

(昭和30年11月造船協会秋季講演会に於て講演)

## 傾倒復元式土運船\*

正員 工 学 士 小 岩 健\*\*

Self dumping hopper barge

By Takeshi Koiwa, *Kogakushi, Member*

Abstract

By flooding water tight compartment arranged in side of hopper, the ship is easily capsized and all mud in the hopper is dumped.

For large angle of inclination of the ship, the water in the compartment rights the ship, and as the compartment situated above the light draft, the is discharged through the bottom valve at small inclination Therefore the ship regain her stability at the slope. All the valve control is manoeuvred electrically on the tug boat by captyre wire conneted to the ship. The ship has special under water form] and there is no need of steering during towing. One ship was completed in 1954 and other two larger type in 1955 by Watanabe Steel Works in Tokyo.

## 概 要

本型式土運船は従来の底開式又は側開式土運船と異り、船其のものが転倒し泥艙内の泥土を海中に排棄後自然に水平に復するものである。従て従来型式に於ける様に泥艙扉、其の開閉装置及びそれを取扱う人員を必要としない。更に船が転倒復元するので乗員はなしで、操舵しなくとも曳船の航跡通りに進む事を特長としたものである。

即ち泥艙両側に注水区劃を設け其の底板は空船吃水線以上とし、泥土搭載時は其の注排水弁を開放すれば、注水が始まり船を傾倒させ、泥土排除後は吃水が少くなるので区劃内の水は自然に排除される。又泥土排出後大角度傾斜の折、船の固有復元艇子は負となるが、注排水区劃内の水は舷側にあるので復元力率となつて、船との総合復元力率が常に正となる様計画されたものである。因みに本研究は昭和24年より始め詳細な模型実験を行い成功し、昭和26年株式会社渡辺製鋼所が工業化助成金により泥艙容積 36m<sup>3</sup> のものを一隻を試作する事に定り、29年完成したものである。而して其の結果に基づいて昭和30年に泥艙容積 120m<sup>3</sup> のもの二隻が第四港湾建設局の注文に依り建造された。此の2種のもは大きさは異なるが型状は殆ど相似のものである。其の主要寸法は下の通りである。

泥艙容積	36m <sup>3</sup>	120m <sup>3</sup>
L (全長)	19m	28.2m
B (型幅)	4m	6.6m
D (型深)	1.9m	2.84m
空船排水量	21.23T	71.250T
KG	1.170m	1.769m

(1) 船体、形状、本型式船は傾倒の途中トリムを生ずる事は好しくないので前後対称の形とし、且航海中の安定及大傾斜時の復元力を増す為に、泥艙前後部に 36m<sup>3</sup> では高さ 700m, 120m<sup>3</sup> では 1.040m の高さの水防船首船尾楼甲板を設けた(第1図)。更に大角度傾斜時船体の負復力を少くする為船尾彎曲部は可なり思い切て大きくした。但し建造の簡易化を期し横断面形状は同じ傾斜を持つ直線型とし船尾は追従性向上の為相当大きな艦構造を附した。

(2) 構造、中央横截面図(第2図)に示す通り、板厚(単位mm)は

泥艙容積	36m <sup>3</sup>	120m <sup>3</sup>
外 板	6	9
平板竜骨	9	12

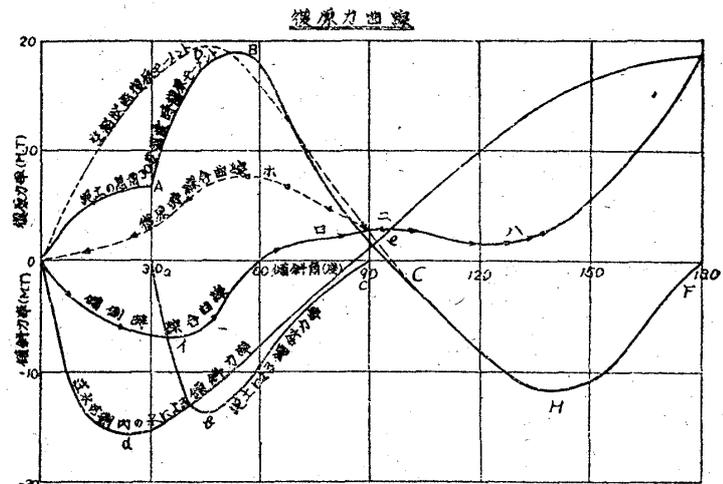
\* 原稿受付、昭和30年7月15日

\*\* 運輸省第二港湾建設局横浜機械工場



線上にある為、曳航中多少の海水が区劃内に入る事があるとしても船の傾斜及び動揺性能には殆ど影響がない。尚開放した儘に置く一因は、弁のゴム当りの保持の点より、常時締めて置くより工合が宜しく、且つ開閉装置が極めて簡略となるからである。

