

DALGAKIRANLARIN LİMAN TARAFINDAKİ ŞEVLERİ ÜSTÜNE SU İÇİNDE BETON DÖKEREK RIHTIM YAPIMI

Veli AKÇAOĞLU

İnşaat Yüksek Mühendisi, İşletmeci
2030 Sokak No: 8/2 Atakent 35540 İzmir, Türkiye

ÖZET

Su içinde beton dökerek rıhtım yapılmasının geleneksel biçimi yanında bazı acele ve kaçınılmaz durumlarda taş dolgu şevler veya dalgakıran şevleri üzerine de aynı yöntemle rıhtım yapımı gerekli olabilir. Ancak taş dolgu veya dalgakıran şevleri üzerine su içinde beton dökerek rıhtım yapımı, sistemin dengesi hakkında yoğun kuşku duyulduğundan yaygınlaşmamıştır. Yeterli önkoşulların sağlanması durumunda taş dolgu şevler üzerine de istenen güvenlik sayılarını sağlayacak su içi betonlu rıhtım yapımı gerçekleştirilebilir.

1. GİRİŞ

Ağır beton blokların elleçlenmesi için gereksinim duyulan makine parkının çok pahalı olması, özellikle dört metreye kadar veya en fazla beş metre derinliğindeki rıhtımların su içi betonla yapılmasının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Her ne kadar su içi betonla rıhtım yapma yönteminin birtakım sakıncaları varsa da korunaklı liman sahaları içinde ucuz işçilik ve teçhizatla yapılabilmesi yüzünden tercih edilen bir uygulama olmaya devam etmektedir. Yine de rıhtım altı temelini kazılması, ardından temel tabakası taşlarının dökülmesi ve dalgıçlar tarafından düzeltilmesi yoğun ve kaliteli işçilik gerektirmektedir. Tesis işletmeye açıldıktan yıllar sonra ihtiyaç duyulan rıhtımların yapımında taş ocağı sağlanması, patlayıcı madde ruhsatı çıkarılması ve patlayıcı madde ile ilgili mevzuatın gereklerinin yerine getirilmesi, aşılması zor engeller ortaya çıkarmaktadır. Bu külfetlerden kurtulmak için tek çare rıhtımları, hiçbir ön çalışma yapmadan, doğrudan dalgakıran şevleri üzerine su içi betonla teşkil etmektir. Belirli kurallara göre oluşturulduğu varsayılan dalgakıran kaplama tabakaları, taşıma gücü bakımından en az, büyük emeklerle gerçekleştirilen taş dolgu temel tabakası kadar güvenli bir yüzeydir. Dalgakıran şevleri üzerine su içinde beton dökerek rıhtım yapımı birkaç uygulama ile sınırlı kalmış, “güvenilirliği ispat edilinceye kadar”, bu yapım yönteminin uygulanması sakıncalı görülmemiştir.

2. AMAÇ

Bu bildirinin amacı dalgakıran şevleri üzerine su içi betonla yapılacak çeşitli derinlikteki rıhtımların kolayca vazgeçilebilecek bir uygulama olmaması gerektiğini, bazı ön koşulların gerçekleştirilmesi halinde su içinde beton dökülerek yapılmış geleneksel rıhtımlar kadar güvenilir olduğunu göstermek ve konunun tartışmaya açılmasını sağlamaktır.

3. RIHTIM

Rıhtımlar, deniz araçlarının yanaşıp bağlanmaları, yük alıp boşaltmaları ve yolcu indirip bindirmeleri için kullanılan liman yapılarıdır. İskelelerden farklı olarak genellikle kıyıya veya dalgakırana paralel olarak inşa edilir. Derinlikleri, yanaşacak deniz aracının kestiği su derinliğine bağlı olarak geniş bir aralıkta değişir. Sağlam zeminlerin bulunduğu bölgelerde dolu gövdeli olarak, taşıma gücü yüksek zemin tabakalarının derinlerde olduğu bölgelerde ise kazık temelli olarak inşa edilirler. Dolu gövdeli rıhtımlar çelik veya betonarme palplanşlarla, kesonlarla, beton bloklarla ve su içinde beton dökülerek inşa edilir. Derin dolu gövdeli rıhtımlar genellikle palplanş, keson, ve beton bloklarla yapılırken, sıg dolu gövdeli rıhtımlar yaygın olarak beton bloklarla ve su içinde beton dökülerek inşa edilmektedir. Tekirdağ ve Yalıkavak (Bodrum) balıkçı barınaklarında olduğu gibi seyrek olarak bazı sıg dolu gövdeli rıhtımların yapımında dipsiz betonarme kesonlar kullanılmıştır.

Taş dolgu dalgakıranların şevleri üzerine su içinde beton dökülerek rıhtım yapımı yönteminin diğer yöntemlerle daha iyi karşılaştırılmasına yardım edeceği düşünülerek beton bloklarla ve su içinde beton dökülerek oluşturulan geleneksel rıhtımların yapımı ve hesap yöntemi aşağıda kısaca anlatılmıştır.

