

4-2-5 海岸変形

(1) 海底土サンプリング調査結果

サイト周辺は潮流が速く、かつ埋立地造成後、周辺の海岸汀線が変化してきたと推定される。北側のサンドバーは堆積成長しており、逆に南側の自然海浜は侵食傾向がある。これらの海浜変形のメカニズムを解析するため、海岸線に沿って20点の海底土サンプリング調査を実施した。図4-2-2 にサンプリング位置図及び底質粒径 (d_{50} : 通過重量百分率50%に相当する粒径) を示す。また、粒度分析及び比重試験結果は資料編“資料9”に添付した。

底質粒径は、港湾施設法線平行方向に対して一般に南から北へ行くに従って大きくなっており、下げ潮時の潮流速度が上げ潮時より速いことにもよるが、漂砂の卓越方向は北東方向である事が推察される。特に流速の速い部分における底質粒径は大きくなっている。全般的にドルフィン前面での底質粒径は大きくなっており、海底部の洗掘が激しいNo.2ドルフィン部の底質粒径は1.80mmで、礫部分が48% を占める。

港湾埋立地両サイドの底質は、シルトおよび粘土が大部分を占め、それより離れるにつれ底質粒径は0.25~0.28mmで安定している。また、汀線部分での粒径は海底部より大きくなる傾向にある。

これらを総合し流況を判断すると、港湾埋立地前面では流速が部分的に速くなっているが、底質粒径 (d_{50}) は大きく、その海底は現在ではほぼ安定していると判断される。一方、埋立地両サイドは底質粒径が非常に細かいことから滞留していると判断され、将来堆砂が予想される部分である。

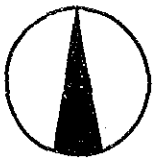


図 4-2-2 海底土サンプリング位置図及び
底質粒径 (d50:mm)

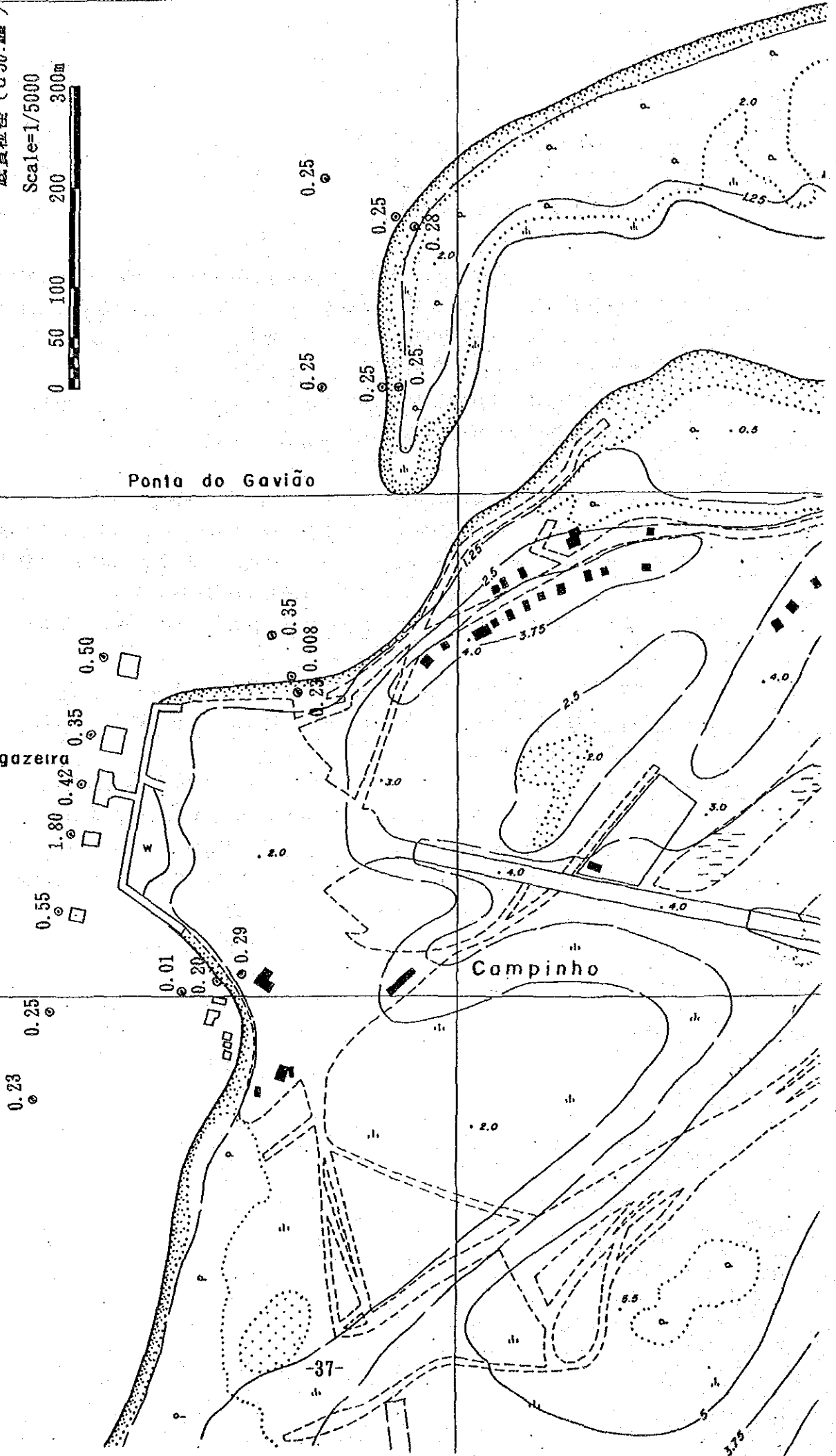
Scale=1/5000



Ponta do Ingazeira

Ponta do Gavião

Campinho



4.3 既存港湾施設の老朽度

4.3.1 目視調査結果

構造物の寸法、コンクリートのひび割れ、基礎杭の状況等、あらゆる角度から施設の老朽程度について目視調査を行った。それらの結果は、資料編”資料編10”にまとめた。調査結果の概要は次の通りである。

(1) プラットホーム

プラットホームの主桁高さは 2.0m、床版厚さは 0.3m であり、トレスル接続部の桁高さは 1.0m である。このプラットホームは、建設段階で幅 1.8m 前方に継ぎ足されているが、その施工継目は良好で特に問題は見られない。

プラットホーム中央付近の床版には、法線直角方向（床版長手方向）のクラックが発生しており、ひび割れ幅は 0.1~0.3mm で、一部は 0.7~1.0mm と広い箇所も見られた。これらのクラックは床版全厚に亘ってはいっているが、主桁には達してはおらず床版のみのものと見られる。主桁にはクラックは発生していないが、一部前出し部分の防舷材用アンカーに沿って直角にクラックがはいっており、そこからはセメントミルクが出ている。上で述べたようなクラックは外力によって発生したものではなく、乾燥収縮によるものと考えられる。プラットホームの表面は、厚さ10mm未満の薄いモルタル仕上げが施されていて、そこにはヘアークラック、亀の子クラックが随所に見られるが、これらは構造的に問題のあるものではない。

側面には表面に水平方向のクラックがあり、セメントミルクが出ているほか、鉄筋錆が多少見られる。これらの錆は、型枠用の鉄筋・釘が残っていたりして発生したものであり、コンクリートの被り不足等で鉄筋が露出しているようなことはない。側面海側にはコンクリート骨材が若干露出しているが、これはコンクリートの摩耗によるものではなく、施工時に残った物と見られる。側面の桁下面にはカキがびっしり付着しているが、その部分のコンクリート表面は、一部カキをはがして見た限りではきれいで問題はないようである。

防舷材と昇降用ラダーが取り付けであったが、いずれも腐食が激しく、防舷材用の吊りチェーンは切断しゴムは落下、またラダーはアンカーが残るのみで原形をとどめていない。

プラットホームのトレスル接続部についても他と同様、床版にクラックがあるほか、表面にヘアークラックが生じている。この部分の桁下面には、軸方向に沿って幅10mmにも及ぶクラックが各所に発生しており、いずれはコンクリートが剥離するであろうと思われる状態であった。これは、この部分の桁高が1.0mと低く海水の影響を最も受け易い高さにあるため、桁のコンクリート被りが少ない部分の鉄筋が腐食した結果生じたものである。

(2) ドルフィン

ドルフィンNo.3及びNo.4は、第1次施工時のサイズ 9.0×9.0mから第2次施工時には12.6×12.6m に拡大された。ドルフィンNo.1及びNo.2は第2次施工時に 9.0×9.0mのサイズで造られた。いずれも上部工厚は2.0m均一である。

ドルフィンのコンクリート表面は、プラットホームと同様モルタル仕上げが施されているため、細かいヘアークラックや亀の子クラックが多少見られるほかは、特に大きなクラック等損傷はない。側面にはコンクリートの打ち継ぎ目と思われる位置に、水平方向にセメントミルクが出ており、また鉄筋錆も多少見られる。

拡大工事が施されたドルフィンNo.3及びNo.4のコンクリート打ち継ぎ目は特に問題はないようであるが、No.3の下面には、型枠のずれに起因するコンクリート段差があった。また、ドルフィンNo.1及びNo.2の下面には、仮設材として用いられたレール材が残っていた。いずれもドルフィンの損傷ではなく、仕上りの問題である。下面には全体的にカキが付着しているが、コンクリート面は良好な状態であった。

各ドルフィンには防舷材と昇降用ラダーがあるが、全て腐食していて、ゴムは落下していた。また、防舷材用のアンカーボルトの止めに使うピットがドルフィン1基当たり4ヶ開いているが、これらは特に意味を持たないピットのように思われる。

全般的に、4基のドルフィンの上部コンクリートに構造的な損傷はなく、付属物が腐食している程度であった。

(3) トレSSL

幅 3m、延長24mのトレSSL橋は、6基の橋脚と陸側橋台によって支えられている。橋脚幅は 4.6m あり、トレSSL橋の片側には橋と並列してコンベヤー等が渡せるような余裕があるが、現在は何も置かれていず、また過去に置かれた形跡もない。

トレSSL橋の床版には表層に舗装コンクリートが打設されていて、そこに大きなクラックが数本発生しているが、これは表層のみのクラックであって、床版本体には達していない。床版下面にはクラックはなく、鉄筋錆で染まっている程度である。トレSSLの主桁及び中間桁には、顕著なクラック、鉄筋錆が見られる。これは、桁が海水の影響を受けて内部の鉄筋が腐食して生じたもので、いずれコンクリートが剥離するであろう程度まで進行している。桁と同様の状況が、6基の橋脚にも見られる。橋脚の下面にはコンクリートが剥離し始めている箇所もあった。

陸側橋台は約15cm沈下しており、その結果トレSSL橋の陸側端部が浮いた状態である。橋台のコンクリートは角部分が若干欠落しているほか、表面は骨材が露出していた。

このように、トレSSLは他のドルフィンなどに比べて腐食が進行しており、損傷の度合いが大きい。

4.3.2 ダイバーによる調査結果

各構造物の基礎杭は、コンクリート角杭 400×400 及び鋼管杭φ450（中詰コンクリート）の2種類が使用されており、前者は第1次施工時に、後者は第2次施工時にそれぞれ使われた。それらの内訳は次の通りである。

	角杭 400×400	鋼管杭 φ450
プラットホーム	43本	9本
同 トレessel接続部	5	-
ドルフィンNo.1	-	25
ドルフィンNo.2	-	25
ドルフィンNo.3	25	16
ドルフィンNo.4	25	16
トレessel基礎	12	-
合計	110本	91本

基礎杭は、全て設計通りに所定の位置に打設されていた。角杭には直杭と斜杭があるが、うち斜杭の打設角度が設計では 15degであるのに対し、実際には5degないし3degで、中にはほぼ直に近いものも見られた。一方鋼管杭は全て斜杭で、設計角度15deg に対しどれも10deg で打設されていた。

基礎杭は、海面付近にはカキが、海中部分には海藻が付着しているが、代表的なものについて清掃して杭表面を調査した。その結果、角杭のコンクリート表面にはクラックはなく、そのほかの損傷も認められなかった。また、鋼管杭の中にはコンクリートが充填されており、鋼杭の表面は腐食はしているものの、まだ肉厚は残っている。杭頭部の上部工との結合部分に、一部鉄筋が露出しているのが見られたが、これは施工の荒さによるものと思われる。

基礎杭の海底への着底状況もダイバーによって調査した。水深DL-10m以深の海底は有機質のヘドロで濁っており、仮設用の木杭、レールその他落下したゴム防舷材もいくつか散在していた。杭は全て海底には打ち込まれていて、杭先端が海底洗掘で

むき出しているような事はなかった。しかしながら、本棧橋位置の平均的な水深がDL-10 ～-12mであるのに対し、ドルフィンNo.2のみがDL-16mと極端に深いことが判明した。これは、下げ潮時の潮流が埋立てによって変化したため、ドルフィンNo.2付近で乱れる現象が起き、海底が洗掘された可能性が非常に強い。洗掘により同ドルフィンの基礎杭の根入れが少なくなり、構造的に弱点となる恐れがあるため、慎重な照査が必要である。

4.3.3 コンクリートの中性化試験、シュミットハンマー試験及びコアー圧縮試験

コンクリートの老朽度を調べるため、中性化試験を試験液（フェノールフタレイン溶液）を用いて行った。これは、アルカリ性であるコンクリートが経年変化により中性化していないかをチェックするもので、試験によりアルカリ性であることが確かめられれば、コンクリートは変質していないこととなる。

各構造物の上面・側面等至る箇所で行った結果、全試験箇所において中性化は認められなかった。空気と触れている表面から深さ1mm未満は、強い光線や風雨により中性化しているが、それより内部は中性化しておらず健全な状態であった。

次に、シュミットハンマー試験及びコアー採取による圧縮試験を行って、コンクリート強度を調査した。

シュミットハンマー試験では、上部コンクリートの表面のモルタル仕上げ面は避け、本体コンクリートについて1試験箇所当たり20打撃以上の反発度を測定し、コンクリート強度に換算した。コンクリートコアーは、プラットホームから3ヶ所採取し圧縮試験を行い、直接的にコンクリート強度を測定した。

一般に、コンクリートの強度は材令28日のものを設計基準強度 σ_{ck} と定めているが、シュミットハンマー試験により得られた σ_{ck} は、上部コンクリートが300～400kg/cm²、杭コンクリートは500kg/cm²であり、これは日本国内で港湾構造物用に使われている σ_{ck} =240kg/cm²と比べて高い数値を示している。データを見る限り、本施設のコンクリートは比較的高強度のセメントが使われ、良好な施工が行われたものと推察できる。

また、一般にコンクリート強度は年が経過するごとに徐々に低下し、3,000日以上では0.63にまで落ちる。同施設のコンクリートの約18～20年経過後の強度は次のと

うりであった。

シュミットハンマー試験の結果：上部コンクリート 200～300kg/cm²

杭コンクリート 320kg/cm²

コア圧縮試験の結果：上部コンクリート 200kg/cm²

これらの値は港湾構造物を構成するコンクリートとしては適性なものと思われ、今後の構造解析や施設の使用に充分値するものである。

4.3.4 老朽度調査結果総括

カンピーニョ港湾施設の老朽度を調査した結果を総括すると、以下の通りである。

- 潮流によりドルフィンNo.2の海底が大きく洗掘され、基礎杭の根入れが不足している状況が認められた。
- プラットホームの床版には、乾燥収縮によると思われるクラックが生じていた。表面にはヘアークラックが認められるが、構造的には支障がない。
- ドルフィン4基の上部工コンクリートには、クラック等の損傷はなく比較的良好な状態であった。
- プラットホームのトレススル接続部及びトレススルは、海水の影響を受けて鉄筋が腐食したためコンクリートにはひび割れが多く発生していて、かなり劣化が進行していた。また、陸側橋台は沈下していた。
- 第1次施工と第2次施工の施工継目は良好に施工されていた。
- 防舷材は取付けチェーンの腐食により落下、また昇降用ラダーは激しく腐食していた。

- 基礎杭は鉄筋コンクリート製の角杭及び鋼管杭が使われていて、設計通りの本数が確認されたが、斜杭の打設角度は設計通りではなかった。

- 基礎杭には特に損傷は認められなかった。

- 施設のコンクリートは、上部工・基礎杭とも中性化はなく、健全であった。

- 施設のコンクリートは比較的高強度のものが使用されており、18～20年経過後の現在も、港湾構造物に適した強度を有していた。

以上のように、同港湾施設は根本的に再使用を妨げるような老朽化・損傷は認められず、最小限の補修によって充分復旧可能であることが判明した。

4.4 基本設計

4.4.1 既存港湾施設の改修計画

(1) 検討方針

一般に、大型船ほど鉱石運搬経費が節減できるが、大型船がカンピーニョ港湾施設を利用できるようにするためには、入港航路や泊地の水深の制約、ドルフィンの構造的な制約などにより、大型船を対象とした改修計画はコストが高くなり、鉱山開発企業の採算性に影響を与える可能性がある。

現在の航路で大規模な改修工事することなく入港できる鉱石船は、10,000 ～ 15,000DWT クラスまでであり、これ以上の船舶を入港させる場合には、航路を変更することも必要で、岩浚渫や新たな航路標識の設置を行わなければならない。また構造的には、ドルフィンNo.2の海底水深が深いため基礎杭の根入れ長が不足している可能性があるほか、他のドルフィンも大型船の接岸力・けん引力に対して不安定になることが予想される。

このため、入港船舶の大きさ別に、以上の視点から制約条件を検討しながら、既存港湾施設の改修計画を策定する。

(2) 予想される改修工事

現地調査及び既存施設の老朽度調査結果に基づき、予想される改修工事の内容は次のものが挙げられる。

①護岸背後の埋立地の整備（全体配置計画）

②航路・泊地浚渫

③航路標識の整備

④網取り施設の設置

⑤以下に示す港湾構造物の改修工事

	プラットホーム		ドルフィン				石積み	
	ホーム	トレッスル	No.1	No.2	No.3	No.4	護岸	橋台
1) コンクリートのはつり工事	○	○	○	○	○	○	—	○
2) 鉄筋の補強	○	○	—	○	—	—	—	—
3) コンクリートの打設工事	○	○	○	○	○	○	○	○
4) エポキシ樹脂の注入	○	—	—	—	—	—	—	—
5) 防舷材・ラダーの設置	○	—	—	○	○	—	—	—
6) 係船柱の設置	○	—	○	○	○	○	—	—
7) 基礎の根固め	—	—	—	○	—	—	○	○
8) 裏込石	—	—	—	—	—	—	○	○
9) 防砂シート	—	—	—	—	—	—	○	○
10) 杭打ち工事	—	△	—	△	—	—	—	—

⑥小船用公共棧橋の建設

⑦給油配管の設置

これらの改修内容のうち、②③④⑤については入港船舶の大きさによって工事規模が左右するため、船舶の大きさ10,000～35,000DWT までいくつか仮定し、その夫々について改修規模を検討していくものとする。

(3) 護岸背後の埋立地の整備（全体配置計画）

カンピーニョ港湾施設背後の埋立地は、次のような機能をもつ用地として利用できるよう考慮した。その配置図（案）を図 4-4-1に示す。

- ①イルメナイトのストックヤードとして 2ヘクタール
- ②将来この港を利用して積出しが予想される農産物・大理石等の一般貨物ストックヤードとして 1.7ヘクタール
- ③カマム市との生活物資輸送等の利用に供する小船用公共棧橋背後に、荷物の仮置き等に利用できるよう一般公共施設用地として 0.9ヘクタール
- ④港湾施設の管理や燃料タンク等の機能施設用地として 0.7ヘクタール

また、イルメナイトをストックヤードに野積みする場合、埋立て地及び護岸斜面の安定上、護岸より約30m 離れた所からストックパイルするべきである。これは、イルメナイトを地表面から 8～ 9m 積み上げると、上載荷重の大きさが36t/m²にも達するため、埋立て地及び護岸斜面が円弧滑りを起こす恐れがあるからである。

(4) 航路・泊地浚渫の規模

カンピーニョ港湾施設前面の泊地水域及び入港航路の水深は、全般的に -12~-14m あり、30,000DWT クラスの鉱石船の航行・係留を基本的に妨げないが、施設前面と現航路の一部に浅い部分が存在するために、その部分を船舶の大きさにしたがって浚渫する必要がある。

現在ある航路は、カンピーニョ港の向かい側にある鉱山会社ピグミーナ（米国）が、自社用の積み出し港の建設と同時に作ったものであるが（聞き取り調査による）、航路軌跡や水深を見る限り、推定 5,000DWT クラスの船舶を対象に作られた航路と思われる。現航路を大型鉱石船が利用するには、水深の点だけではなく航路自体にも難点があり大型船ほど運用上困難となる。

この点について、バイヤ州港湾局（CODEBA）では大型船用の新航路を提案しており、本鉱山事業の実施に伴い現航路から新航路への移行もあり得るとしている。提案されている新航路はリーフが散在する当水域の海底地形を考慮し、浚渫が最小限に抑えられ、大型船の操船に適した航路であると評価できる。しかしながら、現在は未だ航路標識はなく、また浚渫の必要が残されていることから、新航路の運用に当たっては、事業の採用性の問題をも絡めて検討する必要がある。（現・新航路及び浚渫範囲を図 4-4-2、図 4-4-3に示す）

また、港湾施設（棧橋）前面には一部浅い箇所があり、鉱石船の大きさによっては浚渫が必要である。（図 4-4-4、図 4-4-5を参照）

対象とする鉱石船の大きさを10,000~35,000DWT までいくつか仮定し、夫々の船舶に対し航路・泊地の浚渫の必要量を試算したものを表 4-4-1~表 4-4-3に整理した。航路幅は、潮流が速い点を考慮し操船上の安全性を保つため船長分をとった。

表 4-4-1によれば、現航路を利用する場合、入港時には鉱石船はバラスト状態で航行するため、航路曲がり角のごく一部を削り取るだけでよいが、出港時には満載状態となるため、図 4-4-3に示すように広範囲に亘って浚渫しなければならない。この部分の海底土質は硬質のコーラルであるから、相当量の浚渫を施工することはほとんど現実的でない。出港時に潮待ちして、潮位が 1.5~2.0m程上昇する時間帯に航行する条件を付与すると、10,000~15,000DWT に対しては浚渫可能な規模におさまるが、それでも20,000DWT 以上ではかなりの量の浚渫が必要である。

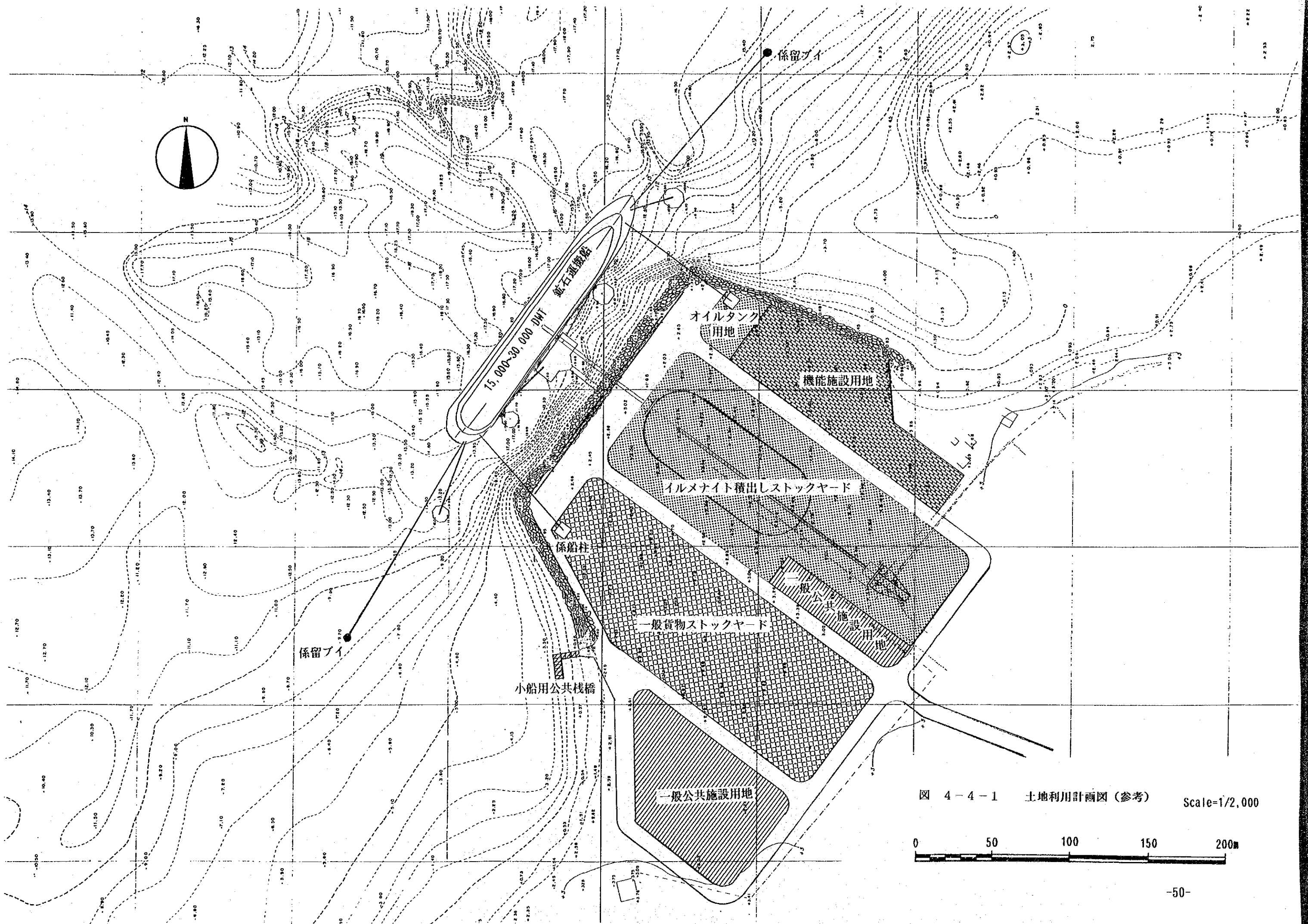
したがって、20,000DWT 未満に対しても、コスト比較を行った上で合理的な新航路への移行も考える必要がある。

