

## ORMARA LİMANI İNŞAATI

Ali Rıza Günbak Prof.Dr. STFA Grup A.Ş. İstanbul,Türkiye	Ali İrvalı İnşaat Y.Müh. STFA Temka A.Ş. İstanbul,Türkiye	Hasan Taşan İnşaat Müh. STFA İnş.A.Ş. Ormara,Pakistan	Balamir Yasa İnşaat Y.Müh. STFA Temka A.Ş. Karaçi,Pakistan
-------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

### 1-GİRİŞ

Sezai Türkeş-Feyzi Akkaya İnşaat Firması(STFA) 1993-1998 seneleri arasında Pakistan'ın Ormara kasabasında Askeri Liman İnşaa etmiştir.Proje alanı Arap Denizi kıyısında,Karaçi'nin 200km.batısındadır.Ormara'nın Umman Denizindeki yeri Çizim(1a)da gösterilmiştir.Çizim(1b)Limanın inşa edileceği çekiç biçimindeki yaklaşık 450m yükseklikli jeolojik formasyonu ve bu formasyn arkasında oluşmuş tombolo formasyonunu göstermektedir.Çizim(1c) Liman konumunu göstermektedir.Liman inşaatı yapılacak yerde hiçbir liman altyapısı mevcut değildir.Çevre çöldür.Limanın 1994 senesine kadar Karaçi şehri ile bağlantısı 80km si asfalt 350km lik çöl yolu ile sağlanırken 1994 senesindeki çok şiddetli muson yağmurlarından sonra bu yol kapanmış ve kara ulaşımı Karaçi ile 1000km lik yarısı asfalt yol ile sağlanabilmiştir.Bu nedenle İnşaat süresince malzeme daha çok deniz ağırlıklı olarak taşınmıştır.

İşin sahibi Pakistan Deniz Kuvvetleri Komutanlığı,İdarenin müşaviri Hollanda yerleşkeli Frederic Harris(FRH) ile Pakistan yerleşkeli Engineering Consultants firmaları konsorsiyumudur.İşin toplam takribi bedeli 150 milyon Amerikan Dolarıdır.

### 2- AMAÇ

Liman inşaatı kapsamında dalgakıranlar,palplanşlı rıhtım, kazıklı iskele,tarama ve dolgu işleri yapılmıştır.Bu tebliğin amacı,yapılmış olan Liman inşaatının değişik kalemlerinde yaşanmış ilginç mühendislik problemlerini,o günün şartları altında kabul edilmiş ve uygulanmış çözümleriyle takdim etmek ve kazanılmış tecrübeyi meslekte çalışanlar arasında yaymaktır.

### 3- PROJENİN TANITIMI

Yapılmış olan liman Çizim (2)de gösterilmiştir.Limanda 1200m açık deniz dalgakıranı,250m güney dalgakıranı,150m ve 170m uzunluklarında iki kazıklı iskele,450m uzunluğunda palplanşlı rıhtım,7km kum,silt ve kil dolgu alanlarını

koruyan taş dolgu koruma yapıları, altı milyon metreküp tarama ve yedi milyon metreküp dolgu işleri yapılmıştır. Açık deniz dalgakıranı tipik kesiti Çizim(3)de, güney dalgakıranı kesiti Çizim(4)de, kil dolgu korumanın üç değişik bölümündeki kesitleri Çizim(5a,5b,5c)de, iskeleler çevresindeki dolgu koruma yapısı kesiti Çizim(6)da ve ,palplanşlı rıhtım kesiti Çizim(7)de gösterilmiştir. Dolgu alanlarda dolgu seviyesi +5m, tarama kanalı derinliği -12m ve basen tarama derinliği -10m dir. İskele kazıkları 1200mm çapında çelik ucu kapalı kazıklar olup kazık derinliği -30m dir. Palplanşlar -24m ye kadar çakılan psp1000 I profillerin arasına -16m ye kadar çakılan PZI çelik yüzeylerden oluşmaktadır. Palplanşlar 35m geride 1.68m ara ile çakılmış psp800 çelik I profillere +2.5m kotundan Dwidag çelik ankraj halatlarıyla bağlanmıştır.

İnşaat sırası aşağıda verilmiştir;

- Dolgu koruma taş dolgu yapılar inşa edilmiştir.
- Kanal ve basen taraması yapılmış, taranan malzeme kum, silt ve kil için inşa edilmiş haznelere doldurulmuştur.
- Güney dalgakıranı ve açık deniz dalgakıranı inşa edilmiştir.
- Dalgakıranlarla eş zamanlı olarak iskele ve palplanşlı rıhtım inşaatına başlanmıştır.

#### 4- HİDROGRAFİK VE METEOROLOJİK ŞARTLAR

Uzun dönem ve ekstrem derin deniz dalga dağılımları gemilerden ölçülmüş rüzgar ve dalga rasatlarını kullanarak FRH Firması tarafından yapılmıştır. 50 sene ortalama oluşum sıklığı olan ekstrem dalgalar için yapılmış dalga transformasyon(dalga sapması, kırınımı, sığılaşması, kırılması) çalışmaları sonunda açık deniz ve güney dalgakıranlı kafası 4.15m belirgin dalga yüksekliğine ve T=8.5sn dönemine projelendirilmiştir. Güney dalgakıranı gövdesi ve kil bandı boyunca dalga yüksekliği derinlik azalması ve dalga kırılması nedeniyle küçülmekte ve yönü değişmektedir. Bu bölgelerde proje belirgin dalga yüksekliği 3m, dönemi 8.5sn.dir.

Bölgede günde iki kez oluşan ve yüksekliği +3.1m ila -0.35m arasında değişen gel-git su seviyesi oynamaları mevcuttur. Ortalama su seviyesi +1.35m dir.

Bölgeyi etkileyen büyük dalgalar her sene muson dönemi diye tarif edilen Haziran-15Eylül aralığında güneybatı(SW) ve güney(S) yönlerinden gelmektedir. Aynı dönemde çok şiddetli anlık yağışları ve fırtınalar olabilmektedir. Bu dönem dışında diğer yönlerden kısa süreli fırtınalar ve dalga olabilmekte ancak liman sahasında çok etkili olmamaktadır.

İnşaat süresi boyunca arazide Andreaa marka yüzer şamandıra ile açık deniz dalgakıranı doğusunda dalga ölçümü, kıyı istasyonunda gel-git ölçümü ve kara istasyonunda rüzgar-yağış-nemlilik-bulutluluk ölçümleri yapılmıştır. Gel-git ölçümlerinin kaynak(1) ile uyumlu olduğu muson dönemi dalgalarının bu dönemde aralıksız ölü deniz dalgası olarak geldiği görülmüştür. Ölçümlerin

yanında inşaat planlaması amacıyla bir haftalık süreler için dalga,yağış,fırtına tahminleri İngilterede Noble-Denton firmasından satın alınmıştır.

