İMO Teknik Dergi, 2008 4487-4492, Yazı 296, Kısa Bildiri

BTC Ceyhan Deniz Terminali İskelesi Yükleme Platformu-Aks 84/85-Kazık Deneyleri

Çetin Önder İNCEKARA*
Cem Koray İNCEKARA**

ÖZ

BTC Projesinin Kritik Yol Methodu analizinde Bakü den Ceyhan a kadar olan ihale kısımları içinde en kritik olan kısmı Ceyhan Deniz Terminali Deniz-Offshore kısmıdır. Offshore kısmının ise en kritik kısmı iskele kazıklarının çakımı ve kazık deneyleridir. İş programına göre statik kazık deneyleri bittikten sonra kalıcı kazıkların çakımı başlayacağından deneylerin zaman kaybetmeden sonuçlandırılması ve kalıcı kazıkların çakımına geçilmesi gerekmektedir. Tabii bu durum deney sonuçlarının uygun çıkması durumunda geçerlidir. Bu çalışmada, Ceyhan'da inşa edilen CMT petrol dolum iskelesinin detay mühendislik çalışmaları sırasında yapılan deniz sondajları sonucunda bulunan zemin ve tasarım parametrelerinin kontrolünü yapmak için iskelenin en kritik noktası olan tanker dolum platformu (Aks 84/85) civarında yapılan kazık deneyleri konu edilmiştir. Söz konusu statik kazık deneylerinin en önemli özelliği tasarımdan-kullanılan standartlar gereği kazık yüklerinin büyüklüğü ve kazık yükleme deneylerinin bire bir bu yüklere (max çekme yükü:1890 ton, max basınç yükü:1500 ton) göre test edilmesidir. Yapılan deneyler sonucunda ulaşılan kapasite değerleri tasarım değerlerini sağladığı ve üstüne çıktığı görülmüştür. Bu başarılı sonuçtan sonra iskele kazıklarının çakımına hızla başlandı, böylece ülkemiz için çok önemli bir projenin zamanında bitirilmesi sağlandı.

ABSTRACT

BTC Crude Oil Pipeline Project Ceyhan Marine Terminal Jetty Loading Platform - Bent 84/85-Pile Tests

Ceyhan Marine Terminal Offshore part is the most difficult part of the BTC project which was determined by Critical Path Method. The most critical construction activity on the Offshore part is pile driving activity.(both jetty piles and test piles) According to work schedule after finalizing pile tests, permanent jetty pile driving activity will start. Therefore, pile tests should be finalized successfully on time in order to start permanent jetty pile driving activity. This is only valid if static pile test results are successful. In this study the most critical part of CMT jetty loading platform-Bent 84/85-static pile tests, are examined

---

Not: Bu yazı
- Yayın Kurulu'na 10.05.2006 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2008 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* BOTAŞ, Adana - cetin_incekara@yahoo.com
** Alstom, İsviçre - cem_incekara@yahoo.com

which was done to check the soil and design parameters during Detail Engineering Phase chosen from the boring log results. The most important part of the subject pile tests are the test values (max tension load: 1890ton, max compression load: 1500ton) that the piles are tested which is the outcome of the design & project standards. During the pile tests it is observed that the reached capacities on the tests are higher than the designed capacities/loads. After successfully finalizing the pile tests, the permanent jetty pile driving activity immediately starts.

1. GİRİŞ

BTC Deniz Terminalinin Deniz kısmı inşaatı ihalesinden öncesinde yapılan CPM analizinde (Primavera ile) Bakü'den Ceyhan'a kadar olan ihaleler içinde en kritik olan kısım Ceyhan Deniz Terminalinin deniz kısmı olduğu görülmüştür. Deniz kısmının ise en kritik kısmı iskele kazıklarının çakımı ve kazık deneyleridir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

BTC Ceyhan Deniz terminali iskelesinin en önemli kısmı olan yükleme platformu bölgesinde-Aks 84/85 yapılan deneyler incelenmiş, iskele yükleme platformu civarında çakılan kazıklarla ve dinamik kazık test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

1.2. CMT İskelesi Kazık Yükleme Deney Bölgeleri

CMT iskelesi statik deneyleri iki deney bölgesinde yapılmıştır, deney bölgeleri detayları:

i. Aks 11 Deney Bölgesi : Yangın binası bölgesi, su derinliği 7 metre, kum/siltli kil/flysh(miocene flysh) formasyonlu ve formasyonların geçiş yaptığı bölgede,

ii. Aks 84/85 Deney Bölgesi : Tanker yükleme platformu bölgesi, su derinliği 28 metre, çamur/kum/siltli kil/basalt/yoğun konsolide kil formasyonlu bölgede yer almaktadır.

