

世界最大級の造船所、川重坂出工場について

川崎重工業 松 永 和 介*

概 要

川崎重工が総力をあげて香川県坂出市に建設を進めてきた新鋭造船所の新造船部門が完成し、昭和42年10月12日に第1船の進水と工場の竣工式が行なわれた。この坂出工場は超大型船専門工場で、幅62m、長さ380mの巨大な建造ドックがすでに完成し、引き続き昭和43年8月完成をめざして幅72m、長さ450mの修繕ドックを建設中である。

新工場の計画は社内の衆知を集めて行なわれた。すなわち神戸工場を中心に長年にわたってつちかわれた貴重な知識と経験が余すところなくつぎこまれ、溶接の自動化・専用化、タクトシステムなど最新の技術が導入された。また、単ドック建造による工事量の変動を少なくし、あわせて作業環境を改善するために、プリエクシジョン、先行艀装、ブロック塗装などを大幅に採用することとした。

工場の完成を機会に、世界最大級の規模を誇る同工場の新造船部門の設備についてその概要を紹介する。

1. ま え が き

世界的な石油需要の伸びを背景に、タンカーの大型化はめざましいものがあり、巨大タンカー市場は根強い活況を続けている。

このような船型大型化の傾向に直面し、川重が神戸工場の能力に限界を感じ、超大型船専門工場を新天地に建設することを決意したのは昭和38年のことであった。

当初新工場の立地を岡山県の水島に求め、同年12月には運輸省の許可がおりた。水島工業地帯は周地のように新産都市の優等生と自他ともに認めており、工場の立地条件としてすぐれた特徴を多くそなえているが、その後の調査により川重の進出予定地は造船工場を短期間に建設するには不向きであることがあきらかとなった。そのため岡山県当局のご了解を得て、香川県坂出市に立地を変更することとなり、昭和39年12月には運輸省の許可がおりた。

坂出新工場は造船部門にとってはもとより、川重全社的にみても例をみない大型設備投資であり、その成否は文字どおり会社の命運をかけるものであった。そのため、全社の頭脳と努力を結集して建設する方針が確認され、委員会組織により計画を進め、すでに発足していた建設本部が事務局としてこれをまとめて現地折衝と建設にあたることになった。

新工場の設備については建設委員会が組織され、総合、公共、船殻、艀装、修繕の各分科会にわかれて計画が進められた。

なお、計画途上において、超大型船需要の見直しを行ない、当局のご好意ある処置により建造ドック幅を56mから62mに拡大した。

設備計画と並行して香川県による埋立工事も進み、建造ドックの建設に着手したのは昭和40年12月のことであった。その後、香川県、坂出市、四国電力、電電公社などの絶大なご協力と、鹿島建設をはじめ工事関係者のご努力によって建設は順調に進み、昭和42年1月には船殻工場の一部が操業を開始した。さらに4月には川崎汽船(株)般ご注文の第1船124型タンカー(124,000重量トン、以下同様)を起工した。新造船部門についていえば今後の増強計画をのぞき、設備はほぼ完成し、しだいに操業度を高めつつあるのが現状である。

2. 坂出の立地条件

坂出市は高松市の西約20kmにあり、古くから塩田の町として知られていた。明石ルートとともに本州四国連絡架橋の有力候補といわれる「瀬戸大橋」は、この坂出と備讃瀬戸をへだてた対岸の岡山県児島を結ぼうとするものである。

表1 東京と高松の気象比較

	平均気温			年間降水量	年間平均湿度	日最大風速10m/s以上の日数
	1月	8月	年間			
東京	3.7℃	26.4℃	14.7℃	1,563mm	71%	75日
高松	4.8	26.6	15.1	1,242	77	46

