

八戸港沈船防波堤の出来上る迄 (II)¹⁾

正員 小松 雅彦*

HOW THE SUNK-SHIP-BREAKWATER WAS BUILT AT HACHINOE HARBOR

(JSCE Feb.1950)

Masahiko, Komatsu, C. E. Member

Synopsis: In Vol. 34, No.1 of this magazin, the author has reported on the story about mission of Hachinoe Harbor, study on the model test, the decided construction method, stability of the ship as breakwater, the remodelling and reinforcing work to it.

This article is to report in addition to the first report on sand packing, the first towing operation, pump-up work, the second towing operation, sinking operation and condition after it, etc.

6. 砂詰作業

沈設後波の水平力に抗する爲には7 300tの中詰土砂を要することは前記の計算で分るが、当初の沈設予定時期は昭和23年11月～12月頃であつたので、時恰も北太平洋岸のしける時期に入り現場に着いてからポンプ浚渫船を運轉して砂をつめることは到底出来まいと思われたので、曳航前横浜で砂を詰めて行くことにした。砂を積みば曳航中の安定に必要な吃水とトリムを得られるので都合がよい。現場に沈設したまゝ一冬越さねばならぬのだから、吃水とトリムの許す限りなるべく沢山の砂を積みみたい。曳航中の吃水平均7m、トリム約1mを目標として計算により積込む砂の量と分布を定めた。川崎の日立造船所前に水深も適当でありポンプ船の運轉にも便利な処を見つけたので其所へ先づ富島丸を曳いて行き砂詰めを開始した。ポンプ浚渫船は東亜港湾株式会社の大師丸(電動1200 H.P. 浚渫深度12m)を用ひ、浚渫土砂は直径40cmの送砂管で約100m離れた2TLへ導き各船艙口から落した。船体の安定に注意しつゝ予め行つた安定計算によつて定められた順序で甲板上に這わせた送砂管のジョイントをゆるめて所謂「もらしぶき」を行つた。砂をつめるにつれて吃水が深くなつて行くので送砂管が2TLへ移る所には廻轉自在の接手をつけた。電力は3300V、3相交流(カッターモーター其他の動力を含みピーク約1400KVA)を特に布設した送電線から供給した。砂をつめ了えてから蒸汽タービンポンプで上澄水を極力排除した。曳航時の安定計算の教える処によると水の自由表面を生じると安定上不安があり、まして水と共に砂迄移動し始めると砂には水の如き復原力が乏しいので傾斜は益々加わり極めて危険なので排水はできるだけ完全に行ふ必要があるが、船底附近の

水迄排除することは船底に孔を開けるか井戸でも沢山掘つて水をしぼり出さぬ限り到底出来まいと思われたのでせいぜい表面の水を除いたに止めた。間もなく砂の表面は乾燥し平氣で人が歩ける程度になつたのでまづ宜からうということになつたが、いづくぞ知らんまだ下の方には多量の危険な水がひそんでいてその爲にあとで半年以上もの工期延長と多額の工費をくわれる手痛い目にあつたのである。大杉丸の砂詰めも同様に行われたが、東城丸は後に述べる富島丸の廻航時の事故により砂を積むのも考えものとなつたので空船のまま八戸へもつて行つて沈めてから砂詰めを行うこととした。

7. 第一回曳航

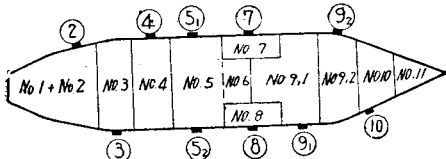
富島丸の曳航準備、即ちハッチに全部ふたをかぶせて海水の入れぬ様にし乗組船員の居住設備、飲料水タンクの取付、沈設用機材や燃料の積込みを終えたのはやつと10月、くゞくゞして居れば三陸沖の航路はしけ始めて回航も出来なくなりさうなので、日本に残つた最優秀船有馬山丸(8000 G.T.ディーゼル6000 H.P.)に曳かれ関係者の激励と花束に送られて10月15日あわただしく出航した。東京湾内は大して波もなかつたが、野島崎の燈台をはるか左にかわす頃けたましい見張員の叫びに前方の闇を透してみれば、今迄力強く響いていた有馬山丸のディーゼルエンジンの音がピタリと止つて曳かれる2TLは情力でみるみる有馬山丸の船尾めがけて突進して行くではないか。取舵一杯、船長の号令で危く衝突を免れたものゝ歩みを止めた2TLはようやく強くなつて来た北風を腹に受けてひどく動揺する。幸い有馬山丸の故障は.40分程で直つて再び針路を北東にとつたがこの頃から船体の異常な傾斜に氣がついた船長が急いで船艙のふたを開いて見ると驚くべし、出発前人が歩ける程乾燥していた砂の表面はあとかたなく、何処から出たとも分らぬ泥水がさ

