

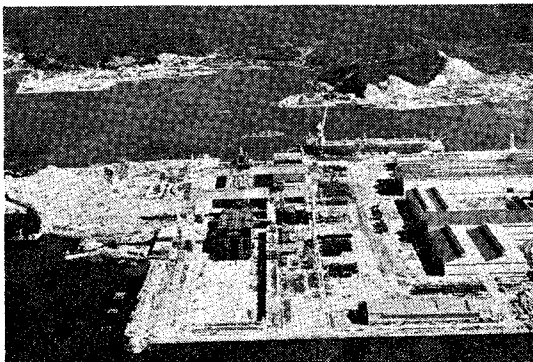
わが国におけるドック建設の概況

安 昌 克*

まえがき

わが国の造船業界は、船舶の大型化に伴い、昭和 38 年以來大型ドックの建設を各地ですすめてきていたが、造船王国日本に最近また世界一の規模をもつ、幅 100 m、長さ 990 m、深さ 14.5 m の三菱重工業長崎造船所香焼工場の建造ドックが完成した。

わが国のドック建設はここ数年来急速にすすめられてきたが、それらの背景およびドック建設の特徴、さらにドックの構造と工事概要などについて紹介することにする。



(幅 100 m、長さ 990 m)

写真—1 最近完成した世界一の規模を持つ三菱重工業香焼工場 100 万トン・ドック

1. 大型ドックの必要性と現況

石油の需要は全世界的に毎年伸びる一方である。そして、石油コストの低減競争は熾烈をきわめ、とくに石油の販売原価のうち、原油の輸送費はその 15~20% を占めるため大型タンカーによる輸送原価の引下げが急務となってきた。すなわち大型タンカーになればなるほ

ど輸送コストは下がるからである。

わが国の造船工業は、昭和 20 年代に輸出振興政策の一環として発展し、幾多の苦難期をへて、技術革新、設備の近代化を行ないながら世界の競争に打ち勝ち、ついに昭和 31 年にその量・質ともに世界一の栄冠をかち取った。そして現在は輸出船において全世界の半分以上をわが造船界で占めるに至ったのである。

以来、わが国の各大手造船所では、次々に大型ドックを建設し設備の近代化と省力化に努力し、世界一の造船工業を、いっそう不動のものとしている。

このように大型タンカーの建造量が世界一であれば当然船を建造する大型ドックもわが国は群を抜いて多く、いま 15 万 DWT 以下のタンカーを建造・修理できるドックをまとめてみると表—1 のようになる。

2. ドック建設の特徴

造船工業が世界一の栄冠をかちとったのは、船価・納期の面で世界の競争に打ち勝ったためであるが、その発注様式はドック建設の発注の場合にも、そのままあてはめられている。

すなわち、ドック建設工事が発注される場合、ほとんどが、建設会社数社に競争設計見積のかたちで発注される。各建設会社は 1~2 か月の間に設計図、計算書、工事計画書、見積書などを作成提出し、造船会社が構造、工費、工期を比較検討して建設会社を決定する。そして責任設計施工が原則で建設が行なわれる。

第二の特徴は、建設工期が短く部分工期が多いことである。ドック建設工事に併行して、クレーンの組立工事、ゲートの組立工事などが行なわれ、さらに、建造ドック工事の場合は、船の建造も併行して行なわれるのが普通で、綿密な施工管理と工程管理が要求されることになる。そして、これらの契約工期が遅れた場合は、ペナルティーを要求される。

