

# 6

## VI. OTURUM



## BİR ATIKSU DENİZ DEŞARJI HATTININ ŞEV STABİLİTESİ ANALİZLERİ

**Doç.Dr.Erdal ÇOKÇA**

ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara

### ÖZET

Şarköy'de 1400m uzunluğunda bir atık su deniz deşarjı hattı inşaa edilecektir ve atık sular Marmara Denizi'ne 30m derinlikte pompalanacaktır. Deniz tabanında 3.0 derinliğinde ve 2.8m genişliğinde bir kazı yapılacaktır. Detaylı şev stabilitesi analizleri için bir geoteknik araştırma programı yürütülmüştür. Bu program dahilinde arazide ve laboratuvarda deneyler yapılmış, şev stabiliteelerini kontrol eden zemin mukavemet parametrelerine karar verilmiş, ve bilgisayar destekli analizler (bu çalışmada SLOPE 7.01 bilgisayar programı kullanılmıştır) yapılmıştır. Bu bilgisayar programı ile şevlerin analizleri detaylı ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 1. GİRİŞ

İller Bankası 1. Bölge Müdürlüğü, Şarköy Atıksu Deniz Deşarjı Hattı Projesi kapsamında yaklaşık 1400m uzunluğunda Deniz deşarjı inşaa edilecektir. Mevcut bilgilere göre planlanan deniz deşarjı ile atık sular, yaklaşık 1400m uzunluğunda bir boru hattı ile 30 m su derinliğinde Marmara Denizine verilecektir. Projede, tip hendek en kesitlerinde hendek derinliği 3.0m, genişliği 2.80m öngörülmüştür.

Zemin etüdüleri kapsamında boru güzergahı boyunca değişik su derinliklerinde (-5 m ile -30m arasında) altı noktada 1.5m 'ye kadar derinliklerden örselenmiş zemin örnekleri alınmış, ayrıca beş noktada zeminlerin sıklık

mertebelerini tahmin amacıyla model konik sondalama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

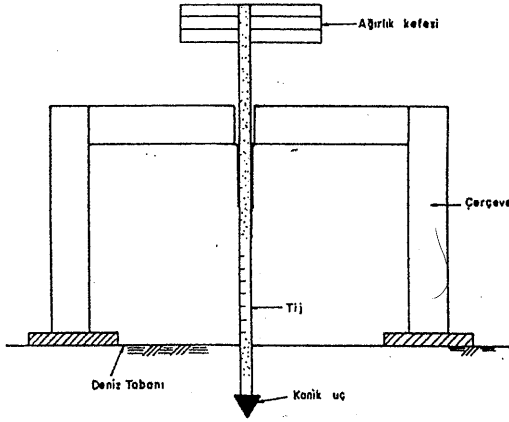
Bu bildiride elde edilen zemin etüd verileri değerlendirilerek hendek şev stabilitesi ile ilgili irdelemeler yapılmıştır.

## 2.ZEMİN ETÜDLERİ KAPSAMI

Zemin etüdleri kapsamında mevsim koşullarının yarattığı rüzgar ve dalga hareketleri nedeniyle açık denizde etüd sondajı yapılamamıştır. Etüd programı -5m, -10m, -15m, -20m, -25m ve -30m su derinliklerine karşı gelen toplam altı noktada örselenmiş örnek alımı ve -5m, -10m, -15m, -20m ve -28m su derinliklerinde model konik sondalama deneyleri yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, toplam altı noktada, dalgıç marifeti ile, refülör yardımıyla 1.5m derine kadar çukurlar açılmıştır. İkinci aşamada kumlu zeminlerde 0.5, 1.0m derinliklerden kavanoz örnekler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde ODTÜ Zemin Mekaniği Laboratuvarında elek analizi, kıvam limitleri, direk kesme ve veyn deneyleri yapılmıştır (Tablo 1).

