

KAĞITHANE DERESİNİN ISLAHINA YÖNELİK GEOTEKNİK VE HİDROLOJİK ETÜDLER

GEOTECHNICAL AND HYDROLOGICAL INVESTIGATIONS FOR THE REHABILITATION OF KAGITHANE RIVER

Turhan Karadayılar¹, Canan Öge², Gülçin Tezel³, Taşkın Tari⁴

ÖZET

Kağıthane deresi boyunca plansız yapılaşmanın artması ve derenin doğal yatağından değişimin olmasına bağlı olarak taşkınlar olmaktadır. Bu makalede Kağıthane deresinin 1. kısım olarak tanımlanan ilk altı kilometrelik kesiminin ıslahına yönelik yapılan geoteknik etüdler, kanal kesit hesaplarında izlenen esaslar, önerilen zemin ıslah yöntemleri ve istinat yapı tipleri sunulmuştur.

SUMMARY

Kağıthane river have been flooded because of the uncontrolled urbanization and changes on its natural flow channel. In this study soil investigations, methods of the channel cross-section calculations, suggested soil improvement method and retaining system are given for the rehabilitation of the first six kilometers of the Kağıthane river named section 1.

¹ İnş. Yük. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

² İnş. Yük. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

³ Hidrojeoloji Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

⁴ İnş. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

1. GİRİŞ

İstanbul ilinin Kağıthane ilçesinde, Haliç'in Kuzeyinde yer alan Kağıthane deresi yaklaşık 130 m kotlarında Kocayemiş tepe'den doğmakta ve Haliç'e dökülmektedir. Zaman içerisinde özellikle Haliç'e yakın kısımlarında dere boyunca yapılaşmanın artması ile Kağıthane deresinin doğal yatağından değişimlerin olduğu gözlenmiştir. Kontrolsüz ve plansız yerleşimin etkisiyle dere rejiminde değişimler ve bunun sonucunda da taşkınlar olmaya başlamış, hem maddi hem de manevi pek çok zarar yaşanmıştır.

Kağıthane deresinin çevreye zarar vermesini engellemek ve taşkınları kontrol altına almak amacıyla ıslah çalışması DSI tarafından başlatılmıştır. Dere boyunca en yoğun yapılaşmanın yer aldığı Sadabat Viyadüğü ayakları ile Organik Kimya Fabrikası arasında kalan ve 1.kısım olarak tanımlanan ilk altı kilometrelik kesimin ıslahı kapsamında uygulama projelerinin hazırlanması ve temellerin projelendirilmesine yönelik çalışmalar ZETAŞ A.Ş. (1998 a, b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla DSI çalışmalarından yararlanılarak Kağıthane deresinin taşkın debilerinin belirlenmesine yönelik hidrolojik çalışmalar ile zemin şartlarının ve parametrelerinin belirlenmesine yönelik geoteknik etüdler gerçekleştirilmiştir.

2. JEOLJİ

İnceleme alanında, oldukça yaygın bir alan kaplayan Üst Devoniyen yaşlı grovak ve killi şistlerden oluşan Trakya Formasyonu, yer yer kumlu, çakıldan oluşan Üst Pliosen birim, nehir yatağı ve yamaçlarda görülen Kuvaterner yaşlı alüvyonlar mevcuttur.

Geniş bir alana yayılan, grovak ve killi şistlerden oluşan Trakya Formasyonu çörtlerle uygun tabakalaşmalı ve tedrici geçiş halinde bulunmakta ve incelenen bölgenin batısında Cebeciköy'de mostra veren Cebeciköy kalkerleriyle yine konkordan olarak örtülmektedir. Atmosfer etkisiyle ayrışmış veya ayrışmaya başlamış kısımları yeşilimsi gri ve sarımsı-kahve renklidir. Zaman zaman çökeltme ortamının sığlaşıp derinleşmesiyle oluşan kaba çakıl seviyeleriyle (4-5 cm çapında çakıllar) daha ince elemanlı ince grovak ve killi şist seviyeleri çeşitli noktalarda düzensiz bir sıralanma ve geçişler gösterir. İnce ve iri tanelerin sıralanması ile kolayca gözlenebilen çapraz tabakalaşma, türbidit gibi sedimentasyon yapılarına sık sık rastlanır.