## 5-DALGAKIRAN VE KORUMA YAPILARI

İhalenin alınmasını takiben İdare arazinin koordinatlarını bağıladığı sabit noktaları STFA ya teslim etmiştir.STFA yaptırdığı topoğrafik ve batimetrik harita alımları ve bunları arazide ölçtüğü git-gel ölçüleriyle düzelttiği zaman ihale dökümanı olarak verilmiş derinlik haritalarınının 85cm sıg gösterğini İdareye bildirmiştir.İdare kendi ölçümlerini yenilemiş ve STFA ölçümlerini doğrulamıştır.Bu yeni şartların inşaata getireceği ek maliyetlerden kurtulmak için İdare tüm deniz yapılarını yaklaşık 250m kıyıya doğru çekmiş ve yapıları ilk projesindeki derinliklere getirmiştir.

İkinci önemli İhale dokümanı farklılığı Bölgede mevcut taş kalitesinde çıkmıştır.İhale dokümanı magnezyum sülfat erime testi için %12 gibi bir üst sınır tarif edip bu taşın 18km mesafede bulunduğunu belirtmiştir.Yapılan araştırmalar Bölgede mevcut en iyi ocağın 45km mesafede kil taşı olduğunu,bu taşın diğer özellikleri ihale teknik şartnamesini sağladığı halde magnezyum sülfat erime testinin %18 olabileceğini göstermiştir.İdare bu konudada teknik şartnameyi mevcut taşın kullanımına göre değiştirmiş ve iş bundan sonra başlayabilmiştir.

Çizim (2)de gösterilmiş kil bandı koruması STFA nın kili uzun mesafeye basmamak için geliştirmiş olduğu alternatif bir proje olup en ekonomik şekilde STFA tarafından projelendirilmiştir.Çizim(5a)ve(5b)ye dalgalar dik olarak gelmektedir ve mevcut taş büyüklükleri bu bölgelerde koruma taşı olarak taş kullanılmasını engellemiş,3tonluk antifer blok kullanılmıştır.Çizim(5b)deki köşe korumasında yapı eğimi 3/2 den 5/2 ye düşürülmüştür.Bunun temel iki nedeni köşenin stabilite katsayısının gövdeye göre daha düşük olması(Kaynak2) ve bu yapı önünde dalga yansımasını azaltarak beklenen yapı önü oyulmasına mani olmasıdır.Çizim(5c)deki kesite dalgalar 60derece açı yaparak gelmektedir.Bu da dalgakıranın bu kesitinin (1-3)ton taş kullanarak ve dalgakıran kret kotunu +6m ye düşürerek çözümünü yeterli kılmıştır.

Açık deniz dalgakıranı yapının su üzerindeki bölümünden su geçmesi gözetilerek 8 tonluk antifer bloklar kullanılarak FRH tarafından projelendirilmiştir.Mevcut gel-git yükseklikleri gözetildiğinde inşaatın tamamının deniz ekipmanı ile yapılması kaçınılmazdır.Ancak gerek hız kazanmak,gerekse daha kontrollu antifer yerleştirmesini sağlamak için yapı +1.70m kotuna kadar denizden inşa edilmiş daha sonra +1.70m kotuna çelik profillerden imal edilmiş iki adet 1.5m yüksekliğinde 3mx5m ebatlarında platform yerleştirilmiş ve amerikan vinç bu platformların üzerinden antifer blok yerleştirmiştir.Bunu yaparken vinç bir kesiti tamamladıktan sonra öndeki platforma geçmekte,arkadaki platformu kaldırıp ön tarafa koymakta ve o platformdan kalan

yere antifer blok yerleştirerek işi yürütmüştür. Bu metod ile dalgakıran inşaatı öngörölmüş sürenin çok öncesinde istenen kalitede bitirilmiştir.

Antifer ağırlıkları hesaplanırken Kaynak(2)de verilmiş hesap yönteminde stabilite katsayısı dalgakıran gövdesinde 7.4 ve kafasında 4.5 değerleri kullanılmıştır. Antiferler FRH'nin isteği üzerine Sines dalgakıranında da uygulandığı gibi (Kaynak 3) %44 boşluk oranıyla üç sıra olarak inşa edilmiştir. Bu yerleştirme şekli Çizim(8)de gösterilmiştir. Bu yerleştirme şeklinde, aynı sıradaki komşu antiferler arasındaki mesafe hesabı 3tonluk antiferler için aşağıda verilmiştir;

3tonluk antiferin net hacmi=1.3976m<sup>3</sup>  
Antifer tabaka kalınlığı=2.5m  
Boşluk oranı=44%  
Doluluk oranı=56%

$$\text{Birim alana düşecek blok adedi} = \frac{2.5 \times 0.56}{1.3976} = 1.0017 \text{ No/m}^2$$

$$\text{Her tabakadaki blok adedi} = \frac{1.0017}{3} = 0.334 \text{ No/m}^2/\text{tabaka}$$

$$\text{Komşu bloklar arasındaki mesafe} = (1/0.334) = 1.73 \text{ m}$$

Kum ve silt koruma yapılarının tamamı taş koruma kullanılarak yapılmıştır. Bunlardan taranan basene bakan yüzdeki koruma kesiti Çizim(6)da gösterilmiştir. Çizim(6)daki orijinallik inşaat metodundadır. İlk kazı yapıldığı zaman 1/1 ve daha dik durabilen silt zemin dalga ve akıntı altında zaman içerisinde 1/5 eğime yatmaktadır. İskeleler bölgesinde böyle yatık bir eğim yer kaybına sebep olmaktadır. Bunu önlemek için -1m ila -14m arasında yapılan tarama sonrası kesitler Çizim(6)da gösterildiği şekilde derhal kaplanmış ve yaklaşık 3/2 eğimde korumalar tamamlanmıştır.

FRH projelendirdiği tüm koruma kesitlerinde (0.1-200)kg elenmiş çekidek malzemesi kullanmıştır. STFA projelendirdiği tüm kesitlerde içinde toz olmyan (0-200)kg taş kullanmıştır. FRH tüm kesitlerinde geotekstil kullanmış, STFA silt dolgu korumalarında geotekstil kullanmamıştır. Dolguların yapılmasını takiben STFA kesitlerinin hiçbirinden denize malzeme kaçması gözlenmezken FRH kesitlerinde zamanla tıkanan kaçaklar gözlenmiştir.