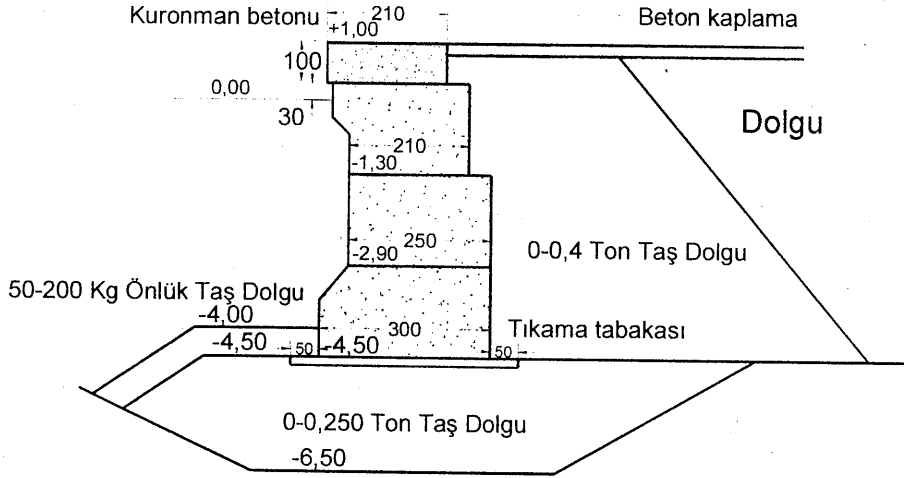
3.1. Beton Bloklü Rıhtımlar

Beton bloklarla rıhtım yapım yöntemi, beton kalitesi denetlenebildiği ve rıhtım derinliğinin değişmezliği kolayca sağlandığı için, her derinlikteki rıhtım yapımında yaygın olarak uygulanmıştır. Beton bloklar çoğunlukla çelik kalıp kullanılarak üretilmekte ve elde mevcut kaldırma makinelerinin kapasitesi göz önünde tutularak boyutlandırılmaktadır. Kesiti Şekil 1 de görülen beton bloklü bir rıhtımın yapım aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

- a) Rıhtım temelini taranması
- b) Açılan rıhtım temelini taşla doldurulması
- c) Rıhtım temeli üstünün düzeltilmesi
- d) Tıkama tabakası yapılması
- e) Beton blokların yerleştirilmesi
- f) Rıhtım kuronmanının, baba halka ve ankraj tertibatının yapımı
- g) Rıhtım arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı

Yukarıda sıralanan yapım aşamalarının incelenmesinden de anlaşılacağı gibi beton bloklü bir rıhtımın oluşturulmasında yüzer tarama araçlarına, taranan malzemeyi uzaklaştırmak için çamur dubalarına, taş dolgu temeli oluşturmak için taş dubalarına, çekici römorkörlere ve denizci personele gereksinim duyulmaktadır. Şayet beton bloklü rıhtım tevsiat programı içinde yapıyorsa, yeniden kurulacak bir taş ocağı ve beton şantiyesi yanında ağır kaldırma makinelerine de gereksinim duyulacaktır. Bir liman

inşaatının sıradan elemanları olan bu şantiye tesisleri ve teçhizat, sınırlı büyüklüğü olan bir rıhtım tevsiyatı işi için yıkıcı masraflar yapılmasını gerektiren yatırımlardır.



Şekil 1

-4,00 m LİK BETON BLOKLU RIHTIM KESİTİ

Geleneksel beton blokluluk bir rıhtımın stabilitesi, rıhtım arkasındaki dolgunun aktif etkisi, blokların, kuronmanın ve diğer üst yapı elemanlarının zati ağırlıkları, hareketli yükler, deprem kuvveti ve baba çekme kuvvetleri göz önünde tutularak hesaplanır. Beton blokların her seviyedeki devrilme ve kayma emniyeti kontrol edilir. Olağan durumlarda devrilme emniyetinin 1,5, kayma emniyetinin ise 1,2 olması yeterli görülmektedir. En alttaki blok tabanında bileşke kuvvetin çekirdek içinde kalıp kalmadığı, taş dolgu tabakasında ve taş dolgu altındaki zeminde emniyet gerilmelerinin aşılmış aşılmadığı incelenir. Emniyet sınırları içinde kalındığı anlaşıldıktan sonra toptan göçme olup olmadığı araştırılır Sistem toptan göçmeye karşı da yeterli güvenliği gösteriyorsa projenin uygulamasına geçilebilir.

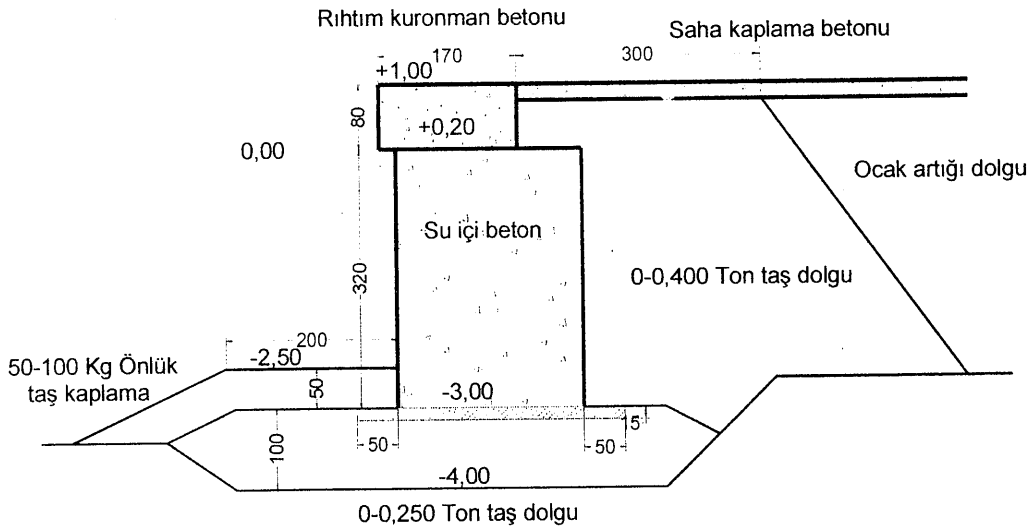
Ekonomik nedenlerle rıhtım genişliği mümkün olduğunca dar tutulmağa çalışıldığından, düşey kuvvetlere göre oldukça emniyetli olan sistemde, yatay kuvvetlerin etkisi ile rıhtım ön topuğu altındaki zemin emniyet gerilmeleri genellikle sınır değerler zorlanarak sağlanmaktadır.