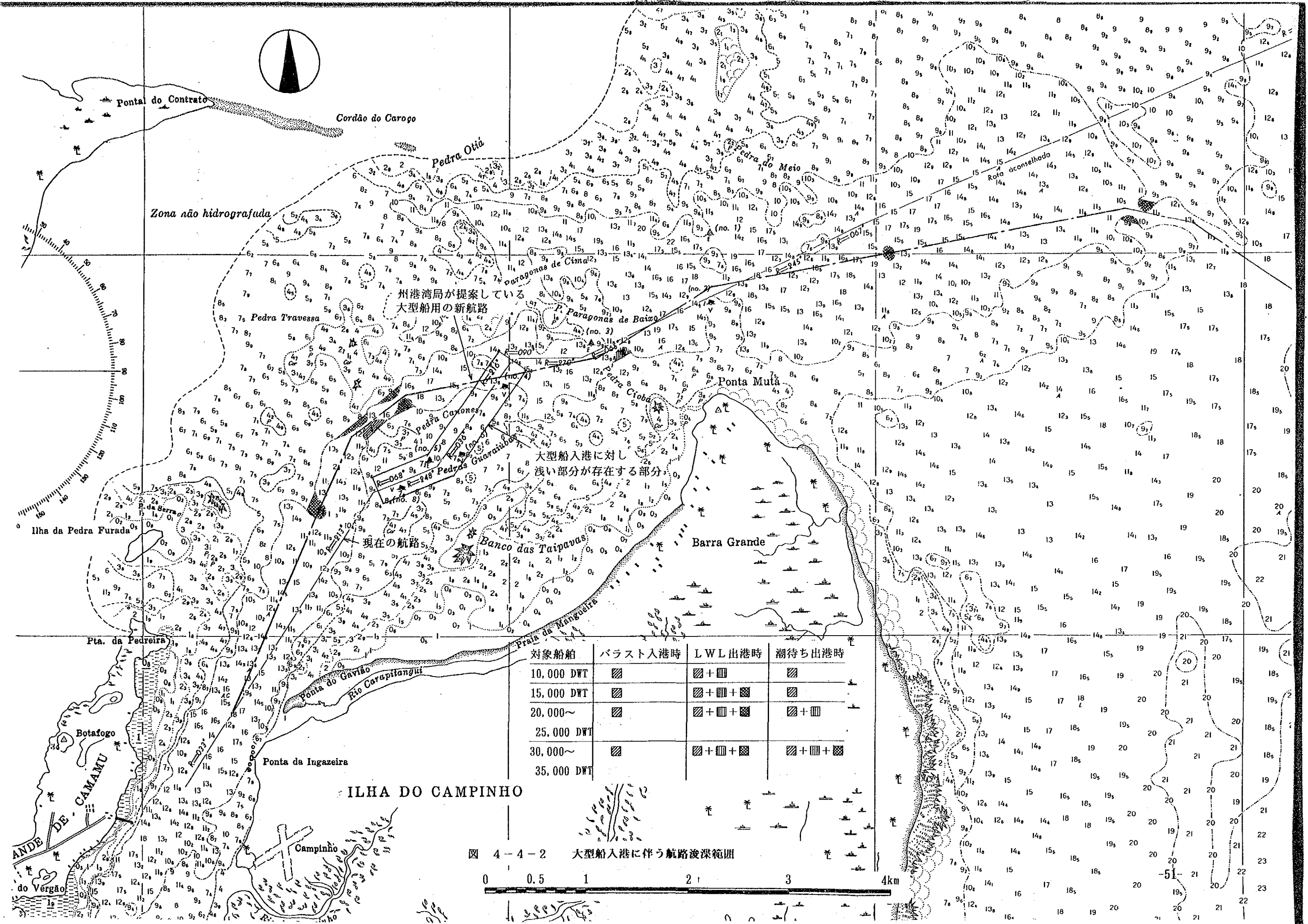
表 4-4-2によれば、新航路を利用する場合、潮待ちすれば10,000～25,000DWT の航行に対する浚渫量は概算わずか20,000～50,000m³ で済み、30,000～35,000DWT に至っては 260,000m³ である。現航路における浚渫量と比較すると、対象船舶が大型化する程浚渫量の点では新航路の方が現航路より有利であることが分かる。ただし、新航路には航路標識が設置されていないため、一部既存のものを流用するにしても、新規に標識を設けなければならない。この点については後述する。

表 4-4-3には、港湾施設（栈橋）前の浚渫量を示したが、浚渫範囲・量は極めて少量で、航路の浚渫量に含まれると見てよい。この付近の海底には、栈橋建設時に用いた材木、レール材等の仮設材が散在しているので、これら異物は清掃することが望ましい。

なお、航路を鉾山会社の専用航路として使用する場合には、多少のリスクを冒すことを条件とすれば、現航路を利用して航路浚渫なしで、最大鉾石船10,000～15,000トンまでは航行は可能であると考えられる。しかし、この場合には、以下に示す点に留意する必要がある。

- (1) 10,000～15,000トンの鉾石専用船に必要な航路水深は-9.0～-10.0mであるが潮待ちをしてこの条件をクリアーする必要がある。
- (2) 現航路ベドラス・ガライパスのブイ付近コーナー部には-5.0～-6.0m の浅瀬があり、この部分の航行は潮待ちをしても難しい。
- (3) 従って、この南側の水深が-8.0m の部分を2m 程度の潮待ちをして、多少の航路変更を行い航行する必要がある。
- (4) この-8.0m 付近の航路は50～60m と航路幅が狭くなるため、鉾石船が航行する場合には、航路の中心線を示すリーディングライトの設置が望ましい。





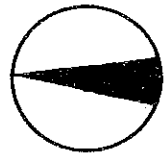
州港湾局が提案している
大型船用の新航路

大型船入港に対し
浅い部分が存在する部分

現在の航路

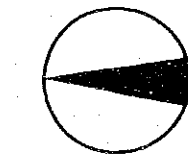
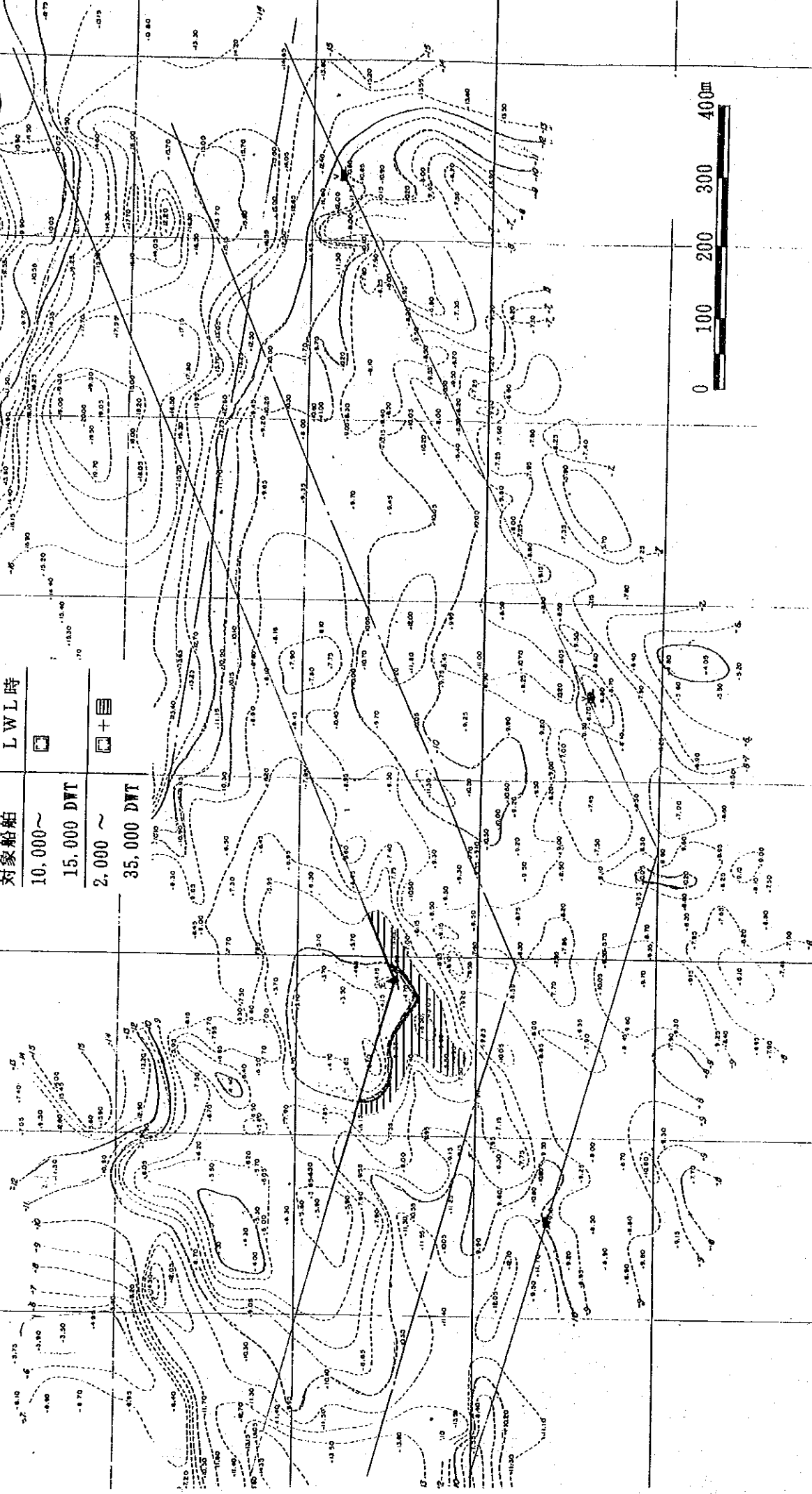
対象船舶	バラスト入港時	LWL 出港時	潮待ち出港時
10,000 DWT	■	■+■	■
15,000 DWT	■	■+■+■	■
20,000~	■	■+■+■	■+■
25,000 DWT			
30,000~	■	■+■+■	■+■+■
35,000 DWT			

図 4-4-2 大型船入港に伴う航路浅深範囲



バラスト状態で入港時後深が必要な範囲

対象船舶	LWL時
10,000～	□
15,000 DWT	
2,000～	□+■
35,000 DWT	



満載で出港時後深が必要な範囲

対象船舶	LWL時	潮待した場合
10,000 DWT	□	□
15,000 DWT	□+■	□
20,000～	□+■+■	□
25,000 DWT		□
30,000～	□+■+■+■	□+■
35,000 DWT		

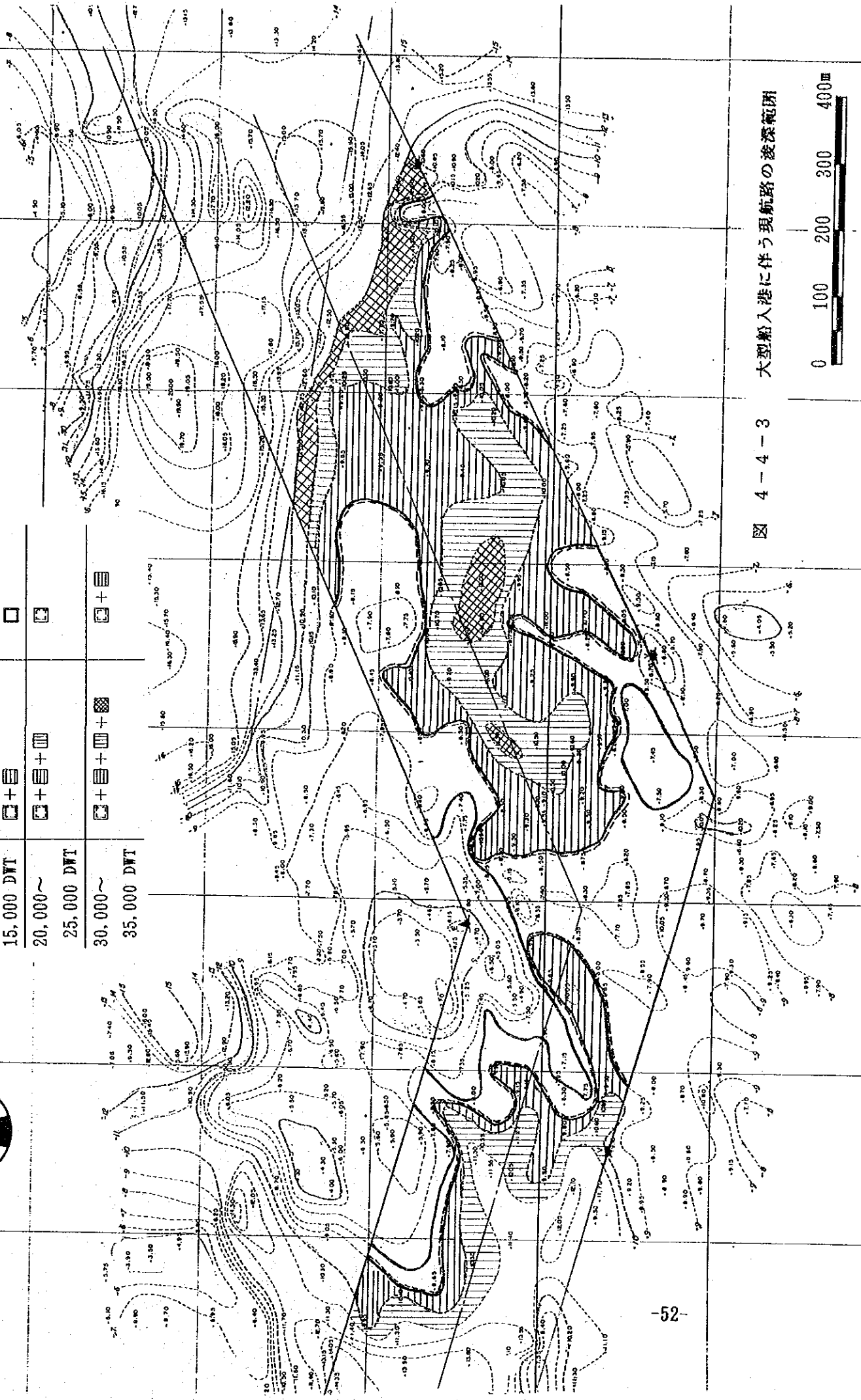


図 4-4-3 大型船入港に伴う現航路の後深範囲

表 4 - 4 - 1 現航路を利用する場合の浚渫量

鉾 石 船	クラス (DWT)	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	備 考
	満載吃水 df(m)	8.1	9.0	9.6	10.1	10.6	11.0	
	バラスト吃水 df(m)	4.1	4.5	4.8	5.1	5.3	5.5	
入 港 時 ト	所要水深 (m)	-5	- 5	- 6	- 6	- 6	- 6	
	浚渫量 (千 m ³)	3	3	11	11	11	12	図 4-4-2
出 港 時 ト	所要水深 (m)	-9	- 10	- 11	- 11	- 12	- 12	
	浚渫量 (千 m ³)	330	660	1,120	1,120	1,650	1,650	図 4-4-2
	潮待ちした 場合の浚渫量 (千 m ³)	90	90	330	330	660	660	図 4-4-2

表 4 - 4 - 2 新航路を利用する場合の浚渫量

鉾 石 船	クラス (DWT)	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	備 考
	満載吃水 df(m)	8.1	9.0	9.6	10.1	10.6	11.0	
	バラスト吃水 df(m)	4.1	4.5	4.8	5.1	5.3	5.5	
入 港 時 ト	所要水深 (m)	-5	- 5	- 6	- 6	- 6	- 6	
	浚渫量 (千 m ³)	5	5	11	11	11	11	図 4-4-1
出 港 時 ト	所要水深 (m)	-9	- 10	- 11	- 11	- 12	- 12	
	浚渫量 (千 m ³)	45	129	261	261	392	392	図 4-4-1
	潮待ちした 場合の浚渫量 (千 m ³)	22	22	46	46	261	261	図 4-4-1

図 4-4-3a 現航路を利用する場合の浚渫量

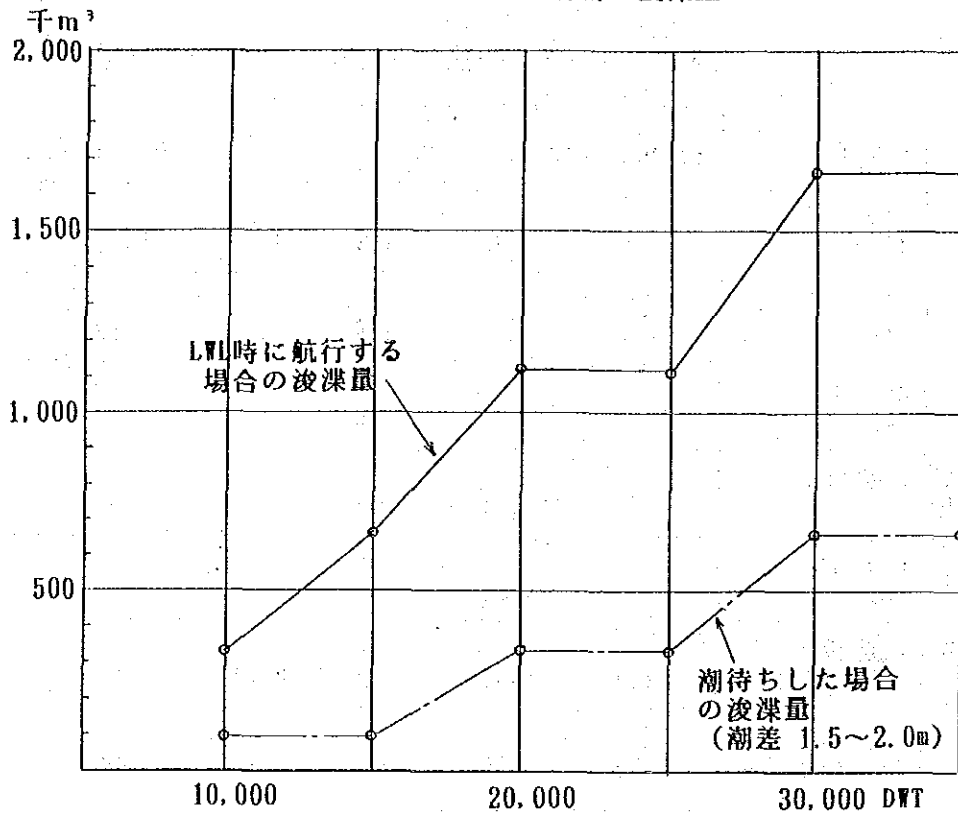
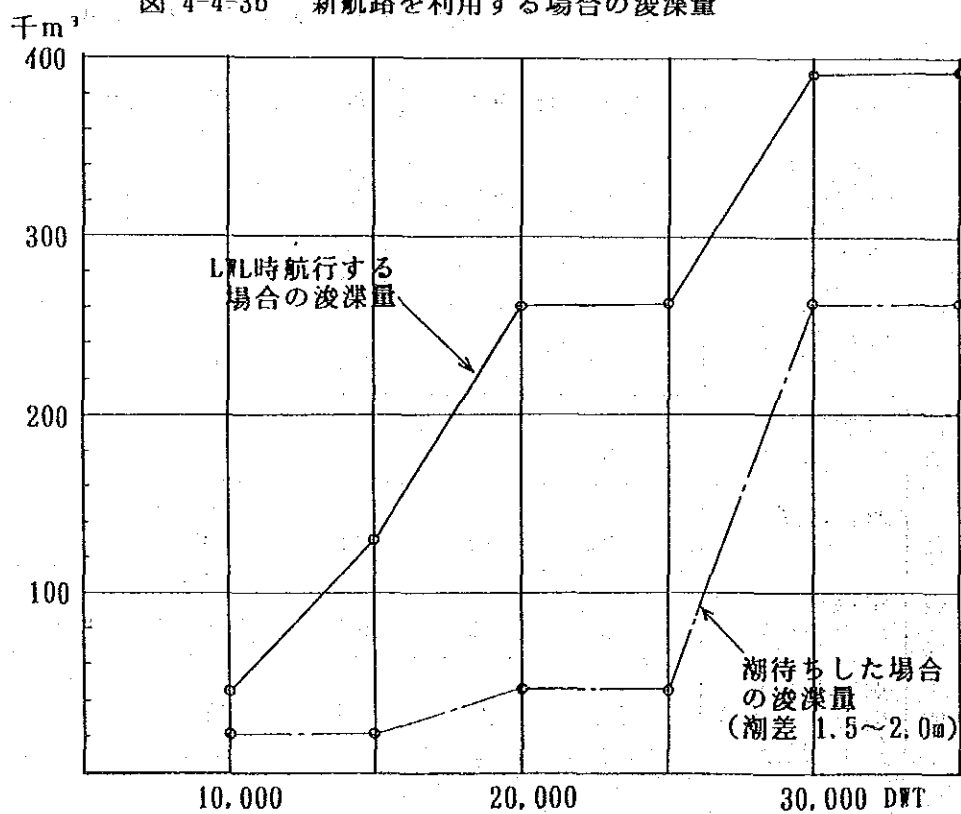
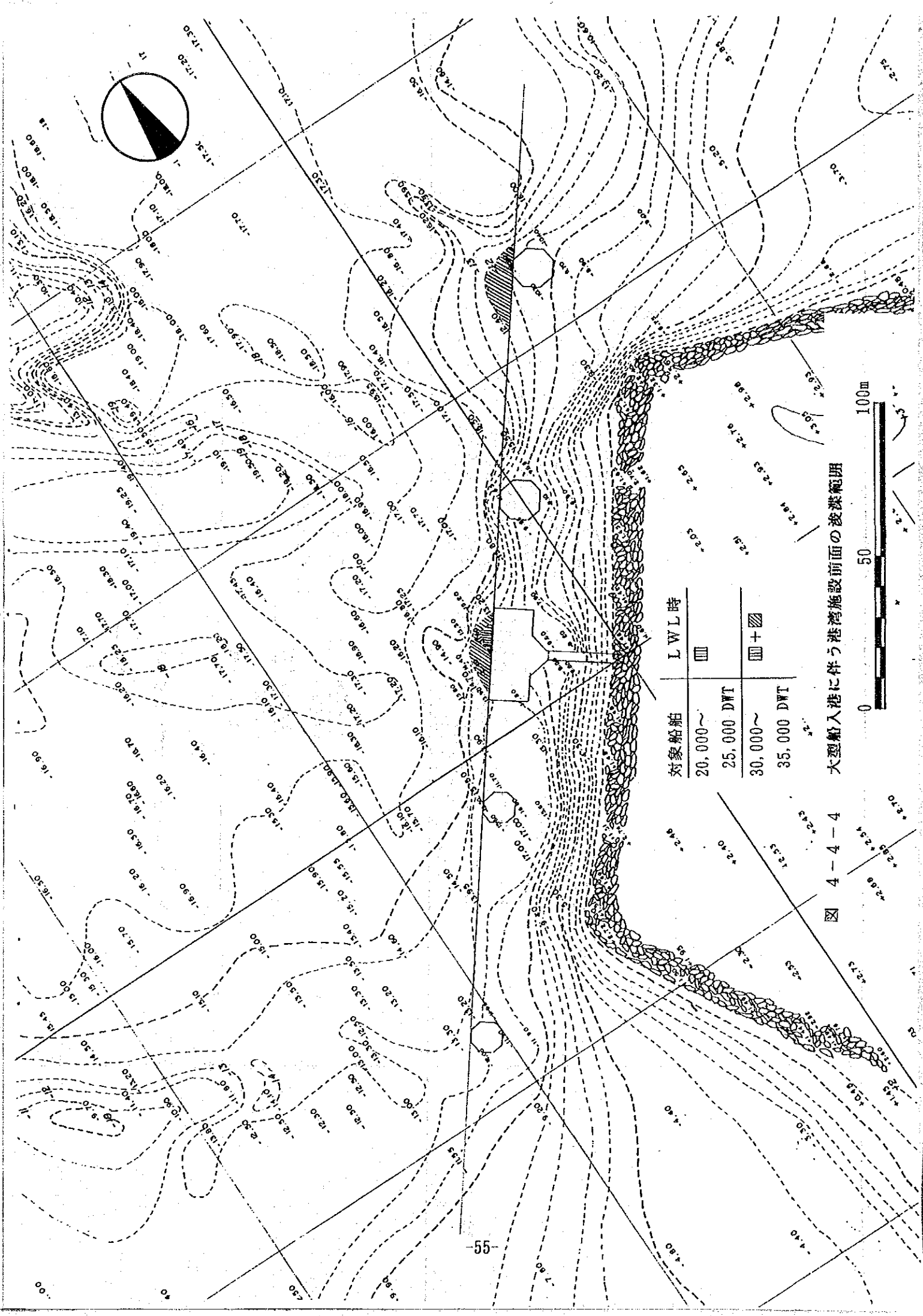


