

**KORUMA TABAKASINDA  
ANTİFER ve KÜP BLOKLAR KULLANILAN  
DALGAKIRANLAR DENGE DURUMLARININ 3 BOYUTLU  
MODEL DENEYLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Ayşen ERGİN, Ahmet Cevdet YALÇINER  
Bergüzar ÖZTUNALI, Aslı NUMANOĞLU, Cenk ARMAĞAN,  
ÇAĞLAR KAHYAĞLU, Hakan YÜNCÜ



## ÜLKEMİZDEKİ KAZIKLI KIYI YAPILARINDA KAZIK BAŞLIKLARININ RİJİTLİK BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Veli AKÇAOĞLU  
İnşaat Yüksek Mühendisi, İşletmeci  
İzmir, Türkiye

### ÖZET

Ülkemizde deniz ulaşımına hizmet veren kazıklı kıyı yapılarındaki statik sistemler birbirinden oldukça farklı özellikler taşımaktadır. Buna koşut olarak kazıklı kıyı yapıları için seçilen sistemlerin çözüm yöntemleri de birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu bildiride ülkemizde inşa edilen kazıklı kıyı yapıları, statik sistemleri bakımından bölümlere ayrılmış ve uygulanan çözüm yöntemleri anlatılarak çözümlerin statik sisteme uygunluğu değerlendirilmiştir.

### 1. GİRİŞ

#### 1.1. Amaç:

Kazık temelli kıyı yapılarında kazıkları gruplar halinde bir yerde toplayan ve üst yapıdan gelen yükleri kazıklara aktaran elemanlara kazık başlığı veya sadece başlık denir. Üst yapıdan gelen yüklerin başlıklar altındaki kazıklara dağıtılması probleminin çözümü, kazık sayısının fazla ve hiperstatiklik derecesini yüksek olması nedeniyle basitleştirici bazı kabullerin yapılmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu kabullerin en önemlisi, kazıkları birbirine bağlayan başlığın "rijit" sayılmasıdır. Yüklerin kazıklara dağıtılması amacıyla hazırlanmış bilgisayar yazılımlarının temel kabulü de budur. Başlıkların rijit sayılabilmesi için boyutları arasında nasıl bir oran bulunması gerektiği hakkında yazılımların herhangi bir ölçüt vermemesi, rijitliğin yorumunu projenin takdirine bırakmıştır. Birçok yapıda, yükler kazıklara dağıtılırken, başlıkların boyutları önemsenmemiş, boyutları ne olursa olsun başlıkların ve hatta tabliyenin "rijit" olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımın terk edilmesi ve statik sistemin, kazıklara yük dağılımı hesaplarının teorisindeki kabullere uygun şekilde seçilmesine özen gösterilmesi gerekmektedir.

## 2. KAZIKLI KIYI YAPILARIMIZDAKİ STATİK SİSTEMLER

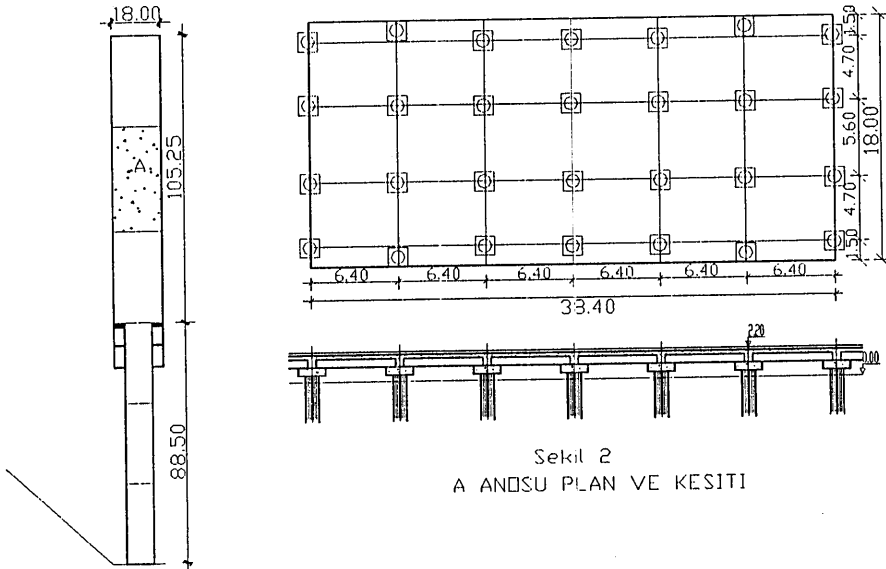
### 2.1 Düşey Kazıklı Kıyı Yapıları:

Ülkemizde inşa edilen kazıklı kıyı yapılarında genellikle betonarme çakma kazıklar kullanılmıştır. Üretim, taşıma ve şahmerdanla çakın aşamalarındaki sınırlayıcı etkenler betonarme kazık boylarının da sınırlı olmasına neden olmuştur. Ülkemizdeki kıyı yapılarında kullanılan betonarme kazıklar birkaç özel yapı dışında 30 m den daha uzun yapılmamıştır. Çelik boru kazık üretilmeyen yıllarda, taşıyıcı zemin katmanlarına 30 m lik betonarme kazıklarla ulaşamayan durumlarda, zorunlu olarak düşey burgulu kazıklar kullanılmıştır. Dikili, Kuşadası ve Fethiye iskeleleri düşey burgulu kazıklarla inşa edilmişlerdir.