注排水弁は第4図の様に水防の為ゴム押えを有し常時は発条により常に開放の位置にあつて閉鎖する時は発条の力に打ち勝つて行く必要がある。それで第4図上方は其の閉鎖装置を示し、挺子装置で注排水弁を締めるものである。而して其の挺子装置に掛金があつて戻止になつて居る。従て其の掛金を電磁弁で作動させると弁は発条の力によつて直ちに開かれる。次に掛金を作動する電磁弁はキャプタイヤ線を曳索と併行に導き曳船上より操作する。但し 120m<sup>3</sup> のものは電線入り鋼索を用い且電池も土運船の中に装置し其の取扱いを簡便とした。



第 3 図

泥 倉 排 水 装 置

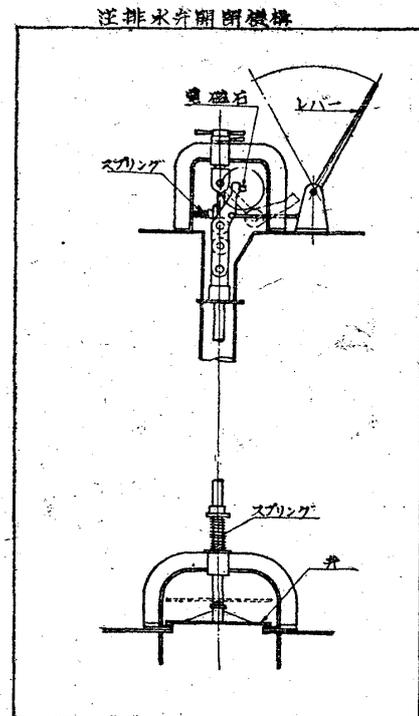
傾倒後復元の際泥倉には当然海水が入るので之を排水する必要がある。従て泥倉内に円板型蝶番を 36m<sup>3</sup> には 4 個 120m<sup>3</sup> には 8 個設けた。同弁は弁の直径に軸が取付けられ、回転し得るが片方は重量が大で、常に開いた位置にあり、他の片側は重量は少いが面積が大としており、泥土が塔載されると、其の重みで自然に閉鎖され、泥土が同弁を通らぬ様にした。従て傾倒して泥がなくなると、弁は開き泥倉内の海水は同弁より船外に排出される。

本弁は直径 500mm で 36m<sup>3</sup> も 120m<sup>3</sup> 同様である。上述の二装置は概ね所期の目的を達したが耐久性に就て今後の改良の余地があると考えられる。最後に繋留装置は船首尾に双繋柱を両舷各一個、船体中央部にも一個取付けた。尚前後部の双繋柱は注水区劃空気抜けを兼用して居る。

傾 倒 復 元 塔 載 状 態

浚渫する泥土はポンプ船に依る場合を除いて比重約 1.6~2.0 である。又塔載量も満載と云ても一定のものでない。120m<sup>3</sup> 土運搬に就てそれ等と GM, 排水量との関係を表示すると

塔載容積 m <sup>3</sup>	泥土比重	GM (m)	排水量 (T)	吃水 (m)
120	2.0	0.732	311	2.640
	1.8	0.722	287	2.495
	1.6	0.733	263	2.334
100	2.0	1.074	271.6	2.384
	1.8	1.086	251.6	2.255
	1.6	1.106	231.6	2.124
80	2.0	1.383	231.6	2.124
	1.8	1.396	215.0	2.017
	1.6	1.417	199.0	1.916



