

## DOĞU MARMARA DEPREMİNİN KÖRFEZ BÖLGESİ DENİZ YAPILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

<sup>1</sup> Prof.Dr.Yüksel, Y, <sup>2</sup>Dr.Özmen, H, <sup>1</sup>Y.Doç.Dr.Çevik, E, <sup>2</sup>Jeo.Müh.  
Özgüven, O, <sup>1</sup>Y.Doç.Dr.Çelikoğlu, Y, <sup>1</sup>Araş.Gör.Bostan, T,  
<sup>1</sup>Araş.Gör.Gürer, S, <sup>1</sup>Araş.Gör.Gökoğlu, F.

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniv., İnşaat Müh. Böl., 80750, Yıldız, Beşiktaş, İSTANBUL  
<sup>2</sup> DLH, 4. Bölge Müdürlüğü, İSTANBUL

### ÖZET

Bu çalışmada 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Gölcük Merkezli Doğu Marmara depreminin, İzmit Körfezi üzerinde kurulu bulunan çeşitli deniz yapılarında neden olduğu hasarlar, yapısal ve geoteknik açıdan değerlendirilerek sunulmuştur. Bölgede mevcut çok sayıda yapıdan Petrol Ofisi tesisleri, Derince Limanı, TÜPRAŞ gibi kritik kuruluşlara ait deniz yapıları örnek yapı olarak dikkate alınmışlardır. Çalışmanın amacı, bu deniz yapılarındaki mevcut yapı ve geoteknik durum ile oluşan hasarları özetlemektir. Bu deniz yapıları genellikle ağırlık bloklu kapak yanaşma yerleri ile kazıklı iskelelerden oluşmaktadır. Derince Limanında sıvılaşma ile birlikte dolgu alanda oturma ve bloklu yanaşma yerlerinde ise denize doğru deplasmanlar meydana gelmiştir. TÜPRAŞ

iskelelerindeki betonarme kazık başlarında kırıklar ve çelik kazıklarda ise buruşmalar olmuştur. Petrol Ofisi iskelelerindeki kompozit yapının dinamik davranışları nedeniyle yatay deplasmanların meydana geldiği belirlenmiştir. Böylece ileride olası depremlere karşı sismik performansı yüksek deniz yapılarının tasarımı sırasında bu çalışmadaki olgular göze alınmalıdır. Bu bildiriye bilgileri 99-05-01-01 nolu YTÜ, AFP projesi Raporu'ndan derlenerek alınmıştır.

## 1. GİRİŞ

İzmit körfezi gerek çevresel etkenlere (dalga, rüzgar vb. gibi) karşı korunaklı bir konumda bulunması, gerekse jeopolitik açıdan emniyetli bir coğrafyaya sahibi olmasının yanı sıra İstanbul gibi ticari, sanayi, turizm ve eğitim işlevlerinin en yoğun olduğu şehrin hinterlandı içinde kalması nedeniyle sivil ve askeri amaçlı çok sayıda deniz yapısının bu körfezin kıyı şeridi boyunca inşa edilmesine sebep olmuştur. Ayrıca bu bölgede karayolu, demiryolu ve havayolu gibi ulaşım sistemlerinin gelişmiş olması da, Türkiye'nin daha iç bölgelerine hizmet verme imkanını sağlamaktadır. Bu bölgede, sanayininde çok gelişmesi ithalat ve ihracatın en büyük yüzdeyle yapıldığı deniz taşımacılığı dolayısıyla gerek devlete gerekse özel sektöre ait çok sayıda limanın gelişmesine neden olmuştur. Sanayi tesisleri ve bunlara hizmet veren yarımadaya yapıları ile diğer limanlar çoğunlukla körfezin kuzey kıyılarında yer almışlardır. Marmara bölgesinin, özellikle İstanbul'un tarihi dokusu nedeniyle bölgede turizme yönelik yatırımların da artmasına sebep olmuştur. Bu nedenle yat limanları inşa edilmiştir, bir kısmında ya inşa edilme (Yalova Yat Limanı gibi) ya da planlama aşamasındadır. Ayrıca, körfezde balıkçılıkla uğraşan halka hizmet amacıyla birçok inşa edilmiş balıkçı barınağı da mevcuttur. Körfez bölgesi sahip olduğu sanayi potansiyeli ile Türkiye Cumhuriyeti Devleti için son derece hayati bir yapıya sahiptir. Ne yazık ki bütün bu gelişmişliğe karşın bölgenin tarih boyunca gelişiminde karşılaştığı sismik hareketler, bu yapılanmayı korkutucu biçimde tehdit etmektedir. Bu amaçla, yöredeki gerek sanayi yapılarının gerekse bunlara hizmet veren en önemli ulaşım yapılarından biri olan deniz yapılarının sismik performansları çok dikkatlice tasarlanmalıdır. 17 Ağustos 1999 Gölcük merkezli Doğu Marmara depreminin bu yapılarda

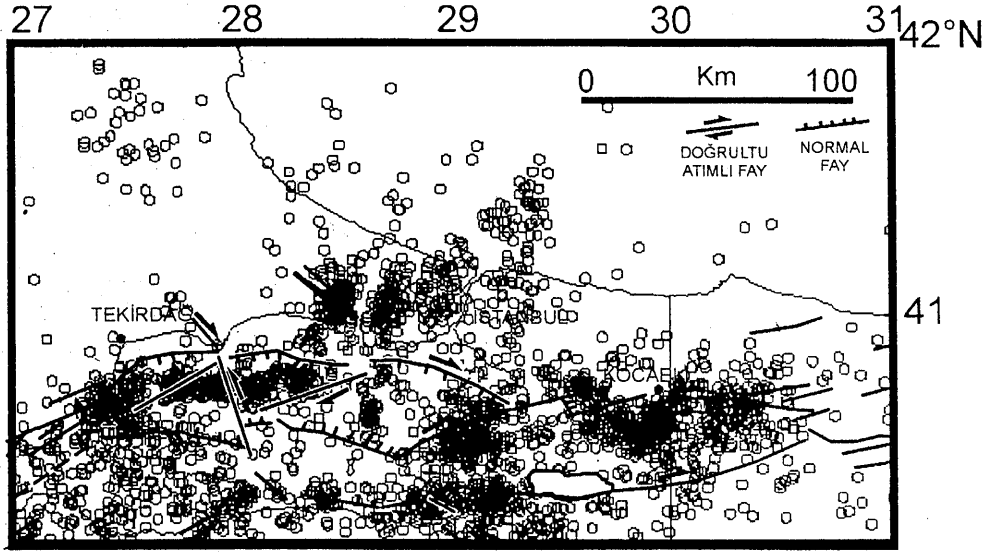
neden olduğu hasarların incelenmesi ve bu hasarların nedenlerinin araştırılması bu araştırmanın başlıca amacıdır.

Bu nedenle İzmit Körfezi üzerinde kurulu bulunan deniz yapılarından 23 adedinde hasar tespit çalışmaları yapılmıştır. Değişik hizmetlere sahip bu deniz yapılarının öncelikle yapısal durumları ve geoteknik yapıları özetlenmiş daha sonra da oluşan hasarlar belirtilmiştir (Yüksel ve diğ.,2000). Ancak burada sadece üç tesisin yapıları özetlenmiştir. Bu çalışmanın amacı elde edilen sonuçlar yardımıyla bundan sonra olası depremlere karşı alınabilecek önlemlerin tartışılması ve olabilecek hasarlar ile can kayıplarının en aza indirgenmesini sağlamaktır.

## **2. BÖLGENİN SİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde 1939 yılında Erzincan'da başlayan 6 büyük depremin batıya doğru göçü sonucunda Kuzey Anadolu Fay Zonunun toplam 900 km lik bir kısmı kırılmıştır. Bu kırıklarda 7.5 m ye varan yer değiştirmeler vardır.

İzmit Körfezi ve civarında 17 Ağustos 1999 depreminden önce oluşmuş mikro depremlerin dışmerkez dağılım haritasına (Şekil 1) bakıldığında, depremlerin yoğunlaştığı lokalitelerden bir tanesi İzmit Körfezi çevresindedir. Deprem dış merkezlerinin dağılımı İzmit Körfezi güney kıyılarında kuzey kıyılarına nazaran sayıca daha fazladır.



Şekil 1 Marmara ve İzmit Körfezi çevresinde 17 Ağustos 1999 öncesinde kaydedilen depremlerin dışmerkez dağılımı ve tektonik hatlar. Deprem verileri Cornell Üniversitesi GIS Haritalama ve Bilgi Servisindeki ISC sismoloji arşivinden alınmıştır.