İnşaatı geçen yıllarda bitirilmiş olan, 150000 DWT luk gemilerin yanaşabildiği Ereğli Demir Çelik Fabrikası boşaltma iskelesinde ise düşey çelik boru kazıklar kullanılmıştır.

### Fethiye İskelesi:

İnşaatına 1953 yılında başlanan Fethiye iskelesinde, taşıyıcı nitelikteki zeminin betonarme kazıklarla ulaşamayacak kadar derinde olması yüzünden düşey burgulu kazıklar kullanılmıştır. 100 cm çapındaki kazık gövdesinin ucunda 200 cm çapında bir burgu bulunmaktadır. Kazık zemine döndürülerek itilmektedir. Kazık ucu belirlenen



Sekil 1

Sekil 2  
A ANOSU PLAN VE KESİTİ

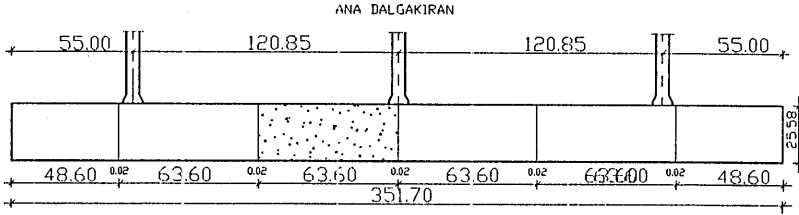
FETHİYE İSKELESİ GENEL DURUM PLANI

derinliğe ulaştıktan sonra, kazığı döndürmek için uygulanan moment istenen değere geldiğinde itme işlemine son verilmektedir. Fethiye iskelesinin genel durum planı, başlık yerleşim düzeni ve bir anoya ait boyuna kesit şekil 1 ve 2 de görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi her başlık altında bir adet kazık bulunmaktadır. Enine ve boyuna sürekli kirişlerle döşemelerden oluşan üst yapı başlıklara mafsallı olarak bağlanmıştır. Üst yapıdan başlıklara moment gelmemektedir. Kazıklara gelen düşey yükler kirişlerin mesnet reaksiyonlarından bulunmaktadır.

Sistemin yanal yüklere göre hesabında ise tabliye, düşey kazıklar yanal yüklerden dolayı eksenel yük almadığından, rijit kabul edilebilir. Bu durumda, kazık malzemesinin elastik özellikleri ve zemin değişkenleri göz önünde tutularak sistemin hesabı bilinen yöntemlerle yapılabilir.

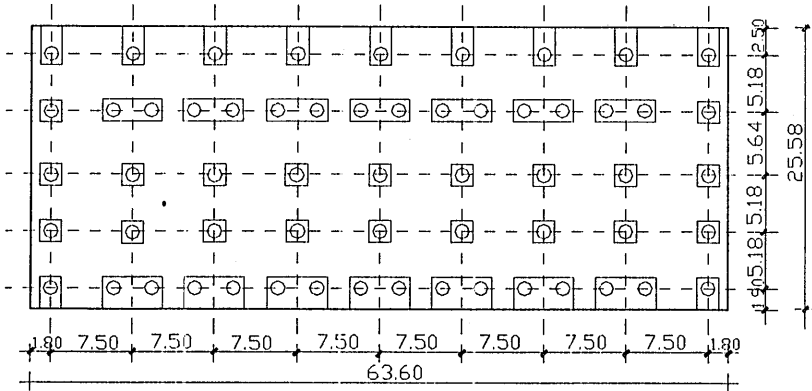
### Ereğli D.Ç. Fabrikası Boşaltma İskelesi:

Ereğli Demir Çelik Fabrikası boşaltma iskelesine ait genel durum planı, bir anoya ait başlık ve kazık yerleşim planı ile bu anonun enine kesiti şekil 3, 4 ve 5 te görülmektedir. Şekillerin incelemesinden de anlaşılacağı gibi sistem Fethiye iskelesi ile tam bir benzerlik göstermektedir. Kazıklar 128 cm çapında ve 16 mm et kalınlığında çelik borulardan yapılmıştır.



