

海軍技術中將 永村 清 監修

白 舟 白 舟

第 1 8 卷 (昭和20年) 4.5月合併號

特殊造船材料に就て

永 村 清

戦争は常に輸送力の急速増強を伴ふ、殊に大東亞戦のやうに戦域の廣大なる場合には輸送力の大小は直ちに戦の勝敗に影響する。かくて現戦局が輸送力就中海運の勢力如何に關するのであるから當路者は船腹の急速増加を圖つて先づ標準鋼船の製造を令し、次いで近海若くは内海航路用として木造船を奨励した。然るに造船材料の不足その他の原因により鋼船も木船も必ずしも充分に製造せられなかつたので、新たな造船材料としてセメント、マグネシアが利用され、更に最近では木板を處理したる合板なるものが出現した。かくて主要材料による新造船は鋼船、木船、セメント船、マグネシア船、合板船及び鋼材と木材とを混用したる鐵木交造船の6種類となつた。

元來造船材料として必要な條件は次の六ヶ條に示すものである。

- (1). 輕くて強靱なるもの
- (2). 長く使用に堪えるもの
- (3). 安全なるもの
- (4). 相當大なる形の船を造り得て、高速力にも堪えるもの
- (5). 船内の容積を廣くとり得るもの
- (6). 建造並に修繕が容易であつて且つ廉價なるもの

船は構成材料が強靱なるものであれば、船が風浪に對して要求される強度を保つにも割合に少ない材料、言ひ換れば輕い材料で構造することが出来る。船體の重量は船舶の排水量の約3割内外であるから船體が輕く出来ればその利得した重量は他に利用出来る。軍艦であれば艦の攻防勢力を充分にすることが出来、商船であれば積載重量が増加することになる。然かもその材料が強靱なるものであれば、上の第(3)の條件と第(4)の條件とを充たすことが可能であるのみならず、第(5)の條件にも叶ふものである。これらの第(3)(4)(5)の條件が船舶を造る上に必要缺ぐべからざるものであることは説明するまでもないのである。造船材料が主として第(1)の條件に叶ひ、更にそのものが長期間使用に堪え、加工にも手数を要すること少く、新造も修繕も割合簡單に出来て、その代價も低廉であるとすれば、その材料は全く理想的の造船材料であることは確である。

船舶は世界開闢以來、人類の棲息するところには必ず存在したもので、それが單に交通用であつてもまたは戦争用のものであつても、長い間幾千萬年、何れの地方でも主として木材で船を造つたのである。樹木は到る所に密生してゐたものであり、[115 頁へつづく]

◇ 目 次 ◇

特殊造船材料に就て.....	永 村 清	85
混凝土船建造實施と之に關する私見.....	高 西 敬 義	86
船 舶 の 推 進 (8).....	山 縣 昌 夫	93
戰 車 揚 陸 用 艇.....		102
アルミニウムブロンズ.....		107
特 許 解 説.....	福 田 進	116

天 然 社 發 行

昭和五年十月二十日 第三種郵便物認可
毎月一回 十二日 發行

昭和二十年五月十二日 發行
昭和二十年五月七日 印刷

混凝土船建造實施と之に關する私見

高 西 敬 義

1. 鐵筋混凝土船活用の新なる認識

昨年春頃から瀕りに新聞などに鐵筋混凝土船の建設が提唱せらるるに至つたが、武智造船所に於ては、その頃既に排水噸數 1985 噸、載貨噸數 1275 噸の油槽船 5 隻建造の體驗を終り、愈々 E 型貨物船建造の準備に掛りつつあつた時である。

量の 5 隻の油槽船は幾つかのバルクヘッドによつて、各油槽に仕切らず、中央断面は楕圓形、全體の格好は潜水艦の様な體裁をなし、満載の時は上部圓弧の一部分だけしか水面に露出しない、それで船尾は追従性をよくするため、船體中心線に直角に切斷されてゐる。その詳細なる要領に就ては造船統制會主催の筆者講演附圖に明示されてをるのを参照されたい。要するに單なる油槽船でエンジンを持つて居らぬ、勿論曳かれ船である。

昨年 3 月から建造に掛つた貨物船 E 型は之は鐵船改 E 型と何等變りない本格的の堂々たる貨物船である。

排水噸數 2200 噸、積載噸數 1026 噸、750 馬力ディーゼルエンジン付、試運轉結果時速 10.85 節を示したものである。昨年中に此の種のもの 3 隻を建造し何れも現に其の筋に於て日夜就航利用されつつある。右 3 船の建造の結果、更に改良すべき數點を發見し現在武智造船所に於て建造中のものは之等の諸點を改良したるもので今後各造船所に於て造らるるものも E 型は之と同型のものでと推測する。

鐵筋混凝土船の特長とか利點とか、瀕りに題目を並べたてたのは既に歐洲大戰中、大正 5、6 年頃の過去の時代であつて今は議論を超越し舊地に建造に突入すべき時代となつたのである。

昭和 19 年度に於てすら船舶建造に向けらるる鐵鋼材は船舶建造の必要數量に對し不足を感じ議會の問題となつたことは吾人の腦裡に新なる所であり、更に昭和 20 年度に於ては一層窮屈となることは勿論、更に空襲被害のファクトルを考へに置かなければならない實狀であるか

ら、極度に鋼材の節約を圖らねばならぬことは當然のことである。

普通鋼船が鋼材 1 噸に對し積載量 10 噸と 3.5 噸とすれば、混凝土船は鋼材 1 噸に對し積載量 10 噸と稱せられる。即ち 1 萬噸の鋼材を以て鋼船を造るとせば 35000 噸なるに、混凝土船となれば 10 萬噸の積載量を得るのである。

今日の時局に即應する上から一刻も早く建造の鋒先をこの方面に向くべきであること論を俟たない。

唯一般造船家には混凝土に對する懸念から、萬一破損した場合ダメージの範圍が果してどうであるか、修理が果して可能であらうか、或は又修理した場合其の強度が著しく落ちはしないか等の色々の懸念があり、この種の質問を發せらるる場合に神戸築港其の他岸壁防波堤等に使用した混凝土ケーソンが外物に衝突破損した場合の修理狀況、其の後の強度に就て説明しても、適切なる資料に缺けて居るため、直ちにピントが合ふといふ譯に行かないといふ遺憾さがあつたが最近に當造船所に於て吳工廠實驗部が實驗された所によると、鐵筋混凝土なるものは鐵工船に比し極めて修理が簡單であること、而も修理した後の強度が修理前と何等變る所がないと云ふ結果を得、この點が海軍方面の専門家並に一般の識者の認識を深めたものと確信するのである。茲にその要領を示す。

吳工廠實驗部に於て試験された試験は當造船所に於て使用せるその儘の材料其の儘の工法にて果して何程の強度が出るかといふ一般のビームテストが主なるもので供試體の寸法は長さ 2.8 米、幅 0.5 米、厚さ 0.1 米之に圖面の如く 9 耗鐵筋を中央に 5 本挿入し混凝土配合をセメント 1 砂 1.5、砂利 3、之に加重を加へたものを幾通りかの實驗をしたのである。之等試験の結果は茲に省略する。

以上の試験を執行すると桁は何れも中央で破壊し兩端 1 米餘はヘアクラックが入つてをるがビームとして尙健全である。その破壊された中央部分の鐵筋は瓦斯で切斷し混凝土も全部かき

とり二つの1米餘の試験殘片を得る。之を再び木臺の上に相對して並べ兩者の鐵筋は同徑新材を以て互に電氣熔接し、又はワイヤー巻きして緊結し然る後兩面に型枠を當てがひ之に前同様の混凝土を填定して數個の試験體を製造したのである。繼手の混凝土打は船の修理に即應させる様或ものは平打ち或ものは縦打ち或ものは横より漏斗を使用して漏斗口にコブの生ずる程度に過量に流し込み、舊面との接觸を充分ならしめた。無論コブは型枠取外し後除却する。

以上の試験體は船が萬一ダメージを受けた場合の現場に於ける修理方法その儘を取つたのである。この試験體を作ると同時に之と比較するため之と同じ条件の新試験體を製作し同時に荷重試験を行つたのである。其の結果を圖示すれば右圖の通りである。

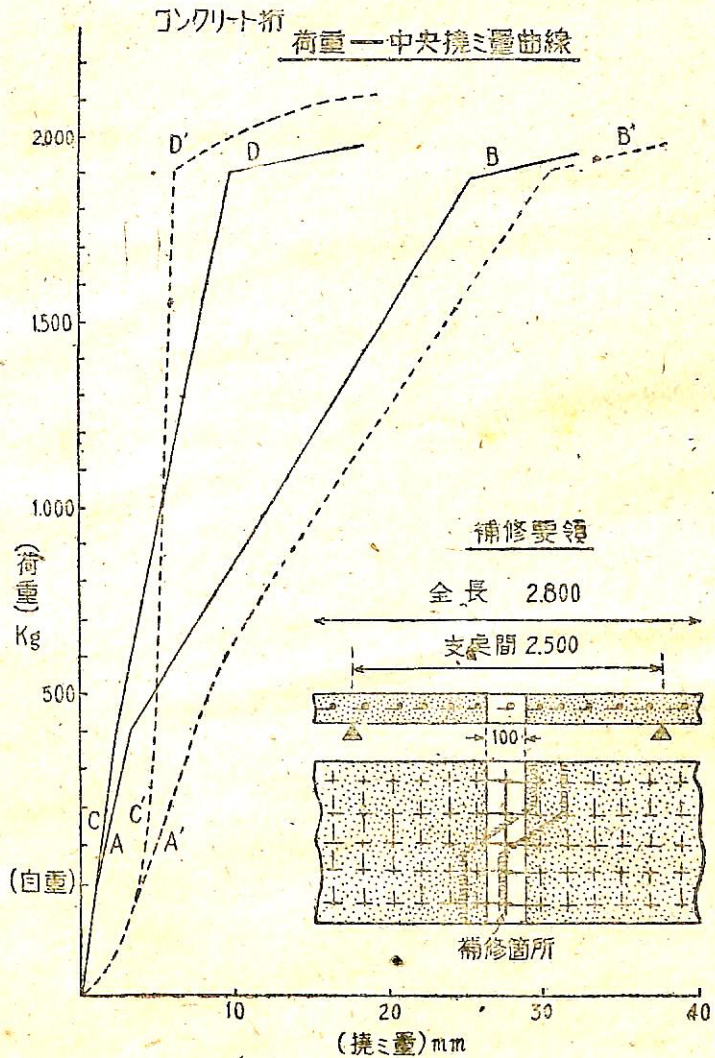
圖表中 AB 線は修理せざる新材に荷重をかけた場合の桁の撓度である。A' B' は圖示の如く2個の1回使用したる試験片を互に同一鐵筋にて電氣熔接緊結し桁を豎に配置し混凝土を填充せるものの強度を示す。

之に依つて見れば AB 線は 400 疋位迄は稍直上し、その後は普通のエラスチックカーブの様形で上昇す。A' B' 線は起點より既にエラスチックカーブの型を保つ。

AB 線約 400 疋迄の部分は桁下面のコンタリートテンションの働いてをる區域と認められる。A' B' 線に於ては兩端片共既に前回使用の時へアクラックが入つてをるため、この現象あらはれず、直ちに斜上するの結果と認めらる。CD、C'D' の線は殘留撓度である。荷重 100 疋、200 疋の順に負荷しその時の撓度は AB、A' B' 線に表はされ其の都度全荷重を除却し殘留撓度を測定せるものが CD、C'D' 線で表はしてある。この CD、C'D' 線で見ると荷重 900 疋邊にて互に交叉してをる。これはこの附近で始めて修理して連結した新混凝土のテンションの働き始めた結果であ

ると認めらる。何れにするも兩桁共破損する強度は共に 1.9 噸位で變りはない。即ち修理した場合でも、その強度に就ては何等新材と變りがないといふことが認められるのである。

尙船體が機雷を受けた場合とか飛行機の爆彈を受けた場合のダメージの範圍とかに就ては未だ船としての實驗はしてゐないけれ共之は最近の鐵骨構造物に受けた被害と鐵筋混凝土構造物



に受けた被害とを比較して、その範圍が如何に狭いか、修理が如何に簡單であるかを見ても、船の修理の場合の大體の想像がつくと思ふ。現にケーソンの場合は何千噸の船が岸壁又は防波堤にのし掛つて破壊され、之が適當に修理され十數年を経た今日も尙ほ健全であるといふ幾多の實例があるから、餘り氣を廻す必要はないと思ふ。

2. 混凝土船建造設備

鋼船建造進水の場合は鋼船自體がエラスチックに富める爲取扱が極めて簡単である。普通建造にはスリップ、修理には乾船渠を使用することが一般に行はれつつある。鐵筋混凝土の場合はノンエラスチックである爲スリップランチングに相當の危険を感じる。ケーソンの場合もその長さ自ら限度があつて一般に吾々は長さ20米以上のものは船渠進水を不適當としてをる。その勾配も15分の1位としてをる。

小松島築港の場合は15分の1を採用したが鳥渡した構造不備から引掛つた事があるのでその後13分の1に変更した位である。船架上製造の場合は船臺面を船架面に平行して置く時は鐵筋の組立、型枠配置に傾斜が付き、萬事作業上の困難が伴ふ爲普通船臺は船架勾配を消滅せしむる様な三角型のクレードルを置きその臺上水平面の上に建造をするのである。かくの如き装置をしても長さ20米を超えるものは船架進水をした實例が極めて少ない。

神戸のケーソンは長さ120尺、底幅36尺、高さ42尺で相當大型である爲橢型棧橋上で建造し、製造後橢型浮船渠を使用して衝動を與ふことなく進水せしめた。従て此の場合可成りの大型で進水に何等の不安もない。E型貨物船になると長さ60米餘、幅10米、普通状態の船渠進水には相當の危険性を伴ふことを覺悟せねばならぬ。現にE型船には進水前に水漲試験を必要とする水槽、油槽等が船體の前後に數箇所ある。此の試験は甲板コンクリート仕上後日未だ淺い折柄であるので、之にその儘同時に漲水することはホッピングの影響に及ぼす所大なりと考へ色々対策を講ずると同時に船渠に半漏水して試験を執行した。コンクリート打上後1ヶ月以上も経過した後ならば何等意とするにも足りないが、何分にも10日乃至2週間程度しか経過してをらないから相當注意を要するは勿論である。本船進水後艀裝工場に廻航した際、ハッチ周囲の甲板に船軸に直角に幾多のヘアクラックを發見したのは温度の影響ばかりではない。前述の影響が多少手傳つてをるのではないかと心配せしめた程である。

以上の様な實狀から考へてこの混凝土船を普通鋼船の様に進水しスリップウェーとウォータ

ーバウンドの兩方面の衝擊を受ける場合は計算以上のサッキングモーメントが働くものと考へられ、可成の危険性が伴ふことになる。所で横進水の場合は何うであるか、之とて船臺を水平面に直すことは比較的樂であるとしても何分にも船臺幅が船長だけを要すると云ふことになり、有り合せの設備では極めて都合が悪い。之の場合でも進水の際は船全體を一様に支持する様な工作を船臺にする必要がある。そして徐々に船臺ぐるみ移動し満潮の時を見計ひ半分は満潮でバウンドされながら水面に進水すると云ふ様に工作する必要があると思ふ。之に比較すると乾船渠内で建造することは極めて樂である。進水に對する何等の心配も要しない。而し今更普通ビルディングドックの様な完全なものを造らうとすることはとても容易でない。經費が多額に要すると云ふばかりではなく第一に期限が許さない。だからそこら邊りの比較的遊休乾船渠を空けて之に利用する外に途がない。各地方の港灣工事に使用してをつたケーソン用の船渠の如きは全部提供利用すべきである。

何うしても新設備必要ありとすればその地點の選擇に最善の注意を要する。即ち船渠を掘つた場合干流面以下4.5米は水の湧出のない地盤を選ばねばならぬ。即ち沖積層地盤である所謂コス地盤である。粘土と細砂の混合層である。かう云ふ地盤は古くより概ね鹽田に利用されてをるからその方面よりヒントを得るも亦早途である。播州曾根の武智造船所は之が適例であつて、現に干潮面下3.4米位掘つても漏水は更にならぬ。船渠兩側は掘鑿のまま僅に木柵上留をするに留る。唧筒は3吋唧筒が四六時中僅に一、二時間運轉するのみである。盤木は最初1尺角混凝土を2尺置きに据へたのみなりしも2回目よりは末口三、四寸の杉丸太をその中間に打込み之にベタ混凝土に打直した程度で濟してをる。

武智造船所にはかういふ船渠3個を1連とし、之に1個の混凝土ケーソンゲートが設けられ、此種の船渠2連が設けられてあるから、工員資材等に何等の不足なしとすれば、1回使用3ヶ月、年4回即ち24隻の建造に適するものと云へよう。かういふ地盤は兵庫縣では加古川、揖保川河口附近、徳島縣では徳島より小松島に至る附近も此種の地層に認められ、又高松坂出附近も築港建造當時の経験よりすれば同じくコス地

盤で之に適するものと考へられる。其の他地方地方の事情に精通せらるる人には尙ほ幾多の適地が氣付かるることと思ふ。

船渠盤木下はよい地盤であつても一應杭を打たる方がよいと思ふ。武智造船所でも前述の様に小杭を後から打込むことにしたが第1船建造の時は杭地盤なかりしたためボトムキールに幾分アンイーブンの箇所が出来た。之はこの船が今後修理のため他の船渠に入渠するとき不便を感じるから船の特性として記録しておく必要がある。但し程度は最大20耗である。

3. 建造實施せる鐵筋混凝土船の 形状及其設計

武智造船所に於て昨年3月以降建造せる貨物船E型3隻の寸法は次の通りである。

長	(垂線間)	60米
幅	(外板外側)	10"
深		6"
満載吃水		5"
満載排水量		2200噸
總噸數		800"
純噸數		580"
重量噸數		980"
載貨容積		1450立方米
主機械		デーゼル型
軸馬力		750
回轉數		300

但し外側廻りはこの3隻に限つて型枠代用を兼ね1.6耗鐵板を使用した。前後シア部の一部には2.3耗を使つた。然し次の第4.5.6號船の3隻に於ては鐵板は底部及シアストレーキの一部に止めその厚みを全部2.3耗とした。同時に船幅を10.2米とし、排水噸數2,290噸載貨噸數1,042噸となり速力は試験の結果1號-3號船はやや出過ぎてをるので、主機械デーゼルの同様に採用するが、馬力は550馬力の小型のものとし、速力は8.5節で満足することとした。

以上の設計は艦政本部の權威者に依て設計されたもので茲に批判がましくなつては相濟まぬ次第ではあるが艦政本部でも混凝土で船を造ると云ふことは最初の試みであり、最初の試みであるだけに不安が伴ひ、出来るだけ大事をとるといふことから、その結果から見ると鋼船を混凝土船に翻譯した所謂トランスレーションの節