### 3. TARİHİ DEPREMLER VE ÖZELLİKLERİ

Mevcut tarihsel ve aletsel deprem verileri ve jeolojik gözlemlere göre, Türkiye'nin önemli sanayi, ticaret ve turizm bölgesi olan Marmara Bölgesinin deprem potansiyeli oldukça yüksektir. Tarihsel depremler olarak MS 11 ile MS 1894 arasında bölgede kayıtlara geçmiş en az 145 adet deprem bilinmektedir. Bunlardan en önemli olanlar; 29 (İzmit), 363 (Marmara ?), 434 (Marmara), 446 (Marmara), 477 (Marmara), 15 Ağustos 553 (Marmara ve İzmit), Ekim - Kasım 557 (Marmara), Ocak 1010 (Marmara), İlkbahar 1034 (Marmara), 18 Aralık 1037, 10 Eylül 1509 (Kıyamet-i Sıgıra), 12 Haziran 1542 (Marmara), 10 Mayıs 1556, 11 Temmuz 1690, Yaz 1718 (İstanbul -İzmit), 25 Mayıs 1719 (İzmit - Yalova), 2 Eylül 1754 (İzmit Körfezi), 3 Eylül 1763 (Marmara), 22 Mayıs 1766 ve 10 Temmuz 1894 depremleridir (Ambreseys ve Finkel, 1995).

Büyük depremlerin yarattığı tsunamilerin koy ve körfezlerde etkili oldukları bilinmektedir. Tarihsel bilgiler de İzmit Körfezi ve çevresinde tsunaminin defalarca oluştuğunu göstermektedir. MS 120/128, 325, 358, 447, 488, 553, 555, 557, 715, 740, 1754, Nisan 1878, Mayıs 1878, 18 Eylül 1963 depremleri İzmit Körfezi ve çevresinde tsunami yaratmıştır (Soysal, 1985; Altınok ve Ersoy, 1998).

#### **4. DOĞU MARMARA DEPREMİ**

17 Ağustos 1999 tarihinde saat 03:02'de, Kuzey Anadolu Fay Zonunun, Adapazarı, Kocaeli, Gölcük segmenti üzerinde yaklaşık 45 saniye süren şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Depremin büyüklüğü hakkında çeşitli görüşler vardır. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi büyüklüğü önce 6.7 ve daha sonra 7.4 olarak değerlendirmiştir. Amerikan kaynakları ise büyüklüğü 7.8 olarak belirlemiştir. Arazi gözlemleri ise depremin  $7.4 \pm 0.1$  civarında olduğunu göstermiştir. Bu farklar değerlendirme yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır. Sonuç olarak depremin moment büyüklüğünün 7.4 ve yüzey dalgası büyüklüğünün ise 7.8 olduğu söylenebilir. Depremin hakim yönü ise E-W'dir.

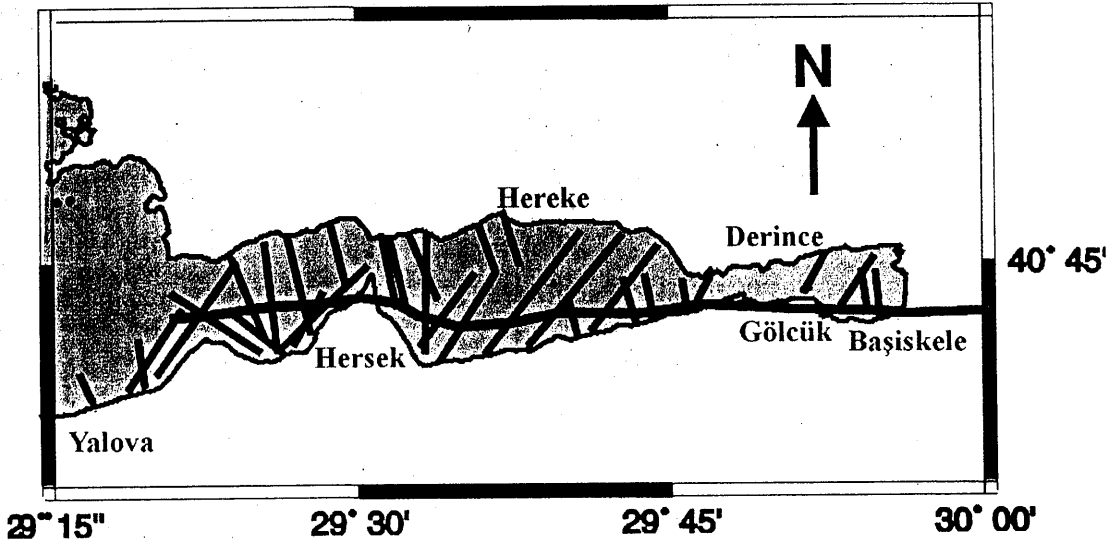
Odak derinliği 10-15 km dir. Yüzeydeki yırtılmanın uzunluğu 120 km civarındadır. Uzun süreli GPS ölçümlerinin Kuzey Anadolu Fay Zonunun depremde çalışan segmentleri için yılda 10-15 mm (Barka, 1992) ilerleme gösterdiği, çeşitli araştırmacılar tarafından yüzey kırığı üzerinde yapılan gözlemlerden 5 metre kadar sağ-yanal yer değiştirmeler rapor edildiği bilindiğine göre, basitçe bu kadar bir yer değiştirmenin oluşabilmesi için gereken enerjinin 333 ile 500 yıl arasında depolanabileceği söylenebilir. Kocaeli Depremi fay hattı üzerinde 350-400 mG mertebesinde yer ivmelerine neden olmuştur.

Kocaeli Depreminin İzmit Körfezinde yırttığı fay yüksek çözünürlü sığ sismik verilerden yararlanılarak çalışılmıştır (Alpar ve diğ., 1999; Alpar, 1999; Altınok ve diğ., 1999). Bu çalışmalara göre, Başiskele mevkiinde karadan denize giren fay transtansiyonel bir etkiye sahiptir. Bu transtansiyonel karakter fay hattı üzerinde yer alan yerleşimlerdeki

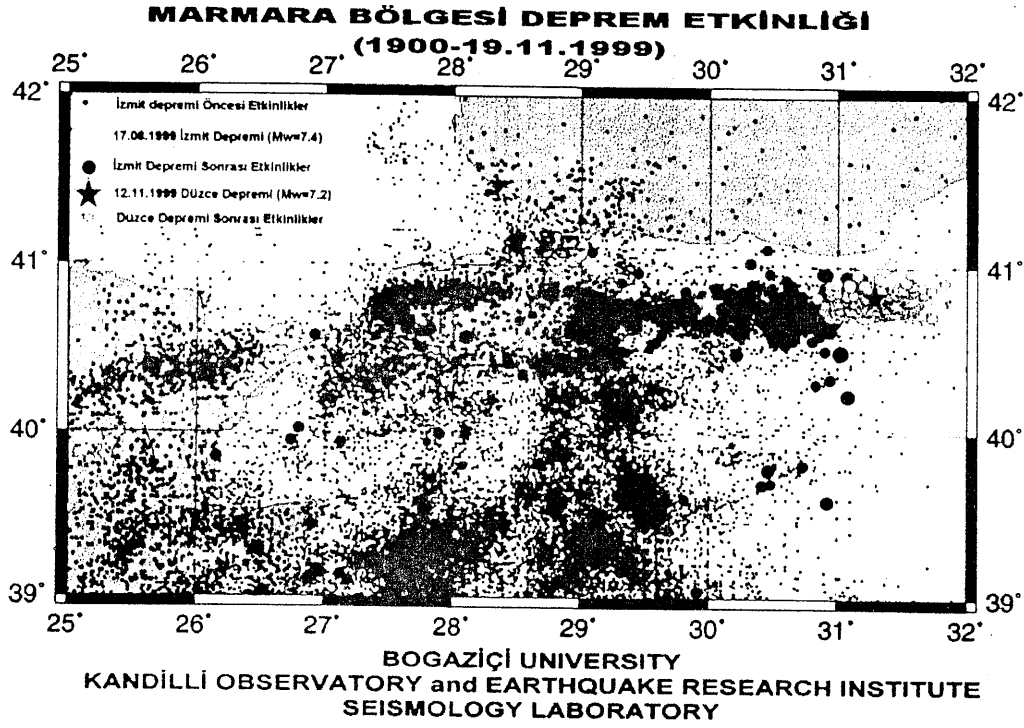
hasarın biçimi üzerinde rol oynamıştır. Güneyde sintetik kuzeyde antitetik faylanmalar kıyı alanlarında çökmelere neden olmuştur. Fay bu noktadan batıya doğru Gölcük, Değirmendere, Karamürsel ve Yalova'da kıyıyı izlemiş ve aynı transtansiyonel karakteri göstererek Marmara Denizi içinde kaybolmuştur (Şekil 2). Kavaklı ve Gölcük kıyılarının çökmesine neden olan bu fay, her ne kadar Hersek Deltasındaki lagünün altından geçiyorsa da, delta üzerinde fazla bir deformasyona neden olmamıştır.

