drilled boreholes (STFA, 2011b)

Çizelge 1. Sondaj bilgi tablosu (STFA, 2011b)

Table 1. Borehole information table (STFA, 2011b)

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)
1	SK-1	35
2	SK-2	29
3	SK-3	20
4	SK-4	20
5	SK-5	20
6	SK-6	36
7	SK-7	20,3
8	SK-8	20
9	SD-1	35
10	SD-2	34,10
11	SD-3	42,50
12	SD-4	28
13	SD-5	30
14	SD-6	24,60
15	TSK-2A	51,50
16	TSK-3	50
17	TSK-4	51,50
18	BH-1	20
19	BH-3	25
20	BH-6	18
21	BH-7	19,50
22	BH-8	19
23	EK-1	17
24	EK-2	20
25	EK-3	20
26	EK-4	25
27	EK-5	25
28	EK-6	20,50

Sondajlardan elde edilen bulgulara göre idealize zemin profili şöyledir:

- Yüzeyden itibaren dolgu tabakası: Kalınlığı 4-5 m
- Bunun altında kalınlığı 6,50 m ile 16,80 m arasında değişen gri renkli, gevşek-orta sıkı kabuklu, çakıllı kum tabakasından oluşan güncel çökeller (deniz tabanında ilk rastlanan bu tabakadır)
- Taşıyıcı Anakaya: Kumtaşı-çamurtaşı aralanmalı yer yer diyabaz dayklı. Bunlar İstanbul'un taşıyıcı anakayasını Trakya formasyonunun litolojileridir (Toğrol ve diğ., 2011; Eyigün, 2014; Meriç, 1990, Özür, 1975)

Dolgu, genç çökeller ve taşıyıcı ana kayanın geoteknik parametreleri ise Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Karadaki SK3 numaralı sondaj ile bunun hizasında denizdeki en derin noktada yapılmış SD3 numaralı sondaj-arasındaki sondajlarla yapılan korelasyon-Şekil 7'de verilmiştir. Bu kesit, proje alanının tipik zemin profilini göstermektedir.

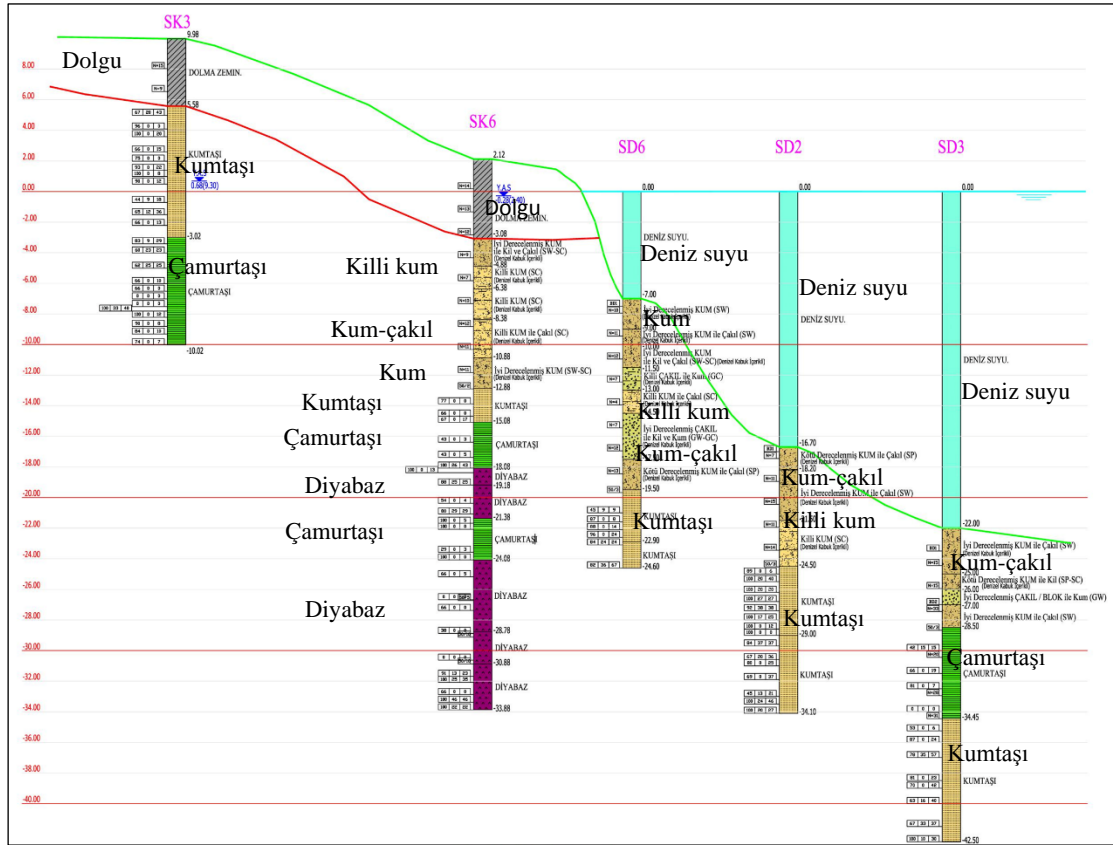
Çizelge 2. Zemin ve kaya ortamların geoteknik parametreleri (STFA, 2016)