々が所々に窺はれる。これ等の諸點が第1船建造の結果色々研究され逐次本當の混凝土船になりつつあるが、未だ鐵筋等も相當節約しうる節があると考へられる。

船體の構造は普通の構造物に比べ相當複雑性を帯びてをるので、之が各部分の強度の計算、設計等に當つて色々議論の問題となる。過日懇談會に於ても造船技術者以外の人からはフレームの計算はラーメンとして計算するか、外板はT型スラブとして計算するか等の質問らしいものが出たが船全體が所謂アズ・エ・ホールとして取扱はれ、それが完全に力學的に解決すれば誠に理想的であるが、この様に複雑のものになると各メンバーはアッサンブションなしにソルブする事は不可能となり而のみならず船は建築や土木の構造物と異つて各部が最大應力を受けるケースが各々異つて起つてくる。それぞれのケースに各部が抵抗しうる様取扱ふ必要がある。この様なことは土木にもあり、建築にもあるが船はこの點一層場面が多い。従つて質問者の意の様にもつと嚴格に各メンバーの計算をしたらばといふことは恐らく不可能の問題かと思ふ。現在施行中の混凝土でもホッピングの場合船の中軸より最も遠い甲板に最大應力を受ける然るにハツチが中途より抜かるため甲板を通してさう多數の鐵筋を挿入し得ないから上甲板隅角には相當多量の鐵筋を入れることとなる。之亦構造上己むを得ない。又サッキングの時はホッピングの場合の曲げモーメントの5分の1位ともなる。而も龍骨、副龍骨が適當に配置せられるため鐵筋の配置が大分樂になるが何れにしても中々理想通りに配筋は不可能に終る。又船底外板に於ても之が計算は肋骨の間隔、龍骨の間隔により定められた部分的の床板とし、水壓は甲板上2米の水頭に抵抗するものとして計算してをる。但し之が計算には構造が相互にコンチニユアスであること、又鐵筋混凝土構造上完全なる固定にあらざることとを考慮し中央部曲げモーメントは系数 $\frac{1}{10}$ を採用し床板は I_1^3, I_2^3 により配分さるる所謂デフレクション式によるの計算方法をとつてゐる。之も前述の意見の様にアズ・エ・ホールとして取扱ふ考へ方からすれば、全く理想の方法ではないが、さらばと云つて之を極めて嚴密に解拆して見た所で徒らに勞多くして功少しと云ふ結果に終る。在來の造船

規程の上には海上保険等の關係より遮二無二ロイド・ルールに押へつけられてをつた傾向があるから此際設計の理想に導き變更すべき點は進んで變更すること可なりと考へるのであるが、前述べた様な造船設計の根本計算は在來通りの方法で結構であると思ふ。

4. 第1號船に改良を要する諸點

第1號船の建造に鑑み改良を要すると考へられた諸點は下記の通であり、而も之等の諸要項は艦本指令による第4號船以降に於て全部設計の上に考慮に入れられ變更を加へられたる事項である。

1. 混凝土施行上線圖に變更を加へられたること一船底部の混凝土は全部平打で施行する。然し船首尾隅角部に相當する所は一部勾配急となり施工した混凝土がだれる傾向を生ずる所がある。依つてかかる傾向のある場所をなるべく少くなくすることに努めた。即ち混凝土平打勾配は其角度 20 度を超過する時は打つた混凝土が底板と縁が切れてだれ掛つてくる。又縦打の場合に 70 度以上の下向角度の場合にはその隅々迄混凝土は廻り兼ねる。可成りに注意して搗固めしても豆板の露出する場合が多い。依つて全體として線圖に於て 20 度乃至 70 度の中間角度の部分のなき様に線圖を案配したのである。従つて船首尾の線圖に於てその中間角度の部分は直線式に改めたことで場所により 1 本若しくは 2 本のナツクル・ラインを入れた事である。概ね 1 本とした。2 本にすると船のスピードに影響する所大である。

2. フレーム・スペースを擴大したこと一第1號船に於ては大體鋼船構造に則りフレーム・スペースを 1 米とした。然し混凝土船に於ける 1 米スペースは型枠の形が餘り小さくなり、従つて複雑となる。なるべく間隔の廣いことが希望であるが、間隔を廣むれば計算上ウェッジが厚くなる。従て重量方面よりして餘り經濟とならず、1.5 米といふ希望であるが、兩者比較考慮して 1.2 米のスペースを採用した。造船規程に依れば船首尾のフレーム・スペースは規則上狹められるけれ共、混凝土船に於ては之を打破して船艙部と同間隔に決定した。

3. 鐵板を併用するの可否一第1號~第3號船に於ては兩側外板防舷材下部は 1.6 耗の鐵板を使用した。その理由は船體として試作の場合

でもあり、混凝土の水密性に多少の不安を感じてをつたこと、又一面には鐵板を使用すれば型枠の代用ともなり作業上の便もあるからと云ふのである。試作試験の結果漸次作業に熟練すれば混凝土表面をモルタル塗により充分の水密性を保ち得る信念を得たことと又一面に於て目下最も窮屈とする鋼材の節減をなし得るといふ觀點から省略することとした。但し船底部鐵板の普通のビルデング・ドックならざる簡易船渠に於ては底型板の取外に特別の作業困難を増す。依て底部鐵板は半型枠代用をなすと同時に船體の強度を補助すると云ふ意味にて使用することにした。事實上底部型枠を使用するとすれば普通船渠にて建造する場合も之が取外に困難を伴ふから假りに D 型建造の場合普通船渠を使用する時でも最初の一回は底部鐵板を使用する方作業上の困難を省略しようと思ふ。尙船首尾の一部錨すれに相當する所は試作の時と同様鐵板を使用する。但し厚 2.6 耗とす。第1船では各所に 1.3 耗 1.6 耗の鐵板を使用した。之はガス熔接の場合熱のため板がそり返り歪が生じ整形に困難するのみならずガス熔接加工の場合フレームが鐵板を通し易い。従つて鐵板に穴の開く個所が生ずる。電氣熔接は勿論施工困難である。

4. 鐵筋數を約 2 割節減したこと第1號船~第3號船は鐵筋 135 屯を使用した。第4號船以降は 108 屯に減じた。普通一般の計算からいへば 1 號船に使用した量を必要とするが、大體結果から見て鐵筋のアローアブル・ストレングスを上昇してとることにしたので約 2 割減つた。これが船全體アズ・エ・ホールとしての判断の上から省略して差支なしと認めたからである。省略した個所は各所に亘つてゐるが、最大部分は隅角筋である。神戸港 2000 屯ケーソンに於て最初の計算で鐵筋 120 屯を要したが、漸次節約して 78 屯迄減じた。船の場合はケーソンと同じ様な考へ方には行かないが、未だ少々位は節減の餘地があるかと思ふ。

又變更された局所的のものは色々あるが、根本的のことは以上の 4 項目である。

5. 施工上の順序及施工法

施工上の順序及施工法に就ては邊般神戸に於ける懇談會の席上詳細に述べた積りで、その記録が印刷に付せらるるといふ事であるから茲に

は省略して要項だけを述べる。圖面等も前記録に詳細添付される筈であるからそれを参照されたい。混凝土配合はセメント1、砂1.5、砂利3としセメントは大坂窯業セメント製品舊規格に據るものを使用した。第4號船以降は之に合致するものが欠品のため特種石灰を供給し舊規格に合致するものを特に製造納入せしむることにした。砂利は揖保川産、砂は同河港産のものを使用した。混凝土混合機は容量14切練、運搬手押車は2切入を使用した。比較的この仕事には小型である。その意味は剛れない仕事の大量練上は製品に缺點を産む虞があるからである。

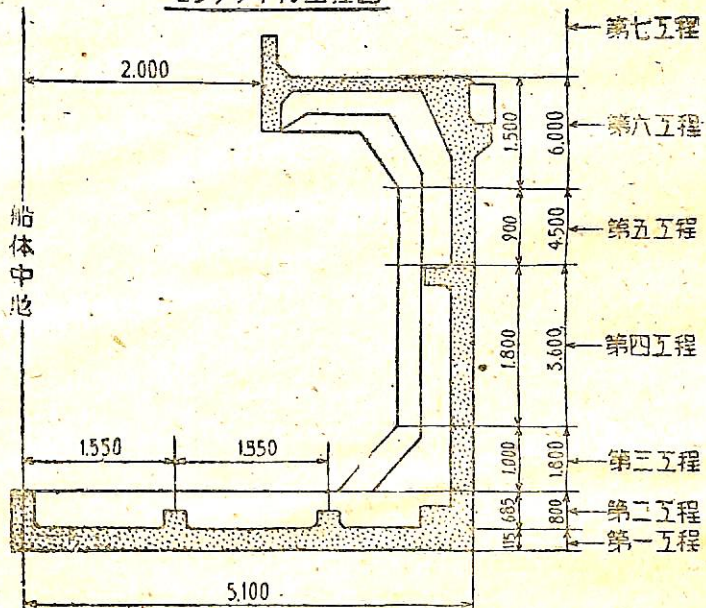
混凝土打の工程は圖の如き順序で施行した。混凝土填充施工高も前項の意味でなるべく1米高程度に限定した。鐵筋はその形を正確に保持するの意にて肋骨部は全肋骨共原圖板上にて組立、電氣熔接し検査の上、之を船渠内に運搬配置し測定に依て各肋骨の位置、高さ等厳密正確に調整し次で龍骨其他他縱筋により連結す。型枠は内外の型板及肋骨鐵筋を利用してターンバックル10番線混凝土セパレーターにて其位置を保持せしむ。セパレーターは施行中全部除去し主要部に残留させる様にする。型枠は取扱よき様4分乃至6分板使用、周圍及棧は2寸角程度之極めて輕便なるものを採用した。1號船に於ては多數の鐵裝品取付ボルトありしたため型板取外しに破損せしもの多數なりしも第4號船以降はこのボルト數を半減したので破損率著しく輕減するものと思ふ。特に1號船型枠では内部型板がフレーム・スペース毎1枚で通したけれ共第4號船以降はフレーム・スペース間隔も増大したので之を2枚としその中間に模板を入れる事とし模板を最初に外せば兩側は自由に外れる様にしたため、今後は型板破損率はうんと減少するものと思ふ。大體以上の仕組で、第1工程混凝土打に始まり甲板部第6工程船首尾樓部第7工程で完成するから混凝土打出して打終り迄35日、鐵筋加工組立より進水まで全操業日數約80日となる。

6. 漏水止めの方法

混凝土打の最後の工程が終了したならば順次下部より型枠の取外し作業を始むる。然し冬季ならば少くとも1週間、夏季ならば純4日間経過後たるを要する。尤も船首尾樓施工中でもS.S以下の部分は既に混凝土打終りより相當日子を経てをるので作業の都合で何時でも取外しに掛つても差支がない。但し取外作業は出来るだけ混凝土を毀さざる様而も型枠を破損せざる様注意を要する。

愈々型枠を取外して見ると案外の個所に豆板

コンクリート打工程圖



を發見したり、又弱點個所を見出す。此の如き個所は直ちに研工(石工)を掛けて全部はつり取り凸凹面を残し、その面を水でぬらし1:1モルタルを以て壓縮コテ仕上をなす。此の如き個所は船全體としては比較的上出来であつても數ヶ所位は發見する。混凝土の充分廻り兼ねた所、搗固めの不充分な所などは豆板が露れる。極端な箇所になると鐵筋の露出する場合がある。之は鐵筋位置が正確ならずして、混凝土打に邪魔をした個所である。

之等欠陥の生じ易い所は層と層との継手に起る。この場合は層に添ふて水平に走る。然らば前述の20度~70度の中間角度の場所に起る。特に水線以下の個所は漏水の危険多分にあるので完全に修理を要する。第1號船で漏水修理で一番

困難を感じたのは、機関室左右兩舷の油槽である。之は槽の内面に1.6耗の鐵板張を施したのであるが鐵板のある側は混凝土の出來悪かりし場合填補修理が不可能でその儘に放置せねばならぬ。而も内張鐵板が完全ならば取て不安がないのであるが1.6耗の鐵板になるとガス熔接の場合損傷を受け易く穴が開き易い。だから結果として鐵板にも混凝土にも欠陥が出來た譯である。この論法からすると外板に鐵板を使用するのも同一結果に陥り易いと云ふことになる。故に4號船以下は鐵板製圓筒形タンクを別途に製作し之を其の位置に取付くことに變更した。

以上の様な水漏は色々の場合が出來するが先づ水漏發見の時は直ちにその水道を充分に突止め、充分に掃除してクキックロータス(理研製品)で煉つたモルタルを填充する。一種の珪酸ソーダ材である。一、二分経れば硬化する。水漏止まつてから更にその部分を1:1モルタルにて壓縮補填して修理仕上げをなすのである。

場所に依ては水の漏出する出口が可成複雑で仲々突き止め困難な場合がある。鐵筋から鐵筋へと傳り、とんでもない所に漏水の本源を發見する事がある。こんなことは滅多にないがその様な一應水の出る場所にゴム管又は鐵管の様なものて漏水を1箇所に局限し其他の部分は前段方法で完全に修理した後、管を取り去つて最後にその部分を修理する。ロータスを入れれば、二分で硬化するから之は局部だけに使用する。

以上述べたのは修理の局部處理であるが、場

合により取付け悪くなくとも一般的に粗質に見られる所又は粗質でなくとも特に大事な場所、例へば外板部の如き部分にはセメント・ガン吹仕上をするのが安全である。

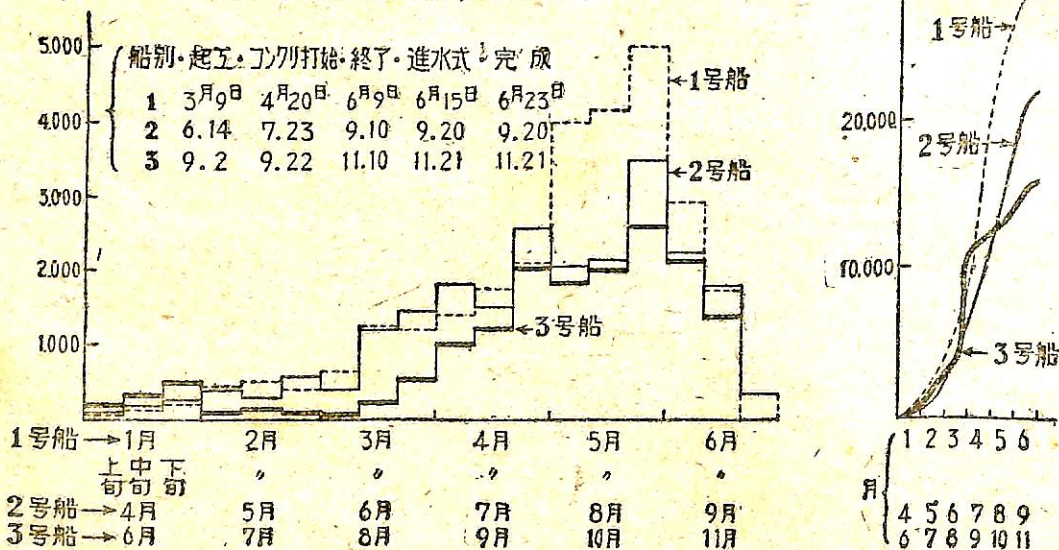
7. 船殼仕上り重量

鐵筋混凝土船の建造に當り、船殼自重の豫定より増加することは施行の際の型枠の膨れより來るのであるから作業の上に充分の注意を必要とする。型枠は前述の通り木製薄弱の構造であるから同じキャストでも鐵鑄物とは大分趣を異にする。型枠が1程位の膨出は隨所に起り易い。之を入念に發見調整する必要がある。船殼自重の増すことはそれだけ載貨重量を減ずる結果となるのは勿論さうでなくとも混凝土船の一大欠陥として唱へらるるものはこの自重増加にあり従つて機関の強力なるものを要し、日常運搬經費の不必要の消費を必要とすると云はれてをるのであるから作業上防ぎうる自重増加の原因は徹底的に撲滅せねばならぬ。武智造船所に於ても第1船は豫定重量よりも71屯餘、第2船に於ても53屯の増加を來したが第3號に於て極力注意を拂つた結果略ぼ目標に達し得た。

	出來上り船殼重量 噸	吃水(平均) 米
第1號船	1,164.0	2.990
第2號船	1,146.8	2.970
第3號船	1,081.8	2.900
計畫船殼重量		1,093.7

(101頁へつづく)

コンクリート貨物船互數統計圖



船舶の推進

—〔8〕—

山縣昌夫

第4章 推進器の模型試験 及び相似則

前章において述べた通り、螺旋推進器の理論として、従来の運動量理論及び翼素理論はともに推進器の設計その他の実際問題に對する實用的價値が少く、その後發達した渦理論を使用しても、任意の推進器の性能を正確に算定することなどは不可能である。このやうなわけで、最初船體が水から受ける抵抗を模型について測定するために建設された船型試験水槽を利用し、推進器の模型について實驗を行つてその性能を求め、實物に換算する方法が考案され、現在においても廣く行はれてゐる。これは逸波抵抗の理論が著しく發達してゐるが、實際的の各種の理由から試験水槽において船體の模型試験を行つて、これを求めてゐる現状と全く同様であり、將來推進器の理論がさらに進歩しても、推進器の模型試験はますます重視されることと思ふ。

船舶用推進器の模型試験設備、試験法などについては、著者(24)、(25)はかつて詳説したことがあるから、ここでは螺旋推進器についての相似則を中心として、これに關する模型推進器試験の二三の結果について述べるに止める。

一般に實物と幾何學的相似の模型について實驗を行ひ、その測定結果に基いて實物の性能を推定するには、まづ模型と實物との間の各般の關係を知らなければならぬ。この法則を相似則または比較則といつてゐる。

流體中において單獨に作動してゐる螺旋推進器の推力、回轉力率及び効率、その絶對寸法、回轉及び前進速度、流體の密度、動粘性係數及び弾性係數、並びに重力を考慮する場合、動力學的相似則の理論により次式をもつて表はすことが出来る。

$$t = \frac{T}{\rho N^2 D^4} = f_1 \left(\frac{V}{ND}, \frac{ND^2}{\nu}, \frac{p}{\rho V^2}, \frac{V^2}{gD}, \frac{E}{\rho V^2} \right) \dots\dots\dots (196)$$

$$q = \frac{Q}{\rho N^2 D^5} = f_2 \left(\frac{V}{ND}, \frac{ND^2}{\nu}, \frac{p}{\rho V^2}, \frac{V^2}{gD}, \frac{E}{\rho V^2} \right) \dots\dots\dots (197)$$

