

Istanbul Boğazi kıyısında Jet Grouting yöntemi ile oluşturulan

İksa sistemi ve geçirimsizlik perdesi

İnş. Yük. Müh. Bora BERK,
İnş. Müh. Kaan DOĞANIŞIK,
Geobos Zemin Güçlendirme
Sist. Ltd. Şti.

mekte, bu tabaka bitiminde ana kayaya ulaşılmaktadır. İri bloklu dolgu tabakasının ve altındaki siltli kum birimlerin geçirgen olduğu düşünülmüş, bu nedenle sahada yapılacak bir derin kazının geçirimsizliği sağlayacak şekilde önlem alınarak yapılmasına karar verilmiştir. Ayrıca gevşek siltli kum tabakasından alınan numunelere göre yapılan analizlerde, şiddetli bir deprem durumunda ($a = 0.3 g$) sahada yüksek sıvılaşma riski tespit edilmiştir.

Projenin tanımlanması

Yapılacak kazının güvenilir bir iksa sisteminin olması, bu iksa sisteminin aynı zamanda sızdırmazlığı sağlaması gerekli görülmüştür. İksa sisteminin altından doluşarak kazı tabanına ulaşacak deniz suyunu engellemek amacı ile kazı tabanında bir 'taban tıpası' oluşturulması düşünülmüştür. Sahadaki sıvılaşma potansiyelini en aza indirmek için boyu ana kayaya kadar ulaşan mevcut zemine göre yüksek elastisite modülü olan kolonlara gereksinim duyulmuştur. Yukarıda belirtilen bütün bu amaçları kapsayan en uygun teknolojinin Jet Grouting Yöntemi olduğuna karar verilmiş ve bu

doğrultuda bir proje hazırlanarak sahada tatbik edilmiştir (Şekil 1).

Jet grouting yöntemi

Jet grouting yöntemi, yüksek basınç altında (250 - 600 bar arası) milimetre mertebesindeki deliklerden pompalanan çimento enjeksiyonunun zemini bıçak gibi keserek zemin içinde silindirik kolonlar oluşturmaktan ibarettir. Oluşturulan bu kolonlar zeminin taşıma kapasitesini arttırmakta ve sıkışabilirliğini azaltmaktadır. Birbirleri ile yan yana keşiştirildiklerinde sızdırmazlık özelliği de oluşturabilmektedir.

Jet grouting uygulaması I. İksa ve sızdırmazlık amaçlı jet-grout kolonları

Sahada önce kazı sınırı işaretlenmiş ve kazı sınırına teğet gelecek şekilde merkezden merkeze 45 cm aralıklı 60 cm çapında jet-grout kolonları oluşturulmuştur. Jet-grout kolonları iç ve dış sıra olarak, birbirleri ile keşişecek şekilde teşkil edilmiştir. Denize paralel cephenin deniz tarafında jet-grout kolon boyları anakayaya ulaşacak şekilde (18.0 m) projelendirilmiştir. Denize dik iki yan cephe ve sahanın yol cephesinde jet-grout kolon boyları 9.0 m olarak proje-

Istanbul Anadolu Hisarı'nda boğaz denizi ile sınırlı olan bir yalı inşaatı yapılacaktır. Söz konusu yalı için denize paralel genişliği 13.5 m, denize dik genişliği 20.0 m ve derinliği 5.0 m olan bir kazı yapılması planlanmıştır. Mevcut saha zemin kotu +0.0 m kabul edildiğinde deniz seviyesi -0.7 m kotunda yer almaktadır. Deniz kenarında 5.0 m genişliğinde bir iskele tabiyesi mevcut olup tabiyenin yaklaşık 3.0 m'lik kısmı ana zemine oturmaktadır. Temel kazısının iskele tabiyesinin kenarından yapılması planlanmaktadır (Resim 1).