* 運輸省港湾局建設課技官

1) (I)は34巻1号参照

しつける灯の下に無氣味に動揺している。船体の振動で砂の層中にかくれていた水が表面ににじみ出して砂をこね廻し、しるこの様になり一方に偏つた爲船体を傾斜せしめたものであらう。東京湾を出るか出ないかにこの有様では誠に残念至極であるが、八戸迄の途はまだまだ遠い。強引に曳航を継続して益々傾斜を増しとりかえしのつかないことになつては大変である。船長は断乎帰路につく様有馬山丸に信号した。

圖-1 表-1 の附圖



横浜に帰つて調べてみると表-1 に示す様に出発前の砂の状態が僅か一晝夜の動揺で表-2 の如く変化し、船体は右舷に 8°22' 傾いていた。八戸迄曳航するにはまだまだ排水が不完全であることが分つたので曳

表-1 富島丸第1回出航時の状況

(Table 1. Toshimamaru—at the 1-st Departure)

船 艙	砂の高サ (m)	砂の容積 (m ³)	重 量 (t)	重心高 (m)	重量× 重心高
No. 4	3.6	1260	2150	1.8	3870
5	4.6	2260	3100	2.3	8970
9 ₁	3.3	1220	2080	1.65	3432
9 ₂	9.4	840	1450	1.7	2465
7,8	0	170	170	0.6	102
船 体			3800	7.66	29108
計		5750	13550		48025

平均吃水: 6.075m
 前部吃水: 5.155"
 後部吃水: 6.600"
 龍骨上面より重心迄の高サ=3.54m
 龍骨上面よりメタセンター迄の高サ=8.30"
 故に重心よりメタセンター迄の高サ=4.76"

表-2 富島丸事故後の状況

(Table 2. Toshimamaru—after the accident)

船 艙	砂				水		
	砂の高サ (m)	砂の容積 (m ³)	重 量 (t)	重心高 (m)	水面迄の水の高サ(m)	水の重量 (t)	重心高 (m)
No. 4	3.4	1160	2025	1.6	3.6	35	3.14
5	3.6	1800	3725	1.8	4.6	425	4.10
6	2.5	60	116	0.15	2.5	250	1.55
9 ₁	2.6	960	2025	1.30	3.3	155	2.95
9 ₂	1.15	200	359	0.58	3.4	465	2.28
7,8	0	0	0	0	0.8	170	0.40
計		4180	8250			1500	

龍骨上面より重心迄の高サ = 3.38m 船体内で動揺する液体の
 龍骨上面よりメタセンター迄の高サ = 8.30m 自由表面の船に対する影
 重心, 仮重心間の距離 = 3.12m 響は重心が上昇したと同
 故に龍骨上面より仮重心迄の高サ = 6.50m 昇したと考える重心を仮
 故に仮重心よりメタセンター迄の高サ = 1.80m 重心という

航を翌春迄延期してその間に十分排水することにした。

8. 排水工事

船艙内につめられた砂の中の水を徹底的にしかも最も安上りに除くには如何すればよいか、又つめられた砂の性質を明かにしてどの程度の含水率迄排水すれば動揺に対し安全となるかという2つの問題につき研究が進められた。船底附近の砂の状態を調べ排水の難易をみる爲に富島丸、大杉丸の船艙に夫々一本宛試験井戸が掘られ、採取した砂のサンプルは港湾研究室で土質試験を行った。試験井戸を掘つて行く中にも船艙内の砂は表面以外は多量の水を含み極度に流動状態を示して所謂「化物丁場」の現象を示した。木矢板を次々に打つて行くといつの間にか初めに打つた矢板はうき上つて了。木の井戸枠をつくり重みをかけて押込みつゝ中の砂を掘さくしたが、枠外に掘さくした砂をつんでおくと自然に平らになり内側の掘つた部分がむくれ上つて一晝夜経たぬ内に元の黙あみになるといつた調子である。土質試験の結果は圖-2,3の如き相当不安定な組成を示している。この爲に乾燥時は十分大きな安息角(約 30°)をもっているが一旦少量でも水を含むと流砂現象を示し易く、とくに振動を受けると急速に流動状態となる。試みに試験井戸の底で足ぶみすると次第に振動がまわりに傳つて2米四方位がフワフワとゆれ動き出す。これでは船体の動揺で忽ち液化して動き廻つたのは無理ないことである。