## 6-KAZIKLI VE PALPLANŞLI SİSTEMLER

Yukarıda anlatıldığı gibi iskeleler önündeki (0.1-200)kg koruma taşlarının taramayı takiben derhal yerleştirilmesi bu bölgelerdeki kazık çakımlarının büyük taşlar nedeniyle tam koordinatlarında tamamlanmasını önlemiş ve yer yer 30 cm mertebesinde kazık kaçıklıkları gözlenmiştir. Bunun üzerine çakılmış kazık dispozisyonlarına göre iskele tatbikat projeleri yenilenmiştir. Çok korrosiv ortam nedeniyle betonda 7.5cm pas payı bırakılmış, beton 0.36 gibi çok düşük bir su-cimento oranında geçirimsiz dökülmüş, içine anti-korrosiv kimyasal karıştırılmış, işin tamamlanmasını takiben tüm beton yüzeyler sil-act isimli kimyasal ile boyanarak yüzeyin su geçirimsizliği sağlanmıştır.

Palplanşlı rıhtımın mevcut projesi ile yeterli emniyeti sağlamıyacağı işin alınmasını takiben aralık 1993 senesinde İdareye yazı ile bildirilmiştir. Sistemin temel zayıflıkları +2.5m kotundaki tek ankraj sisteminin palplanş kesitinde kritik momentlere neden olduğu ve kesitin yetmediği, ilk projede 20m geride olan ankraj kazıklarının aktif kama içinde kaldığı, eskiden -9.5m ye kadar olan ankraj kazık boyunun yetmeyeceği, ankraj kazıklarının zeminden yeterli köprülemeyi alamayacağı bu nedenle bir başlık kirişiyle birbirine bağlanması gerektiği, kren ve deprem yüklerinin hesaplarda yeterince alınmamış olduğu, tüm belirtilmiş gerekçelerin FRH'nın hesaplarında mevcut zemini gerçekte olmayan derecede kuvvetli kabul etmesinden kaynaklandığı anlatılmıştır (FRH'nın kullandığı  $c=130kn/m^2$ , arazide vane shear deneyi ile ölçülen  $10kn/m^2$ ). Bunun üzerine İdare inşaat süresince aşağıdaki değişiklikleri getirmiştir;

- Rıhtım önündeki su derinliği -12m den -10m ye azaltılmıştır.
- Ankraj kazıkları 35m geriye taşınmıştır.
- Ankraj kazık boyu -13.5m ye uzatılmıştır.
- Ankraj çubuk çapı büyütülmüştür.
- Tüm rıhtım arkasında 20m eninde bir bölgede wick-drain(1.5mgrid) çakarak(-24m ye kadar)+3.5m ye kadar dolgu yapıp konsolidasyonun hızlanmasını, bunu takiben ankrajların bağlanıp dolgunun tamamlanmasını istemiştir.
- Kullanılacak deprem ivmesini 0.16g den 0.04g ye indirmiştir.

Yukarıda tariflenmiş değişikliklerden sonra, palplanşlı rıhtım inşaatı aşağıdaki sırayla gerçekleşmiştir;

- Palplanş yüzeyinden yirmi metre geriden kum dolgu koruma yapısı inşaatı
- Palplanş yüzeyinden 25m açıktaki kalacak şekilde basen taraması ve koruma yapısı arkasının +5.0m ye dolgusu
- Palplanşların çakımı ve arkasının +3.5m ye doldurulup, wick drain çakılması

İnşaat yukarıdaki sıra ile yürütülürken palplanşlarda dolgu ve wick-drain yapılmasını takiben 17cm ye yakın denize doğru deplasman gözlenmiş ve iş sırası bu gözlemden sonra aşağıdaki gibi değiştirilmiştir;

- Palplanşın arkasında yaklaşık 5m lik bir bölümün boş bırakılarak geri sahanın doldurulup wick-drain çakımı(Bu şekilde gel-git ile oluşan palplanş arkasındaki 1.8m lik su basınç farkı ve dolgu basıncı kaldırılmıştır)
- Ankraj kazıkları çakılıp, ankraj çubukları bağlanmış.
- Palplanş arkasındaki boşluk doldurulup, wick drain çakılmıştır.
- Başlık kirişi dökülmüştür.
- Palplanş boyunca drenaj sistemi yapılmıştır.
- Bütün rıhtım arkası +4.5m kotuna doldurulmuştur.
- Rıhtım önünde bırakılmış 25m enindeki topuk taranmıştır.

Bu inşaat süresince sürekli olarak palplanş deplasmanları, zemin otumaları ve -7m, -14m ve -25m de piezometre okumaları yapılmıştır. Tarama yapılmasını takiben, projelendirmede öngörülen deplasmanların üzerinde deplasman gözlenmiş ve bunun ankraj kazıklarının deplasmanı olduğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine İdare Müşavir FRH ile çalışmaya son verip yeni müşavir olarak Scott Wilson Kirkpatrick(SWK) firmasını seçmiştir. Yeni müşavirin isteği üzerine ankraj kazıkları arasına -16m ye kadar 80lik fore kazıklar çakılıp, kazıklar bir kazık başlığı ile bağlanacaktır. Ayrıca palplanş arkasına kren kirişi altına fore kazık yapılacaktır. Bu işler halen inşa safhasındadır.

Palplanşlı rıhtım arkasında rıhtım boyunca 12 noktada oturma plakaları vasıtasıyla dolgunun zaman içerisindeki oturması ve dört ayrı noktada -7m, -14m ve -24m de su boşluk suyu basıncı ölçümleri yapılmıştır. piezometre ölçümleri dolgunun yapılması ile boşluk suyu basıncında çok ani bir sıçrama ve düşme göstermektedir. Bu sıçrama süresi bir günden kısadır ve bundan sonra boşluk suyu basıncı üzerindeki hidrostatik basınç oynamalarını takip etmektedir. Dolgudan sonra uygulanmış olan wick drain uygulaması ile boşluk suyu basıncında herhangi bir fark görülmemiştir. Oturma plakaları dolguyu takiben altı aya yakın bir süre gittikçe azalan oturma olduğunu göstermiştir. Bir sene sonunda oturmalar sifıra yaklaşmıştır. Wick drain uygulamasını takiben oturmaların hızlanıp hızlanmadığı konusunda dolgu yapılmasıyla wick drain uygulaması arasında çok kısa bir süre olduğundan ayırım yapılamamıştır. Yazarların görüşü wick drain uygulamasının çok yararlı olmadığı gibi, silt gibi hassas bir zemini örselediği için zararının dahi olmuştur olabileceğidir. Bu düşünceye iten neden ise wick drain uygulamasını takiben palplanş deplasmanlarında artış gözlenmesidir. Gerçekten faydalı bir zemin iyileştirmesi için palplanşı çakmadan ve tarama yapmadan önce hem rıhtım hemde deniz tarafının ciddi bir surşarj yükü ile yüklenmesi ve oturmaları hızlandırmak için wick drain yapılmasıdır.

