(昭和 35 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

捲降方法によるポンプ式浚渫船の進水について

正員 森 山 悦 郎* 正員 浦 田 昭 典**
森 本 昭 典*

Suction Pump Dredger Launching by Wire Loosing and Winding Method

By Etsuro Moriyama, *Member* Akisuke Urata, *Member*
and Akinori Morimoto

Abstract

The three suction pump dredgers built at Hitachi Sakurajima Shipyard last year have adopted the new launching method called "Wire loosening and winding method", by launching her slowly with wires which is rather different from the common sliding method.

The new method was adopted because :

(1) The ship type is an Ark. (2) All the outfitings were installed on the building way and her launching weight will be about 1,000 ton. (3) Having special apparatus as the suction ladder and spuds on her fore and aft.

Under these conditions, the authors have considered of using this new methods not to cause any damage to the ways and to the side walls, also not to change the sliding direction by water stopping resistance, tidal current and wind pressure that work unequally to each part of her.

The launching way for the wire loosening and winding method was exactly the same as ordinary ships in using greases, but the chocking, loosening, winding and adjusting were all done from the ground by wires.

The authors have measured the tensile force which worked to the parts during the launching. These figures were submitted for reference to safety launching work and also it was checked and compared with the planned figures for the future reference.

The authors have confirmed at least that the arrangement and mechanism of the apparatus have met its purpose.

When the keel blocks were taken off, the authors found that the direct working tensile force was larger than its plan but the grease frictional coefficient was rather smaller than its plan showing 0.002-0.007, therefore the author consider that the dredger was in very easy condition to slide.

During loosening and winding the authors have noticed that the shock load did not work so much in this case but if the apparatus are not closely associated with its operation, she would become unbalanced by a large load that cannot be expected which is the most warning point for this dredger launching.

1. 緒 言

船台上で建造された船舶の進水は通常行止装置を取外した後自然滑走させる方式が採られているが、船型が箱船に近い浚渫船などでは流体圧により進行中に不安定な運動を起す恐れがある。日立造船(株)桜島工場で昭和34年に建造された3隻のポンプ式浚渫船では、船台上で全装備を塔載する方針を採つたため進水前においてす

原稿受付 昭和 35 年 1 月 10 日

* 日立造船桜島工場

** 日立造船技術研究所

にサクシヨナラダーならびにスパッドシャーなどの重量の大きな特殊形状の構造物を船首尾にとりつけたので進水重量は約1,000 吨にも達し、且つ建造船台の構造は門扉式船台で河に面しており、更に河岸に対し船台が斜めになっているため進水の際には益々不安定な運動を起す要因を有することになる。すなわち自然滑走させた場合流体圧、潮流、風圧が船体各部に不均衡に働き船尾浮揚後に進行方向の変化が起り易く、その上船台事情に制約されて滑走距離も短くなつて来るため船体およびサクシヨナラダーの船台側壁への接触および固定台の損傷が考えられる。したがって上記浚渫船の進水に当つては、船体を索具により陸上に据付けられたウインチに接続し、ウインチの操作により徐々に捲降して進水させる方式を採用した。また進水作業の実施に当つてそれぞれの索具の張力を進水作業中に絶えず計測しながら作業を行なつて安全を期すると共に、計画値との差異を比較検討する資料とした。ここに捲降し方法による進水についてその概要を報告する。

2. 捲降し進水計画

2-1 進水諸元

捲降し進水計画の基礎となるべき事項は検討の上下記のように決定した。

(1) 主要目、工期、船体構造の概要

第1表に主要目ならびに工期を、第1図に船体構造の概要を示す。

第1図 船体構造据付位置および第1船捲降装置

第1表 主要目、工期

	第1船第2船	第3船
全長	56.600	76.600
幅員	36.400	47.400
型深	12.000	15.400
型深	3.100	3.300
吃水	1.700	2.000
浚渫深	17.000	16.000
主原動機	三相交流2000HP	三相交流2000HP
主ポンプ	三相交流2000HP	三相交流2000HP
軽荷重量	772.4	1,050.2
総工	34.1.23	34.8.20
進水	34.5.12	34.11.21
引渡	34.6.2	34.12.12