船艙内につめられた砂は今迄余り研究されたことのない流砂現象の絶好の標本として面白い研究課題を提供したが、大阪附近の地盤沈下の問題や震災と地盤沈下の関係の研究にも興味のある関連をもつと思われ港湾研究室では色々な角度から引続き研究を行つてい

る。

現場に於いては排水を極力行う他に砂の中に縦方向に隔壁(シフティングボード)を設け土砂が一体となつて揺れ動くのを防ぐ必要がある。排水と縦隔壁は曳航中だけ役に立ち沈設後は水底に没するのでなるべく金をかけたくないが余り簡易なものでは船の動揺につれて繰返して加わる土圧のために破壊されるおそれがあるので各船艙底に通つている鋸桁を利用して木矢板列で2列の溝を船底附近迄掘り下げ、こゝにたまつた水をポンプアップし十分排水出来たら埋戻し、木矢板列はそのまゝにし

圖-2 富島丸隔壁積載土砂性質

(Fig. 2 Soil and Sand filled in the Partition Chamber of Toshimamaru)

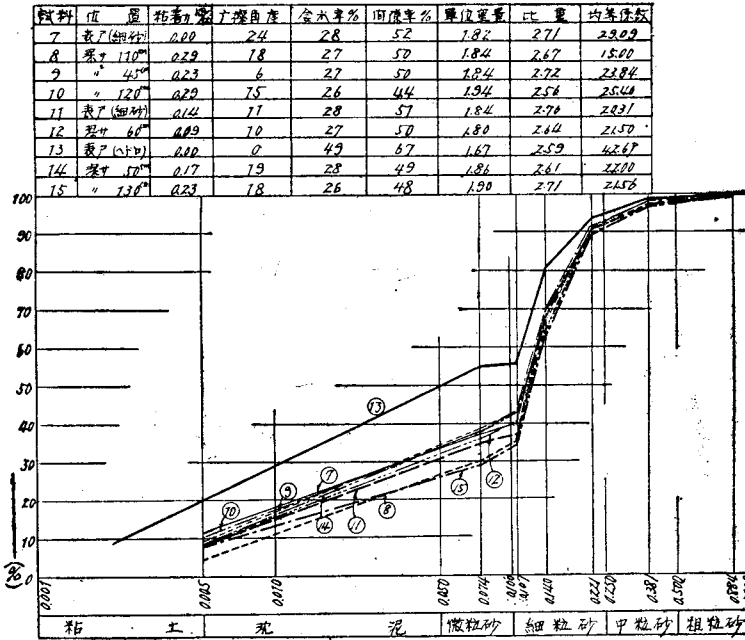
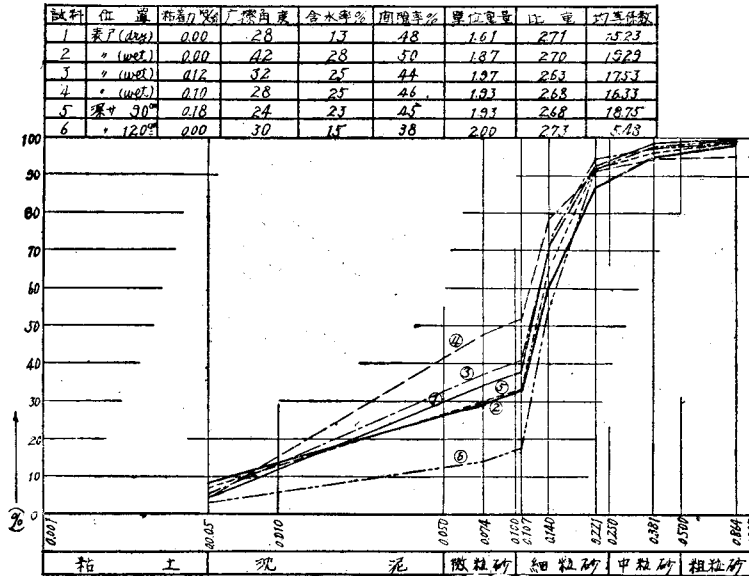
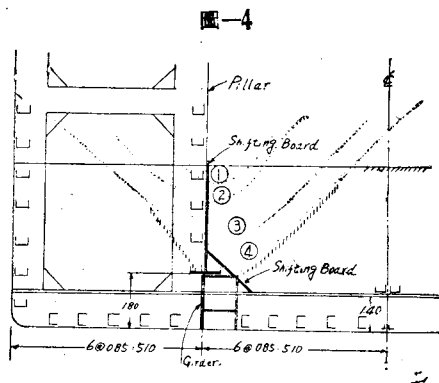


圖-3 同上 No. 9 積載土砂性質

(Fig. 3 The same as Fig. 2, Soil and Sand in No. 9.)