Kocaeli Depremi periyodu bir dakikadan biraz daha az olan bir tsunami de yaratmıştır. Ortalama tırmanma yüksekliği 2.5 metreye kadar çıkan dalgaların körfezin kuzey kıyılarına varış zamanı birkaç dakika iken, güney kıyılarına olan varış zamanı bir dakika mertebesinde (Yalçın ve diğ., 1999; Altınok ve diğ., 1999).

Ana deprem dalgasının ardından çok sayıda artçı depremler meydana gelmiş ve bunları 12 Kasım Düzce depremi ( $M_s 7.2$ ) izlemiştir (Şekil 3).



Şekil 2 İzmit Körfezinde 17 Ağustos 1999 da kırılan doğrultu atımlı fay (kırmızı) (Alpar ve diğ., 1999).



Şekil 3 Marmara Bölgesi deprem etkinliği ve Doğu Marmara (kırmızı) ve Düzce (sarı) depremlerinin artçı dağılımı. Siyah noktalar Doğu Marmara ve Düzce depremlerinden önceki sismik aktiviteleri göstermektedir (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli deprem Araştırma Enstitüsü, Sismoloji Laboratuvarı).

## 5. BAŞLICA HASAR ÖRNEKLERİ

### 5.1 Petrol Ofisi Tesisleri

İki ayrı iskele mevcuttur, bunlar madeni yağ ve akaryakıt iskeleleridir.

Madeni yağ iskelesi 25.00 m uzunluğunda 5 anodan oluşmaktadır. İskeleyi 75 m uzunluklu (3×25.00) 8.00 m genişlikte üç adet yaklaşım anosu ile 50 m uzunluklu (2×25) 30.50 m genişlikte teşkil edilen iki adet yavaşma anosu oluşturmaktadır (Şekil 4). İskelenin alt yapısı 40×40 cm kesitli betonarme kazık ve 220×220 cm boyutunda betonarme kazık başlıkları ile oluşturulmuştur. Üst yapıyı betonarme kiriş ve döşemeler meydana getirmektedir.

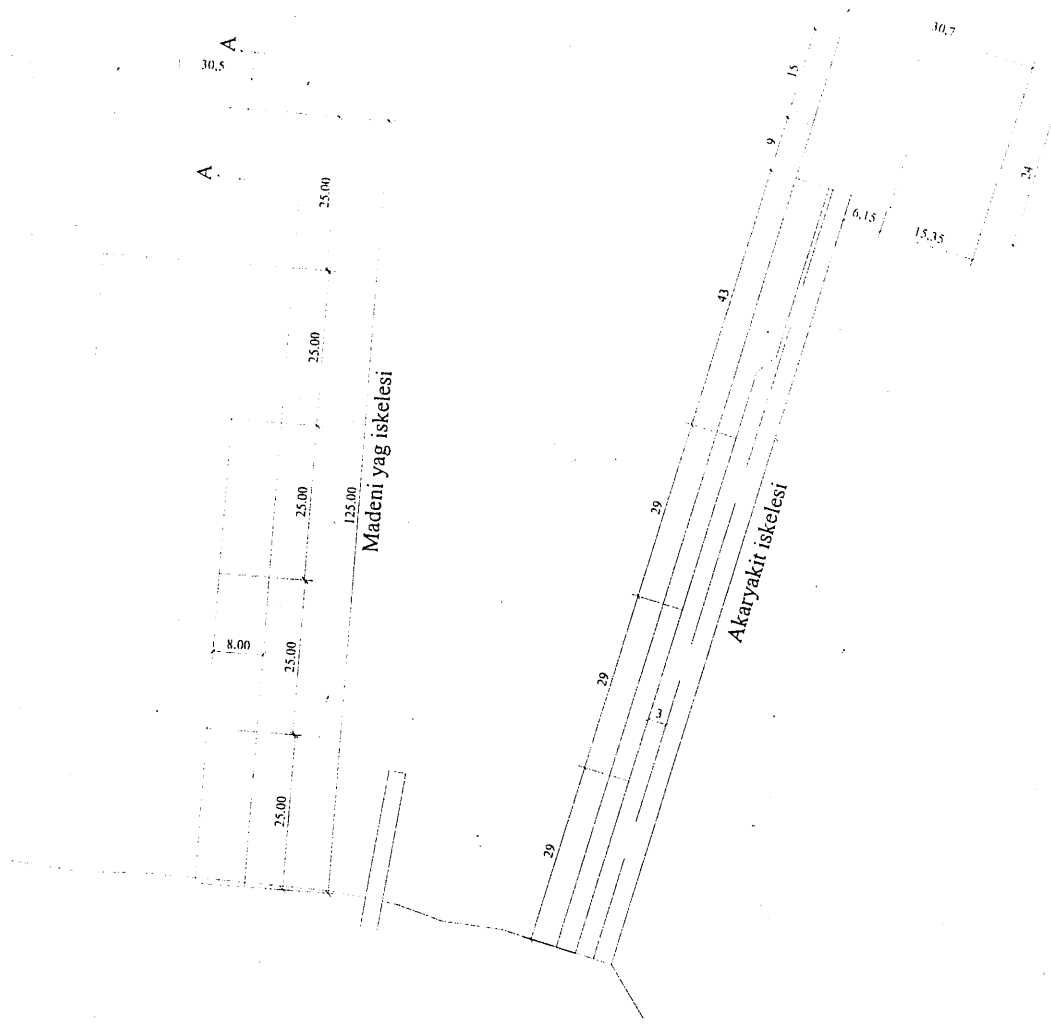
Akaryakıt iskelesi T şeklindeki iskele ile bu iskeleye sonradan yapılan ilavelerden oluşmaktadır. Eski iskele; 140.70×6.00 m boyutlarında yaklaşım yolu ile 9.00×15.70 m boyutlarında bağlama ve yaslanma anosundan oluşmaktadır (Şekil 4). İskelenin alt yapısı betonarme kazıklar ve betonarme başlık kirişleri ile teşkil edilmiştir. Üst yapıyı betonarme kiriş ve döşemeler oluşturmaktadır.

Eski iskele ihtiyaç nedeniyle tevsii edilmiştir

- Yaklaşım anolarına 4.00 m ve 6.00 m genişlikli toplam dört adet ano ilave edilerek iskele genişliği 10 m'ye çıkartılmıştır.
- Uç bağlama ve yaslanma anosunda tevsiat çalışmalarında büyütülerek 30.70×24.00 m boyutuna ulaşmıştır.
- Yaklaşım anolarına yapılan yapı kısmen kare kesitli betonarme ve kısmen de çelik boru kazıklarla teşkil edilen kompozit bir alt yapı üzerine oturtulmuştur. Kazık başlıklı kirişler ile üst yapıdaki kiriş ve döşemeler betonarmedir.
- Bağlama ve yaslanma anosunda yapılan büyütmede sistem çelik boru kazıklar ile betonarme kazık başlıklarından oluşan alt yapı üzerinde betonarme kiriş ve döşemelerle oluşturulmuştur.

İskeleler farklı zamanlarda inşa edilmiştir. Madeni yağ iskelesi inşa edilmeden önce 15 adet sondaj yapılmıştır, ancak bunlardan 4 adedinde yeterli derinliğe inilmiştir. Sondaj loglarını ve laboratuvar deneylerini ihtiva etmesi gereken geoteknik rapora ulaşılmadığından zeminin mühendislik özellikleri bilinmemektedir. Mevcut zemin profillerinde tek bir sondajın SPT-N değerleri bulunduğundan korelasyon yöntemiyle zemin için yaklaşık N değerleri kabul edilecektir. Buna göre genelleştirilmiş zemin kesiti Şekil 5'de görülmektedir. Madeni yağ iskelesi için zemin profili yaklaşık 5 m çok yumuşak kil, 15 m civarı yumuşak kil, -26 m kotunun altında 2 m civarında killi silt ve -28 m kotu altında kum-çakıl mevcuttur.





Şekil 4 Genel vaziyet planı

Akaryakıt iskelesi profilleri mevcut olmadığından korelasyon yöntemiyle oluşturulan zemin kesitinde 7-10 m arası iri çakıllı az bloklu kum-çakıl altında siltli kil olduğu düşünülmektedir. Sondajlar sık olduğu için bu zeminin kalınlığı ve altı bilinmemektedir. Madeni yağ iskelesinde kazıklar projelendirilmeden 4 adet tecrübe kazığı çakılmıştır. Uygulamalardaki kazık boyları ise sondajla uyum göstermektedir.