Geoteknik problemlerin kaynağı olan ve asıl incelenen birimi oluşturan kuvaterner yaşlı alüvyonlar Kağıthane deresi yatağında ve yamaçlarında görülür. Kuvvetli yağış dönemlerinde suların getirdiği erozyon malzemesinden oluşan bu alüvyon örtüsünün genişliği ve kalınlığı homojen değildir. Dere boyunca güneye doğru genişleyen alüvyon kalınlığı 1.0m ila 40.0 m arasında değişmekte olup ince kum, kil ve silt elemanlarından oluşmaktadır. Dere yatağı boyunca bu alüvyonlar düzensiz ve değişken kalınlıkta güncel kontrolsüz dolgular ile örtülüdür. Yapılan arazi etüdlerindedir alüvyon kalınlığının dere güzergahının güneyinde 30.0 m derinliğe kadar ulaştığı tesbit edilmiştir.

3. HİDROLOJİ

Kağıthane deresi İstanbul Boğazı'nın Kuzey Batısında yer alan Kocayemiş Tepe'den yaklaşık 130 m kotlarında doğmakta ve İstanbul Boğazı'nın Güney batısında Haliç'e dökülmektedir. İslah çalışmalarının yapıldığı 1.kesim sonuna kadar olan dere boyu takriben 3310.0 m'dir. Kağıthane deresi yağış alanı, 1/100,000 ölçekli İstanbul F21-22 paftalarında $41^{\circ} 04' - 41^{\circ} 16' 30''$ kuzey enlemi ile $28^{\circ} 46' 30'' - 29^{\circ} 02'$ doğu boylamları arasında yer almakta olup drenaj alanı ise takriben 128 km^2 dir.

İnşa edilecek kanal kesitinin hesaplanmasında DSİ tarafından Kağıthane deresi 1. kısmı için hesaplanmış taşkın yineleme debi değerleri kullanılmıştır. Yörenin yerleşim kesimi olması sebebiyle kritik debi miktarı olarak km 0+000'a tekabül eden Keçi deresi bölümünde DSİ tarafından verilen 500 yıllık debi, $Q_{500}=274 \text{ m}^3/\text{sn}$ değeri dikkate alınmıştır. Zira menba yönünde DSİ tarafından hesaplanan kritik debiler $Q_{500}=274 \text{ m}^3/\text{sn}$ ila $Q_{500}=263 \text{ m}^3/\text{sn}$ arasında değişmekte olup bu güzergah boyunca taşkın debisinde önemli miktarda farklılık bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu debiyi taşıyabilecek olan kanal kesiti Manning denklemi kullanılarak belirlenmiştir ZETAŞ (1998b). Farklı kanal taban genişlikleri ile yükseklikleri için analizler yapılmış ve projelendirmeye esas debi dikkate alınarak tipik kesit belirlenmiştir. Güzergah genelinde dere taban kotları dikkate alınarak kanalın boyuna eğimi proje kesimi boyunca sabit olmak kaydıyla % 0.15 olarak belirlenmiştir. Buradan görülebileceği üzere $Q_{500}=274 \text{ m}^3/\text{sn}$ debisini iki farklı kanal kesiti taşıyabilmektedir. Bu kanal kesitlerinden her ikisi de dikdörtgen kesitli olup, birincisi $15.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ diğeri ise $20.0\text{m} \times 3.2\text{m}$ boyutlarındadır. Kanalın geçeceği dere yatağının düz arazi yapısı, ve mevcut zemin kotları ile dere yatağı arasındaki düşük kot farkları gözönüne alındığında hesaplanan ikinci kesitin bölgeye daha uygun olduğu

görülmektedir. Birinci kesitteki kanalın inşası ise daha yüksek duvar inşası ve daha fazla miktarlarda dolgu malzemesi gerektireceği için ekonomik açıdan uygun görülmemiştir.