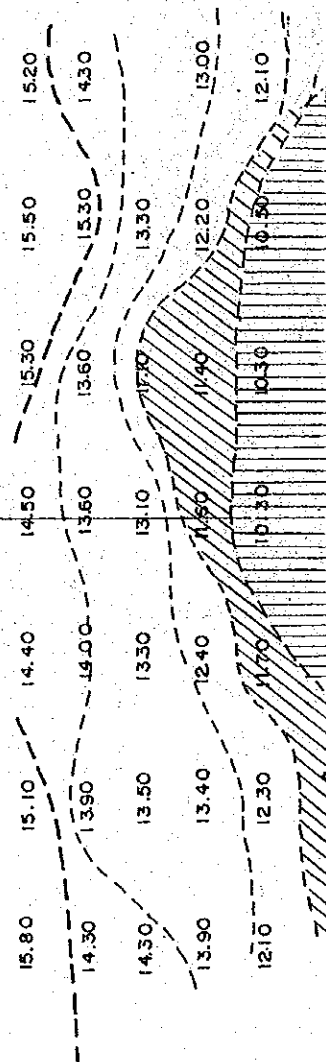
図 4-4-3b 新航路を利用する場合の浚渫量





対象船舶	LWL時
20,000 ~	▨
25,000 DWT	
30,000 ~	▨ + ▨
35,000 DWT	

図 4-4-4 大型船入港に伴う港湾施設前面の浅深範囲



対象船舶	LWL時
20,000～	▨
25,000 DWT	
30,000～	▨ + ▨
35,000 DWT	

図 4-4-5 大型船係留に伴うプラットホーム前面の浚渫範囲

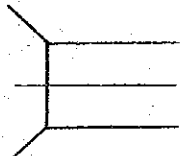


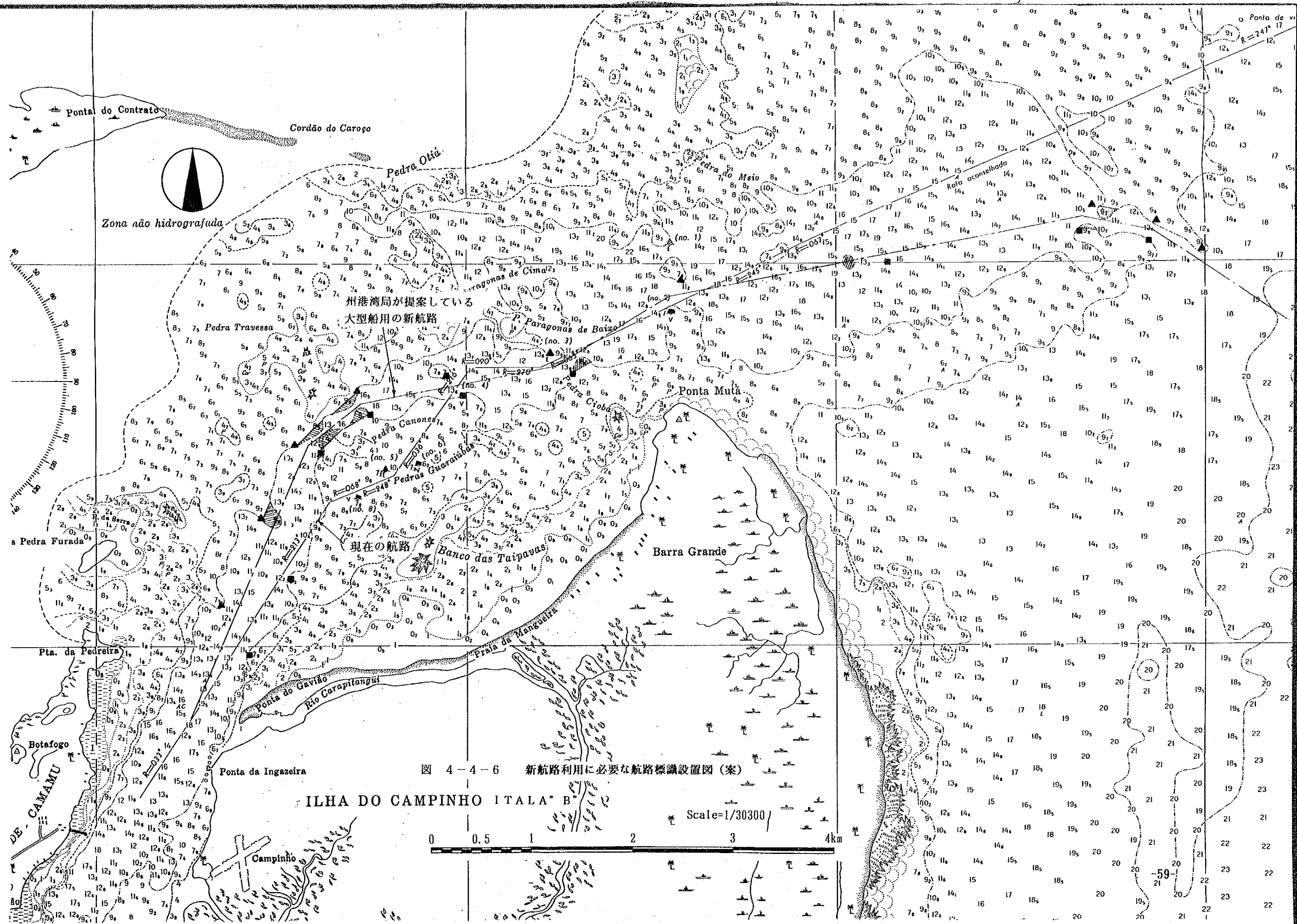
表 4-4-3 港湾施設前面の浚渫範囲

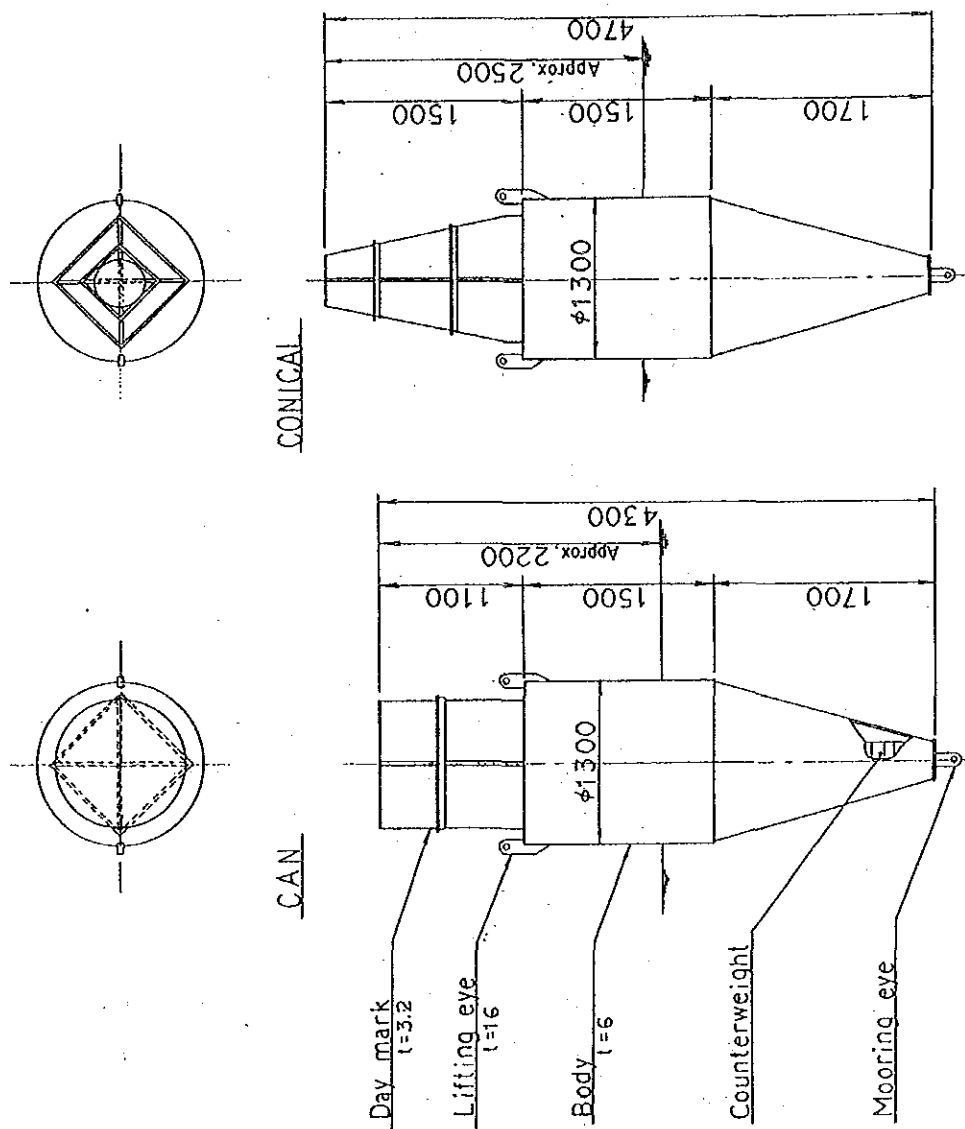
鉤 石 船		係 留 時		備 考
クラス DWT	満載吃水 d f (m)	所要水深 (m)	浚渫量 (m ³)	
10,000	8.1	- 9	なし	図4-4-3 及び 図4-4-4 参照
15,000	9.0	-10	なし	
20,000	9.6	-11	40	
25,000	10.1	-11	40	
30,000	10.6	-12	190	
35,000	11.0	-12	190	

(5) 航路標識の整備

パイヤ州港湾局 (CODEBA) が提案する新航路は、大型鉱石船の航行に対し、少量の浚渫を行うことによって利用可能となるため、本事業計画において現航路からの移行が十分に考えられる。しかし、複雑な海底地形をかいくぐって安全な航行を促すためには、新たな航路標識の設置が不可欠である。

図 4-4-6 に新航路利用に必要な航路標識の位置を示す。IALA “B” 方式に基づき設置する航路標識は、△ブイ 10 ケ、□ブイ 10 ケである。また、図 4-4-7 には航路標識の参考図を示した。



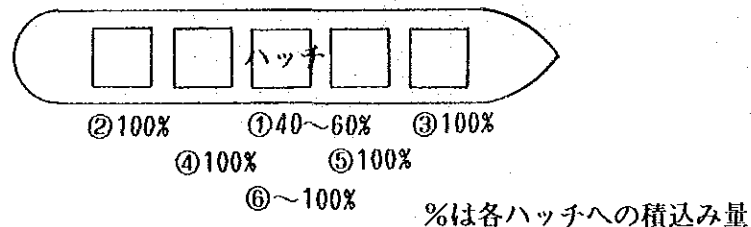


U L B - 13

图 4-4-7 航路标识参考图

(5) 網取り施設の設置

現存の港湾施設延長250mに対し、10,000～35,000DWT（船長 150～200m）の鉱石船が通常の係留を行う分にはさして問題はないと思われる。しかしながら、イルメナイトを船倉（ハッチ）に積み込む方式が中央固定のベルトコンベアーによるものであるため、鉱石船の全てのハッチに積み込みを行うには、係留中の船舶を積み込むハッチの位置・順番に従い順次前後にシフトさせなければならない。一般にこのクラスの鉱石船には5ヶのハッチが備えられており、それらの積み込みは次のような要領で行われる。



これは、不測の事態が発生したときでも常に機関が働くように船尾が先行してして下がり、かつ、極端なトリム（前後方向の傾斜）発生を防ぐように配慮された順番である。これらの一連の動きを鉱石船の大きさ別に図化したものを、図 4-4-8 ～ 図 4-4-13 に示した。

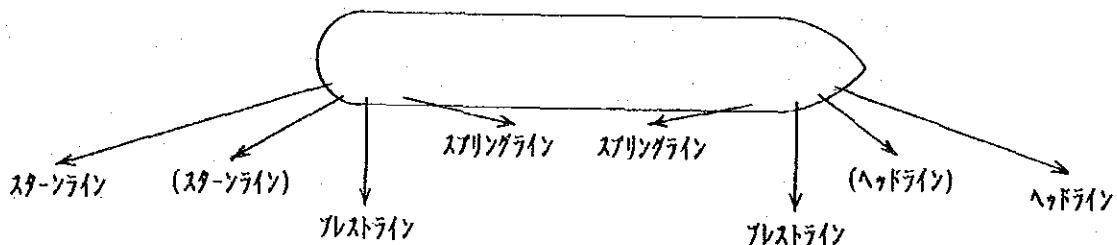
図によると、20,000DWT 以上の船舶の両端のハッチに積み込みを行う場合、船首・尾がドルフィンからはみ出してしまう状況が発生する。15,000DWT 以下でも船体はかなり不安定である。当該施設のように、潮流が 2～3 ノットと速い所で船体を固定させ、かつ荷役のために船体を前後にシフトさせる必要がある場合には、既存の網取り施設では明らかに不十分であり、追加建設が不可欠である。

以上の要件を満たすために、図にも示したように次の施設を設置する。

係留ブイ : 船体の前後方向の固定及びシフトのために、
栈橋法線の延長上に2基設置

係船柱 : 速い潮流による船体の横方向移動を防止するために、
陸上に2基建設。コスト節減のため重力式とするが、
安定のため充分に陸側に造らなければならない。

一般に船舶の係留には次のようなロープの種類があり、それらを確実に引くことにより船体が固定される。



計画の配置図では、ブイ及び網取りドルフィンにヘッドライン及びスターンラインを、陸上の係船柱にプレストラインを、網取りドルフィン及びプラットホームにスプリングラインをそれぞれとり、強い潮力に抵抗する。また荷役のためのシフト時には、船側のウィンチを緩めたり締めたりして行えばよく、ライン（ロープ）の掛け換えやはずし等は不要であるため、作業の効率化が図られる。

これらの作業を行うにあたっての留意点を示せば、次の如きである。

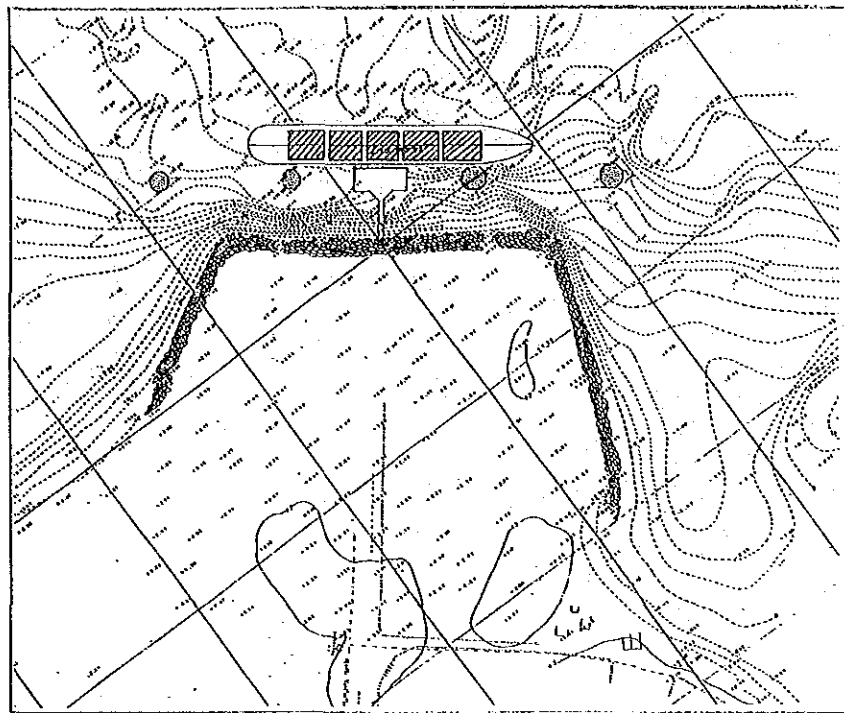
- ― 船からロープを受け取ってドルフィン等に渡す作業のためには、
専用のボート（漁船タイプで充分）及び複数の作業員が必要である。
- ― 荷役時に船体をシフトさせる時、スプリングラインは接岸ドルフィン
をまたがなければならないので、その際作業員をドルフィンに
乗せておく必要がある。

ーシフト作業は潮流がない時間帯に行うべきである。一度ロープを緩めて潮で船体が動き始めると、船側のドラムでは止められないためである。

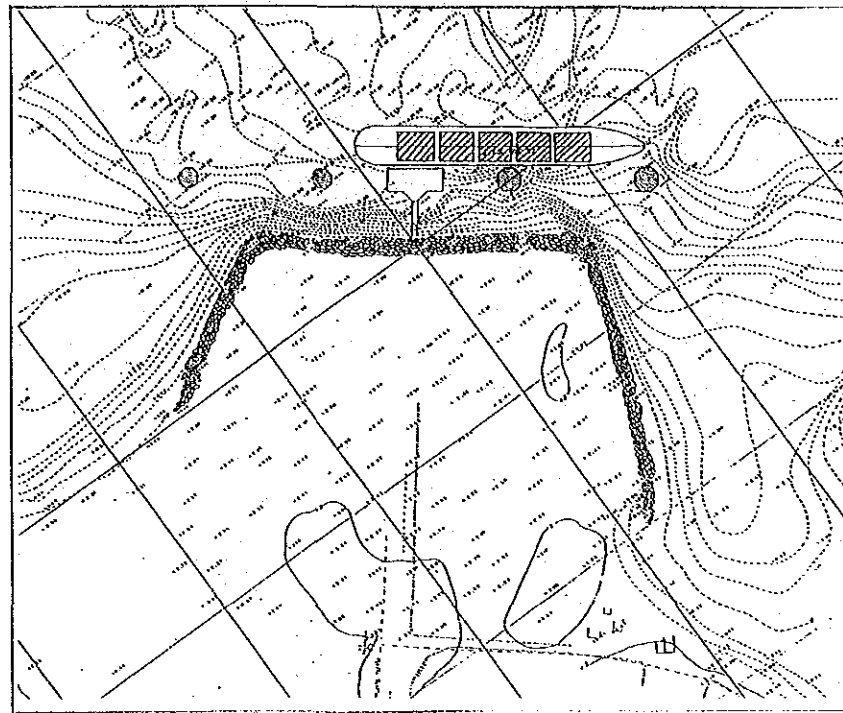
尚、新設する係留ブイ及び陸上の係船柱の参考図を図 4-4-14 に示す。

図 4-4-8 イルメナイト荷役図 (15,000WT)