及び

$$\eta_p = \frac{TV}{2\pi NQ} = \frac{1}{2\pi} \frac{tv}{q} = f_3 \left(\frac{V}{ND}, \frac{ND^2}{\nu}, \frac{p}{\rho V^2}, \frac{V^2}{gD}, \frac{E}{\rho V^2} \right) \dots\dots\dots (198)$$

式中 t, q, η_p 及び v は各々推進器の推力常數、回轉力率常數、効率及び式(76)の與へる前進率、 T 及び Q は各々推力及び回轉力率、 D, V 及び N は各々直徑、前進速度及び單位時間における回轉數、 ρ, ν, E 及び p は各々流體の密度(25)、動粘性係數(25)、弾性係數及び靜壓力、また g は重力加速度であり、 f_1, f_2 及び f_3 はある函數で、推進器の形狀などによつて變化し、幾何學的相似の推進器に對しては一定で、この函數内の各項が同一なれば流體流は相似となる。推進器の模型試験の目的は任意の推進器についてこの函數を求めにあるが、函數内の各項の値をすべて實物と同一に採つて模型試験を行ふことは不可能である。従つて前3式を仔細に検討して、模型試験が絶對に不可能であるかどうかを調べる必要がある。

これ等の式の右邊の函數 f 内の第5項の無次元値 $E/\rho V^2$ は流體の壓縮性に基くもので、航空機用の推進器においても翼の周圍における空氣の相對速度が空氣中における音響の速度に接近しないかぎり、壓縮による空氣の密度の變化は殆ど生ぜず、殊に水は實際的には非壓縮性の流體と看做すことが出来、しかも船舶用の推進器の水に對する相對速度は航空機用のものに較べて一般に低いから、船用推進器を取扱ふ場合にはこの項を無視してよい。

函數 f 内の第4項の無次元値 V^2/gD は重力の影響によるもので、船體の抵抗を論ずる場合のフルード數、すなはち V/\sqrt{gL} に相當するものであるが、船用推進器が水面に極めて接近してゐるか、あるひはその翼の1部を水面上に出して

作動し、これがために表面波が起る場合を除き、一般にこの影響を考慮する必要がない。なほこの問題については推進器が水面から空気を吸込む現象に關聯して後段において取扱ふつもりである。

第 8 項の無次元値 p/p^2 は空洞現象に關するもので、これも推進器の水面からの深度が十分であれば普通の場合には無視して差しつかへないが空洞現象を起す惧のある推進器に對しては空洞試験水槽において別途に模型試験を行ふ必要がありこれ等に關しては空洞現象を取扱ふ場合に一括して詳説する。

このやうに前 3 式の右邊の函數 f 内の第 3, 4 及び 5 項は一應無視することが出来るから、これ等の式は次のやうに簡單になる。

$$t = f_1(v, R) \dots\dots\dots (199)$$

$$q = f_2(v, R) \dots\dots\dots (200)$$

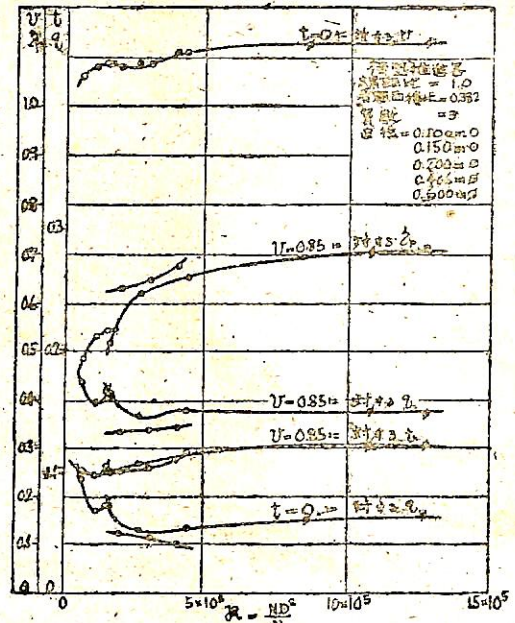
及び $\eta_p = f_3(v, R) \dots\dots\dots (201)$

式中 $R = \frac{ND^2}{\nu} \dots\dots\dots (202)$

で、粘性流の相似を表はす無次元値、すなはちレイノルズ數であり、船體などの摩擦抵抗を論ずる場合に屢々使用されるレイノルズ數 VL/ν と同じ性質のものである。

レイノルズ數が推進器の性能にいかなる影響を及ぼすか、すなはち式 (199)~(201) において v が一定である場合に R の大小によつて t, q 及び η_p の値がいかに變化するかについては、ケンブ (26)~(30)、スミス・カーリー (31)、グッチェ (32)~(34)、アラン (35)、ヴァン・ラメレン (36)、その他多數の人々によつて研究され、その結果が發表されてゐる。

第 35 圖はケンブ (26) がハンブルグ試験水槽において行つた螺距比が 1.0 で、直径が 0.100 m, 0.150 m, 0.200 m, 0.406 m 及び 0.600 m の 5 箇の相似模型推進器の單獨試験の結果に基いて、 v が 0.85 に對する t, q 及び η_p 、並びに t が 0 の場合の v 及び q を、レイノルズ數 $R = ND^2/\nu$ の基線上に圖示したものであるが、これによると ND^2/ν の値が $4 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ 以上においては各曲線が横座標軸に略々平行に近くなつてゐる。従つてこの種の推進器の模型試験はこの限界レイノルズ數以上において行はれたのでなければ、その測定結果を實物に換算した數値が正確であるとは認め難い。殊に ND^2/ν が 2.5×10^5 以下において行はれた模型推進器單獨試験の結果は實物に對して殆ど無價値であるといつても過言ではない。こ



第 35 圖 相似模型推進器についての實驗結果

の圖からレイノルズ數が推進器の性能に及ぼす影響の一般的傾向として、レイノルズ數が極めて小さい場合を除き、その増加に伴つて推力常數及び效率が増加してゐることがわかる。このやうに一定前進率における推進器の性能がレイノルズ數によつて變化する現象を縮尺影響といつてゐる。

縮尺影響は流體の粘性、一般には摩擦抵抗に基づくものであるから、第 35 圖におけるやうに特定の相似模型推進器を取扱ふ場合にはレイノルズ數として式 (202) によつて定義するものを使用してもよいが、形状の異なる種々の推進器を一般的に取扱ふためには、一定直径に對する翼の面積もしくは幅をなんらかの形でレイノルズ數中に挿入するのが合理的であり、その 1 例として、翼の展開面積を考慮したレイノルズ數としては展開面積比 a_a を翼數 z で割つた數値を式 (202) に乘じたもの、すなはち

$$R = \frac{a_a}{z} \cdot \frac{ND^2}{\nu} \dots\dots\dots (203)$$

が採用されてをり、1933 年ヘーグにおいて開催された國際船型試験所長會議においては模型推進器試験に對するこの最小値を暫定的に 6×10^4 としてゐる (37)。この臨界値から第 35 圖に實驗成績を掲げる推進器に對し式 (202) による R を逆算すると 4.7×10^5 となる。

またケンブ (27)、スミス・カーリー (31)、アラン

(35) などは翼の幅を考慮して、船體その他の摩擦抵抗に對し採用されてゐるレイノルツ數 VL/ν と全く同一の形である次のやうなレイノルツ數を使用してゐる。

$$\Re = \frac{V_r B}{\nu} \dots\dots\dots (204)$$

式中 V_r は半径 $0.7R$ における翼素に對する水の相對流入速度、すなはち推進器の前進速度を V とすれば $\sqrt{V^2 + (2\pi N \times 0.7R)^2}$ に等しく、 B はこの翼素の幅、すなはち圓周に沿ふての翼幅である。

ケンプは模型推進器試験に對するこの形のレイノルツ數の最小値を 2.5×10^5 としてをり、スミス・カーリーは螺距比が 1.0 で、直徑が 0.122 m 、 0.244 m 及び 0.342 m の 3 箇の相似弓型推進器の模型試験を行つてゐるが、その結果によれば、 v が 0.60 及び 0.80 の各々の場合に t 及び q の値はレイノルツ數の増加とともに増加し、 $V_r B/\nu$ が $2 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ 以上においては略々一定となつてゐる。またアランはこの問題を研究するために、截面が弓型の翼型に關する基礎研究から出發して、螺距比が 0.968 で、直徑が 0.108 m 、 0.155 m 及び 0.213 m の 3 箇、並びに螺距比が 1.40 で、直徑が 0.151 m 、 0.190 m 及び 0.229 m の 3 箇の 2 組の相似弓型推進器の模型試験を行つた。この結果によると一般にレイノルツ數の増加に伴つて推力常數も回轉力率常數もともに幾分増加するが、後者の増加率は前者に較べて僅かであるため效率も増加してをり、レイノルツ數の影響は前進率の相異によつて餘り變化はないが、こ

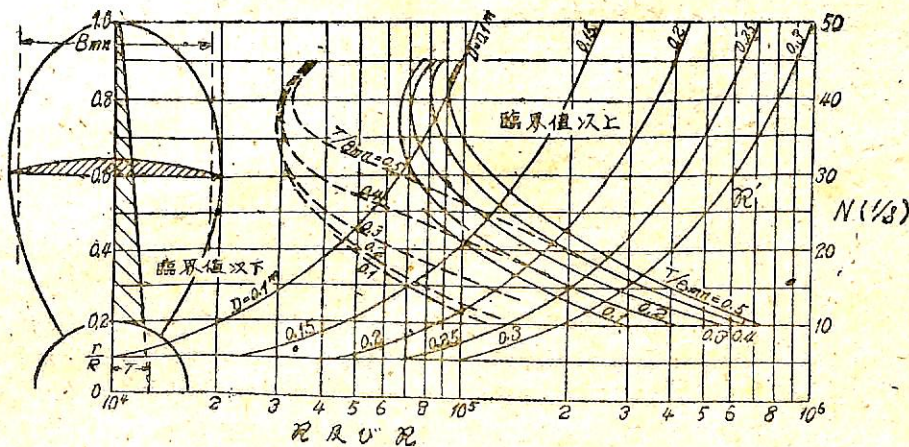
れが小さくなると縮尺影響が漸次減少する傾向は認められ、第 2 組の推進器は第 1 組のものに較べて縮尺影響が著しく、またこの實驗における $V_r B/\nu$ の最大値 3×10^5 までにおいては推力常數も回轉力率常數も一定に近い値となるにいたつてゐない。なほ推進器の縮尺影響は翼型の縮尺影響から半径方向における翼素積分の方法によつて推定することが出来ることを示してゐる。

グッチェ (34) もアランと同様に翼型についての基礎的研究に立脚してこの問題を徹底的に研究したが、レイノルツ數としては式 (48) が與へる平均翼幅比を挿入したものを使用してゐる。すなはち

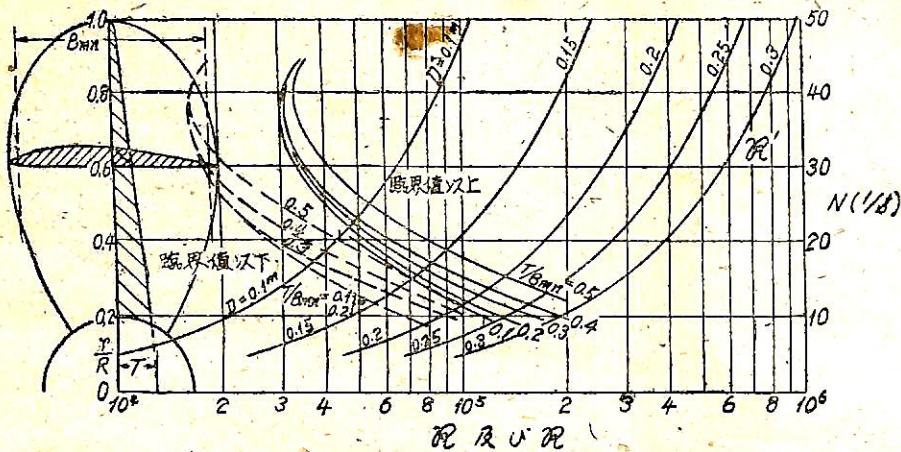
$$\begin{aligned} \Re &= \frac{ND^2}{\nu} \cdot \frac{B_{mn}}{D} = \frac{ND^2}{\nu} b_{mn} \\ &= \frac{ND^2}{\nu} \cdot \frac{\pi}{2z} \cdot \frac{a_a}{1-d_b} \dots\dots\dots (205) \end{aligned}$$

式中 B_{mn} は平均の翼幅、 b_{mn} は平均翼幅比、 d_b は蔽比である。

グッチェはその廣範に亙る詳細な風洞試験の結果に基いて、弓型及びエーロフォイル型推進器の模型試験に對するレイノルツ數の最小値を第 36 及び 37 圖に示すやうに表はしてゐる。これ等の圖は各々圖中に掲げる弓型及びエーロフォイル型推進器に對するもので、横座標軸に式 (205) が示すレイノルツ數 \Re を、縦座標軸に任意の半径と翼端半径との比 r/R を採り、推進器軸心上における假想翼厚と平均翼幅との比 T/B_{mn} の $0.1 \sim 0.5$ の 5 種の値に對し、各半径比 r/R に對する最小レイノルツ數を示し、實線はその上限を、破線はその下限を表はしてゐる。この兩圖において



第 36 圖 弓型推進器の模型試験に對する限界レイノルツ數



第 37 圖 エーロフォイル型推進器の模型試験に對する限界レイノルズ數

Re' と附記した各々 5 箇の實線をもつて示す曲線は、縦座標軸に毎秒の回轉數 N を採り、水の動粘性係數 ν を 1.15×10^{-6} とした場合に、 d_b が 0.20 で、 b_{mn} が 0.25 であり、直徑 D が 0.10 m ~ 0.30 m の 5 種の模型推進器に對するレイノルズ數 Re' を横座標軸によつて與へてゐる。すなはち

$$Re' = 2.174 \times 10^5 \times ND^2 \dots \dots \dots (206)$$

この曲線を使用すれば模型推進器試験におけるレイノルズ數の概略値を直ちに求めることが出來、 b_{mn} の任意の値に對しては

$$Re = Re' \frac{b_{mn}}{0.25} \dots \dots \dots (207)$$

により圖示の Re' から Re の値を容易に知ることが出來る。なほ d_b が 0.02 の場合に b_{mn} の値 0.25 を a_a に換算すると、 z が 2, 3 及び 4 の場合に各々 0.255, 0.382 及び 0.510 となる。

模型推進器の試験を行ふ場合、あるひは發表された模型推進器試験の結果を利用する場合に、第 36 圖もしくは第 37 圖によつて實驗におけるレイノルズ數を吟味し、模型推進器の翼素の大部分すなはち翼の先端から約 $0.3 R$ 附近までの翼素に對するレイノルズ數が臨界値以上であるならば、縮尺影響はまづ存在しないと看做してよい。

なほこの圖によつて翼幅の小さい、翼厚の大きい推進器に對する限界レイノルズ數は比較的大きく、また縮尺影響を除去するためには、弓型推進器はエーロフォイル型のものより遙かに大きなレイノルズ數を必要とすることがわかる。後者についてアラン (35) も略々同様な實驗結果を得てゐる。

1937 年ベルリンにおいて開催された國際船型試験所長會議において模型推進器試験に對する限界レイノルズ數を國際的に統一する目的でこの問題が討議されたが(38)、グッチェの發表した第 36 及び 37 圖を基礎として、レイノルズ數 $b_{mn} ND^2 / \nu$ の最小値を T/B_{mn} が比較的小さいエーロフォイル型推進器に對しては 0.4×10^5 、また T/B_{mn} が大きい弓型推進器に對しては 0.8×10^5 と一應決議してゐる(39)。

ヴァン・ラメレン(36)は、 $0.7 R$ における螺距比が 1.0106 で、直徑が 0.157 m, 0.226 m, 0.269 m, 0.313 m 及び 0.376 m の 5 箇の相似エーロフォイル型模型推進器をワーゲニンゲン試験水槽において實驗し、式 (205) 及び (204) が示すレイノルズ數を基準として縮尺影響を研究した。これによると (a) 推進器翼の周囲における水流状態は平板に沿うての水流と略々同一の臨界レイノルズ數において層流、亂流または混流となること、(b) 從來發表された實驗結果によると模型推進器の效率率はレイノルズ數の増加に伴つて増加してゐるのが普通であるが、レイノルズ數及び水流状態のいかんによつては反對に減少することもあり、これはサンティス (40) の實驗結果も同様な事實を示してゐること、(c) ある特定の推進器の模型試験においてその前進速度を一定に保ち、回轉數を増減してレイノルズ數を變化させた場合と、推進器の寸法を違へてレイノルズ數を變化させた場合とは同一レイノルズ數における推進器の性能が必ずしも同一でなく、翼の周囲における水流の状態が明瞭でないかぎり、前者の方法による模型推進器單獨試験の結果から縮尺影響に關する結論を得ること

とは危険であること、(d) 実験におけるレイノルズ数の最高値、すなはち $b_{mn}ND^2/\nu$ の 14×10^4 、また $V_r B/\nu$ の 3.7×10^5 においてはまだ推進器の性能がレイノルズ数と無関係に完全に一定となるまでにはいたらず、例へばその効率も実物のものより約 3% 以上も低いと想像されることなどの重要な結果が得られてゐる。

この機会に参考として附言してをきたいのは、以上述べた模型推進器の試験はすべて船型試験水槽内の静水中を前進しながら作動してゐる模型推進器について行はれたものであつて、模型推進器が船體模型の後方において作動してゐる場合、または空洞試験水槽もしくは風洞などにおける実験においては流體を回流させてゐる關係から、推進器に流入する流體はその大部分あるひは全部が亂流状態にあり、従つて最小レイノルズ数は前述のものと同然相異してその數値が低下するか、あるひは最小レイノルズ数が存在しない場合も想像され、著者(41)は試験水槽における單獨試験に對する最小レイノルズ数を決定するとともに、船體模型の後方などにおいてもこの研究を行ふ必要がある旨を國際船型試験所長會議に提案したが、まだ實行されるにいたつてゐない。

ヴァン・ラメレン(36)は亂流が推進器効率に及ぼす影響を確めるために、直徑 1.5 mm の鋼線を心距 10 mm をもつて縦横に編んで製作した金網を、直徑が 0.226 m の前記の模型推進器の前方 0.452 m の位置にをき、推進器とともに前進させて水槽水を人工的に亂し、 $b_{mn}ND^2/\nu$ が 3.42×10^4 において模型推進器試験を行つたが、この結果によると、前進率 v が 0~約 0.3 の範圍内においては静水中と全く同一の結果を得てをり、 v がこれ以上に増加すると推力常數、回轉力率常數及び效率が静水中におけるものより次第に大きくなり例へば v が 0.7 附近において η_p が約 2% 増加し、レイノルズ数を増加させたと同様な結果を得てゐる。著者もかつてこれに似た実験を行つたことがあるが、單にこの程度の網を模型推進器の前方に装置しただけでは水の完全な亂れの状態が得られず、網を人工的に振動させる必要を認められた。