Üçüncü aşamada ise deniz tabanına bir sehpa, 2cm çaplı tijlere monte edilmiş  $60^{\circ}$ ’lık,  $d= 35.6\text{mm}$  çaplı standart konik uç ve ağırlık kefesinden oluşan bir sistem yerleştirilmiş ve artan ölü ağırlıklar altında konik ucun zeminde ilerlemesi not edilmiştir (Şekil 1). Bu deney standart bir CPT olmamakla birlikte sonuçları zeminin izafi sıklık mertebesini tahminde kullanılabilir niteliktedir. Model konik sondalama deney sonuçları Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 1. Model Konik Sondalama Deney Düzenegi

### 3. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Tablo 1’deki deney sonuçları incelendiğinde zeminin ağırlıklı olarak siltli kum ve düşük plastisiteli kil ve silt olduğu görülmektedir.

Deniz deşarj boru hattı güzergahı üzerinde 10m su derinliğine kadar deniz tabanı kumlu bir zemin yapısına sahiptir.

Kum birimi plastik özellik göstermemektedir (NP). Birleşik Zemin Sınıflandırmasına göre zemin SM (siltli kum)’dir. İnce malzeme yüzdesi 13-38% arasında değişmektedir.

Kohezyonlu zeminlerde LL= 31-39%, PL= 21-24%, PI= 8-16% olduğu görülmektedir. Birleşik Zemin Sınıflandırmasına göre zemin CL (düşük plastisiteli kil)'dir.

Deniz tabanında hendek kazıları 3m derinliklerdedir. Bu derinliklerde hem kohezyonlu hem de kohezyonsuz birimler düşük efektif gerilmeler altında olup herhangi bir ön yükleme sürecinden geçmemişlerdir.

Kumlu örnekler için yapılan direk kesme deneyleri sonuçlarından zeminin kayma dayanımı parametresinin:

kohezyon,  $c = 0$

sürtünme açısı,  $\phi' = 26^{\circ}-28^{\circ}$

olduğu belirlenmiştir. Ortalama bir değer olarak  $\phi' = 27^{\circ}$  alınmıştır.

Kohezyonlu normal konsolide birimlerde drenajsız kayma mukavemeti ise  $C_u/P_0' \cong 0.25$  ilişkisinden yaklaşık olarak bulunabilir.

Sondalama deney sonuçları konik uç direncinin oluşması için zeminde tam bir göçme oluşturması gerektiği dikkate alınarak, koninin zeminde üç ile dört çap ilerlediği ağırlıklar esas alınmıştır. Şekil 2 incelendiğinde yaklaşık bu miktar ilerlemelerin:

kum için  $q_c = 0.4-0.8 \text{ MN/m}^2$

kil için  $q_c = 0.2-0.3 \text{ MN/m}^2$

arasında gerçekleştiği görülmektedir. Kum zeminlerin ortalama dane çapı  $D_{50} = 0.15\text{mm}$  olarak alındığında SPT/CPT korelasyonlarından

kum için  $(q/100N) = 4$  (1) (Bowles 1994)

kil için  $(q/100N) = 2$  (2) (Bowles 1994)

olarak bulunur

ve zemin penetrasyon direnci yaklaşık

kum için  $N = 2-3$  darbe /30 cm

kil için  $N = 1-2$  darbe /30 cm

olarak tahmin olunmaktadır. Bu da taban zemininin kum olması durumunda çok gevşek yerleştiğini, kil olması durumunda ise çok yumuşak-yumuşak kıvamda olduğunu vurgulamaktadır.

Bu çalışmada deniz tabanından 1.5m derinliğe kadar numuneler alınabilmiş, ve model konik sondalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi, hendek derinliği deniz tabanından itibaren 3m'dedir. Şarköy Deniz Deşarjı Hattı ile ilgili olarak İTÜ İnşaat Fakültesi'nden Doç.Dr.Mete İncecik'in hazırlamış olduğu Geoteknik Rapor 'daki, deniz tabanından itibaren -3m derinliklere varan zemin profilleri incelendiğinde, zeminin deniz tabanından itibaren (-1.5m) - (-3m) derinlikleri arasında bir değişiklik göstermediği tesbit edilmiştir. Zeminin deniz tabanından itibaren -3m derinliklere kadar, bu çalışmada belirtilen SM, ML ve CL türünde olduğu görülmektedir.

#### 4. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER

Deşarj hattında hendek derinliklerinin yaklaşık 3m olduğu bilinmektedir. Hendek şev stabilitesi yönünden incelendiğinde aşağıdaki hususlar ortaya çıkmaktadır:

Hendek kazı şevlerinin stabilitesi parametrik bir çalışma şeklinde yapılmıştır.