(2) 船台構造と船体据付位置

浚渫船を建造する船台としては中型貨物船の建造にあてている3号船台を充当したが、第1図に示すように門扉式船台であるため進水時に門扉を取外した場合船台全長の約半分近くが没水することになる。第1船および第2船は同時に建造されたため船台上に前後に並べて据付けた。そのため第1船の船底は完全に没水し、第2船は後端に水位が来る位置となる。第3船は単独に建造されたため第1船の場合とほとんど同じ位置に据付けられた。なお船台側壁との間隔は第1船および第2船では2.7m、第3船では1.2mである。

(3) 進水重量

船台上で全装備を完了すると3隻ともに船首トリムとなるから船尾バラストタンクに水バラストを積みトリムを修正した。したがって進水重量は軽荷重量にバラストの重量を加算したものとなる。進水重量の内訳を第2表に示す。

を取外した直後において発進力が最大となる際の行止索の容量としては不足するので別に行止補索を設置した。進水作業が更に進展し、船台へ注水を開始して船体が徐々に接水して来るにつれて浮力が増して来るから発進力は減少し始め、満水後船台門扉を開放した際に最も小さくなる。そこで上記の行止補索は船台門扉取外し後撤去することにした。また索具類はすべて安全率を6倍に確保することを目標とした。

第3表に捲降し装置の概要を、第4表に装置を計画する際の容量決定の方法を示す。

3. 捲降し進水の実施

3.1 進水作業

(1) 指揮系統

第3図 第2船捲降装置図

第4図 第3船捲降装置図

第5表 進水作業工程

工程	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
押 込										
矢 船 工 事										
キール盤木取外し										
ヒッチ盤木取外し										
船台注水										
行上機索取外し										
船台門扉取外し										
支綱切斷										
進 水										

捲降し装置の状態は第1図、第3図および第4図に示す通りであり、それぞれの進水作業工程は第5表の通りである。また進水作業の指揮系統は地上指揮者から指揮旗によつて船上指揮者へ伝え、更に船上指揮者より手旗でウインチ指揮者へ伝えるようにした。

(2) 進水状況

第1船の場合は引降し装置は全く作働させる必要がなく捲下げるだけで滑走を開始し10mを滑走した後完全に浮揚した。この際引降し索は滑走に応じて捲きとるだけとしたが、右舷ウインチが左舷ウ

インチに比べて捲きすぎの傾向にあり、そのために浮揚後船首が右舷に横振れしたが船体にはなんらの損傷もなく無事進水を完了させることが出来た。

第2船の場合も捲下げるだけで滑走を始めたので、約 20 m 滑走する毎に 2 台のエアーコモチブクレーンを交互に連続的に捲下げた。滑走距離は約 87 m、滑走時間は約 380 秒であつた。

第3船の場合は船尾の浮揚状態より発進力は極めて小さいのではないかと判断されたので、引降装置に僅かに負荷してから捲下げを行ない、約 12 m を約 320 秒で滑走した後完全に浮揚した。

なお進水終了後、排水量より求めた進水重量は第1船および第2船では 876.2 t、第3船で 1,101 t であり計画時の重量よりも稍小さく、また潮位は第1船および第3船に対して固定台後端上それぞれ 3.700 m および 3.800 m であつた。

3.2 捲降し進水中の諸計測

進水準備作業を開始してから進水が完了するまでの間捲下げ、行止補索、引降しの各装置にかかる張力を進水作業中に絶えず計測しながら作業を行なつて安全を期するとともに実測値と計測値との差異を比較検討して各装置相互の関連を明らかにし今後の捲降し進水の資料とするようにした。

(1) 計測方法

各船のワイヤーの張力計測箇所はそれぞれ第1図、第3図および第4図に示すように第1船では AS, AP, BS, BP, CS および CP の 6 箇所、第2船では A, CS および CP の 3 箇所、第3船では A, BS, BP, CS および CP の 5 箇所である。計測に使用した張力計は電気抵抗線歪計を利用した棒状のもので材料は軟鋼またはニッケルクロム鋼である。使用計器は共和無線研究所製 SM-4J 型静的歪指示計および DM-6H 型動的歪測定装置である。また計測事項は第1船では進水作業中の各状態における張力の計測であり、第2船および第3船ではこの他に滑走中の張力の変動状況をも調査した。また第3船では滑走中の速度もあわせ計測した。