推進器の縮尺影響に關しては試験水槽において相似模型推進器を試験してその性能を求め、これがレイノルズ数の増加に對し略々無関係になればレイノルズ数が遙かに大きい實物に對しても模型

推進器の測定性能を適用することが出来ると思つてゐる。しかしながらこれには後段において説明する通り數多の推定が含まれてゐて、決定的解決策としては直接實物についてその性能を測定し、これを模型推進器の性能と比較する必要がある。大型の實物推進器を單獨に試験するためには極めて大規模な実験設備を新に製作しなければならず、またその測定には異常な困難が伴ふので、實際問題としてはその實行が困難である。實船に裝備された状態において推進器の性能を測定することは比較的容易ではあるが、その測定結果は船體に關する縮尺影響、すなはち主として伴流の縮尺影響を含むことになり、しかもこれは今なほ未解決の問題なので、推進器のみの縮尺影響を求めることは不可能の現状にあり、従つて大型の實物推進器についての大規模な実験は實行されるにいたつてゐない。

著者(41)は實物推進器の実験方法として、船を後進させて推進器の推力、回轉力率などを測定する案を國際船型試験所長會議に提議した。船が後進してゐるときに推進器に流入する水流は、單螺旋船、双螺旋船などによつて相異はあるが、いづれにしても船體の影響を受けることが少なく、またこの影響が相當の程度に達しても、單螺旋船における舵によるものを除き、水流がポテンシャル流であるから縮尺影響は存在しない筈である。ケンプ(29)は著者のこの提案に基いて 4,000 軸馬力のタービン汽機 2 臺を裝備した長さ 120 m の双螺旋船タンネンベルグ號の推進器軸系に推力計、換計などを特別に装置し、直徑が 3.140 m、螺距比が 1.00 で、翼截面の形狀以外は全く同一の左右舷推進器を使用して、船を種々の速度をもつて前進及び後進させ、兩舷推進器の推力、回轉力率などを詳細に測定した。左舷推進器の翼截面は普通の弓型、右舷のものは弓型の 2 枚合せ、すなはち中心線に對し對稱的形狀のレンズ型ともいふべきものである。この實船についての實驗とともに、ハンブルグ試験水槽においてその 1/20 の模型について全く相似の状態において同様の實驗を行つた。これ等の實驗結果を比較してみると、船の後進の場合のみならず、前進の場合においても實物推進器の性能が模型推進器のものと測定誤差の範圍内において一致してをり、従つてレイノルズ数 $b_{mn}ND^2/\nu$ の約 10^5 における模型推進器と、 $1.4 \times 10^6 \sim 7.6 \times 10^6$ における實物推進器との間におい

て縮尺影響が殆ど存在しないこと、實物推進器翼の青銅の表面の粗度と模型推進器翼の表面の粗度とが縮尺に對し略々對應してゐること、實船と模型船との伴流に縮尺影響が殆どないことなどがわかるが、これ等の結論はあくまで近似的であり、實用的であつて、理論的に絶対に正確であるとは認められない。

タンネンベルグ號の實物推進器の實驗結果により、實際の見地からは、試験水槽における實驗によつて得た臨界レイノルツ數以上において行はれた模型推進器試験の成績をそのまま實物推進器に換算してよいことが略々明かになつたが、縮尺影響は水の粘性に基くものであるとともに、さらに廣く翼の摩擦抵抗に關するものと看做すことが出來、これには翼の表面の状態が密接な關係をもつてゐる。嚴密な意味において推進器の縮尺影響をレイノルツ數のみをもつて論ずることが出来るのは、實物と模型との一般的形狀が正確に幾何學的相似であるばかりでなく、翼の表面がともに完全に滑かな理想的狀態、もしくは流體力學的に滑かな狀態にあるか、または表面の状態も幾何學的相似である場合にかぎられ、少くとも表面の粗度、例へばプラントル及びシュリヒティング(42)などの滑數、すなはち推進器の翼幅 B 、從つて直徑 D と翼面の砂粒粗度 k との比の値が實物と模型とにおいて略々同一であることが必要である。換

言すれば、平板等の摩擦抵抗を論ずる場合と同様に(25)、一般的には式(196)~(198)、もしくは(199)~(201)の右邊の函數内に滑數 B/k を追加すべきである。ケンプ(28)はドレスデン大學のパーントが測定した實物及び模型推進器翼の材質及び仕上狀態の相異による表面の粗度を發表してゐるので、これを第11表として掲げてをいた。模型の縮尺は普通の商船に對し $1/10 \sim 1/25$ の見當であるから、表中の鑄鐵製實物推進器と模型推進器とは翼の表面の粗度において略々對應してゐるが、青銅製及び鑄鋼製の實物推進器に對しては模型の翼の表面が各々粗過ぎ、また滑か過ぎてゐることがわかる。但し實物及び模型推進器においてその作動狀態に對するレイノルツ數が相異してゐるから、兩者の粗度が對應してゐるといふことは模型推進器について測定した性能がそのまま實物に適用することが出来るといふことにはならない。

一般に推進器翼の表面の粗度が推進器の性能に及ぼす影響については第5章において一括して取扱ふ。

試験水槽において模型推進器の單獨試験を行ふ場合には、特殊の目的をもつ場合を除き、普通推進器の深度を十分に採つて、推進器がこの影響を受けないやうにしてゐる。推進器の深度がその性能に及ぼす影響については第5章において説明するが、水面から推進器の軸心にいたる距離 I と推進器の直徑 D との比が $0.8 \sim 1.0$ 以上であれば空洞現象などが存在しないかぎり、推力及び回轉力率、從つて效率が一定となつて深度の影響を除去することが出來、深度がこの限界より浅くなるとこれ等の値が低下し、殊に推進器が水面から空氣を吸込む現象が起れば推力及び回轉力率は急激に減少する。

推進器の縮尺影響を確めるために行はれた前述の模型試験はすべて深度の影響が存在しないやうに多くの場合 I を D に等しく採つてゐるが、ケンプ(27)は深度の影響の有無によつて縮尺影響がいかに変化するかの問題を取扱つた。すなはち螺旋距比が 1.00 で、直徑が 0.200 m 、 0.300 m 及び 0.600 m の3箇の相似弓型推進器を I/D が 1.0 以下の種々の値で、式(204)が定義するレイノルツ數 $V_r B/\nu$ の $1.14 \times 10^5 \sim 9.70 \times 10^5$ の範圍において實驗した。この結果によると、 I/D 及び ν が小さくて空氣吸込の現象が生じてゐる場合を除い

第 11 表

螺旋推進器翼の表面の粗度

推進器	翼の材質	翼面の仕上狀態	粗 度 ($\mu = 1/1000\text{mm}$)
實 物	推進器青銅	普通に仕上げたもの	28 μ
		丁寧に仕上げたもの	15 μ
		仕上げた後磨いたもの	12 μ
	鑄 鐵	仕上げぬもの	175 μ
	ヤムート鐵	仕上げぬもの	135 μ
鑄 鋼	鑄 放 し	850 μ	
模 型	ホワイトメタル	磨いたもの	5 μ
	アルミニウム合金	磨いたもの	10 μ
	青 銅	磨いたもの	15 μ

備考 粗度とは表面の突起の平均の高さをいふ。

ても、深度が浅いと、これが十分である場合に求めた限界レイノルズ数以上において縮尺影響が存在し、これに対する臨界レイノルズ数の絶対値もこの実験の範囲内においては求めることが出来なかつたが、 $V_p B/\nu$ が 5×10^5 以上になると縮尺影響が漸次減少することがわかつた。実際問題として浅い深度において模型推進器單獨試験を行ふことは甚だ稀であるが、貨物船の軽貨状態における模型船自航試験などにおいては推進器の深度が極めて浅いから、縮尺影響について特に考慮を拂ふ必要がある。

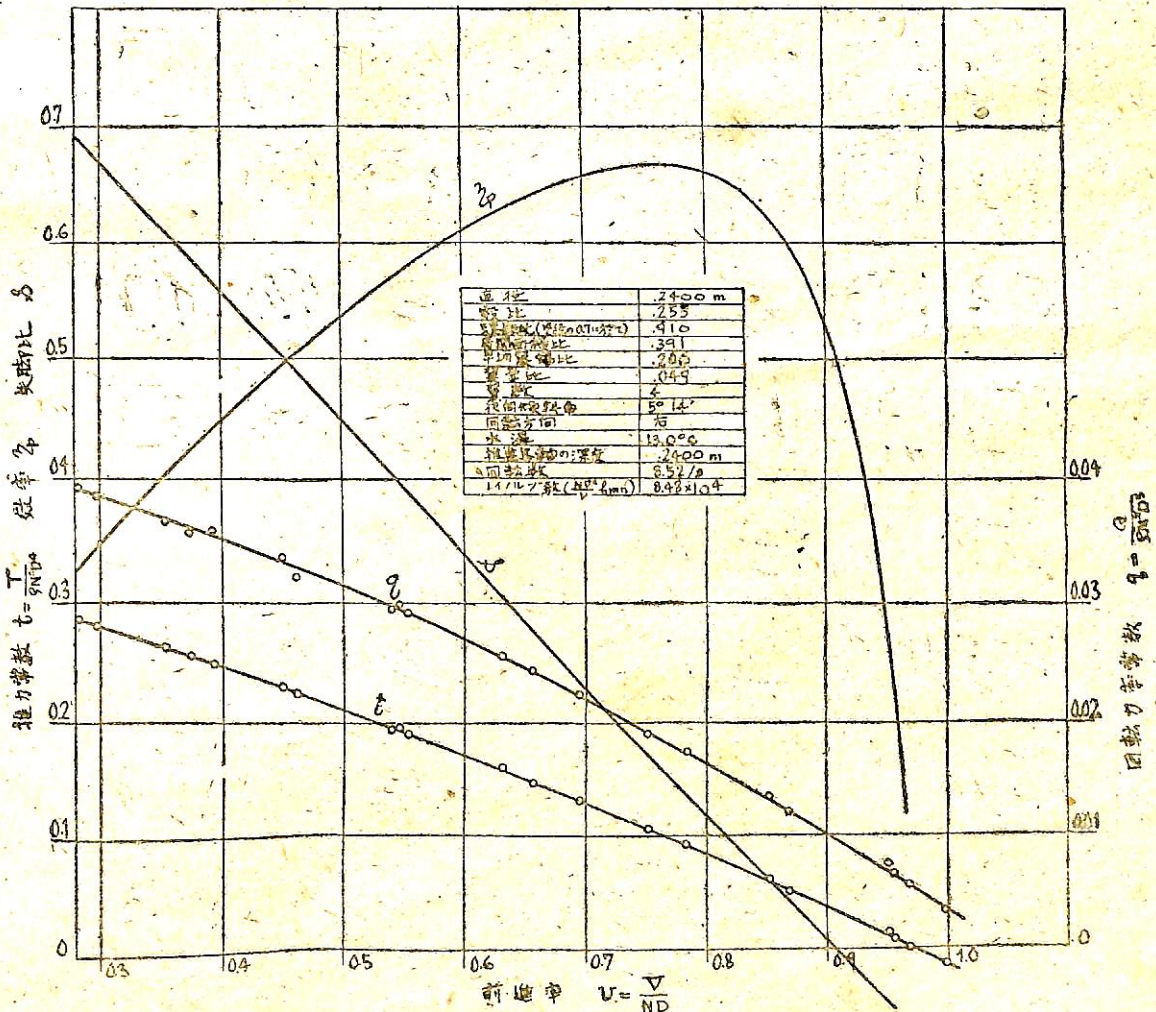
以上推進器の縮尺影響について検討した結果、ある臨界値以上のレイノルズ数において行はれた模型試験成績は近似的に實物推進器に換算することが出来ることわかつたから、式(199)~(201)中の ϵ を無視して差しつかへなく、従つてこれ等の式は次のやうに簡単になる。

$$t = f_1(v) \dots \dots \dots (208)$$

$$q = f_2(v) \dots \dots \dots (209)$$

$$\text{及び } \eta_p = f_3(v) \dots \dots \dots (210)$$

このやうにして推進器に関する模型試験が可能となり、その目的は f_1, f_2 及び f_3 の函数を求めにあるから、横座標軸に v を、縦座標軸に t, q 及び η_p を採つて、試験水槽における測定結果を圖示するのが最も合理的で、この表現法によれば、實驗した模型推進器と幾何學的相似のすべての推進器に近似的に適合することになり、國際船型試験所長會議においてもこの圖示方法を國際的に採用する旨を決議してゐる(43), (37), (44)。但し前述の通りこれ等の値は實驗のレイノルズ数及び推進器の水面からの深度によつて變化する場合も當然考へられるので、この圖中には必ず兩者の數値を記載してをく必要がある。なほ實際方面においては v の代りに失脚比 σ が屢々採用されて



第 38 圖 模型推進器單獨試験成績表現圖

るので、式(76)により

$$s = 1 - \frac{v}{h} \dots \dots \dots (211)$$

を使用して v に對する s の値を算定し、 s をも縦座標軸に採つて直線をもつて圖示するか、あるひは横座標軸を 2 重尺度として、 v とともに s の目盛をも施してをくと、實用上便利である。但し螺距比 h が一定でなく、半径方向に變化してゐる推進器に對しては普通 $0.7R$ の半径における h を使用して s を算定してゐる。第 38 圖に模型推進器の單獨試験の結果を圖示した 1 例を掲げてをいた。

推進器の設計に直接使用するための資料を得る目的で、推進器の形狀を系統的に變化させた多數の模型推進器についての單獨試験が各試験水槽において屢々行はれてゐるが、この場合式(208)による t と式(209)による q とを別々に對數罫紙を使用して v の基線上に圖示し、その各々に等効率曲線を記入し、さらに實際に推進器を設計する場合に必要な尺度をも記載してをくと、推進器設計用の圖面としてそのまま使用することが出来る(45)。同様な目的のために系統的模型推進器の試験結果を綜合的に表現する方法は數多く考案され、實用に供せられてゐるが、これ等に關してはすべて推進器の設計を取扱ふ場合に護る。

系統的模型推進器試験のうち比較的古く行はれたものにあつては、實驗のレイノルツ數がその後の研究によつて求められた臨界値以下であるものも少なく、例へば一般に廣く使用されてゐるシャフラン(46)、(47)のペルリン試験水槽における廣範圍に互る系統的模型推進器試験においては直徑が僅かに 0.120 m の模型を一定回轉數 15° で實驗してをり、そのレイノルツ數は、 ND^2/v の値が約 1.9×10^5 であり、また $b_{mn}ND^2/v$ の値は A 系統の 3 翼エーロフォイル型推進器においては約 $2.4 \times 10^4 \sim 6.7 \times 10^4$ 、 B_1, B_2 及び B_3 の系統に屬する 3 翼弓型推進器においては約 $3.3 \times 10^4 \sim 8.4 \times 10^4$ 、 B_4 系統の 4 翼弓型のものにおいては約 $3.3 \times 10^4 \sim 6.4 \times 10^4$ 、 B_5 系統の 2 翼弓型のものにおいては約 $3.3 \times 10^4 \sim 8.4 \times 10^4$ となり、さきに掲げた第 35 圖による ND^2/v の最小臨界値 $4 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ 、また國際船型試験所長會議の決議による $b_{mn}ND^2/v$ の臨界値、すなはち翼が薄くて幅の廣いエーロフォイル型推進器に對する 4×10^4 及び翼が厚くて幅の狭い弓型推進器に對する $8 \times$

10^4 から判斷しても實驗の相當の部分が臨界レイノルツ數以下にあることは明かであり、また著者はこの試験結果を他の同種の試験結果と比較して著しい縮尺影響の存在を認めてゐるので、これを使用して實際に推進器を設計する場合には特に注意する必要がある。(未完)

参 考 文 献

- (24) 山縣昌夫: 船型試験法, 共立社, 昭和 12 年.
- (25) 山縣昌夫: 船型學(上卷)抵抗篇, 天然社, 昭和 16 年.
- (26) G. Kempf: Neuere Erfahrungen in Schiffbau-Versuchswesen, Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 1927.
- (27) G. Kempf: The Influence of Viscosity on Thrust and Torque of a Propeller Working near the Surface, Transactions of the Institution of Naval Architects, 1934.
- (28) G. Kempf: Rauhigkeits- und Kennzahlfluss bei Schiffsschrauben, Werft Reederei Hafen, 1. Juni 1938.
- (29) G. Kempf: Ergebnisse naturgrosser Schraubenversuche auf Dampfer „Tannenbergl“, Hydromechanische Probleme des Schiffsantriebs, Teil II, Hamburg, 1940.
- (30) G. Kempf: Berechnung des Einflusses der Oberflächenreibung auf den Wirkungsgrad von Schiffsschrauben, Hydrodynamische Probleme des Schiffsantriebs, Teil II, Hamburg, 1940.
- (31) E. M. Smith-Keary, The Effect of Immersion on Propeller, Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, 1931.
- (32) F. Gutche: Der Einfluss des Kennwertes auf das Arbeiten von Schiffsschrauben im Freifahrzustand, Hydromechanische Probleme des Schiffsantriebs, Hamburg, 1932.
- (33) F. Gutche: Der Kennwerteeinfluss auf Schiffsschraubenversuche, Werft Reederei Hafen, 15, August 1932.
- (34) F. Gutsche: Kennwerteeinflüsse bei Schiffsschrauben-Modellversuchen, Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 1935.
- (35) J. F. Allan: Scale Effect in Screw Propellers, Transactions of the Institution of Naval Architects, 1934.
- (36) W. P. A. van Lammeren: Analyse der voortstuwingscomponenten in verband met het schaaffect bij scheepsmodelproeven, Wageningen, 1938. (Zerlegung der Antriebskomponenten

in Abhängigkeit von Massstabeinfluss mit Hilfe von Schiffsmodellversuchen, Werft Reederei Hafen, 1. September 1933.)

- (37) The Publication of Screw Propeller Tests, International Conference of Tank Superintendents, The Hague, July 13th and 14th, 1933, Wageningen, 1934.
- (38) Lowest Limit of Reynolds Number for Propeller-Experiments, International Tagung der Leiter der Schleppversuchsanstalten, Berlin, 26-28. Mai 1937, Berlin, 1937.
- (39) Entscheidungen: International Tagung der Leiter der Schleppversuchsanstalten, Berlin, 26-28. Mai 1937, Berlin, 1937.
- (40) R. de Santis: The Effect of Inclination, Immersion, and Scale on Propellers in Open Water, Transactions of the Institution of Naval Architects, 1934.
- (41) M. Yamagata: Scale Effect of Propeller in

Open-water Test, Congrès international des Directeurs de Bassins, Paris—Octobre 1935, Paris, 1935.