## 7-KUMLANMA ÖLÇÜMLERİ

İnşaatı takiben yapılan kumlanma ölçümleri bir sene sonunda navigasyon kanalında 10cm den az bir kumlanma olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni kum hareketine neden olabilecek büyüklükteki dalgaların kanal boyunca hareket etmeleridir. Kil dolgu koruması ve güney dalgakıranı etrafında Çizim(9)da gösterilen hatlar boyunca çeşitli tarihlerde derinlik ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçüm hatlarından bazılarının sonuçları Çizim(10)da gösterilmiştir. Bu ölçümlerden görülebileceği gibi, 3 ve 4 hatları bölgesinde oyulma, güney dalgakıranı etrafında ise dolma olmaktadır. Kum hareketi koruma bandı boyunca batıya, güney dalgakıranına doğru gidip dalgakıranın doğusunu doldurmakta, doğusu dolunca dalgakıran etrafından dolaşarak dalgakıranın batısına geçmekte ve burada çökelmektedir. Bu hareket gittikçe azalmaktadır. İlk hızlı kum hareketinin tarama sonrası koruma yapısı önüne yığılmış kumun hareketi olarak yorumlanmıştır.

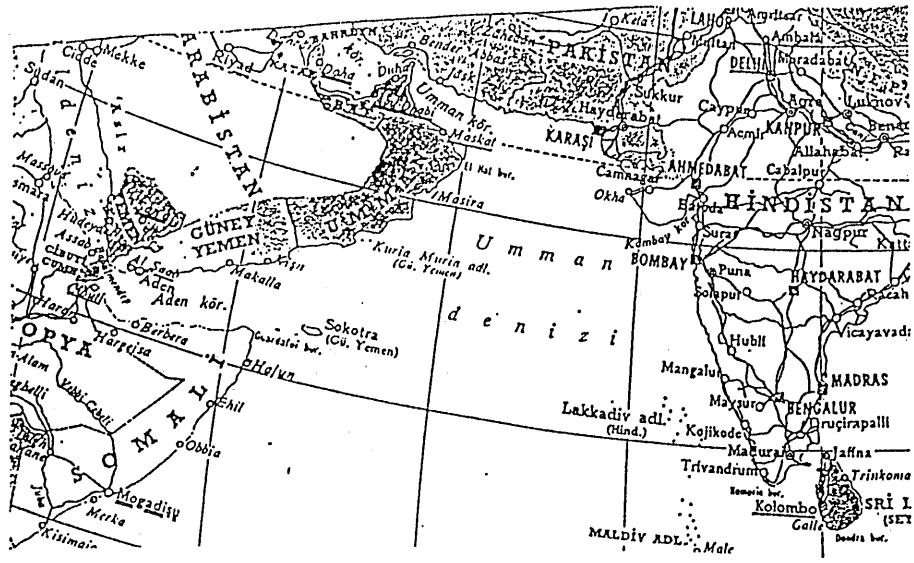
#### 8-SONUÇ

Ormarada inşaa edilmiş olan askeri limanla ilgili yaşanmış bazı teknik konular özetlenmiştir. Bu özet ile ilgili temel sonuçlar,

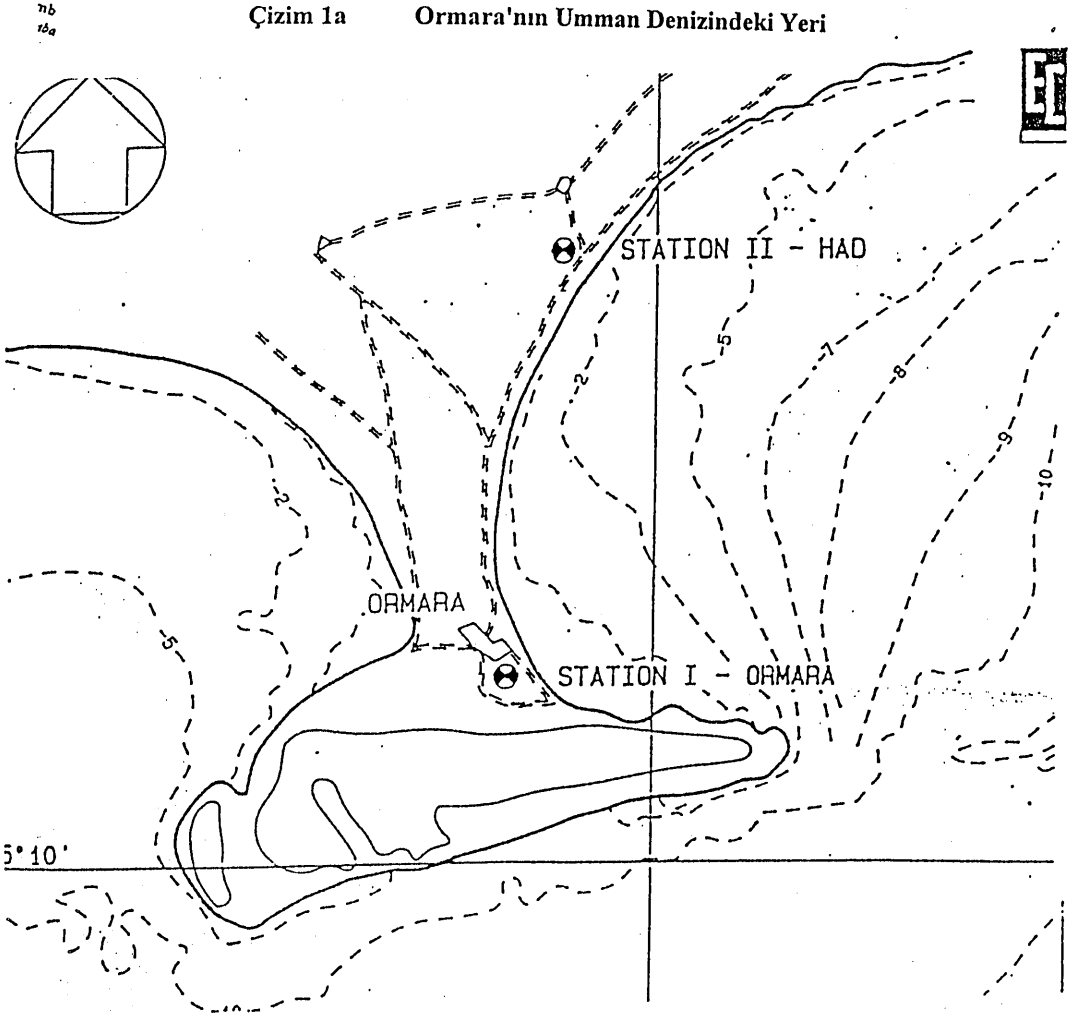
- Yanlış ve eksik yapılmış ihale dosyalarının işe önemli sıkıntılar, değişiklikler getirebileceği
- Bu gibi hallerde mütaahhitin ilk yapması gerekenin gerçek şartlara göre teknik şartnameleri değiştirmesi gerektiği
- Kil dolgu korumasında olduğu gibi bir dalgakıran boyunca dalga kuvvetlerinin değişmesine uygun olarak değişen dalgakıran kesitleri kullanarak ekonomi sağlanabileceği
- Açık deniz mendireğinde olduğu gibi geliştirilen inşaat metotlarının önemli para ve zaman tasarrufu sağladığı
- Palplanşlı rıhtım inşaatında olduğu gibi sonradan yapılan zemin iyileştirmesinin fayda sağlamadığı, doğru sistem seçiminin ve yapılacaksa zemin ıslahının rıhtım inşaatından önce yapılmasının gerektiği
- Ormara gibi çok sığ ve şiddetli gel-git olan bir limanda yapılan tarama kanalı ve baseninin iyi planlandığı takdirde dolmadan başarılı bir şekilde hizmet verebileceği
- İnşaat süresince yapılacak ölçümlerin faydalı bilgiler vereceği