3.2. Su İçinde Beton Dökülerek Yapılan Rıhtımlar

Beton kalitesinin denetimindeki yetersizlikler nedeniyle uygulanmasından mümkün olduğunca kaçınılan su içinde beton dökerek rıhtım yapımı yöntemi, beton blokların üretimi için yeterli saha bulunmaması, yapılacak rıhtım boyunun kısa olması, kaldırma araçlarının büyük masraflar gerektirmesi gibi bazı durumlarda kaçınılmaz bir çare olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntem, beton blokluluk yöntemden farklı olarak, beton blok kalıplarının kurulması, imal edilen blokların istife konması, nakledilmesi ve yerlerine yerleştirilmesi için ağır kaldırma makinelerine gereksinim göstermez. Ancak temel kazılması ile ilgili işlemler bu tip rıhtım çalışmalarının da kaçınılmaz bir adımıdır. Beton

bloklı rıhtım yapımında blokların çok düzgün bir yüzeye oturması gerekirken, su içi betonla rıhtım yapımında yüzeyin düzgünlüğü beton bloklı sistemdeki kadar önemli değildir. Su içinde beton dökülerek yapılacak bir rıhtımdaki yapım aşamaları aşağıda sıralanmıştır. Görüldüğü gibi iki yapım yöntemi arasındaki farklılık sadece (e) aşamasında ortaya çıkmaktadır.

- Rıhtım temelının taranması
- Açılan rıhtım temelının taşla doldurulması
- Rıhtım temeli üstünün düzeltilmesi
- Tıkama tabakası yapılması (isteğe bağlı)
- Kalıpların yerleştirilmesi, su içinde beton dökülmesi
- Rıhtım kuronmanının, baba halka ve ankraj tertibatının yapımı
- Rıhtım arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı



Şekil 2

SU İÇİ BETONLA YAPILMIŞ TİPİK RIHTIM KESİTİ (-2,50 m)

.Su içinde beton dökülerek yapılmış -2,5 m lik bir rıhtımın kesiti Şekil 2 de görülmektedir. Bu yöntemle yapılmış rıhtımları etkileyen dış kuvvetlerin, beton bloklı rıhtımlardan büyük bir farkı yoktur. Aradaki fark beton bloklı rıhtım sisteminde blokların her seviyesinde devrilme ve kayma araştırması yapılması, diğerinde ise bu araştırmanın sadece tabanda ve rıhtım ön topuğunda yapılmasıdır.

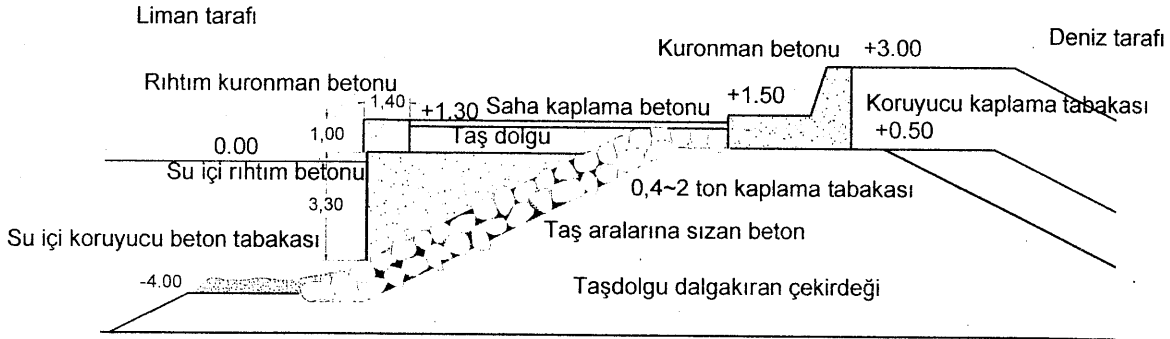
Son yıllarda Ege kıyılarındaki birçok balıkçı barınağı ve yat limanındaki rıhtımlar su içinde beton dökülerek oluşturulmuştur

4. DALGAKIRAN ŞEVLERİ ÜSTÜNE SU İÇİNDE BETON DÖKÜLEREK RIHTIM YAPILMASI

Taş dolguların şevleri üstüne veya özel bir durum olarak dalgakıranların liman tarafındaki şevleri üstüne su içinde beton dökerek rıhtım yapımı, üzerinde pek fazla

durulmamış bir konudur. Liman sahalarında yeterli alan varken rıhtımların dalgakıran şevi üzerine yapılmasını akla yakın bulmak mümkün değildir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için statik yapısının güvenilirliğini göstermenin yanında önemli gerekçelerin de bulunması lazımdır. Yapımına kesin karar vermeden önce, mevcut bir liman içine yapılacak bu düşey yüzlü yapının liman havuzu içindeki çalkantıyı olumsuz yönde etkileyip etkilemediğinin araştırılması gereklidir. Aynı zamanda dalgakıran üzerine yapılacak bu rıhtımlar için dalga serpintilerinden uzak bir bölge seçilmiş olmalıdır. Yine bu yöntemle yapılmış olan bir rıhtımın geri saha genişliği, dalgakıran şev eğimine ve rıhtım derinliğine bağlı olarak, rıhtım derinliğinin 1,5-2 katı kadar olacağından, bu genişliğin rıhtımdan beklenen hizmet için yeterli olup olmadığı da araştırılmalıdır.