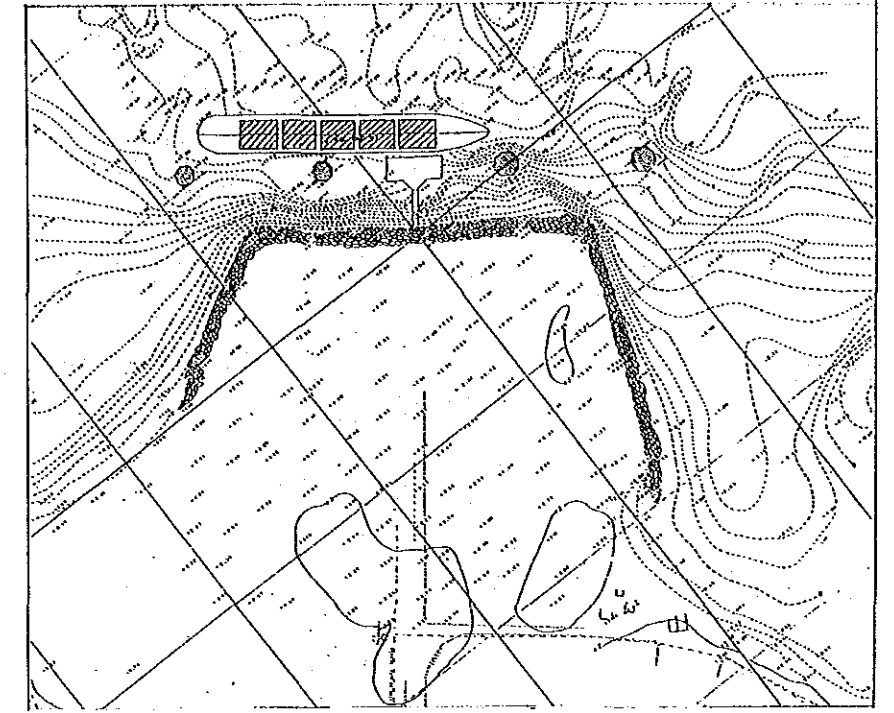
①中央ハッチへの積み込み



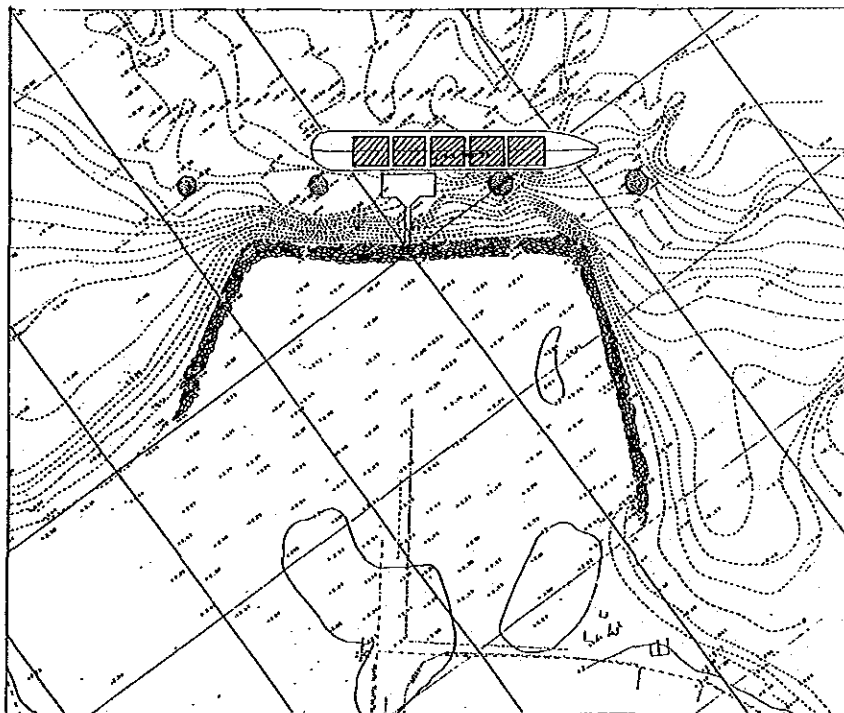
②後部ハッチへの積み込み



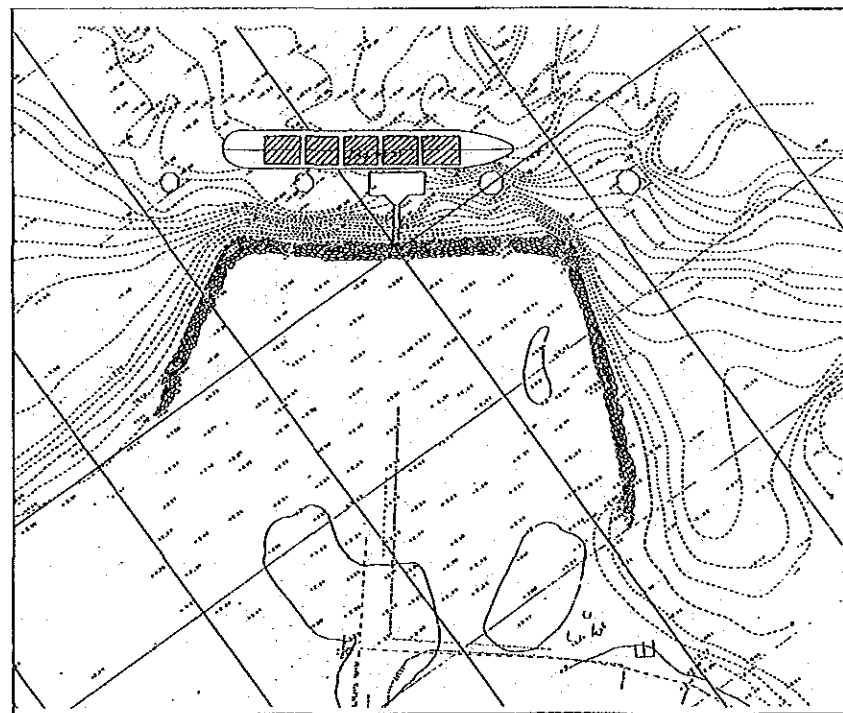
③前部ハッチへの積み込み



④後部中央ハッチへの積み込み



⑤前部中央ハッチへの積み込み



⑥中央ハッチへの積み込み

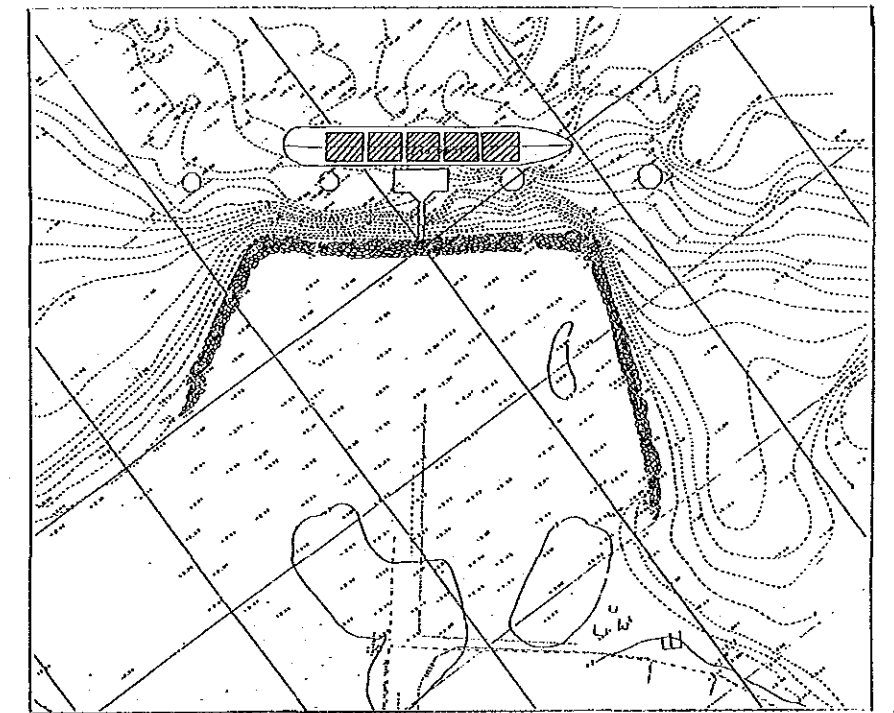
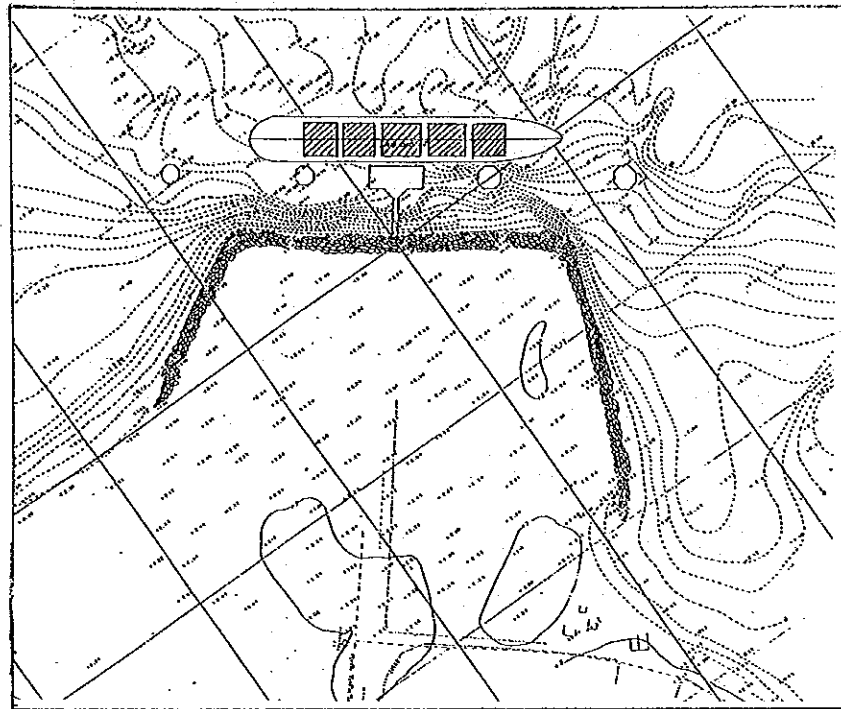
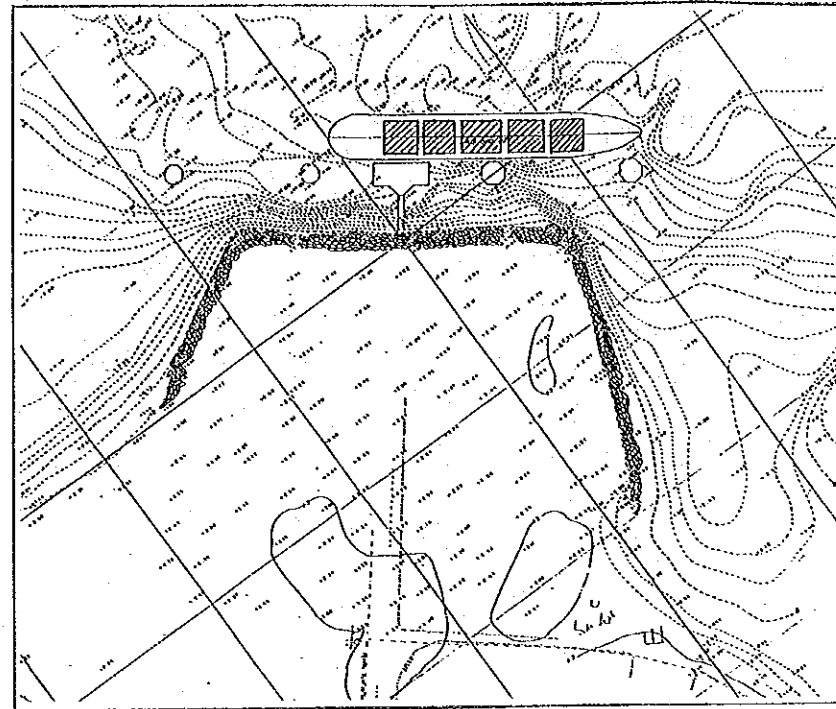


図 4-4-9 イルメナイト荷役図 (20,000DT)

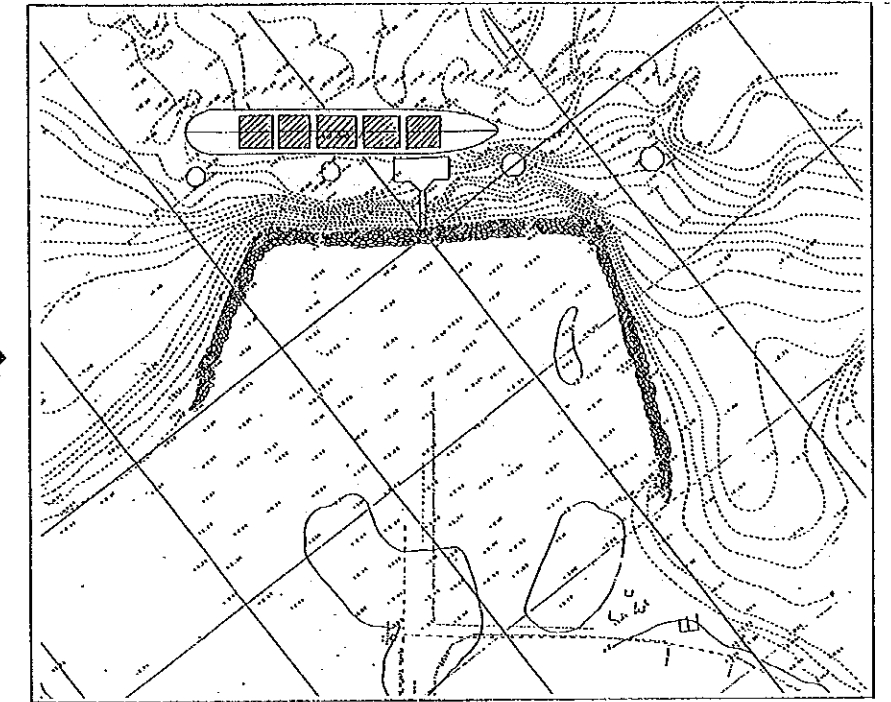
①中央ハッチへの積み込み



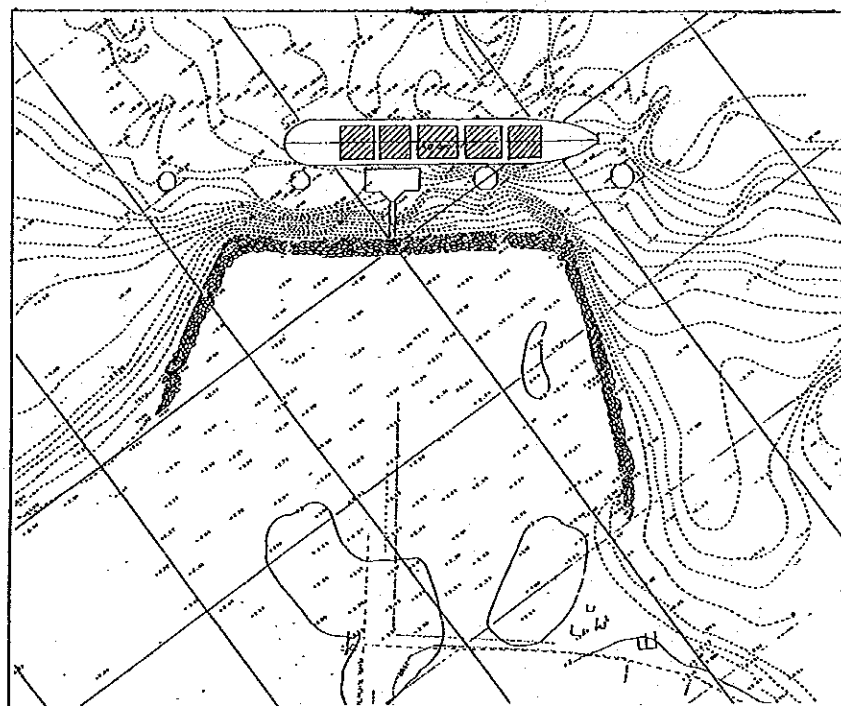
②後部ハッチへの積み込み



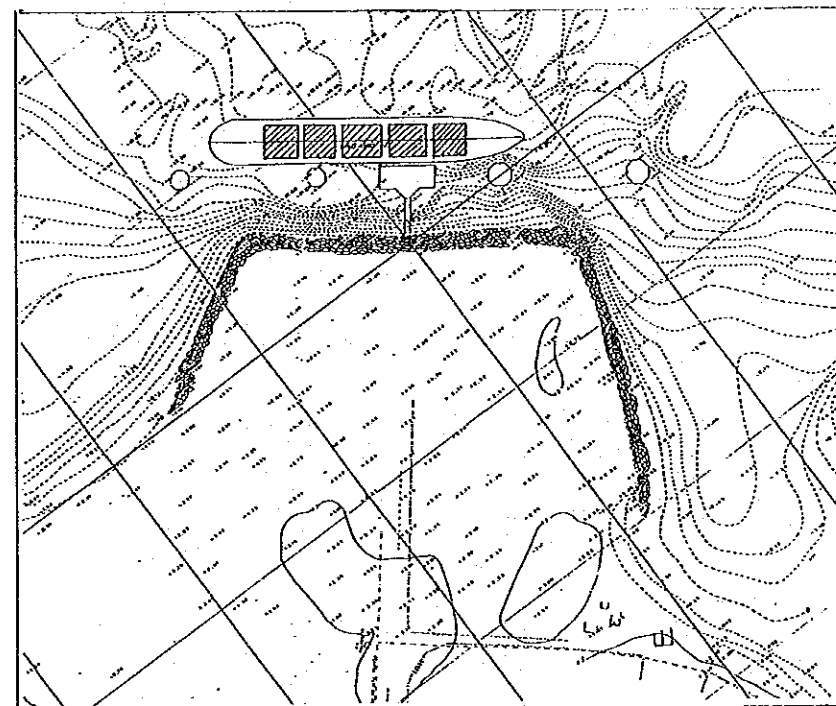
③前部ハッチへの積み込み



④後部中央ハッチへの積み込み



⑤前部中央ハッチへの積み込み



⑥中央ハッチへの積み込み

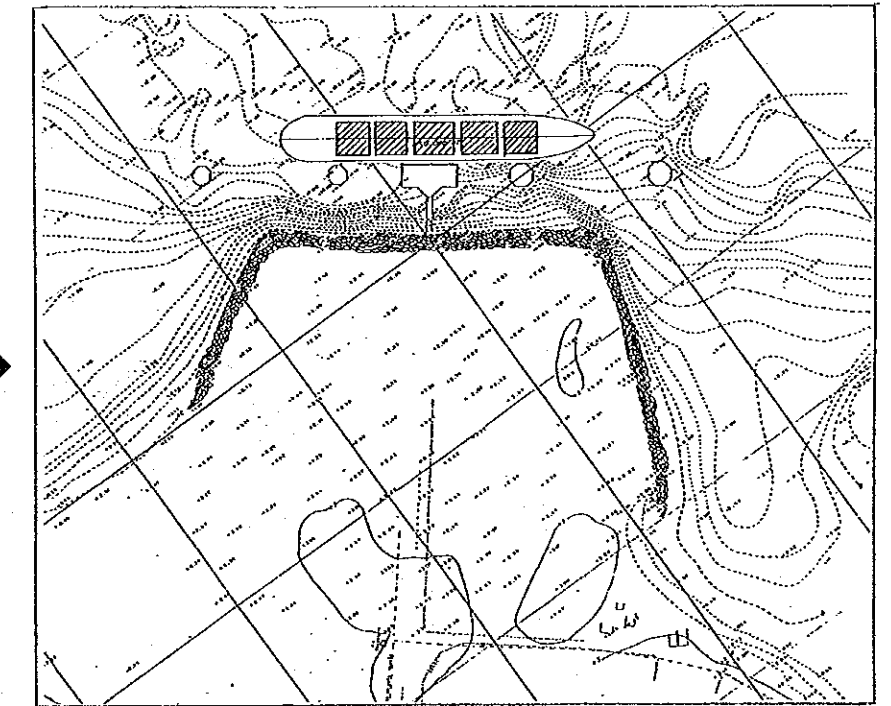
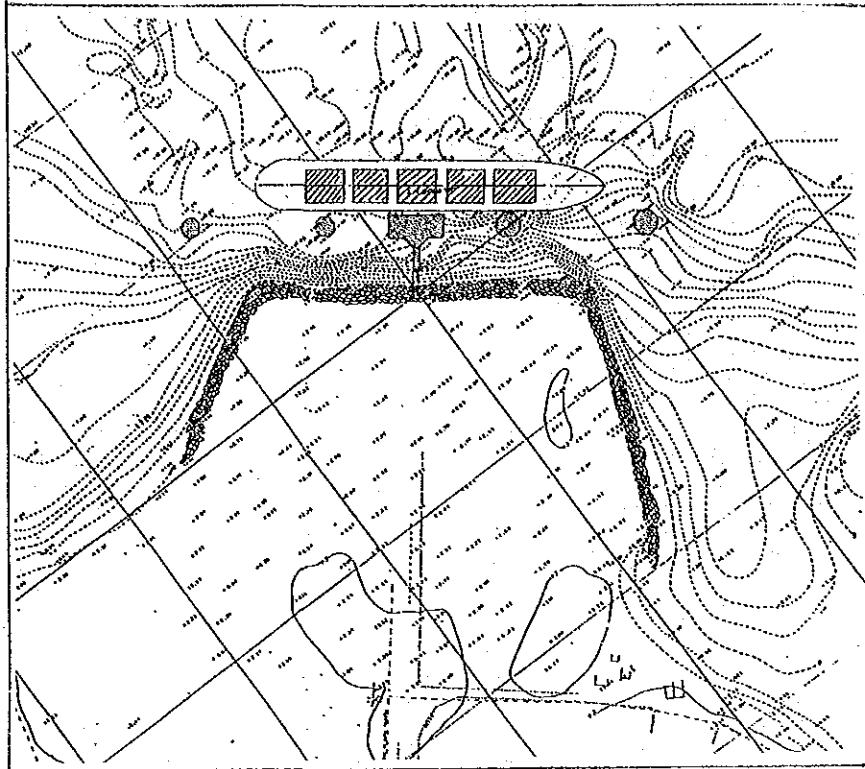
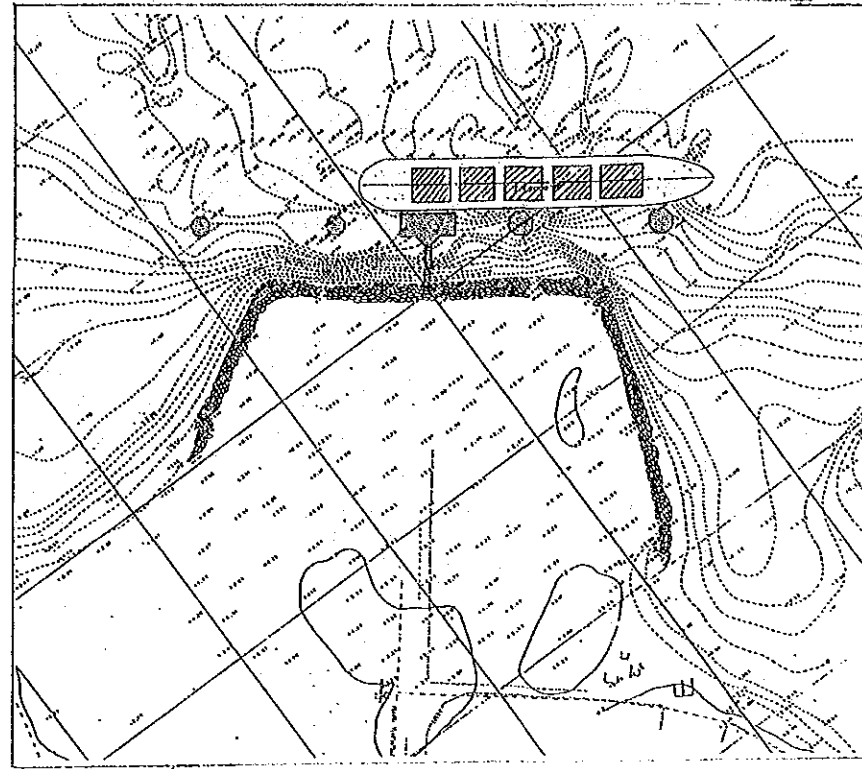


図 4-4-10 イルメナイト荷役図 (30,000DT)