Şev eğimleri için Yatay: Düşey=2:1, 2.5:1 ve 3:1 olmak üzere üç alternatif çalışılmıştır.

Analizler Şekil 3'de gösterilen: A Dairesi: Yüzeysel akmlar, B Dairesi: Yüzeysel toptan göçme, C Dairesi: Toptan göçme durumları için yapılmıştır.

Yukarıda bahsedilen zemin modeli benimsenerek yapılan stabilite analizleri sonuçları Tablo 2'de özetlenmektedir. Kum zeminlerden sonra (-10m) - (-15m) derinliklerde rastlanan silt birimi (ML) non-plastik kıvamda olması nedeniyle kohezyonsuz (kum) zemin olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2 . Kohezyonsuz (kumlu birimler), Hendek derinliği 3m,  $\phi' = 27^\circ$ , şev eğimi Yatay:Düşey= Y:D (-15m derinliğe kadar geçerli)

Göçme Mekanizması	Güvenlik Sayıları, (GS)		
	Y:D=2:1	Y:D=2.5:1	Y:D=3:1
Yüzeysel Akma	1.049	1.298	1.549
Sığ Toptan Göçme	1.116	1.383	1.626
Derin Toptan Göçme	1.349	1.648	1.756

Burada yüzeysel akmaların riski az olduğundan GS=1.20, sığ toptan göçmede GS=1.35, derin toptan göçmede ise GS=1.50 koşulu aranması makul bir mühendislik yaklaşımı olarak alınmıştır. Görüldüğü gibi kumlu birimlerde Y:D=2.5:1 şev eğimleri bu şartı sağlamaktadır. Bu tür analizlerde dalganın tabana yansıyacak mekanik etkileri dikkate alınmamaktadır. Ek bir güvenlik olarak dalga kırılma derinliğine kadar olan kesimlerde eğimlerin Y:D=3:1 alınması uygun olacaktır.

Kohezyonlu birimlerde yapılan analiz sonuçları Tablo 3’de özetlenmektedir:

Tablo 3 .Kohezyonlu birim (kil, Hendek derinliği 3m,  $C_u/P_0 \cong 0.25$ , şev eğimi  
Yatay:Düşey= Y:D :

<u>Göçme</u> <u>Mekanizması</u>	<u>Güvenlik Sayıları, (GS)</u>		
	<u>Y:D=2:1</u>	<u>Y:D=2.5:1</u>	<u>Y:D=3:1</u>
Sığ Toptan Göçme	2.293	2.44	2.884
Derin Toptan Göçme	1.488	1.696	1.934

Not: yüzeysel akınlar için elde edilen güvenlik sayıları çok yüksek olduğundan tabloya dahil edilmemiştir.

Görüldüğü gibi kohezyonlu birimlerde derin toptan göçme kritik olmaktadır ve  $GS=1.50$  şartı aranmalıdır . Bu şart Y:D=2:1 eğimlerde sağlanmaktadır .

## KAYNAKLAR

BOWLES, J.E., (1994), Foundation Analysis and Design, Mc Graw Hill

ÇOKÇA, E. (1999), Şarköy Deniz Deşarjı Hattı Zemin Değerlendirmesi, ODTÜ, Ankara

İNCECİK, M. (1991), İller Bankası 1. Bölge Müdürlüğü, Şarköy Deniz Deşarjı Hattı Geoteknik Raporu, İTÜ, No.4586.



## **SLOPE STABILITY ANALYSIS OF A WASTE WATER DISCHARGE LINE**

**Dr.Erdal OKA**

(Middle East Technical University, Department of Civil Engineering,  
06531 Ankara)

### **ABSTRACT**

A 1400m long waste-water discharge line will be constructed in Őarky and waste water will be pumped to Marmara Sea at a depth of 30m. An excavation will be made in the sea bottom with a depth of 3.0m and a width of 2.8m. A geotechnical investigation program was undertaken to provide data for detailed stability analysis. The program included the geotechnical investigations in the field and in the laboratory, determination of the soil strength parameters controlling the stability of slopes, and computer aided analysis (in this study, the computer program SLOPE version 7.01 have been used in the analysis), which permits a more rigorous analysis of the slopes which leads to an economical solution, were carried out.