#### KAYNAKLAR

- 1-Admiralty Tide tables, by hydrographer of Navy, England
- 2-Shore Protection Manual, U.S. Army Corps of Engineers; 1984, USA
- 3-Paoletta G., Larras J., Bellipanni R., 'l'emploi de blocs cubiques rainures pour la reparation provisoire de la digue de Sines

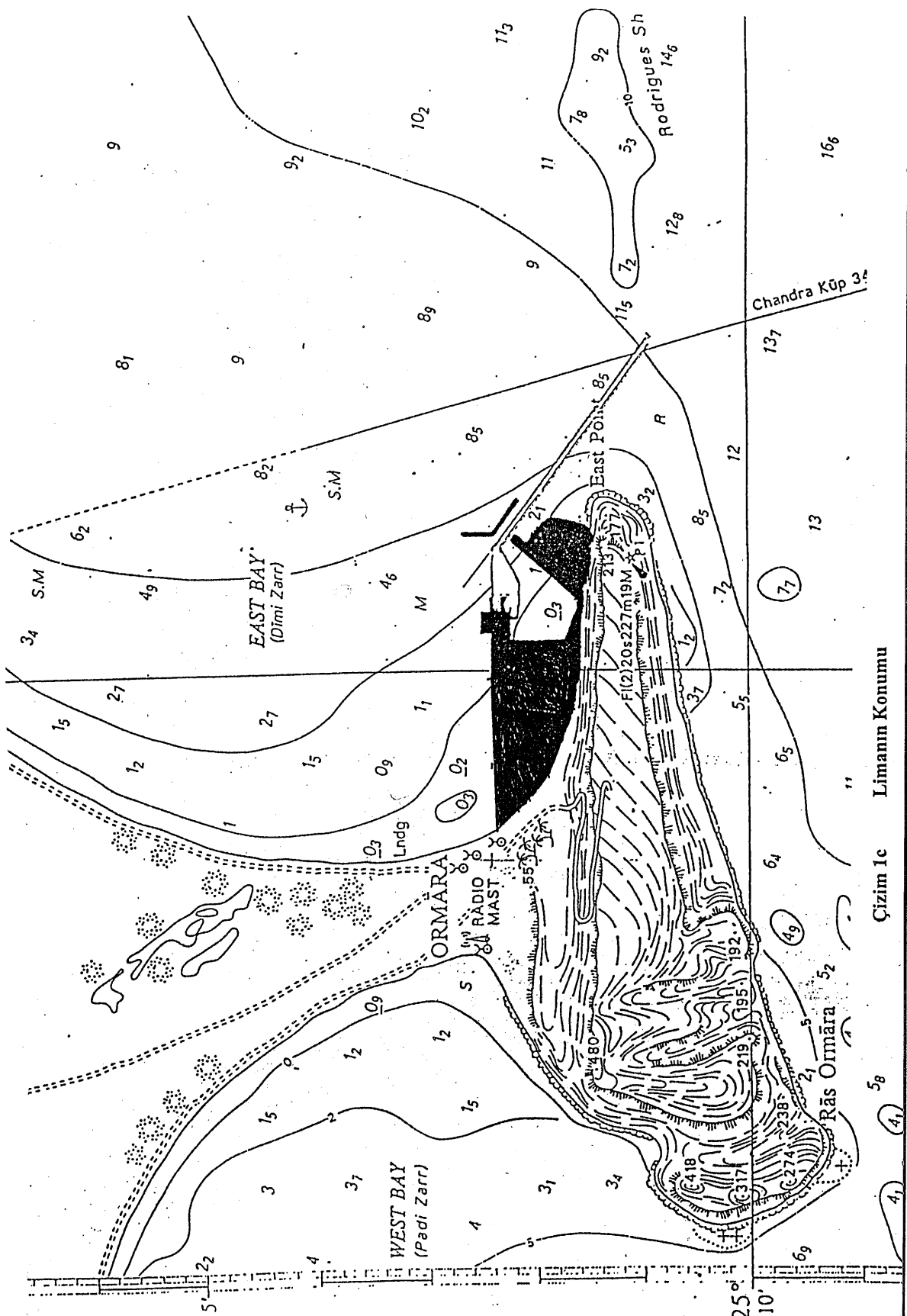


Cizim 1a Ormara'nın Umman Denizindeki Yeri

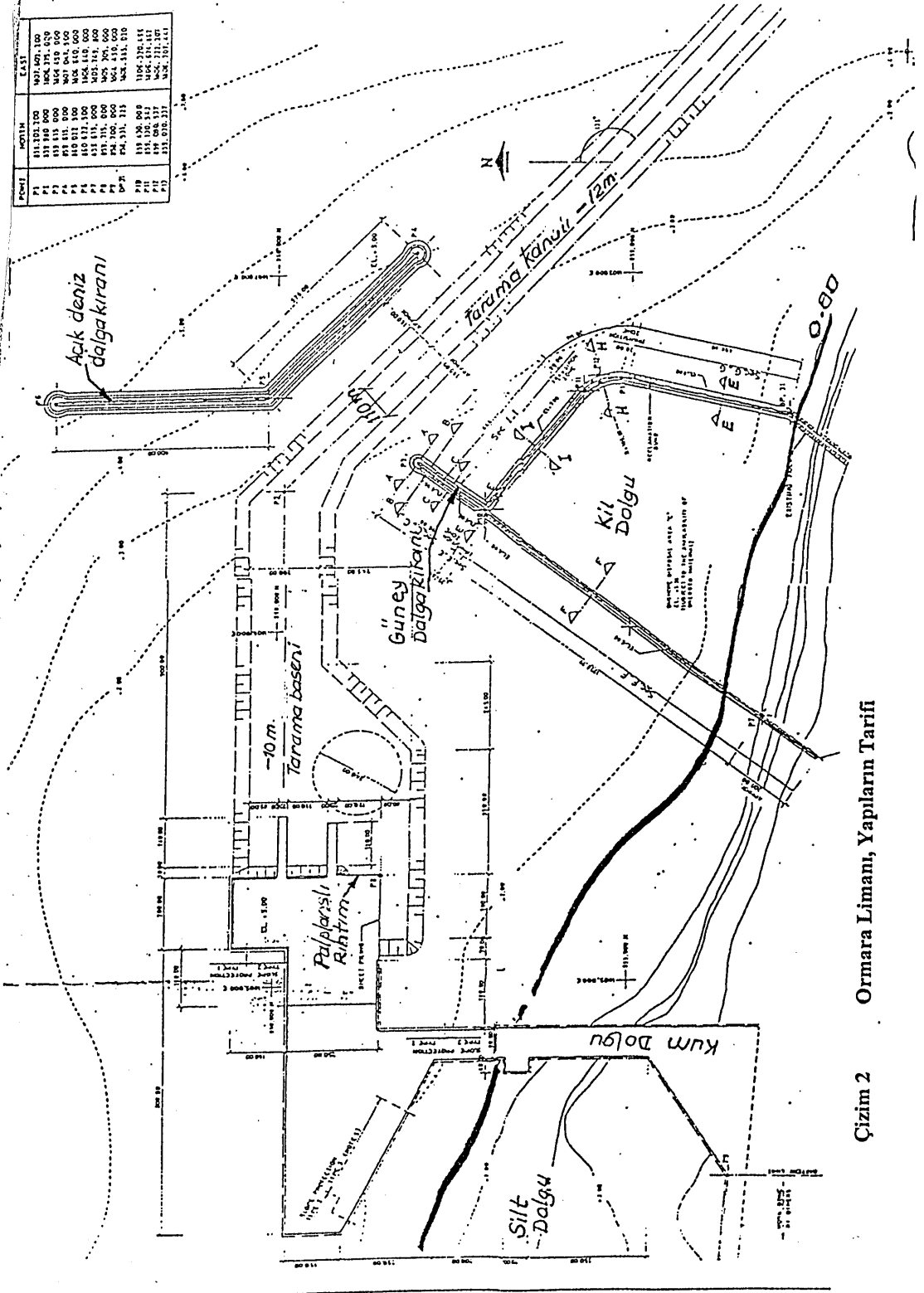


Cizim 1b Ormara

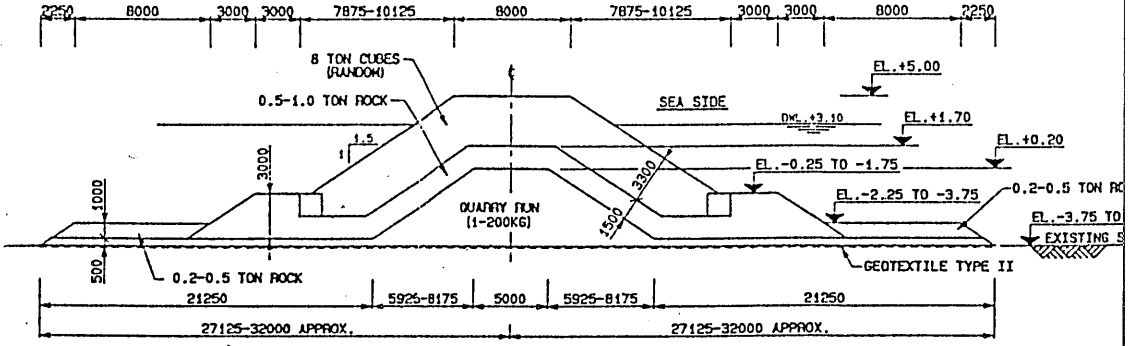




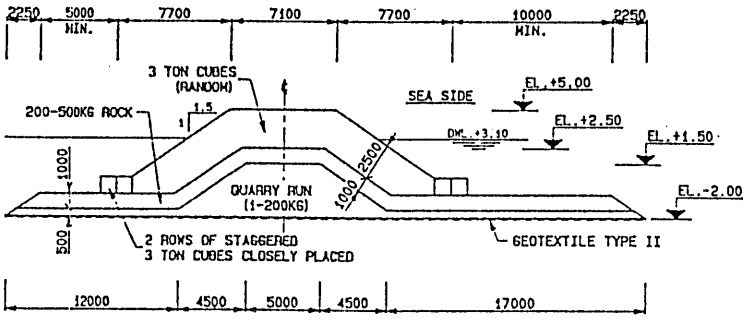
Çizim İc Limanın Konumu