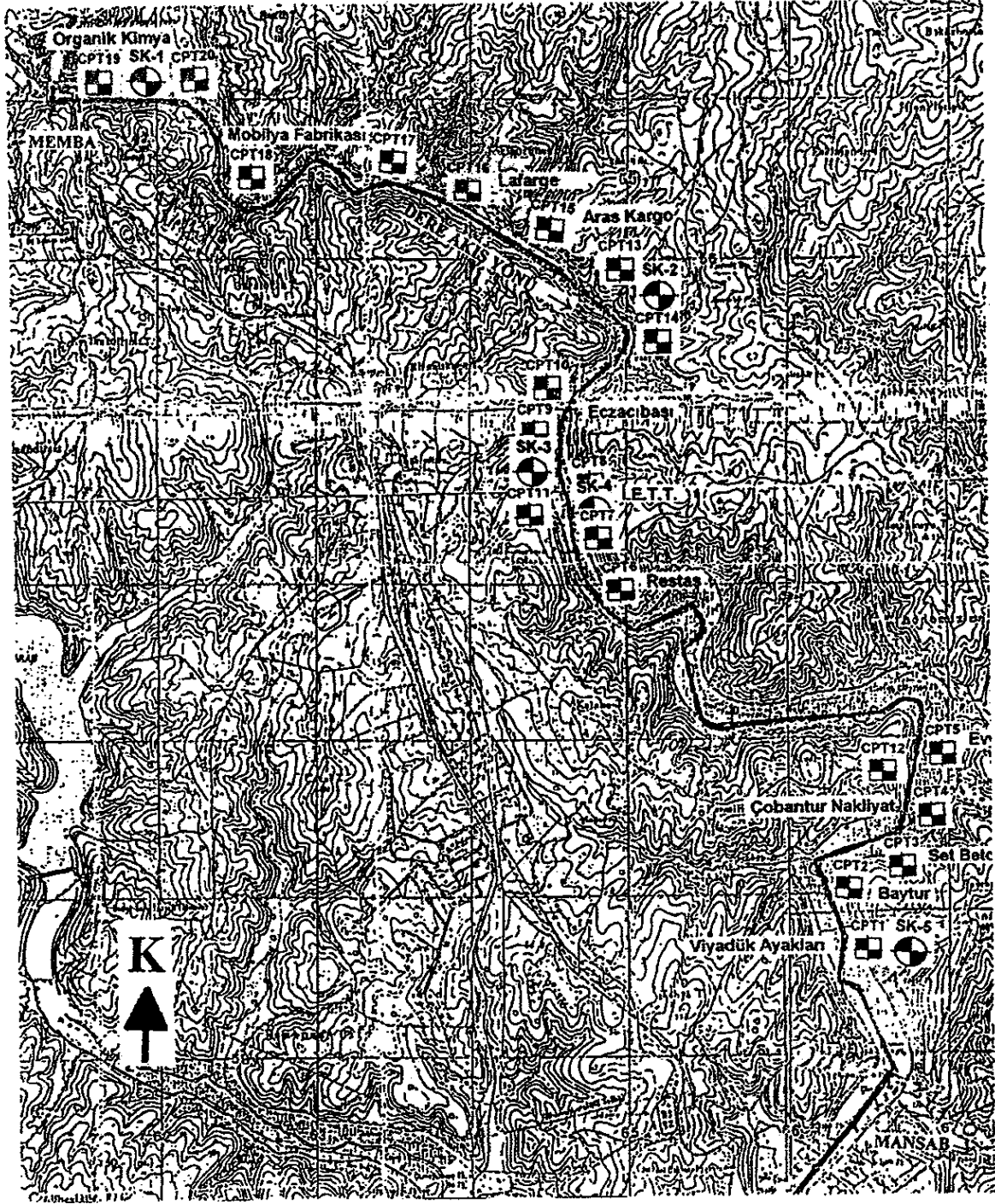
Sonuç olarak, sözkonusu güzergah boyunca 20.0m × 3.2m boyutlarında kanal kesitinin uygulanması önerilmiştir. Kanal tabanı genişliğinin 20.0m ve hava payı dahil edilmek suretiyle kanal yüksekliği (3.2+0.7) 3.9m olarak projelendirilmesi uygun görülmüştür.

4. ZEMİN ETÜDLERİ

Güzergah boyunca zemin şartlarının tesbiti gayesi ile inşa edilecek istinat yapı tipi ve güzergah boyunca karşılaşılabilecek tahmin edilen zemin özellikleri dikkate alınarak sözkonusu dere güzergahı boyunca beş ayrı noktada rotari sondaj ve yirmi ayrı noktada statik penetrasyon deneyi (CPT) yapılmıştır. Gerçekleştirilen sondajlarda CPT deneyleri ile karşılaşılan zemin koşullarının korelasyonunun sağlanmasının yanı sıra, karşılaşılan zemin koşullarına bağlı olarak temsili zemin numuneleri alınmıştır. Sondajlardan alınan temsili zemin numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılarak, karşılaşılan zeminlerin indeks özellikleri belirlenmiş ve bu değerlerin CPT deney sonuçları korelasyonu sağlanmıştır. Dere yatağı boyunca gerçekleştirilen sondaj ve CPT deney konumları Şekil 1'de sunulmuştur.

Kullanılan CPT ekipmanı orijinal Hollanda (A.P. vd BERG) yapımı olup elektronik veri toplama sistemine sahiptir. Sondalama 10 cm² konik uç ve 150 cm² çevre alanına sahip elektronik bir cihazın hidrolik baskı yoluyla 2 cm/sn sabit hızla zemine penetre edilmesi ile yapılmaktadır. Bu penetrasyon sırasında 2 cm ara ile ölçülen uç ve çevre mukavemeti verileri bilgisayarda kaydedilmektedir. Bu veriler zemin tabakalarının hassas bir şekilde tanımlanması, taşıma ve oturma özelliklerinin tayini, temel mühendisliği tasarım parametrelerinin belirlenmesine yönelik verileri oluşturmaktadır (Durgunoğlu, H.T., Toğrol, E., 1995). Deney refü değerinin alındığı sert tabakalarda sona ermektedir. Bir şekilde belirlenen sağlam seviye hassas olarak tesbit edilebilmiş ayrıca bu seviye yapılan sondajlarla tahkik ve korale edilmiştir.