* 正会員 鹿島建設(株)秘書室

表-1 わが国の大型ドック一覧

| 造船会社名 | ドックの種類 | ドックの寸法 | | | 公称能力 (DWT) | 工期 (昭和年月) | 建設会社名 | 備考 | |
|----------|--------|--------|-------|-------|------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| | | 幅(m) | 長さ(m) | 深さ(m) | | | | | |
| 三菱重工業 | 長崎 | 建造 | 56.0 | 350 | 14.0 | 200 000 | 38. 8~40. 5 | 間組 | |
| | | 修理 | 56.0 | 350 | 14.0 | 200 000 | 38. 8~40. 8 | 間組 | |
| | 香焼 | 建造 | 100.0 | 990 | 14.5 | 1 000 000 | 45. 8~47. 9 | 鹿島建設 | 将来 100 m 延長 |
| | | 修理 | 100.0 | 400 | 14.5 | 1 000 000 | 47. 1~48. 3 | 鹿島建設 | |
| | 横浜 | 修理 | 60.0 | 350 | 12.5 | 300 000 | 42.11~44. 2 | 大成建設 | |
| 修理 | | 60.0 | 270 | 12.5 | 300 000 | 46.10~47.10 | 清水建設 | | |
| 神戸 | 修理 | 44.0 | 300 | 13.0 | 150 000 | 45. 8~46. 5 | 大林組 | 拡張工事 | |
| 川崎重工業 | 坂出 | 建造 | 62.0 | 380 | 10.3 | 350 000 | 40.12~42. 5 | 鹿島建設 | |
| | | 修理 | 72.0 | 450 | 12.3 | 500 000 | 42. 5~43.11 | 鹿島建設 | |
| | | 建造 | 75.0 | 420 | 11.0 | 600 000 | 46. 4~48. 2 | 鹿島建設 | |
| 石川島播磨重工業 | 横浜 | 建造 | 52.0 | 332 | 12.0 | 200 000 | 38. 3~39.10 | 清水建設 | |
| | | 修理 | 56.0 | 375 | 12.5 | 200 000 | 39.11~41. 8 | 清水建設 | |
| | 呉 | 建造 | 80.0 | 510 | 13.5 | 800 000 | 45. 4~ | 五洋建設 | |
| | | 建造 | 65.7 | 345 | 11.2 | 300 000 | 42. 1~44. 4 | 清水建設 | |
| | 知多 | 建造 | 92.0 | 810 | 14.3 | 1 000 000 | 46. 9~48.12 | 大成建設 | |
| 相生 | 修理 | 56.0 | 341 | 12.0 | 200 000 | 42. 1~43. 6 | 大林組 | | |
| 日立造船 | 堺 | 建造 | 56.0 | 400 | 12.5 | 250 000 | 39. 4~40.12 | 間組・日産建設 | |
| | | 修理 | 63.0 | 455 | 12.5 | 400 000 | 42. 6~44. 6 | 間組・日産建設 | |
| | 有明 | 建造 | 85.0 | 620 | 14.0 | 1 000 000 | 47. 1~49.10 | 大林組・日産建設 | |
| 建造 | | 85.0 | 380 | 14.0 | 600 000 | 47. 1~49.10 | 大林組・日産建設 | | |
| 三井造船 | 千葉 | 建造 | 72.0 | 400 | 12.5 | 500 000 | 42. 1~43. 8 | 鹿島建設 | 将来延長 |
| | | 建造 | 72.0 | 219 | 12.5 | 500 000 | 46.10~48. 7 | 鹿島建設 | |
| | 由良 | 修理 | 65.0 | 353 | 14.3 | 370 000 | 46.10~48. 1 | 清水・三井建設 | |
| 日本鋼管 | 津 | 建造 | 75.0 | 500 | 11.9 | 500 000 | 43. 3~44. 8 | 清水建設 | |
| | | 修理 | 75.0 | 375 | 14.2 | 500 000 | 43. 4~45. 1 | 鹿島建設 | |
| 住友重機 | 追浜 | 建造 | 80.0 | 566 | 12.6 | 750 000 | 45. 2~47. 9 | 鹿島建設 | |
| 佐世保重工 | 佐世保 | 建造 | 57.0 | 380 | 17.0 | 300 000 | 45. 9~46.12 | 清水建設 | 拡張工事 |
| 函館ドック | 函館 | 修理 | 58.0 | 345 | 10.5 | 300 000 | 45. 6~47. 7 | 五洋建設 | |

3. 工場地点の選定と工場レイアウト

造船会社が造船工場をどこに建設するかを決定するにあたっては、次の条件が比較検討される。

- ① 気象条件
- ② 海象条件
- ③ 労働力
- ④ 交通
- ⑤ 建設費

気象についてはとくに風向・風速が検討されるが、わが国ではあまり問題でない。海象条件としては水深、潮流、波などが検討される。造船作業はドック内だけで行なわれるのではなく、艀装作業は船を岸壁に繋留して行なわれるので、波やうねりが問題となり、必要に応じては防波堤を築造することもある。