1.3. İskelede Uygulanan Deprem Kriterleri

Proje kazıklarının en önemli özelliği 2 aşamalı deprem kuvvetlerinin (FEMA302 gereği) yapıya etkimesine göre tasarlanmış olmasıdır. İskele tasarımında kullanılan iki aşamalı deprem ivmeleri ise şöyledir:

i. Birinci tasarım deprem ivmesi-OBE: 0.33g, (Operasyon-Normal durum sırasındaki deprem ivmesi) Bu durum için yapıda Güvenlik Katsayısı-SF: 3.0 alınmıştır.

ii. İkinci tasarım deprem ivmesi-SSE: 0.52g, (Tüm Terminal Sistemlerinin Güvenli Kapama durumu) Bu durum için yapıda Güvenlik Katsayısı-SF: 1.0 alınmıştır.

1.4. İskelenin Bulunduğu Bölgenin Genel Jeolojik Yapısı

İskelenin bulunduğu bölgede iskele boyunca yapılan deniz sondajları sonucuna göre zemin formasyonları sırasıyla:

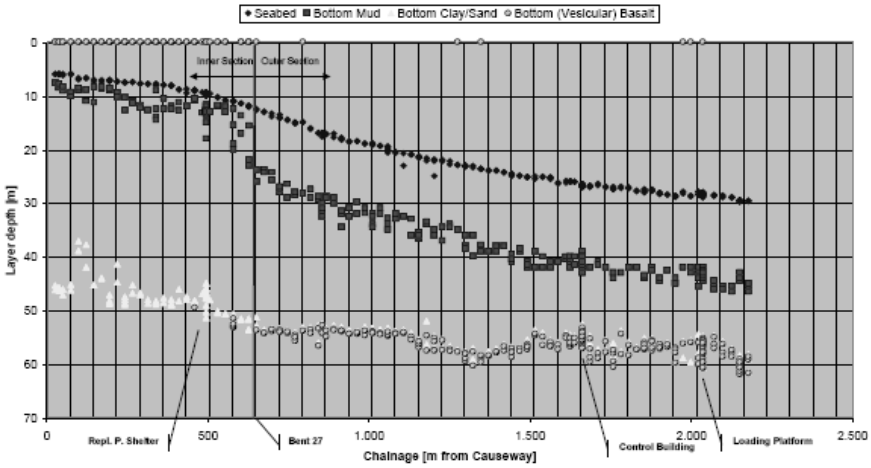
i. Çamur Tabakası: Deniz içindeki zemin formasyonların en üstteki formasyondur. Çamur tabakası kalınlığı iskelenin kıyıya yakın bölgelerinde yaklaşık 5 metre, iskele ucunda ise yaklaşık 17 metredir.

ii. Yumuşak Kil Tabakası: Çamur tabakası ile yoğun konsolide kil tabakası arasındaki bölgedir. Kil veya Kil/Kum tabakası kalınlığı iskelenin kıyıya yaklaşılan bölgelerde kalın, iskele ucuna gidildikçe daralarak yaklaşık 10 metre kalınlığına ulaşmaktadır. (Tabaka tanımı: 2-5 darbe/10cm)

iii. Yoğun Konsolide Kil Tabakası: Yumuşak kil katmanı ile bazalt katmanı arasındaki bölgedir. Projede kil ve bazalt arasındaki sınır ise 10cm ilerleme için vuruş sayısının 12-24 olduğu yer olarak tarif edilmiştir.

iv. Basalt Tabakası: İskele sonundan Aks 27'ye(yaklaşık) kadar bulunan bölgede yer alan ve yaklaşık kalınlığı 3.5±1.75 metredir.