Table 2. Geotechnical parameters of soil layers and rock mass (STFA, 2016)

Birim	Kalınlık	SPT-N ₃₀ değeri	γ (kN/m ³)	E (kPa)	Φ (°)	c (kPa)
Dolgu	4-5 m	8	18	10.000	28	-
Güncel çökel	6,5- 16,80 m	12	19	13.500-20.000	30	5
Kumtaşı- çamurtaşı	-	-	21	400.000	35	5

Aktarma Merkezi yapısının denizden dolgu yapılarak alan kazanılması suretiyle inşa edilmesinin çözülmesi gereken mühendislik problemleri 3 maddede sıralanabilir. Bunlar;

1. Denizde dolgu ile oluşturulacak seddenin stabilite analizi,
2. Seddenin içinde veya hemen arkasında deniz suyunun zemin altı yapısına basıncını ve nüfuzunu kesecek bir "sızdırmazlık" çözümü,
3. Sedde dolgunun oturacağı gevşek güncel çökel tabakasının iyileştirilmesi.



Şekil 7. Yapılan sondajlar yardımıyla oluşturulan zemin profili
Figure 7. Soil profile created by boreholes

SEDDE YAPISI VE STABİLİTE ANALİZLERİ

Önerilen sedde yapısının işlevleri; geri saha işleri için geçirimsiz bariyerin oluşturulması ve deniz tarafında dalga emici görevi üstlenmesidir.

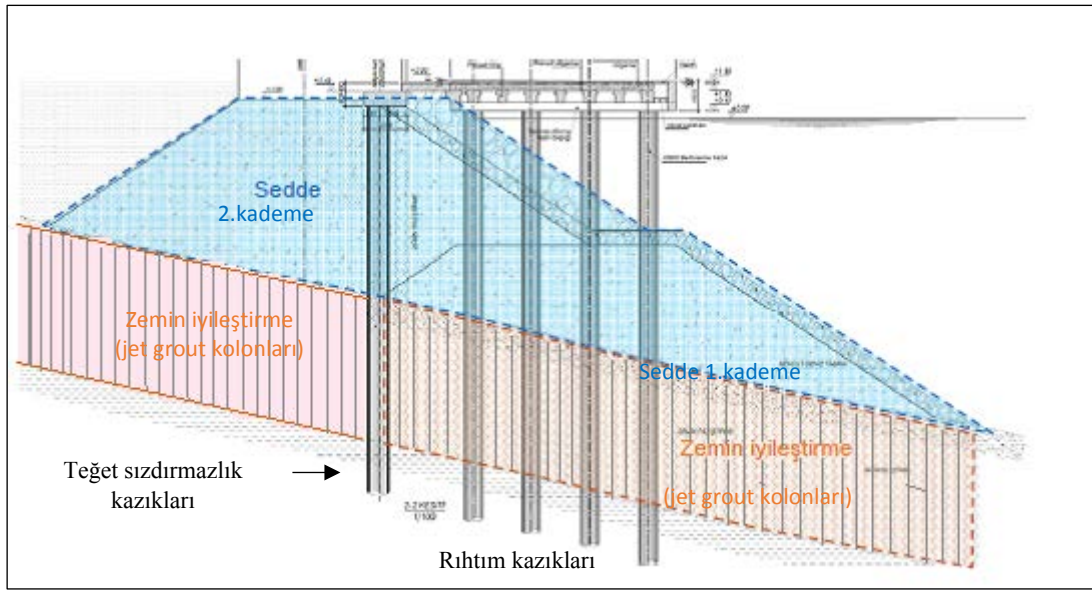
Bu işlemlere uygun olarak, sedde inşaatı denizde kullanılmaya uygun taş dolgu malzeme ile oluşturulacaktır. Taş dolgunun dış tarafı dalga yüklerine karşı kaplama (anroşman) tabakası ile korunacaktır. Seddenin tip kesiti Şekil 8’de gösterilmektedir. Kesitte görülen zemin (güncel çökel) iyileştirme ve sızdırmazlık çözümü teğet kazıklar aşağıda anlatılmaktadır.