(注) 理科年表(昭和42年)による

*川崎重工業(株)坂出工場副工場長

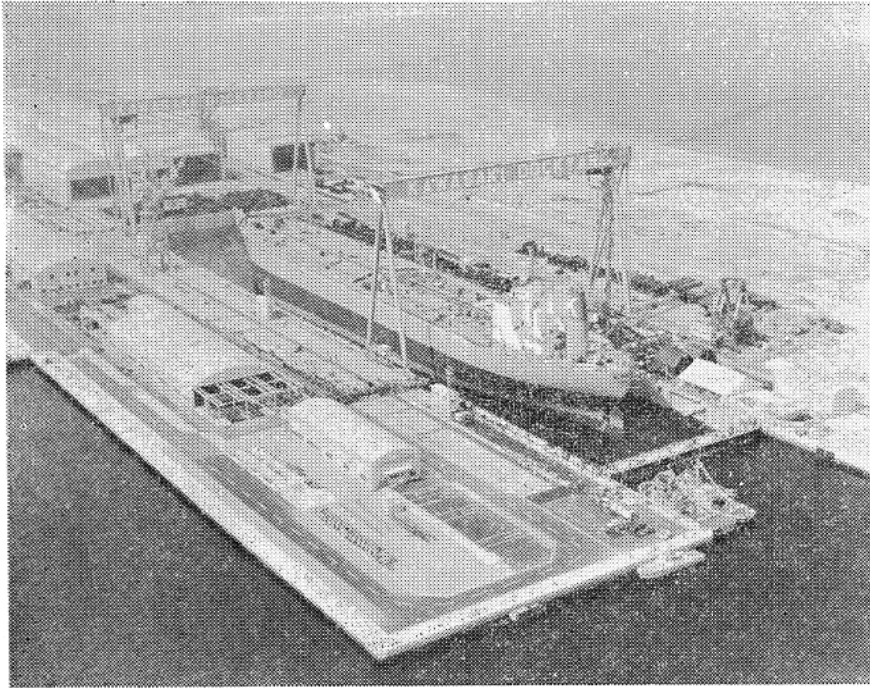


図1 坂出工場建造ドック周辺の状況（第1船の進水当日）

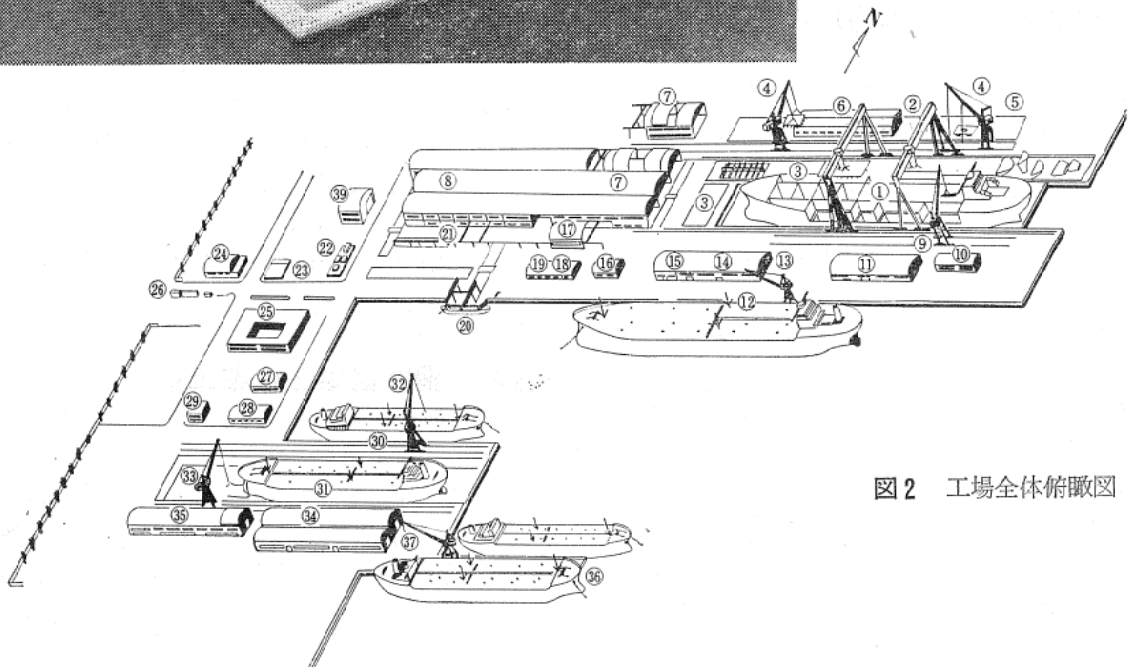


図2 工場全体俯瞰図

①	建造ドック	⑭	倉庫(1階), 食堂(2階)	⑳	船具工場
②	200Tガントリークレーン	⑮	道具庫(1階), 事務所(2階)	㉑	修繕事務所
③	プリ・エレクション定盤	⑯	空圧所	㉒	ドック・ハウス
④	120Tジブ・クレーン	⑰	大径管工場	㉓	修繕岸壁
⑤	ブロック・ストック・ヤード	⑱	下請業者事務所	㉔	修繕ドック
⑥	特殊塗装工場	㉒	更衣室	㉕	80Tジブ・クレーン
⑦	大組立工場	㉓	鋼材水切場	㉖	80Tジブ・クレーン
⑧	内業工場	㉔	鋼材置場	㉗	オーバーホール工場
⑨	30Tジブ・クレーン	㉕	ガス・センター	㉘	修繕工場
⑩	重量品工場	㉖	受水槽	㉙	修繕岸壁
⑪	中小径管工場	㉗	受電所	㉚	10Tジブ・クレーン
⑫	艀装岸壁	㉘	総合事務所	㉛	総合訓練所
⑬	10Tジブ・クレーン	㉙	正門		

高松の気象を東京とくらべてみると表1のとおりで、雨と風が少なく、気温と湿度がやや高い。暴風、高波、地震などによる災害も少ないといわれている。坂出工場は香川県が坂出市の北西海面に造成した番の州埋立地に建設している。工場の敷地は740,000m²である。坂出工場ドック周辺の写真を図1に示す。

番の州の土質は砂層と硬質粘土層の互層となっており支持力も高く、ドック建設にはこの上ない理想的な土質であった。土質がよいこと、香川県の造成計画が工期的に川重の希望と一致したこと、地元有力な企業が少なく優秀な労働力を得やすいことなどが、新工場を坂出に立地する条件となった。

関連産業が少ないというハンディも、地元の工業化に対する熱意や意外に便利な本州四国間の交通をみると、ほとんど不安は感じられない。

3. 設備に対する基本的な考え方

坂出工場のレイアウトを図2に示す。設備に対する基本的な考え方と設備能力の特色を列挙すればつぎのようになる。

(1) 計画全般について

i) 当面の標準工事量として150型タンカーを3カ月連続建造することを想定し、原則としてそれに必要な設備能力に限定した。ただし将来建造期間の短縮とか350型を建造するといった事態も起りうることを予想し、その時点で増設や改造が困難な設備、たとえばドック幅については先行して実施することとした。