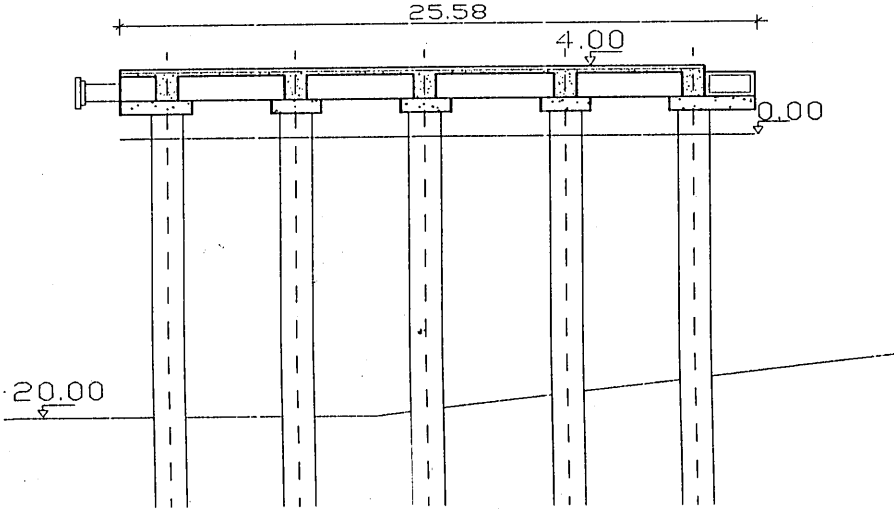
Şekil 3

EREĞLİ DEMİR ÇELİK FABRİKASI BOŞALTIMA İSKELESİ



Şekil 4

EREĞLİ DEMİR ÇELİK FABRİKASI BOŞALTIMA İSKELESİ ANA DALGAKIRAN BAŞLIK PLANI



Şekil 5

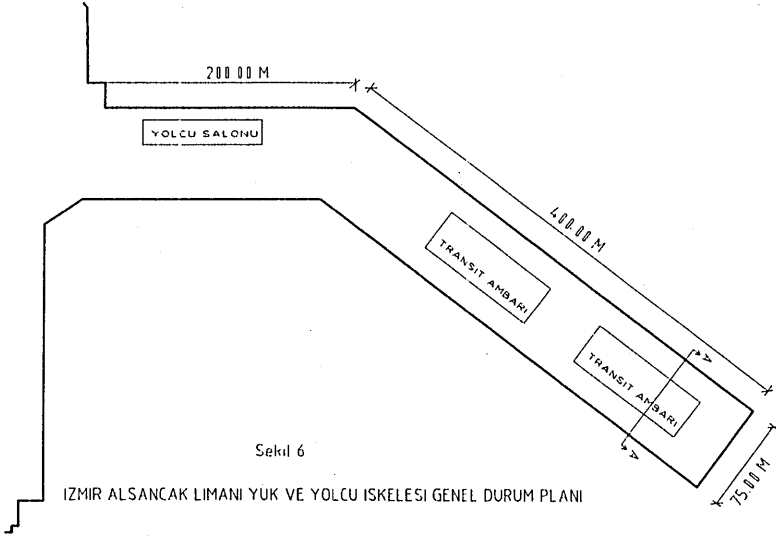
## EREGLİ D. C. FABRİKASI BÖSALTMA İSKELESİ KESİTİ

Düşey kazıklı kıyı yapılarında kazıklar enine ve boyuna doğrultudaki kirişlerin kesişme yerlerinde bulunduğundan ve yanıl kuvvetlerden dolayı düşey doğrultuda reaksiyon oluşmadığından, üst yapıya ister ankastre ister mafsallı olarak bağlanmış olsun, tabliyeler yanıl kuvvetlere göre rijit kabul edilebilir. Bu sistemlerin hesabı kazık malzemesi ve zemin değişkenleri göz önünde tutularak bilinen yöntemlerle hesaplanabilir. Sistemin deprem, rüzgar, baba çekişi ve gemi yanaşma yükleri gibi etkileri taşıyabildiği hesaplarla gösterilmelidir.

**2.2 Düşey Ve Çatal Kazıklı Kıyı Yapıları:**

Bu tip yapılarının ülkemizdeki tek örneği İzmir Alsancak yük ve yolcu iskelesidir. 1954 yılında inşaatına başlanan bu iskelenin genel durum planı ve transit ambarlarının bulunduğu yerden alınan bir enkesiti şekil 6 ve 7 de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sistem kirişsiz döşeme olarak çözülmüştür. Hareketli yüklerin bulunduğu yerlerde döşeme kalınlığı artırılmıştır. Yanıl yükler çatal kazıklar tarafından alınmaktadır. Çatal kazıkları birbirine bağlayan başlık döşemeye mafsallı olarak bağlanmıştır.