Sedde yapısının oturacağı zeminin taşıma gücünün sınırlı olmasından dolayı oturma ve deprem durumunda sıvılaşma riskinin bulunup bulunmadığı ilk soru olarak ortaya çıkmaktadır. Statik hal için basitleştirilmiş Bishop metodu kullanan sonlu elemanlar yazılımı Rockscience Slope (<https://www.rockscience.com/solutions/slope-stability>) ile yapılan analizde önce tabanda topuk ve sonra bunun üzerine 2. kademe ile yapılan dolgu modellenmiştir. Zeminde herhangi bir iyileştirme öngörülmemiştir. Analiz sonunda seddenin ve oturduğu deniz tabanının stabil olduğu görülmüş, göçmeye karşı güvenlik sayısı 1,5 olarak bulunmuştur (Şekil 9).

Aynı analiz deprem hali için tekrarlandığında ise güvenlik sayısı 0,8 olarak bulunmuştur (Şekil 10). Bu durum dolgunun mevcut hali ile depremde göçme riski bulunduğunu göstermiştir. Bunun sebebi, deniz tabanının üst bölümündeki gevşek kum seviyelerinin deprem durumunda sıvılaşacağıdır. Bu sonuç; sedde altındaki düşük dayanımlı zeminin (güncel çökel tabakası) iyileştirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Deniz Suyu Baskısına Karşı Koyarak İnşa Edilecek Bir Yeraltı Yapısı: Kabataş Aktarma Merkezi
An Underground Structure Constructed Against Seawater Pressure: Kabataş Transfer Centre
Bu bulgunun olası olumsuz etkileri şu şekilde özetlenebilir:

- Deprem durumunda kazıklı temellerin bu tabakalardan direnç alma durumu ortadan kalkacaktır.
- Geri sahada yer alan ve bu tabakalara oturan yapılarda (sedde gibi) büyük oturmalar gözlenebilecektir.
- Oluşabilecek yatay deformasyonlar imal edilecek istinat yapılarında yük artışına neden olabilecektir.
- Toptan göçme riskleri deniz yapılarına önemli mertebede yanal yüklemelere neden olabilecektir.