Şekil 3 te, 1 / 2 eğimli bir taş dolgu dalgakıran şevi üzerine su içinde beton dökülerek yapılmış 3,00 m derinliğindeki bir rıhtım kesiti görülmektedir. Rıhtım üst kotu, balıkçı barınakları ve yat limanlarında yaygın olarak kullanıldığı gibi, +1,30 m olarak seçilmiştir. Olağan durumda bu rıhtımı etkileyen dış kuvvetler Şekil 4 de, deprem durumunda sistemi etkileyen dış kuvvetler ise Şekil 5 te gösterilmiştir. Dalgakıranların liman tarafındaki şevleri genellikle 1/1,5 veya 1 / 2 eğiminde ve en az 0,4-2,0 ton kategorideki iki sıra taşla kaplı olduğundan statik durumun incelenmesi 1/1,5 şev eğiminden başlanarak 1/3 eğime kadar devam ettirilmiştir. Bu yöntemle oluşturulacak rıhtımın yapım aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

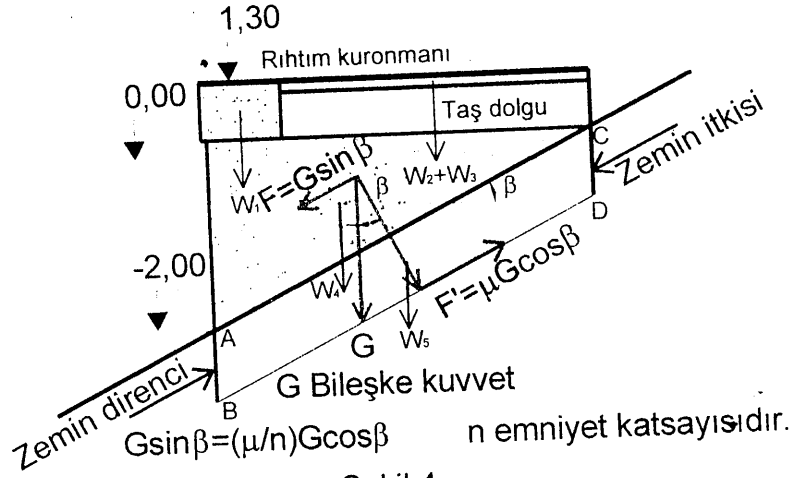


Şekil 3

DALGAKIRAN ŞEVI ÜSTÜNE SU İÇİNDE BETON DÖKÜLEREK YAPILMIŞ BİR RIHTIM KESİTİ

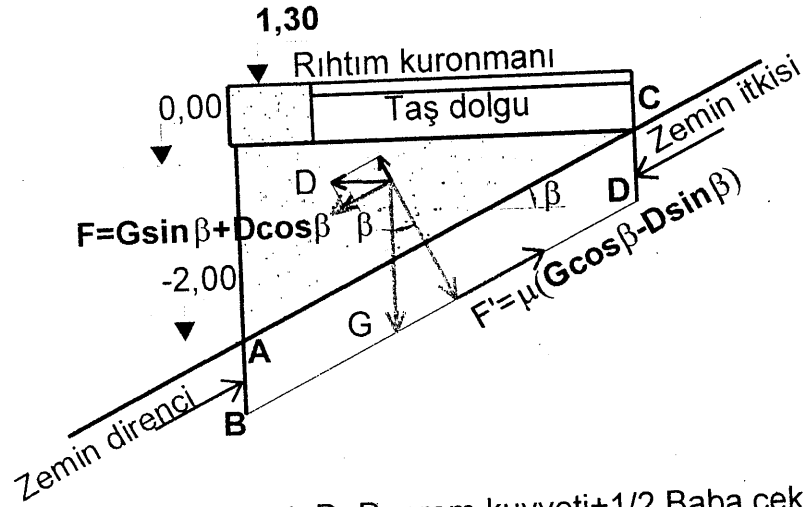
- Su içi beton kalıbının yerleştirilmesi ve beton dökülmesi
- Rıhtım kuronmanının, baba halka ve ankraj tertibatının yapımı
- Rıhtım arkasındaki saha dolgularının ve saha betonlarının yapımı

Yapım aşamalarının incelenmesinden de anlaşılacağı gibi taş dolgu şevler üzerine inşa edilen rıhtımlarda temel kazısı, temel dolgusu ve temel tesviyesi işlemleri bulunmadığından zaman ve parasal bakımdan önemli bir tasarruf sağlanmaktadır.



Şekil 4

Olağan Durumda Sisteme Etki Eden Kuvvetler



G : Bileşke kuvvet D : Deprem kuvveti + 1/2 Baba çekmesi
 $G \sin \beta + D \cos \beta = (\mu/n) (G \cos \beta - D \sin \beta)$ n emniyet katsayısıdır