ii) 神戸で実績のあるものから大きく飛躍しないことを基本方針とした。また片面自動溶接装置や工場内コンベアは神戸工場のパイロットプラントで試行し、確信を得てから導入した。

iii) 神戸で試行できなかった新しい型式のもの、たとえば補巻きつき120tクレーン、200tガントリークレーンなどについては徹底的な調査と検討を行なった。

(2) 船殻設備について

i) ドック寸法は350型タンカーまで建造できるように62m×380mとした。

ii) 単ドック建造での部材流れの定常化と現場工数の平準化を行なうためプリエレクション方式を採用した。そのために必要な設備としてドックサイドにプリエレクション定盤を設け、ドックと定盤にまたがる200tガントリークレーン2基を設置した。

iii) 法線からの制約と将来複数ドックに拡張される場合のレイアウトを容易にするため内業一大組立工場一ドックの配置は直線レイアウトとした。

iv) 大組立工場の共通ブロック組立棟においては、

枠組み一片面溶接一コンベア方式を採用した。

v) 内業工場と大組立工場はむね続きとし、境界に部材仕訳用の横行門型クレーンを設置した。

(3) 艀装設備について

i) パイプの加工をのぞき工場での内作は行わず、外注することを原則とした。

ii) 単数ドック建造での工数平準化のため先行艀装を大幅に推進する。

iii) 主機、煙突を建造ドックで塔載する。

iv) ブロック塗装を行なう。

v) パレット管理を推進する。

(4) 総合、公共部門について

i) 道路は直線、直交とし幹線は歩道を含め幅20mとした。

ii) 屋外の配線、配管はすべて地下に埋設した。電気、水、圧縮空気の幹線は共同溝により配線、配管した。

iii) 更衣洗面所と食堂は、それぞれ1個所に集約した。

iv) 受電所、ガスセンター、水槽を工場から離し集約した。しかし空圧所だけは配管による圧力低下を防ぐため現場に近く配置した。

v) 総合訓練所を設置し、作業員に溶接や切断などの基本的作業と安全について集中的に教育訓練を行なうこととした。

4. 鋼材置場と内業工場

(1) 加工系列別レイアウト

船体を機能別に分割すると、部材はたとえば図3のように殻板、骨材、主板、防とう材の4系列に分割することができる。主板と防とう材をとりつけるのを小組立、これに骨材を組合わせるのを枠組み、殻板を継ぐのを板継ぎ、これと枠組みとの結合を大組立といい、さらにプリエレクションを経て最終的に船体を構成する。