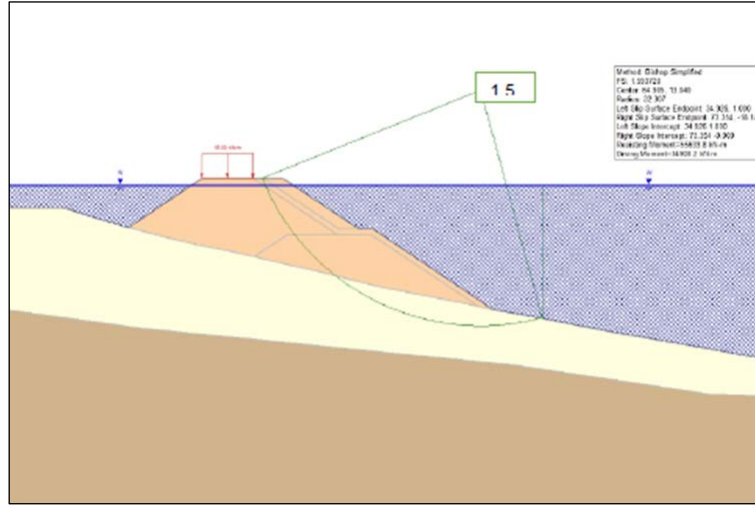
Şekil 8. Tipik sedde kesiti

Figure 8. Typical embankment section

İyileştirme yöntemi olarak, taşıma gücü düşük tabakaların değiştirilmesi (taranması ve nitelikli malzeme ile yer değiştirilmesi) ya da jet grout/beton enjeksiyonu gibi yöntemlerle güçlendirilmesi seçenekleri mevcut koşullar altında düşünülebilecek alternatiflerdir.

Projedeki çeşitli kısıtlar nedeniyle taşıma gücü düşük tabakaların taranması ve nitelikli dolgu malzemesiyle değiştirilmesi yönteminin tercih edilmesi mümkün olamamaktadır:

- Tarama sırasında önemli çevresel etkiler gözlenecektir,
- Taranacak malzemenin bertarafı önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır,
- Tarama miktarı su içinde oluşacak şevlere bağlı olacaktır ve geri sahada geniş bir alanda tarama nedeniyle etkiler oluşacaktır,
- Tarama işi denizden yapılacağından bu işlem sırasında diğer aktivitelerin yürütülmesi güç görünmektedir.



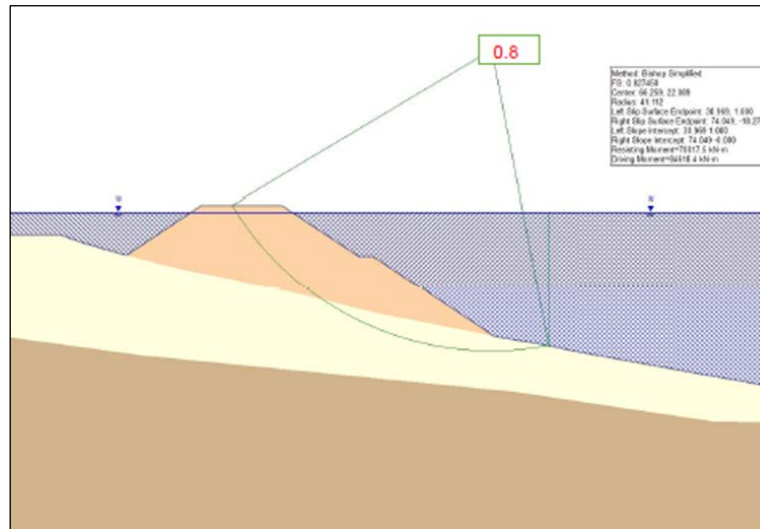
Şekil 9. Statik durumda seddenin stabilite analizi

Figure 9. Stability analysis of the embankment for static situation

Sıralanan nedenlerle, düşük dayanımlı tabakaların (güncel çökel) güçlendirilmesi yöntemi tercih edilmiş ve belirli bir kareyaj sistemine uygun olarak sedde dolgusunun oturacağı riskli güncel dolgu tabakası, planda dolgunun oturum tabanından en az 8 m daha fazla bir alanda olmak üzere kolonlar oluşturulmak suretiyle düşük dayanımlı tabakaların kesme dayanımlarının arttırılması hedeflenmiştir. İyileştirme elemanı olarak 60 cm çaplı ve birbiriyle 10 cm girişimle keşişen jet grout kolonları seçilerek analiz kesiti oluşturulmuştur.

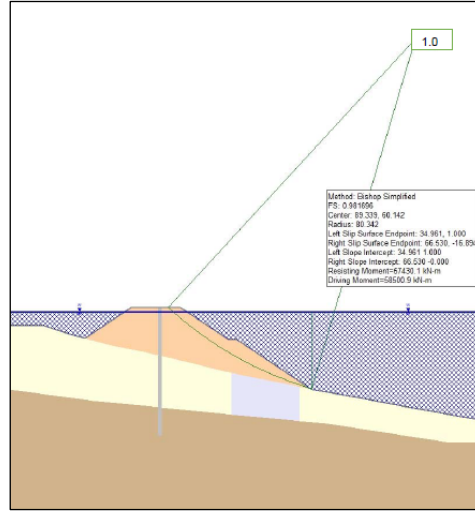
Seddeyi oluşturan dolgunun merkezinde kil içeren karışık çekirdek ile geçirimsizlik sağlanması öngörülmekle beraber, geri tarafta inşa edilecek olan zemin altı yapısının deniz suyuna karşı mutlak korunması amacıyla çekirdek dolgunun ortasından teğet imal edilecek betonarme fore kazıklarla geçirimsizlik perdesi teşkil edilerek “susuzlaştırma”nın sağlanması da öngörülmüştür.