(2) 進水準備作業中の張力の計測結果

(a) 第1船および第3船の場合

(イ) 盤木取外し直後および船台へ注水中の計測結果

進水準備作業中の張力計測結果を第5図に示す。いま傾斜角 θ の斜面上に重量 W の物体がおかれ、この物体に斜面に平行な力 P が斜面上方に向つて作用するとき物体が斜面に沿つて上方へもまた下方へも動かないで元の位置に静止しているための条件は

$$P_1 \leq P \leq P_2 \quad (4)$$

$$\text{ただし } P_1 = W(\sin \theta - \mu \cos \theta) \quad (5)$$

$$P_2 = W(\sin \theta + \mu \cos \theta) \quad (6)$$

μ : 滑走台の静摩擦係数

本船のように進水台上に静止している状態で船台に注水する場合には注水に伴つて浮力が生じそのため見かけの重量 W' ($=W-B$) が減少するから μ が一定と考えると (5) および (6) 式に従えば P_1 および P_2 ともに減少して来る。その状況を模型的に示すと第6図の点線のようにになる。また船底盤木をすべて取外して船体が完全に進水台上に載つた瞬間では滑走台と固定台の間は非常に滑り易い状態にあつて摩擦係数は小さいが、時間の経過に伴つて徐々に摩擦係数は大きくなり遂には一定値すなわち μ になると考えると、 P_1 は船底盤木取外し後から減少し始め、逆に P_2 は増大する傾向を示すことになる。したがつて浮力の発生に伴う W' の変化と時間の経過に伴う摩擦係数の変化とを同時に考え合せると、 P_1 および P_2 の変化は第6図中に実線で示した P_1' および P_2' 線図のようになるであろう。

第5図 第1,3船進水準備作業中の張力変動状態

第 6 図

で大きくなってそこで初めて釣合を保つて静止する。それ以後は索張力 P は静定域に入るため D 点まで P_1 のままで釣合を保ち D 点に至つて初めて浮力のため P_2' 線図に沿つて減少することになる。一方 E 点のように P_2 よりも大きい張力 P_E で引張っていた場合には盤木取外しと同時に張力過剰のため、船体は滑走台ごと上方へ引き上げられ P_E は P_2 まで下降し、その後上に述べたと同じ理由で $EE_1E_2E_3FG$ に沿つて張力は変化する。

したがつて静摩擦係数 μ は初期張力 P がそれぞれ $P_1 \leq P \leq P_2$, $P \leq P_1$ および $P_2 \leq P$ であるにしたがつてそれぞれ BG, DG , および FG で与えられる張力を (6) 式の P_2 に代入し、且つ W の代りに W' を用いて

$$\mu = (P - W' \sin \theta) / W' \cos \theta \quad (7)$$

第 6 表 実測値より μ_{i-1} の計算

	第 1 船	第 3 船
∇L	876.2°	$1,101.0^\circ$
F_{i-1}	37.0°	52.5°
θL	$\frac{59}{1000}$	$\frac{59}{1000}$
μ_{i-1}	0.00778	0.00225

で計算することができる。一方また船体が滑走台上に載つた瞬間の摩擦係数 μ_1 は $P \leq P_1$ または $P_2 \leq P$ である場合にそれぞれ (5) または (6) 式で計算することができる。第 5 図に示した第 1 船および第 3 船の張力計測結果を見ると、これはいずれも第 6 図の $CC_1C_2C_3DG$ 線と同様の傾向をもっていることが判る。すなわち初期張力 P は P_1 よりも小さいものであつたことが判る。いまこの計測結果を用いて (5) 式から μ_1 を計算すると第 6 表に示す通りであり、これから船体が進水台上に載つた瞬間