Projelendirilirken taşıyıcı zemin olarak kabul edilen sıkı kum ve çakıl için  $\phi=32.5^\circ$  alınmıştır. Kazıklar uç kazığı olarak düşünülmüş ve çevre sürtünmesi "0" kabul edilmiştir.

Zemin Sınıfı		Zemin Kalınlığı (min-max)	N
SU		3.20 - 8.00	
Çok Yumuşak KİL		0 - 5 (yer yer 11 m ye ulaşıyor)	0 - 2
KUM ve ÇAKIL Orta Sıkı		0 - 3 (yer yer 8 m ye ulasiyor)	18
Yumuşak - Katı, KİL - Siltli KİL		0 - 12.65	5 - 14
Çok Katı KİL Siltli, Az Kumlu		0 - 1.85	15
Çok Katı KİL		0 - 1.0	15 - 21
Sıkı KUM ve ÇAKIL			33

Şekil 5 Petrol Ofisi tesisi zemin kesiti

#### *Madeni yağ iskelesinde hasar durumu*

- 1- Dalgıç raporunda işkele altındaki deniz tabanının gözle görülür şekilde oturduğu bununla birlikte kazıklarda herhangi bir düşey deplasmanın olmadığı anlaşılmaktadır.
- 2- 4 numaralı anoda değişik kazık başlık kirişi altına rastlayan beş adet betonarme kazık başlık kirişine bağlandığı noktalardan kırılarak ayrılmıştır. Bu anoda yatay ve düşey deformasyon görülmemiştir.
- 3- 1, 2 ve 3 no'lu yaklaşım anolarında herhangi olumsuzluk gözlenmemiştir.
- 4- 4 ve 5 numaralı ano arasında bir uçta 40 cm'ye varan mertebelerde açılma meydana gelmiştir. Burulma ve yatay yer değiştirmeler nedeniyle 5 numaralı ano proje konturları dışına çıkmıştır.
- 5- 5 numaralı ano altında yer alan betonarme kazıkların büyük bir çoğunluğu başlık kirişlerine mesnetlendikleri noktalardan koparak ayrılmışlardır.

### *Akaryakıt iskelesi*

- 1- 1 numaralı anoda deprem kuvvetlerinin etkisiyle herhangi bir kalıcı deformasyon gözlenmemiştir. Ancak dalgıç ile yapılan gözlemlerden üç adet betonarme başlık kirişinde çatlak bulunduğu tespit edilmiştir.
- 2- 2 numaralı anoda deprem kuvvetlerinin etkisiyle deforme olmuş durumdadır. Bu bölüm 1 numaralı anodan 40 cm, 4 numaralı anodan da uçlarda 20-30 cm açıklık ortasında 125 cm ye varan ölçülerde açılmalar olacak şekilde uzaklaşmıştır. Bu bölümdeki boru hatları tamamen deforme olmuştur. Alt yapısını oluşturan betonarme kazıkların büyük çoğunluğu başlık kirişlerinden kopmuştur.
- 3- 5 numaralı bölümde gözle görülür deformasyonlara rastlanılmamıştır. Ancak bu kesimde deniz tabanında oturmaların olduğu bununla birlikte bu hareketin kazıklarda yarattığı herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir.
- 4- 4 numaralı bölümün 5 ve 3 numaralı anolara göre yatay yönde yer değiştirme yaptığı ve sistemin burulduğu görülmüştür. Bu kesimde kazıklardan bir adedinin başlık kirişinden koptuğu, zeminde oturmaların olduğu kiriş ve tabliyelerde yer yer çatlaklar meydana geldiği belirlenmiştir.
- 5- 3 numaralı uç anoda üst yapının zemindeki oturmaya bağlı olarak düşey yönde kalıcı deformasyonlara maruz kaldığı görülmüştür. Bu oturmalar yaklaşık olara 7 cm mertebesindedir. Bu bölümde üç adet kazık başlık kirişinden koparak ayrılmıştır.
- 6- 6 numaralı ilave uç anoda herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir.
- 7- Akaryakıt iskelesine ait betonarme kazıklar üzerine oturmuş olan eski iskele yatayda 96 cm, düşeyde 20 cm deplasman yaparak yeni iskeleden ayrılmıştır.

## **5.2 Derince Limanı**

Derince limanı sahasında bulunan kıyı tesislerini iki ayrı grupta değerlendirmek gerekir. Bunlardan birincisini limanın ilk yapıldığı yıllarda inşa edilen rıhtımlar oluşturmaktadır. Bu rıhtımlar beton bloklularak inşa edilmiştir (Şekil 6). Bunlar:

- 220 m uzunluğunda -12.00 m derinliğinde (CD Rıhtımı)
- 160 m uzunluğunda -10.00 m derinliğinde (DE Rıhtımı)
- 122.45 m uzunluğunda -4.00 m derinliğinde (EF Rıhtımı)

yanaşma yapılarıdır.

Rıhtımlar (0-0.25) ton kategoride anroşman temel üzerine oturtulmuşlardır. Rıhtım önleri (50-200) kg önlük anroşmanı ile takviye edilmiştir. Rıhtım arkasında üç değişik kategoride malzeme kullanılmıştır. Bunlar (0-0.4) ton kategori anroşman dolgu malzemesi ocak artığı ve dolgu malzemesidir.

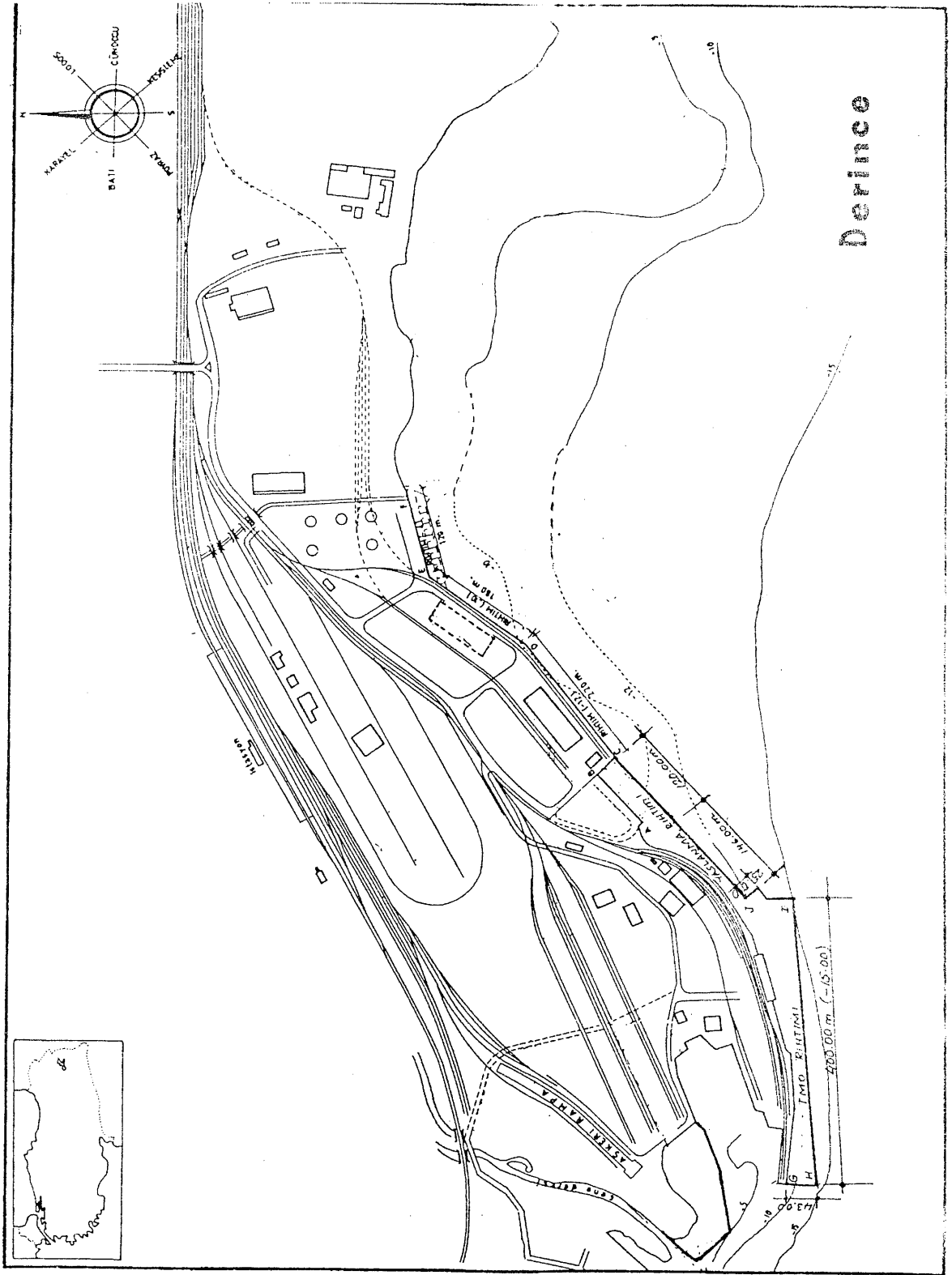
İkinci grup yapılar 1980 yılından sonra inşa edilen kazıklı rıhtım tipi yapılarıdır. Bunlar beton bloklu rıhtım sınırı ile eski liman arasında kalan kıyı bandında inşa edilmişlerdir.