Şekil 5

Deprem Durumunda Sisteme Etki Eden Kuvvetler

4.1. Sisteme Etki Eden Düşey Kuvvetler

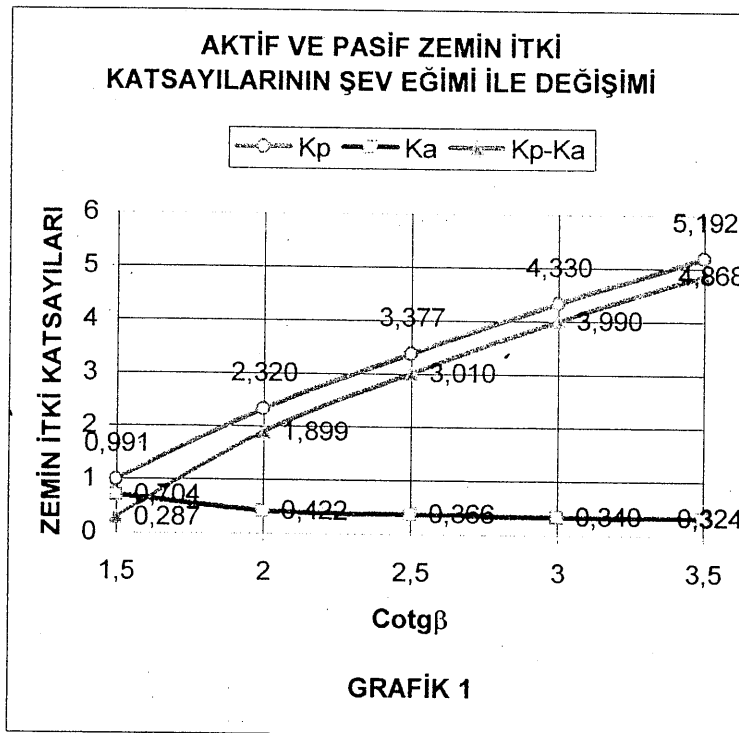
Rıhtım üstündeki ve saha betonlarındaki düzgün yayılı yük, kuronman betonu, kaplama betonu, kaplama betonu altındaki taş dolgu ağırlıkları ve rıhtım betonunun zati ağırlığı sisteme etki eden düşey yüklerdir. Yapılan hesaplarda betonun su içindeki birim hacim ağırlığı $1,3 \text{ t/m}^3$, su dışındaki birim hacim ağırlığı $2,3 \text{ t/m}^3$, taş dolgunun su altındaki birim hacim ağırlığı $1,1 \text{ t/m}^3$, su dışındaki birim hacim ağırlığı $1,8 \text{ t/m}^3$ alınmıştır.

4.2. Sisteme Etki Eden Yatay Kuvvetler

Sisteme etki eden yatay kuvvetler, baba çekme kuvveti ve deprem kuvvetidir. Yapılan hesaplarda baba çekme kuvveti olarak 1-3 m derinlikteki rıhtımlar için $0,5 \text{ ton/m}$, 4-8 m derinlikte rıhtımlar için ise 1 ton/m alınmıştır. Baba çekme kuvveti rıhtım üst yüzeyinden yatay olarak etki ettirilmiştir. Deprem kuvveti olarak su içi beton, kuronman betonu, saha kaplama betonu ve kaplama betonu altındaki taş dolgu ağırlıklarının % 10 u ağırlık merkezlerine yatay olarak etki ettirilmiştir.

4.3. Zemin İtkisi Ve Direnci

Şev üzerine dökülen beton, kaplama tabakasındaki taşlar arasına da sızarak en azından kaplama tabakasının birkaç noktasında çekirdek tabakasına kadar ulaşmaktadır. Su içinde dökülen beton, kaplama tabakasını da bünyesine aldığından, sistemin tümünde sola doğru hafif bir kayma olduğunda, AB noktaları arasında zemin direnci. CD noktaları arasında da zemin itkisi oluşur. Bu direnç ve itkilerin hesaplarda göz önünde tutulup tutulmaması yerel şartlara ve yerinde yapılacak incelemelere bağlı olarak değerlendirilmelidir. Betonun kaplama tabakası içine yayılmasını önlemek için özel olarak kaplama tabakasındaki boşlukların tıkanması durumunda AB derinliği boyunca zemin direnci oluşmayacak ama saha betonu altındaki taş dolgunun kalınlığı boyunca etkiyen bir zemin itkisi oluşacaktır. Tıkama yapılması durumunda da bu zemin itkisinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Aktif ve pasif zemin itkileri ile bunların farklarının şev



eğimi ile değişimi Grafik 1 de görülmektedir.

Bu yöntemi diğerlerinden ayıran en önemli fark, rıştım gövdesinin aktif zemin etkisine maruz kalmamış olmasıdır.

4.4. Devrilme Emniyeti Araştırması

En olumsuz durum olan 1/1,5 eğimli şev üzerinde inşa edilmiş çeşitli derinlikteki rıştımların devrilme incelemesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1 de gösterilmiştir. İncelemelerde düzgün yayılı yük 1,5 t/m² alınmıştır. Yukarıda belirtildiği gibi, baba çekme kuvveti olarak 1 ile 3m derinlikteki rıştımlarda 0,50 ton/m, 4 ile 8 m derinliğindeki rıştımlarda 1 ton/m alınmış ve deprem durumunda bu yükün yarısı kuronman sviyesinde yatay olarak etki ettirilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi rıştım n topuğu ucundaki A noktasına göre devirici ve düzeltici momentler hesaplandığında devrilme emniyetinin 2,39 ile 6,42 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler sistemin deprem durumunda devrilmeye karşı çok emniyetli olduğunu göstermektedir.

TABLO 1

EĞİM: 1/1,5

DEPREM DURUMUNDA DEVRİLME EMNİYETİ

Rıştım Derinliği	Devirici Momentler	Düzeltici Momentler	n Emniyet Katsayısı
m	tm	tm	
1	2,864	6,846	2,39
2	6,460	22,997	3,56
3	12,063	54,201	4,49
4	20,063	103,383	5,15
5	30,850	173,467	5,62
6	44,814	267,379	5,97
7	62,345	388,043	6,22
8	83,833	538,384	6,42

4.5. Kayma Emniyeti Araştırması

Dalgakıranın kaplama tabakası üzerine su altında dökülen beton, kaplama tabakasındaki taşların bir kısmını da bünyesine alırken, kaplama tabakasındaki taşların çekirdek dolgusuna değen yüzleri beton bünyesine giremez. Bu durumda sistemin şev yüzeyi üstünde kayma incelemesi yapılırken iki taş tabakasının birbiri üzerinde kaydığı kabul edilebilir. Bir taş tabakası ile diğer bir taş tabakası arasındaki sürtünme katsayısı $\mu=0,80$ kabul edilmektedir ki bu değer doğal taş malzemenin içsel sürtünme açısının tanjantına yaklaşık olarak eşitir.