内業工場では機能別4系列の考え方を基本とし、1F棟で殻板とビルトアップロンジ、2F棟で共通部の内部構造、3F棟で非共通部の内部構造と形鋼を加工・小組立することとした。鋼材置場、内業工場、大組立工場のレイアウトを図4に示す。

なお、将来生産量が増大すれば鋼材置場および内業加工棟各1棟を増設する計画である。

(2) 鋼板の最大寸法

坂出工場で建造する150～350型の部材寸法と製鉄所の圧延設備能力などを検討した結果、鋼板寸法限界を長さ18m、幅3.6m、単重20tと定め、それにもとづいて諸設備を計画した。

(3) 運搬

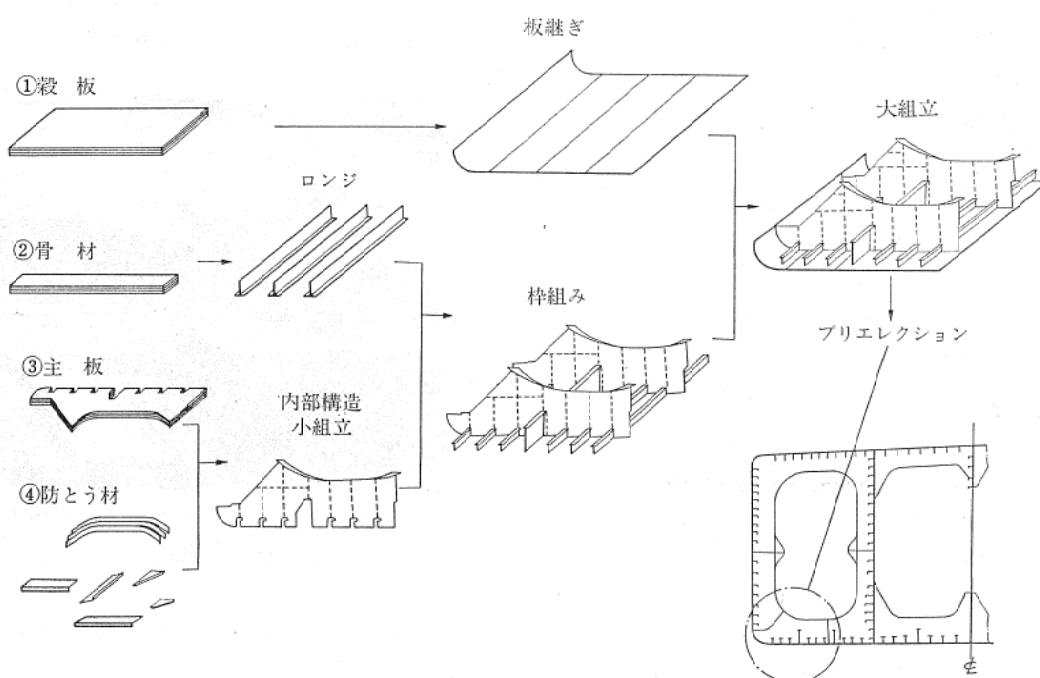


図3 船体の機能別分割と結合

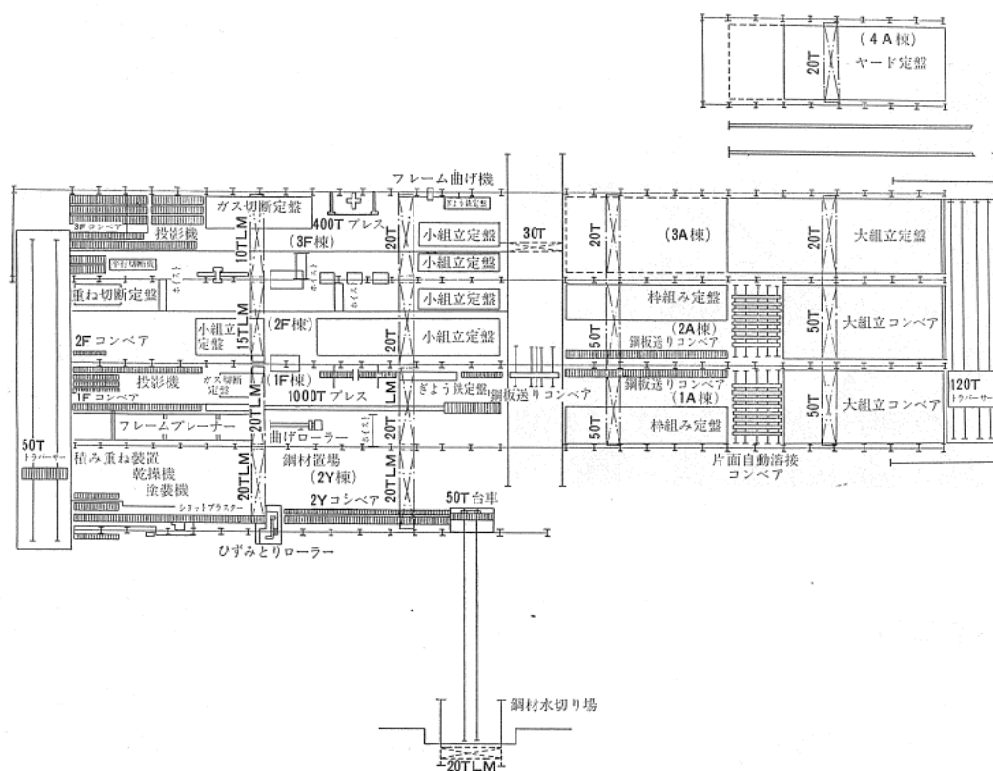


図4 船殻工場レイアウトの詳細

コンベアによる流れ作業方式を全面的に採用するにはまだ問題が多いので、素材と殻板の運搬に部分的にコンベアを採用するにとどめ、リフティング・マグネットと小型ホイストクレーンを大幅に採用した。クレーンとコンベアの配置はレイアウトに示した。