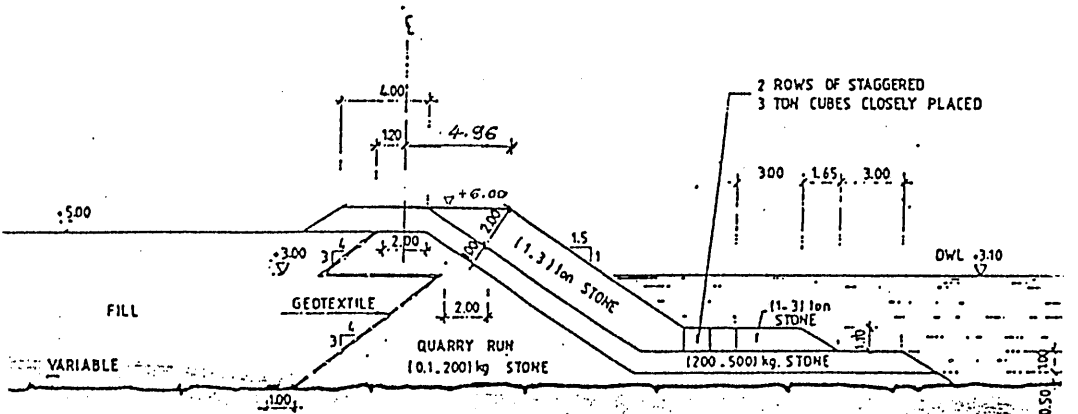
Çizim 2 Ormara Limanı, Yapıların Tarifi



Çizim 3 Açık Deniz Dalgakıranı Tipik Kesiti



Çizim 4 Güney Dalgakıranı Tipik Kesiti

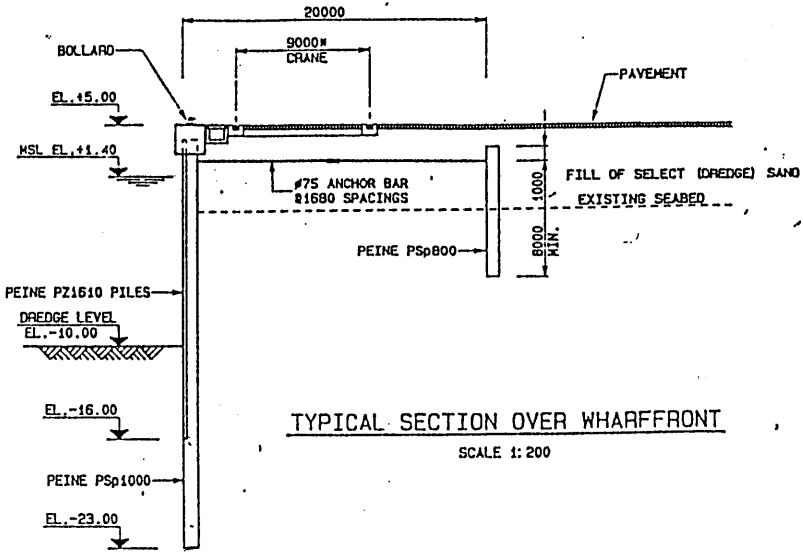


Çizim (5c) Kil Dolgu Alanı Taş Koruma Kesiti



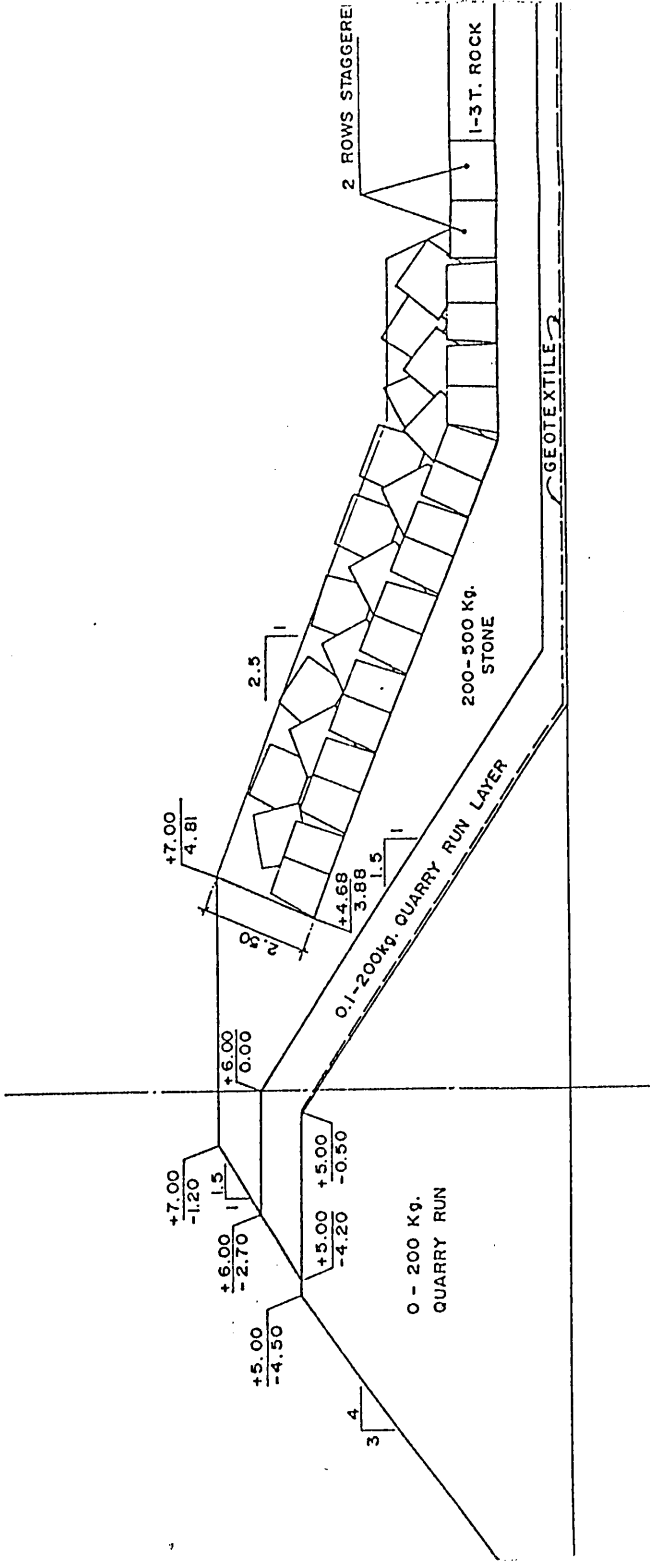