Kayma emniyeti, kaymaya karşı oluşan direncin kaydırıcı kuvvete oranı olarak tarif edildiğinde, şev eğimi $tg\beta$, sürtünme katsayısı μ ve rıştım sisteminin toplam ağırlığı G ise,

Şekil 4 te görüldüğü gibi kaydırıcı kuvvet F ve kaymaya karşı direnç F' aşağıdaki ifadelerle verilir.

$$F = G \sin \beta \quad F' = \mu G \cos \beta \quad (1)$$

Kayma emniyeti ise

$$n = \frac{\mu G \cos \beta}{G \sin \beta} = \mu \cot \beta \quad \text{dır.} \quad (2)$$

Görüldüğü gibi olağan durumda kayma emniyeti sistemin ağırlığından bağımsızdır. Şev üzerine su içinde beton döküldüğünde betonun bir kısmı kaplama tabakası arasındaki boşluklara sızdığından, rıhtım kütlelerinin büyümesine, dolayısıyla rıhtım ağırlığının artmasına neden olur. Ancak μ sürtünme katsayısı sabit olduğundan, emniyet katsayısının değişmesi sadece şev eğiminin değişmesiyle mümkün olabilir. Betonun kaplama tabakası arasına sızma derinliği sadece Şekil 4 ve 5 te görülen zemin itki ve direncinin çoğalmasına veya azalmasına neden olur.

Deprem durumunda ise Şekil 5 te görüldüğü gibi sistemin ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen CG değerindeki deprem kuvveti (C deprem katsayısı) şev yüzeyine dik ve paralel bileşenlerine ayrılırsa F kaydırıcı ve F' durdurucu kuvvetler ile kayma emniyeti aşağıdaki (3) ve (4) ifadeleri ile verilir. Bu ifadelerden görüldüğü gibi kayma emniyeti yine sistemin ağırlığından bağımsız olup sadece şev eğimine ve deprem katsayısına bağlıdır.

$$F = G \sin \beta + CG \cos \beta \quad F' = \mu(G \cos \beta - CG \sin \beta) \quad (3)$$

$$n = \frac{\mu(G \cos \beta - CG \sin \beta)}{G \sin \beta + CG \cos \beta} = \frac{\mu(1 - C \tan \beta)}{\tan \beta + C} \quad (4)$$

Baba çekme kuvveti göz önünde tutulmaksızın, sürtünme katsayısı $\mu=0,80$ ve deprem katsayısı $C=0,10$ kabul edilerek çeşitli şev eğimleri için bulunmuş olan emniyet sayıları Tablo 2 de gösterilmiştir.

TABLO 2
KAYMA EMNİYETİNİN
EĞİMLE DEĞİŞİMİ

Şev Eğimi $\cot \beta$	Olağan Durum n	Deprem Durumu n
1,5	1,20	0,97
2,0	1,60	1,27
2,5	2,00	1,54
3,0	2,40	1,78

Deprem durumunda B baba çekme kuvvetinin yarısı ağırlık merkezine yatay olarak etki ettirildiğinde kayma emniyeti ifadesi aşağıdaki şekle girer.

$$n = \frac{\mu[G \cos \beta - CG \sin \beta - (B/2) \sin \beta]}{G \sin \beta + CG \cos \beta + (B/2) \cos \beta} = \frac{\mu[1 - (C + B/2G) \tan g\beta]}{\tan g\beta + (C + B/2G)} \quad (5)$$

Sürtünme katsayısı $\mu=0,80$ ve deprem katsayısı $C=0,10$ kabul edilerek çeşitli şev eğimleri için bulunmuş olan emniyet sayıları tablo 3 ve 4 te gösterilmiştir. Emniyetli tarafta kalmak için kaplama tabakası arasına sızan beton ağırlığı hesaplara dahil edilmemiştir. Baba çekme kuvveti 1 ile 3 m derinliğindeki rıhtımlarda 0,50 t/m, 4 ile 8 m derinliğindeki rıhtımlarda ise 1 t/m kabul edilmiştir.

TABLO 3

EĞİM: 1/1,5

DEPREM+0,5*(Baba çekme kuvveti)

Rıh. Der.	Yayıllı Yük	Kapl. Beton	Taş Dolgu	Kuron. Beton	Su İçi Beton	Su Dışı Beton	Rıhtım Ağırlığı	n Emn. Kat.
1	3,075	0,299	0,936	3,220	0,975	1,190	9,695	0,92
2	5,325	0,989	3,096	3,220	3,900	2,225	18,755	0,95
3	7,575	1,679	5,256	3,220	8,775	3,260	29,765	0,96
4	9,825	2,369	7,416	3,220	15,600	4,295	42,725	0,95
5	12,075	3,059	9,576	3,220	24,375	5,330	57,635	0,96
6	14,325	3,749	11,736	3,220	35,100	6,365	74,495	0,96
7	16,575	4,439	13,896	3,220	47,775	7,400	93,305	0,96
8	18,825	5,129	16,056	3,220	62,400	8,435	114,065	0,97

TABLO 4

EĞİM: 1/2

DEPREM+0,5*(Baba çekme kuvveti)