(4) 内業各棟のおもな設備

i) 2 Y棟のクレーンはリフマグ付きとした。鋼材表面処理についてはコンベアの全長、鋼板のひずみ、能率などを総合的に検討した結果、つぎの工程順序を決定した。

ひずみとりローラー→(予熱)→ショットブラスト→自動塗装→乾燥

この順序によってもショットブラストによるひずみは実用上問題なく、コンベアの全長が短くなるとか、ひずみとりで黒皮がとれるというような利点がある。

ii) 1 F棟の殻板系列は、投影機、フレームプレーナー、自動切断器、1000t プレス、曲げローラーをもって構成される。

殻板用の大型設備は将来移設しにくいので優先的にスペースを確保し、その残りをビルトアップロンジ用のスペースとした。

2 F棟では共通部内部構造、3 F棟では非共通部内部構造と形鋼の加工、小組立をする。ただしマーキン、1枚切り、曲げ加工はすべて3 F棟で行なう。ここではガス切断、部材選択、小組立など各単位作業の機械化に重点をおいた。

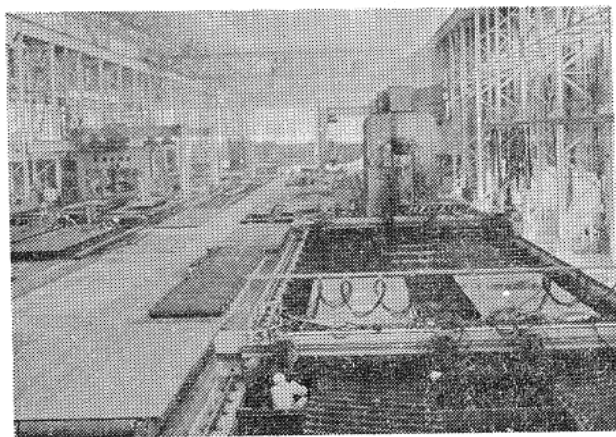


図5 内業工場(1F棟一殻板加工棟)