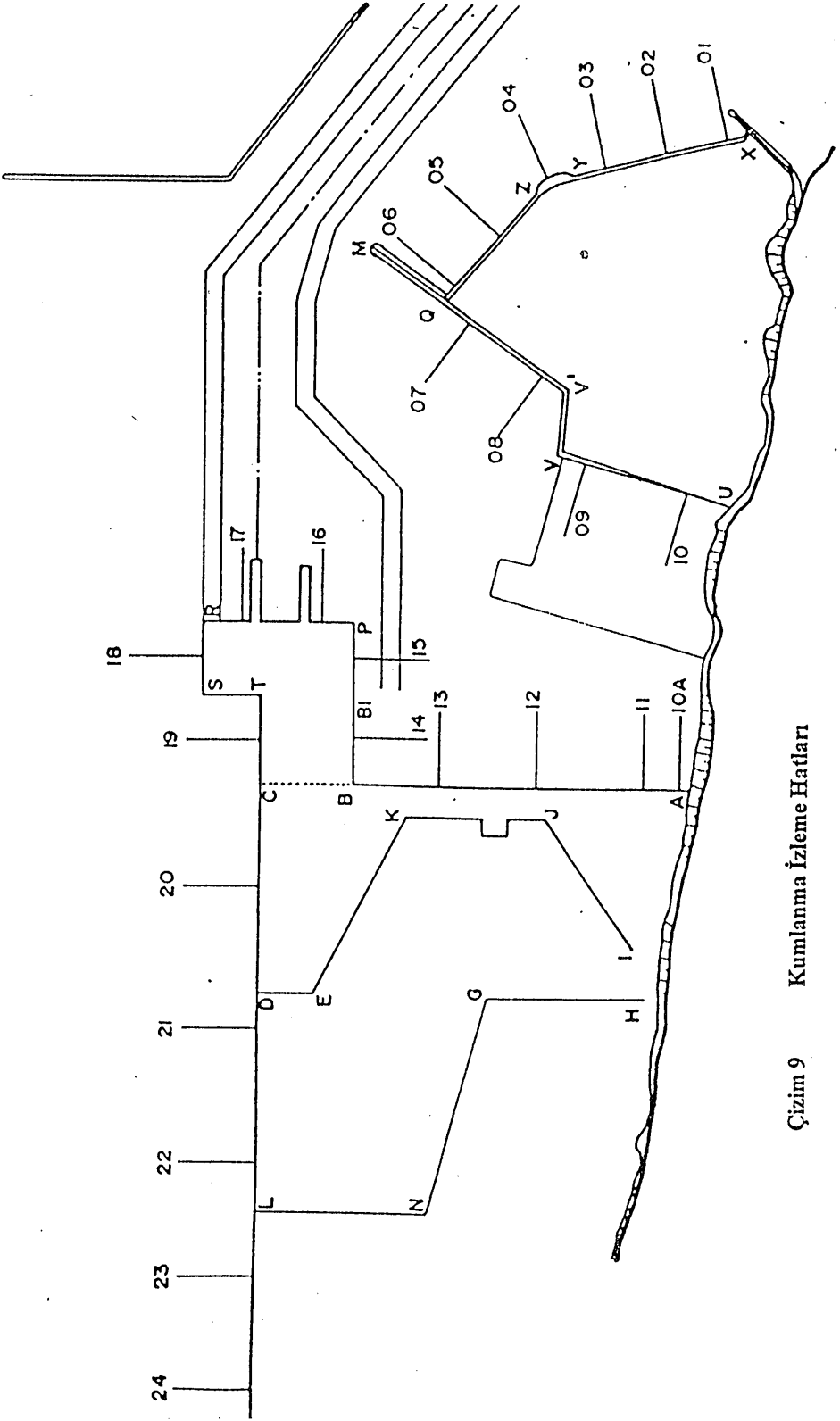
Çizim 7

Palplanşlı Rıhtım Kesiti

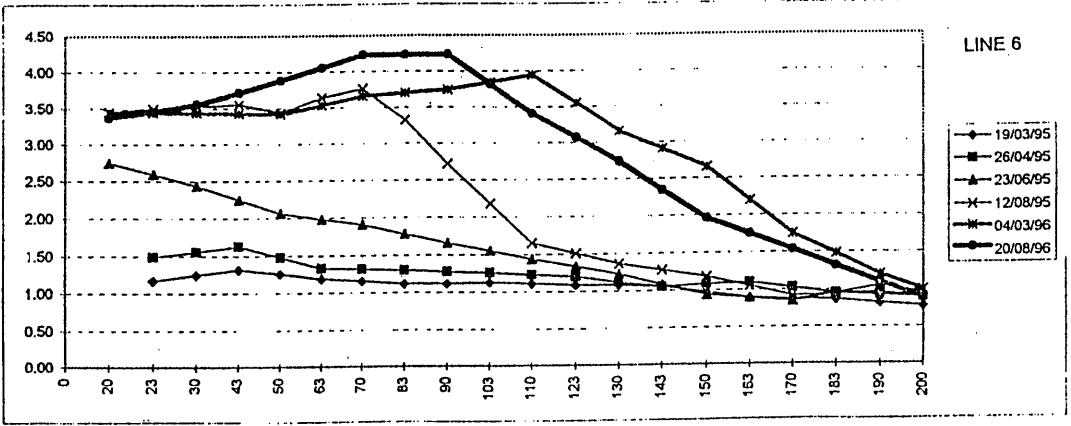
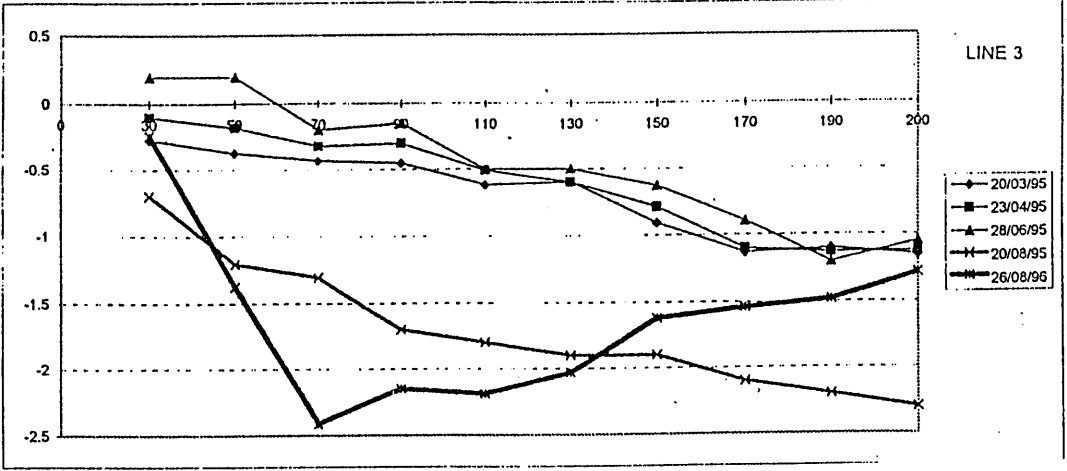


Çizim 8 Antifer Yerleştirme Şekli





Çizim 9 Kumlanma İzleme Hatları



Çizim 10 Kumlanma Ölçüm Sonuçları