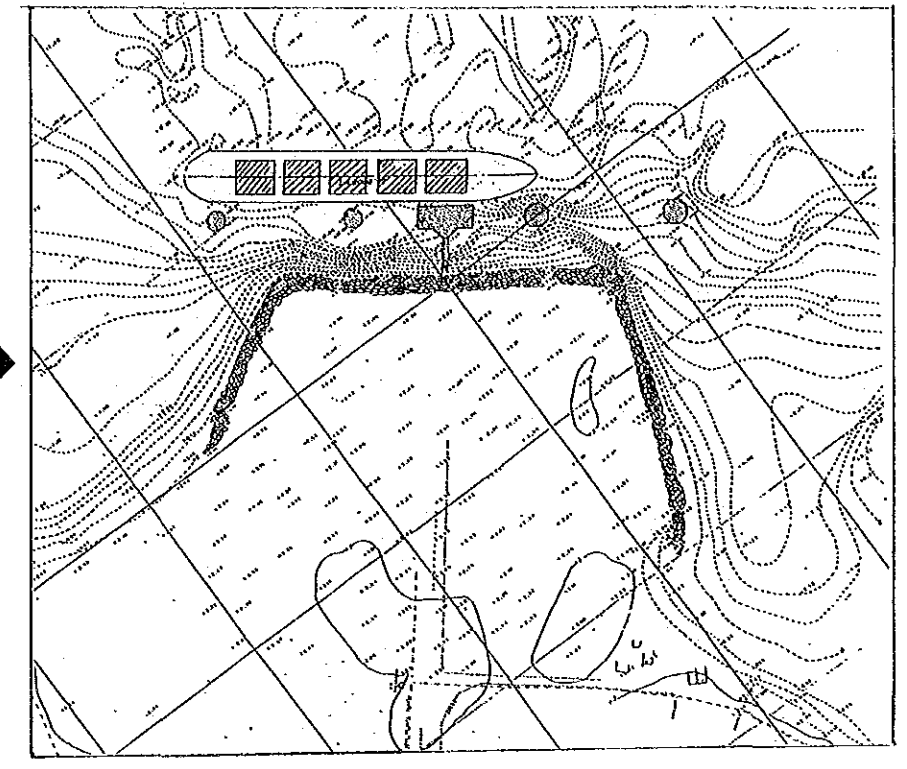
①中央ハッチへの積み込み



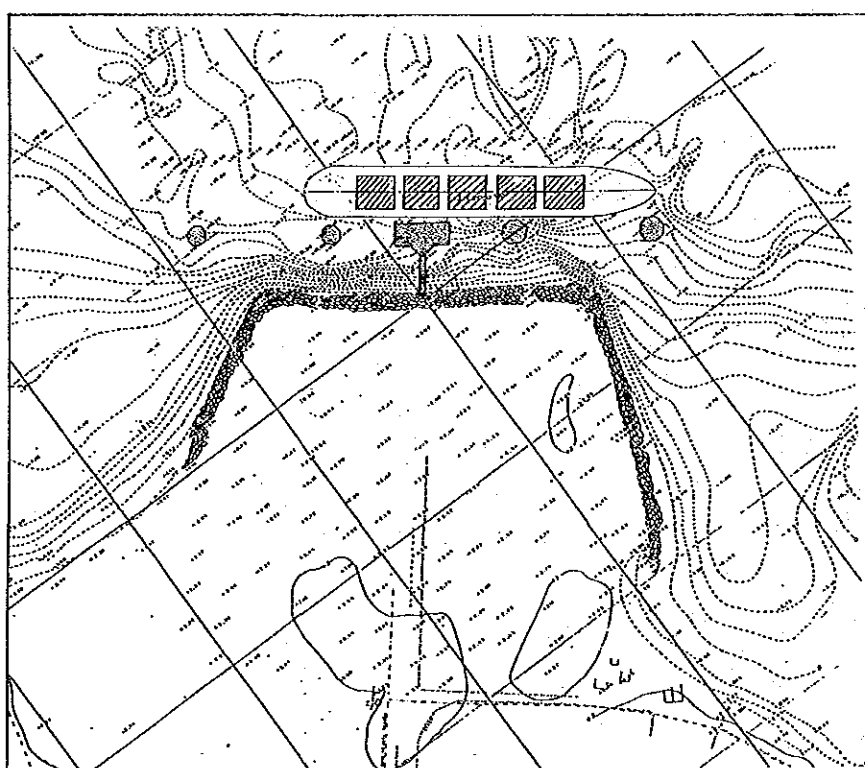
②後部ハッチへの積み込み



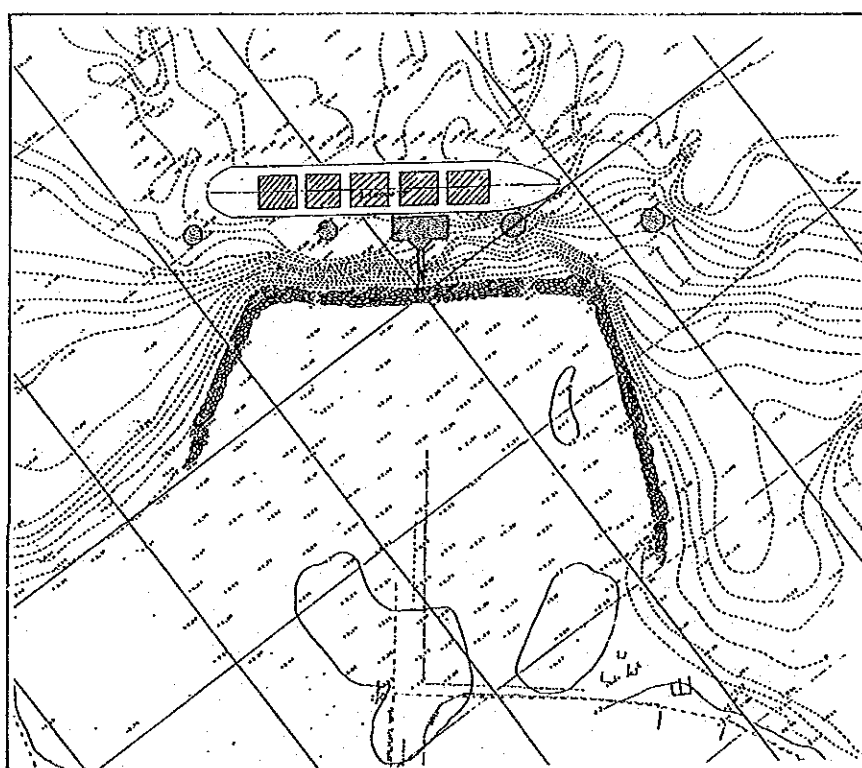
③前部ハッチへの積み込み



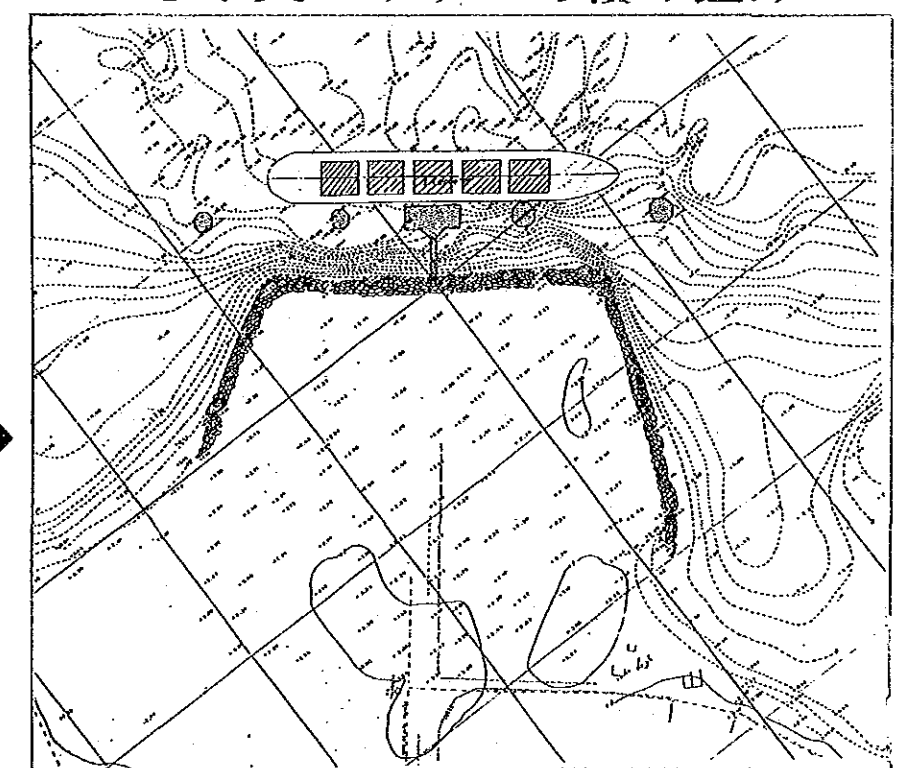
④後部中央ハッチへの積み込み



⑤前部中央ハッチへの積み込み



⑥中央ハッチへの積み込み



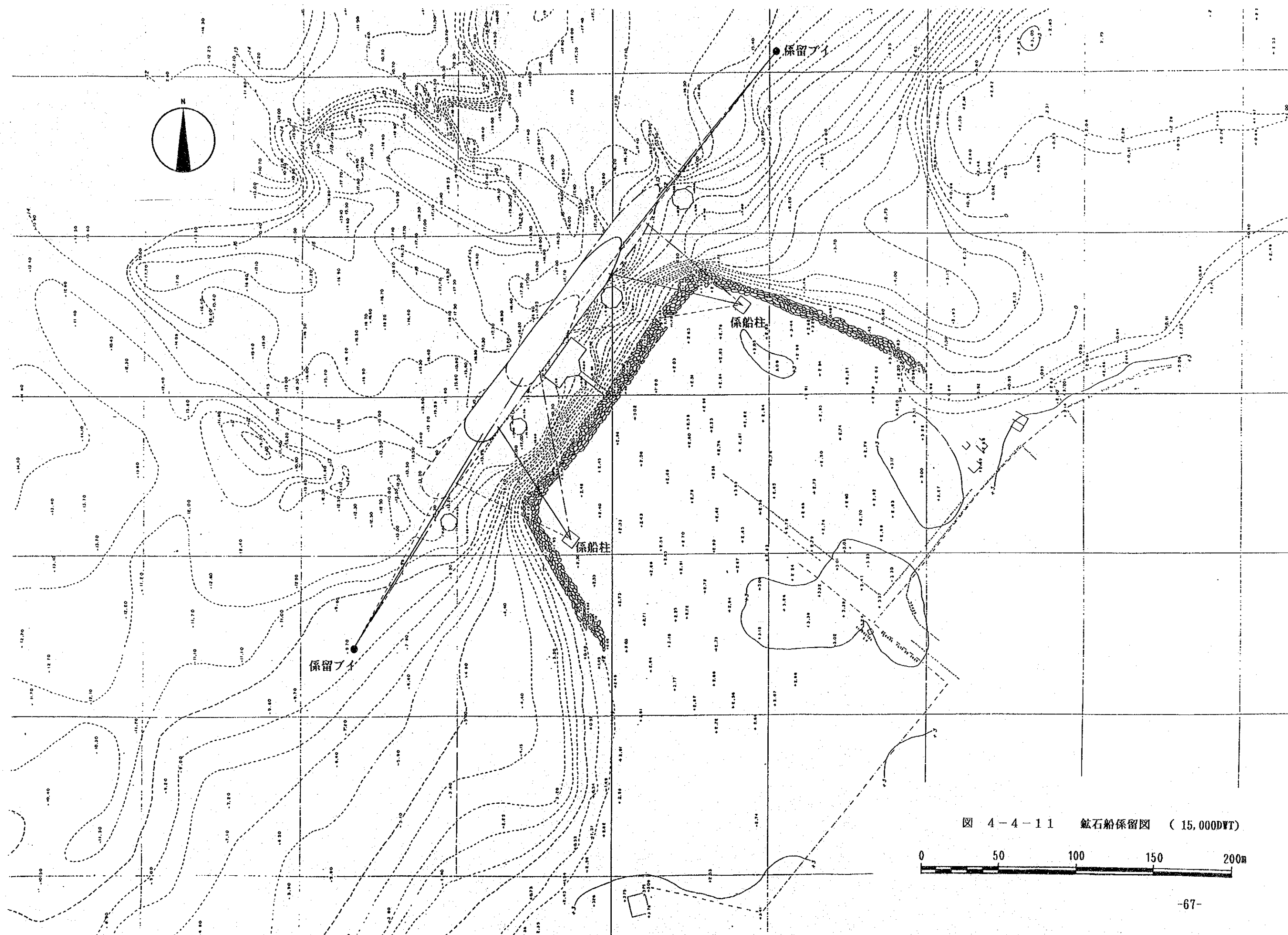


図 4-4-11 鉾石船保留図 (15,000DT)



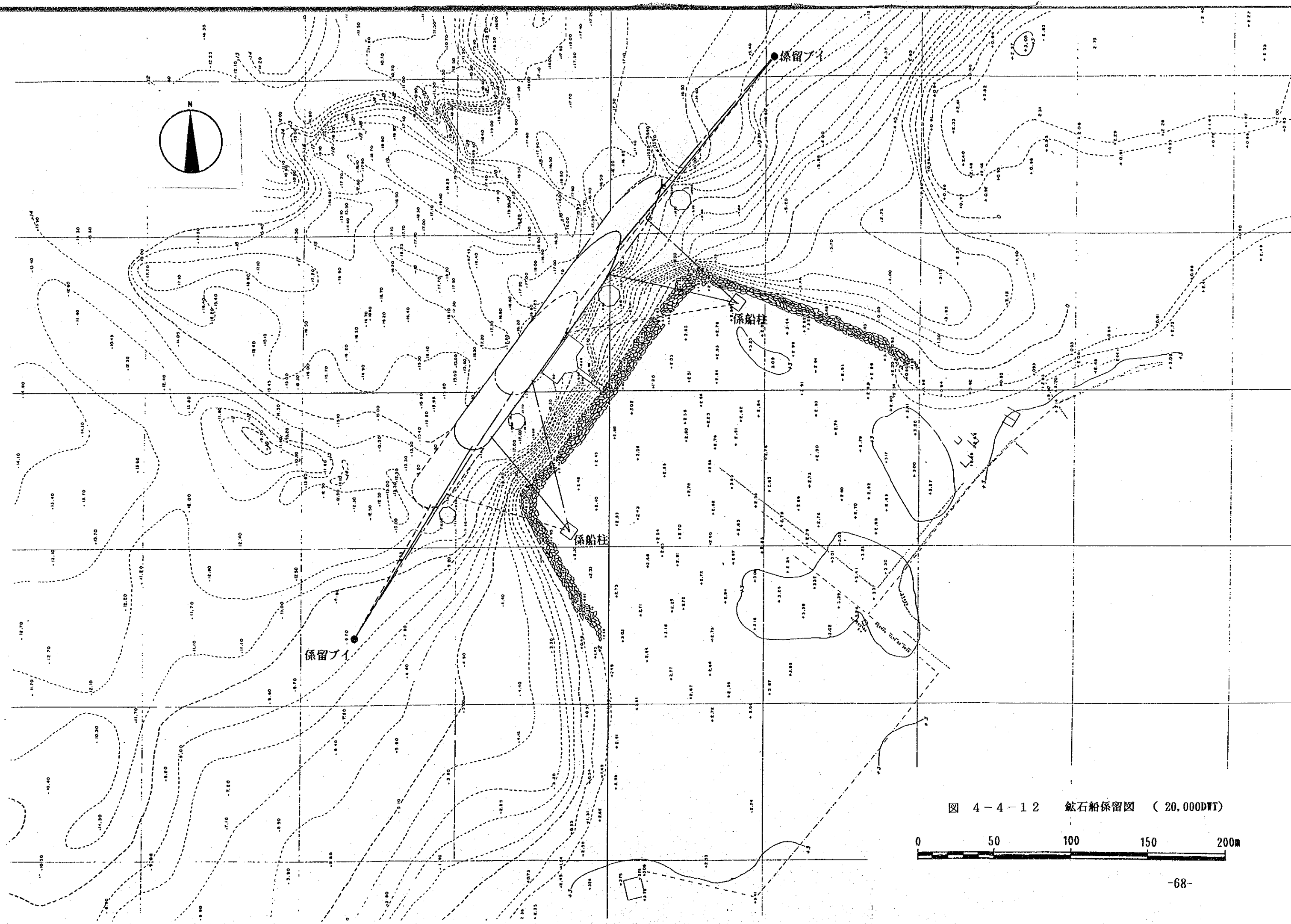


図 4-4-12 鉦石船係留図 (20,000DWT)



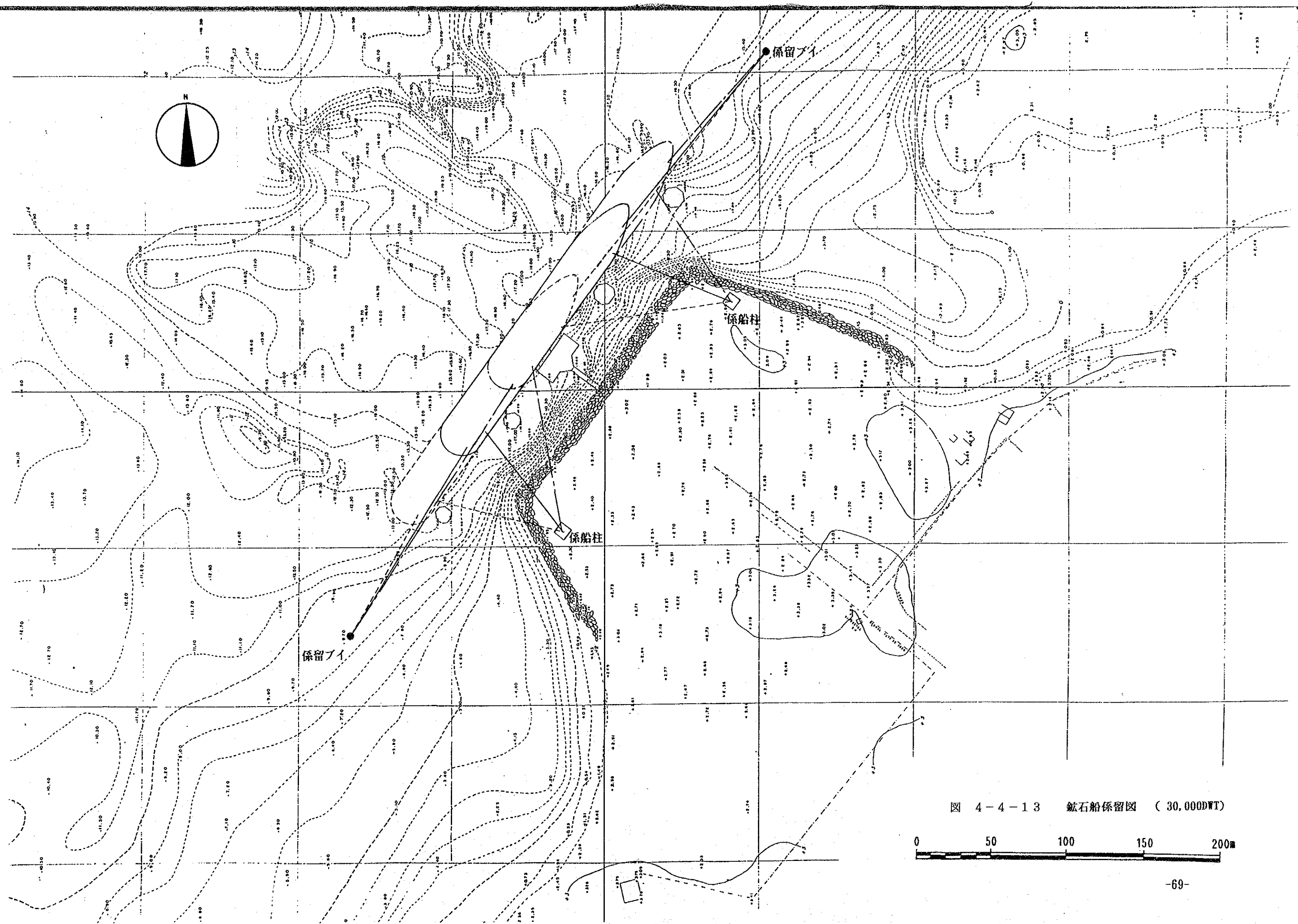


図 4-4-13 鉾石船係留図 (30,000DWT)



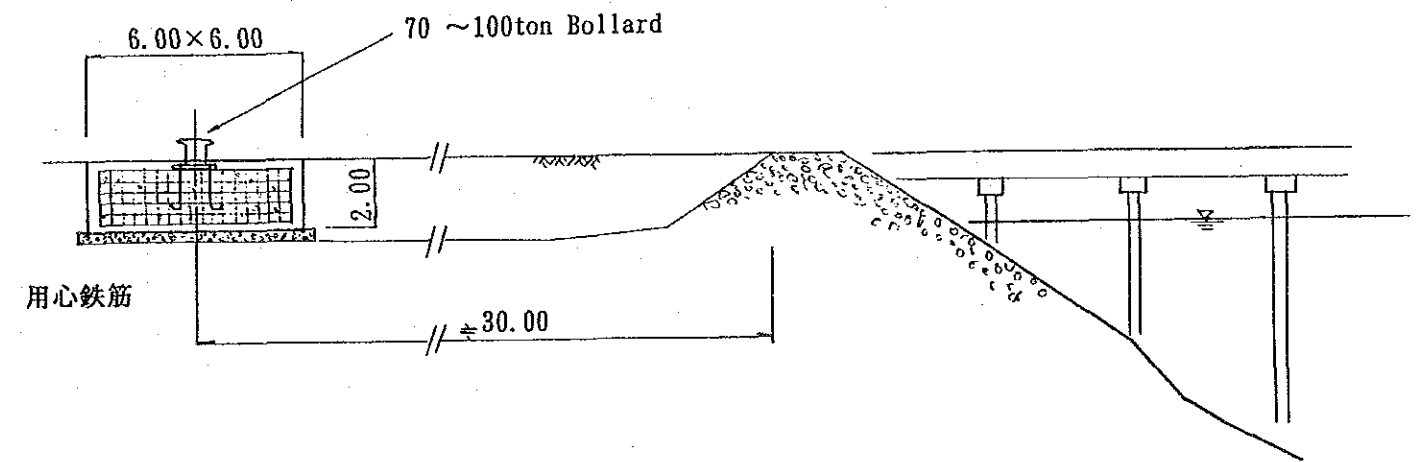
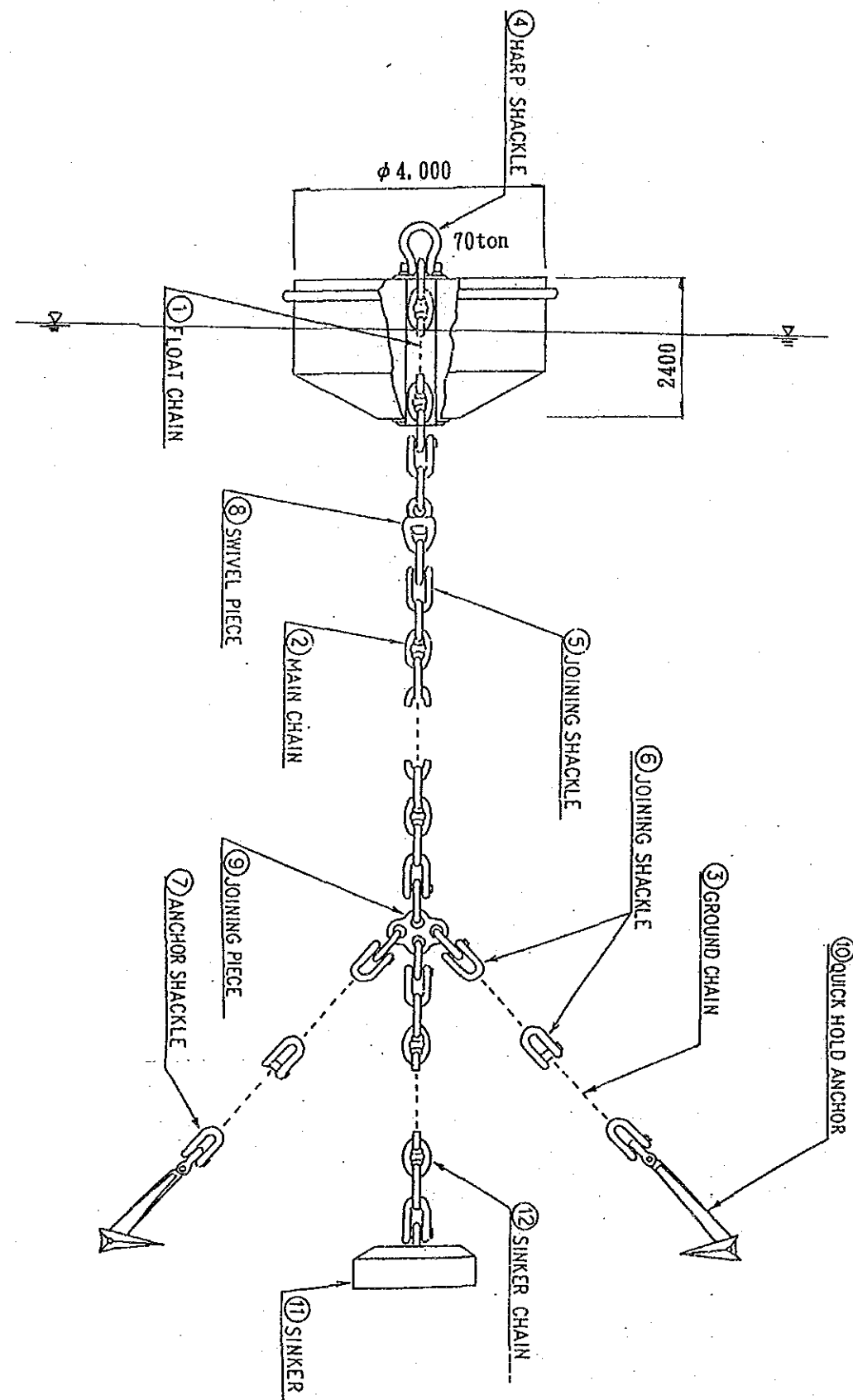


図 4-4-14 係留ブイ及び陸上係船柱参考図

(7) 港湾構造物の改修工事

現地調査の結果、港湾構造物の再使用に当たって改修工事を必要とする要因の主な点は、次の通りである。

- ①接岸ドルフィン及び網取りドルフィンの基礎耐力
- ②ドルフィンNo.2の海底面の洗掘
- ③ゴム防舷材（フェンダー）の欠落
- ④係船柱の腐食、個数不足
- ⑤鉄筋コンクリート構造物のひび割れ・鉄筋腐食
- ⑥石積護岸の背後土砂の吸出し
- ⑦トレスルの拡幅の必要性

1) 構造物の基礎耐力の検討

まず、ドルフィンNo.2の海底部が洗掘されている要素を考慮して、4つのドルフィンの基礎耐力を照査するために、次の条件で解析を行った。

接岸条件 : 接岸速度 $v = 0.20\text{m/sec}$ (タグボートなし)
偏心距離 $e = \text{船長} \times 10\%$ (船首尾方向のずれ)
接岸角度 $\theta = 10\text{deg}$
載荷状態 バラスト
検討対象 ドルフィンNo.2とNo.3

けん引条件 : 潮流速度 $u = 1.2\text{m/sec}$
風 速 $w = 15\text{m/sec}$
載荷状態 満載 (流圧力が支配的であるため)
けん引方向 水平45deg、上向き45deg
検討対象 ドルフィンNo.1とNo.4

船舶諸元 : 次のように標準化

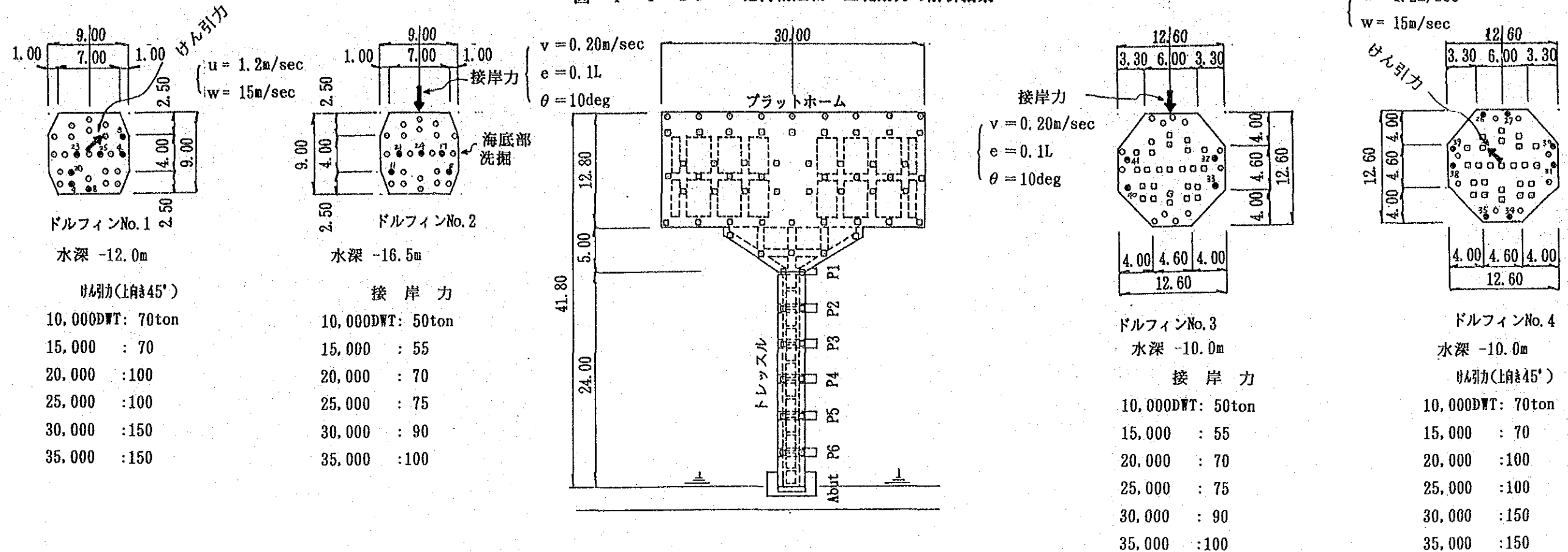
重量トン DWT	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000
全 長 $L_{OA}(m)$	140	157	170	182	192	201
垂線間長 $L_{PP}(m)$	132	148	161	172	182	191
型 幅 $B(m)$	18.7	21.5	23.7	25.7	27.3	28.9
型 深 $D(m)$	10.5	11.9	12.9	13.8	14.5	15.2
満載吃水 $d_f(m)$	8.1	9.0	9.6	10.1	10.6	11.0
バラスト吃水 $d_b(m)$	4.1	4.5	4.8	5.1	5.3	5.5
満載排水量 $DT(t)$	17,390	24,240	30,520	37,190	43,420	49,590
バラスト排水量 $BT(t)$	8,370	11,760	14,880	18,220	21,350	24,460