Rıh. Der.	Yayıllı Yük	Kapl. Beton	Taş Dolgu	Kuron. Beton	Su İçi Beton	Su Dışı Beton	Rıhtım Ağırlığı	n Emn. Kat.
1	4,050	0,598	1,872	3,220	1,300	1,587	12,627	1,21
2	7,050	1,518	4,752	3,220	5,200	2,967	24,707	1,24
3	10,050	2,438	7,632	3,220	11,700	4,347	39,387	1,25
4	13,050	3,358	10,512	3,220	20,800	5,727	56,667	1,24
5	16,050	4,278	13,392	3,220	32,500	7,107	76,547	1,25
6	19,050	5,198	16,272	3,220	46,800	8,487	99,027	1,25
7	22,050	6,118	19,152	3,220	63,700	9,867	124,107	1,26
8	25,050	7,038	22,032	3,220	83,200	11,247	151,787	1,26

Tabloların incelenmesinden de görüleceği gibi 1/1,5 eğimindeki şevden daha yatık olan her eğimdeki şev üzerinde kayma emniyeti sağlanmaktadır. Deprem durumunda 1 olması gereken emniyet katsayısı 1/2 şev eğiminde bile fazlasıyla sağlandığından diğer eğimlerdeki değerlerin hesaplanmasına gerek görülmemiştir. Tabloda görünmemekle beraber baba çekme kuvvetleri de hesaba dahil edilmiştir.

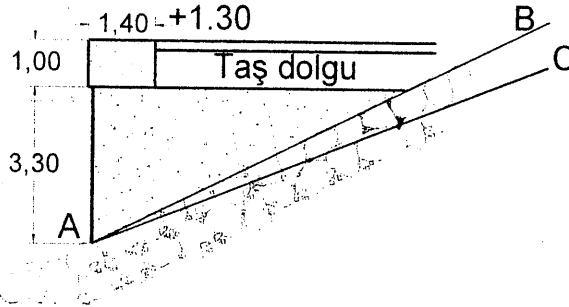
Tablo 3 te görüldüğü gibi 1/1,5 eğimindeki şev üzerinde bulunan 1 m derinliğindeki rıhtım en emniyetsiz durumda bulunmaktadır. Sürtünme katsayısı $\mu=0,80$ ve deprem katsayısı $C=0,10$ kabul edilerek bu rıhtımın emniyetli duruma gelmesi için, yani deprem durumunda 1 emniyet sayısına ulaşması için gerekli olan şev açısı (5) formülünden hesaplanırsa

$$n = 1 = \frac{0,80[1 - (0,10 + 0,50/2 \times 9,695) \tan g\beta]}{\tan g\beta + (0,10 + 0,50/2 \times 9,695)}$$

$$\tan g\beta = 0,61255 \rightarrow \beta = 31,49^\circ \text{ bulunur.}$$

Bu değer 1/1,5 şev eğimine karşı gelen $33,69^\circ$ den sadece $2,2^\circ$ küçüktür ve bu fark az bir uğraşla kapatılabilir. Şayet rıhtım önünde oluşacak pasif itkiye güvenilebiliyorsa, bu itkinin varlığı, herhangi bir şev düzeltmesi yapılmadan 1/1,5 eğimindeki şevler üzerine su içinde beton dökülerek güvenle rıhtım yapılmasına yeterli olabilir.

Su içinde beton dökerek 1/1,5 eğimli dalgakıran şevi üzerinde oluşturulan rıhtımların kayma güvenliğini artırmanın bir yolu, kaplama tabakasına oturan rıhtım tabanındaki eğimi azaltmaktır. Kaplama tabakasının rıhtım ön yüzü altındaki boşlukları tamamen tikanır ve Şekil 6 da görüldüğü gibi tıkama kalınlığı geriye doğru azaltılırsa şev eğimi istenildiği kadar yatırılabilir. Şevin eğim açısı taş dolgunun içsel sürtünme açısından küçük olduğundan, rıhtım yapısının AB düzlemi veya daha altındaki bir düzlem üzerinde kayması teorik olarak mümkün değildir.



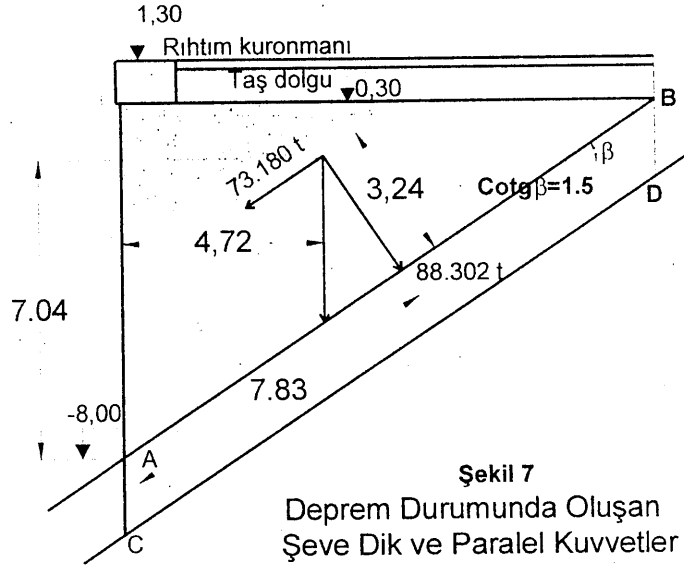
Şekil 6

EĞİMİN AZALTILMASI İÇİN BOŞLUKLARIN
TAŞLA TIKANMASI

4.6. Zemin Emniyet Gerilmelerinin Kontrolü

Olağan durumda rıhtım tabanının tümü basınç etkisi altında olacağından sadece rıhtım ön topuğu altındaki zemin gerilmesinin kontrolü yeterli olacaktır. Elverişsiz durum olarak kaplama tabakasının tamamının rıhtım bünyesine katıldığını kabul etmek gerekir.

Bu şartlar altında, +1,3 m kotunda, 1,5 t/m² yayılı yükü, ve 1,5 m kalınlığındaki bir kaplama tabakası üzerine yapılmış olan 8 m derinliğindeki rıhtımın şekil 7 de C ile işaretlenmiş topuğunda oluşacak basınç gerilmesi yaklaşık olarak 17 t/m² veya 1,7 kg/cm² olacaktır ki bu gerilme değeri taş dolgular için oldukça küçük bir değerdir.



Deprem durumunda rıhtımın tabanında oluşan gerilmeler şekil 7 de kesiti görülen örneğe göre hesaplanmıştır. Örnek kesitte su içi beton +0,30 kotuna kadar dökülmüştür. Daha sonra 1,00×1,40 boyutlarındaki kuronman duvarı yapılmış ve 0,80 m kalınlığındaki taş dolgu üzerine 0,20 m kalınlığında saha betonu dökülmüştür. Betonun su içindeki birim hacim ağırlığı 1,3 t/m³, dışındaki birim hacim ağırlığı 2,3 t/m³ kabul edilmiştir. Taş dolgunun kurudaki birim hacim ağırlığı 1,8 t/m³, beton bünyesine girmiş kaplama tabakasının su altındaki birim hacim ağırlığı da 1,3 t/m³ alınmıştır. Şekildeki boyutlar, deprem ve baba çekme kuvvetleri göz önünde tutularak gerekli hesaplar yapıldığında, sistemi yatay yönde etkileyen kuvvetin değeri 11,908 ton ve A noktasına düşey uzaklığı 7,04 m olarak bulunur. Sistemi düşey yönde etkileyen kuvvetlerin değeri ise 114,064 ton olup A noktasına yatay uzaklığı 4,72 m dir. Bu kuvvetlerin şev yüzeyine dik ve paralel bileşenlerinin değerleri ise şekilde görülmektedir. Kesitin geometrik özellikleri de göz önünde tutularak, bileşke kuvvetin çekirdek içinde kaldığı, A ve B noktaları altındaki şeve dik gerilmelerin sırasıyla 1,142 kg/cm² ve 0,039 kg/cm² olduğu kolayca hesaplanabilir. Ortalama 1,5 m kalınlıkta olduğu varsayılan kaplama tabakasının tamamının beton bünyesine girdiği kabul edilerek yapılacak bir hesap sonunda C ve D noktaları altında şeve dik olarak meydana gelen zemin gerilmelerinin de sırasıyla 1,343 kg/cm² ve 0,141 kg/cm² olduğu bulunur. Bütün bu zemin gerilmeleri, taş dolgular için kabul edilebilir sınırların çok altındadır.

Rıhtım tabanındaki gerilmeler yanında dalgakıran şevinin oturduğu zemindeki gerilmelerin de zemin taşıma gücünü aşmadığı hesapla gösterilmelidir.

Son olarak da rıhtımın oturduğu şevin toptan göçmeye karşı emniyeti kontrol edilmelidir.

5. SONUÇ

Bu güne kadar, çok basit kullanımlara tahsis edilmek üzere yapılması düşünülen rıhtımların bile dalgakıran şevi üzerine yapılmasından kaçınılmıştır. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, özellikle kayma ve toptan göçme halleri ile ilgili olarak yeterli güvenlik sağlandıktan sonra taş dolgu veya dalgakıran şevleri üzerine su içinde beton dökülerek rıhtım yapılmasının hiçbir kuşku duyulacak yönü kalmamaktadır. Şev üstüne su içinde beton dökülerek oluşturulan rıhtımlar için harcanacak beton miktarı da, özellikle eğimin 1/1,5 olması durumunda, geleneksel yöntemlerle yapılan rıhtımlardan daha fazla değildir. Örneğin, şekil 2 de görülen, geleneksel yöntemle yapılmış 2,5 m derinliğindeki su içi betonlu bir rıhtım için 7,36 m³/m beton harcanırken, aynı derinlikte, 1/1,5 eğiminde bir şev üzerine yapılan rıhtımda 5,47 m³/m beton harcanmaktadır. Bu rıhtımın 1 m kalınlıkta ve %35 boşluk oranına sahip bir kaplama tabakası üzerine yapıldığı varsayılsa bile harcanacak su içi beton miktarı 7,17 m³/m yi geçmeyecektir.

Her ne kadar 0,4-2 ton taşla yapılmış kaplama tabakası üzerine kalıp uydurmanın zor tarafları varsa da imkansız değildir. Dalgıç tarafından yapılacak özenli bir çalışma ile bu zorluklar aşılabılır.

Şev üzerine tekil ayaklar yapılarak, üst yapının bu ayaklara dayandırılması durumunda, ayağın kayabilmesi için, ayak altında oluşan kayma direncinin yenilmesi yanında ayağın iki yan yüzünde oluşacak sürtünme direncinin de yenilmesi gerekecek ve yapının kaymaya karşı emniyeti artacaktır. Böyle durumlarda 1/1,5 eğimli şev yüzeyinde eğimin azaltılması gereği de ortadan kalkabilir.

Yukarıda açıklandığı gibi şartların zorladığı durumlarda, gerekli tahkiklerin sağlanması ve inşaatın her adımında özenli bir çalışma yapılması şartıyla, dalgakıranların liman tarafındaki şevleri üzerine su içinde beton dökme yöntemi ile oluşturulacak rıhtımlar, en az diğer geleneksel yöntemlerle yapılmış rıhtımlar kadar güvenli olacaktır.

ABSTRACT

Besides the traditional type of building of underwater concrete wharf, because of unavoidable circumstances, it can be necessary to build it on the slopes of rubble mound breakwaters. However, this way of building of underwater concrete wharf has not been widely practiced due to suspicions about stability of the system. If sufficient preconditions are applicable, underwater concrete wharf on the slopes of rubble mound breakwaters can be built with the required safety factor.