て(排水溝は暗渠となる)縦隔壁に利用しようという
計画をたてた。(圖-4)



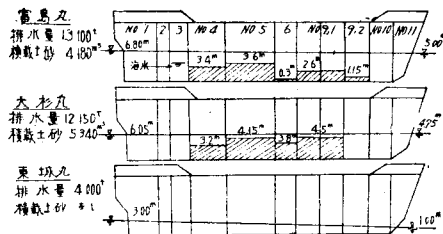
前述の如く化物丁場の土砂であるから排水溝の掘鑿は極めて困難であつたが工事に當つた清水組は乾燥すると安定のよくなる性質を利用し先づ広い浅い溝を縦横に掘つて排水し表面を乾燥させた後より狭い溝をその中に掘つて更に深く迄乾燥させるといつた方法をくりかえし階段的に掘り進めて最後に矢板を用いた。富島丸の土砂は一度動揺されているので土砂の性質も上層と下層とで余り差がなくその比重 2.0 (出航前は 1.7) 程度に締つていたので比較的順調に排水出来たが、大杉丸はまだ締つていなかつたので下に行く程水を含んだヘドロが多く安全という太鼓判を押す迄には中々ひまがとれた。船艙内の土工は掘鑿土砂のおき場にも困る狭苦しさと寒中の水仕事で苦勞しながらも昭和 23 年 6 月 25 日には数度の含水量テストと液性限界テストで大丈夫というところまで富島丸の排水を終つたがこの時の状況は表-3 に示す通りである。同年 7 月 15 日には大杉丸も曳航出来る程度まで排水を了えた。排水量は富島丸から 1700m³ 大杉丸から 2000 m³ の多きに達した。

表-3

船 艙	内 容	水又は砂上面迄の高サ (m)	容 積 (m ³)	重 量 (t)
No. 3	海 水	4.0	660	660
4	砂	3.4	1160	2397
5	"	3.6	1800	3720
6	"	0.3	60	125
9 ₁	"	2.6	960	1984
9 ₂	"	1.15	200	414
計				9300

前部吃水=5.0m (自由水面及流砂現象)
後部吃水=6.8 $\frac{1}{2}$ (を生ぜざる限り安全)
平均吃水=5.9 $\frac{1}{2}$
重心、仮重心間の距離 = 0.90m
故に龍骨上面より仮重心迄の高サ = 4.86 $\frac{1}{2}$
故に仮重心よりメタセンター迄の高サ = 4.74 $\frac{1}{2}$
龍骨上面より重心迄の高サ = 3.36 $\frac{1}{2}$
龍骨上面よりメタセンター迄の高サ = 8.60 $\frac{1}{2}$

圖-5 表-3 の附圖



9. 第 2 回曳航

前回の有馬山丸は曳船としては余りに速力が速く被曳船の動揺が強く好ましくないことが分つたので今回は三菱の広菱丸 (150G.T. 600H.P.) と赤間丸 (594 G.T. 2200H.P.) という専門の曳船でひつばることとした。まず砂を積んでいない東城丸が 6 月 15 日横浜を出航して、八戸迄 436 哩の旅路に上つた。途中空船で乾舷が高い爲風当り強く時に針路から相当押流されたとの無電が入るなど関係者の氣をもませたが、同月 21 日無事その 3 隻縦隊の雄姿を八戸港外に現した。(所要時間 128 時間平均時速力 3.4 ノット) ついて問題の富島丸の番で、天候を見定めて緊張裡に 7 月 19 日抜錨したが、幸か不幸かこの度は排水工事のきゝめを十分発揮する程のしけにあわず 7 月 7 日朝八戸へ入港した。(所要時間 116.5 時間、平均時速 3.75 ノット) ついで大杉丸が 7 月 19 日横浜を出て同月 24 日八戸に着いた。(所要時間 118.8 時間、平均時速 3.67 ノット)

10. 沈設作業

これより先現場では沈船にかゝる波力に抵抗させる爲の根固捨石を片側のみ急いでいたが、八戸港の採石場 3ヶ所の内 2ヶ所は海上運搬距離長く一寸しけるとストップして了うので中々はかどらず、沈設時迄には予定の 70% 程度しか石が入つていなかつた。しかし沈船は続々横浜から到着し台風のシーズンも迫つていたので 1 年有半の苦心の総決算たる沈設作業の第 1 回は 7 月 10 日朝から工事事務所長の指揮の下に開始された。富島丸は仮泊地から 3 隻の曳船に舟着、船尾を曳かれて所定の沈設位置に近づき予め海底にうつてあつた 4~6t の錨 7 ヶに船首 4 本舟尾 3 本のロープをつなぎウインチでまけば放射状にピンとはられて船の位置をしつかと固定する。測量班が陸上の目標をにらんで報告すれば指揮班の命令の下にロープが或はまかれ或はくり出されて船の位置を細かく修正する。14 時仮定計算によつて予め定められた順序でバルブが開かれていつた。バルブを閉ぢたり開けたりして船体の傾斜を加減しロープのゆるんで来るのを常に緊張させて位