- (42) L. Prandtl und H. Schlichting: Das Widerstandsgesetz rauher Platten, Werft Reederei Hafen, 1. Januar 1934.
- (43) Decisions: International Conference of Tank Superintendents, The Hague, July 13th and 14th, 1933, Wageningen, 1934.
- (44) Décisions du Congrès de Paris, Congrès international des Directeurs de Bassins, Paris—Octobre 1935, Paris, 1935.
- (45) 試験水槽成績表現法調査委員会第2回報告, 造船協会雑纂, 昭和5年8月.
- (46) K. Schaffran: Systematische Propellerversuche, Berlin, 1916.
- (47) W. Schmidt: Zusammenfassende Darstellung von Schraubenversuchen, Berlin, 1926.

(船舶試験所長・工学博士)

(92 頁よりつづく)

8. 船殻建造に要したる工数

武智造船所に於て建造せる第1號船乃至3號船の所要工数は前掲圖表に明なる如く第1號船より順次減少して遂に16,000工數に達したのであるが、今後幾分なり設備の充實と工法の改良を圖れば少くとも10,000乃至12,000工數迄減少しうるものと思ふ。現在に於て機械力なき爲特に勞力を浪費するものと感ぜらるるのは肋骨の運搬及建込である。之が作業には常に數拾人の工員を必要とするも幸にクレーン1臺ありとすればその工數の過半は節減しうるものである。次に比較的手數の掛るのは鋼板垂取りである。之も1臺のプレートローラーあれば之亦半減しうる性質のものである。更に混凝土施工方面に於ては混凝土工程の短縮である。現在迄は未だ試作の範圍を脱せず現場監督員、工員共作業不馴の點を考慮し、1回打高1米程度に限定したるも漸次現場員の訓練を積むにつれS.S以下第3.4工程を1回打に改め、次でS.S以上第5.6工程を亦1回打に改むることが可能なりと認めらる。従てこの2工程を省略するた

めの工數節減は之亦相當のものである。但し外板部に相當する兩工程の混凝土打には混凝土の配合を現在より砂利量を減じたものを使用したい。場合によりてはセメント1、砂2、砂利2、位でも宜し、此の場合砂利粒は15耗目の篩を事實上完全に篩分けして使用することを必要とする。次に鐵筋の配置に於て壁厚の薄い場所に曲げ鐵筋を使用してをる。勿論理論上かくあること當然であるが之を簡單化し全部直鐵筋を使用す。而して之等の鐵筋は肋骨に對し平行若くは直角に配置されつつあるが之を全部ダイヤゴナルに配置し必要に應じ肋骨に熔接す。倉庫上屋等の壁には可成に用ひられ外國の例では混凝土船にも盛に用ひてをる。之の配置の方が船殻全體としての程度を増し工數も節減しうるものと認めらる。

最後に混凝土船建造に當り緊迫せる要求に即するためには簡單なる伸鐵工場を設備することである。鐵筋の種類として五、六種類程度であるから極めて簡單のもので宜い。この設備があると鋼材入手困難の場合之に依て工期の影響を受けることがなしに濟むと云ふことになる。

(工学博士・武智造船所々長)

戰 車 揚 陸 用 艇

“Tank-Landing Craft” The Shipbuilder and Marine Engine-Builders

本文は戰車揚陸用艇を急速建造しつゝある造船所の一つである某造船所に就て、LCT. (3) として知られてゐる Mark III 型戰車揚陸用艇を述べたものである。尙最後に、本艇主機の大量生産方式等に簡単に觸れてゐる。

本造船所は 1941 年 1 月に空地を入手して出来たもので、8 ヶ月後に第一船の龍骨を据附け同年 9 月 8 日にそれを進水し、其の後経験を積むに従つて建造期間を著しく短縮してゐる。

組立式建造法に依ることが本艇建造の著しい特色であるが、本造船所の制限された場所の関係から、各部分は適当な小寸法のものにされてゐる。溶接は甲板鐵装品や諸管工事及其他同程度のものに使用するだけで、餘り廣く使用してゐない。

現在は使用勞力の 50% が造船経験者で、残りが鋼構造物建造に多少の経験を持つ者や不定職の者である。女子工員は極めて少い。

一 般 配 置

第 1 圖が現在建造されてゐる型の Mark III 型で、これは以前の Mark II. に似てゐるが寸法が大きい。即ち Mark III. は全長 192 呎で、Mark II. は全長 162 呎である。主要寸法等は別表の通りである。

Mark III. 戰車揚陸用艇の主要目

全 長	192 呎 0 吋
垂線間長	175 呎 0 吋
型 幅	30 呎 0 吋
型 深	8 呎 9 1/2 吋
輕貨吃水 前部	1 呎 6 吋
輕貨吃水 後部	4 呎 6 吋
輕貨排水量	330 噸

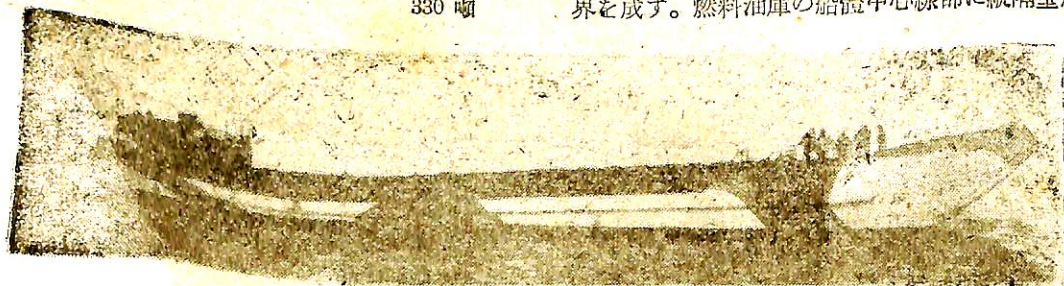
水バラスト容量 二重底	250 噸
側槽	200 噸
横燃料油庫	24 噸
航海速度 (滿載)	約 12 節

本船には船首部から船體全長の約 3/4 にわたり仕切無しの廣い船艙があり、その後部が機關室や船員居住室等になつてゐる。

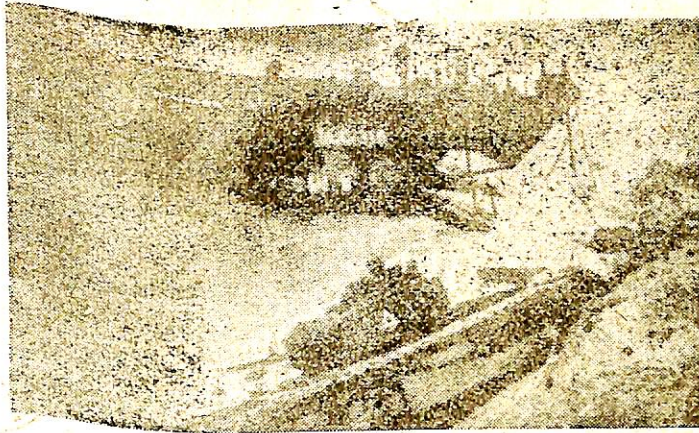
船體は特別な配置の接目 (break) の鉄を外し 5 箇の斷片に分けることが出来る。従つてこれらを船積みして海外に輸送することが出来、尙その場合には特別な假の隔壁を夫々の位置に取附けて各斷片が單獨に浮ぶことが出来るやうにする。斯くて現地で乾船渠の施設を使用し得ない場合でも、各斷片を浮かべたまゝで結合することが出来る。

船首材の位置に蝶番附の道板 (brow) を附け、戰車が船から直接に濱へ或は濱から直接に船へ自力で行動し得るやうにしてゐる (第 2 圖参照)。この道板の蝶番は徑 5 吋の止舵針を持つ 3 箇の壺金から成つてゐる。道板は 2 臺の Hyland 型手動捲揚機で動かす。この捲揚機は船艙前端部の兩舷側部に 1 臺宛配置する。周 3 吋の鋼索を捲揚機から甲板上の滑車を通して道板に導き、特許索止と道板揚装置とを甲板上に装置し、更に道板兩側に道板保持用の鎖を取附け其の他端を船殼に固着する。道板の部分の水密はゴム合せ目に依つてゐるが、更に安全にする爲に戰車區劃入口にもゴム合せ目を使用した兩開の蝶番附水密扉を取附けてゐる (第 3 圖参照)。

船艙區劃の後方 3 箇所に横隔壁があり、其の中の 2 隔壁は油密構造で燃料油庫の境界を成し、1 隔壁は水密構造で機關室と其の後部の區劃との境界を成す。燃料油庫の船體中心線部に縦隔壁があ



第 1 圖 Mark III. 戰車揚陸用艇 LCT. (3)



第2圖 戦車揚陸の際の状況

る。

船の全長にわたり区劃式二重底があり、そこに水バラスト用に使用出来る17の水密区劃がある。又低船首樓甲板の後端部から燃料油庫の前部隔壁に至る間に合計14の水密側槽がある。側槽の横の境界は二重底内のものと同一縦方向位置に在る。各舷の側室の中の1箇所は倉庫用に設備され、その室へは蝶番附鋼製蓋を持つ小さな艙口から出入する。現在建造中の艇では、燃料油庫容量を増す爲に側槽の4箇所を油密構造にしてゐる。二重底内及兩側部の水バラスト区劃の數と配置は、縦傾斜、横傾斜及吃水を廣範圍に變化し得る如きものであつて、このことは水陸作戰に於ける戦車揚陸等の際に極めて重要なことである。

二重底内に箱形龍骨 (duct keel) を配置し、艙内排水系の水路としてゐる。これは船の前端から第一横隔壁まで延長されてゐる。

構造上の特色

船殻は長さの大部分にわたり箱形であつて、斯る幾何學的に單純な形を採用したことは構造上の配置に反映して、船殻表面の彎曲に起因する錯雑さが大いに取除かれてゐる。船首尾部の形狀も直線と平面とを基にして出来てゐる。

第4圖(次號掲載)は代表的な構造横截面で輪廓は矩形、型幅30呎0吋、型深8呎 $9\frac{1}{2}$ 吋である。側槽は幅4呎で、従つて戦車區劃の幅は22呎である。二重底の深さは箱形龍骨の船體中心線部で2呎6吋、側槽の縦隔壁の所で2呎9吋である。

二重底内には各舷に1箇の非水密側桁板があり、これは水密肋板の間を連続とし、肋骨1本置きに附く他の肋板をインターコストルにする。肋

骨心距は長さの大部分にわたり2呎0吋である。第5—6圖の寫眞を第4圖の構造横截面圖と合せて見ると二重底構造がよく理解される。

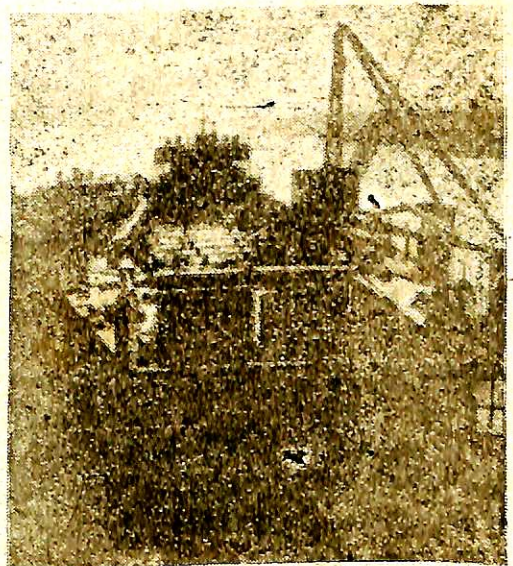
角形の彎曲部には4吋×4吋の山形材を置き、其のフランジに側外板と船底板とを取付ける。縦通材の部分の外部船底板には6吋× $1\frac{1}{4}$ 吋の摺れ材を附け、側槽縦隔壁の内方面には戦車の擦れを受ける爲の摺れ板を附ける。船の長さの大部分にわたり木製防舷材が附いてゐる。

船艙區劃の床面は槽頂板に横向きに細長片を熔接して粗くし、戦車の空轉を防止してゐる。船首部で斜道を成してゐる部分の槽頂板には、同一目的を以て1吋×1吋の角材を横に配置してゐる。

側槽の頂板を成す甲板は、側隔壁より内方に18吋延長されてゐる。甲板縁には舷樞も手摺も無いが、戦車區劃は僅かに内方に傾斜する甲板上4呎の高さの縁材で保護されてゐる。

其の他の特色

螺旋推進器を保護する爲、船尾部兩側の船殻に鋼管製の止材を熔接してゐる(第7圖参照)。尙船尾部には鰭形龍骨 (fin keel) があり、これは龍骨線の切上つた部分に鉛直の板を取附けたものである。



第3圖 後方に向つて見た概観

舵は双舵で、rod and pinion 型の手動操舵機で作動し、この2箇の舵は接続十字頭で一致した運動をする。

戦車を風雨から保護する爲、縁材間に横に鋼管の桶(rafter)を渡しそれに覆布を張れるやうにしてゐる。この覆布は艙口門と艙口楔に依り普通の方法で當木止めするのであり、その爲に縁材側面にクリートを取付けてゐる。このクリートは手摺の支持をも兼ねてゐる。

戦車區劃内には戦車を繋ぐ鋼索を取るリンクプレートが取付けてあり、80の縛索に對する設備がある。

居住設備は將校2人下士官13人の合計15人の乗員に對するものがあり、總べて後部に配置してある。將校の室は小さな甲板室で、其の他の船員の室は機關室直後の甲板下にある。この種の艇では居住設備に當て得る場所は必然的に制限されるが、この艇には士官寢室や小さな士官室がある。洗面器とシャワーの附いた士官用浴室兼便所もある。吊床は操舵機室に吊れる。

電氣爐を持つ小さな厨室が甲板室内にある。船員の洗濯と便所の設備は前部に配置されてゐる。戦車乗員に對しては何等の設備も無いが、Mark IV型ではそれも考慮されてゐる。

兵 装 と 機 装

主として空襲に對し防禦する爲、船橋樓に各舷1臺宛の Oerlikon gun がある。用意の彈藥(80彈藥帶、1120發)は砲の近くの鋼製藥篋に入れてあり、火藥庫は其の下の甲板室内にある。

船首に3cwtの有鋸錨があるが、主緊留装置はむしろ船尾にあつて、そこには特許無鋸錨を其の揚卸用の特種ダビットが配置してある。水陸作戦で本艇を使用する場合、この船尾錨は單なる便宜的存在ではなく非常に重要なものである。即ち、潮のある濱邊に本艇を乗上げる場合は、この船尾錨を投下して船が海岸に平行に廻らうとするのを防がなければならない。又これは本艇を戦車揚陸後に濱邊から引離すのに至極有効である。

磁氣機雷除けの装置があり、其のケーブル(de-gaussing cable)は現在建造中の艇では甲板縁上の管の中に入れてあるが、以前は外板外面の防舷材直下に取付けてゐた。

無電の送受信装置は現在は3船目毎に取付けてゐる。救命設備としては救命筏と浮網があり、救

命艇は積まない。

主 機 と 補 機

本艇は双螺旋船で、主機は單働四衝程無氣噴油式ディーゼル機關2臺、各1375rpm 500BHP、1500rpm 600BHPである。燃料消費は1000rpmの場合1臺1時間20ガロンである。

機關は12気筒V型、2組の筒間の角度60°、筒は2列に配置し、各列は3筒宛の2部分から成つてゐる。筒徑7吋、行程 $7\frac{3}{4}$ 吋、壓縮比17:1、全力の場合の正味平均有効壓81封度/平方吋である。

勢車は無く、不可逆である機關の動力は反轉及減速の齒車箱と一緒になつてゐる油壓式嚙合接手に特殊設計のBibby接手を通して傳達される。機關の最初の始動の場合には標準型の電氣始動器を使用する。

15KWのディーゼル發電機があり、それで照明装置、磁氣機雷除け装置、電動捲揚機、炊事用電氣爐、冷蔵装置、換氣装置及バラストポンプ等の動力とする。

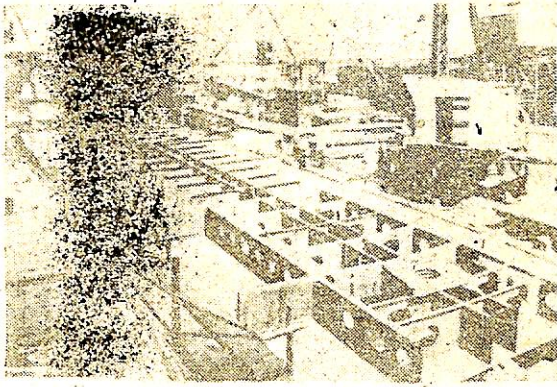
戦車區劃の縁材の内部に戦車始動用の電池を取付け、斯様にして戦車自身の電池の保存を計つてゐる。

主 機 の 製 造

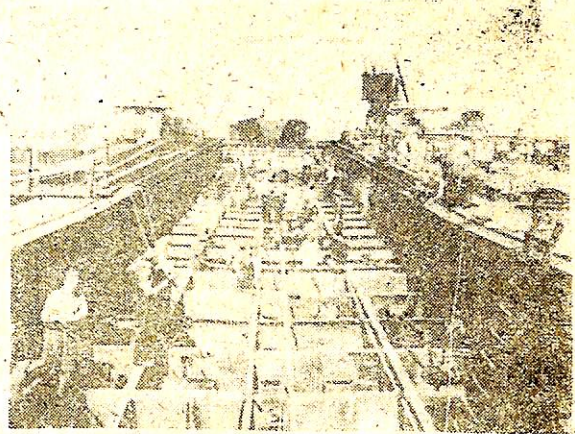
この型の機關を組立てる多くの工場が廣く分散されてをり、以下はその一工場に於ける機關製造の狀況等を述べたものである。

本工場は現在非常に高い生産成績を擧げてゐるが、最初この仕事を引受けた時は、關係工場は殆ど廢棄の状態であつた。然るに6ヶ月を経ずしてそれらの諸工場を改造し、本機關の大量生産の最終段階を遂行するに適當なものとした。生産系統は勿論戦時の危急に應ずるものであり、本系統に基いて本機關製造の組織體制を編制してゐる。即ち一大工場に於ける大量生産でなしに、出来る限り生産力を分散して大量生産を計つたのである。従つて必要な部分品の製造の爲に、200以上の下請工場を使用してゐる。一種の部分品は出来る限り2工場以上で作り、敵空襲に依る被害がある場合にも生産が中断されないやうにしてゐる。