ŞEKİL 2- KAĞITHANE DERESİ ISLAHI ZEMİN ETÜD KONUMLARI



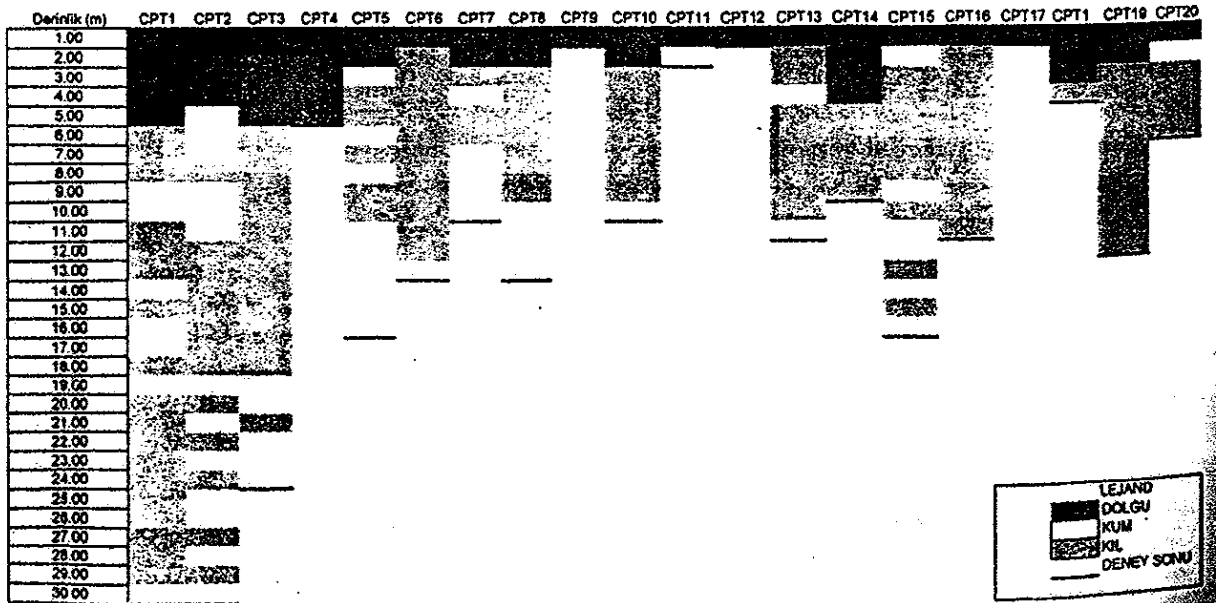
5. ZEMİN MODELLEMESİ

Sondaj ve CPT deneyi verilerinden yararlanılarak güzergah geneline ait zemin modellemesi yapılmıştır. CPT'ye göre zemin modellemesi Şekil 2'de verilmiştir. Belirlenen modelden hareketle güzergahın farklı kesimleri için, CPT deney sonuçlarından belirlenen kayma mukavemeti parametrelerinin derinlikle değişimi Şekil 3'de gösterilmektedir.