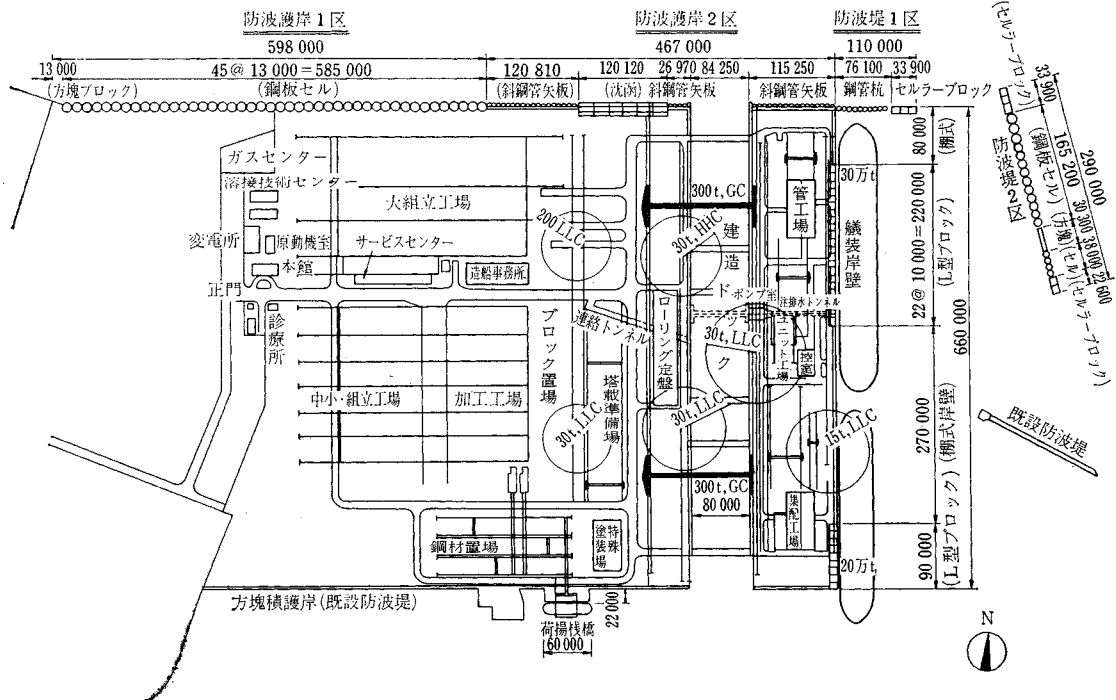
労働力、交通については他業種の場合と同じであるが最後の工場建設費のうち、とくに建設費の大部分を占めるドック工事は、地形および地盤状況によって大幅に左

右される。

地盤的にみれば、支持力が大きく、土圧が少ない地質で、揚水圧対策がしやすく、掘削が容易な地盤が建設費のかからない良好な地盤といえることができる。たとえば岩盤あるいは泥岩地帯である。しかし、岩盤地帯は航路しゅんせつ、岸壁工事、仮締切工事などが割高になるので一概に安くなるとはいえないが、一般論としては、底版に杭のいらぬ地盤は、ドック地点としては経済的地盤といえることができる。

最近の傾向としては、造船工場は公害がほとんどないこと、地元産業への貢献が大きいことなどのため各地方で誘致され、全国的に工場を選定できるようであり、とくに公共団体が敷地を造成した場所では、工業適地が少なくなっていることとあいまって、造船会社が土地造成から工場建設まで、一貫して行なうようになってきた。これは工場建設の工期が短縮されると同時に、工場レイアウトが自由にできる利点があり、今後ますますこの傾向がふえるものと思われる。

次に、工場レイアウトであるが、大別して鋼材を荷揚



(住友重機追浜)
図-1 造船所のレイアウト

げする水切岸壁，加工，組立工場，クレーン，ドック，
艤装工場，艤装岸壁などがある。これは建造工場の場合
で，修理工場の場合はドック以外は規模も小さくなる。
造船工場の代表的例として，住友重機追浜工場のレイ
アウトを 図-1 に示しておく。このレイアウトに決定する
まで，担当者は数年にわたり比較検討を行ない，第 24
案が最終案となったと聞いている。

敷地面積は 53 万 5 000 m²，27 万 DWT 型船舶ならば
年間 6 隻建造する能力をもち，月間鋼材処理量は 2 万 t
の最新鋭造船所で，特徴としては，建造ドックが両開き
式で，ポンプ室が中央にあること，ドック内にはトンネ
ルで連絡されていることがあげられる。