では摩擦係数は殊の外小さく非常に滑り易い状態にあつたように考えられる。さて船台に注水中の進水台の摩擦係数 μ を (7) 式を用いて計算するとそれぞれ第 7 図および第 8 図に示すようになる。すなわち摩擦係数 μ は船体が進水台上に載つた瞬間では非常に小さいものであつたがその後漸次大きくなって来ており、船尾の浮揚する前の状態においては第 1 船の場合に 0.25、第 3 船の場合に 0.035 程度にもなつてることが認められる。負荷された状態で長時間水中に放置された進水台の摩擦係数は第 1 船の場合に特に顕著にみられるように、異常に増加することもあるということは注目し値することである。

(ロ) 船尾が浮揚し滑走台先端でささえられた状態における摩擦係数

ゆえに P_1' および P_2' 線図で囲まれた斜線部分の内部にあるような P が船体に働いているときは船体は進水台上で静止していることになる。後の説明の便宜上この範囲を静定域と名付けよう。

さていま進水準備作業開始前に第 6 図 A 点で示されるような P_A なる張力で船体を引張つていたとすると、船底盤木取外しが完了し船体が完全に進水台上に載つても船体は動かないので、張力 P_A には変化がなく注水するにつれて浮力が生じ始めてから後 P_2' 線図と B 点で交わりそれ以後は P_2' 線図に沿つて減少する。つぎに C 点のように P_1 よりも小さい張力 P_C で引張つていた場合には盤木取外しと同時に張力不足のために船体は滑走台と一体となつて僅かに下方に滑り、 P_C は P_1 ま

第 7 図 第 1 船進水準備作業中の摩擦係数の変化

船台への注水が進み浮力が漸次増して来ると、第1船および第3船ともに船尾は固定台より離れて浮揚し、船体は滑走台先端でささえられた状態になる。いま第1船および第3船の場合に注水が完了してから後、行止補索を取外す前と取外した後の張力計測結果から船体がささえられている部分の進水台の摩擦係数を(7)式にしたがつて計算すると第7表の通りである。同表より明らかに滑走直前の進水台の摩擦係数は第1船では0.017、第3船では

0.10 となつてゐる。すなわちこの状態から進水を開始するものとし且つ引降し装置に全く負荷をかけないとすると、第1船および第3船ともに摩擦係数が0.05以下であれば捲下げ索をゆるめることによって船体自身の発進力で滑走を始めることができる。しかし第7表の結果をみると第1船では0.05以下であり、第3船では0.05より大きい摩擦係数であるから、第3船では引降し索をきかしてやらねば滑走しないことになる。

(b) 第2船の場合

計測結果を第8表に示す。本船の計測は進水終了後において張力計が没水して歪計の絶縁抵抗が著しく低下したため、張力0の状態の計測を行なうことができなかった。そこでここでは進水作業開始前の張力に対する差のみを示してある。

第9図 第3船滑走中の捲下げ引降装置張力変動状態

第8図 第3船進水準備作業中の摩擦係数の変化

第7表 実測値より μ_{i-2} の計算

	W _i	B _i	W _i -B _i	引降し索の張力	引降し索の張力	F _i -1	θ _i	μ_{i-2}
第1船	876.2	807.2	69.0	6.5	3.7	10.2	7.55	0.100
第3船	1101.0	1000.0	101.0	4.0	14.8	18.8	7.55	0.130

第8表 第2船進水準備中の張力変動状況

時 刻	A張力計	CS張力計	CP張力計
9.20 進水準備作業開始前	0	0	0
9.12 糸繰終了後	-3.7	0	0.03
9.16 キル索水取外後	-4.3	0	0.03
9.21 ヒルチ	-4.9	0	0.02
9.27	-4.6	0	0.03
9.30	-4.5	0	0.03
9.33	-4.6	0	0.03
9.38	-4.6	0	0.05

注 上表の値は進水準備作業開始直前の計測値を0として進水作業進展に伴う各状態の張力の差を示すものである

(3) 滑走中の張力計測結果

(a) 第3船の場合

滑走中の張力の計測結果を第9図にまた本船の進水速度を第10図に示す。なお同図中の加速度曲線は速度曲線より求めたものである。いま滑走中の本船に作用する外力としては、進水台に平行で且つ船首方向に捲下げ索の張力 P 、船尾方向に引降し索の張力 P' が働いているだけであるから、本船の滑走中の加速度を α 、引降し索と本船の首尾方向との角を ϕ とし、且つ滑走中の水の抵抗を無視すると次式が成立つ。

$$W' \sin \theta + P' \cos \phi - \mu' W' \cos \theta - P = \frac{W}{g} \alpha \quad (8-1)$$