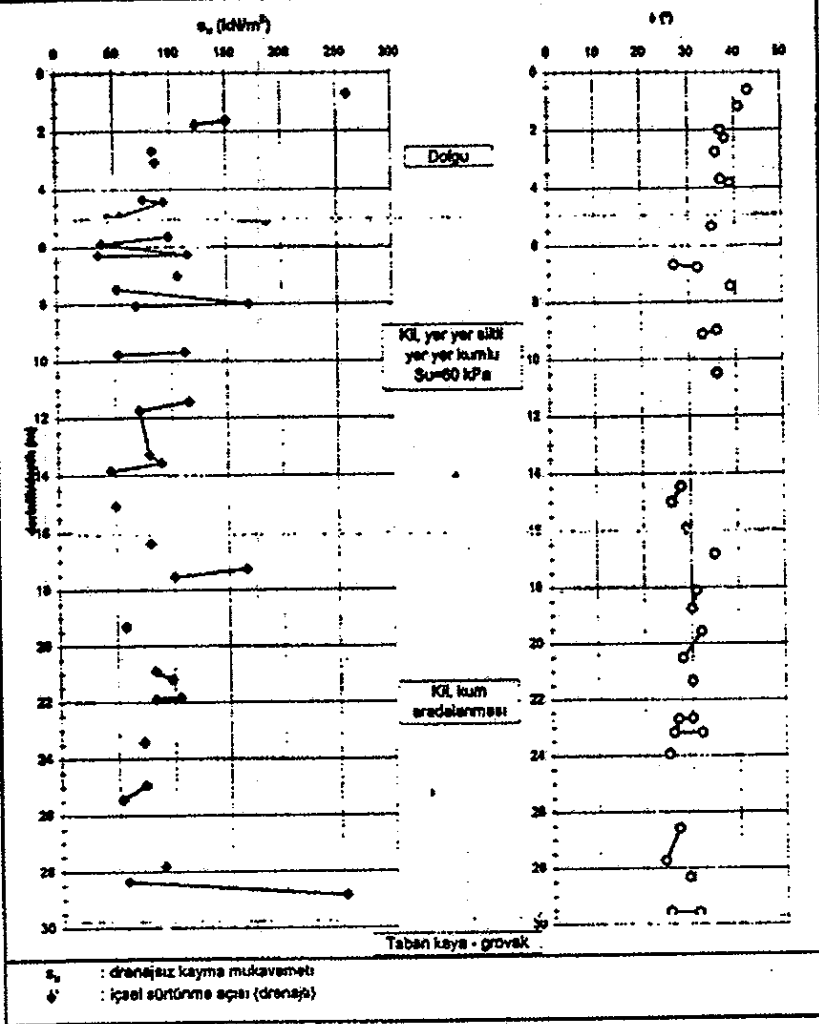
Bu modellemeden dere ıslah güzergahının başlangıçtan itibaren takriben ilk 1.0 - 1.5 kilometrelik kesiminde alüvyon derinliği, bu kesimde vadi taban genişliğinin artmasının yanı sıra, mevcut zemin kotlarından itibaren 30 m derinliğe kadar ulaşmaktadır. Dere güzergahı boyunca alüvyon zemin üzerinde değişken kalınlıkta kontrolsüz dolgular yer almakta olup, bu dolguların kalınlıkları yine güzergahın ilk 1.0-1.5 kilometrelik kesiminde diğer kesimlere oranla bir miktar daha fazla olup maksimum 4.5 m - 5.0 m mertebelerine ulaşmaktadır.

Yapılan zemin modellemesinden güzergahın geri kalan kısmında ise yumuşak kil ve gevşek kumlu tabakaların ardalanmasından oluşan alüvyon zeminin ortalama 15 m derinlikte yer aldığı gözlenmektedir. Vadinin daraldığı kesimlerde taban kaya grovamlara daha sığ seviyelerde rastlanmakla birlikte, ortalama alüvyon kalınlığı 15 m olarak dikkate alınabilir.

ŞEKİL 2- KAĞITHANE DERESİ ISLAHI CPT'YE GÖRE ZEMİN MODELLEMESİ



ŞEKİL 3- KAĞITHANE DERESİ ISLAHI
CPT'YE GÖRE ZEMİN PARAMETRELERİ



6. ZEMİN VE TEMEL MÜHENDİSLİĞİ DEĞERLENDİRMELERİ

6.1. Taşıma Gücü

Yukarıda özetlenen kayma mukavemeti modelinden hareketle, yapılacak istinat yapıları temellerinin üstte yer alan kontrolsüz dolguların altında yer alan doğal zemin seviyesinde inşa edilmesi durumunda, yüzeysel temeller altındaki zeminin nihai net taşıma gücü

$$q_{all} = 80 \text{ kPa}$$

olarak belirlenmektedir. Bu durumda eğilme momentinden doğan köşe taban gerilmesi değerleri gözönüne alındığında yüksekliği minimum $H=3.9$ m istinat yapılarının mevcut şartlarda yüzeysel temellerle teşkili olanaksız görülmektedir. Alüvyon zeminin eratik yapısına bağlı olarak yer yer daha zayıf seviyelerin mevcudiyeti gözönüne alındığında, taşıma gücü yönünden, istinat yapıları altında zeminin iyileştirilmesi kaçınılmaz görülmektedir.

6.2. Oturmalar

Güzergah boyunca karşılaşılan eratik altıvyonel zemin koşulları dikkate alındığında istinat duvarı boyunca müsaade edilebilir limit değerlerin çok üstünde farklı oturmalar beklenmektedir. Bu yönden de istinat yapıları altındaki taban zeminin ıslah edilmesi gerekli görülmüştür. Aksi takdirde, dere ıslahı için yapılacak duvarlarda zeminin değişken yapısından ötürü boyuna yönde aşırı farklı oturmalar ve buna bağlı yapısal hasar ve istenmeyen deformasyonlar oluşabilecektir.