4. ドックの構造

(1) ドックの寸法

ドックは一口にいえば大きい箱が地中に埋められたよ
うなもので，その中で建造あるいは修理される船舶の大
きさによって，ドックの幅，長さ，深さが決められる。
船舶の大きさは各造船会社によって同じ船型でも異なる
が，一つの目安として船型と船舶の幅，長さ，吃水を示
すと表-2 のようになる。ドックの幅，長さについては
対象船の幅，長さにも多少余裕をみて決められる。深さにつ
いては，建造ドックと修理ドックではバラストの有無

表-2 船の寸法 (タンカー)

| 船型 (DWT) | 幅 (m) | 長さ (m) | 満載吃水 (m) |
|----------|-------|--------|----------|
| 100 000 | 40.1 | 273 | 14.4 |
| 200 000 | 49.0 | 334 | 18.5 |
| 300 000 | 55.7 | 370 | 21.8 |
| 400 000 | 60.9 | 393 | 24.6 |
| 500 000 | 65.0 | 410 | 27.0 |

表-3 タンカーの吃水

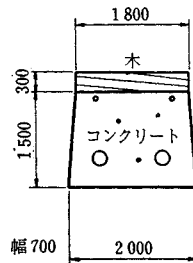
| 船型 (DWT) | 建造ドック出渠時 | | 修理ドック入出渠時 | |
|----------|----------|--------|-----------|--------|
| | バラスト (t) | 吃水 (m) | バラスト (t) | 吃水 (m) |
| 200 000 | 6 060 | 3.4 | 24 000 | 5.6 |
| 300 000 | 15 580 | 4.7 | 26 500 | 6.7 |
| 500 000 | 10 000 | 5.5 | — | — |

により出入渠時の吃水が異なるので，修理ドックのほう
が深い。いま，タンカーの吃水
試算表を示すと表-3 のよう
になる。

最低潮位でも出入渠でき，し
かも盤木の高さ (1~1.5 m) を
加え，さらに余裕をみてドック
の深さが決定される。

(2) ドックの側壁 (渠壁)

渠壁は土圧，水圧に耐える水
密性構造で，一般には鉄筋コンクリート扶壁式と鋼矢板
(鋼管矢板) 式が採用されているが，鋼製渠壁は船舶建



(腹盤木)
図-2 盤木

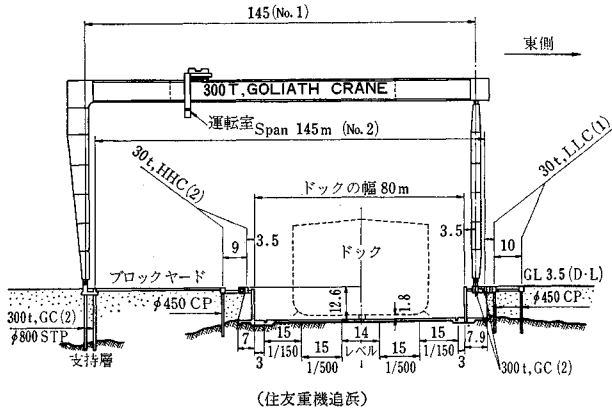


図-3 ドックの横断面図

造中の溶接による迷走電流で腐食しがちなため、鉄筋コンクリート製が多い。岩盤の場合は、岩盤を鉛直に掘削し、30 cm ぐらいの鉄筋コンクリート版をアンカーすることもできる。

構造的には滑動に対して底版の反力を利用するのが経済的で、この場合、渠壁裏の埋戻しは底版を完成してから行なわねばならない。またドックサイドにはクレーンが設置されるので、R C 扶壁の場合はクレーン基礎を兼用することが多い。

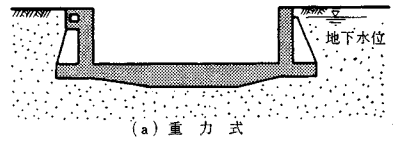
(3) 底版(渠底)

渠底は船体荷重が盤木をとおしてかかってくるのに耐え、さらに渠底下から作用する揚水圧に耐える構造でなければならない。盤木荷重は船のエンジン部、タンク部で異なるが、タンク部で建造時 100~150 t/丁、タンク水張時に 200~300 t/丁ぐらいであるから、揚水圧を考えなければ渠底は一般に 60~100 cm の厚さでよい。