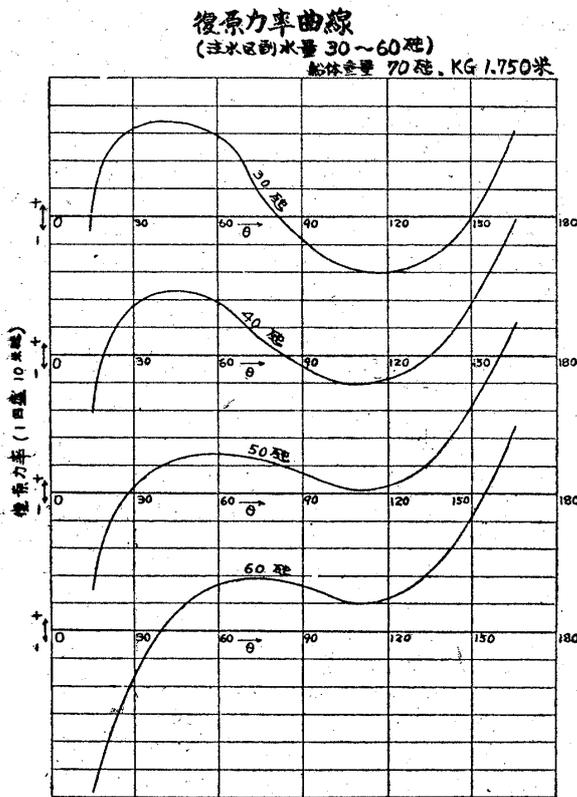
第 4 図

の様に GM が 0.700m より 1.4m 迄吃水も 2.600m より 1.900m の範囲があつて計画は泥土 80m<sup>3</sup> 以上塔載すれば傾倒復元する様にした。併し実際は泥土の粘性流動性によつて其の影響が区々であるので、外舷を吃水 2.2m で色分けをして必ず 2.2m 以上塔載する様使用者側に要求を出した。尚排水量に対し GM が一般船艇よ

り大きいのは自由水面の影響を修正して居らないからでそれ等の影響を差し引けば一般の場合と大した相違はない。但し  $OG$  が負であるから  $GM \approx 0$  の場合でも相当安定が宜しかった。

### 傾 倒 復 元

此の場合船の排水量は注排水区劃内の水量及び泥艙内の泥土は傾斜角に従って変化するので其の力率で論ずる事とした。即ち第3図に示す様に傾倒力率は  $90^\circ$  迄に於ては、注水区劃内の水、傾斜した泥艙内の泥土で、復元力率は船体のものであり、 $90^\circ$  以上では之が反対になる。そしてそれ等の代数的和の総合復元力率が一端泥艙内の泥土が排出された以後は常に正である事が必要である。第4図に於て泥の息角を  $30^\circ$  と仮定したので泥土の傾斜力率は  $30^\circ$  以上に現れると同時に泥土の排出に伴つて船体が軽くなるので船体の復元力率も急に大きくなり  $60^\circ$  で静力学的には釣合う事になるが本現象は動力的のものであるので其の時迄の勢力を失う迄傾斜は進み本例では、 $120^\circ \sim 150^\circ$  位迄転倒し直ちに復元する。然るに一般に泥土は粘性が高いので  $180^\circ$  位迄傾いても直ちに復元すると泥艙の底面の泥が落ち去らない場合がある。第3図は  $36m^3$  の泥艙満載息角  $30^\circ$  注水区劃が満水で転倒後直ちに起き上がる例である。粘性の少い泥土に就ては此の状態で差支えなく復元時間も少く好都合である。併し其の粘性の大きい場合は大傾斜した儘少時  $1 \sim 2$  分其の儘で船の動揺等によつて泥艙内の泥が洗い落とされる事が肝要である。