計算方法 : 『港湾の施設の技術上の基準・同解説』を準拠
電算により三次元解析

その結果、いずれの杭も曲げ応力・せん断応力は全く問題なかったが、杭の軸力の発生が大きく、特に引拔力が最もクリティカルであることがわかった。換言すれば、杭の引拔力をチェックすることによってドルフィンの現有の基礎耐力を評価することが可能である。図4-4-15に、各ドルフィンの杭の中で大きく引拔力が発生するものについて照査した結果をまとめた。それによると、ドルフィンNo.2の海底が潮流により大きく洗掘されていたため、他ドルフィンと比較すると強度の低下が明らかに現れていた。したがって同ドルフィンの強度を回復させ、他ドルフィンと強度バランスを合わせるために、杭根入れ部の根固め工事が必要である。既存のドルフィンの再利用を前提とし、杭の追加打設等の大規模な改修工事を避けて現実規模の工事にとどめられるよう考慮した場合、強度的に受け入れを保証し得る鉋石船のクラスは、およそ20,000~25,000DWT クラスまでと評価できる。また、構造的な安全のために、接岸はドルフィンNo.3を第一番目に行うことが望ましい。

図4-4-16にドルフィンNo.2の海底部の根固め概要図を示す。根固めに必要な捨石は、約1,500 m^3 である。

図 4-4-15 港湾構造物の基礎耐力の解析結果



ドルフィンの基礎杭の耐引抜力照査結果一覧

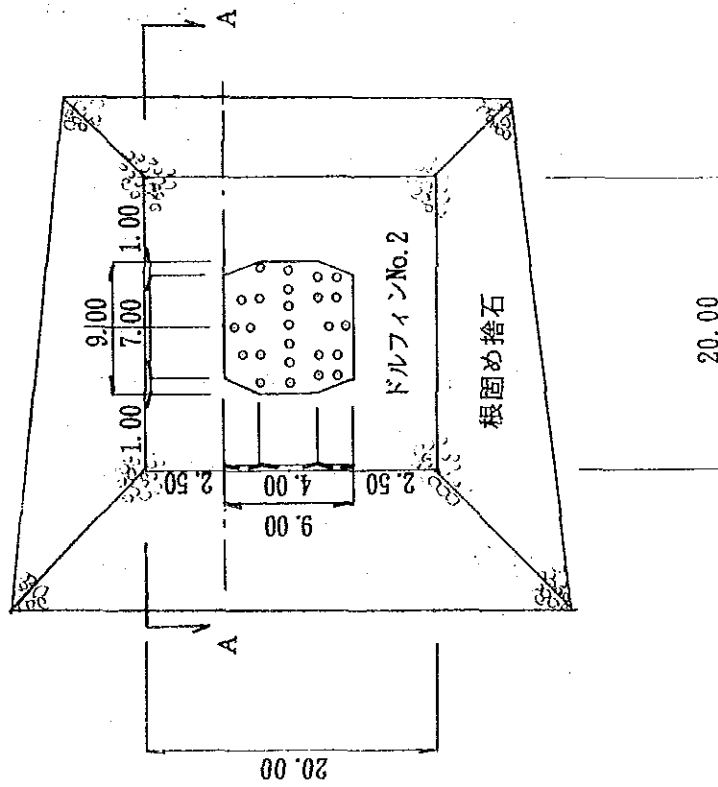
船種 石船 DWT	ドルフィン No. 1 けん引力								ドルフィン No. 2 接 岸 力								ドルフィン No. 3 接 岸 力								ドルフィン No. 4 けん引力									
	3	4	8	9	20	23	25		5	11	17	21	24					32	33	40	41						26	27	30	31	34	35	38	39
10,000	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-					-	-	-	-						-	-	-	-	-	-	-	-
15,000	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-					-	-	-	-						-	-	-	-	-	-	-	-
20,000	-	-	-	-	-	-	-		△	△	△	△	△					-	-	-	-						-	-	-	-	-	-	-	-
25,000	-	-	-	-	-	-	-		△	△	×	×	×					-	-	-	-						-	-	-	-	-	-	-	-
30,000	×	×	×	-	-	-	×		×	×	×	×	×					×	-	-	-						-	-	-	-	-	-	-	-
35,000	×	×	×	-	-	-	×		×	×	×	×	×					×	×	-	×						-	-	-	-	-	-	-	-

記号
 v : 接岸速度
 e : 偏心量(Lは船長)
 θ : 接岸速度
 u : 潮流速度
 w : 風速

〔解説〕基礎杭の押込力・引抜力、曲げ応力、せん断応力をチェックした結果、杭の引抜力が最もクリティカルであることが判明したため、ドルフィンの基礎耐力の評価は杭の引抜力に着目する。

・は引抜力が発生する着目杭

平面図



正面図 A-A

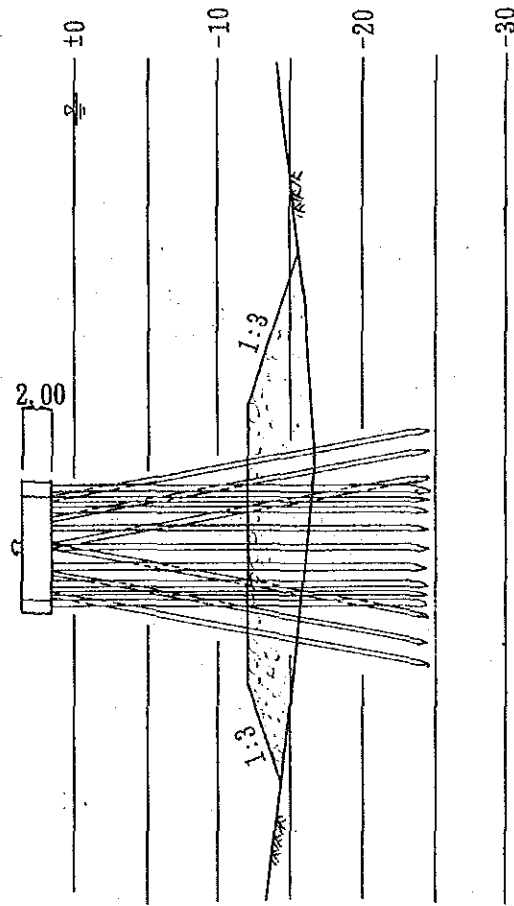


図 4-4-16 ドルフィンNo.2根固め概況図

11) ゴム防舷材及び係船柱

ゴム防舷材（フェンダー）は港湾施設が建設された当時には取り付けいていたが、取付けチェーンの腐食により全て失われており、大型船用のものを新たに取り付けなければならない。前述のような接岸条件で計算される接岸エネルギーを吸収し得るゴム防舷材は、次のものがドルフィンNo.2及びNo.3に各々1基ずつ必要である。

鉱石船	接岸エネルギー	ゴム防舷材の主な仕様
10,000 DWT	11.2tm	800 H
15,000	18.2	1,000 H
20,000	25.5	1,000～1,150 H
25,000	33.6	1,150～1,250 H
30,000	41.5	1,250 H
35,000	49.5	1,250～1,400 H

さらに、前出の図 4-4-8～図4-4-10で明らかなように、荷役のために鉱石船は前後に大きくシフトするため、プラットホームにも取り付ける必要がある。この場合はあくまでもシフト時に船舶を安定させるためのものであるから、接岸用のサイズは必ずしも不要ではあるが、張出し幅を接岸用のものとそろえる都合上台座をかませなければならない、その工事の煩雑さ・コストを考えると、接岸用と同サイズのものが結果的には有利である。したがって上に示したようなサイズのものを、プラットホームにも2基設置する。また、ドルフィンNo.1及びNo.4は、荷役上のシフト時においても船体が直接接触することはないが、潮流のある場所でのシフト作業は常に危険が伴うため、接触防止用としてコーナーフエンダーを各々1基ずつ設置するのが望ましい。

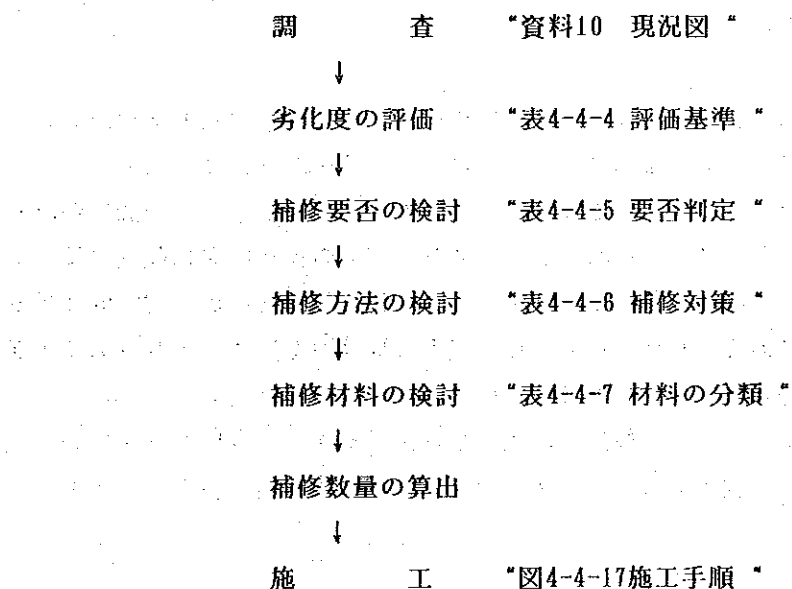
係船柱については、図 4-4-8～図4-4-10で計画したように、安全で合理的な網取りを行うために、係留ブイ2基、陸上係船柱2基を計画することは既に述べたが、それらのほかにプラットホームに2基を計画するものとする。これらは船舶からスプリングラインをとるもので、その仕様は10,000～15,000DWT 用に25ton 曲柱、20,000DWT 以上には35TON 曲柱である。また、既存の4基のドルフィンに取り付けている係柱船はそのまま使用するが、アンカーボルトが腐食しているため、新規にアンカーを埋め込み既存本体を移設するものとする。

このほか、腐食していて現在は使えない状態にあるラダー（昇降用梯子）は、新規に取り付ける。ラダーは、プラットホーム2基、ドルフィンNo.1～No.4は各々1基ずつ、計6基である。

111)鉄筋コンクリート構造物の補修

鉄筋コンクリート構造物の老朽度については、“4.3 既存港湾施設の老朽度”で述べ、劣化の詳細な現況図は資料編“資料10”に示した通りである。

劣化した栈橋式係留施設の鉄筋コンクリート上部工の補強を行う場合、一般に次のような手順で行われる。



これらのフローでは、劣化度を0～5でランク付けし、それに基づいて補修方法を決める流れとなっている。各構造物をブロック分けし、劣化度、一般的な補修方法、補修数量を整理したものを図4-4-18に示す。表によると、構造物の劣化に対する補修は次のような性格に分類される。即ち、

①ドルフィン4基上部工の劣化……上部工側面の鉄筋錆やセメントミルク等の劣化部分をVカットして除去し、エポキシモルタルで修復する。その後、劣化要因の侵入を防ぐために、側面、上面ともコンクリート表面に樹脂塗装を施す。

②プラットホームのスラブ等の劣化……スラブに入ったひび割れはエポキシ樹脂を注入・充填し、コンクリートが一部剥離している箇所はエポキシパテで修復する。尚、上面や側面についてはドルフィンと同じ要領で修復する。

③トレスル接続部の桁の劣化……桁の鉄筋腐食によってコンクリートが剥離し始めている箇所は、はつって鉄筋をむき出しにし、鉄筋に防錆処理を施した上でポリマーセメントで断面修復をする。また、表面には樹脂塗装を施す。

④トレスル上部工及び基礎（ピア）の劣化……これらはいずれも劣化が激しく、上で述べたような補修方法は、現実的に適用が不可能である。なぜなら、これらの補修方法はコンクリート面が乾燥状態に長い間置かれる場合において用いられるものであり、ピアのように潮に頻繁に浸るような箇所には仮設工でドライにしなければならないが、現実的には不可能である。したがって、ピア（但し杭は除く）及びトレスル上部工は完全に撤去した上で新たにコンクリートを打設し直すものとした。尚、トレスルの幅員は、車両走行に対応するようB=4.5mまでの拡幅を同時に施工するものとする。いずれも修復は場所打ち工法である。

表 4-4-4

さん橋の評価基準表

評価部材 劣化度	全体評価基準	はり部評価基準	スラブ部評価基準	ハンチ部評価基準
0	* 劣化の認められない施設。	* 全く劣化がみられない。	* 全く劣化がみられない。	* 全く劣化がみられない。
1	* 船舶の衝突など外力によるひびわれのみを有する施設。 * かぶり不足による鉄筋露出を施設全体で数箇所程度有する施設。	* 小規模な鉄筋露出、小さなひびわれ(ひびわれ幅1mm程度)などの劣化が2, 3箇所みられる。	* ゲル汁の発生、小規模な鉄筋露出が2, 3箇所みられる。	* 小規模な鉄筋露出がみられる。
2	* ひびわれが少ない施設。 (1ブロックに数箇所以下) * 錆汁、ゲル状物質が少量ない施設。 (1ブロックに数箇所以下)	* 軸方向に垂直な方向のひびわれのみを有する。 * 劣化箇所は少数である。	* ゲル汁の発生、小規模の鉄筋露出がスラブ全体において数箇所みられる。	* ひびわれ幅2mm程度以下のひびわれおよび鉄筋露出がみられる。 * 劣化箇所は少数である。
3	* ひびわれが多い施設。 (1ブロックに数箇所以下) * 錆汁、ゲル状物質が多い施設。 (1ブロックに数箇所以下)	* 軸方向のつながったひびわれ(ひびわれ幅3mm以下程度)が少数であるがみられる。	* 小規模な鉄筋腐食、網目状のひびわれなどが全域にわたって多数みられる。	* ひびわれ幅2mm程度以下ひびわれおよび鉄筋露出がみられる。
4	* はりには軸方向のひびわれ、スラブおよびハンチにはくもりの巣状ひびわれを有する施設。 * 鉄筋腐食が認められる。	* 軸方向のつながったひびわれがはり全域にわたって多数みられ、かぶりコンクリートが剥落しそうな状態。	* コンクリート中の鉄筋の腐食がみられ、部分的にかぶりコンクリートの剥落がみられる。	* ひびわれ幅2mm程度以上のくもりの巣状、あるいは鉛直方向のひびわれがみられる。
5	* 広範囲にわたるかぶりコンクリートの剥落が認められる施設。	* かなり広範囲でかぶりコンクリートが剥落している。	* スラブ全域にわたって多数かぶりコンクリートが剥落している。	* かぶりコンクリートの剥落がみられる。

表 4-4-5 補修の要否判定

劣化度 項 目	0	I	II	III	IV	V
補修の要否判定	補修の要なし		補修の要なし (場合により 補修)	要 補 修		要補修 (場合により 補強)

表 4-4-6 補 修 対 策

劣化度区分	補 修 方 法			
	鉄筋の防錆処理	断面修復	コンクリート表面の被覆	鉄筋のさしかえ、補充
I	—	—	○	—
II	○	○	○	—
III, IV	○	○	○	—
IV	○	○	○	○

〔解説〕

① 鉄 筋 の 防 錆 処 理

断面修復部の露出した鉄筋は、すべての箇所について鉄筋の防錆処理を行う。

② 鉄筋のさしかえ、補充

腐食により鉄筋の断面減少が著しい場合は、鉄筋の損傷部分の取り替えなどを考慮しなければならないこともある。

既設鉄筋と新規鉄筋との継手方法は、コンクリート標準示方書にある重ね継手が標準的であるが、土木学会「鉄筋継手指針」に準じた他の方法を用いてもよい。

ただし、いずれの方法でも所定の施工ができないこともあるので、その時の対策についても検討しておかなければならない。

さしかえ、補充した鉄筋は露出鉄筋と同じように防錆処理を行う。

③ 断面修復

腐食した鉄筋を露出させるためにはつり取った箇所は、断面修復材で復元する。

また、ジャンカなどのコンクリートの不良箇所は、鉄筋の腐食因子が侵入しやすい状態にあるため、断面修復材などを充てんする。鉄筋のかぶり厚がほとんどない場合も、断面修復材でかぶりを確保することが望しい。

④ ひびわれ注入

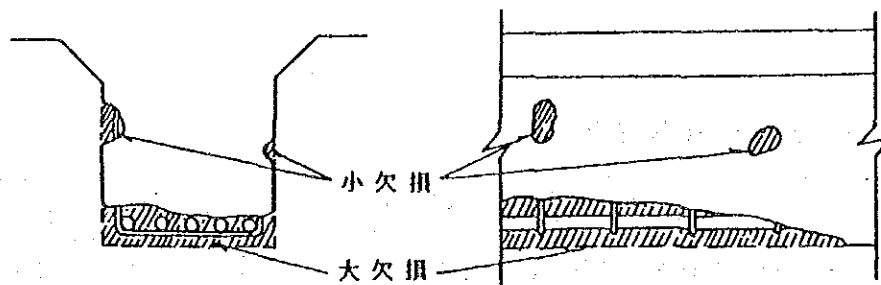
コンクリートの乾燥収縮によるひびわれなどの鉄筋の腐食に起因しないひびわれは、従来のひびわれ注入（エポキシ樹脂などの注入）により補修する。

⑤ コンクリート表面の被覆

外観損傷を生じている箇所とそのまわりの同一環境条件下にあるスラブ下面、ハンチおよびはりについて、コンクリート表面に被覆を施す。

また、部分的な範囲での被覆は十分な補修効果を得られないため、1区画以上の範囲で被覆することを原則とする。

コンクリート表面の被覆材料は多種多様であるが、鉄筋の腐食を長期的かつ効果的に抑制するとともに経済的な補修を実施するために、損傷程度に応じて被覆材を使い分けることが望ましい。



小欠損と大欠損の区分け

表 4-4-7 補修材料の分類

① 防 錆 材 料……

- | |
|-------------------|
| a) 樹脂系防錆塗装材 |
| b) ポリマーセメント系防錆塗装材 |

② 断面修復材料……

小欠損用	モルタル工法	a) エポキシ樹脂モルタル b) ポリマーセメントモルタル
大欠損用	プレバックドコンクリート工法	c) ポリマーセメントスラリープレバックドコンクリート
	打継コンクリート工法	d) ポリマーセメントコンクリート e) 無収縮セメントモルタル
	吹き付けコンクリート工法	f) ポリマーセメントコンクリート

③ コンクリート表面の被覆材料……

表面の被覆材	被覆材区分	被覆材の種類	目標膜厚(μ)
	被覆材 A 種	a) 被覆材 B 種の薄膜型樹脂塗装	200 ~ 500
		b) ポリマーセメント系被覆材	1000 ~ 3000
		c) ポリマーセメント系被覆材 (吹き付けコンクリート)	5000 以上
	被覆材 B 種	d) 厚膜型エポキシ樹脂塗装	1000 ~ 2000
		e) 厚膜型ビニルエステル樹脂塗装	
		f) 厚膜型ゴム系樹脂塗装 (ポリブタジエン系)	
		g) 厚膜型ポリウレタン樹脂塗装	
		h) ポリマーセメント系被覆材+樹脂塗装	(1000~3000)+(500)

断面修復がない場合

断面修復がある場合

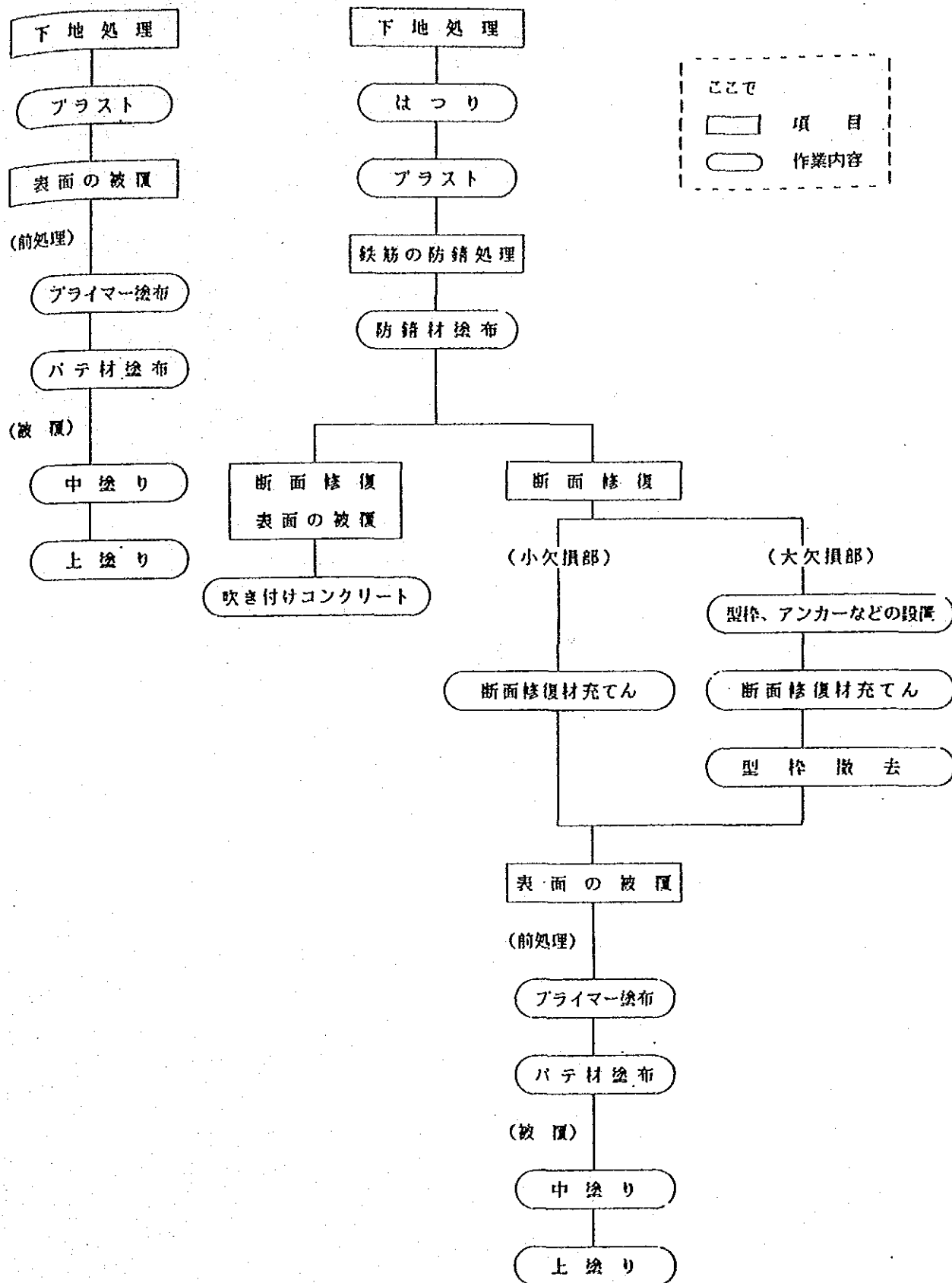
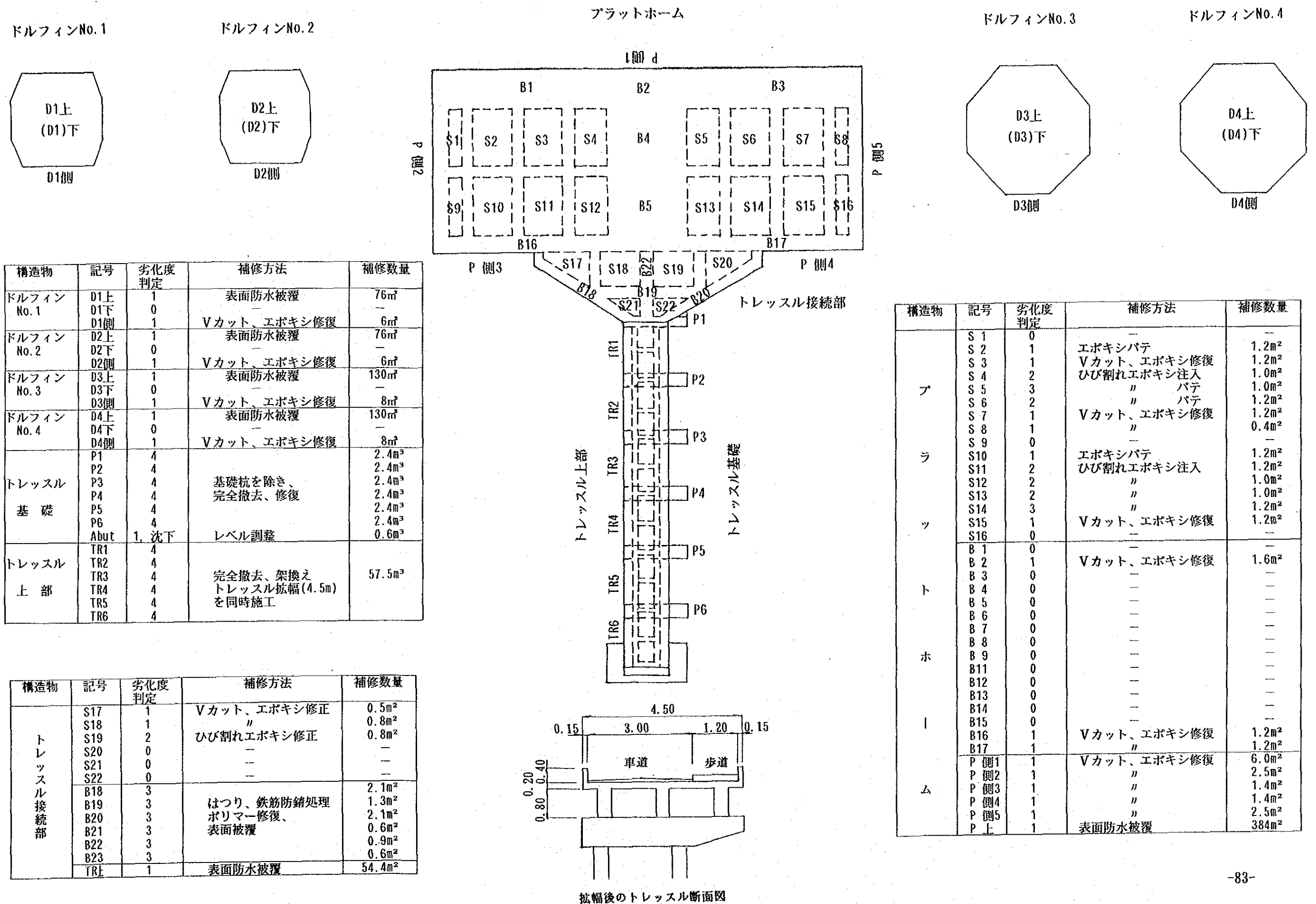