Be elemanlardan oluşan model kurularak su içindeki topuk altında yapılacak iyileştirmeler ile deprem koşulları altında sedde stabilitesi basitleştirilmiş Bishop metodu sonlu elemanlar yazılımı ile yeniden hesaplanmıştır. Analiz sonuçları çıktısı Şekil 11’de verilmiştir. Buna göre sedde, güncel çökelin iyileştirilmesi ile “güvenli” hale gelecektir.



Şekil 10. Depremlı durumda seddenin stabilite analizi (zemin iyileştirilmesi yapılmadan)

Figure 10. Stability analysis of embankment for earthquake case (without soil improvement)



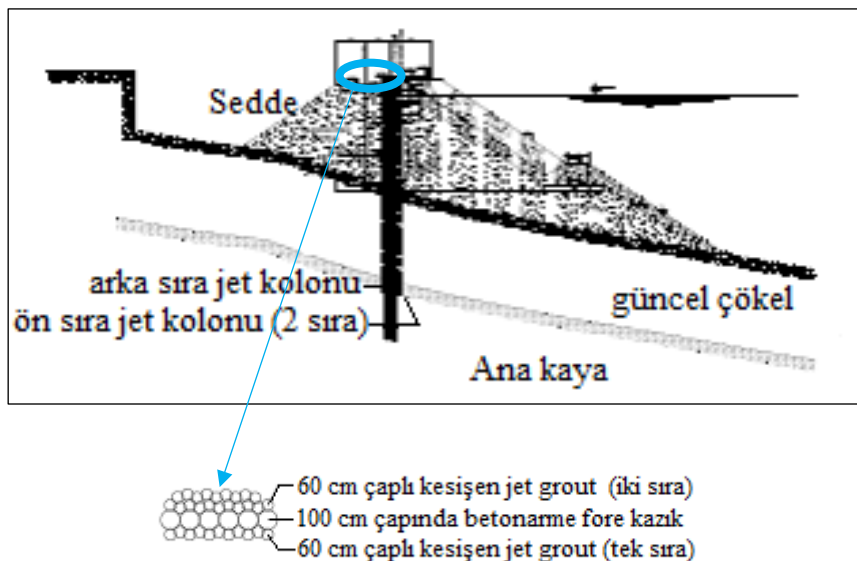
Şekil 11. İyileştirilmiş zemine oturan seddenin depremli durumda stabilite analizi

Figure 11. Stability analysis of the embankment on the improved soil for earthquake case

Seddenin Geçirimsizliğini Sağlamak İçin Öngörülen Çözüm

Sedde kesitinin ortasında teşkil edilecek geçirimsizlik yapısının teğet imal edilecek kayaya 8 m (diyabaz daykına rastlanırsa en az 5 m) soketli betonarme fore kazık olarak seçilmesi uygun çözüm olarak önerilmiştir (Arıoğlu ve diğ., 2007; Tomlinson ve Woodward, 2008). Kıyı yapılarında alternatif bir yöntem olan palplanş sistemleri bu açıdan uygulanabilir bulunmamıştır. Tesisin kara yapıları inşa edilirken bu duvarın gerisinde kısmi kazılar yapıldığında, kayaya soketli kazıkların kendi dayanımı ve rijitliği ile stabil kalabilmesi de önemli bir gereklilik ve avantaj olacaktır. Bu nedenle, geriye ankrajlanma ihtiyacı duyulmadan inşaata izin veren bir duvar sistemi (teğet kazıklı geçirimsizlik duvarı) öngörülmüştür (Şekil 12).