Çatal kazıklar döşemeye mafsallı olarak bağlandığından döşeme yanıl yüklerle göre rijit kabul edilebilir. Düşey ve çatal kazıklara gelen bütün yükler bilinen hesap yöntemleri ile çözülebilir.

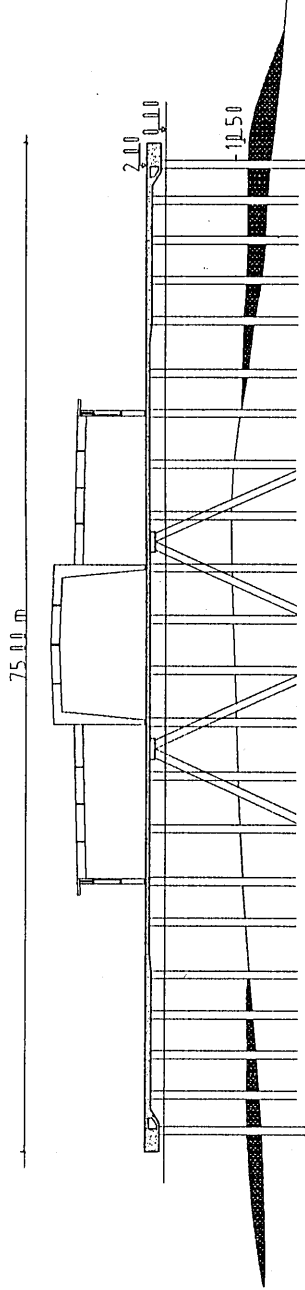


### 2.3 Başlıkları Üst Yapıya Mafsalla Bağlı Eğik Kazıklı Kıyı Yapıları:

Ülkemizde 1940 lı yılların ortalarından başlayarak 1980 li yılların başlarına kadar inşa edilen bütün iskelelerde uygulanan bu sistemde üst yapı enine ve boyuna doğrultudaki sürekli kirişlerle döşemelerden oluşmaktadır. Üst yapı üç, dört veya beş kazığı birbirine bağlayan başlıklara mafsallı olarak bağlanmaktadır. Başlıklara gelen düşey yük kirişlerin mesnet reaksiyonlarından oluşmakta, yanıl yükler ise başlık üstündeki mafsallar tarafından alınarak başlık aracılığı ile kazıklara aktarılmaktadır.

#### **Yeni Tekirdağ İskelesi:**

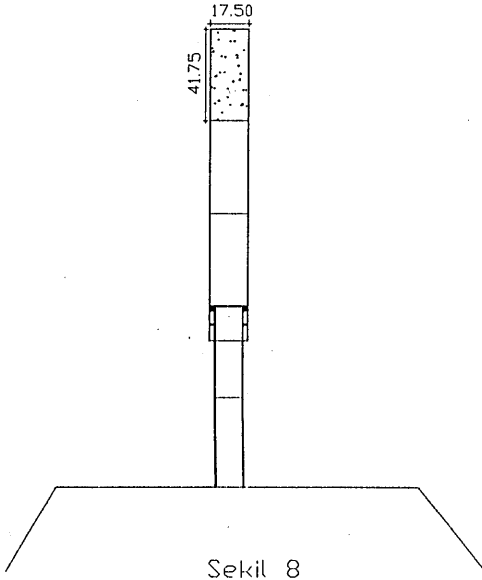
1969 yılında ihale edilerek 1973 yılında tamamlanan yeni Tekirdağ iskelesinde uygulanan statik sistem, daha önceki yıllarda tamamlanmış olan Mürefte, Şarköy, Çanakkale, Güllük ve Marmaris iskelelerinde de uygulanmış bulunan ortak sistemin tipik bir örneğidir. Yeni Tekirdağ iskelesinin genel durum planı, başlık ve kazık yerleşim planı ile başlıkların plan ve kesitleri şekil 8, 9 ve 10 da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yanaşma kısmında ano boyutları 17.50×41.75 m dir. Başlıklar 2.00×2.00×0.60 m boyutlarında olup dış sıradakiler dört, iç sıradakiler ise beş kazığı birbirine bağlamaktadır. Üst yapının enine ve boyuna doğrultulardaki sürekli kirişleri başlıklar üzerinde kesişmekte ve üst yapı başlığa mafsallı olarak bağlı bulunmaktadır.