CMT iskelesi boyunca elde edilen genel zemin profili Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. İskele Boyunca Genel Zemin Profili

Şekil 2. Ceyhan Deniz Terminalinin Deniz Kısmı Genel Görünüş

2. BTC İSKELESİ AKS 84/85 STATİK KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ

Aks 84/85 te 2-TP-01 ve 2-TP-02 nolu kazıklarda statik çekme ve basınç yükleme deneyleri yapılmıştır. Söz konusu kazıklara ilave olarak 2-RP-06 nolu referans kazığında statik çekme deneyi yapılmıştır. Aks 84/85 deney kazıklarının detayları şöyledir:

- 2-TP-01 nolu kazık gözenekli bazalta kadar çakılmış ve 9.5 metre yükseliğinde beton dökülerek gözenekli bazalt ve altındaki yoğun konsolide kil tabakasına ankarajlanmıştır.
- 2-TP-02 nolu kazık ise çamur, kil ve yoğun konsolide kil formasyonlu zemine çakılmıştır. Gözenekli bazalt kalınlığı az olduğundan kazık çakılırken bazaltı delmiş ve bazaltın altındaki yoğun konsolide kil formasyonunda ilerlemiştir.
- 2-RP-06 nolu kazık referans kazığı olup, basalt formasyonuna gelene kadar çakılmıştır. Kazık 3 defa yüklenip boşaltılmıştır(sırayla:270t, 540t, 950t) ve sonrasında ise kapasitesinin sonuna kadar yüklenmiştir.(up to failure)

Şekil 3. Aks 84/85 Kazık Statik Deneyi Görünüş-Basınç Deneyi Fotoğrafı

Aks 84/85 teki statik deney yüklemelerinin detayları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Aks 84/85 Deney Kazıkları ve Deney Yük Detayları

Aks 84/85Deneyler	Deney Kazık No	SWL Yükü (ton)	DVL Yükü (ton)
Basınç-1(comp.)	2-TP-01	750 (100%)	1500 (200%)
Çekme-1 (tension)	2-TP-01	670 (100%)	1500 (225%)
Basınç-2(comp.)	2-TP-02	600 (100%)	1200 (200%)
Çekme-2 (tension)	2-TP-02	270 (100%)	1890 (725%)
Çekme-3 (tension)	2-RP-06	upto failure	upto failure

2.1. Aks 84/85 Eksenel Statik Basınç ve Çekme Deneyleri

Aks 84/85'teki basınç deneyleri ASTM D1143-81 ve çekme deneyleri ise ASTM D3689-90 Deney Metoduna göre yapılmıştır. [5,6] Deney kazıklarının DVL yüklemeleri altında güvenli tarafta kaldığı görülmüştür.

2.2. Dinamik Kazık Testleri(PDA) ve Analizleri

Aks 84/85 te statik kazık deneylerine ilave olarak dinamik kazık testleri yapılmıştır, kazık üzerindeki gerilmeleri hesaplayan bir test düzeneği kurulmuş çakım sonrası CAPWAP programı analizi sonucunda kazığın kapasitesi bulunmuştur.

2.3. Aks 84/85 Deney Sonuçlarının Değerlendirmesi

Aks 84/85 de 2-TP-01 nolu kazığın üzerindeki sürtünme kuvvetleri şöyledir:[3]

Çizelge 2. Aks 84/85 2-TP-01 nolu kazığın geçtiği Formasyonların Yük Taşıma Hesabı

Zemin Tanımı	**Kesme Mukavemet (kPa)**	**Formasyon Boyu (m)**	**Sürtünme Alanı (m^2)**	**Sürtünme Kuvvet (ton)**
Çamur	10	8.5	40.7	41
Yumuşak Kil	25	16.5	70.9	197
Yoğun Konsolide Kil	160*	5.3	25.4	406
Gözenekli Basalt Ankarajlanması	495**	2.8	13.4	663
Yoğun Consolide Kile Ankarajlanması	160	2.0	9.6	153
Kazığın Kendi Ağırlığı	-	-	-	40
Toplam Çekme Kuvveti	-	-	-	**1500**

* 129 kPa ve 191 kPa değerlerinin ortalaması (iki deney sonucunun ortalaması)
** Geri hesap yöntemiyle bulunmuştur.