置を保ちつゝ注意深く沈めていった。この間潜水夫に船底が捨石にのし上げぬ様、又船底と海底との距離をはからせていた。18時先づ船尾からそろそろと海底に達し 19 時見事沈設を完了した。

大杉丸は船首を富島丸の船尾におしあて、略々同様の要領で沈設されたが、東城丸は前述の如く空船なので沈設に先立ち約 9000 m³ の土砂を詰めるべく電動ポンプ船で砂入れにかゝつたが、開始後間もなく縦隔壁やサイドタンクに破損箇所を生じ泥水がとんでもない区間に溢れ込み船体が著しく傾斜して来たので砂詰めを止め水を入れて沈設した。(圖-6 参照)

11. 沈設後の状況

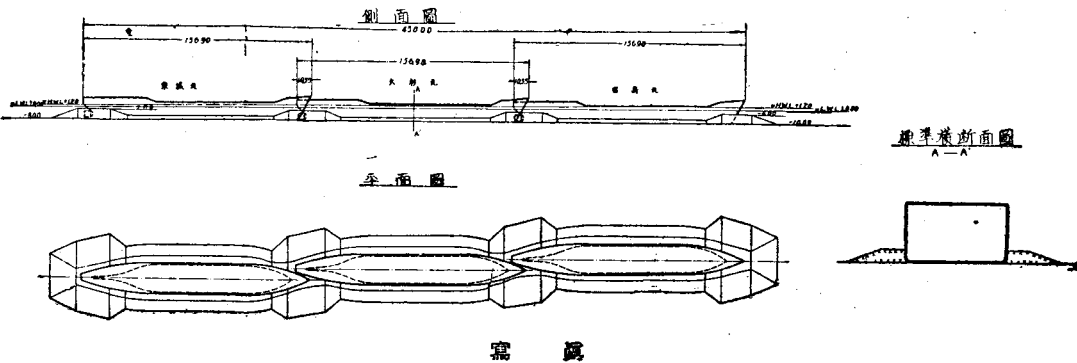
この様に余り前例のない難問を提供して港湾技術者をなやました沈船防波堤も無事沈設を終つたが、昭和 23 年秋のアイオン及アグネス両台風で折角捨てた石が大量に洗掘されて散乱し、船首船尾部がとくに著し

かつた為沈下して船体に異常に大きな曲げ應力を生じ終に甲板から船底に達する大きな龜裂を生じて船体はあわや二分三分するかと思われた。この状況とその対策については別稿にゆづりたいと思うが、その対策も殆んど完成に近付き砂も所期の予定量に略達する量詰め了るし捨石も完成に近付いた旨報告されて居る。

ともかく 3 000t 岸壁とその前面の泊地は著しく波が静穏となり硫化鉄の積出しも順調に行われている。

沈船防波堤も資材や施工力が次第に回復して来た今日では終戦時の困苦に満ちた時代を想ひ出す一つの語り草と化しつつあるが、この工事に示された鉄道技術研究所第 7 部の船舶、水理、土質関係の研究者と第 2 港湾建設部及び横浜、八戸両工事事務所の現場技術者の示されたこの上ない熱心きと責任感と見事な協力とは何時迄もこの工事を知る者にとつて深い敬意を拂わずにはおかぬであらう。

圖-6 沈船(西)防波堤設計圖 (Fig.6 Sunk-Ship Breakwater at the West)



(29頁より)

大調節流量などすべての数値が求められる。表-4 から圖-4 を得る。

Ⅶ. 結 言

以上計算したところを綜合すれば、内径 3m の堅管式余水吐で流水量を調節するときは、堰堤地点の最大洪水量 300m³/sec は 8lm³/sec すなわちその 27% に減ぜられ、3 日間を通じてほぼ均等に流下する。この

調節に要する貯水量は 996万m³ であつて、これは最大洪水量の 58% に相当する。よつて調節部の容量を 1 000 万m³ にすれば、所期の効果を収め目的を達することができるものと認められる。

なお、余水吐の構造については、施工前に元内務省土木試験所で模型試験をしていただいたところ、通水作用は大体計画のように実現することを認められた。