5. 大組立工場

(1) ブロックの系列別レイアウト

大組立ブロックを共通平板ブロック、非共通平板と立体ブロック、曲り外板ブロックの3系列に分類し、工事量を考慮してつぎのように4棟に配分した。

1 A棟………共通平板ブロック

2 A棟………共通部平板ブロック

3 A棟………非共通平板と立体ブロック

4 A棟………曲り外板ブロック

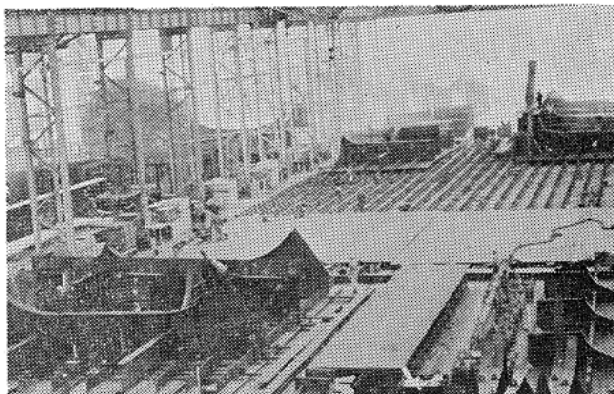


図6 大組立工場(2A棟一荷油槽平行部ブロック大組立)

なお、大組立工場内ではブロックの反転は行なわないことを原則とした。

大組立工場ではタクト・システムによる工程、配員計画を実施している。

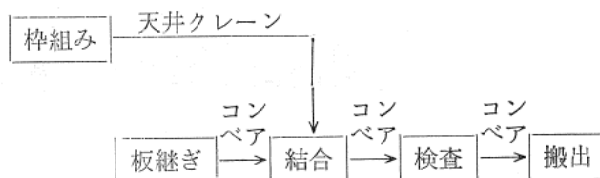
(2) 内業工場から大組立工場への運搬

内業工場と大組立工場のクレーンガーダーは連続で、天井クレーンにより直送できるものもあるが、少なくとも半数は、たとえば1 F棟から2 A棟へというように横送りせざるをえない。そこで両工場間に部材横送り用の30t 門型クレーンを設置した。ほかの天井クレーンとの接近作業も考えられるので無線による地上操作もできるようにした。

1 F棟から搬出される鋼板のうち、1 Aと2 A棟に流れる鋼板はローラーコンベアとトラバースの組合わせによるコンベアで送ることとした。

(3) 大組立各棟のおもな設備

i) 1 A・2 A棟での組立工程を分類すると、枠組み、板継ぎ、結合、検査、搬出の5工程に分けられる。



板継ぎ以降のブロックの移動はコンベアによる。板継ぎは片面自動溶接により行なう。天井クレーンは枠組みの移動を考え、各棟に50tを2台とし、2クラブ方式とした。また板の配材用としてリフマグをつけられるようにした。

コンベアには前に述べた鋼板送りコンベアのほかに、片面自動溶接用コンベアとブロック送りコンベアがある。片面自動溶接のバックリング装置とコンベアを組合わせたものである。ブロック送りコンベアはホイール・ブロックとウインチの組合わせによるブロックけん引方式とした。

ブロック搬出トラバースは1A・2A棟からの搬出ブロックを120tクレーンのリーチ内まで横送りするためのもので自走式である。

ii) 3A・4A棟で組立てるブロックは、形状的にコンベア化しにくいので、完成ブロックの搬出は120tジブクレーンによることとし、建屋に移動屋根をつけた。天井クレーンは配材専用の20tとした。曲り外板ブロック定盤はフラットバーを1mピッチに林立させる方式とし、フラットバーをさし込むためのボックスをチャンネルの上に固定した。

6. ドック周辺設備

(1) 建造ドック

建造ドックは幅62m、長さ380m、上端までの深さ10.3m、平均潮高線までの深さ7.7mのコンクリート構造である。ドックの底は長さ方向には水平であり、幅方向は中心の5mが水平で、その先は1/100の傾斜がついている。

ドックゲートはポンツーン型とした。

(2) ドック用注排水設備

建造ドックなので排水時間は多少長くてもよいが、ドック内外の水位差によりゲートが戸当りに密着するまでの排水能力が問題となる。そのため主排水ポンプは低揚程での吐出量が大きくなるようにした。ポンプの能力は

主排水ポンプ15,500m³/H×2台および建造船水試用ポンプ2,000m³/H×2台その他となっており、定格での合計36,000m³/Hであるが低水位では42,000m³/Hに達する。