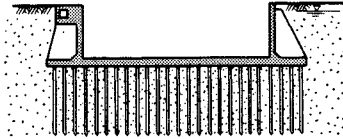
この揚水圧対策の進歩がドックの建設費を安くしたといっても過言ではない。これまでに採用された揚水圧対策を大別して 図-4 に示す。すなわち、重力式はコンクリートの重量で持たせようとするもので、わが国では海軍時代のドックに多くみられる。杭アンカー式は、軟弱地盤で支持力がたりない場合に、打込んだ杭の引抜抵抗力を利用することが多い。砂質地盤で揚水圧しゃ断式が採用できない場合はロッドアンカー式を採用するが、わが国ではほとんど例がなく、ヨーロッパに二、三の例がみられるだけである。最近では揚水圧しゃ断式が多く採用されている。これは、ドックの周囲に鋼矢板を不透水層まで打込み湧水量を減らし、さらに渠底版の下には有孔パイプを敷設して水を抜き、揚水圧を減ずる方法である。

(4) 渠口部

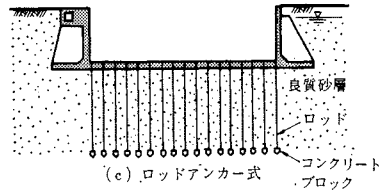
渠口部はドックの入口で、ドック内と外海とを鋼製ゲートで締切る部分である。よってゲートの反力に耐え、



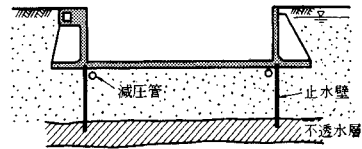
(a) 重力式



(b) 杭アンカー式



(c) ロッドアンカー式



(d) 揚水圧しゃ断式

図-4 ドックの揚水圧対策工法

しかも水密性を要し、あとからの補修工事が困難な場所なのでドックのうちでも重要な所である。

かつては戸当り部に花崗岩などを用いていたようであるが、最近ではステンレスが多く用いられている。

一般に、渠口部にはポンプ室が設けられ、ドック内の水を 3~5 時間で排水するため、2 万 m³/h クラスのポンプが 2~3 台設置される。一方、ドック内への注水はゲートに取付けたバルブを開けてする場合と、ポンプ室を兼用した注水室からする場合とがあり、φ 2 000~2 500 mm の電動バルブでドックに 1~3 時間で注水し終る。

この渠口部は、ドックのうちで一番深くなるので、施工上困難な場所である。

(5) クレーン基礎

建造ドックの場合は、一般にドックを跨ぐ 300~600 t 吊りの門型クレーンが設置される。輪荷重は 60~80 t/輪で 100 kg レールが使用される。さらにドックサイドには 50~150 t 吊りのジブクレーンが設置される場合が多い。