Bunlar

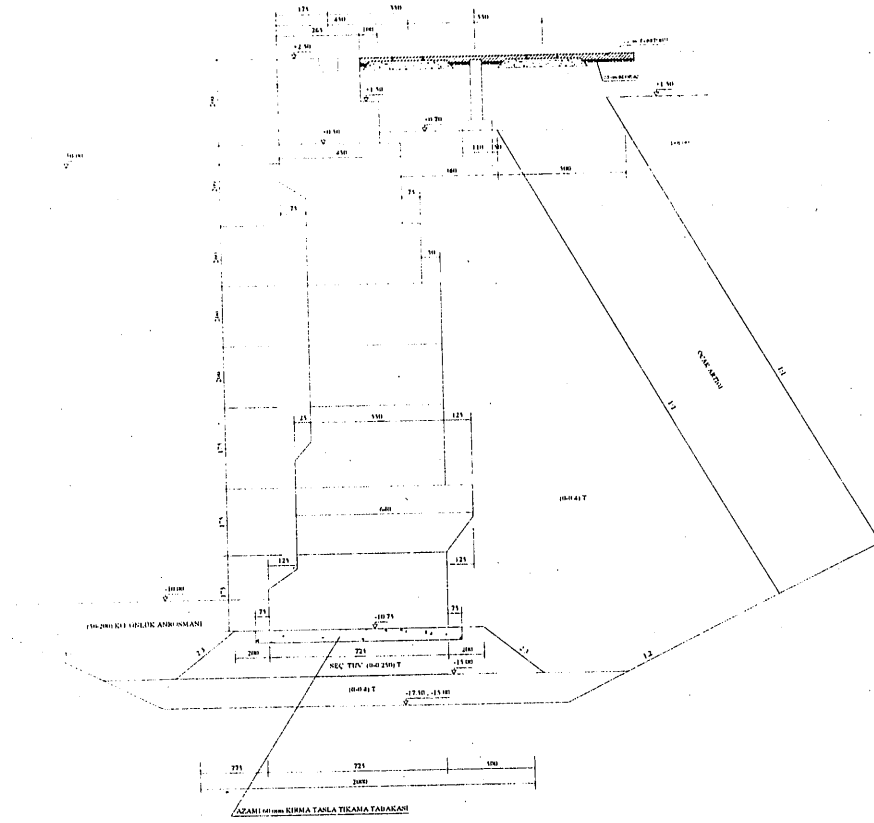
- 400 m uzunluğunda çelik kazıklarla teşkil edilen rıhtım
- 27 m genişliğinde kazıklar üzerine oturtulan kapak atma rampası
- 140 m uzunluğunda  $\phi 30$  çelik palplanj ve  $\phi 24$  çelik kazıklı olarak inşa edilen yaslanma rıhtımıdır.
- Yaslanma rıhtımı ile mevcut altı no'lu rıhtım arasında kalan yaklaşık 213 m uzunluğundaki rıhtım TMO tarafında inşa ettirilen rıhtıma benzer şekilde TCDD tarafından kazıklı olarak inşa ettirilmiştir.

Yaslanma ve yanaşma rıhtımlarında kazıklı iskele yapısının ön hattındaki kazıklar ile palplanj duvarı oluşturulmuş ve rıhtım arkasındaki ve kısmen rıhtım altına yayılan dolgu itkisine karşı mukavemeti artmak üzere iskele geri sahadaki ankraj duvarına gergi çubukları ile bağlanmıştır.

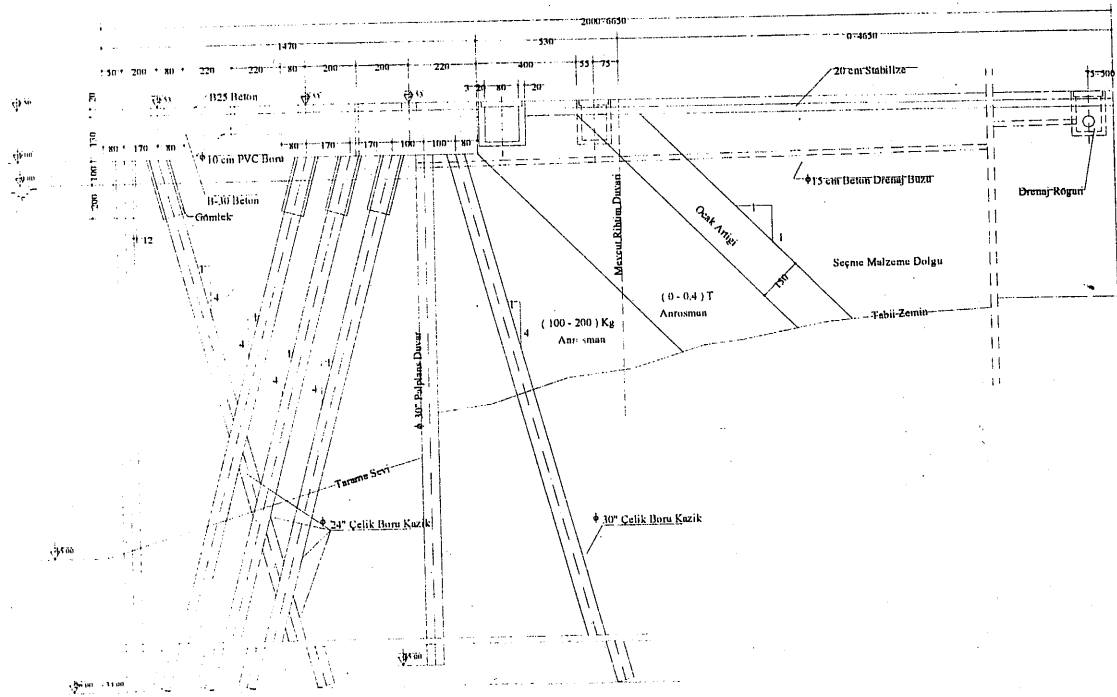
Bloklu rıhtımlarda inşaat öncesi yapılan sondajları gösteren vaziyet planı Şekil 7'de verilmiştir.



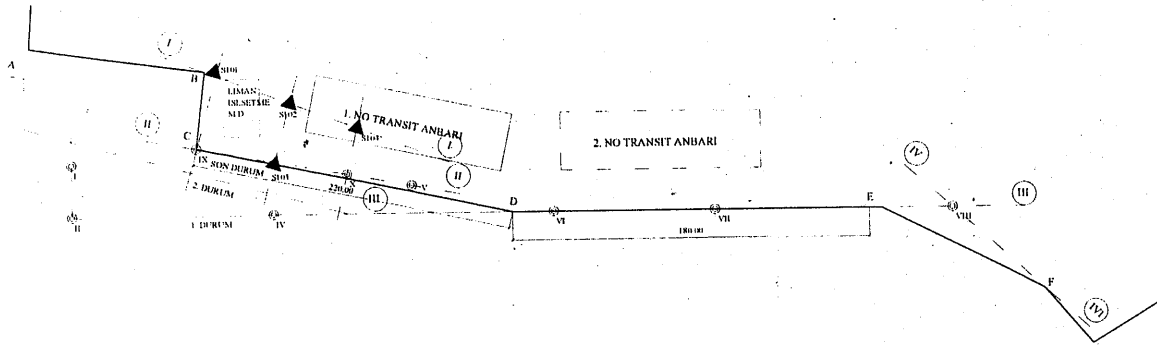
Şekil 6 Genel vaziyet planı



Şekil 6a (-12.00) m' lik Bloklu Rıhtımı



Şekil 6b TMO rıhtım kesiti



Şekil 7 Sondaj vaziyet planı

### -12 m lik bloklı rıhtım (CD Rıhtım)

İnşaat öncesi yapılan sondaj çalışmalarında rıhtım altında yer alan zemin profili (Şekil 8) incelendiğinde yaklaşık -17 m derinlikte taşıyıcı nitelikte zemine rastlanmış olup, bloklı rıhtım için yapılan stabilite tahkikleri sonucunda rıhtım altının zemin koşullarının en gayri müsait olduğu C köşesinde (S-IX) -17.5 m olacak şekilde %2 eğimle D köşesinde -15 m derinliğe kadar 19 m genişliğinde kanal taraması önerilmiş ancak tarama ekipmanının kapasitesi -16 m taramaya elverişli olduğundan önerilen derinliğe inilememiştir. Ayrıca 1994 yılı sonunda bu rıhtımda meydana gelen yatay ve düşey deformasyonlar nedeniyle yapılan incelemelerde rıhtımlarda kullanılan 5 ve 35 tonluk vinç ve demiryolu yüklerinin projelendirme esnasında göz önüne alınmadığı görülmüş ve vinç raylarında (üst yapıda) onarım yapılmıştır, ancak kalıcı bir çözüme gidilememiştir. -12 m'lik rıhtım arkasındaki geri sahada 1 no'lu transit ambarının bulunduğu bölgede sivilaşma gözlemlenmiştir (Şekil 9). Rıhtım arkasında kullanılan dolgu malzemesi dere ağzından taranarak dökülmüş çakıllı kum olup yaklaşık 10 m kalınlığındadır. Sivilaşma ambar binası etrafında düzenli bir hat boyunca izlenmiştir.