斯様な獨特な生産方式に適應する爲には、機關を特別に設計することが必要であつた。或る英國第一流のディーゼル機關設計者の努力と、信用ある



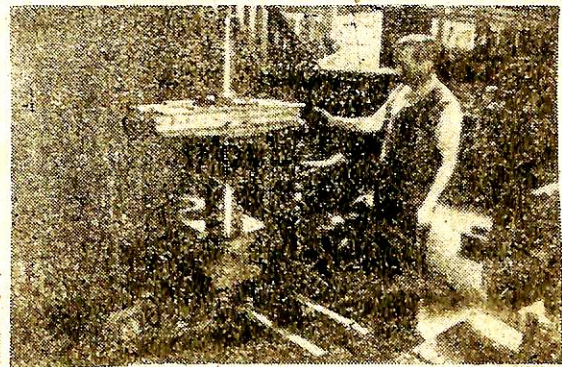
第5圖 工事初期の二重底



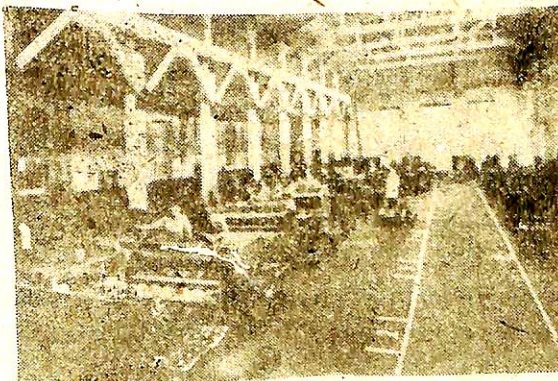
第6圖 二重底構造及側槽



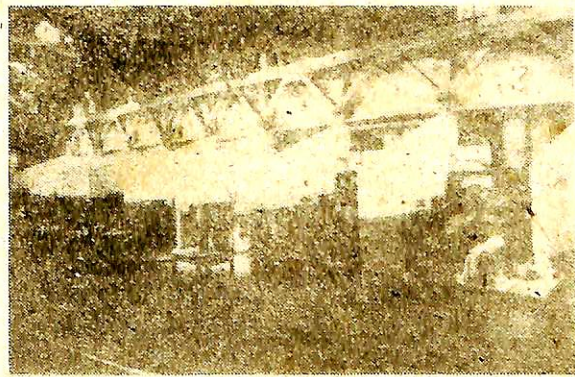
第7圖 船尾配置



第8圖 ブロックへの内筒取附



第9圖 組立工場



第10圖 試験用仕切

一商會の能力や経験のお蔭で、困難が克服され多くの問題が上手く解決された。

現存の一設計を變更して、重量—出力比の低い高性能の信頼し得る機關を分散大量生産方式に依つて製造する上の嚴密な要求に適合するやうにした。

各部分品を詳細な限界にまで設計して、確實な互換性が得られるやうにし、且つ最終の組立工程に於ける仕上作業を最少ならしめてゐる。事實、そのやうな仕上作業は殆ど完全に不要になつてゐる。

嚴密な限界の精密作業を行つた経験のない下請工場も少なく、成否の懸る所である高標準への到達に就ては多くの努力と注意とを拂つてゐる。

この標準に達しそれを維持する爲には、多數の有力な監督者が各地に廣く分散してゐることが必要であつた。これは幸に Lloyd's Register of Shipping に依つて直ちに満足されたのであり、各部分品は最終の組立工場に届く以前に、製造各段階に於て本船級協會検査者の検査を受けるやうにされた。

組立工場の設備と井然たる状況には、感銘させられるのであつて、それらは現代に於ける最高標準である。

全部分品は殆ど直ちに組立て得る状態になつて工場に送られて來るのであり、従つて熟練工はほんの僅かで足り、従業員の大數は雑多な職業の人々を工場自身が訓練したものである。訓練期間は僅か1ヶ月程の由であり、女子工員の割合が多く全工員の50%に近い。

部分品は到着後先づ倉庫に送られ、必要に應じてそこから豫備組立場に送り出される。部分品はこゝで最終検査を受け、丁寧に掃除される。例へば、クランク室は掃除して微細な砂や石片等を取除き、特殊の酸化金屬塗料を塗る。氣筒ブロックはクランク室に重ねて油密が得られるやうにし、乾式内筒(dry type cylinder liner)が所定の場所に押込まれる(第8圖参照)。クランク軸は最後に手仕上げをされ、總べての削目が取除かれる。仕上工程の後に、パラフィンや其の他の浴槽で完全に掃除する。それは本機關は高級機關であり、微細な砂粒、石片、金屬片と雖も故障の原因となり得るのであつて、それらを完全に取除くことが絶對必要であるからである。總べての給油管や其の他の管の鏽落しには特別な注意を拂つてゐる。

機關の重量や大きさの點からコンベヤーベルト式の組立法を採ることが出来ない。而し専門組立工の組を機關から機關に移動させるやうな配置にして同様な好成绩を擧げてゐる(第9圖参照)。

組立装置の非常な特色は、機關を其の中で組立てる所の回轉枠を使用してゐることである。この枠は第9圖に見えるやうに、組立或は解放の作業中に機關を水平軸の周りに360°まで回轉出来るもので、その爲に作業は最も好都合な位置で行ふことが出来る。

最終の全體的検査が済んでから、機關は試験部(第10圖参照)に送り込まれる。こゝでは各機關が夫々別々の仕切の中に据附けられ、斯様にして試験が連続して行はれるやうにする。各仕切は夫々獨立であつて、Froude式水ブレーキや其の他の所要試験装置を持つてゐる。12時間の連続引渡試験の間、循環水の溫度を150°Fに保ち、實際の作動條件に近い状態としてゐる。試験中は燃料油及潤滑油の消費量を其の他の關係資料と共に測定記録する。試験終了後、各機關を完全に解装して總べての作動部分をLloyd's Registerの検査者が最も入念に検査する。再組立を行つた後、各種の速度(過負荷の場合を含む)で短時間の試験を行ひ、これで機關は發送への用意が出来たことになる。

就役後の機關の再調整

本機關製造の全組織は、そのまゝ有効に解放や再調整に應用される。豫定期間の就役を終へた機關は組立工場に送り戻されてをり、それらは先づ修理部で解装し、總べての部分を検査したり計測したりする。

計測値記録用の特殊の表が用意されてゐて、成績の正確な記録やそれらに依る解析を容易ならしめてゐる。許容摩耗の嚴密な表が規定してあつて、規定限界の摩耗を越してゐる部分品は之に依つて取換へられる。特殊の槽で除炭を行ひ、一方筒頭と氣筒ブロックの鏽落しを入念に行ふ。而してその後は各種の部分品が組立工場に運ばれるのであつて、新造機關に就て述べたと全く同様の取扱ひである。(菅四郎譯)

—都合により一般配置圖及び第4圖の凸版は次號に掲載す。乞御諒恕(編輯部)—

アルミニウム・ブロンズ

“Die Aluminiumbronzen” Werft. Reederei. Hafen

獨逸銅協會編・江口治譯

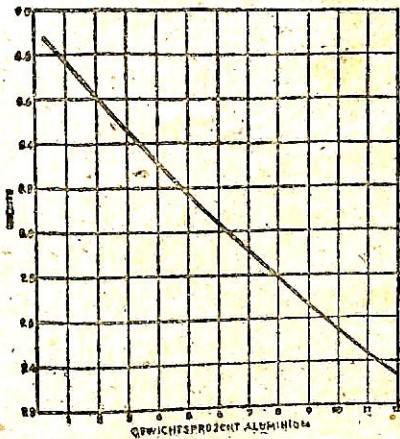
I アルミニウム・ブロンズ一般性質

普通アルミニウム・ブロンズは2群に分けられる。第1群に属するものは7.5%迄のAlを含有する均一組織のものであり、第2群のものは8~14%のAlを含有し、普通取扱ふものの大部分は不均一組織である。第1群中最も普通の合金は4~7%のAlを含有するものであり、第2群中最も重要なものはAl含有量8.5~11%のもので、時には特にFe, Mn, Ni及びその他の元素が添加せられる。

アルミニウム・ブロンズのこの任意的区分は普通の製造方法では平衡状態は得られぬ故に、状態圖の溶解度曲線に一致するものではない。

アルミニウム・ブロンズの正しい取扱ひに、合金組織の知識は重要である。

Cu-Al 2元合金の比重はAl含有量の増加に従ひ減少し第1圖に一般に承認せられて居る Carpenter 及び Edwards の研究に基く値を示す。



第1圖 Cu-Al 合金の比重
Gewichtspromzent Aluminium: アルミニウム含有量 Wicht: 比重

この曲線は砂型鑄物、チル鑄物及び壓延材の平均値を示すものであるが、製造方法により多少の差がある。

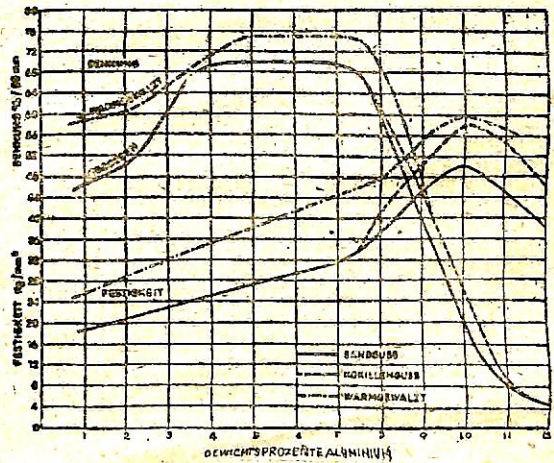
Al 含有量 8.5~11% の合金は小形及び大形鑄物の鑄造に適し、この組成範囲のものは機械構造の目的に對し最良の性質を示す。即ち高い抗張力、降伏點及び靱性を有す。

Al 含有量 11% 以上のものは靱性少なるため

に餘り重要でない。然し大なる硬度を必要とする際には、Al 含有量 13.5% 以上の合金に他の元素を多量に添加した鑄物が用ひられる。

Cu-Al 合金の電気及び熱傳導率は純 Cu の 12~17% であり、傳導率は Fe, Ni 及び他の元素の添加により更に減少す。この現象は多くの元素を含むアルミニウム・ブロンズにも生ずる。

Cu-Al 合金の機械的性質は Al 含有量により著しく變化する。第2圖に Al 含有量の變化に伴ふ、砂型鑄物、チル鑄物、高温壓延材の抗張力及び延伸率の變化を示す。



第2圖 鑄造及び壓延アルミニウム・ブロンズの機械的性質

Dehnung % 150 mm: 標點距離 50 mm の場合の延伸率% Festigkeit kg/mm²: 抗張力 kg/mm²
Gewichtprozent Aluminium: Al 含有量
Sandguss: 砂型鑄物 Kokillenguss: チル鑄物

本圖は主に 1907 年に於ける Carpenter 及び Edwards の研究に基くもので、ただこの合金類の通常の機械的性質を示して居るに過ぎぬ。これ等の値は普通のアルミニウム・ブロンズが示し得る値に對し、決して高い値を示しては居らぬ。實際のより優れた性質は、他の元素の添加或ひは熱間加工により得られる。

相當の抗張力と延伸率とを示すのは、Al 含有量 7~7.5% の間にあり、鑄物の場合でも抗張力は約 32 kg/mm²、標點距離 50 mm に對する延伸率は約 70% である。Al 含有量が更に増加し均一系合金の範圍を越すと、2 相の分離が多量に生ずる。而してこの場合、チル鑄物および高温壓延材の抗

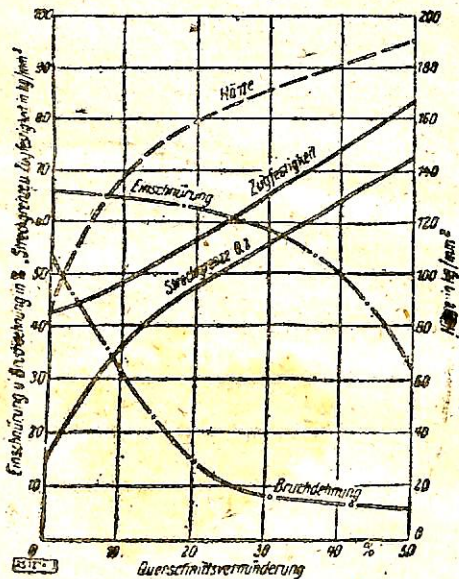
張力は著しく増加し 56 kg/mm^2 以上となる。この抗張力の上昇に伴ひ延伸率の降下は避け難く、鑄物の場合の最良の値はチル鑄物で得られる。チル鑄物によつて殆ど高温壓延材と同等の抗張力が得られる。然し砂型鑄物の値もそれほど不良でなく、鑄物として使用の場合、これ等の合金が良好の性質を示すことが分る。更に Al 含有量 11% 以上になると延伸率は著しく減少する。

普通のアルミニウム・ブロンズの弾性係数は $12.5 \sim 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$ の間に在る。

II 冷間加工用均一系合金

一般に 2 元合金は他の元素の混和なしに使用されるが、多くの場合、殊に優れた耐蝕性が望まれる場合には、固溶體を造る第 3 の元素が添加せられる。Ni は添加元素として殊に好まれ、Al 7%、Ni 2% 及び Al 4%、Ni 4% のものは普通使用せられる合金の一例であり、これは復水器細管その他の管に英國及び米國で使用せられて居る。

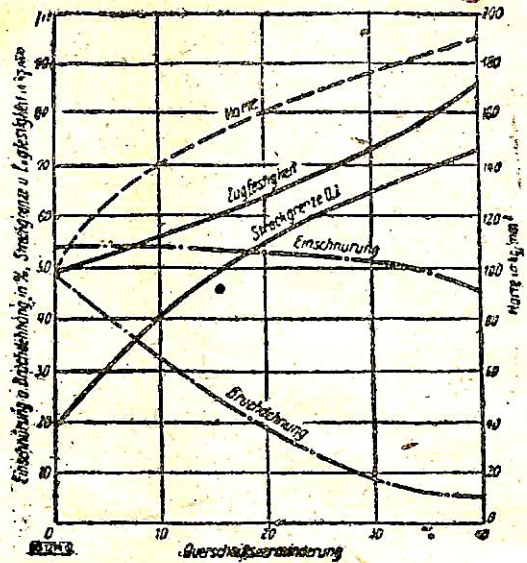
アルミニウム・ブロンズは電気工業にも使用せられる。Al 2~2.5% と少量の Sn 又は Si を含む合金は電線やケーブルに使用せられる。これは



第 3 圖 Al 含有量 4% のアルミニウム・ブロンズの冷間加工による機械的性質の變化

原材料は 50% の壓延を受けた後 15.5 mm φ に引抜かれ 650°C に加熱せられた後種々の大きさに引抜加工せられた (Lay による)

Querschnittsverminderung: 断面積縮小率
Einschnürung u. Bruchdehnung: 断面收縮率及延伸率
Streckgrenze u. Zugfestigkeit: 降伏點及抗張力
Härte: 硬度



第 4 圖 Al 含有量 8% のアルミニウム・ブロンズの冷間加工による機械的性質の變化
原材料は 25 mm φ 造壓延せられた後 24 mm φ に引抜かれ、650°C に加熱せられた後種々の大きさに引抜加工せられた (Lay による)

強く率かれた状態で抗張力は 95 kg/mm^2 を示し、傳導率は Cu の 17% に達する。

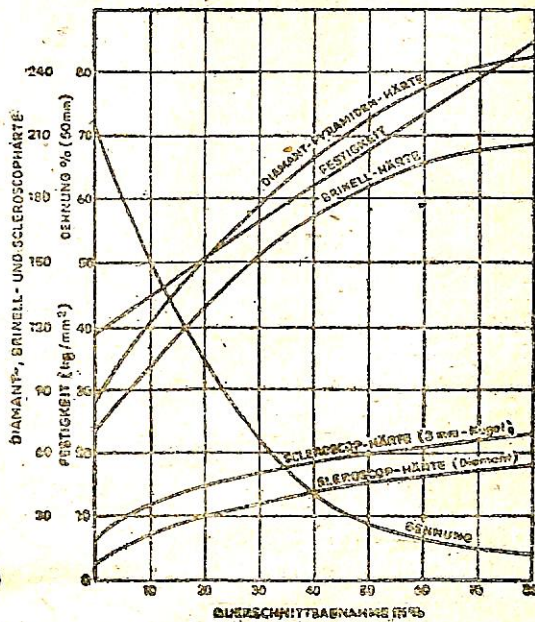
多數の均一系 Cu 合金と同様にアルミニウム・ブロンズも強い冷間加工がなされ、それにより機械的性質は著しく改良される。Al 含有量 4% 及び 8% のアルミニウム・ブロンズの冷間引抜による機械的性質の變化を第 3、第 4 圖に示す。

これ等の曲線は Lay によりそれぞれ 22 mm φ、25 mm φ の丸棒について決定せられたもので、試験は引抜の始めに 650°C に加熱せられた後行はれた。これ等の曲線は機械的性質に及ぼす冷間加工の影響を示すだけでなく、Al 含有量の變化の影響も、この曲線から知ることが出来る。

第 5 圖に 7.6 mm のアルミニウム・ブロンズ帯を常溫壓延した場合の、特性に及ぼす影響を示す (組成 Cu 95%、Al 5%)。これは今迄公表せられぬ數値で、この合金は最初の状態では抗張力は 40 kg/mm^2 であるが、壓延率 50% で 63 kg/mm^2 まで高まる。

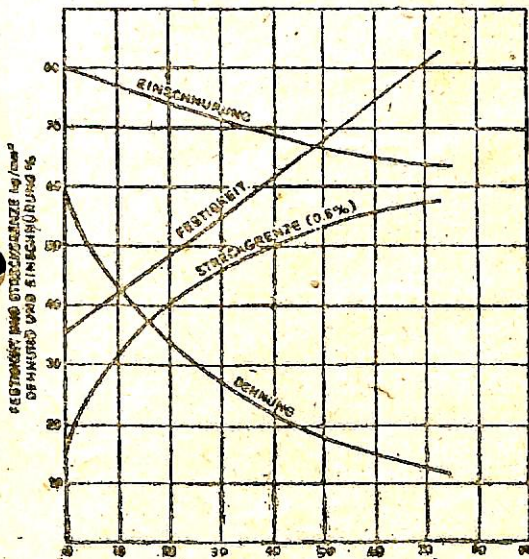
第 6 圖に米國で廣く使用されて居る 92/4/4 Cu-Al-Ni 合金の機械的性質に關する、Crampton 及び Craft による結果を示す。研究試料は組成 Al 3.87%、Ni 3.68% 殘餘 Cu で、徑 16 mm の燒戻し丸棒である。

III 熱間加工用不均一系合金



第5圖 Al含有量5%のアルミニウム・ブロンズの冷間加工による性質の變化: 原材料は薄帯板

Querschnittabnahme: 断面積縮小率
 Festigkeit: 抗張力, Dehnung: 延伸率
 Diamant-, Brinell- und Scleroscophärte: ダイヤモンド、ブリネル、スクレロスコフ硬度