図 4-4-18 港湾コンクリート構造物の補修規模



1v) 石積護岸の整形及び裏埋め

既存の石積護岸は、5～50kg/ケの石材を積んでその背後は砂で埋め立てられているが、徐々に吸い出された結果、護岸直背後の地盤高が約1.5m下がっており、また石積み本体も若干崩れた箇所が見られる。したがって、石積み本体を整形するとともに、ストックヤードとして背後地を整備するために、低い部分は埋戻さなければならない。埋戻し土量は概算3,000m³で、現場から約20km離れた採土場から供給するとよい。また、航路浚渫等で発生する土砂の性状が適するようであれば、それを投入する事も可能である。

埋戻し工の際には、再吸い出しを防止するため防砂シートを敷布する必要がある。

(図4-4-19参照)

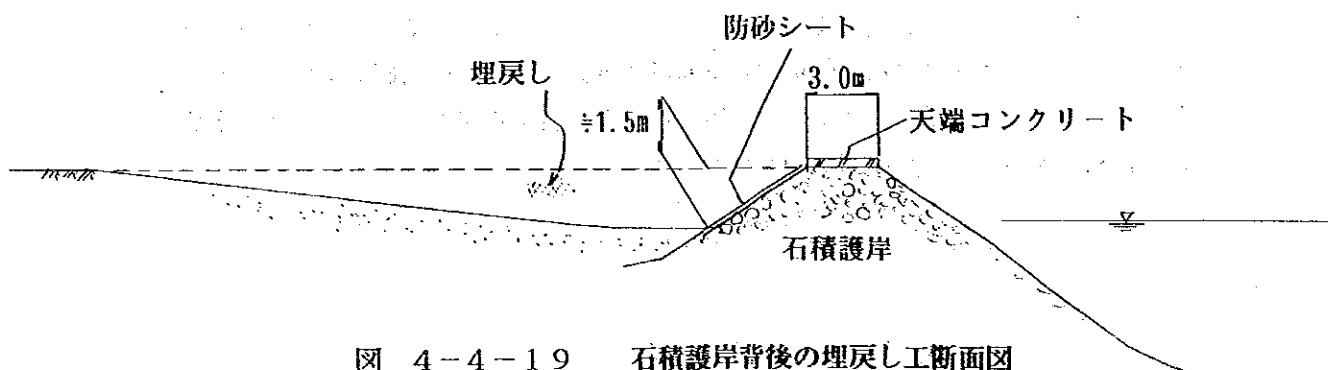


図 4-4-19 石積護岸背後の埋戻し工断面図

(8) 小船用公共棧橋の建設

当地区と対岸のカマム市との間の生活物資等の輸送には、小型木造船が利用されている。これらボートの公共的な利用に応えるような施設は当地区にはなく、本港湾施設の改修工事と同時に小型船用公共棧橋を整備することは有意義である。

公共棧橋の建設位置については、既存のプラットホームと抱き合わせてしまう方法も考えられるが、

- 潮流が速いため小船が係船する施設には適さない。
- プラットホームの天端高さはDL+3.5m もあるため、乗降や荷役には不便である。
- 鉱石船が接岸している間は、小型船は利用しにくい。

などの問題があるため、別の場所に建設するのが賢明である。そこで、潮流の影響が少なく、バイヤ州港湾局 (CODEBA) 事務所に近い、埋立地の南側海岸に建設するものとした。この棧橋の構造型式は、周辺に幾多の施工例があり、最も安価な木杭式の棧橋とする。その概略図を図4-4-20に示す。

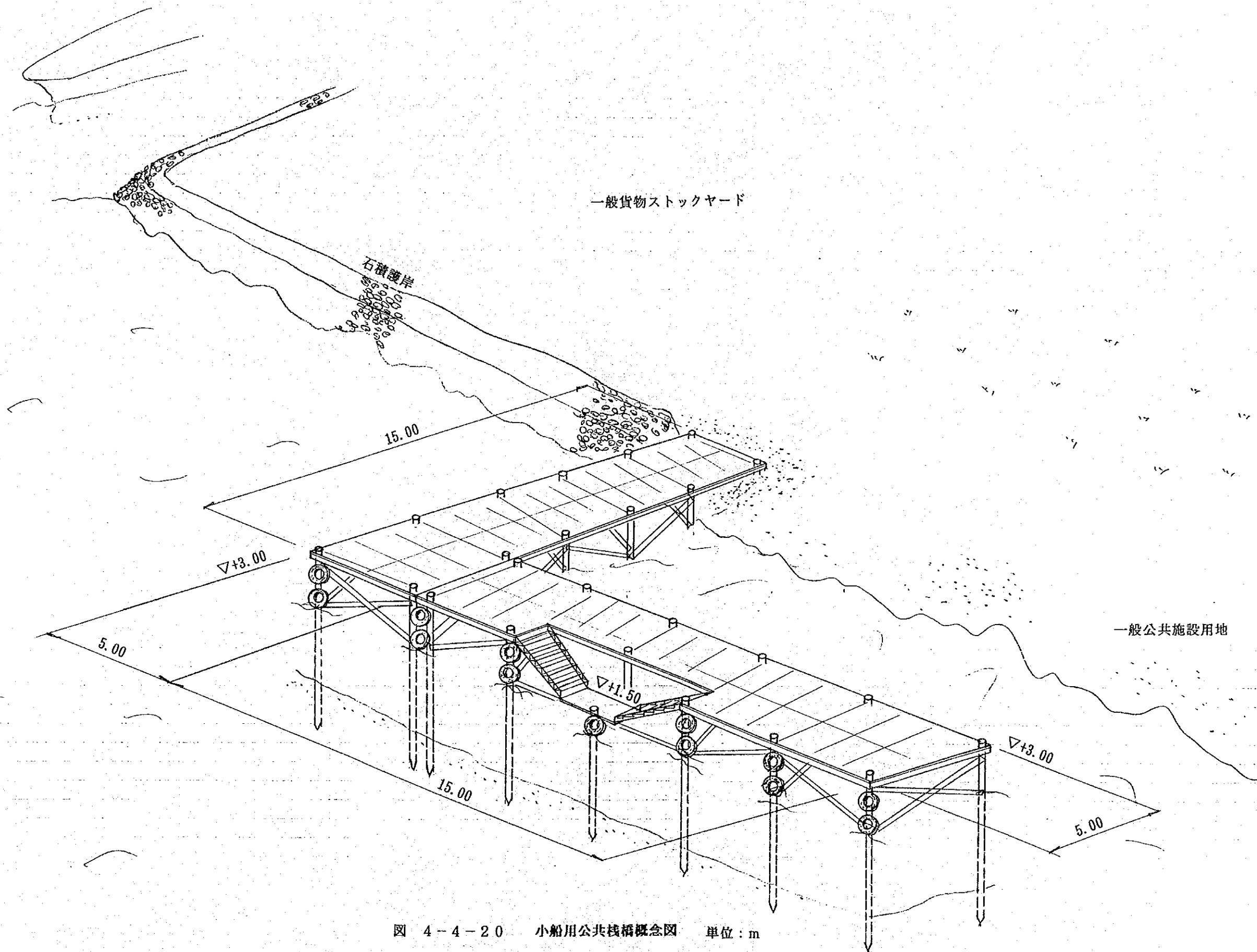


図 4-4-20 小船用公共棧橋概念図 単位：m

(9) 給油配管の設置

鉱山事業の運営に当たり必要となる、燃料用の給油配管施設を計画する。取り扱う燃料の種類は、イルメナイト鉱床の穿孔用に軽油（年間消費量 5,000KL）及び車両用にガソリンを予定するが、これらはタンカーを栈橋に接岸させ、パイプを通して陸上に設置するタンクに貯蔵する計画である。

タンカーによる1回の燃料輸送量を、軽油 400KL及びガソリン 8KLとすると、必要なパイプの管径は、軽油用に $\phi 150\text{mm}$ 及びガソリン用に $\phi 50\text{mm}$ である。管の延長は、栈橋から貯蔵用タンクまでおよそ 200～300mである。

(10)改修計画総括

これまで検討した港湾施設の改修計画を整理すると、次の通りである。

項 目	改修内容	解 説
①コンクリート構造物		
・ドルフィンNo.1	劣化部分補修、ラダー取付 係船柱移設、 防舷材取付（コーナー用）	
・ドルフィンNo.2	劣化部分補修、ラダー取付 係船柱移設、 防舷材取付 海底部根固め	海底部が潮流により洗掘されているため、基礎杭の引抜抵抗を増す目的で、基礎部にDL-12mまでマウンドを盛る。 接岸ドルフィンとしての許容耐力は、鉱石船25,000DWT までと判明した。
・ドルフィンNo.3	劣化部分補修、ラダー取付 係船柱移設、 防舷材取付	このドルフィンも、25,000 DWT までが保証耐力である。 防舷材のサイズの目安は、1,200-H である。
・ドルフィンNo.4	劣化部分補修、ラダー取付 係船柱移設、 防舷材取付（コーナー用）	
・プラットホーム	劣化部分補修、 ラダー取付（2基） 係船柱取付（2基） 防舷材取付（2基）	係留時スプリングラインをとるために係船柱（35ton 曲柱）を追加する。荷役時船舶を前後にシフトする際に、防舷材（ドルフィンと同サイズ）が必要となる。 スラブのひび割れは、エポキシ注入工法により補修する。

項 目	改修内容	解 説
・トレスル上部工	撤去の上新設 橋幅の拡幅	劣化が激しく、また潮に浸るため補修は無理な故、全面撤去の上新設する。この際橋幅を広げる（B=4.5mうち車道幅3.0m）。
・トレスル基礎	劣化部分撤去の上新設 アバットの補強	トレスル上部工と同様の状況であるため、撤去の上新設する（但し杭は除く）。またアバットは沈下しているため、安定させるよう補強する。
②浚 渫	船路浚渫（コーラル質） 栈橋前面の一部	浚渫は改修工事の中でもコスト的に大半を占めてしまう。鉤石船のクラス別に浚渫量・コストを、イルメナイト輸送コストも勘案して比較すると、25,000DWTを対象とする場合（船路幅 200m × 水深 9mまで浚渫）が最も採算性がよいことが判明した。 この点については本項にて後述する。
③航路標識	IALA" B" 方式でブイ20ヶ	新航路を選択する場合には、航路浚渫と同時に航路ブイを整備しなければならない。
④護岸の改修	石積整形 防砂シート、裏埋め 天端コンクリート	吸い出しの結果護岸背後が低くなっているため、シートを敷設した上で裏埋めし直す。天端は歩行用にコンクリート（B=3m）を打つ。

項 目	改修内容	解 説
⑤網取り施設	係留ブイ (2 基)	荷役時に船舶を前後にシフトさせるが、潮流等による外力に抵抗するために網取り施設 (70～100ton引き) の追加が必要である。係留ブイにはヘッド (スターン) ラインを、陸上係船柱にはプレストラインを各々とする。
⑥小船用公共棧橋	木杭式	潮流の影響の小さい埋立地南側に建設する。木杭方式は現地では最も実例があるタイプである。
⑦給油配管	軽油・ガソリン用	イルメナイト穿孔用に軽油、車両用にガソリンを貯蔵する。これらは棧橋にタンカーを接岸させて補給する。管延長は 200 ～300mである。
⑧背後地造成	整地 一部簡易舗装	ストックヤードとして地盤高をDL+3.0mに造成する。

検討の結果によると、改修工事の中でも特に浚渫量が多く、海底質が固いコーラル岩ということもあって浚渫単価が高いため、浚渫費が港湾改修コストの大半を占めてしまう傾向がある。一般に対象とする鉱石船が大きいくほど浚渫量は増加する反面、イルメナイト輸送コストが低く抑えられる傾向があるため、これらを総合し事業全体の採算性が最も高くなる鉱石船のクラスを選択するための検討が必要である。

イルメナイト輸送コストは、船の償却費や運航費等によって構成され、略算の結果次の如く推定される。（資料編 “資料11” を参照）

10,000DWT	41US\$/ton
20,000	26
25,000	23
30,000	21

イルメナイトは年間10万トン、20年間採掘するものとし、事業期間中に支出される輸送コストと浚渫コストを合計すると、どのクラスの鉱石船が最も採算性が高いかが求められる。浚渫量は、現航路を利用する場合と、新航路に移行する場合、さらに潮位差を考慮しLWL（低潮面）時でも航行できる場合と、潮位が上がるまで潮待ちする制約を付する場合、とにケース分けされる。それらのケースについて、浚渫+輸送コストを船舶別・航路別に整理したものを図 4-4-21 に示す。

図によれば、鉱石船25,000DWT が最も採算性が高いことが明らかである。したがって、浚渫の観点から対象とする鉱石船のクラスを分析すると、25,000DWT が推奨される。

このほか、鉱石船のクラス選定のもう一つの重要な要素は、港湾構造物の基礎耐力である。構造解析の結果では、接岸ドルフィン（ドルフィンNo.2とNo.3）の杭が判断要因で、特に引抜力が最もクリティカルであることが判明している。そして船舶のクラス別に検討した結果、20,000～25,000DWT までが保証し得る許容耐力である。

以上を総合し、本改修計画は鉱石船25,000DWT を対象に行うよう推奨する。

図 4-4-22 及び図 4-4-23 に、本改修計画の全容を示す。

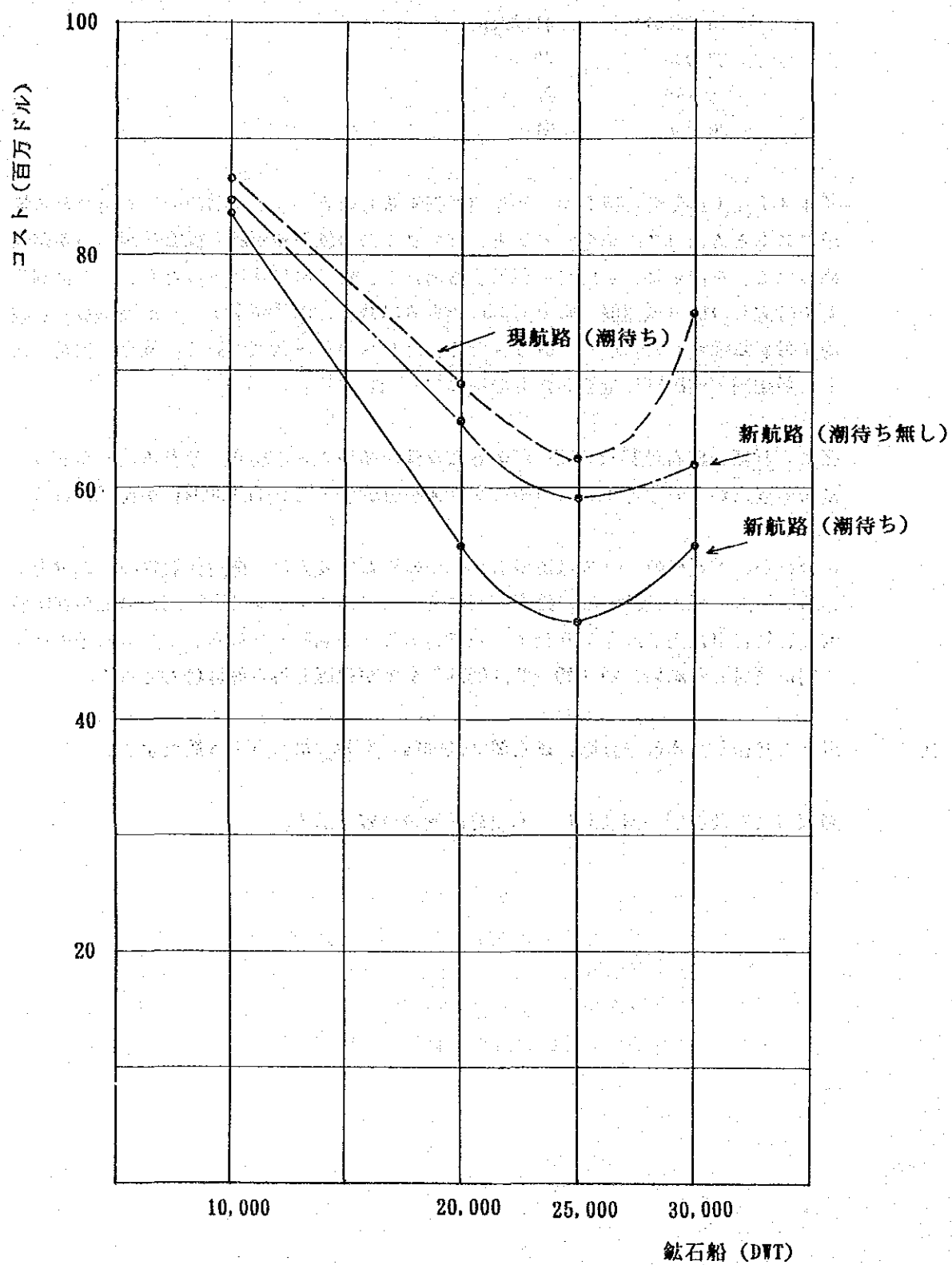
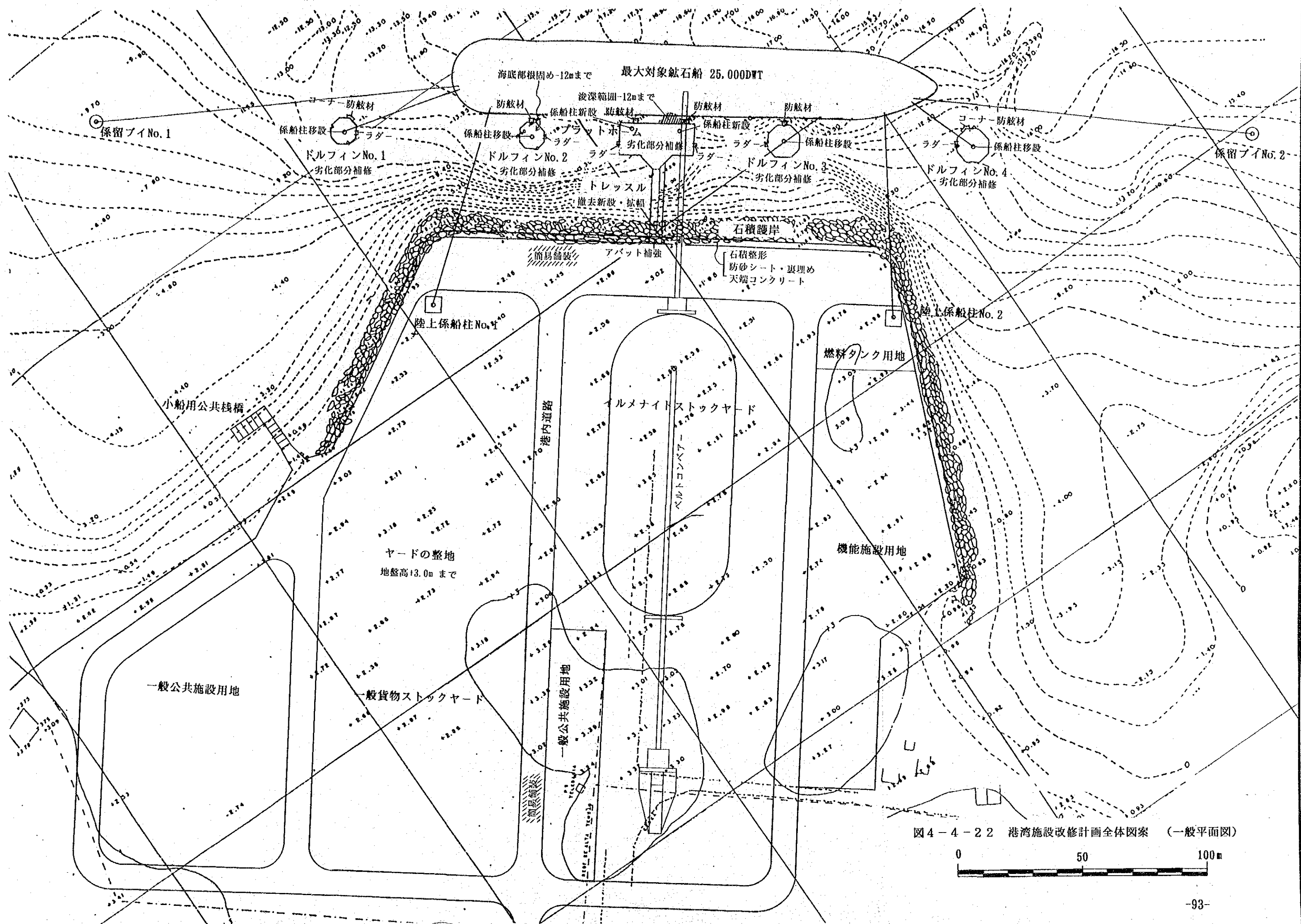