注水路と排水路は兼用とし、弁によって切り替えられるようにした。

注水弁は2,200φ×1基、1,800φ×2基で、電動とした。注水時間は約3時間、排水時間は約6時間である。

(3) ドック周辺クレーン設備

プリエレクション方式に最適なクレーン配置として、ブロック塔載用の200tガントリークレーン2基、ブロックの搬出、特殊塗装およびガントリークレーンの負荷を均一化するため120tジブクレーン2基、舳装用30tジブクレーン1基を配置することとした。このうち120tジブクレーン1基のほかは完成済みである。

図7に建造ドックと各クレーンの関係を示す。図8は船の機械室立体ブロック（重量280T）を200Tクレーン相吊にて塔載中の状況である。

i) 200tガントリークレーンの特色

- a 速度制御方式としてAC2次抵抗制御方式を採用した。
- b 巻き上げ、横行装置としてセミ・ロープ・トロリー方式を採用し、横行はラック駆動方式とした。
- c 各フックにかかる荷重が平均衡になることを防止するため3フック式を採用し、100tフック2基を持つ上トロリーと120tフック1基を持つ下トロリーの2トロリー方式とした。
- d 走行中の斜行を、ガーダーと脚との相対角度変化で検出し、親子モーター方式で遊星歯車減速機を介して先行する脚を遅らせるように子モーターを回転させる方式とした。