6.3. Zemin Islahı ve Temel Sistemleri

A. Depremsellik

Sözkonusu saha sismik aktivitesi yüksek birinci derece deprem bölgesi olan İstanbul'da yer almaktadır. Bu amaçla daha önce İstanbul için yapılmış sismik risk analizi sonuçlarından yararlanılmıştır (Durgunoğlu ve diğerleri, 1993). Bu etüde göre,

- Yıllık maksimum deprem büyüklüğü ortalaması $M=4.8$
- En sık meydana gelen yıllık manyitüt $M=4.1$
- 100 yıl içinde meydana gelebilecek maksimum manyitüt $M=7.9$
- $R=\%10$ risk dahilinde meydana gelebilecek manyitüt $M=6.0$ (projelendirme depremi)
- Fay hattına, 20 km mesafedeki ana kaya ivmesi $a=0.5g$, 40 km mesafede $a=0.25g$, 60 km mesafede $a=0.12g$
- Bu mesafelere tekabül eden deprem anındaki beklenen zemin deplasmanları sırası ile 20 km mesafe için $d=61.6$ cm, 40 km için ise $d=22.5$ cm olarak bulunmuştur.

Sözkonusu sahanın potansiyel fay hatlarına mesafelerinin 40 km mertebesinde olacağı gözönüne alınarak meydana gelmesi muhtemel projelendirme depremi için taban kaya ivmesi $0.25g$ olarak dikkate alınmıştır. Sözkonusu sahada tabanın kaya derinde olduğu ve zayıf altıvyon zeminle örtülü olduğu şartları gözönüne alındığında ise deprem altındaki zemin büyütme etkisi altında rijit istinat yapılarının uygulanması halinde, bu yapıların maruz kalacağı ivmeler $a>0.35g$ olacaktır.

B. İstinat Yapısı Tipi

Genel olarak üstte kontrolsüz dolgular ve altta yeralan yumuşak kil ve gevşek kum tabakalarının eratik olarak değişkenlik gösterdiği zemin koşullarında, dere ıslahı için yapılacak istinat yapılarının, İstanbul'un yüksek sismik aktiviteye sahip olduğu da dikkate alındığında klasik rijit istinat yapılarından ziyade, esnek istinat yapıları şeklinde

teşkil edilmesi uygun olacaktır. Bu durumda, esnek istinat yapılarının projelendirilmesi için kullanılacak ivme yukarıdaki değerin (1/2) oranında hesaplara dahil edilebilecek ve böylelikle çok daha ekonomik ve emniyetli çözümlere ulaşılabilecektir.

Bu maksatla esnek tipde (donatılı zemin) istinat duvarı kullanılması önerilmiştir (Mitchell, J.K., Villet W., 1987). Bu duvarda yapı beton ön paneller, özel galvaniz çelik donatı ve kontrollü dolgudan teşkil edilmektedir. Duvarın esnek olması nedeni ile gerek deprem yükleri altında ve gerekse boyuna doğrultuda farklı oturmalara karşı rijit klasik istinat duvarlarına göre daha iyi bir sonuç alınabilecek, ve çözüm daha ekonomik olarak gerçekleştirilebilecektir. Benzeri duvarlar özellikle depremselliğin yoğun olduğu çeşitli otoyol projelerinde (İzmir-Çeşme, Adana-Gaziantep, Ceyhan-İskenderun gibi) ve İstanbul içinde çeşitli kavşak köprülerinde uygulanmıştır.

C. Temeller ve Zemin Islahı

Sözkonusu sahadaki zemin koşulları dikkate alındığında istinat duvarları temelleri altındaki zeminin en uygun süratli ve ekonomik olarak "jet-grout" yöntemi ile ıslah edilmesi önerilmiştir (Techniwell Sri., 1997). Bu yöntemde ıslah edilecek derinliğe kadar bir delik delinmesi ve jet-grout ekipmanı kullanılarak zemin içerisine yüksek basınçla (500 bar -800 bar) çimento enjeksiyonu yapılarak, zemin koşullarına ve uygulanan basınç aralığına göre belirlenecek çapta, çimento ile ıslah edilmiş bir kolon şeklinde iyileştirilmesi esastır. Böylelikle yerinde teşkil edilen jetgrout ıslah kolonu zemin koşulları ve uygulanan basınç aralıklarına bağlı olarak çapı kontrol edilebilmekte ve istenen çapta bir ıslah temin edilebilmektedir. Böylelikle ekonomik bir temel sistemi oluşturulmaktadır.