第6圖 Ni含有アルミニウム・ブロンズ棒の冷間加工による性質の變化(Cu 92%, Al 4%, Ni 4%)

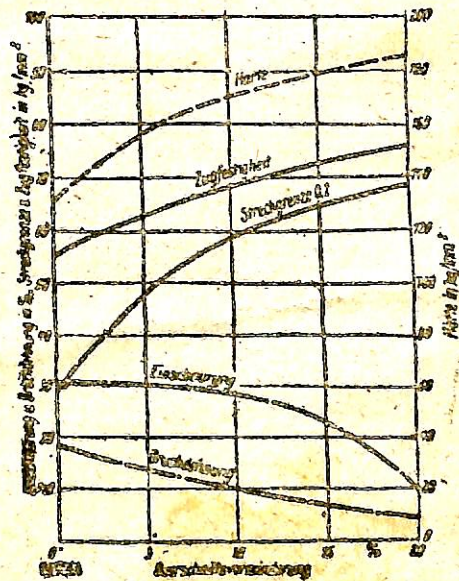
組成がより廣範圍に變動する場合、多くの熱間加工用アルミニウム・ブロンズの Al 含有量は 8.5~11% の間にあり、他の元素は 10% 迄添加せられる。さてこれ等の合金の組織は不均一系であり、Al の増加に伴ひ第 2 の組織は必然的にその

量を増す。Cu-Al 2 元合金は假令他の元素を含まなくとも廣い用途があるが、Fe, Pb, Mn, Ni 等を含んだ高級アルミニウム・ブロンズは殊に重要で、これ等の元素の添加によりその特性は著しく變化する。

不均一系アルミニウム・ブロンズは壓延、鍛造、プレス等の方法で熱間加工せられ、厚板、棒、鍛造部品に造られる。斯種合金は熱い間に中空にプレスされることが出来、この方法は特に小部品の製作に利用せられる。

この不均一系アルミニウム・ブロンズは普通の熱間加工され得る黄銅と全く異つた性質を有し、脆弱範圍が無い故に如何なる温度でも加工可能で普通 950°C の最高加工温度迄加工可能である。

第7圖に Lay の研究による 20% 迄冷間引拔せる際の Al 含有量 10% のアルミニウム・ブロンズ棒の機械的性質の變化を示す。此棒は引拔の始めに赤熱せられた直径 25 mm のものであつた。



第7圖 Al含有量10%のアルミニウム・ブロンズの冷間加工による性質の變化: 原材料は25mmφに壓延せられた後24mmφに引抜かれ、650°Cに加熱せられた後種々の大きさに引抜加工せられた(Layによる)

次に組織及び機械的性質に及ぼす熱處理の影響を述べる。そのために他の元素の含まれぬ出来るだけ單一のアルミニウム・ブロンズが用ひられた。

◆材料特性に及ぼす熱處理の影響 ここでは機械的性質の變化を述べる。主なる性質は良好なる延伸率、高い抗張力及び靱性である。試験結果は第1表の如くで、これによれば 900°C よりの焼

入により抗張力と硬度の最高値が得られる。900°Cより850°C、800°C等迄爐中徐冷後焼入すると、抗張力及び硬度は幾分減少するが延伸率はむしろ増加する。この變化は550°C迄は同様の経過を示すが、試料が500°C迄爐中徐冷後焼入されると、硬度は大いに増加するが抗張力及び延伸率は著しく減少する。

第1表 焼入温度の影響

(試料は900°Cに加熱後焼入温度迄徐冷す。組成 Cu 89.78%、Al 9.96%)

焼入温度 °C	比例限界 kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 50mm %	ブリネ ル硬度
900	10.1	33.0	68.2	4.0	255
850	8.8	33.0	61.9	3.5	240
800	8.2	30.2	60.2	2.0	216
750	10.1	21.3	48.9	6.0	179
700	7.6	17.9	53.1	11.0	165
650	8.8	15.0	43.4	17.0	138
600	4.7	11.3	43.2	19.0	123
550	4.4	10.4	41.4	29.0	115
500	4.4	13.8	30.2	5.0	136
450	2.1	13.0	28.5	4.0	142

焼入焼戻による機械的性質の變化は第2表に示す。

第2表 焼入焼戻による丸棒の機械的性質の變化
(組成 Cu 90.25%、Al 9.4%、Mn 0.2%)

熱処理方法	ビッカース硬度	比例限界 kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 50mm %
引抜のまま	178	12.1	24.3	52.4	28
900°C 1h 保定焼入	187	7.7	19.8	76.7	29
900°C 焼入 400°C 1h 保定焼戻	185	5.8	21.5	76.4	29
900°C 焼入 600°C 1h 保定焼戻	168	11.1	24.3	71.2	34
900°C 焼入 650°C 1h 保定焼戻	150	15.4	22.6	65.9	48

一般に Al 含有量 9~10% のアルミニウム・ブロンズの熱処理としては、850~900°C からの焼入、500~650°C 2時間保定の焼戻しが行はれる。普通多量の Fe 或ひは他の元素を含む Al 含有量大なる合金の焼入温度は約 100°C 低い。例へば Al 11%、Fe 5%、Ni 1%、Mn 1% の合金の焼入温度は 725°C である。

◆高温及び低温に於ける性質 に関しては1907~10年に於ける機械學會の調査の際 Rosenhain

による唯一の實用的價值ある結果があり、これを第3表に示す。

第3表 高温に於ける性質 (Rosenhain 及 Lantsberry による)

試験温度 °C	組 成		組 成		組 成	
	Cu 93.23, Al 6.73	Cu 90.06, Al 9.9	Cu 89.1, Al 9.9, Mn 1.0	抗張力 kg/mm ²	延伸率 50mm %	抗張力 kg/mm ²
15	45.3	71	66.2	29	65.8	30
200	—	—	57.3	36	62.6	30
250	37.4	27	50.0	21	62.4	43
300	32.6	25	52.7	32	55.8	47
350	30.2	17	51.8	30	52.1	40
400	28.2	16	37.9	41	35.8	57
450	20.9	10	35.3	31	27.0	31
500	17.2	14	19.1	66	—	—
550	—	—	14.3	10	—	—

一般に高度に合金せられたアルミニウム・ブロンズ、例へば Al 10%、Ni 5%、Fe 5% を含むものは高温に於て強い強度を有するが、これは實用試験の結果で高温に於ての切斷試験の結果ではない。

◆低温に於ける性質 は第4表に示す。

第4表 低温に於ける性質

(組成 Cu 91.1%、Fe 0.056%、Mn 0.44%
Zn 1.02%、P 0.018%、Al 7.31%)

温度 °C	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 50mm %	斷面收縮率 %
常温	18.8	54.4	26	29
-10	18.9	54.3	33	30
-40	18.9	55.7	35	36
-80	19.1	58.2	31	30
-120	19.4	62.0	32	31
-180	20.5	67.8	28	30

抗張力は温度の低下に伴ひ増大す。

匍匐限に關する發表は殆どないが、實際の經驗からアルミニウム・ブロンズはすべての Cu 合金、殊に鑄造合金の中で最良の耐久性を有することが確認されて居る。Al 含有量 7.5% のものを 295°C で 7 kg/mm² の荷重を 1,000 時間かけたときの伸びは 1% であり、450°C では同量の伸びは 1.4 kg/mm² の荷重を 1,000 時間かけたときに達せられる。燒青銅の如きものも僅かの値を示すに過ぎない。壓延黃銅 (Cu 60%、Zn 39%、Sn 1%) では 7 kg/mm²、1.4 kg/mm² の荷重に對する上記の伸びはそれぞれ 170°C、210°C で既に達せられ

る。これ等は特定の結果で、種々の状態に於けるアルミニウム・ブロンズの匍匐限に關しては、より廣範な研究が必要である。

高温度に於ける種々の用途に對しては、單純なアルミニウム・ブロンズより良好な耐久性的ある Cu 80%、Al 10%、Fe 5%、Ni 5% の如き合金が使用せられる。

IV 鑄造合金としてのアルミニウム・ブロンズ

第5表に良く使用される4種の合金の組成及び鑄造状態に於ける諸性質の平均値を示す。チル鑄物の抗張力は表の値より 7~8 kg/mm² 程高い。

第5表 代表的鑄造合金

	組 成			
Cu %	88	90	90	89
Al %	9	9	10	10
Fe %	3	1	—	1

機械的性質 (砂型鑄物)

抗張力 kg/mm ²	47~53	42~50	42~55	56~63*
比例限界 %	14~17	11~14	6~8	20~27
降伏點 (0.5%)	17~22	14~17	14~17	34~40
延伸率 (50mm) %	20~40	20~40	15~25	5~10
ブリネル硬度	90~110	70~100	90~100	170~200

* 熱處理状態

88/9/3 合金は鑄物に良く適して居る。チル鑄物として作られる小型鑄物には 90/9/1 合金が適す。多くのチル鑄物成品は Fe 含有量 0.5~1% 以下では満足せられぬが、Fe 含有量がより多いときは危険な自己焼戻を防ぐに大いに効果があり、且つ鑄造状態で高い降伏點を有す。英國規格 D. T. D. 174 ではチル鑄物用アルミニウム・ブロンズには、Al 含有量 8~10.5% の際 Fe 含有量を 1.5~8.5% と規定して居る。

特に高い強度と硬度を必要とする際、例へば齒車や壓延機軸の雌螺子の如きものには、上記の4種の合金よりも多量の Al 及び Fe を含有させ、又屢々 Ni 及び Mn も合金せしめられる。この種合金では Al 13%、Fe 約 5% に達し且つ 1% 以上の Mn 又は Ni 或ひはその両者が一諸に含まれる。

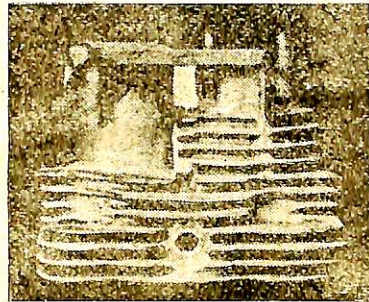
この種合金の或る物はそのブリネル硬度 300 以上、抗張力 70 kg/mm² 以上に達するが、延伸率は一般に少である。他の元素の添加なしでは Al 11% 以上の鑄物は脆くて使用し得ないが、Fe が添加されると、種々の使用目的に對し靱性を下げることなしに、Al 含有量を 13% まで上げるこ

とが出来る。Cu 80%、Al 10%、Ni 5%、Fe 5% のものは鑄物に適し、これは抗張力 70kg/mm² 以上延伸率 10% 以上 (標點距離 50mm) に達する。

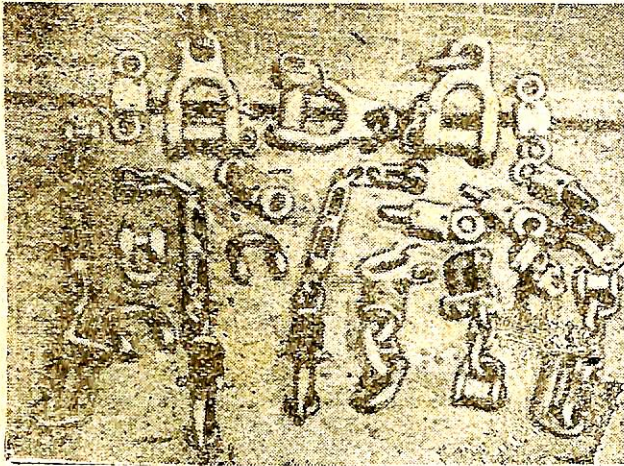
アルミニウム・ブロンズに Pb を添加すると、主として摩擦及び運動特性が改善せられ、同時にそのために穿孔作業が容易になる。Pb 添加は齒輪や他の同様の性質部分の鑄物に應用せられる。軌道車後軸のウォームギヤーは、多年 Pb 2% を含んだアルミニウム・ブロンズで製作されて居る。Pb が添加せられると組織中に非常に柔軟な組織が介在する。潤滑油作用不確實の場合には、多量の Pb 添加が有益である。即ち、例へば Al 9%、Pb 9% の合金が使用せられる。この種合金に於ては Pb の分離は防がれなければならず、又最良の場合でも 31 kg/mm² 以上の抗張力は得られぬ。

Fe の添加は結晶粒微細化作用による自己焼戻防止のみならず、強度の改良の場合にも用ひられる。Fe 3% の普通の合金の性質は第5表に示されて居る。

Mn は Fe と同様に組織の微細化と強度の増大に作用する。Rosenhain 及び Lantsberry の鑄造棒に關する結果は、熱間壓延棒のそれと一致し



第8圖(上)、第9圖(下) アルミニウム・ブロンズ製航空發動機用鑄造氣筒頭



第 10 圖 アルミニウム・ブロンズ製
鑄造船用高強力機装品

ない。鑄物の強度は Mn 2% の添加により僅かに増大するに過ぎぬが、5% の添加により強度の増大は 8kg/mm^2 に及ぶ。

高度の耐蝕性に對しては Ni の添加が有利であり、この目的には Ni 5%、Al 10% 殘餘 Cu の合金が使用せられる。

Al と Si の正しい使用により、良好な機械的性質と良好な流動性を所有して、良好な鑄物が作られるやうに、合金を發達させることは可能である。第 8・9 及び 10 圖に代表的アルミニウム・ブロンズ鑄物を示す。

V アルミニウム・ブロンズの耐蝕性

Cu に Al を添加すると耐蝕性が著しく改良される。アルミニウム・ブロンズは種々の腐蝕性ガス、液體、固體に對し、すべての實用的場合に秀でて居ることが證明されて居る。アルミニウム・ブロンズの實用的に最も重要なる用途は、高い強度、硬度及び耐久性と共に卓越せる耐蝕性に基くものである。この合金は侵蝕の生ぜる際にも大なる耐久性を示す。

アルミニウム・ブロンズの大なる耐蝕性は、アルミニウム酸化物からなる表面組織によるものである故、基地を完全に保護するためには、使用に際してこの保護層を機械的に破壊したり取り除いたりしてはならぬ。保護作用の喪失が進行せず安全な保護が持續されるためには、破壊された層は出来るだけ補修されなければならぬ。この補修は作働條件によるが多くの場合實施せられる。酸化層を形成する能力は、耐蝕性が望まれるすべての使用範圍に非常に重要である。

腐蝕が重要問題となる場合、就中成品が強い腐蝕性外氣や工業剩水又は海水にさらされる如き場合に、アルミニウム・ブロンズの使用が殊更有利となる。銅、青銅、黄銅の使用出來ぬ腐蝕條件の下に於てアルミニウム・ブロンズは使用される。一般に酸に對してもアルミニウム酸化物の層はおかされぬ故に、アルミニウム・ブロンズは Cu に優る。

動搖海水中に 0.9mm の種々の薄板を 243 日間浸漬し、その重量損失及び機械的性質の變化を調査せる際の、アルミニウム・ブロンズに関する結果を第 6 表に示す。

均一系合金の抗張力は 5.4~3.6% 低下するに過ぎぬが、Al 10%、Fe 1% の不均一

第 6 表 海水中に於ける薄板の腐蝕(243 日間鹽水中に浸漬せる ASTM の實驗結果)

組 成	狀 態	腐蝕量 mg/dm ²	抗張力 kg/mm ²	抗張力 低下率 %	延伸率 50mm 低下率 %	延伸率 低下率 %
Cu 95% Al 5%	試験前	—	48.1	—	42.7	—
	試験後	8.2	45.5	5.4	87.3	12.6
Cu 92% Al 8%	試験前	—	57.8	—	30.8	—
	試験後	2.8	55.9	3.6	40.3	ナシ
Cu 89% Al 10% Fe 1%	試験前	—	63.3	—	19.2	—
	試験後	5.9	44.1	30.3	5.2	72.9

系合金の抗張力低下は 30% 以上に達し、且つ延伸率の低下は特に著しい。この結果は海水中の使用には、均一系合金が不均一系合金に比し著しく有利なることを示す。厚板や大形鑄物では腐蝕は表面のみに生ずる故に、腐蝕の影響を見るための ASTM の試験は、特に薄板について行なはれたことを看過してはならぬ。

或る作用條件殊に海水中に於て或る Cu 合金では、痘蝕又は浸蝕の形で損傷が進行する。痘蝕は特に復水器細管に、浸蝕は船舶推進器に生ずる。曾て痘蝕は材料の溶解によるものと考へられたが、後斯くの如き窪む腐蝕は機械的原因に基くものとされた。今までは一般に空洞腐蝕及び痘蝕は、第一に機械的殊に急速なる壓力變動によるものとされて居り、同時に材料の耐蝕性がその作用に重要なる原因をなす。

アルミニウム・ブロンズは痘蝕が生ずる如き場合に非常に有利である。それは使用に際して合金の表面に形成せられる、保護酸化層が非常に良い影響を示すためである。黄銅に Al 2% を添加す

ると、良好な保護表面層の形成が可能となる。斯くの如き Al 黄銅は數年來、痘蝕が強くあらはれる復水器細管として、普通黄銅にはるかに優るものとされて居る。

Kerr は種々の合金の空洞腐蝕を振動試験により研究し、Cu 合金に關するその結果の一部を第 7 表に示す。

第 7 表 海水中に於ける非鐵金屬の空洞浸蝕(Kerr)

合金種別	重量減少量 mg/hr					
	第 1 期			第 2 期		
	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値
アルミニウムブロンズ (3 種)	10.2	2.6	7.2	47.5	14.5	26.2
マンガブロンズ(6 種)	30.4	6.0	20.2	55.4	19.9	35.0
シルジブロンズ(7 種)	4g.8	30.0	39.0	65.7	54.0	58.8
ニッケル銅合金(5 種)	100.8	6.6	42.0	87.0	21.4	52.3
普通ブロンズ及アドミラライティブロンズ(10種)	145.8	31.4	67.6	100.5	48.5	70.0
黄銅(6 種)	178.8	45.0	80.0	122.8	65.2	83.5

Al 含有量 8~10% の 3 種のアルミニウム・ブロンズは、連続した期間に於て重量減少量を測定した場合、常に他のものより侵蝕されることが少ない。

Mousson は同様に空洞による痘蝕形成に對する抵抗を、多數の合金に就いて研究せる結果は、アルミニウム・ブロンズの持続性は特殊黄銅中の極く少數の合金に劣るのみで、實際には殆ど大部分の黄銅類に優る。

VI アルミニウム・ブロンズによる製作並びにその加工

本章に於てはアルミニウム・ブロンズによる製作並びにその加工に關し、冷間及び熱間壓延作業と同様に鑄造の實際的方法を主として述べて居る。製品の一例を第 11・12 圖に、機械加工性を第 8 表に示す。