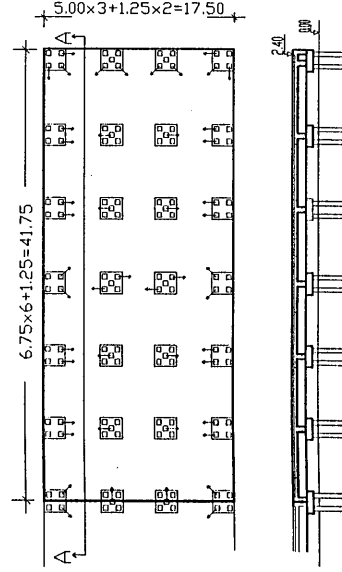
Sekil 7

IZMIR ALSANCAK LIMANI RIHTIMI A-A ENKESİTİ





Sekil 8  
TEKIRDAG ISKELESİ  
GENEL DURUM PLANI.

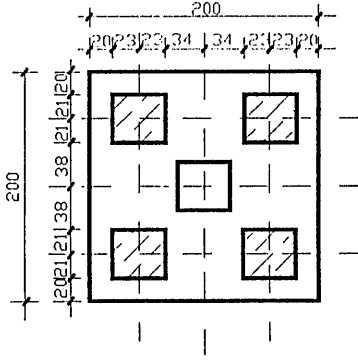


Sekil 9  
TEKIRDAG ISKELESİ  
AND PLANI VE A-A KESİTİ.

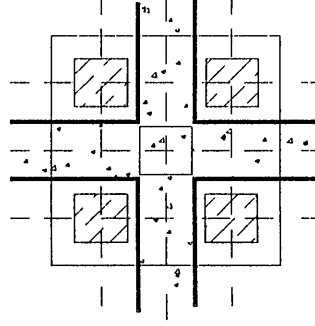
Gemi yanaşma yükü hesapla bulunmamış, yanaşma yükü olarak ano boyunca 3 ton/m lik düzgün yayılı yük alınmıştır. Üst yapı geleneksel yöntemlerle hesaplanmıştır. Ancak üst yapıdan kazıklara gelen yükler hesaplanırken, herhangi bir dayanağı olmaksızın, düşey kazıkların düşey yükten bir pay, eğik kazıkların ise yarım pay aldıkları kabul edilmiştir. Kazıklarda yalnızca basınç kuvvetleri hesaplanmış, çekme kuvvetlerinin büyüklüğü kontrol edilmemiştir. Yanal yükler başlıklara üst yapının yanal yüklerle göre rijit olduğu kabulüne göre dağıtılmıştır. Üst yapı başlıklara mafsallı olarak bağlı ve başlıklarda oluşan reaksiyonlar yatay doğrultuda olduğundan bu kabulün gerçekçi olduğu söylenebilir.

Kazıklara yük dağıtımını sırasında başlıkların rijit olduğu kabul edilmiştir. 2.00x2.00x0.60 m boyutlarındaki bir betonarme elemanın rijit olduğunu kabul etmek gerçekçi olmamakla beraber, başlık üstündeki kirişler başlığın deformasyon yapmasını engellediğinden bu kabulün basınç alan kazıkları bağlayan başlıklar için doğru olduğu kabul edilebilir. Ancak çekme alan kazıkların bulunduğu başlıklarda başlığın deformasyonunu engelleyen bir etken bulunmadığından rijitlik kabulü geçerliliğini kaybeder.

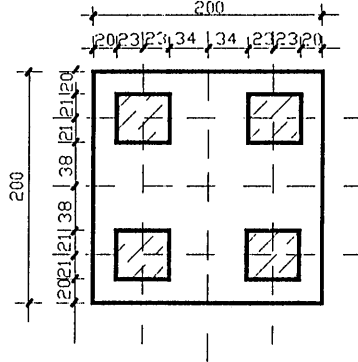
Sistemi statik bakımdan belirli hale getirmenin en uygun yolu başlık boyutlarının artırılması yoluyla rijitliğin sağlanmasıdır.