### -10 m'lik bloklı rıhtım (DE Rıhtımı)

İnşaat öncesi yapılan zemin etütleri sonucunda (Şekil 10) bu rıhtım altının -13 m'ye taranması önerilmiş olup tarama sonrası önerilen derinliğe inildiği söylenebilir. 1995 yılında CD rıhtımda bahsedilen deformasyonlar bu rıhtımda da meydana gelmiş ve o

dönemde yapılan tahkiklerde proje safhasında vinç yüklerinin göz önüne alınmadığı belirlenmiştir.

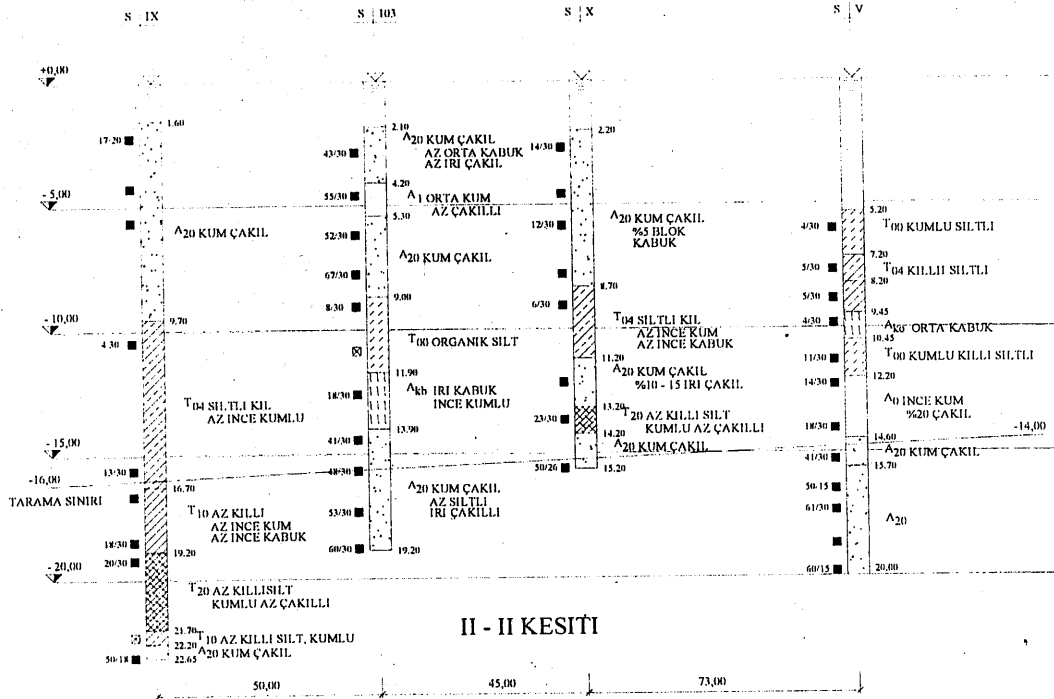
-4 m'lik bloklu rıhtım (EF Rıhtım)

İnşaat öncesi yapılan zemin etütleri sonucunda (Şekil 11) E köşesinin -13 m ye ve F köşesinin ise -6 m ye taranması önerilmiş ancak tarama esnasında rastlanan engeller nedeniyle yer yer istenilen derinliğe inilmediği belirlenmiştir.

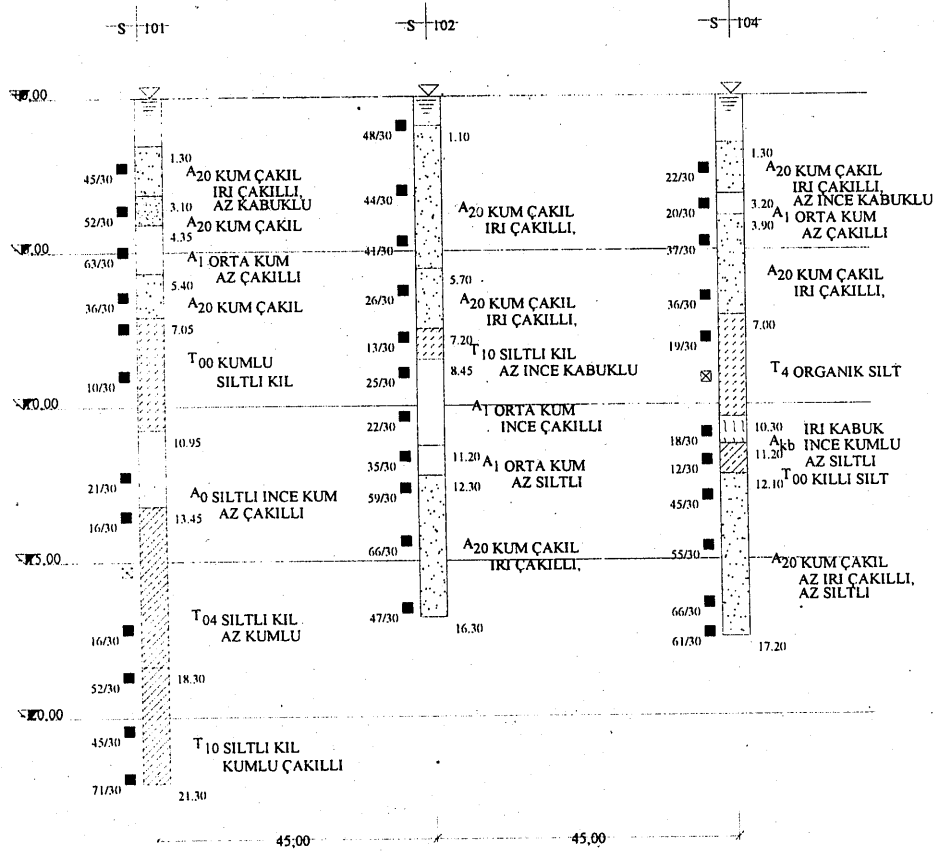
- 1- Derince limanında mevcut -10.00 m ve -12.00 m derinlikli rıhtımlar gerisinde yer alan transit ambar binaları deprem nedeniyle hasar görmüş durumdadır. Binaların betonarme çerçevelerinin deforme olarak deniz tarafına doğru eğildiği ve çerçeve kolonlarının temellere yakın noktalarda deprem etkisiyle kırıldığı görülmüştür. Ambar binalarında dış cephe duvarları çatlamış ve kırılmıştır.
- 2- 5 no'lu -4.00 m derinliği bloklu rıhtım geri sahasında kronmana paralel, tesisat kanalları arkasında çatlaklar ve yarılmalar tespit edilmiştir.
- 3- 5 no'lu rıhtım kronmanı doğrultusunda rıhtım ortalarında denize doğru deplasman yapmıştır.
- 4- 6 no'lu rıhtım geri sahasındaki oturmalar nedeniyle kronman üst kotu ile geri saha kotu arasında 5-70 cm ye varan farklılıklar gözlenmiştir.
- 5- Bu durum nedeniyle 6 no'lu rıhtım üzerinde çalışan vinçlerin deniz tarafındaki ayakları raydan çıkmış ve vinçler işletme dışı kalmışlardır.
- 6- 6 no'lu rıhtım doğrultusu boyunca denize doğru deplasman yapmıştır: Bu deplasman nedeniyle rıhtım kronmanı ile geri saha kaplaması arasında 10-40 cm'ye varan açılmalar meydana gelmiştir.
- 7- 7 no'lu rıhtım gerisinde yer alan sahadaki oturmaların etkisiyle, bu rıhtım üzerinde çalışan vinçler işletme dışı kalmış, 1 adedi yıkılarak kısmen ambar binası üzerine devrilmiştir.
- 8- 7 no'lu -12.00 m derinlikli bloklu rıhtım hattında denize doğru ötelenmeyi çağrıştıran herhangi bir belirgin deformasyon gözlenmemiştir. Anolarda 1-1.5 cm civarında deplasmanlar oluşmuş ancak bu durum halihazır işletmeye engellememektedir.