第 5 図

それで船が転倒したものとし注水量の復元効果を  $120m^3$  に就て調査した処第5図に示す様に注水量が  $50T$  以上あれば  $90^\circ$  以上に直ちに復元する。従てそれ以下では復元しない事になるが  $50T$  以下の場合注水区劃内の水面と船の吃水の関係を、換言すると大傾斜の場合  $50T$  の区劃内水面が吃水線と同じになる様にしてそれ以下の時は吃水線以下で  $50T$  迄は空気抜弁より水が入る様にして置けばよい。即ち  $50T$  以下の場合或る大傾斜角で釣合て静止しても区劃内の水位は吃水線以下であるので徐々に双繫柱の空気抜弁より海水が浸入して区劃内の空気は注排水弁を通じて去り、水量が所定量に達して始めて船が起き上がる。事実  $120m^3$  に就て満載の折傾倒に必要な水量は約  $30T$  であるので、 $20T$  程度の水が傾倒後に船内に入って始めて起き上がるものである。次に船の復元が進み  $45^\circ$  迄は注水量一杯(約  $60T$ )でも船の復元力が大きいので其処迄は起き上がるがそれ以上の復元は水量が減じなければならぬ。此の場合船の吃水線上に注水区劃内水面があるので注排水弁を通じて海水は自然排除される。換言すると注水量の傾倒力率と船の復元力とが釣合いを保つ区劃内水面は常に吃水線上にある様に定めた。其の結果模型及び実船試験に於て傾倒復元に関して些かの不安もなかつた。

### 追 従 性

本型式船は被曳船であるから曳索によつて船首が旋回する傾向のあるのは当然である。従て水線下水圧中心が船体重心より後部にあれば此の現象は起り得る。故に鰭を設け水圧中心を後部に移すと共に船首形状をマイヤー型に近いものとし旋回に当て船首に揚力に相当する旋回抵抗を生じない形状としたものである。

実験の結果模型では曳索の方向通りに船は向首し、実船では浅い海面で推進機後流が海底に反射し強く船首に当る場合及び曳索を短かくし其の後流の影響がある場合 ( $36m^3$  に就ては曳索長  $25m$  以下) は船首を僅かに振る傾向があつたが、極端の波状航跡は示さず操舵の必要は認められなかつた。 $120m^3$  は曳索長  $50m$  と定めた処其の懸念は起らず追従性は良好であつた。

### 実験及び使用成績

36m<sup>3</sup> は竣工後 28年 8月より 29年 3月迄渡辺製鋼所岸壁で 10回、29年 6月以降 30年 1月横須賀長浦港浚渫工事に約 80回使用され、120m<sup>3</sup> は 30年 5月 6日より横浜港に於て 6回 目下第四港湾建設局で下関港及び洞の海湾浚渫工事に使用されて居る。

傾倒復元状況、本型式の傾斜による安定の減少は上甲板、泥艙上面、船首尾楼甲板が水に浸る度に急に減少する。従て注水による傾きは上甲板が水面に達する迄は安定がよいので極めて静かに、次に泥艙上端迄は少し早くなり船首尾楼甲板が水面に達すると急激に傾き 90° を超えると惰力で時には 180° 迄傾くが少くとも 120°~130° 迄は傾く。泥の落ち工合は砂の様なもの 70° 位迄は殆ど落ちないが軟い泥であると 40° 位より落ち始める。併し中心線に泥土の移動防止板があるので場合によつて即ち固い泥土又は積み置きしたものは 180° 位傾て一時に落ちさる。要するに落ち方は千差万別と云てもよいが計画としては息角 30° は少くとも一つの基準とす可きで、120m<sup>3</sup> の時は 15° を基準とした。次に一度転倒し注水区劃に十分の水があれば直ちに 30° 位迄 5~6 秒で起き上る。併し此の状態では、例えば 120° 位傾斜した時十分排土が終らない間に起き上り、泥艙内に残土があつて、其の為に水平にならない場合が起る。従て泥の落ちるのを遅くして船の復元力率が増大せぬ為に移動防止板は極めて有効であつた。斯くして大体確実に 120° 以上に傾く様になり塔載量が大で注水量の少くて傾くので大角度傾倒状況を 1~2 分持続して好結果を得た。36m<sup>3</sup> に就て横須賀長浦の試験成績では吃水 1.800 位とし(殆ど満載)傾倒時間 30 秒~50 秒で大体 170° 傾きそれより 120° 附近に戻るのに 2 分~8 分それより 30° に復元するのに 5 秒~6 秒更に水平に戻るのに 8 分~14 分を要した。120m<sup>3</sup> に就ては実験回数が少ないが、大体同様に吃水 2.500m で 20 秒~50 秒で 180° 位傾斜し、3 分~5 分で 120° 迄、30° 迄は 5 秒~6 秒更に水平になるのに約 15 分を要して居る。