$\cos \phi \approx 1$ とすると

$$\mu' \approx \tan \theta - \frac{1}{W' \cos \theta} \left[P - P' + \frac{W}{g} \alpha \right] \quad (8-2)$$

第10図 第3船滑走中の速度および加速度

第11図 第3船滑走中の摩擦係数

滑走中の本船の加速度 α は第10図の通りであるが、滑走速度が非常に小さいので、(8-2)式中の $\frac{W}{g} \alpha$ の項は無視して考えることができる。ゆえに

$$\mu' = \tan \theta - \frac{1}{W' \cos \theta} [P - P'] \quad (9)$$

(9)式から本船の滑走中の摩擦係数を求めると第11図のようになる。

(b) 第2船の場合

前に述べたように、本船の場合には張力の絶対値を求めることができなかったで、滑走中の各鋼索の張力の変動のみを図示すると第12図の通りである。すなわち本船の場合のように滑走距離が相当長くしかも2台のエアロモチブクレーンを交互に連続的に捲下げながら進水を施工したにも拘らず捲下げ索に特に異常な Shock Load が作用したような形跡が見当らないのは、捲下げ索の操作が円滑に行われたことを示しているものである。

第 12 図 第 2 船滑走中の捲下げ引降装置張力変動状態

4. 結 言

この度ポンプ式浚渫船を建造するに当り、その全装備の搭載を船台上で完了した後進水を行なつて無事進水を終えることができた。進水方法として採用した捲降し方法について総括すると次の通りである。

(1) 捲下げ装置および行止装置 船底盤木取外し以前に負荷する初期張力の大きさは、盤木取外し後の発進力に近いものをそれぞれの容量に応じて負荷することが望ましい。第 1 船では少々小さく、第 3 船では大体妥当と考えられる。初期張力が船体が滑り下りるのを防ぐに要する力よりもあまりにも小さいと、盤木取外し後において船体が釣合を保つ位置までのすべりの量は大きくなる恐れがある。例えば第 1 船の場合は約 30 mm、第 3 船の場合は約 13 mm であつた。また捲下げ装置は第 1 船の場合両玄に分けて設置したが、両玄が同一速度で滑走できるように、できれば第 2 船および第 3 船のように中央に設ける方がよい。

(2) 引降し装置 第 1 船および第 2 船では全く引降し装置は必要とせず進水を完了させることができたが、第 1 船および第 3 船のように船体が滑走台の先端でささえられた状態からの進水となる場合には、この部分の獣脂の損傷により摩擦係数が増大する恐れがあることおよび発進力が小にすぎる場合を考慮して引降し装置は必ず設置すべきである。装置の要領については、ここで報告した 3 隻の浚渫船の場合にはすべて両玄に分けて設置したが、一本の動索で中央にきかしうよう設けることができれば理想的である。左右両玄の引降し索を同時に同じように操作することは實際上困難であり、第 1 船の場合、損傷はなかつたが右玄索を引張りすぎたため浮揚後船首が横振れする結果を招いた。引降し装置の操作は、捲下げ索の操作との連繫および左右玄索の連絡を十分とりながら行なわなければ思わぬ事故を招くことともなるから特に注意を要する。

(3) 介錯装置 浮揚後の潮流などの影響を考慮し、繫留索をとるまでの保持として設置することが望ましい。

(4) 船底盤木取外し直後の進水台の摩擦係数 捲降し装置を計画するに際しては μ の値を第 1 船では 0.02、第 3 船では 0.01 と考えたが、計測結果より計算するとそれぞれ 0.00778 および 0.00226 であつた。

(5) 船台へ注水中の進水台の摩擦係数 浮力の増加と時間の経過に伴つて漸次 μ は変化し、船尾浮揚までの状態で第 1 船の場合には異常に増加する傾向がみられる。負荷された状態で水中に長時間放置された場合、進水台の摩擦係数はときとして非常に大きくなる可能性があるということは注目すべきことであろう。