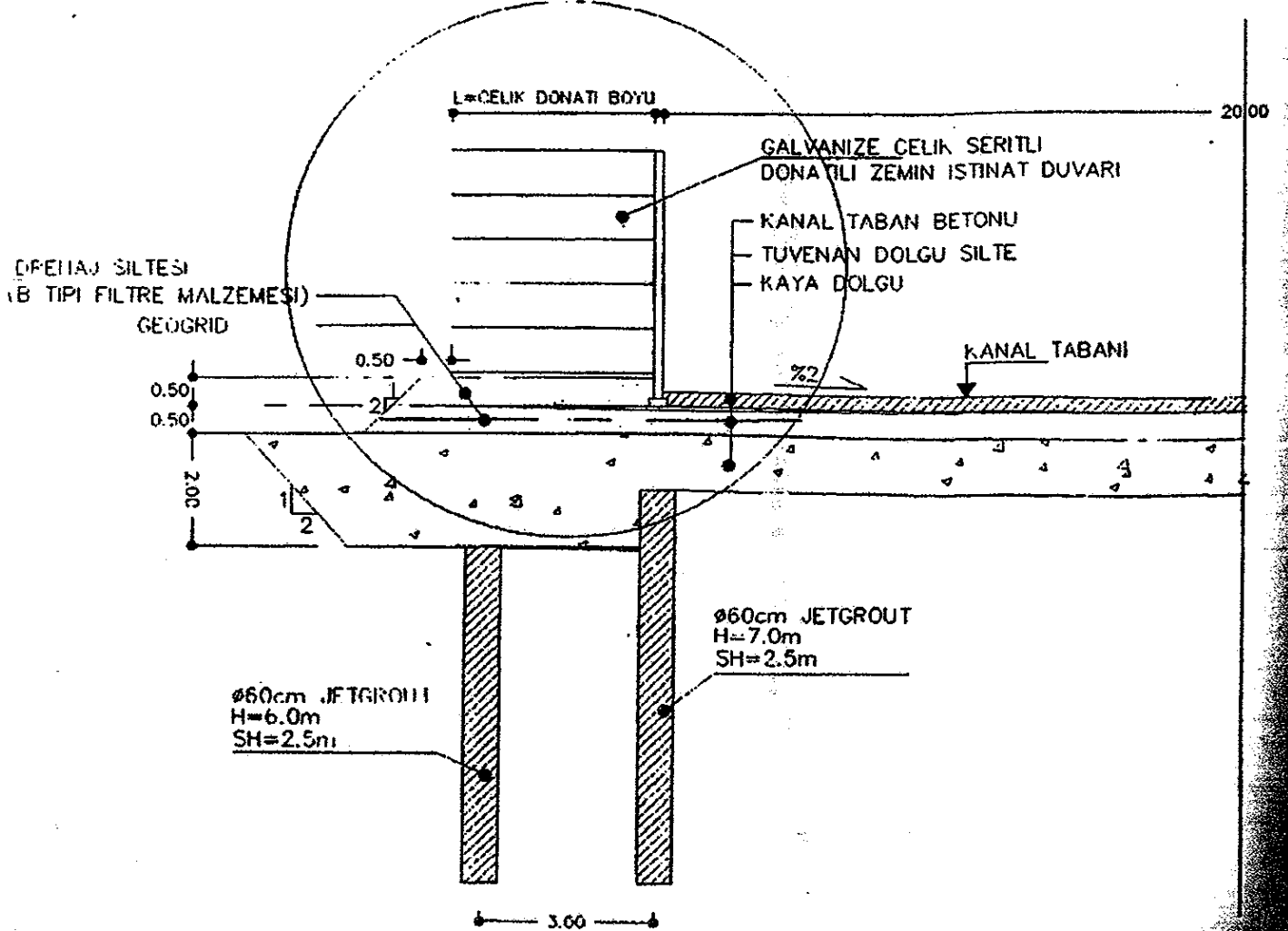
Jetgrout yönteminde bağlantıları emniyetli olarak 500/600 bar basınca dayanıklı 90mm çapında delgi ekipmanı ile istenen derinliğe kadar inilmekte, bu derinlikte delgi ucu kapatılmakta ve "monitor" olarak tabir edilen ve delgi ucunun hemen arkasında bulunan elemandaki 1.5mm - 2.5mm çapındaki 2-4 adet delikten (nozuldan) çimento/su karışımı takriben 250 m/sn hızla zemin içerisine "jet" halinde verilmektedir. Bu esnada delgi takımı sabit bir hızla dönerek yukarı doğru çekilmektedir ve zemin içerisinde uygulama projesinde belirlenen çapta bir jetgrout kolon elde edilmektedir.