2.4. Dinamik Test Sonucu ile Kazık Kapasite Formüllerinin Karşılaştırılması

Aks 84/85 deney kazıklarının kapasitesi Danish ve Janbu Formülleri[1] ile hesaplanmış ve bu değerler Dinamik Kazık Analizinden(PDA) hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3. Aks 84/85 2-TP-01 nolu Deney Kazığının Kapasite Hesabı

Kazık No	**Pult (Danish Formulü)**	**Pult (Janbu Formulü)**	**Pave ortalama (Danish+Janbu)**	**Toplam PDA Değeri**
2-TP-01	2364 ton	1410 ton	1887 ton	1610 ton

2.5. Aks 84/85 Deney Bölgesindeki Formasyonunun Uzun Dönemli Davranışı

Deney kazıkları ve kalıcı iskele kazıkları üzerinde yapılan dinamik test ölçümleri; ilk çakım sonu ölçümler ve üzerinden belli bir süre geçtikten sonraki ölçümler olmak üzere iki gruptur. İskelede yapılan PDA testleri sonucu killi formasyonun zamanla kazıkların taşıma

gücünü arttırdığı gözlenmiş, projede kazığın zamanla sürtünme kuvvetindeki artışını gösteren aşağıdaki formül elde edilmiştir:

$$F(t) = F(t0) \times (0.2794 \times \ln(t) + 0.6806) \quad (1)$$

F(t0): ilk çakım anındaki(to) sürtünme kuvveti değeri
F (t): t zaman sonraki çakımlardaki sürtünme kuvveti

3. SONUÇ

BTC Projesinin en zor, kritik kısmı Ceyhan Deniz terminali Deniz kısmıdır. İskele inşaatına biran evvel başlanabilmesi için statik yükleme kazık deneyleri zaman kaybetmeden sonuçlandırılmış, detay mühendislik aşamasında seçilen tasarım parametreleri, tasarım yükleri, zemin formasyonları ve seçilen kazık özellikleri doğrulanmıştır. Söz konusu statik kazık deneylerinin en önemli özelliği tasarım kazık yüklerinin büyüklüğü ve kazık deneylerinin bu yüklere göre test edilmesidir. Yükleme platformu civarında-Aks 84/85-yapılan statik ve dinamik deneyler sonucunda ulaşılan kapasite değerleri tasarım değerlerini sağladığı ve üstüne çıktığı gözlenmiştir. Bu sonuç iskele kazıkları ankarajlarının gerek duyulmadığı sonucunu doğurmuştur. Çakım sırasında ve sonrasında yapılan dinamik testlere(PDA) göre kalıcı iskele kazıklarının kapasitesi hesaplanmış, gerekli görüldüğü hallerde kazık boyları SSE deprem kuvvetlerini karşılayacak şekilde uzatılmıştır.

Semboller ve Kısaltmalar

BTC	: Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Taşıma Projesi
CAPWAP	: Case Pile Wave Analysis Program-Dinamik kazık testi analiz programı
CMT	: Ceyhan Deniz Terminali
CPM	: Critical Path Method-Kritik Yol Methodu
DVL	: Design Verification Load- Tasarımı Doğrulayıcı Yükü
FEMA302	: Federal Emergency Management Agency Standart
OBE	: Operating Basis Earthquake level, normal işletim durumundaki deprem ivmesi
PDA	: Kazık Dinamik Analizi
SSE	: Safe Shutdown Earthquake, sistemin güvenli kapanması sırasında deprem ivmesi

Kaynaklar

[1] Bowles J.E., “Foundation Design and Analysis”,Mc Graw Hill Book Co. NY, 2000.
[2] “Design of Piles”, U.S. Army Corps of Engineers,1988.
[3] Durgunoğlu, T., Prof. Dr., “BTC Crude Oil pipeline project CMT Bent 84/85 Pile Tests Evaluation Report”, BOTAŞ-BTC, January2005.
[4] Prakash S., “Pile Foundations in Engineering Practice”, John Wiley & sons. NY, 1989.
[5] “Standart Test for Piles under Static Axial Compressive Loads”, ASTM D1143-81.
[6] “Standart Test for Piles under Static Axial Tension Loads”, ASTM D3689-90.
[7] Yu R., Dr., “BTC Crude Oil pipeline project CMT Offshore works Pile Evaluation Report”, BOTAŞ-BTC, April2004.