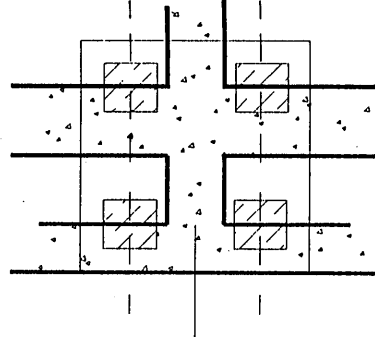
ORTA BASLIKLARDA  
KAZIK YERLESİM PLANI



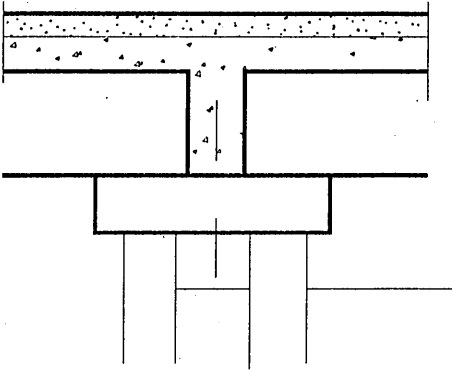
ORTA BASLIKLARDA  
KIRIS PLANI



KENAR BASLIKLARDA  
KAZIK YERLESİM PLANI



KENAR BASLIKLARDA  
KIRIS PLANI



ORTA BASLIK UZERINDEN BIR KESIT

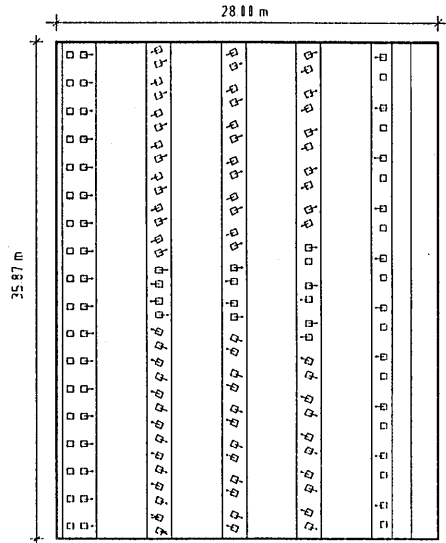
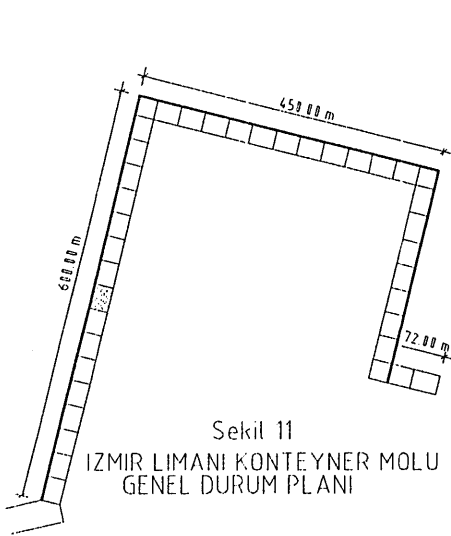
Sekil 10

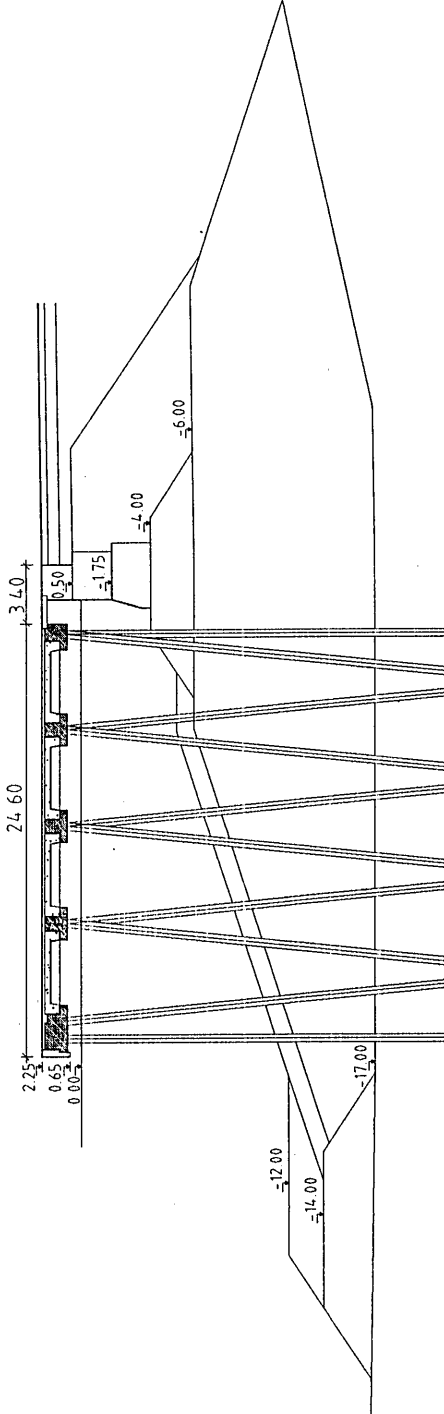
### 2.3 Başlıkları Üst Yapıya Ankastre Bağlı Eğik Kazıklı Kıyı Yapıları :

1980 li yılların başlarından beri kazık temelli kıyı yapılarının hemen hepsinde uygulanan bu sistemde tekil başlıklar terkedilmiş ve başlık rıhtım anosunun enine veya boyuna doğrultusunda sürekli hale getirilmiştir. Başlıklara dik doğrultudaki sürekli kirişler başlıklara ankastre olarak bağlanmıştır. Döşemeler, daha çok, prekast elemanlardan oluşmaktadır. Prekast elemanların başlıklara dik doğrultudaki kirişleri başlık üzerinde birbirlerine ankastre olarak bağlanarak sürekli kiriş olarak çalıştırılmaktadır. İzmir limanı konteyner molü rıhtımları bu sistemin tipik bir örneğidir.