Diğer yandan bu kazıkların düşeyden sapma ihtimaline karşı sızdırmazlığı garanti etmek için kazıkların deniz tarafında çift sıra ve yeraltı yapısı tarafında tek sıra olmak üzere 60 cm çaplı kesişen jet grout önlemi ilave tedbir olarak önerilmiştir (Burke, 2004).



Şekil 12. Sızdırmazlık için öngörülen teğet kazıklar ile ön (deniz tarafı) ve arkasında (kara tarafı) jet grout çözümü

Figure 12. Tangent piles for sealing and jet grout solution in front (sea side) and back (land side)

DENİZ SUYU BASINCINA KARŞI ÖNERİLEN TEDBİRLER

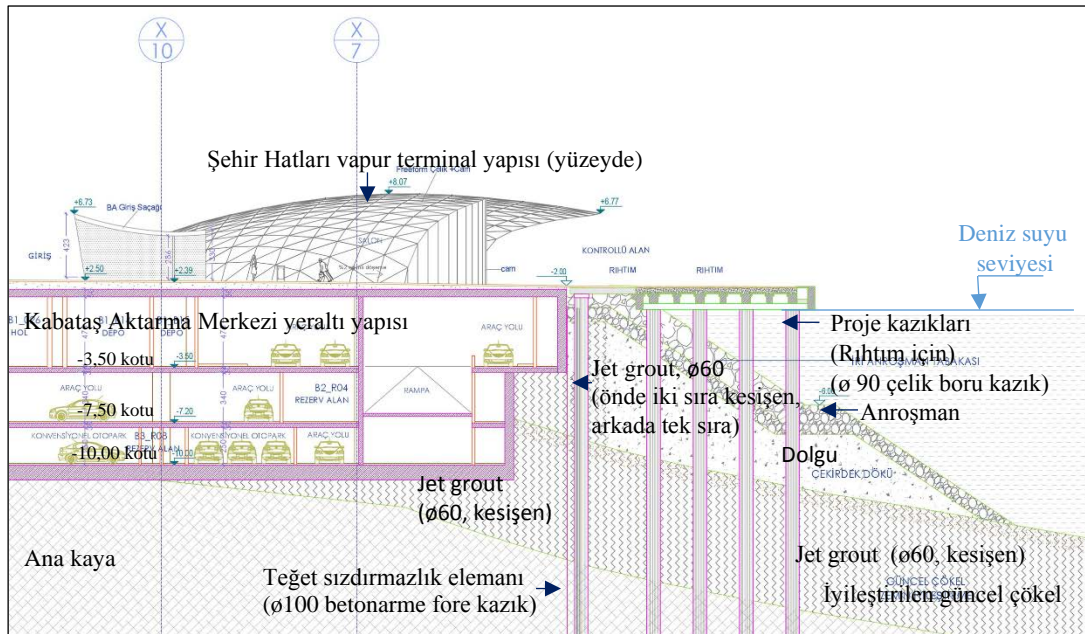
Bu çalışma kapsamında yukarıda analiz ve izah edilen tüm tahkimat ve iyileştirme tedbirleri özet olarak Çizelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3. Önerilen yöntemin özeti

Table 3. Summary of proposed method

Sorun/İhtiyaç	Önerilen Çözüm
Denizde alan kazanılması ihtiyacı	Dolgu ile sedde teşkili
Seddenin geçirimsizliği	ø100 cm çaplı, kayaya soketli betonarme teğet fore kazık
Teğet fore kazıklar arasından deniz suyu sızması riski	ø60 cm çaplı Jet grout kolonları. (Önde (deniz tarafında) iki sıra kesişen, Arkada (bina tarafı) tek sıra kesişen)
Dolgunun oturduğu güncel çökel tabakasının taşıma gücünün artırılması	Dolgu tabanı boyunca ø60 cm çaplı Jet grout kolonları ile iyileştirme

Şekil 13’de ise dolgu ile kazanılacak alanda deniz suyu baskısına karşı yeraltı yapısının emniyetli şekilde inşası için yapılan analizler sonucu çalışmada önerilen tipik yapı ve tahkimat elemanları en kesiti yer almaktadır.