(6) 艦装岸壁

ドック内で建造された船舶は、岸壁で艦装される。岸壁の水深はドックの深さよりも深いのが一般的である。

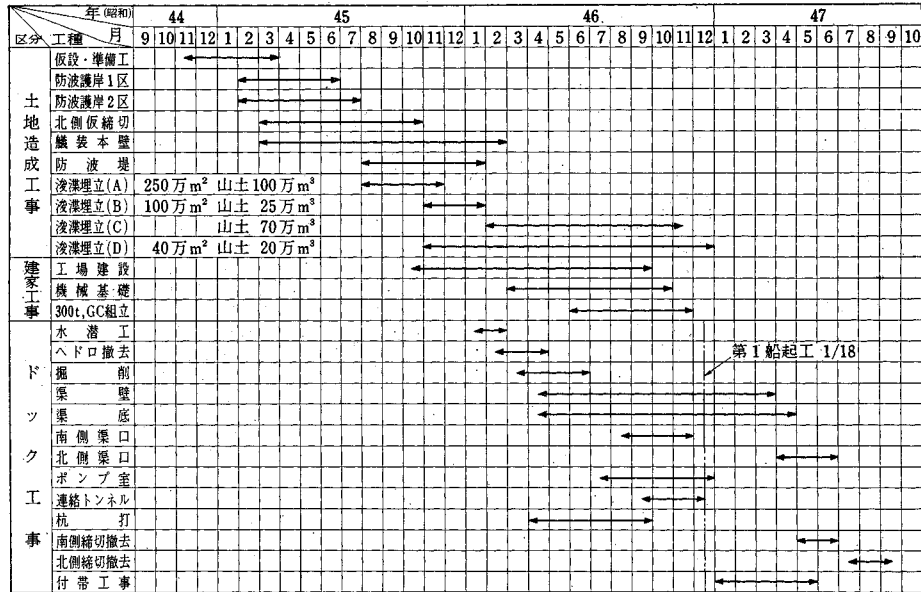


図-5 住友重機追浜工場建設実施工程表

岸壁構造としては、接岸速度よりも台風時にも繫留しておけるよう風圧による力で決められるので、直接岸壁が経済的である。

5. ドックの建設例

昭和47年9月末完工した住友重機追浜造船所の例で、その建設概要を紹介することにする。

当造船所建設の特色は、土地造成からドック建設、工場建設を一貫して行ない、建設期間の短縮と工場レイアウトの自由選択のメリットをフルに活かし、さらに建設費を大幅に節約したことである。建設期間は 図-5 に示すように昭和45年2月着工、47年9月完工であるが、漁業組合とのトラブルのため途中3か月間作業ができな

かったこと、土地造成では埋立土砂を敷地外に出さないとの取り決めがあったため、まず外周構造物を土砂以外の構造でしかも海上作業で施工せざるを得なかったことなどの困難な条件にもかかわらず、着工より第一船進水(47年6月)までわずか2年4か月を要したにすぎなかった。

(1) 土地造成工事の概要

埋立面積、土量：面積53万5000m²、土量約600万m³

主要構築物：図-1 参照

防波護岸1区：593m(鋼板セル46函)

防波護岸2区：385m(鋼板セル6函、沈函7基、鋼管矢板護岸211m)

北側仮締切工：82m(鋼管矢板、鋼矢板二重式)

艀装岸壁：660m(コンクリートL型ブロック31基、鋼管矢板岸壁350m)

防波堤：400m(コンクリートセルラブロック31基、大口径鋼管杭式76m、コンクリート塊式31m)

荷揚岸壁：60m(コンクリートL型ブロック6基)

主要工事材料

鋼管杭、鋼管矢板：約7230t(φ509~φ1219)

鋼板セル、沈函：約2355t(t=6~9)

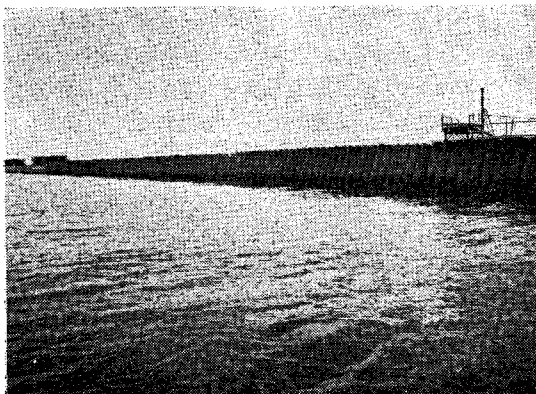
コンクリート：約22000m³

鉄筋：約1280t

(2) 建造ドック工事の概要

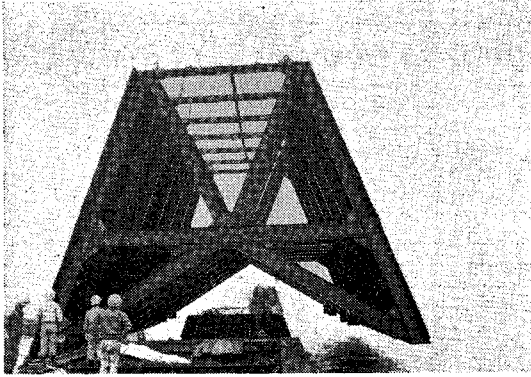
規模

建造ドック：幅80m、長さ566m、深さ12.6m、空容積57万m³、75万DWT船型入渠可能、



(斜鋼管矢板護岸)

写真-2 埋立てに先立ち外周護岸を施工



(北側護岸)
写真-3 鋼製沈函

50万 DWT 船型 1.5 隻同時建造可能
ポンプ室: 23.2×16×17m, 排水 10 時間, 注水 3 時間
ゲート: 主ゲート基 (フローティングゲート) 2 基,
中間ゲート 1 基 (4 か所移動設置可能)
連絡トンネル: 4.5×4m 114.3m
注排水路: 228m (渠内部を含む)
クレーン: 300t ゴライアスクレーン 2 基
30t 塔型槌型クレーン 3 基