#### Yeni İzmir Limanı Rıhtımları:

Yeni İzmir Limanı rıhtımları 1978 yılında ihale edilmiş ve daha sonra birbirini izleyen ihalelerle 1993 yılında bugünkü durumuna getirilmiştir. Limanın tamamlanması için ihale hazırlıkları sürdürülmektedir. İzmir Limanı konteyner molü rıhtımlarının genel durum planı, bir anodaki başlık ve kazık planı ile bu anoya ait enine kesit şekil 11, 12 ve 13 de gösterilmiştir. Kazıkların çakım işlemi ardından ano boyunca tek parçadan oluşan başlığın 0.50 m kalınlığındaki alt bölümü dökülmekte ve bunun üzerine prekast döşeme elemanları yerleştirilmektedir. Döşeme elemanlarının rıhtım yüzüne dik kirişlerinden çıkarılan demirler başlığın üst bölümüne saplanmakta ve paralel beş sıradan oluşan başlık sistemi birbirine bu kirişlerle bağlanmaktadır.





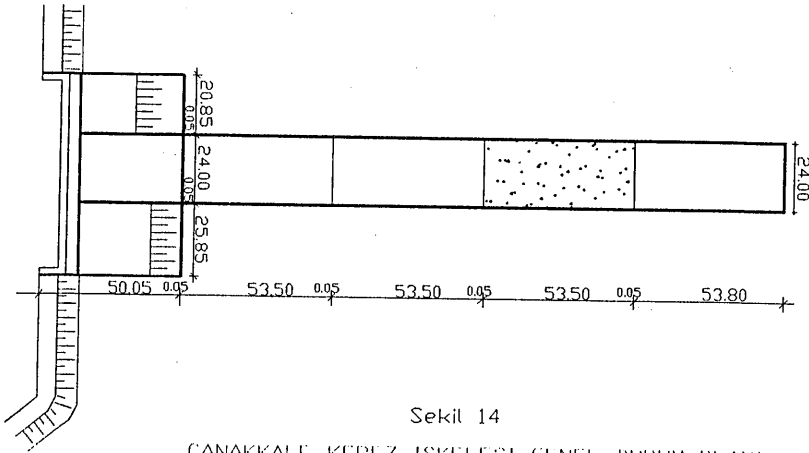
SEKIL 13

IZMIR LIMANI KONTEYNER MOLÜNE AIT BİR ANONUN ENINE KESİTİ

Üst yapıdan gelen düşey yükler sürekli kirişler aracılığı ile başlıklara mesnet reaksiyonu olarak geçmektedir. Yanal yüklerin sistemdeki kazıklara dağıtılması sırasında ise sürekli kirişlerin elastik yöntemle hesaplandığı unutulurak bütün tabliyenin rijit olduğu varsayılmaktadır. Başlıklara mafsallı olarak bağlı olan tabliyelerle sadece düşey kazıklar üzerine dayanan tabliyelerin yanal yüklerle göre rijit olduğunun kabul edilmesi mümkün ise de üst yapının başlıklara ankastre olarak bağlı bulunduğu sistemlerde bu kabulün yapılması mümkün görülmemektedir. Çünkü, her ne kadar yük sisteme yanal olarak etkiyorsa da reaksiyonlar kazık eksenleri doğrultusunda, yani tabliyeye eğik veya dik doğrultuda etki etmektedir. Üst yapıyı eğik veya düşey doğrultuda etkileyen kuvvetler sistemde düşey doğrultuda elastik şekil değişikliklerine sebep olmaktadır.

Başlıkları üst yapıya ankastre bağlı eğik kazıklı kıyı yapılarında statik sistem ile çözüm yöntemi birbiri ile uyumlu değildir. Üst yapı, kirişlerle döşemelerin düşey yüklerle göre hesabı yapılırken elastik kabul edilmekte, hiçbir kanıtı olmadığı halde yatay kuvvetlere göre rijit kabul edilmektedir. Sürekli kirişlerin, hesaplarda yapılan kabul gereği, başlıklara mafsalla bağlı olması gerekirken ankastre olarak bağlanması ise üzerinde ayrıca durulması gereken bir husustur. Çünkü başlıkların dönmeye karşı direnç göstermesi halinde hem kazıklara ek yükler gelmekte hem de sürekli kiriş hesapları doğruluktan uzaklaşmaktadır. Başlıkları üst yapıya ankastre olarak bağlı eğik kazıklı kıyı yapılarında üst yapının yanal yüklerle göre rijit sayılması hatalı bir kabuldür. Bu kabul ancak, yanal yüklerle karşı doğacak reaksiyonların, yine yanal doğrultuda oluşması halinde doğru olabilir. Bilindiği gibi bu sistemlerde yanal yükler eğik kazıklar tarafından alınmakta ve reaksiyonlar kazık eksenleri doğrultusunda oluşmaktadır. Kazık eksenleri doğrultusunda oluşan reaksiyonlar da üst yapıyı değişik doğrultularda etkilemektedir. Kalınlığı ile uzunluğu arasındaki oran 1/20 ile 1/30 arasında değişen bir tabliyenin, bir ucuna etkiyen kuvveti, 30 veya 50 metre uzaktaki bir noktaya aktarması gerçekte de olanaklı değildir. Elastik teoriye göre çözülen çok açıklıklı sürekli kirişlerde, ilk açıklıktaki etkilerin üçüncü açıklıkta yüzde doksana varan oranda azaldığı da göz önünde tutulursa, elastik teoriye göre hesaplanmış olan tabliyenin, kazıklara yük dağıtımını yapılırken rijit olduğunu varsaymak gerçekçi olmaktan oldukça uzaktır.