Şekil 13. Aktarma Merkezi yapıları ve deniz suyu basıncına karşı önerilen tahkimat elemanları tipik kesidi

Figure 13. Transfer Center structures and typical support elements for sea water pressure

Böylece örneğine nadir rastlanan koşullarda denizden kazanılan bir alanda yeraltı yapısı inşası suretiyle Aktarma Merkezini teşkil etmek mümkün hale gelmiş olmaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada denizden alan kazanılarak inşa edilmesi planlanan Kabataş Aktarma Merkezinin deniz suyu seviyesi altında emniyetli şekilde inşa edilebilmesi için lüzumlu olan geoteknik tedbir ve çözümler analiz edilmiştir.

Yapılacak deniz dolgusunun ana kayaya değil taşıma gücü düşük güncel çökellere oturması sebebiyle herhangi bir zemin iyileştirmesi uygulanmadan yapılan şev stabilitesi analizinde seddenin deprem durumunda stabil kalmayacağı görülmüştür. Analizler, güncel çökel tabakasının 60 cm çaplı ve birbiriyle 10 cm kesişen jet grout kolonlarıyla iyileştirilmesi kabulüyle tekrarlanmış ve güvenli hale ulaşılmıştır.

Sedde arkasına deniz suyunun ilerlemesini önlemek ve aktarma Merkezinin uzun süreli dayanım ve duraylılığını desteklemek amacıyla sedde kütlesi merkezine 100 cm çaplı, kayaya 8 m soketli betonarme teğet fore kazıklar önerilmiştir.

Kazıkların arasından olası deniz suyu girişimini önlemek amacıyla kazıkların ön (deniz) tarafında iki sıra 60 cm çaplı/10 cm kesişmeli, arkada (yeraltı yapısı tarafı) ise tek sıra 60 cm çaplı/10 cm kesişmeli jet grout kolonu önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- ARIOĞLU, E., YILMAZ, A. O. ve TUNÇDEMİR, H. 2007. Kayaya gömülü fore kazıklar. Evrim Yayınevi, İstanbul.
- BURKE, G.K., 2004. Jet Grouting Systems: Advantages and Disadvantages. Geo Support 2004: Drilled Shafts, Micropiling, Deep Mixing, Remedial Methods, and Specialty Foundation Systems. Geotechnical Special Publication No. 124, American Society of Civil Engineers, Reston, pp 875-886.
- EYİĞÜN Y., 2014. İstanbul Grovalarına Soketlenen Fore Kazıkların Taşıma Kapasitesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İTÜ GEMİ VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ, 2012. İstanbul Boğazı Nümerik Akım Modeli ve Numerik Gemi Manevraları Simülasyon Raporu.
- KIRAN H. MİMARLIK VE YAPI HİZMETLERİ A.Ş., 2016. Kabataş Aktarma Merkezi Uygulama Projesi.
- MERİÇ E., 1990. İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Genç Kuvaterner (Holosen) Dip Tortulları. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı yayını.
- ÖZÜER, A. B., 1975. Çatlaklı grovak ve killi şistlerin mühendislik özellikleri. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- STFA TEMEL ARAŞTIRMA VE SONDAJ A.Ş., 2011a. Kabataş İskeleleri Fikir Projesi Uygulama Projesi dolgu imar planına esas özel hidrografik ölçme raporu, Rapor No: 2011-06-048.
- STFA TEMEL ARAŞTIRMA VE SONDAJ A.Ş., 2011b. Kabataş İskeleleri Fikir Projesi Uygulama Projesi dolgu imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu, Rapor No: 2011-06-047.
- STFA TEMEL ARAŞTIRMA VE SONDAJ A.Ş. VE ARTI PROJE DANIŞMANLIK İNŞ. TUR. LTD. ŞTİ., 2016. Kabataş Aktarma Merkezi deniz yapıları sistem seçim raporu. Rapor No: MTM-DET-TRP-001
- TOĞROL E., EYİĞÜN Y., KÜMAN S. ve YILDIRIM Ü.E., 2011: Haliç'in Zemin Özellikleri-Yeni bir değerlendirme. İTÜ Dergisi/d Mühendislik, Cilt:10, Sayı: 4, 81-90.
- TOMLINSON M., ve WOODWARD J., 2008. Pile Design and Construction Practice (5th ed.). New York :Taylor & Francis Group Publication.