### 追従及び使用状況

追従状況は前述の通りであつて、曳索 25m 以上であれば心配なく、空船の時は曳索長には無関係であつた。即ち吃水が少くなる以外に、曳船と実際の承線上の船首との距離が大となる為である。本型式は乗員がないから浚渫船より曳き出す場合、及びそれへ横付けする時は浚渫船の乗員が本型式船の双繫柱の麻索を解くか、又は緊縛する要がある。併し船を其の位置へ持て来る事、即ち横付けの場合が大いに懸念されれ。36m<sup>3</sup> の時は最初横抱きとして浚渫へ横付けとし、慣れるに従て縦曳きで便利の位置に持て来る事になれた。120m<sup>3</sup> の時は船も大きかつたが、其の経験より縦曳きで横付けする事には最初からそれ程苦勞はしなかつた。曳き出しの際は相当急な旋回をなす要があるが追従性良好であつたので操作は楽である。次に排土作業は微速で行い、30° 位に復元すると原速で曳航し航行中に次第に水平になる。180° 位の転倒状態で曳航する時蛇行を心配したが、泥艙後端隔壁が大きな抵抗となり、其の懸念はなく、120° 位に復元した折も大きな円弧の航跡を画く事もあるが、急激な蛇行は認められず、曳航には楽で、且つ往復時間も在来型に比して一割程度短縮された。次に曳索を取付け取外しも懸念した程の事もなく手軽に行われて居る。要するに今後は注排水関係の機構耐久度が問題になり更に簡単な様式とする必要がある。

### 模型と実船との関係

昭和 24、25 年は 120m<sup>3</sup> のものに就て 1/15 模型を、渡辺製鋼所に於ては昭和 26 年より簡易船型の 36m<sup>3</sup> のものの 1/10 模型で試験を行た。前者は防波堤の基盤にする粗石を投棄する目的であつたので主とし砂利を用い、後者は砂利、砂へドロを使用して土運船に近い材料を用いた。実船では最初渡辺製鋼所で鑄物砂(廃砂)を用いたが之は横型の砂の場合と大体同じ傾向であつたが、へドロの如く粘性のあるものは残土の点で模型と大に異つた。而して泥艙形状を定める為渡辺製鋼所で 1/6 模型で試験した処周囲の囲壁に附着する土量は実船の方が遙かに少く、泥艙弁は模型と同じ結果を示した。併し大体の傾向は 1/10 模型で把握し得て竣工後改造したものは中心線泥土移動防止板のみであつた。

### 結 び

本型式土運船は実用に供しられてから日が浅いので問題は起るであろうが差し当りは

- 1) 固有乗員を殆ど不用とした事。
- 2) 従来の底開式、側開式とも泥土の積み置きを嫌つたが其の心配がない事、又転倒した時の泥艙形状は出口が拡がった形であるから大きな異形物があつても棄土に懸念がない事。

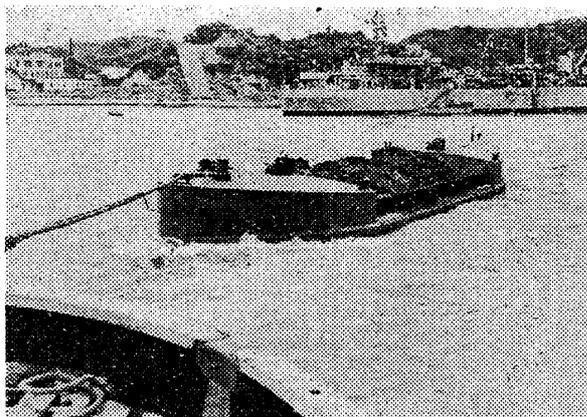


写真 1. 36m<sup>3</sup> 傾倒復元式土運船曳航中(満載)