主要工事数量

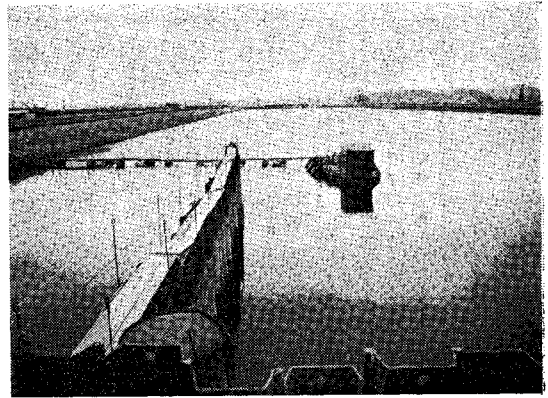
掘削: 37 万 m³
基礎杭: 約 5 300 本 延長約 50 300 m (鋼管杭
φ508~914, オートクレーン杭 φ450~
500)
止水鋼矢板型: II 型 約 690 t
コンクリート: 84 000 m³
鉄筋: 約 5 100 t

(3) 地盤概要と構造概要

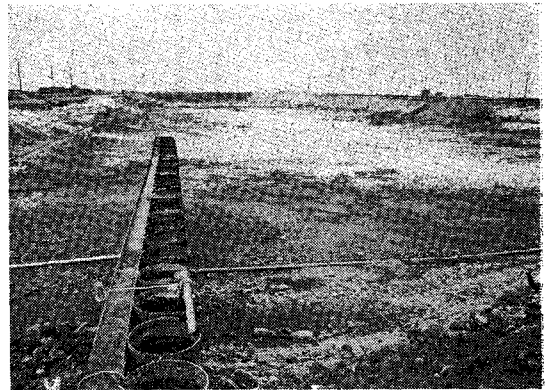
この地区の地盤は、基盤岩である土丹層 (泥岩) の上に海底面 (DL-5~18m) まで沖積粘土層が堆積している。土丹層は N 値が 50 以上で堅固な層で問題はないが、沖積層は N 値が 2~5 で一軸圧縮強度が 0.5~1.2 kg/cm² の軟弱層で、重要構造物は直接基礎または杭基礎として土丹層まで支持させる必要がある。しかし、この土丹層の起伏は非常にばげしく、急傾斜の所は 45° くらいもある。したがって、各構造物もいろいろな構造にならざるを得ず、工期の短縮、建設費の節減の面からみればネガティブの要素ばかりであった。

これは、たとえば土地造成工事における主要構造物の種類をみてもわかるとおりである。直接基礎としては鋼板セル、沈函、L 型扶壁式 RC、杭基礎としては斜鋼管矢板式、棚式鋼管矢板、自立式鋼管杭など、水深と土丹の深さおよび構造物の種類によっていろいろ採用した。

一方、ドック工事では渠壁は扶壁式 RC を採用したが、渠底板を含めて杭の長さの決定がやっかいであった。杭は主としてオートクレーン杭を使用した、杭長を 1



(水替えを開始したころ、昭和 46 年 1 月)
写真-4 ドック建設位置は外周締切工法をとったため埋立っていない



(昭和 46 年 2 月)
写真-5 水替えを完了した渠内の状況

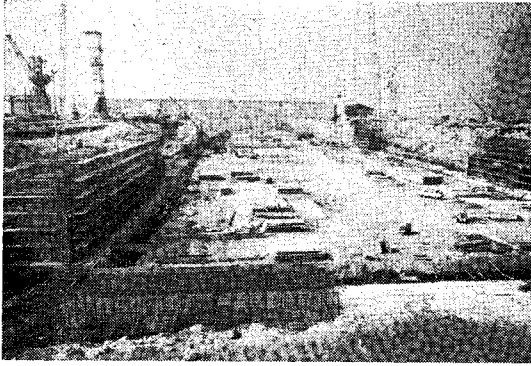
m ごとに用意させ、打込んで次の杭を決定する方法により杭の無駄な切断をなくすようにした。幸い底版の約 1/3 が杭基礎で、大部分は堅固な土丹層に直接支持したので、渠底板の厚さも 50 cm におさめることができ工費上節約できている。

減圧水抜工法として、土丹層の所ではドック周辺の止水壁は土丹層に切り込んでコンクリートを打ったカットオフとし、杭基礎部は鋼矢板 (II 型) を打ち込み、渠底板の下にはスリット付塩化ビニール管を布設し、それを φ400 の有孔ヒューム管でポンプ室に導くようにした。