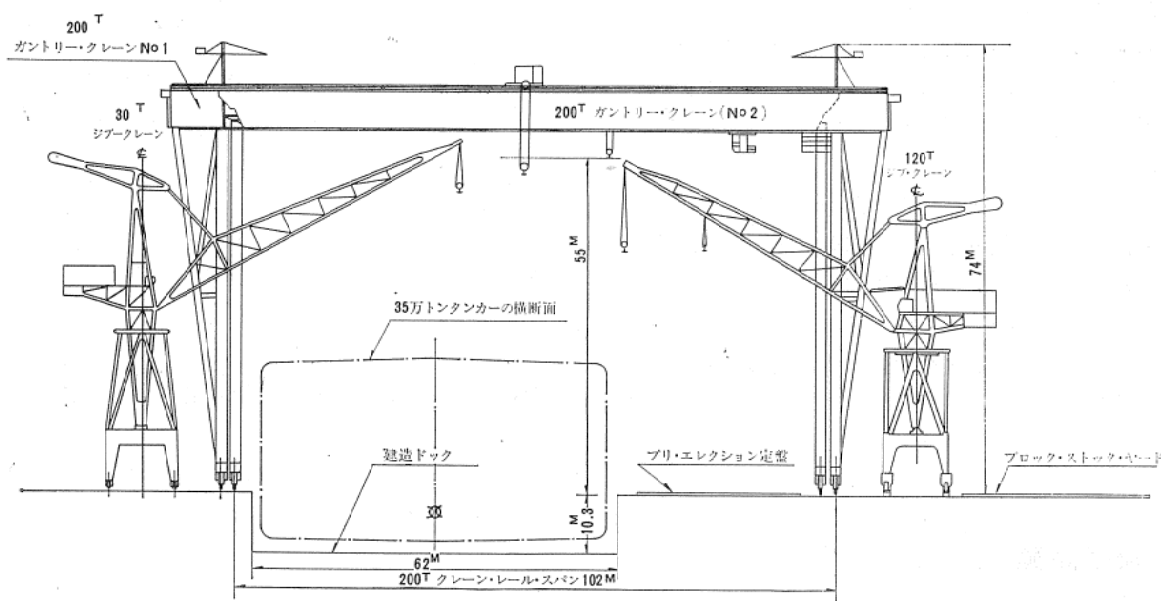


図7 建造ドックとクレーン関係図

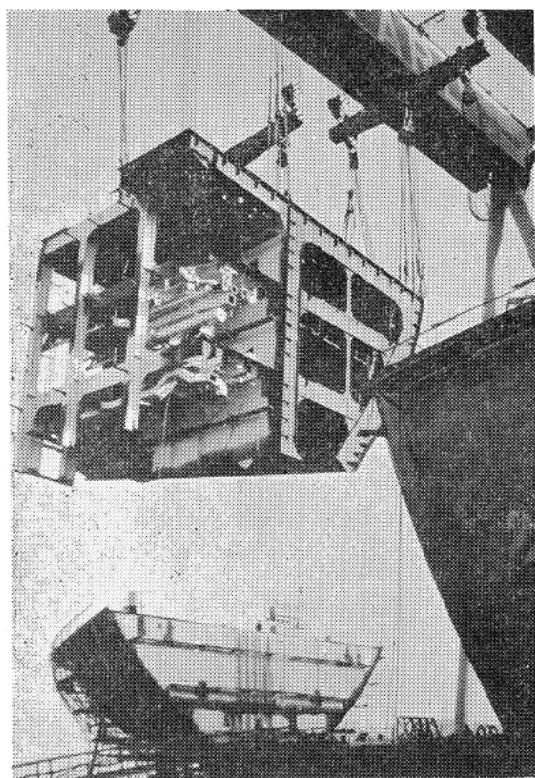


図8 船の機械室立体ブロック (280T)
を200Tクレーン相吊りにて塔載中
の状況

- e 運転室は単独にガーダー下面につけ、走行、旋回ができるようにした。
- f 運転士の昇降と小物運搬用としてエレベーターを設けた。

ii) 120tジブクレーンの特色

塔型水平引込式とし、ブロック反転用の補巻装置をつけた。この補巻装置は現在予期以上の成果をあげている。

(4) プリエレクション方式

プリエレクション方式を採用した直接の動機は外業工数の平準化であるが、そのほかにも作業環境の改善、ドック内工程の短縮など生産性向上につながる効果ももっている。

共通部について平板式か立体式かを検討し、当面は精度、塔載、現場での位置ぎめなどに問題が少なく、作業姿勢の改善も容易な平板式を採用することとした。平板式は内業、大組立の流れともマッチするが、その反面プリエレクション工事が比較的少なく、定盤面積を多くとるとか、ひとつのグループに同一工事を常時与えにくいといった欠点もあり、立体式についても研究を進めるつもりである。

7 艦装設備

(1) 中小径管工場、大径管工場

レイアウト上の制約から、250φ以下を加工する中小径管工場と300φ以上を加工する大径管工場と分離した。中小径管工場ではパイプ自動搬入装置を設け、郵便切断場から押しボタン操作によりパイプを搬入できるようにしている。パイプベンダーは250φまでである。製品置場から30tジブクレーンで建造ドックに、あるいは10tジブクレーンで艦装岸壁に直接製品を塔載することができる。なおパイプのカッティングプランは電算機によっている。

板金、仕上げ製品は完成品購入を原則とするが、緊急用として最低限度の設備を中小径管工場に設置した。

(2) 軽量品工場、重量品工場

出図管理、納期管理、原価管理、パレット化などを電算機により一元化することをめざして研究中であるが、軽量品工場では検収、保管、パレット化を行ない、現場の必要な時期に区画別のパレットをフォークリフトで発送する。なお、2tから10tまでの艦装品は重量品工場で保管し、30tジブクレーンで塔載する。電線は重量品工場で切断する。

(3) 特殊塗装工場

外板、荷油槽などの特殊塗装をブロックで行なうため幅32m、長さ124mで移動屋根をもつ特殊塗装工場を建設中である。ブロックは120tジブクレーンで搬入、搬出する。乾燥を早めるためスチーム・ヒーターと換気装置を設置することにより、20℃までの温度上昇と1時間10回の換気を行なうことができるようになっている。特殊塗装工場の採用により品質の改善、作業性の向上にともなう工数削減、建造工程の短縮など多くの効果が期待できる。

(4) 艦装岸壁

艦装岸壁は水深9mで、暴風対策として200tビット4基をはじめ多数のビットとゴムフェンダーを設置している。

ジブクレーンは能力10t、レール長さ90mにすぎないのは、後述する先行艦装の推進を前提としているためである。

(5) 先行艦装

単ドックの工数平準化、作業環境の改善とコストダウン、岸壁設備の削減などを目的としてつぎに述べるように大幅な先行艦装を行なうこととした。

i) ドック周辺の大型クレーン、特に200tクレーンの負担を少なくするため、大組立工場内でのブロック艦装をする。

ii) 大組立工場の出口にホイストをつけ、120tトラバース上で底部ブロックに荷油管を差し込む。

iii) ポンプ室底部の箱型に大組立をされたブロックにポンプ、パイプ、弁、格子などいっさいの艦装品を地上

以下22頁へ続く