Zemin koşulları

Sahanın sahil yolu tarafında 2.0 m kalınlığında, deniz tarafında ise 4.0 m kalınlığında iri bloklu dolgu tabakası mevcuttur. Bu tabakanın altında denizel çökelti gevşek kıvamda siltli kum tabakası yaklaşık -18.0 m kotuna kadar devam et-



Resim 1: İlk durum



Resim 2: Jet-grout imalatı ve ön delgi işlemi



Resim 3: Çimento silosu, mikser ve jet-grout pompası



Resim 4: Son durum

lendirilmiştir. Özellikle denize yakın cephede iri bloklulu dolgu kalınlıklarının yaklaşık 4.0 m olması nedeniyle delgi esnasında problemler baş göstermiştir. Problemi çözmek için sahaya önce kompresör yardımı ile 10 bar basınçlı hava püskürtebilen bir delgi makinesi getirilmiştir. Bu şekilde sahada 4.0 m derinliğe kadar kompresörlü sistem ile ön delgi yapılmış ve ardından jet-grout imalatına geçilmiştir (Resim 2).

Her bir kolona kolon boyu kadar demir donatı indirilmiştir. İç sıra (kazı tarafı) jet-grout kolonu imalatında yaklaşık 300 bar enjeksiyon basıncı, 2 x 1.8 mm nozul (çimento enjeksiyonunun zemine aktığı delikler), dış sıra imalatlarında 250 bar enjeksiyon basıncı, 2 x 2.0 mm nozul kullanılmıştır (Resim 3). Dış sıralarda basınç düşürülüp nozullar büyütülerek doygun bir bölgenin çevre yapılar zarar vermeden oluşturulması amaçlanmıştır.

2. Tabanda yapılan sızdırmazlık amaçlı ve sıvılaşmayı önleyici jet-grout kolonları

Sahada taban tıpası olarak mevcut saha zemin kotu 0.0 kabul edildiğinde -7.0 m ile -5.0 m arası 2.0 m boyunda birbirleri ile kesişen jet grout kolonları oluşturulmuştur. Jet-grout kolon çapları 80 cm, merkezden merkeze mesafeleri 70 cm olarak projelendirilmiştir. Denize yakın bölgede komp-

resörlü sistem ile blokaj dolgular geçilmiştir. Sıvılaşmayı önleyici kolon imalatları kazı tabanından ortalama 12 m aşağıya kadar (anayaaya ulaşacak şekilde) yapılmıştır. Taban kolonları 350 bar ile 400 bar arasında enjeksiyon basıncı ile oluşturulmuş, kolonlar için 2 x 1.8 mm nozul kullanılmıştır.

3. Iskele stabilitesi için jet-grout kolonları

Jet-grout kolonları, sahada yer alan mevcut iskele üzerinde, iskelelerin denize yakın tarafında denize paralel olarak ana kayaya ulaşacak şekilde projelendirilmiş olup minimum kolon boyu 18.0 m'dir. Kolonlar 80 cm çapında olup merkez-

den merkeze 70 cm ara ile tek sıra inşa edilmiştir. Her bir kolona kolon boyu kadar demir donatı (32'lik) indirilmiştir. Kolonlar 350 bar enjeksiyon basıncı ile oluşturulmuş, kolonlar için 2 x 1.8 mm nozul kullanılmıştır.

Sonuçlar

Sahada 5.0 m derinliğindeki kazının güvenli yapılması ve sızdırmazlık sağlanması için değişken boyda yaklaşık 3,200.0 m 60 cm çapında, taban tıpası amaçlı ve sıvılaşmayı önleyici değişken boyda yaklaşık 1,900.0 m 80 cm çapında, iskele stabilitesi amaçlı minimum 18 m boyunda yaklaşık 600.0 m 80 cm çapında jet-grout kolonu inşa edilmiştir. Jet-grout kolonu oluşturma işlemi sona erdikten yaklaşık bir hafta sonra deniz tarafından hafriyata başlanmıştır. Sahanın darlığı nedeniyle hafriyat işleri ön görülenden uzun sürmüştür (10 gün) Bu süre içinde kazı aynasından akan ve kazı tabanında biriken sızıntı suların miktar gözlenmiştir. 10 m³/saat kapasiteli bir pompanın toplam 10-15 dakika süresince çalışması ile günlük biriken sular denize deşarj edilebilmiştir. Buna göre kazı tabanında biriken sızıntı suyu miktar yaklaşık 100 lt/saat olmuş, projede ön görülen kabul edilebilir miktarın çok altında gerçekleşmiştir (300 lt/saat). Resim 4'de görüldüğü gibi kazı içinde grobeton öncesi micir çalışması görülmektedir (Resim 4). ■