- 9- 6 ve 7 no'lu rıhtımlar arkasında rıhtıma dik ve paralel yarıklar oluşmuş, demiryolu hattı ve saha kaplamaları yer yer hasar görmüştür.
- 10- TMO tarafından inşa ettirilen tahıl rıhtımı, kapak atma rampası ve yaslanma rıhtımlarında genel olarak olumsuz bir oluşum gözlenmemiştir. Burada 1917 yılında yapılan palplanjlar enine gergi çubukları ile bağlanmışlardır.
- 11- Kazıklı olarak inşa ettirilen tahıl rıhtımının İstanbul tarafındaki uç anolarında deprem sırasındaki farklı yatay deformasyonlar nedeniyle vinç rayları akslarında 2-3 cm'ye varan ötelenmeler meydana gelmiştir. Bu durum bu kesimlerde çalışan vinçlerde deniz tarafındaki raylara basan ayakların hattan çıkmasına ve işletme dışı kalmalarına sebep olmuştur.
- 12- Derince limanı dolgu alanında deprem nedeniyle sıvılaşma meydana gelmiştir. Yüzeğe çıkan kumlar özellikle transit ambarların çevresinde birikmiştir. Dolgu alanda 0.40-1.00 m mertebelerinde oturmalar meydana gelmiştir.
- 13- Gerek TMO tarafından inşa edilen yanaşma tesisleri ile 7 no'lu rıhtım arkasında kalan ve TCDD tarafından inşa ettirilen kazıklı rıhtım arkasındaki dolgu alanlarında oturmalar ve bu oturmalara bağlı olarak saha kaplamalarında açılma kırılma ve yarıklar oluşmuştur.
- 14- Dalgıçlar tarafından yapılan su altı inceleme ve çekimleri sonucunda kazıklı olarak inşa edilen tesislerde gözle görülür bir olumsuzluk meydana gelmediği anlaşılmıştır.
- 15- Bloklu rıhtımların su altı çelimlerinde ve dalgıç tespitlerinde rıhtım bloklarında bozulma, kırılma çökme, ayrılma vb. olumsuzluklar bulunmadığı belirtilmiş olmakla birlikte bu rıhtımların özellikle 5 ve 6 no'lu rıhtımların su yüzeyi üzerinde kalan kesimlerindeki denize doğru yatay deformasyonlar rıhtım bloklarının bu kesimlerde topyekün birlikte hareket ederek yer değiştirdikleri anlaşılmıştır.



Şekil 8 II-II kesitinde zemin profili (CD Rıhtımı)



Şekil 9 I-I kesitinde zemin profili

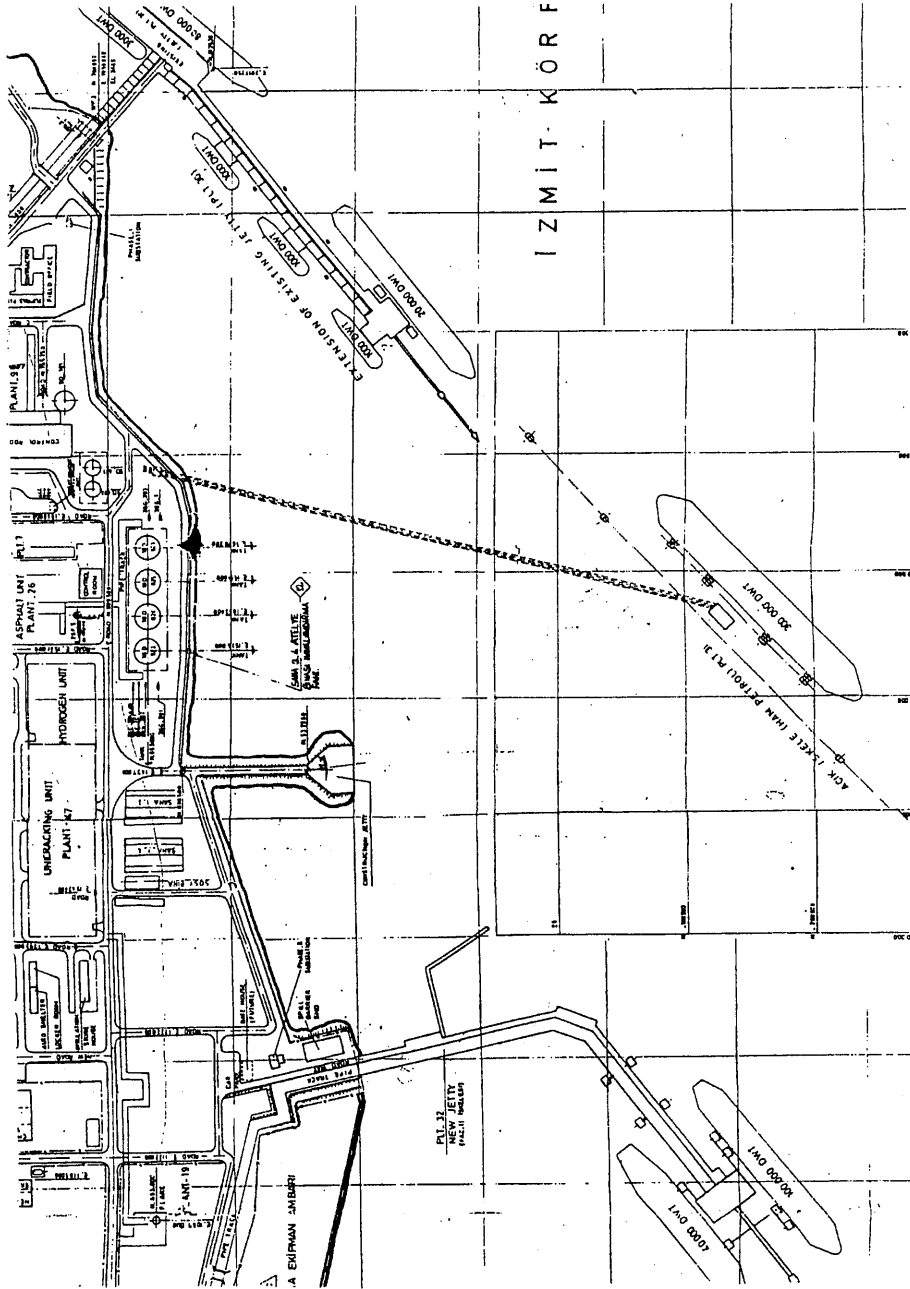


## 5.3 TÜPRAŞ

TÜPRAŞ'a ait deniz yapıları birbirinden bağımsız üç ayrı tesisten oluşmaktadır.

Bunlar

- Faz 1 Yanaşma iskeleleri
- Denizaltı boru hattı koruyucu dolfenleri
- Faz 2 Yanaşma iskeleleridir. (Şekil 12).

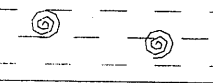
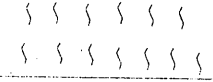


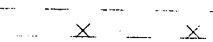



Şekil 12 Vaziyet Planı

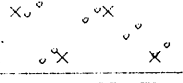


Boru hattına koruyucu dolfenleri alt yapısı  $\phi 24$  çelik boru kazıklar ve betonarme kazıkları ile teşkil olunmuştur. Üst yapı betonarme kiriş ve prekast döşeme elemanlarından oluşmaktadır.

Faz 2 iskelesi bağlantı ve ulaşım iskeleleri ile yükleme platformu ve yaslanma dolfenlerinden oluşmaktadır. İskelelerde ve yükleme platformunda sistem  $\phi 609$  mm çaplı çelik boru kazıklar ve betonarme başlıklarla teşkil edilen altyapı üzerine oturtulmuş betonarme kiriş ve döşemelerden oluşmaktadır.

Faz 1 ve Faz 2 tesislerine ait zemin kesitleri sırasıyla Şekil 13 ve Şekil 14'de görülmektedir.