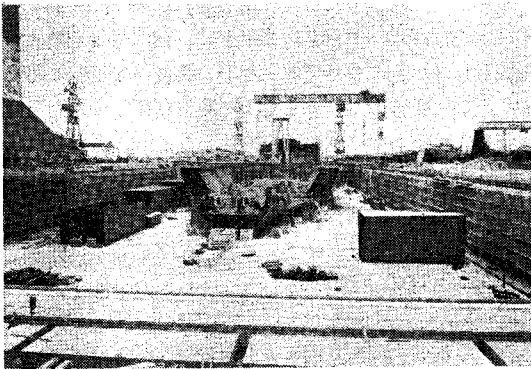
(4) 施工法

土地造成工事およびドック工事の施工法全般について述べる紙数もないので、ここではとくに工期短縮、工費節減を試みて成功した“ドック外周締切工法”についてだけ述べることにする。

この工法は、ポンプ船による埋立工事に先立って、ドック建設位置の外周に築堤をつくり、この外側だけを埋立ててドック内は埋立でない工法である。この工法によ



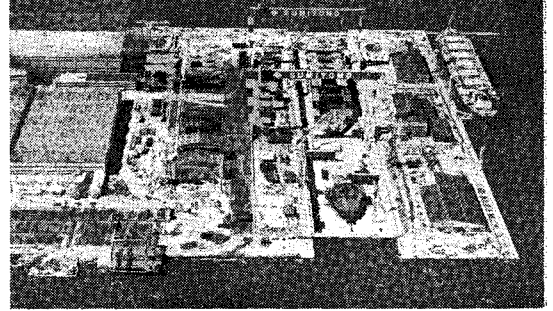
(昭和 46 年 8 月)
写真-6 ドック工事に併行して 300 TGC の組立工事が行なわれている



(昭和 47 年 5 月)
写真-7 ドック工事に併行して渠内では船舶の建造が行なわれる

ると、いろいろな問題点はあったがドック部もいったん埋立ててから掘削する一般的な安全な工法に比べ、埋立土量が約 80 万 m^3 、掘削土量が 74 万 m^3 減らせたことになり、築堤工事費などはふえるが、結論としては工費で 40% 安くなり、工期は 2 か月短縮された。

そして当初問題点として考えられていた築堤の耐波浪性およびポンプ船埋立時の崩壊も、築堤材料として土丹塊を多く用い、波打際に木工沈床をしたことなどによって防止することができた。ドック内にヘドロが多量に堆積することに対しては、外周締切堤を完了する前に、ドック内に 1500 ps の小型ポンプ船を入れて除去したた



(南側から写す)
写真-8 住友重機追浜工場の全景

め、ヘドロ掘削量は 4 万 m^3 程度です。また、一番心配されたことは、築堤内を水替えしドライにする際、築堤材料が土丹塊のためその空げきをとって漏水が多く排水に時間がかかるのではないかと、ということであったが、築堤は外海に接することのないよう計画したこと、築堤の外側にポンプ船で裏ぶきした土砂が細砂とシルトであったため築堤の間げきを十分に詰めてくれたこと等により、漏水量は外周全部で 200 m^3/h くらいで問題とならず、かえって、ドック建設時には築堤材がドック側ではポーラスのため重力排水が自然に行なわれ、ウエルポイントも最下段の一段だけで、完全ドライワークができた。

このような工法が採用できたのも、土地造成からドック建設まで一貫して施工できたためである。

あとがき

以上、わが国のドック建設の概要について述べた。わが国の造船界は設備の大型化・合理化を行ないながらますます発展するであろうし、一方、ドック建設はローコストで短期間完成がより強く要求されるであろう。本文がなんらかの参考になれば幸いである。

終りに本文をまとめるにあたって資料を提供していただいた各位に深く感謝するしだいである。

(1972.12.25・受付)

土木学会耐震工学委員会編●新刊・48年2月10日より発売中

地震応答解析と実例

B5・470 5000円
会員特価 4500円(〒200円)

第1編 基礎編 1章 概説 2章 振動論 3章 地盤の震動特性 4章 地震外力 5章 理想化された構造系 6章 地震応答解析の方法 7章 構造材料と土の動的特性 8章 解析結果に対する評価

第2編 応用編 9章 橋梁 10章 ダム 11章 土構造 12章 港湾構造物 13章 電力施設 14章 都市施設 15章 その他の構造物 16章 地震応答観測