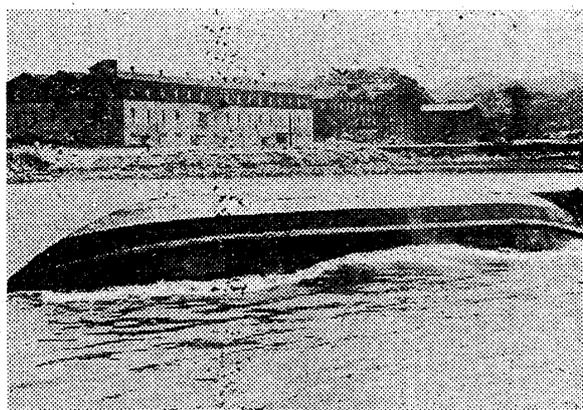


写真 2. 36m<sup>3</sup> 傾倒式土運船大傾斜の儘曳航



写真 3. 36m<sup>3</sup> 傾倒復元式土運船  
90° 迄復元した状況

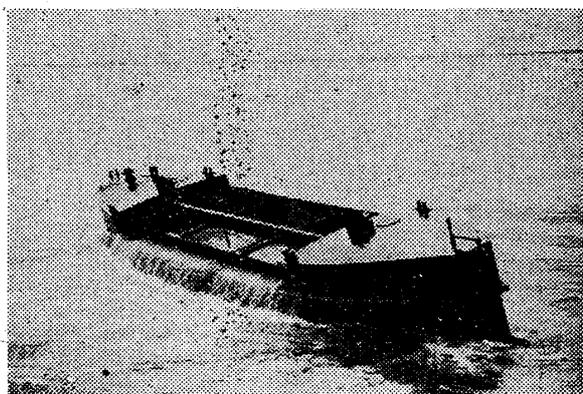


写真 4. 36m<sup>3</sup> 傾倒復元式土運船  
約20° に復元した状況

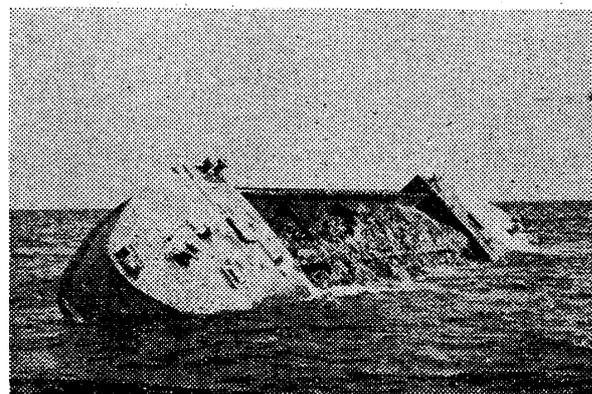


写真 5. 120m<sup>3</sup> 傾倒復元式土運船傾倒中

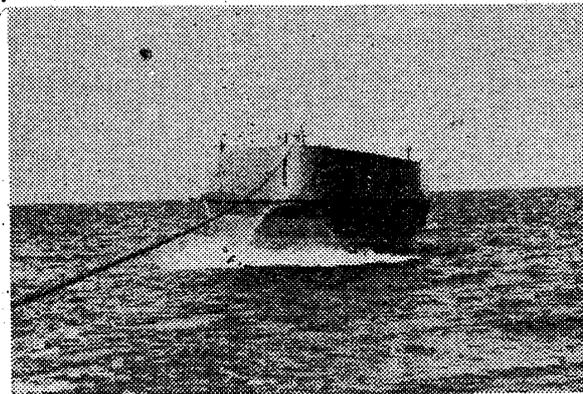


写真 6. 120m<sup>3</sup> 傾倒復元式土運船排土後水平  
に復した状況

3) 棄土往復時間を短縮した事。

は利点とし挙げられ欠点としては現在のものは

1) 満載近く泥土を積みぬと傾倒復元が十分行われない懸念がある事。

が挙げられる。又別の方面よりは

1) 模型と実船との関係は大体相似である。

2) 浸水による船の転覆状況を詳しく計算し得た事が副産物として挙げられる。

最後に本船完成に最初より配慮された運輸省第二港湾建設局横浜機械工場長高木博二氏又、実現に骨を折られた運輸省港湾局機材課長上野省二氏更に基本設計をされた設計協会理事牧野 茂氏、萩野光男氏、詳細設計に苦勞された渡辺製鋼所第二設計課長波多野英二氏及び宇野照夫氏、建造に尽力された渡辺製鋼所に深く謝意を表すものである。