Bu uygulama sonucunda zeminin dişey yatak katsayısında önemli bir artış olacağından, kazıklı temellerde genellikle büyük olan kazık başlığına gerek görülmemektedir. Jetgrout kolonları ile istinat yapısı dolgusu arasına yükleri esnek olarak intikal ettirmesi gayesi ile geogrid kullanılması önerilmektedir. Böylelikle, tüm temeller yüzeysel olarak inşa edilebileceği için kazık başlığı uygulamasının doğuracağı zorluk ve maliyet artışlarından da kaçınılmış olacaktır. Ayrıca, bu tür bir ıslah yöntemi ile ıslah edilen zemin üzerinde yerelacak esnek tipte bir istinat yapısı bir bütün olarak dikkate alındığında en uygun çözüm olarak belirlenmektedir.

Yapılan hesaplamalar neticesinde her iki zemin kesimi için de 6.0m ila 7.0m uzunluğunda jet-grout kolonlar önerilmiştir. Kolonlar, çapları 60 cm ve merkezleri arasındaki uzaklık kanal güzergahı yönünde 2.5 m ve kanala dik yönde 3.0 m olacak şekilde projelendirilmiştir. Önerilen tipik bir zemin ıslah yapısı kesiti Şekil 4'de verilmektedir.

SEKİL 4- ÖNERİLEN TİPİK ZEMİN ISLAH YAPISI KESİTİ

KANAL EKSEH



Sahada uygulanacak yapım sırası olarak öncelikle, önerilen kanal taban kotunda (veya su seviyesi olması durumunda daha üst kotta) bir çalışma platformunun oluşturulması ve bu çalışma platformundan jet-grout kolonların imal edilmesi önerilmiştir. Jet-grout imalatı belirli bir bölgede tamamlandıktan sonra bu bölgede zayıf zemin kazısı ve kaya dolgu imalatına geçilecek, kaya dolgunun belirli bir bölgede tamamlanmasını takiben ise, duvar altında geogrid takviyeli tüvenan dolgu şilte (yük transfer platformu) imal edilecektir. Sonuç olarak, bu şilte üzerinde donatılı zemin tipi istinat yapısı imalatına geçilebilecek olup duvar imalatı tamamlanan bölgeler kanal taban betonunun dökülmesine hazır hale gelmiş olacaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kağıthane deresi yatağında genel itibarıyla kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile karşılaşmaktadır. Kuvvetli yağış dönemlerinde suların getirdiği erozyon malzemesinden oluşan bu alüvyon örtüsünün genişliği ve kalınlığı homojen olmayıp dere yatağı boyunca bu alüvyonlar düzensiz ve değişken kalınlıkta güncel kontrolsüz dolgular ile örtülüdür.

Keçi deresi bölümünde DSİ tarafından verilen $Q_{500}=274 \text{ m}^3/\text{sn}$ değeri dikkate alındığında Manning denklemi kullanılarak yapılan neticesinde güzergah boyunca $20\text{m} \times 3.2\text{m}$ boyutlarında kanal kesitinin uygulanması önerilmiştir. Kanal tabanı genişliği 20m ve hava payı dahil edilmek suretiyle yüksekliği 3.9m olarak projelendirilmesi uygun görülmüştür.

Sözkonusu sahadaki zemin koşulları dikkate alındığında jet-grout yöntemi ile ıslah edilen dere güzergahı üzerine inşa edilecek kanal duvarlarının esnek tipde (donatılı zemin) istinat duvarı olarak teşkili önerilmiştir.

- Durgunoğlu, H.T., Toğrol, E., (1995), "CPT in Turkey", International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT95" October,1995, Linköping-İsveç, p. 243.
- Durgunoğlu, H.T., Çetinkaya, N., Kulaç, H.F., Karadayılar, T., (1993), "Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri Risk Analizleri" İkinci Ulusal Deprem Mühendisliđ Konferansı, İstanbul, s. 547-554.
- Mitchell, J.K., Villet W., (1987) "Reinforcement of Earth Slopes and Embankments", Transportation Research Board, June 1987, Washington.
- Techniwell Srl., "Seminar on Jet Grouting" April7, 1997, Singapore.
- ZETAŞ A.Ş. (1998 a) "Kağıthane Deresi 1. Kısım İnşaatı" Zemin ve Temel Mühendisliği Etüd ve Deđerlendirme Raporu, Şubat 1998, İstanbul.
- ZETAŞ A.Ş. (1998 b) "Kağıthane Deresi 1. Kısım İnşaatı Kanal", Kesiti Hesap Raporu, Mart 1998, İstanbul.