Zemin Sınıfı		Zemin Kalınlığı	N
Su		9.70 - 15.50	
Çok Yumuşak Organik KİL		2.10 - 2.65	N = 0
Orta Sıkı Kabuklu Kum		2.00 - 5.45	N = 10 - 17
Katı Kumlu		0 - 1.90	N = 13
Siltli KİL			
Sert Kumlu			N = 27 - 53
Siltli KİL			

Şekil 13 Faz 1'e ait zemin kesiti

Zemin Sınıfı		Zemin Kalınlığı	N	$\phi / \gamma$
Su		Ort = 6m		
İnce KUM		3 m	N = ?	$\phi = 30$ $\gamma' = 0.9$
Çakıllı Siltli Kum (Orta Sıkı)		6 m	N = 20 - 25	$\phi = 32.5$ $\gamma' = 1.0$
Katı Kumlu Siltli KİL		7 m	N = 30	$\gamma' = 1.1$
Sert KİL			N = 36	$\gamma' = 1.1$

Şekil 14 Faz 2'ye ait zemin kesiti

TÜPRAŞ iskelelerindeki hasarlar;

#### *Faz 1 iskelesi*

- 1- Faz 1 iskelesi yaklaşım anında deprem kuvvetlerinin etkisi ile düşey deformasyonlar oluştuğu, çelik boru kazıkların bazıları sakin su seviyesinde buruşarak deforme olmuştur.
- 2- Yaklaşım anında üst yapısında boyuna betonarme kirişlerde özellikle kesitin taban yüzeyinde korozyon nedeniyle pas paylarının yer yer çatlayarak döküldüğü depremden önce var olduğu düşünülen bu olumsuzluklar sarsıntı nedeniyle daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.
- 3- Yaklaşım anında ucunda yer alan yanaşma platformunda H kesitli çelik kazıkların bazıları deprem etkisiyle hasar görmüştür. Bunların üst yapıya bağlandığı noktalarda betonarme tabliye kırılarak parçalanmış ve kazık ile tabliye arasındaki ankastrelik kaybolmuştur.
- 4- Yanaşma platformundan sonra yer alan yanaşma dolfenlerinde kenar akslarda yer alan kazıkların başlık kirişlerine bağlantı noktalarında kırılma ve parçalanmalar oluşmuştur.

#### *Faz 2 iskelesi*

- 1- Yükleme platformu dışındaki kesimlerde herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir.

2- Yükleme platformunda özellikle çift kazıklı kesimlerde deprem kuvvetlerinin etkisiyle kazık başlık kirişlerinin parçalandığı ve orijinal mesnetleme şekillerinin bozulduğu görülmüştür. Özellikle diyagonal biçimde çakılan kazık başlarının birbirine yaslanmaların meydana geldiği durumlarda, bu hasarlar daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

## SONUÇLAR

- 1- Kıyı ve liman yapılarının seçimi ve planlanmasında depreme karşı mukavim tasarım kriterlerinin geliştirilmesi için yapılacak araştırmalara öncelik ve önem verilmelidir.
- 2- 17 Ağustos 1999 depremi kıyı yapılarında ve liman işletmeciliğinde önemli zararlara neden olmuştur. Bu hasara dolgu alanlarındaki sıvılaşma, kıyı alanlarındaki çökmeler ve yumuşak alüvyal kil tabakaların dinamik deformasyonu gibi bir çok faktör sebebiyet vermiştir. Bu nedenle kıyı yapılarının tasarımında zemin araştırmalarına önem verilmelidir.
- 3- Olması muhtemel yeni depremlerde, acil yardımların zamanında ve sağlıklı olarak halka ulaştırılabilmesinde deniz ulaşımı en uygun yoldur. Ancak bu yardımların elleçleme işlemini yapabilecek sistemlerin depremden sonra ayakta kalabileceği ve yanaşma yerlerinin zarar görmeyeceği sismik performansı yüksek özel rıhtımların limanlarda dikkate alınarak planlanması son derece önemlidir.
- 4- Ülkemizde deniz yapıları için tasarım kriterlerini içeren herhangi yönetmelik mevcut değildir. Bu nedenle deniz yapılarının tasarımında afet hallerini de dikkate alan her türlü deniz yapısı için yönetmeliklerinin hazırlanması gereklidir. Mevcut dikkate alınan deprem kriterleri, yeni deprem yönetmeliği çerçevesinde acilen gözden geçirilmelidir.
- 5- Dolgu alanlarında karşılaşılan sıvılaşma problemi için, bu tip alanlarda seçilecek dolgu malzemesi cinsi ve inşaat tekniğine uygun dolgunun oluşturulmasında tasarım standartlarına uyulmalıdır. Eğer zemin önemli miktarda kumla karışık çakıl yapıya sahipse bu zemin yapısının yoğunluğuna, ince malzeme yüzdesine, hidrolik iletkenliğine bağımlı olarak sıvılaşabilir. 17 Ağustos depremi esnasında limanlardaki dolgu alanlarda sıvılaşma ve bununla birlikte çökmeler belirlenmiştir. Bu olay yanaşma

yapılarının, işletme binalarının ve elleçleme ekipmanlarının stabiliteilerinin bozulmasına neden olmuştur.

- 6- Tasarımı yapılan deniz yapılarının, inşaatları sırasında projelerine uygun imal edilmesi son derece önemlidir. Bu nedenle hasar görmüş yapılara 17 Ağustos depremi sonrasında rastlanılmıştır. Buna örnek olarak diyagonal kazık başlarında temas aralıklarının az bırakılması nedeniyle kırılmalar meydana gelmiştir.
- 7- Gerek yanaşma yerlerinde gerekse dalgakıranlarda uygun zemin şartlarını sağlayacak tarama sınırlarının oluşturulmasına özen gösterilmelidir. Yada ekonomik kriterlerde düşünülerek zemin ıslah çalışmaları yapılmalıdır.
- 8- Özellikle iskelelerde farklı dinamik davranışlara sahip yapıların bir arada kullanılması bu yapıların daha fazla hasar görmesine neden olduğu 17 Ağustos depremiyle belirlenmiştir. Örneğin kompozit alt yapıya sahip bir yanaşma tesisinde üst yapının daha fazla deformasyon yaptığı görülmüştür. (Çelik ve betonarme kazığın birlikte kullanıldığı sistemlerde).
- 9- Bloklu ağırlık tipi rıhtımlarda blok boyutları sismik performansı artıracak biçimde seçilmelidir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmaya destek veren YTÜ Araştırma Fonu Başkanlığına, DLH Genel Müdürlüğü ve IV.Bölge Müdürlüğüne, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

ALPAR B, (1999), "Underwater Signatures of 1999 Kocaeli Earthquake" Turkish Journal of Marine Sciences, Institute of Marine Sciences and Management, University of Istanbul, V: 5, No: 3, pp: 111-129.

ALPAR, B., YALTIRAK, C ve AKKARGAN, Ş. (1999). Kuzey Anadolu Fay Zonu ve 17 Ağustos 1999 depreminin İzmit körfezi ve Marmara çıkışı genç çökelleri üzerindeki etkileri, Aktif Tektonik Çalışma Grubu, Sempozyum, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.



ALTINOK, Y. and ERSOY, Ş. (1998). Tsunamis observed at Turkish coasts and near surroundings, 7<sup>th</sup> International Symposium on Natural and Man-Made Hazards, Hazards 98, May 12-22, 1998, Crete Island, Greece.

ALTINOK, Y., ALPAR, B., ERSOY, E., YALÇINER, A.C. ve DOĞAN, E. (1999). Tsunami generation of the Kocaeli earthquake (August 17<sup>th</sup> 1999) in the Izmit Bay; coastal observations, bathymetry and seismic data, *Turkish J. Mar. Sci.* 5: 5(3): 130-144.

AMBRESEYS, N.N. and FINKEL, C.F. (1995). Seismicity of Turkey and Asdjaent Areas, A Historical review, 1500-1800. Eren Yayıncılık ve Kitapçılık Ltd., 224p.

BARKA, A.A. (1992). The North Anotalian fault zone, *Annales Tectoncae*, Special Issue to Volume 6: 164-195.

SOYSAL, H. (1985). Tsunami (deniz taşması) ve Türkiye kıyılarını etkileyen tsunamiler, İ.Ü., Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, 2: 59-67, İstanbul.

YALÇINER, A.C., SYNOLAKIS, C.E., BORRERO, J., ALTINOK Y., WATTS P., IMAMURA, F., KURAN, U., ERSOY, Ş., KANOĞLU, U. and TINTI, S. (1999). Tsunami Generation in Izmit Bay by 1999 Izmit Earthquake, Proceedings of International Conference on Kocaeli Earthquake, ITU, Dec. 2-5, 1999, Istanbul, pp. 217-221.

YÜKSEL, Y., YALÇINER, A.C., ALPAR, B., ÇEVİK, E., ÇELİKOĞLU, Y., ÖZMEN, İ., ÖZGÜVEN, O., BOSTAN, T., GÜRER, S., (2000) "Doğu Marmara Depreminin Deniz Yapıları ve Kıyı Alanları Üzerindeki Etkileri" 99-05-01-01 AFP Projesi Rapor1 Yıldız Teknik Üniversitesi.