第 8 表 鑄物の機械加工性

材 料			リブネ ル硬度	粗削加工、切込み 6mm 迄		仕上げ加工、切込み 0.2~0.4mm	
Cu	Al	Fe		一回轉當りの送り mm	切削速度 m/min	一回轉當りの送り mm	切削速度 m/min
91	9	—	100	0.8	75	0.4	150
88	9	3	120	0.8	60	0.4	150
83	13	4	130	0.4	30	0.4	60

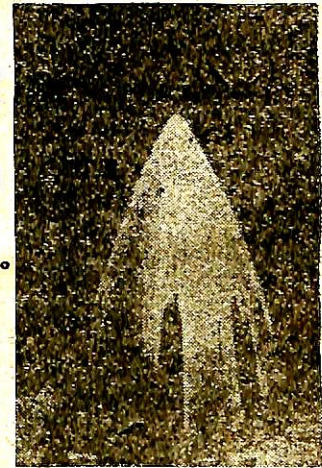
VII アルミニウム・ブロンズの工業的用途

アルミニウム・ブロンズの工業的用途に關しては、その耐蝕性が經濟的に非常に重要であり、多



第 11 圖 アルミニウム・ブロンズ製船用推進器(砂型鑄物)

くの場合その使用の理由は、酸やその他の腐蝕性劑の侵



第 12 圖 船用推進器コーン(重量 225 kg 砂型鑄物)

害に對する抵抗の大なることによる。代表的用途の例は船用及び陸用の復水器細管である。

不均一系合金は鑄物として種々の船用部分に使用されて居る。例へば

ポンプの本體、ピストン錐、連接錐、附屬品、鉸や螺子、小型船の推進器や螺旋軸、その他種々の金具に使用せられる。又車輪、車軸、水門の附屬品、その他港灣施設にも使用せられる。

アルミニウム・ブロンズの他の重要な用途はその酸化抵抗の大なることによる。即ち内燃機の辨座や導管に又屢々氣筒頭にも用ひられる。吸氣及び排氣辨座には種々の組成の鑄造又は壓延合金が使用せられる。

アルミニウム・ブロンズ製鑄物は氣筒頭や輕合金製氣筒頭のデスタンスピースに用ひられる。これ等のものはオートバイ、自動車、快速艇の發動機に良く適して居る。アルミニウム・ブロンズ製氣筒頭が良好なる成績を示すのは、その酸化抵抗力の大なることと共に熱傳導率の大なることに基く。アルミニウム・ブロンズは又點火栓に使用せられる。この材料は熱の影響に抵抗し且つ點火栓の溫度を低く保つ。又電氣熔接機の側壁に使用せ

られ、このものは著しい硬度を有し高い熔接温度の壓迫に耐へ、且つ良好な電気傳導率を有しなければならぬ。

高温での作用が第一に數へられる電気爐の連結端子やその他の器具にも、アルミニウム・ブロンズが用ひられる。又探照燈の部分品やガス爐のグリル・プレートにも用ひられる。アルミニウム・ブロンズの容易に剝脱する酸化層を形成しないことが、これ等の使用部分に對する最も重要な點である。

アルミニウム・ブロンズの電気傳導率は高くはないが、同様な良好な機械的性質を有する他の多くの材料よりは優れて居る。米國では高強度電線や電纜に Al 2~2.5%、これに添加物として少量の Sn, Si を含んだアルミニウム・ブロンズが多く用ひられて居る。強く引抜かれた状態の電線の抗張力は約 100kg/mm^2 で傳導率は Cu の 15% である。

アルミニウム・ブロンズ製の電刷子支持器は主にチル鑄物として用ひられ、而してこの物は製作容易なるため小型電動機の標準物となつて居る。アルミニウム・ブロンズは大なる電気抵抗を有する表面層に圍まれ、接續困難であり且つ銲接も困難のため、上記の使用範圍以外に導電部には極く稀に使用されるに過ぎない。

アルミニウム・ブロンズは良好な耐磨性と高い機械的性質を有する故に、大なる力のかかる種々の軸受部に適合する。而してかかる場合には大なる抗張力の外に強い抵抗力が必要で、例へば齒車や螺旋の如き場合である。

工作機工業に於てアルミニウム・ブロンズは焼入鋼より大なる壽命を有し、且つ磨耗、酸化、腐蝕に對し強い故に、或る製作者はこれを穿孔機のドリルチャックやガイドブツシュに使用す。浚渫機や起重機に於てアルミニウム・ブロンズは軸受材として、移動起重機の軸受、ジブ起重機の卷胴軸受、回轉臺のローラー軸受到に用ひられる。起重機は運轉中負荷の變動が著しい故に、その軸受材料の選擇は非常に困難である。

移動起重機の綱胴、機械や橋梁の摩擦板や間隔板、薄板や帶鐵の連續製作機械に、アルミニウム・ブロンズの良好な磨耗抵抗に基く重要な用途がある。

Pb の添加は軸受性能を改善する故に、高強度を必要としない軸受には Pb 10% 迄含んだアル

ミニウム・ブロンズが利用される。この種の合金は今後發達するものと思はれる。

Al 約 13% に Fe その他の元素を含んだブリネル硬度約 300 の硬化アルミニウム・ブロンズは、不銹鋼その他の薄板や帶鐵製作のプレス臺や引拔臺に使用される。機械の壽命の長いこと、生産高の大なること、維持費の少なること、製品表面のよいこと、従つて研磨及び仕上費用少ない故に、押型器や壓穿臺にアルミニウム・ブロンズは非常に有利である。然しその使用は比較的簡単な鑄造方法に制限せられて居り、又強い引拔目的に使用する試験には成功して居らぬ。

不銹鋼、Zn, Al 用工具としてアルミニウム・ブロンズの使用される重なる理由は、腐蝕及び磨耗の生じないことである。工具に腐蝕や磨耗が生ずると仕事の中絶や表面疵が起る。更に大なる利益の一つは熱傳導率の鋼より良い點で、爲めに狭い範圍の調節が出来る。アルミニウム・ブロンズ工具は、自動車のフレームや押棒、冷却装置、Zn 元素の承腕更に不銹鋼や Ag からなる承腕や大皿等の製造に使用せられる。

非常に大型の工具の場合には、ブロンズは鋼で圍まれたり又は鋼にブロンズ片を取着けたりされる。

ラック、染料、ニス、ガス、爆發性物質の製造に際して、磨耗小硬度大なるアルミニウム・ブロンズは火花を發生せぬ工具として有効に使用せられる。

この種の最重要な工具類は、小刀、剪斷器、ねぢ廻し、のみ、シャベル、鋤、引掻工具である。斯くの如き非鐵工具の採用により前記の工業に於て、鋼工具の使用による火花發生による非常の困難や燃焼及び爆發の危険が除かれ、多量の生産が行はれる。アルミニウム・ブロンズ製無火工具は數年來奏効して居る。

この工具は種々の目的に對し充分なる壽命を有し、耐磨性に關しては確かに最良の鋼工具に優る。

◎お断り

最近郵便物も遅れ勝ちであり、且つ振替による送金は相當の時日を要して到着いたします。従つて御申込はなるべく早目にお願ひ申し上げます。諸種の事情に依り雑誌發行遅引の際甚だ勝手な申様乍ら、萬御諒承賜りたく願ひ申し上げます。

一35頁よりつづく]—これが水よりも軽いから、木で箱艘のものを造れば自然に水に浮ぶ、これが人類が船を造り創めた第一歩であると思ふ。木をもつて船を造つた時代即ち木船の時代は今から僅か百数十年前に革命を起したばかりである、それは造船材料として鉄材が登場したことである。1784年に始めて鐵板が壓延され、その後40年を経て始めて航洋船アーロン・マンビーといふ商船が造られた。それまではイングランドの北部にある運河で鐵道と輸送量の競争をするため運河用荷物運送船である浅吃水の箱形の船を造り、これが次第に發達したものである。即ち鐵材が前記の造船材料としての要求條件を十分に満足せしむるものであつたからである。

然し鐵材は、商船には次第に多く用ゐられるやうになつたが、軍艦には猶しばらく採用されなかつた。それは砲彈に對する狀況が鐵材はかへつて木材に劣るとされたのに由る。實験に於て鐵材は多數の少片に破碎され、その各片がまた彈丸となつて飛散する、木材にはこんな故障は少い、そこで軍艦は依然として木船であつた。その後クリミア戦争のとき破裂彈が使用されて木船の脆弱なることが證明され、且つまた鐵が鋼に進歩したため一層強靱なる材料となり、軍艦として盛んに重用され、商船には前と反對にあまり廣く用ひられなかつた。その理由は主として價格が割合に高かつたから商船の運航には採算上不利であつたからである。兎も角も長い間使用された木材よりも多くの條件にて優秀である鐵鋼材が造船材料として全般に使用されるまでに四五十年を費したことは注意を要する。

現時の造船業で鐵鋼の外に木材が再登場し、更にセメントまたはマグネシアのやうなものが現はれ、尙一步進んで加工木材(特殊合板)のやうなものが採用されることになつたのは、前記木材と鐵鋼材との關係とは全然別の理由に基づく、即ち戦時急速に船腹を増す必要から、前記造船材料の具備すべき條件の總てを充たさざるも、資材として澤山に存在し、容易に入手出来るものであれば、これを採用するといふ方針から利用することとなつたのとすれば、問題は自ら別である。セメント船は前世界大戦のときも採用され爾來理論的にも實地工作法にも種々研究もされたのであり、その利點も活用されるべきものと見ても然るべく、同種類にして幾分輕量といはれるマグネシアの採用も必ずしも無駄ではあるまい。筆者はマグネシアを用ひ竹筋構成の小艇建造の實地を見たが、その施行法はセメントの場合と全く同様手輕のものであつた。マグネシアが多量に入手容易であるならば、セメントは他の方面に殊に産業設備方面、工場疎開等の方面に多量入用であるから、これに代つて造船方面に採用されることは大に意義あることと思ふ。

特殊合板は在來のベニヤ板とは異なり特殊の船用耐

水合板であつて、材料の接着には固着釘を要せず特殊合成樹脂を用ひ、その工作法は鋼壳船に於ける鋼板の施行法と熔接法に似てゐるが、必ずしも熟練なる造船工を要しないといはれる。この合板船は専ら横濱ヨット製作所の千葉氏の設計にて、不熟練工をもつて多量生産を目標としたものであつて、その第一建造船圖南丸は本年1月14日芝浦埠頭に回航された。この完成した合板船の成績に見る特徴として下の條々が擧げられた。

- (1) 樹脂の密着により接着部の強度を増す
- (2) 特に填隙工作を施さずして殆ど完全に水密となる
- (3) 木材は標準船の如く長大なるものを要せず且つ標準船の約半量の木材にて可なり
- (4) 所要鋼材は標準船に比し約三分の一なり
- (5) 合成樹脂を使用することにより船大工を要せず工事期間も短かし。

上記の圖南丸には北海道産樅材を用ひたが、内地産の松杉ヒバ等にて差支へないといひ、接着劑は尿素系樹脂にリグノスルホン酸粉末を混入したものであるといふ。本船は航海成績も相當優秀なることが認められたといふことであるから、資材の調達配給が順當に行はれ、工員の配置にも特別の條件なく、適當なる技術指導の下に多量生産が可能であれば現戦局に對し多大の功績あることは疑ない。

筆者は本文にて事情を異にする造船材料の根本要件を記したのは、實は急場の要に應じて出現した新材料が或る期間を與へたならば、今後の研究實驗等により眞に優良なる造船材料となるやも知れずと認むるのみならず、寧ろ優良なる造船材料となることを希望するからである。(本誌監修・海軍技術中將)

社 告

本社は去る5月25日の敵暴爆により社屋、倉庫等を焼失致し取り敢えず下記に移轉致しました。

東京都世田谷區弦巻町1の136

幸ひ讀者カードは無事なるを得ましたが、原稿、資材等の一部を焼失したため、一層發行遲延を來たすこととなりました。讀者並に寄稿家各位に對して深く御詫ひ申し上げます。前號2、3月合併號に引續き今回も4、5月の合併號發行の止むなき次第どうか御諒恕のほど御願ひ致します。ここ當分の間はこのような決戦版により可及的速かに讀者の目に觸れる様な方法で發行して行きたいと思ひます。ともすると造船界衰微の感ある現在、迫り來る醜敵を本土より蹴落し、更に苛惜なき追ひ撃ち戦を闘ふの秋に備えて、吾等はその技術、學術の研費鍊磨を怠つてはなりません。述べたいことは筆舌に盡せません。しかし今何かを「云つてゐる」時ではありません。目焦に迫つた緊急事態のため決死の努力を拂はなくてはならぬ時です。唯本誌は飽くまでも賦與せられたる誌命に向つて邁進するであらうことを御承知置き願ひたいと思ひます。

◆ 特 許 解 説 ◆

技 術 院 福 田 進
技 師 官

緒言 印刷の都合に依り圖面を省略したる爲め参考として符號を解説中に挿入し置きしを以つて、圖面を必要の向は夫々の特許明細書及び實用新案公報(技術院發行)を参照願ひたい。

◇船體肋骨又は類似物の成形装置 特許第166299號(特許權者)福地龍雄

木造船體の肋骨又は類似物を迅速に成形せんとする機械的装置で、帶鋸(3)を懸架する二個の廻轉調車(1)(1')を上下に軸装せしむる一組の軸承(2)(2')は不動機臺(a)上に定着すると共に、帶鋸(3)に平行して他の帶鋸(4)を懸架する同様の廻轉調車(5)(5')を軸装せしむる他の軸承(6)(6')は帶鋸の切斷方向と直角方向に移動する移動機臺(b)に装置し、之等二組の機臺の中間に設けし架構(7)(7')には下向に突出する導桿(8)と移動機臺の移動速度と關係の速度にて廻轉せしむる送出轉子(9)とを支架したる軸受臺(10)(10')を装置し、送出轉子の下位には横方向に傾斜し得べく且送出轉子との間隔を調整し得べくなしたる轉子附彈性受臺(13)を装置し、受臺(13)に載置する一定厚さの原木(c)の上面には導桿嵌入用の誘導溝(16)を有し断面楔形の凹邊形にして其幅(x)と厚さ(y)とが漸進的に増大する肋骨形定規桿(a)を定着せしめて原木と共に送出轉子との間に挟み、定規桿の兩側面に二組の帶鋸(3)(4)を宛行ひ送出轉子により縱送せらるる原木を挽割るべくなしたるものである。以上の装置で原動機を運轉すれば定規桿は導桿嵌入の誘導溝に導かれつつ縱送せられて其の兩側に宛行ひたる回轉帶鋸を以て原木を挽き割るに當り、定規桿の縱送速度に關係して一方の帶鋸が切斷方向と直角なる方向に移動し兩帶鋸の間隔を漸次に増大するから、定規桿に示せる如く漸次に幅を増大せしむると共に、更に原木を挾持する彈性受臺が適宜に傾斜し得ることにより定規桿の漸進する厚さに伴ひ桿と一體なる原木も縱送し連れ漸次に傾斜し、從て挽割られる原木の角度θも漸次に増大し爰に幅と共に勾配即ちθ角度が漸進的に増大する肋骨形に成形し得るものである。依つて適當に成形せられたる數多の定規桿を有效的に原木に配設して挽割り得たる數多の成形品を連接することにより船體を構成し得るのである。

◇木造船外板の接目塗装置 特許第 166308號(特許權者)沼田三郎

從來人工を以てせられたる木造船外板のパターによる填充前の接目塗装作業を機械的に遂行し作業能率の増大と人手の省略を圖らんとするもので、内部に螺

絲(7)を刻せる桿(6)を有する唧子(5)を設けたる有底筒(1)の上部開口縁の外周に螺絲(13)を刻し、前後に横一文字狀の窓(15)を切缺して設けたる蓋筒(14)の下縁を螺絲(13)に螺合し、蓋筒の一方の窓には摩擦車(12)を外周を水平に突出せしむる如く軸着し、其の軸(11)には小齒輪(10)を固定して之に嚙合する大齒輪(8)を蓋筒内に設け、大齒輪の中心には螺子孔を穿ちて之に唧子の桿に刻したる螺絲を螺合し、有底筒の底面(2)には栓(4)を有する塗料注入口(3)を設け、之に近き側方には上端に塗料流出嘴を有する連通管(19)を固定し、塗料流出嘴の先端には横一文字狀に植毛せる刷毛(20)を嵌着せしめたものである。而して豫め摩擦車(12)を逆に廻轉して大齒輪(8)を共に廻轉し、之に螺合せる唧子(5)を上方に擡し置き塗料注入口(3)より塗料を有底筒内に充注したる後、摩擦車(12)を目的塗裝物たるパター填充前の木造船外板の接目に宛行ひ摩擦車を先行しつゝ移行せしむれば、摩擦車は外板接目との接觸摩擦により廻轉して小齒輪(10)並に大齒輪(8)を廻轉するので桿(6)を下方へ引下ぐる如く作用し、唧子(5)の下壓力により筒(1)内の塗料を連通管(19)を通して塗料流出嘴に至らしめ、刷毛(20)は根部より塗染せられつつ木造船外板の接目中に埋入しつゝ摺動せらるることにより、一旦塗染せられたる塗料を更に接目中へ極めて輕快に併かも一々刷毛に塗料を附着せしむることの手續を要せず高速度に塗付け得るのである。

◇推進器の空轉防止装置 特許第 166316號(特許權者)榮瀦寺裕外五名

艦船が暴風雨に遭遇せし際所謂ピッチングを起し、水中にあるべき管の推進器が水面上に露出して推進器が抵抗を受くることなく空轉する結果豫期せざる高速度廻轉をなす爲め、推進器の驅動機構たる諸機構に急激なる變化を與へ幾多の故障或は破損の原因となる。本發明は單なる裝置により之等の缺陷を除去し推進器の水面下の位置又は水面上に露出することにより自動的にその廻轉數を變更、又は停止せしめんとするもので、船尾部(1)の推進器取付位置に近接して船外に開口せる唧筒(6)を設置せしめ、唧筒(6)に嵌入せる唧子(7)に對し常に水壓を受けしむべくなし、水壓の變更にて唧子桿(8)が移動することにより別に設けられたる電氣接續裝置の接觸端子(11)を變更接續せしめ、斯くて形成さるる數多の回路により機關部(4)の運轉を自動的に調節せしむるのである。

昭和五年三月二十日第三種郵便物認可
昭和二十年五月七日印刷
昭和二十年五月十二日發行
第四十八號卷
工學工業雜誌部門(二)四十六號
定 價 一ヶ年分 七十五圓
編輯發行 東京福地龍雄等
印刷所 東京福地龍雄等
能 勢 行 行 藏
發行所 東京福地龍雄等
然 社
配給元 日本出版配給統制株式會社
東京福地龍雄等