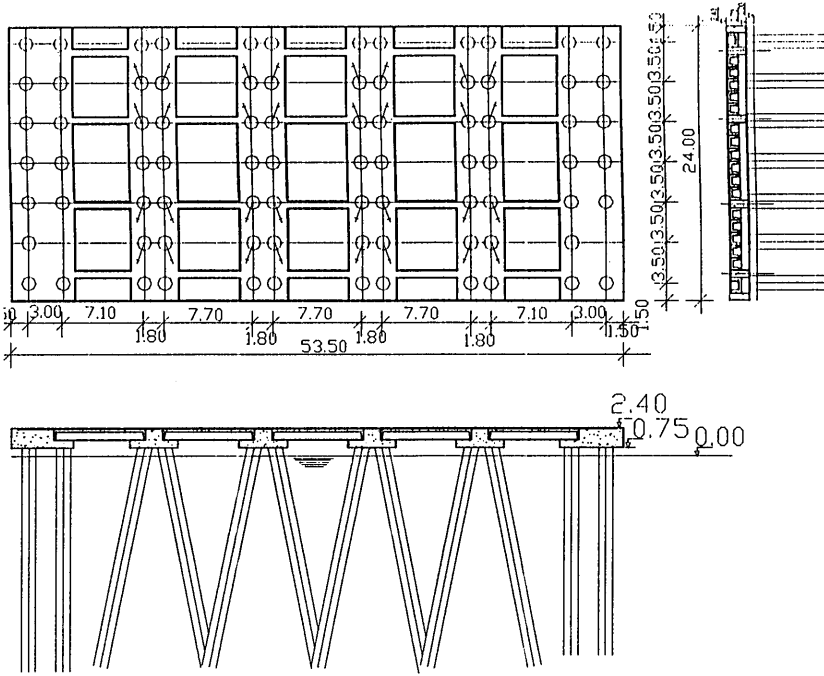
### Çanakkale Kepez İskelesi:



Sekil 14

ÇANAKKALE KEPEZ İSKELESİ GENEL DURUM PLANI

1994 yılında ihale edilen ve inşaatı sürmekte olan Çanakkale Kepez iskelesinin genel durum planı, bir anosuna ait başlık ve kazık yerleşim planı ile bu anonun enine ve boyuna kesitleri şekil 14 ve 15 te gösterilmiştir. Ano altında enine doğrultuda teşkil edilmiş olan başlıkların 0.75 m kalınlığındaki alt kısmı kazıkların çakılması ardından oluşturulmakta ve daha sonra boyuna doğrultudaki kirişler dökülmektedir. Prekast elemanların boyuna doğrultudaki kiriş demirleri başlığın üst bölümüne saplanarak bu kirişlerin sürekliliği sağlanmaktadır. Bu işlemlerden sonra başlığın üst bölümü ve aşınma tabakaları dökülerek üst yapı tamamlanmaktadır. Yeni İzmir limanı rıhtımları için söylenen hususlar bu yapı için de geçerlidir. Kuşadası yeni iskelesi, Yükyeri iskelesi, Ayvalık vapur iskelesi, Nemrut koyundaki iskelelerin bir kısmı benzer statik sistem kullanılarak inşa edilmiştir.



SEKIL 15

ÇANAKKALE KEPEZ ISKELESİ ANO PLANI VE KESİTLERİ

### 3. SONUÇ

Bu mantıksal değerlendirmelerin ışığı altında, kazıklı kıyı yapılarında uygulanan statik sistemlerin ciddi bir şekilde gözden geçirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Özellikle 1980 yılından sonra yaygın olarak uygulanmış olan "başlıkları üst yapıya ankastre bağlı eğik kazıklı kıyı yapıları"ndaki statik sistemin, yüklerin kazıklara dağılımı hesaplarında kullanılan teorinin temel kabullerine uygun hale getirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur.