

# 論 說 報 告

第 27 卷 第 8 號 昭和 16 年 8 月

## 捨 石 工 法 に 就 いて

正會員 吉 村 善 臣\*

**要旨** 本文は港灣工事に於て屢々實施せらるゝ捨石施工に關し、先づ現在一般的に多く採用せられつゝある工法に就いて述べ、次に著者の考案せる特殊捨石船の構造並に作用を誌し、最後に該船を使用して實施せる捨石工事に就いて報告せるものである。

### 目 次

概 説	3. 側開船を使用して投棄する方法
1. 人力又は起重機の類を使用して一個宛投棄する方法	4. 船體を傾斜せしめて排棄する方法
2. 底開船を使用して投棄する方法	5. 著者の考案せる特殊捨石船を使用して捨石する方法
	結 言

### 概 説

港灣工事に於て水中に、防波堤、繫船岸壁、或は其他の構造物を築設せむとする時、是等の基礎として水底に捨石を施し、所謂 Rubble Mound を構築する方法は極めて一般的の工法であり、且最も廣く採用せらるゝ處である。然るに従來行はるゝ捨石施工法は、石材を採石場より運搬船に積載して捨石現場迄運び、所定の位置に捨石するに、著者の知れる範圍に於ては

1. 人力又は起重機の類を使用して 1 個宛投棄する方法
2. 底開船を使用して投棄する方法
3. 側開船を使用して投棄する方法
4. 船體を傾斜せしめて排棄する方法

の 4 つの手段を挙げ得る。然し乍ら其内容は何れも極めて幼稚なものであつて、他部門の土木工事に其施工法に於て日進月歩の感があるに反し、本工法のみは獨り舊態依然として何等其間に進歩の跡を見出し得ないのは眞に遺憾千萬と言はざるを得ない。是を想ふに水底の基礎工として他に代る可き經濟的工法あらば可ならむも、殘念乍ら今日尙 Rubble Mound に勝る工法ありとは斷言し難く、寧ろ場合によりては本工法以外に適當なる方策を發見し得ないことが多い現状に於ては、是が解決を計ることは最も緊急の事に屬すると信ぜらるゝのである。著者は職務上恰も本問題に當面したるを以て、何等かの解決策を得むと努めたる結果、捨石工法を經濟化せむが爲には捨石専用の適當なる船體を求むることが最捷徑なるに想到し、種々の船體模型を製作して實驗の結果、稍満足し得るものに到達したるを以て、是を實際に建造し現在著者の擔當する捨石工事に使用しつゝある。其成績稍見可きものあり。依而茲に先づ従來行はるゝ捨石工法に就いて其得失を述べ、次に著者の考案せる捨石船を使用して實施せる結果を報告し、先輩諸賢の御垂教を仰がむとする次第である。

### 1. 人力又は起重機の類を使用して一個宛投棄する方法

此方法は最も原始的であるが、現在他に適當なる方法が發見せられない爲、最も廣く採用せられつゝあるもので、一切の機械的手段を採らず、普通型圓平船若しくは帆船の類に人夫 1 人にて容易に取扱ひ得る程度の石材を積み込み、是を捨石せむとする現場に運航して、適當なる地點に船體を錨碇し、然る後人力によりて一個宛水中に投棄

\* 工學士 臺灣總督府交通局技師（基隆築港出張所長）

する方法である。船體は木造にして 20~30 m<sup>3</sup> 積み最も一般的に使用せられ、人夫は 5~10 人を乗組ましめて、積載せる石材を 8~10 時間にて投入せしめるものである。

此方法の最も利點とする處は、事變前に於ける本邦の如く勞力費の比較的低廉なる場合に於ては、特殊の船體を必要とすることなく、且船體の損傷は比較的輕微にして、小規模の工事に於ては最も經濟的に、何等の障害なく極めて簡単に實行し得る事である。然し乍ら其缺點とする處は餘りに原始的にして工事進行の鈍きこと、捨石用石材が重量に於て制限を受くる結果比較的小塊の粒揃ひとなること、これは延ひて採石場に於て不用なる小割をなさざる可らざる爲採石費が高價に當ること等があつて波力大なる場所又は大規模の築港工事等に於ては到底採用し得るものではない。吾々は古くは明治以前の長崎港に於ける埋立工事に或は明治時代の大阪港に於ける防波堤築造に、如何に吾々の先輩が此工法を採り苦心慘憺せるかを聞及んで居る。是は如何に本工法が幼稚にして原始的なるかを物語るものであつて、斯の如きは最早昔日の笑話として殘す可く、尠なくとも昭和の近代技術者がよく満足し得ないのは明かな事と信ずる。

次に近代に到つて比較的波力大たる地點に諸構造物を築設すること多きに到つては、是が基礎となる可き Rubble Mound に於ても比較的大塊の石材を、捨石として必要とする結果、上記の方法を採用し得ざるに及び、甲板を張りたる團平船或は臺船上に石材を甲板積みとし、是を捨石現場に運航して船體を碇緊の上、石材を人夫數人にて滑落せしむるか或は起重機の類を使用して 1 個宛投入する方法を採りつゝある。此方法に據る時は比較的大塊の石材を取扱ひ得るも、作業の進行は依然として甚だ緩慢であり且石材が甲板積みである爲積載量を制限せられ、更に遠距離の運搬には適用し得ない缺陷を有する。而して又作業上に於ては常に船體の傾斜を考慮に入れて左右兩舷より適當に、船體の平均を保ちつゝ、捨石せざる可らざること並びに人力による時は作業員が水しぶきを浴びて濡れ鼠となる爲、冬期に於ては到底實施し得ざること等、極めて不便多く作業能率も亦至つて低きを如何とも致し難い。何れにせよ此種の工法は餘りに原始的にして近代技術に採用し得ないのは論を俟たない處である。

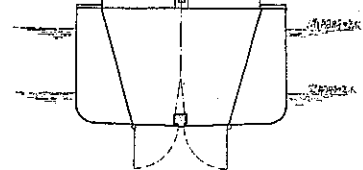
## 2. 底開船を使用して投棄する方法

此方法は浚渫工事に於て浚渫土砂の運搬排棄に廣く採用せられつゝあるもので、圖-1 に示す如き構造の底開船を使用するものである。是を捨石工事に用として使用する場合は浚渫土砂排棄の場合と全く同様にして、先づ石材を適當なる大きさに割りたるものを積載し所要地點に運航して、船體を碇緊することなく運航姿勢の儘、瞬間的に要點に投下せしむるのである。

以上の如き作業法を採る爲に、是を捨石工事に用する時は、船體を碇緊することなく所要地點に瞬間的に捨石し得る點、石材投下後船體に加はる衝撃は船體全部に平等に働き作業員は極めて安全なる點等の利點を有する。然し乍ら是を船體構造上より見る時は、積載石材を支持する船底が總て鐵鎖の類を以て甲板上に懸吊せられ、此鐵鎖を瞬間的に弛緩せしむる事により船底を開放する構造となれる爲、落下する石材はこの弛緩せられたる鐵鎖に衝突し或は鐵鎖を磨擦して落下する結果、鐵鎖の切斷せらるゝことが珍らしくない。而して鐵鎖が切斷せられれば石材落下後可動船底は波浪に翻弄せられて、船體に對して鐵槌作用を與へ船底並に船體の破損率は極めて大なるものがある。尙又一旦破損を生ずれば、此種損傷は水中にある爲多くの場合船體を乾船渠或は修船架に收容して修理を施さざる可らざる爲、容易簡單には修復し得ないものである。

更に亦底開船は構造上船底中央部縦方向に相當の強度を有する縦通材を取付くるを有利とする結果、石材の吐出口は 2 箇所に區割せらるゝこと多き爲、稍もすれば石材落下の瞬間互に拱作用を生じて競り持ちとなり、自然落下不能に陥ることが珍らしくない。斯の如くなる時は是が復舊には豫想外の困難と危険を伴ふものであつて、石

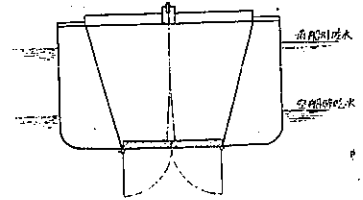
圖-1. 船底中央部に縦通材を有する底開船



材を積み込みたる儘簡単に石材を小割して落下せしめ得ざる時は、起重機の類を使用して全然積替へをするか、或は場合によりては競り持ちとなりたる部分の石材に爆薬を装填して破碎落下せしむる等、體驗せる者のみの知る難作業を実施しなければならない。

是等の缺陷を除去せむが爲に圖-2 に示す如き、船底中央部縦方向の部材を除去し、船底が兩開きの開閉扉となれる構造の船體を用ふることがある。斯の如くする時は石材落下の際に於ける競り持ちを防止し得、且比較的大塊の石材を捨石し得るが、數拾吨或は百數拾吨の石材を直接可動開閉扉のみにて支持せざる可らざる爲、開閉扉の強度は著しく大なることを必要とし従て其重量も甚だ大となり、特に船體縦

圖-2. 船底中央部の縦通材を省略せる底開船



方向の區割を少なからしめて大塊の石材をも自由に積載せむとする時は、是を懸吊する鐵鎖も亦甚だ大なるものを必要とし、是が開閉操作は到底人力を以てよくし得ず機械力を使用せざる可らざるに到る。而して機械力を使用するとしても、重量並に面積大なる開閉扉を水中に於て操作せしむることは輕快迅速に實施すること甚だ困難であつて、一般に防波堤築造工事現場の如き波浪大なる地點に於ける作業に於ては、扉の開閉に相當の長時間を必要とする結果、此間に於て波浪の難弄により扉は屢に船體に衝突して豫想外の損傷を生ずる事が尠くない。又更にこの缺點を除かむが爲に迅速に閉扉をなさしめむとすれば著しく大なる機械力を必要とし、完備せる機械と熟練せる運轉手を乗組ましめざる可らざる等、捨石工費の單價は増額して決して經濟的な方法とはなり得ないのである。

是を要するに底開船は飽く迄浚渫土砂の排棄用として使用せらる可きものであつて、比較的波浪大なる地點に於て實施せらるゝこと多き捨石作業には好むで採用し得ざる方法なりと思料せらる。

### 3. 側開船を使用して投棄する方法

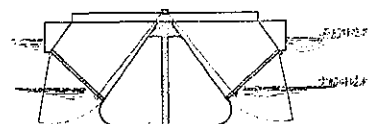
側開船は底開船を改良せるものであつて、浚渫工事に於ける浚渫土砂の運搬排棄用として最も廣く使用せらるゝものがあるものである。其構造は積載室底部を船體中央部より兩舷側に向つて下り勾配となし、兩舷側には甲板より操作し得る開閉扉を供へたるものにして、此開閉扉を開放することによりて積載物を自然に排棄せしむるものである。底開船に比して勝る處は開閉扉に負荷せらるゝ荷重が遙に小なることであつて、開閉扉の構造は著しく簡單にすることを得、且其維持も容易にして、修繕の如きも必ずしも入渠或は乗架せしむることなくして施し得る場合が多い等の利點を有するにある。従て本様式に屬するものは浚渫用の土捨船としては極めて好適のものであるが、是を捨石用に使用する時は尙次の如き缺陷を有する。

(a) 石材を兩舷側より同時に同量宛排棄せしめざれば船體は傾斜して轉覆の危險あるが爲に、一般的には積載室を縦方向にも適當なる隔壁を設けて數室に區割し、石材の排棄を2回以上に分ちて行ひ、如何なる場合にも何れか一方の舷側にある石材の大部分が落下せざること等の起らざる様努むる必要がある。然るに斯くする事は捨石を要點に集中せしめ得ざることとなり、捨石施工上重大なる悪影響ある爲、船體を碇繋することなく運航姿勢の儘捨石することは不可能となり、本様式船體を使用して捨石する一大得點を抹殺することになるのである。

(b) 石材積載室の横斷面形狀が其先端部に於て銳角三角形をなす爲、塊の大なる石材の場合に於ては積載量を著しく削減せらるる。

(c) 石材を自然排棄せしむる爲には石材積載室底面を水平に對して、少なくとも40°以上の傾斜を附せざる可らざる故に、開閉扉には尙相當の荷重を負荷せしめ、底開船には稍勝ると雖も、尙開閉扉は相當の強度を必要とし、開閉装置にも多分の困難を感じる等、底開船と略同様の缺陷を有す。而して一般に本様式の船體構造としては圖-3 に示すものが最も廣く使

圖-3. 側開船



用せらるゝが、斯の如き構造にありては開閉扉の開閉装置並に其操作は比較的簡單容易であつても、石材排出の際船體は横方向に移動する爲、排出せらるゝ石材が開閉扉に衝突して扉が極めて破損され易き傾向を有し、且排出せられたる石材が其落下勢力を抑止せらるゝ結果、瞬間的に排出せられずして水底に於ける捨石の堆積状態が粗漫となる缺點を生ずる。此の外多少本構造を改良せるものが無いでもないが何れも大同小異であつて、前記の缺點を除去せるものは未だ發見せられない。

是を要するに本様式に屬するものは浚渫土砂の排棄用としては好適ならむも、捨石用としては諸種の難點を有する爲、是を使用して捨石工事を能率よく遂行する事は困難なりと斷ぜざるを得ないのである。

#### 4. 船體を傾斜せしめて排棄する方法

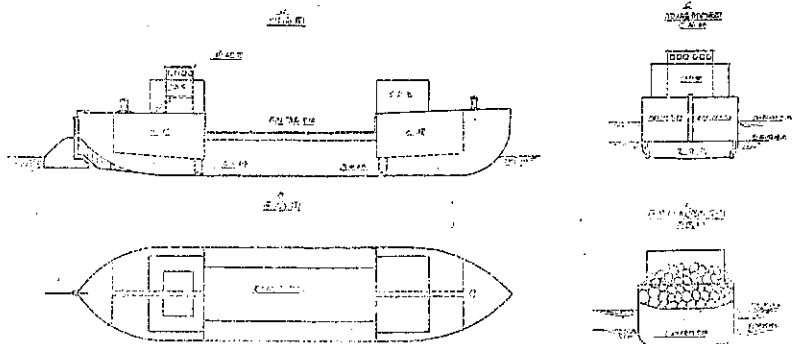
此方法は石材運搬船を甲板張りとなし、其甲板上に石材を積載して所要地點に運航し、船體の左右何れか一方の舷側に注水するか或は他の方法によりて船體を傾斜せしめ、積載せる石材を滑落せしむる方法である。之の手段には二様ありて一は船體を或る程度傾けて石材は1個宛人力により滑落せしむるものと、一は船體を比較的過度に傾斜せしめて自然に而も一齊に排棄するものがあるが、前者は既に述べたる1.の方法と大差無き故に、茲には専ら後者に就きてのみ述ぶることとする。

本様式の船體を使用して行ふ捨石工事は、近代の大規模なる築港工事に於て最も廣く採用せらるゝ處であつて見方によりては現在最も進歩せる、最も經濟的なる施工法なりとすら言ひ得るものである。然し乍ら尙次に記す如き諸種の缺陷を存し、決して萬全なる理想的方法なりとは稱し得ない。即ち石材積載甲板が水平或は水平に近き面を構成する時は、甲板積みなる爲積載量は船體の割合に著しく削減せられ、若し又強ひて山積みとなす時は船體を傾斜せしむる際、積載物を含む船體全部の重心位置が餘りに低位となり、安定度を不必要に増大する爲に、傾斜舷側の石材のみが先づ轉落せる後直ちに船體は或程度復元し、更に注水或は其他の方法によりて再び船體を傾斜せしめて後始めて全石材を排棄せしめ、或は場合によりては斯る運動を數回繰り返しても遂には所期の傾斜を生ぜざるに到り、積載せる石材の大半は滑落することなく平衡状態に留ることが珍らしくない。而して是を防止せむが爲には出來得る限り石材を甲板上に矩形狀に積み付け、船體全部の重心位置を比較的高く位置せしめ、甲板上を石材が一齊に滑動し始むる迄、船側に積載せる石材の轉落を抑止する手段を講ぜなければならぬのである。是が爲には石材の積込みに著しく手数を要するの外、石材が硬質玉石或は是に類似の容易に滑落し得る性質を有することを必要とし、或は石材の滑落を容易ならしむる爲、砂利の類を豫め甲板上に撒布するか又は特殊の磨擦軽減手段を講ぜざれば充分所期の目的を達することは出來難いのである。

以上の如き作業上の困難を経験せる結果、基隆築港工事に於て實際に使用せる船體は圖-4-dに示す如く、石材積載甲板に舷側に於て上方に勾配を付し、船體を傾斜せしめたる時舷側の石材が最初に落下することを防止せしめ、反對舷側上にある石材が

先づ滑動し始め、是の壓力によりて全石材が一齊に滑動して石材全部を殆んど瞬間的に投棄せしめ得る構造としたのである。而して船體を傾斜せしむる手段としては、圖-4に示す如く、船體の舷及舷部甲板下に水槽を設け、該水槽の底は空船時に於て船の吃水面

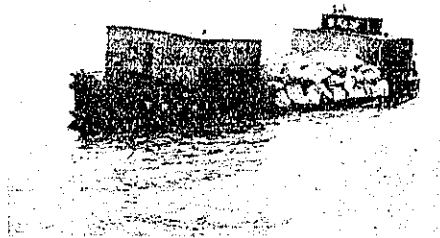
圖-4. 甲板舷側上に傾斜を有し空氣室を裝備せる甲板積み捨石船



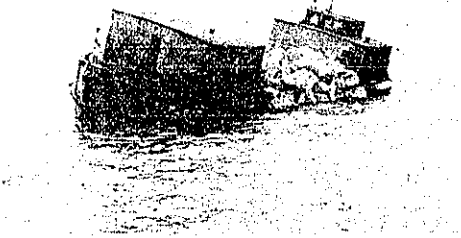
以上に位置する如く裝備せしめ、石材を積載したる船體を傾斜せしめむとする時は、石材荷重の爲既に吃水以下

にある該水槽の底に設けたる瓣を開放することにより、自然に水槽内に注水せしめて船體を傾斜し得ることとし、船體傾斜後石材を排棄せる後は船體の浮揚により、同一瓣を通じて自動的に排水し船體を復起せしむる方法を採つたのである。尙舷側に於ける甲板の上昇角度は數十回に亙る實驗の結果、水平面より  $25^{\circ} \sim 25^{\circ}$  とすを最良とするを發見したれども、尙前に述べたる理由により全石材を同時に完全に排棄せしめむが爲には、大塊の石材を舷側に配置し出來得る限り三角形となる山積みを避けざれば、充分なる目的を達し得ざるを經驗せしめられた。

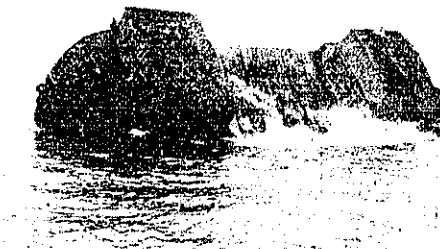
寫眞-1. a. 甲板積み捨石船（石材満載せる状態）  
（基隆要塞司令部許可済）



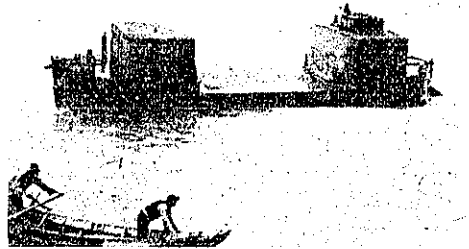
寫眞-1. b. 甲板積み捨石船（傾斜を開始したる状態）（基隆要塞司令部許可済）



寫眞-1. c. 同上（石材排棄の瞬間）  
（基隆要塞司令部許可済）

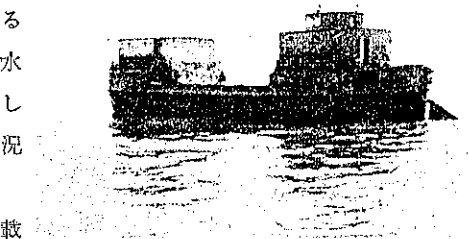


寫眞-1. d. 同上（石材排棄後傾斜を恢復しつゝある状態）（基隆要塞司令部許可済）



而して一方斯の如くする時は、甲板を水平にしたる場合に比し、石材排棄瞬間に於ける船體の傾斜は著しく大となり、實驗の結果によれば石材が硬質砂岩の場合に於て約  $75^{\circ}$  の傾斜を生じ、風波大なる場合に於ては轉覆の危険を感じしめらるゝに到つたのである。依而轉覆防止の爲、船體舳及艦部甲板上に巨大なる空氣室を設け、船體傾斜が過度に及ぶ時は本空氣室の一部が水中に入り新たな浮力を船體に與へて、船體の轉覆を防止せしむることとした。寫眞-1 a, b, c, d, e は本様式船體の作業狀況を示したものである。

寫眞-1. e. 同上（空船時の姿勢に復したる状態）（基隆要塞司令部許可済）



以上の外本様式の船體を使用して捨石を實施する時は、積載せる石材の重量によりて所要の船體傾斜をなせしむるに要する時間を異にする爲、船體を運航姿勢の儘所定の地點に正確に捨石することは不可能となり、捨石地點に船體を錠繫して後船體を傾斜せしめ捨石しなければならぬ。斯の如きは作業の能率を低下せしむること大にして、其煩に堪へざるは言を俟たない處である。

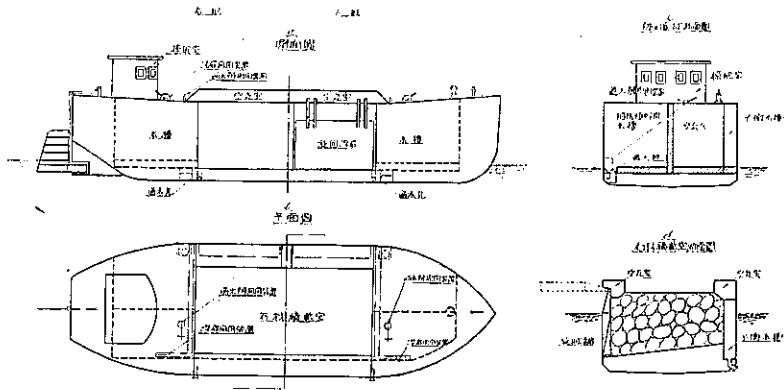
此外船體を傾斜せしめて捨石する方法には、豫め一方の舷側甲板上に重錘用として大塊の石材を配置し置き、

捨石せむとする地点に於て先づ起重機の類を使用して重錘用石材を投下し、然る後偏荷重に由る船體の傾斜を利用して石材の滑落をなさしむる手段がある。人力によりて1個宛投棄する方法には勝ると雖も、積載量の少なきこと、比較的手数を要すること等に於て全々原始的なる手段に過ぎず、論ずるに足りないものである。

### 5. 著者の考案せる特殊捨石船を使用して捨石する方法

従来採用せられたる捨石工法としては既に述べたる如く4つの手段を挙げ得るが、何れも一長一短ありて理想的の良法となし得るものは皆無にして、何れも未だ原始的工法の域を脱し得ない感がある。著者は防波堤築造に關し水深 00 m にして相當に波荒き海底に、數十萬  $m^3$  の捨石をなさざる可らざるに當面し、従來の姑息なる施工法を以てしては到底短期間に竣功せしめ得ざるを慮り、種々苦慮の結果次に述ぶる如き特殊捨石船を設計建造し目下是を使用して捨石作業繼續中である。其成績稍見る可きものあり、茲に其概略を誌して先輩諸賢の御高批を仰ぐ次第である。

圖-5. 著者の考案せる捨石船構造圖



船體構造様式は圖-5 に示す様に、船體中央部に石材積載室を設け、此積載室の載荷甲板は一舷側に向つて下り傾斜を付し、此載荷甲板の位置は空船時に於ける吃水線附近にあらしむ。而して積載室は船體の強度上横隔壁により2室に區劃し、船體の舳部及艫部甲板

下は縦隔壁によりて3室に區劃し、圖-5-c に示す様に夫々船體傾斜用水槽、中央空氣室、船體平衡用水槽となし、是等の3室の底は何れも空船時に於ける吃水線より僅に上方に位置せしむる構造とする。而して舳部及艫部は兩舷側上甲板に於て連結し内部を水密構造の空氣室となし、一舷側(載荷甲板の下向傾斜せる方向の舷側)には旋回浮扉を設け上甲板を連結せる空氣室の底面に蝶番によりて取付け、支持點を中心として圖-5-d に示す如く旋回せしめ得るものとなす。他の舷側は船側一帯に互り船體平衡用水槽となす。各水槽には何れも底部に通水孔を設け、上甲板上より操作して開閉し得る通水弁を設ける。又旋回浮扉は底部に於て船體に拘止し得る機構とし、是が開閉は上甲板上に於て操作し得る構造とする。大略以上の如き構造であつて船體の運搬は曳船により曳航するものである。

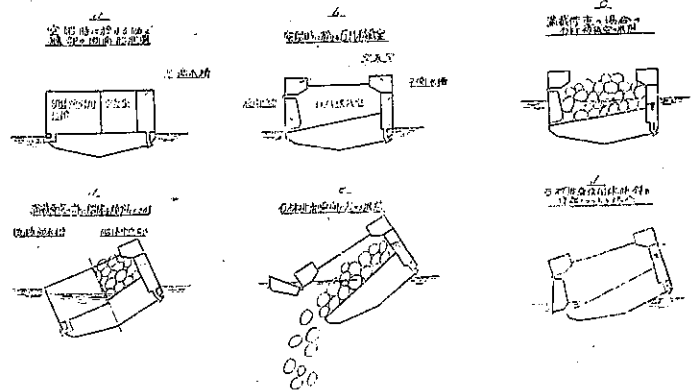
本船を使用して捨石するには、先づ各水槽の通水孔を閉塞し旋回浮扉は船體に拘止せしめたる状態の許に、石材積取場に於て成る可く平衡水槽のある舷側を接岸せしめて緊留する。是は可動旋回浮扉が稍もすれば損傷を受け易き爲、接岸緊留の際衝撃を受くる機會を少くし、扉の水密を確實に保持せしめむが爲である。斯くして石材の積取りを開始すれば、大塊の石材を起重機の類を以て積載する場合等に於ては、積載甲板が傾斜せる爲該甲板の下降舷側に向つて石材が集中する傾向を生じ、爲に船體は同方向に向つて傾斜することがある。併し本船は載荷により直ちに吃水を増加する爲、旋回浮扉の下部は直ちに水中に没し新たなる浮力を船體に附加する故に幾分是を防止し得、更に是を防止し得ざる場合に於ては、平衡水槽の通水孔を開きて同水槽内に自然に充水せしむれば、一舷側に於ては(+)の浮力となり他の舷側に於ては(-)の浮力となる故に、極めて簡単に船體の平均を保ちつゝ荷役を繼續し得る。斯の如くして石材を適量積取る。勿論此場合水は石材積載室に侵入し來り大部分の石材は水中に浸漬せられて居るのである。石材の積取りを終らば曳船により所要地點に向つて曳航する。所要地點に近付けば先づ舳及艫部の船體傾斜用水槽の通水孔を開く。然る時は水は該水槽内に自然に侵入し來り船體

は傾斜し始む。適當に傾斜したる時該水槽の通水孔を閉塞す。適當に傾斜したる時と言ふは旋回浮扉が開放せらるれば何時にても積載せる石材を排出せしめ得る再度の傾斜を指すものであつて、實驗の結果によれば  $30^\circ$  内外に相當するものである。此場合積載甲板に  $10^\circ$  の勾配ありとせば、石材は  $40^\circ$  の傾斜を受くる爲普通の石材（火成岩或は硬質砂岩等）なれば充分沁出し得るものである。斯くして石材を直ちに排棄し得る状態となし、船體が正確に所要地點に曳航され來りたる時一齊に舷側の旋回浮扉を開く。即ち單に旋回浮扉の拘止装置を外すのである。然る時は旋回浮扉は始め石材の壓力によりて外方に向つて押され後には自己の浮力によりて旋回開放し、船體の動搖を抑止しつゝ水面に浮揚す。斯くなる時旋回浮扉の有する浮力は一時（旋回の瞬間）急に船體を離るゝ爲、浮扉旋回の瞬間船體は更に傾斜を増大し、積載せる石材に亘動の機運を興ふる結果、石材は一齊に亘動を開始し船外に排棄せらるゝ。而して石材の排棄を終れば船體は急激に浮上し、平衡水槽内の水の重量によりて幾分傾斜を恢復する。此時傾斜水槽の通水孔を開けば始め浸入したる水は逆に排出を始め漸次船體は浮揚しつゝ傾斜を恢復する。斯くて正常の位置に復したる時平衡水槽の通水孔を開けば該水槽内の水も亦自然に排出せられて遂には全く空船時の状態に復歸する。此時旋回浮扉は船體の復起と共に自然に而も徐々に舊位置に復するを以て是を船體に拘止して船體の操作を終り曳航を續けて歸航するのである。本船の作用は概略以上の如くであるが、茲で注意すべきことは、本船の様式が船體の一舷側内にある水槽に注水して船體の傾斜を計る方法なる爲、通水孔の止水瓣に故障を生じたる場合には、何等かの保安装置なくしては、船體は其儘沈没するか或は轉覆する危険を多分に有することである。依而本船に於ては此危険に備へむが爲上甲板上に於て軸及艀部を連結する空氣室を設け、船體の強度を増強せしむる以外に、船體が過度の傾斜を生ぜむとする時は本空氣室が水中に没入して、茲に新たなる浮力を船體に附與し、何等かの故障により水槽内への浸水を防止し得ざる場合に於ても、船體を半沈の儘維持して轉覆或ひは沈没等の危険を除去せしめ得る方法を探つたのである。

圖-6 に示すものは本船の作用を圖解せるものであつて圖中

- a は空船時に於ける軸及艀部の断面形状  
 b は空船時に於ける石材積載室の形状  
 c は滿載荷重の場合の石材積載室の状態  
 d は滿載荷重の許に船體を傾斜したる場合  
 e は石材排棄瞬間に於ける状態  
 f は石材排棄後船體傾斜を復起しつゝある場合
- を示せるものである。

圖-6. 著者の考案せる捨石船の作用圖

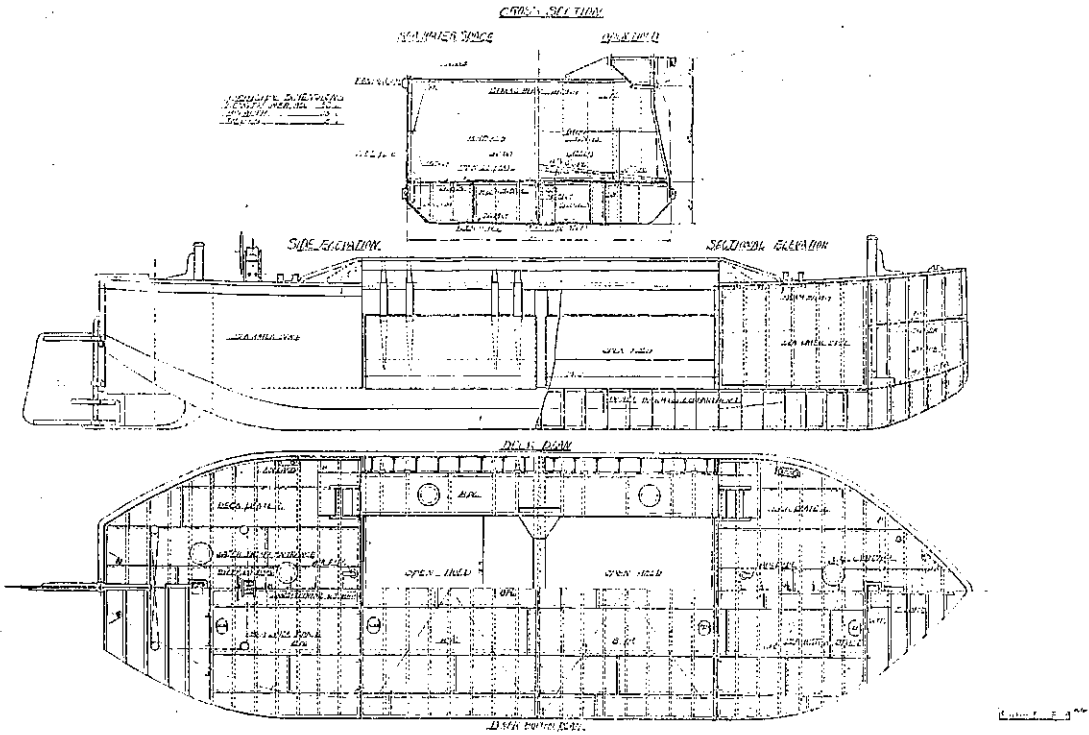


以上は著者の考案せる特殊捨石船に就いて極めて概念的に其作用を説明したものであるが、本船を使用して捨石作業を実施する時は次の如き諸種の利點を擧げ得る。

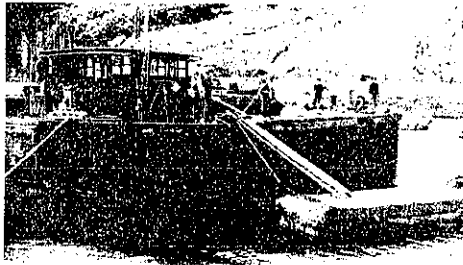
- (1) 何等の動力をも使用することなく極めて簡易なる操作により自由に大量の捨石をなし得ること
- (2) 運航姿勢の儘所要地點に正確に捨石し得ること
- (3) 積載せる石材の塊の大小或は重量の多寡に拘らず隨意に捨石し得ること
- (4) 作業は比較的安易にして船體は轉覆沈没の危険なきこと
- (5) 船體の維持及修繕は他の様式に比し著しく簡易なること

但し本船の缺點とする處は他様式の捨石船に比して稍吃水を大にし特に石材排棄の際に於て更に吃水を増大する

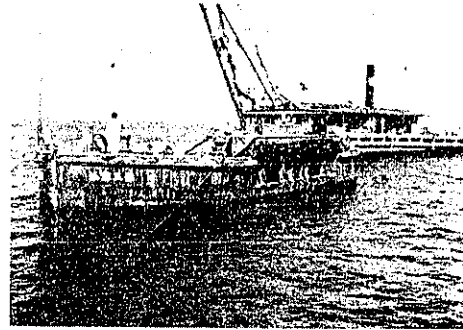
圖-7. 著者の考案せる捨石船設計圖  
(現在使用中)



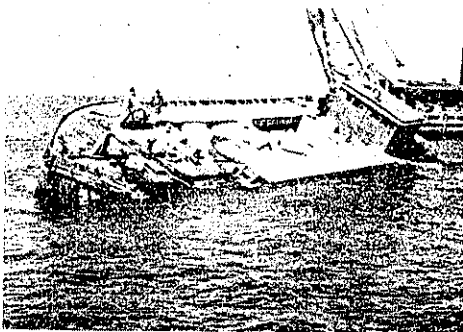
寫眞-2. a. 著者の考案せる捨石船  
(石材積取中の状態) (基隆要塞司令部許可済)



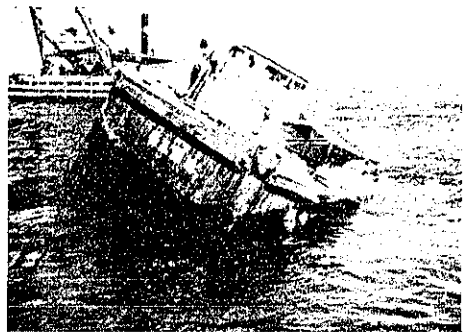
寫眞-2. b. 著者の考案せる捨石船  
(石材満載後の状態) (基隆要塞司令部許可済)



寫眞-2. c. 同上 (船體傾斜中の状態)  
(基隆要塞司令部許可済)



寫眞-2. d. 同上 (石材を排出せむとする瞬間)  
(基隆要塞司令部許可済)





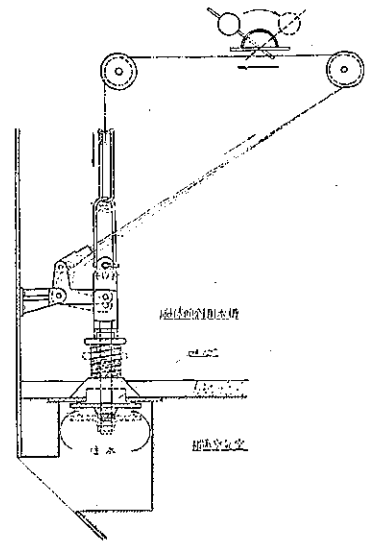
ことであるが、一般に拾石作業を実施する必要がある様な地點に於ては、此事は致命的な缺陷とはなり得ないことが想像せらるゝのである。

次に本船の構造詳細並に本船を使用して拾石を実施せる結果に就き述ぶることとする。

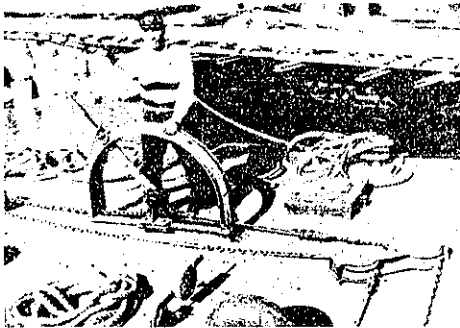
著者の使用せる船體は圖-7 に示す如く、全長 82'-0"、全幅 25'-0"、全高 14'-0" の鋼製船體にして積載量は硬質砂岩一塊の重量 3 噸以下のもの約 90m<sup>3</sup> である。空船時に於て吃水 2'-11"、満載時に於て 7'-5"~8'-0" となつて居る。本船は始め石材積載甲板を水平となし、左右兩舷側に旋回浮扉を設けて左右任意の舷側より自由に拾石せしめ得る構造なりしを、實際に使用したる結果、後に述ぶる如き缺陷を發見したる爲茲に示す如く改造せるものであつて、未だ試作の域を脱せず完全なるものとは稱し得ない。寫眞-2 は本船の作業狀況を撮影せるものである。

各水槽に設ける通水孔の瓣は圖-8 に示す如く、常に水壓を利用して閉塞し得る構造となし、開放せんが爲には上甲板に設けたる取手に附したる重錘とスプリングを利用して開放せしむるものであつて、何等かの故障を生じた場合は常に自から閉塞せむとする傾向を有する構造たらしめたのである。實際に使用の結果は殆んど故障を生ずることはないが、常に海水と空氣に交互に接觸する爲腐蝕甚だしく、特にスプリングの保持には周到なる注意を要することを經驗せしめられた。更に本船に於ては水槽の容積に比して瓣の口径小に過ぎ、注水排水に約 8 分内外の時間を要する爲、出來得る限り通水量大なる瓣を裝備せしめて短時間内に船體の傾斜並に復起

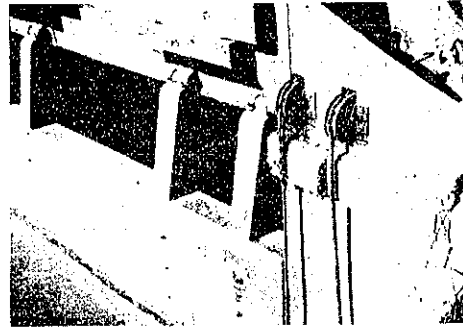
圖-8. 各水槽の通水孔開閉装置圖



寫眞-3. a. 旋回浮扉の開閉装置（甲板上のハンドルを示す）（基隆要塞司令部許可済）



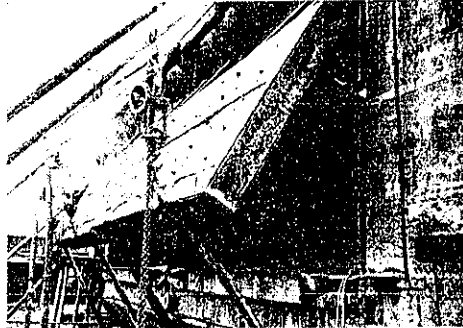
寫眞-3. b. 旋回浮扉の開閉装置（舷側の無端狀鐵鎖取付狀況を示す）（基隆要塞司令部許可済）



寫眞-3. c. 同上（浮扉拘止、開放装置の詳細を示す）（基隆要塞司令部許可済）



寫眞-3. d. 同上（浮扉拘止、開放装置の全貌）（基隆要塞司令部許可済）



をなさしむる様努むる事が肝要なるを認めざるを得ない。現在取付けたるは口径 12 吋であるが少なくとも本船の場合に於ては 18" 以上にするを適當と認める。尙躰の様式をスルースバルブとせば口径大なる場合に於ても操作は簡單であるが、瞬間的に開放、閉塞し得るを目的として特に本様式のものとしたのである。

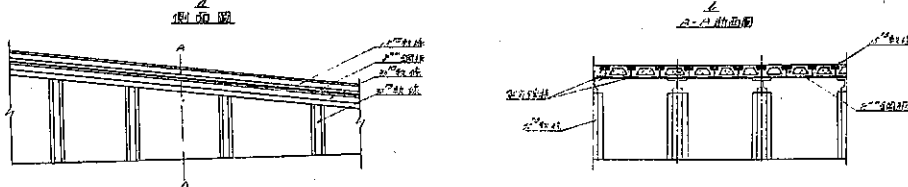
旋回浮扉の開閉装置は圖-9 並に寫眞-3 に示す如く、無端狀鐵鎖を運動せしむることによりて拘止金具に回轉運動を與へ、浮扉が石材の重量により強大なる壓力を受けたる場合にも極めて

輕快に開放し得る構造とした。實施の結果によれば其成績は比較的良好なるも、石材を滿載せる場合には水夫 1 人の力にては開放せしむるに稍困難を感じる程度にて 2 人を以てする時は容易に開放し得るを體驗した。然し乍ら無端狀鐵鎖が寫眞-3-b, d に見る如く船側に露出せる爲諸種の外傷を受け易く、是が爲特に屈曲點に於ては摩擦大となり輕快なる操作を妨ぐる傾向ある爲、是は船側内に鋼管の類を配置し外傷を受くることなく輕快に管内を運動せしめ得る様設備する必要あるを痛感せしめられた。

石材積載甲板の傾斜は 5° としたるも實施の結果並に 模型實驗の結果によれば 8°~10° 内外にするを適當とし、石材吐出口に於ては局部的に 20° 内外の急勾配となして石材の殘留を防止する方が結果はよい様である。何となれば積載甲板の傾斜角度を大にすれば、夫丈け船體傾斜の角度を小にすることを得るが、積載量を著しく減少し且積込み作業に困難を感じる爲最大限 10° を主張するものである。

積載甲板の構造は始め厚さ 8mm 甲板材の上に約 8cm 厚のコンクリートを打ち要所に木材を挿入して、此表面一帯を 6mm 鋼板を以て張り立て角釘を以て下部木材に強固に釘綴したが、大量の石材が瞬間的に上動する爲釘頭は直ちに磨滅して鋼板は剝がれて反り返り、是が補修に暇無き爲、圖-10 に示す如く甲板鋼板上に 15kg 軌條を熔接して、軌條間の空隙は 6mm 鐵筋を挿入せる鐵筋コンクリートを以て填充する構造となし稍其目的

圖-10. 石材積載甲板構造詳細圖

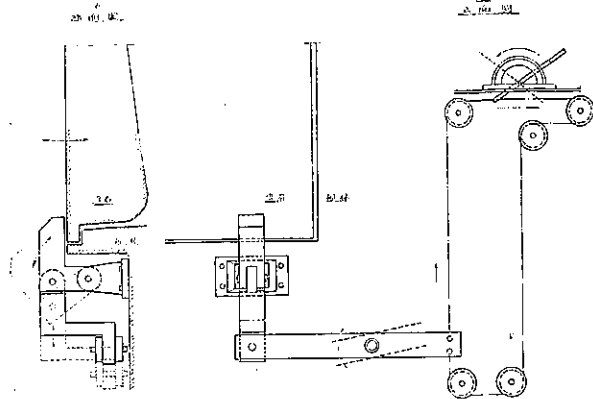


を達し得るに到つた。本甲板の構造は巨大なる石材の摩擦に堪へ動し易く且下部構造の水密性に影響無き様構成せしむることを必要とする故に、更に研究を要するものと思料する。厚さ 7~9 cm の防腐處理を施せる木造甲板となし、是を甲板鋼板に植へ込みたるボルトに取付くるも一方法ならむかと想像する。

此外石材積載室の周圍表面は石材積込みの際石材の大なる衝撃を受くる爲、船體外板の表面を厚さ 7~9 cm 内外の木材を以て張り立て表面を防護する必要がある。特に浮扉の石材に接する面は浮扉の外鋼板上を末口 9cm 内外の杉丸太を以て張り立て、其上を更に厚さ 7~9 cm 内外の木材を以て一面に防護する等、特別の防護を加へて浮扉の水密性を保持せしめなければならない。

次に本船の最も失敗せる點は船體形狀であつて、船の幅員に對して餘りに長さの短かゝりしこと、及び船底を平面になせることである。本船は比較的吃水大にして且曳航速度は緩慢なる爲、曳航の際船尾に渦流を生じ滿船せる場合には甚だしく舵の利き悪く圖-7 に示せる如き巨大なる舵を裝備して始めて意の如く船體を操縱し得るの

圖-9. 旋回浮扉開閉装置圖



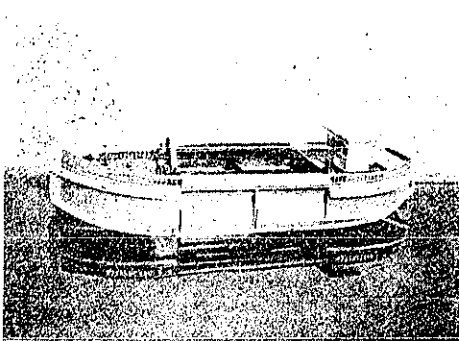
である。然るに此結果は波浪大なる場合、捨石作業に當り船體を傾斜せしめたる時、舵は波浪に翻弄せられて操舵機は安全に保持せられざるに到り、強ひて保持せむとする時は波浪より受くる衝撃の爲、操舵機は屢く破損せらるゝことゝなつたのである。依而船形は許す限り細長なるものとし、船底は水切りをよくして船尾に渦流を生ぜしめず、つとめて舵は小型のものとなし得る様造船専門家の教示を仰がねばならない。

以上の外本船を使用して捨石を実施せる經驗並に 模型試験の結果によれば、舳及び艫部の船體傾斜用水槽には其底面に於て石材積載甲板と同様に約  $10^\circ$  内外の傾斜を付すること、及び旋回浮扉は出來得る限り下部を大となすこと、船側上甲板上の空氣室は船體構造の許す限り上方に位置せしむること、等は本船の機能を更に合理化して捨石作業の能率を増進するものなることを發見した次第である。

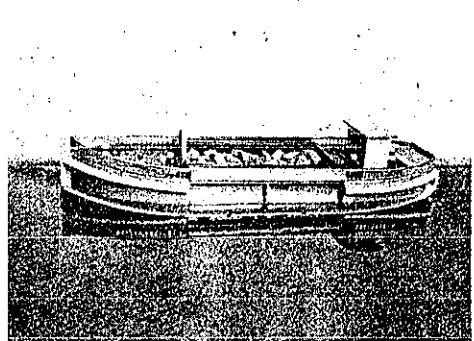
著者は以上の如く本船を建造して實際に使用せる結果に基き、尙上記の如き二、三の改良す可き點を發見したるを以て、是等を具現せる船體を新に建造して實際に使用し其結果を知らむとしたれども、著者の擔當せる捨石工事は既に竣功に近く、且諸物價の騰貴は昭和 11 年本船を建造せる時僅に 35 000 圓なりしものが最近に於ては 100 000 圓以上を要し、且資材入手も極めて困難となれる爲遂に之を中止し、僅に模型實驗を以て是が成績を想像するに留まらざるを得ざるに到つたのである。以上の次第で茲に 實際使用の結果を披露し得ないのは甚だ遺憾とする處であるが、著者の經驗によれば此種模型實驗は極めて慎重なる注意を以て實施する時、其結果は實物の場合と殆んど差異無きを認め得るが故に、茲に著者の提案せる前記改良案に基き製作せる模型に就き實驗せる處を、寫眞-4 を以て示し參考に供することゝする。

模型は 16 oz. 銅板を以て製作し接合は總てハンダ蟻付けとした。寸法は圖-11 に示す通りであるが是は實物の 1/100 大を目標としたもので、積載する石材も大略 1/100 を目標として其大きさを決定したものである。船體の吃水は實物の場合にも實施する様に船底にモルタルを以て重量を附加して調整を取つた。水槽の通水瓣は甲板上に空氣瓣を設け之が開放により槽内に注水せしむることゝし、浮扉は豫め糸にて船體に緊迫し置き石材を排棄せし

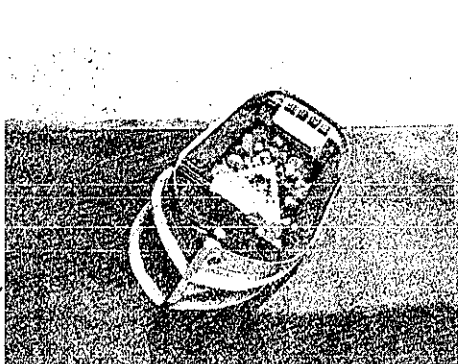
寫眞-4. a. 模 型 (空船時の状態)



寫眞-4. b. 模 型 (満船時の状態)



寫眞-4. c. 同 上 (傾斜せる状態)



寫眞-4. d. 同 上 (將に石材を排棄せむとする状態)

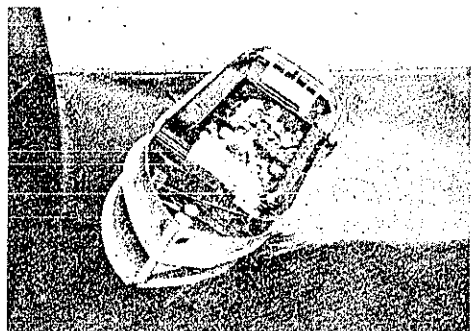
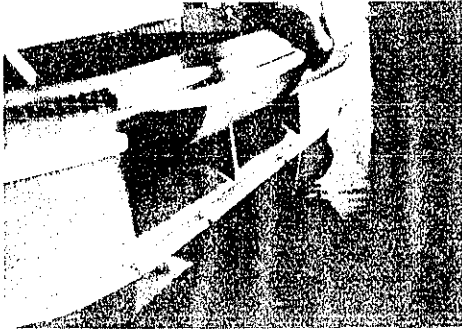


写真-4. e. 模 型 (旋回浮扉及び積載甲板の状態)



むる際には船體に衝撃を與へざる様鉄を以て此糸を切斷して扉を開放せしむる方法を採用した。

最後に本船を使用した結果其運営並に維持修繕に就き一言する。

本船は先に述べたる如く何等の機械力をも使用せず、單に通水瓣の開閉装置と浮扉の開閉装置とを裝備する以外、一般船體構造をなす爲年1回或は2回定期的に乗架或は入渠せしめて船體の手入れをなす以外特に入渠或は乗架を必要としない。

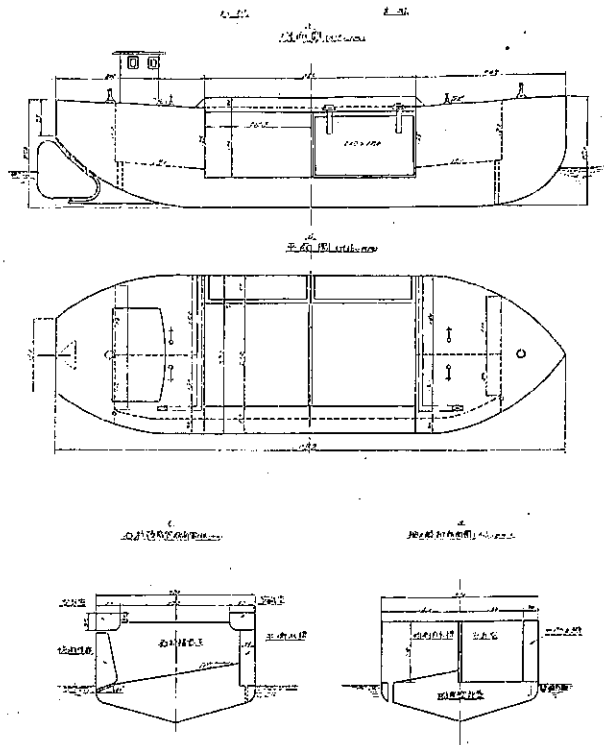
通水瓣、浮扉、或は是等の開閉装置、又は石材積載用甲板等は何れも空船時に於て吃水面以上にある爲、船體繋留の儘、極めて簡単に検査、手入れ又は修繕を施す事が出来る。從而側開船或は底開船に比し其維持修繕費は著しく軽減する事を得るものである。

乗組員は操舵手1名水夫4名計5名を定員とする。水夫4名は艀部及艄部を各2名が擔任して、通水瓣及浮扉の開閉に任じ、石材積込中は是が荷役作業に當る。乗組員は熟練すれば、積載せる石材の塊の大小並に量の多寡により、船體を傾斜せしむるに要する時間(滿船時に於て8分内外)並に必要な傾斜角度(30°内外)を熟知する結果、船體の曳航速度を考慮して適當なる時期に傾斜用水槽の通水瓣を開き、所要地點に來りたる時適度の傾斜を得て、其儘浮扉を開きて捨石し石材排棄後は自然に排水に移る爲甚だ要領よく作業を進行せしむるものである。波浪に對しては監督者に於て1.0m以上の波高に達する時は作業を中止せしむるを原則としつゝあるも、乗組員は他様式の捨石船に對する競争心理上2.0m以内の波に對しては充分安全なるを主張し作業を遂行せしむる状況にある。著者の體驗によれば1.5m以内の波高に對しては熟練せる船員を得れば絶対に安全なることを信ずる。

## 結 言

以上捨石工法に就いて従來行はるゝ施行法に關し其得失を述べ、最後に著者の考案せる捨石船の構造と作用を述べたが、元來捨石工法なるものは極めて單純なものであつて、何等研究の價値は無いものかも知れぬが、是が工費は一般に比較的巨額に上り全工事費に影響することが尠くないので茲に敢て本文を草した次第である。抑も船體構造となれば造船學上の問題であつて土木技術の領域を離れたものである。然し吾々の領域に於てのみ使用する船體に關しては比較的専門家の關心を得られないので、止むを得ず之が研究に乘出して見た。從而學術的には何等の興味もなく價値も無いが、施行上何等かの得る點があれば満足する處である。茲に述べた捨石船は以上の次第で全く實驗的に模型試験より出發して設計建造したものである。是を力學的に解析すれば重心の移動、浮心

圖-11. 捨石船模型寸法及び構造圖



の移動等相當厄介な問題が關連して簡單には解き得られない。著者は始め積載甲板を水平にし兩舷側に浮扉を設け、上甲板の空氣室を省き（此空氣室ある時は過度の傾斜を得られない）、左右何れの舷側よりも任意に捨石し得る構造の船體としたのである（帝國政府特許第 119 151 號）。然るに實際に使用したる結果、船體を過度に傾斜する必要がある爲、乗組員の安全は保證し難く、通水弁に故障を生じ且旋回浮扉が何等かの故障により開放せざる時は直ちに其儘沈没することを知つたのである。依而茲に前記の如く改造し、始めて安全に且容易に捨石し得ることとなつたのである。一見特定の片舷のみより捨石せざる可らざるは甚だ不便の觀があるが、實際使用の結果に於ては何等の苦情なく、船體傾斜は比較的輕度なる爲傾斜後に於ても自由に所要地點に曳航することを得て、往航或ひは復航何れかに捨石することにより何等の支障をも感じない。唯茲に遺憾とする處は現在使用中のものが前記の如く、最初の案を改造せるものであつて、場所によりては構造上根本的の改造が不可能なる點あり、著者のまだ充分満足せるものに非ざることであつて、理想案に對しては單に模型實驗の結果以外を報告し得ないことである。

極めて單純なる捨石工法に關し述ぶる處頗る冗長にして而も何等學術的興味なく冷汗を禁じ得ない。幸に同情ある先輩諸賢の御笑聽を賜らば幸甚とする處である。

#### 附 記

積載甲板を水平にし兩舷側に浮扉を設けて、左右任意の舷側より捨石し得る構造の捨石運搬船は帝國政府特許第 119 151 號として登録せらる。

積載甲板に傾斜を付し片舷のみより捨石せしむる構造の捨石船は目下特許公告中のものである。

終りに本文起草に當り圖面製作並に寫眞撮影に關し基隆築港出張所勤務橋本義延君及田村秀雄君の御援助を頂きたるを記し厚く謝意を表する。