図4-4-21 鉾石船クラスと浚渫+イルメナイト輸送コスト(20年間)の関係



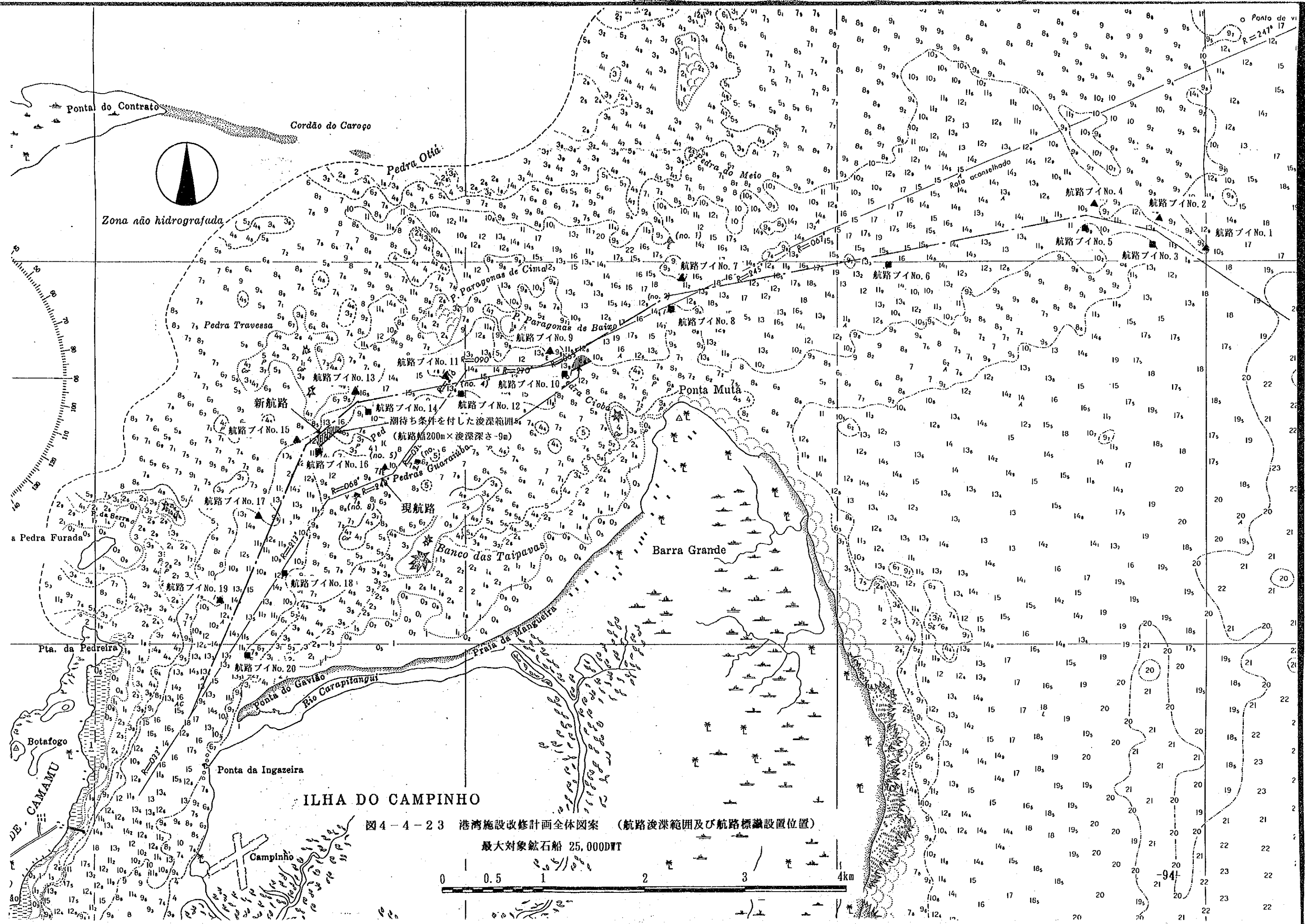


図4-4-23 港灣施設改修計画全体図案 (航路浚渫範囲及び航路標識設置位置)

最大対象鉱石船 25,000DWT

4.4.2 簡易診療所の基本設計

(1) 診療所の必要性

ポントドムタの2ヶ所の巡回診療所は、医師1名が週1回診療業務にあたるという限られたもので、地域医療活動は不十分な状態にある。また、当地区は交通の便が悪く、隣接都市の医療機関を求めることも困難で、交通事情が地区住民から医療機会を奪っている。

このような地域に計画する職域診療所は、当然、地域社会の医療施設としての役割も果たすことになる。地域住民と企業従業員の、日常の健康管理・疾病管理を担う診療所の建設は、企業の社会的評価と地域の便宜を示すことになる。

(2) 位置の設定

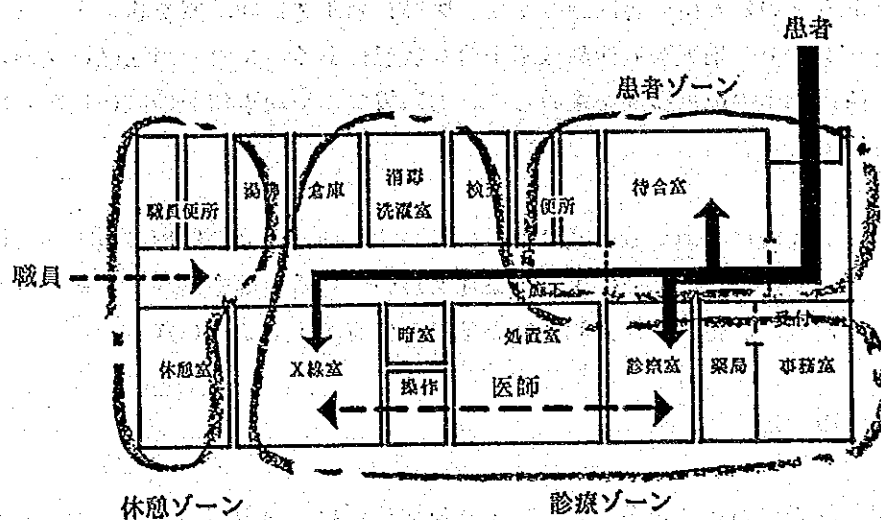
鉱山開発計画において選定されたスタッフ居住区は、周辺村落からは独立した地区的生活圏となる。したがって、診療所は居住区を構成する施設として配置計画をする。設定位置は、職域診療所としての性格から、鉱山事業所に近い、スタッフ居住区の一画とする。図4-4-25に、計画診療所位置を示す。

(3) 規模の設定

職域診療所は、事業規模から施設規模が導かれる。鉱山開発会社の当計画地での事業規模は、従業員・約100名と比較的小規模である。したがって、計画診療所は医師1名で一次医療サービスを担う施設と位置づけ、病室・手術室を持たない簡易診療所として計画する。

- ・ 診察室・処置室 一人の医師による診療スペースは、診察室・処置室を1ユニットと考えた場合、6.5 m×4.5 m程度とされる。ここでは、事業所からの急患に備え、処置室を広めに取る。
- ・ 待合室 本来の役割のほかに、小人数グループに対する衛生指導・栄養士同等の、地域保健活動にも使用できる広さとする。
- ・ 他の諸室は、標準的な広さとする。
- ・ 増築計画 将来、医師の増員等により、診療室その他を増設する場合に備え、ややゆとりのある廊下を中央に配し、廊下を延長することにより増設に対処する。

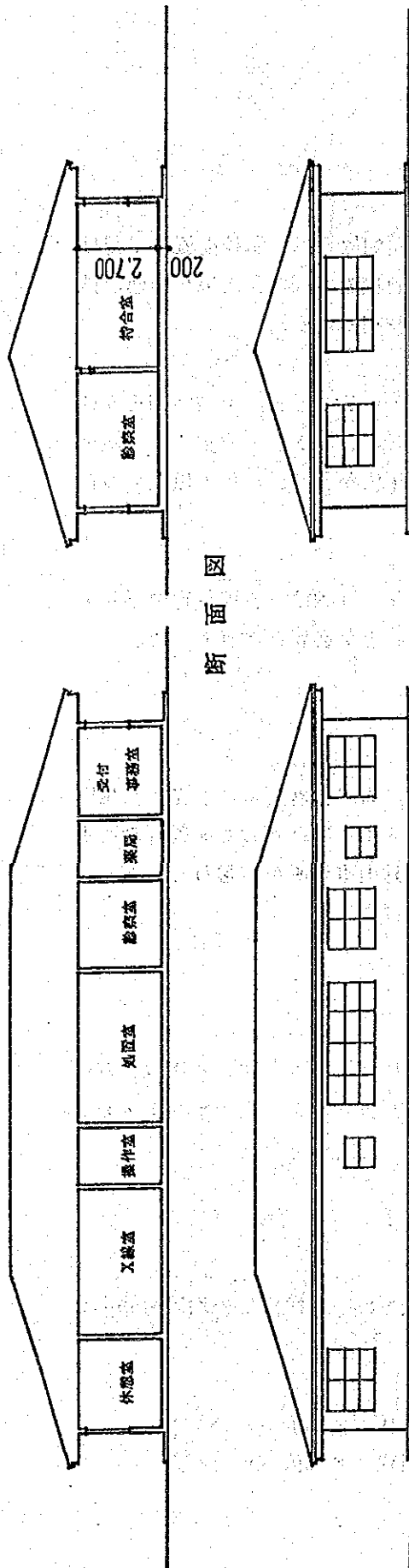
(4) 諸室の配置計画



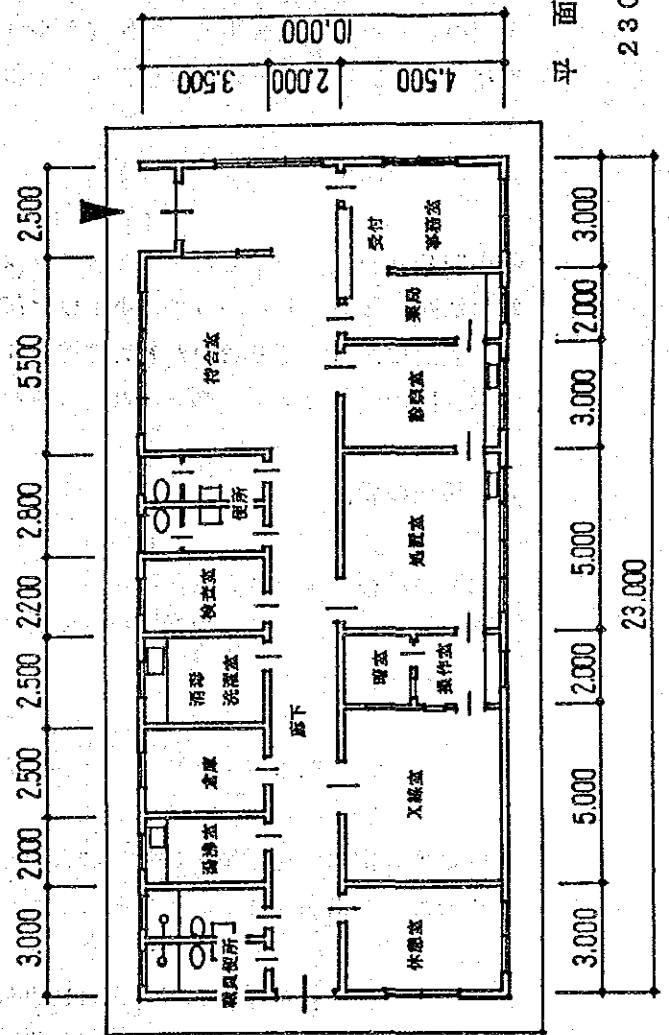
(5) 本計画図(図4-4-24)

構造：ブロック造・小屋組造、平家建、布基礎・直接支持

規模：230㎡



立面図



平面図

S=1:200

図4-4-24 診療所基本計画図

4.4.3 小学校の基本設計

(1) 小学校の必要性

図4-4-25で見るとおり、各地区にはそれぞれ小学校が配置され、学校配置に不足はない。したがって、計画小学校が4年生までの教育課程であれば、地域への建設効果はなく、企業従業員家族のための専用施設という役割になる。

3地区の学齢児童(1~4年生)はほぼ全員が就学していること、海上2時間をかけて対岸カラム市の上級小学校に通学するものがあること、マラウ市で唯一の上級小学校へは交通手段がなく通学できないこと等の地域事情からは、5年生以上の教育機会が要求されている。

上記のことから、地域住民への便宜を盛り込んだ小学校計画は、義務教育全学年・1年生から8年生までの教育を実施する施設であることが必要とされている。

(2) 位置の設定

鉱山開発計画において選定されたスタッフ居住区は、周辺村落からは独立した地区的生活圏となる。したがって、小学校は居住区を構成する施設として配置計画をする。設定位置は、落ち着いた教育環境とするため、鉱山事業所から離れた、スタッフ居住区の一画とする。図4-4-25に計画小学校の位置を示す。

(3) 規模の設定

鉱山開発計画によれば、他都市からスタッフ居住区に移転する従業員家族は、20組を予定している。居住区児童数は、家族数にバイア州統計値、3人を乗じて求める。

$$20\text{家族} \times 3\text{人} = 60\text{人}$$

学校規模設定用の学齢別人数は、60人の年齢別構成を0~14歳までの均等分布とした場合の、2倍とする。

$$\begin{aligned} 1-4\text{学齢} & (60\text{人}/15\text{世代}) \times 4\text{世代} \times 2\text{倍} = 32\text{人} \\ 5-8\text{学齢} & (60\text{人}/15\text{世代}) \times 4\text{世代} \times 2\text{倍} = 32\text{人} \end{aligned}$$

周辺3 地区から受け入れられるのは5 年生から8 年制都市、生徒数は1～4 年生の現在数の50% とする。これは、マラウ市人口構成費から推計すると、私立上級小学校には、市街部学齢人口の、約50% が就学していると見做せることによる。

3 地区生徒数 $169 \text{ 人} / 2 = 85 \text{ 人}$

・教室

バイア州学校設置基準の、1 教室40人以下、1 人当たり教室面積 $1.4 \sim 1.5 \text{ m}^2$ から次のように教室規模を設定する。

心々寸法 $7.0\text{m} \times 8.0\text{m}$ (正味教室面積 53.04m^2)

収容生徒数 標準 35 人 最大 37 人

1 ～4 年生用と5 ～8 年制用の教室は、別々に設けることとして、教室数を設定する。

初級学年 (1 ～4 年生) 32 人 1 教室 複式学級

上級学年 (5 ～8 年生) 32 人 + 85人 = 117 人

2 教室 複式学級・複式授業

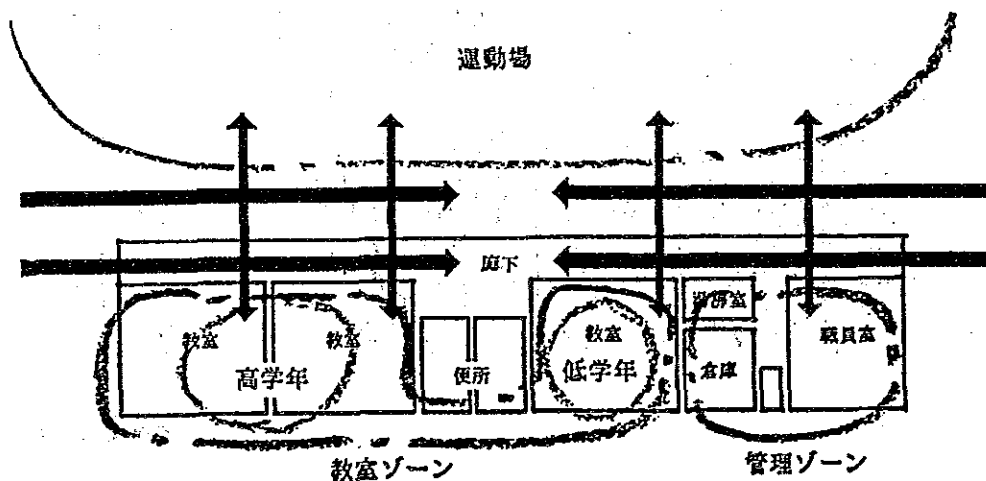
・職員室

本来の役割の他に、事務室・応接室・保健室・図書室等の管理関係諸室に対応する機能を、小コーナーとして設置できる広さとする。

・増築計画

人口増及び就学率の向上に伴う、生徒数の増加に対応できるよう、校地はゆとりある面積とする。

(4) 諸室の配置計画

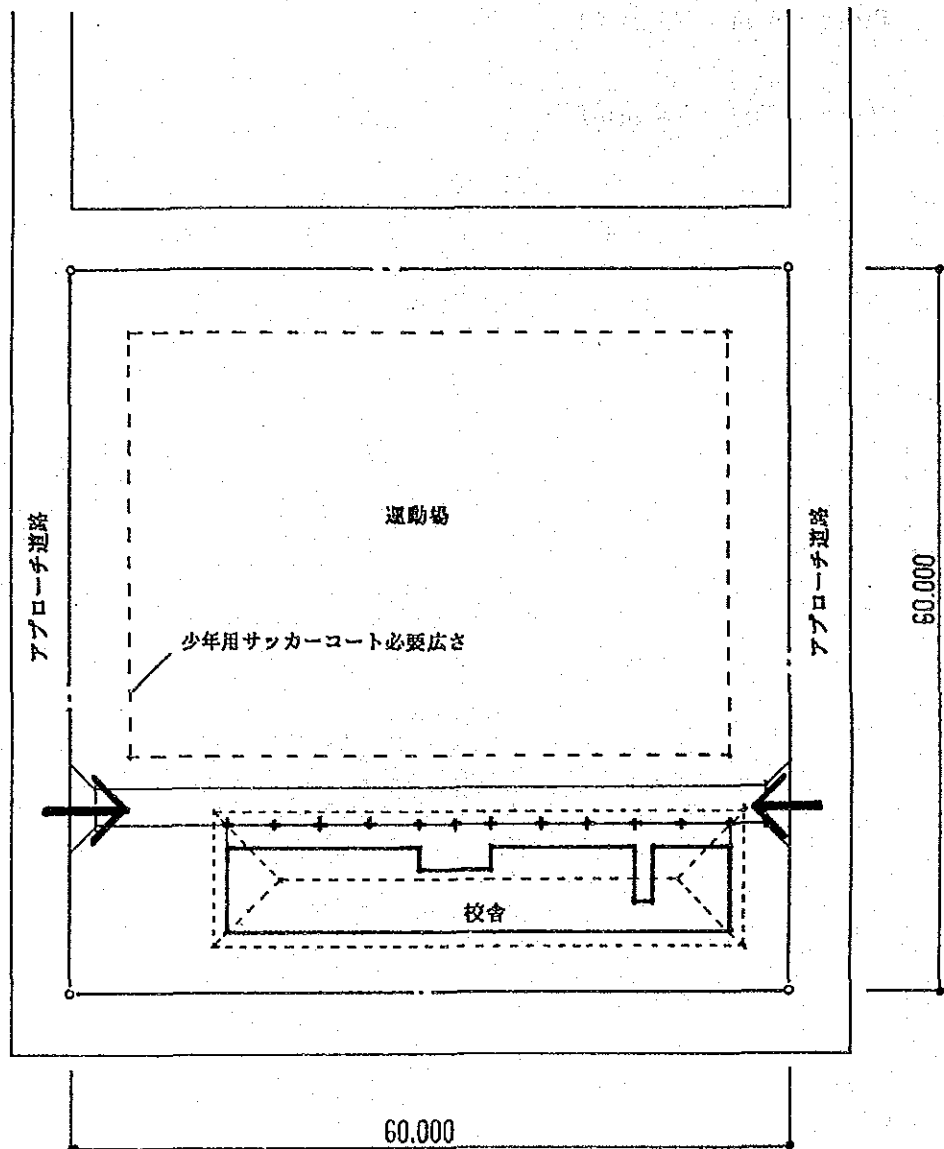


(5) 基本計画図 (図4-4-26、図4-4-27)

構造：ブロック造・小屋組造、平家建、布基礎・直接支持

規模：378 m² (3 教室)

(注) アプローチ道路は仮定。



配置図 S=1:600

図4-4-26 小学校全体配置図

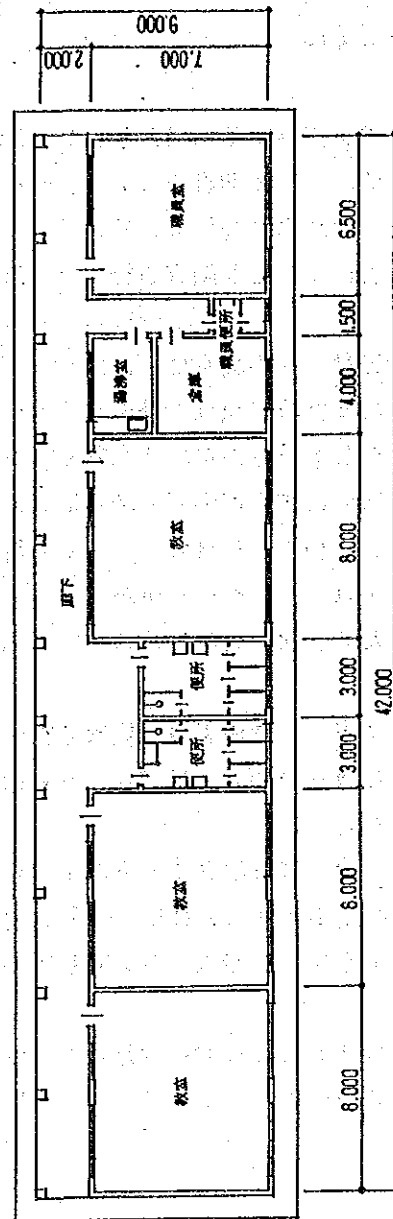
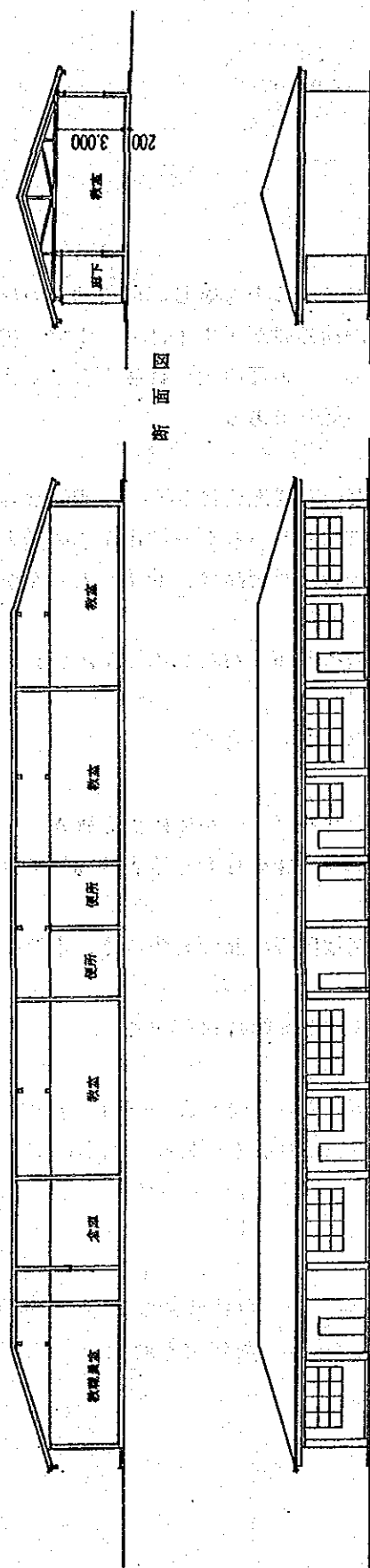


図4-4-27 小学校基本計画図

S=1:200

4.5 施工計画

4.5.1 建設事情及び施工方針

(1) 建設事情

本計画を実施するに当たり、計画地が都市から離れてる点を考慮し、周辺地域の建設事情について調査を行った。特に本改修計画は港湾建設が工事主体で、中でも劣化した構造物の補修等特殊な技術が要求されるため、この種の工事経験を有する建設業者についても調査を行った。調査結果は以下の通りである。

建設資材： 当調査地区には家屋があるほかは主だった構造物はなく、一般的な建設資材及び機器類は近隣のカラム市、イタブナ市またはウバイターバ市からの搬入に依存しているのが現状である。セメント、鉄筋等の工業製品は、サルバドールから近隣の各市を経由して調査地区に持ち込まれている。

また、砂利や木材はカラム市でも得られるが、輸送の問題（海路で水深が浅い）から大半はウバイターバ市から入っている。

このため、建設資材は他の地区に比べて若干割り高な傾向がある。

建設業者： 港湾工事の経験を有する建設業者は、サルバドールに拠点を置き、その数は今回の調査では 8社、うち補修工事等の特殊な技能を有する業者は 3社を確認した。

これらの業者は現在でも港湾工事に従事し、当調査地区の状況にも明るく、本改修工事を施工することに対して何等问题はない。

重機等を現場へ搬入するに際しても、サルバドールは地理的有利さがある。

建設コスト： 1990年 8月時点で収集した建設単価の主なものを表 4-5-1に示す。これらの単価は、サルバドールの建設業者数社より見積り引き合いをしたものである。

表 4-5-1 建設関連単価一覧

1990年8月時点

種 類	単 価	備 考
(材料費)		
練りコンクリート	25,000 Cr\$/m ³	
水中コンクリート	26,000 Cr\$/m ³	
セメント	330 ~ 430 Cr\$/Bag	
砂	800 Cr\$/m ³	
骨材	2,000 ~ 2,400 Cr\$/m ³	サルバドール市場価格
コンクリート杭		(サルバドール→サイ
φ 500 ~ 600	10,000 ~ 13,000 Cr\$/m	トのプレートは含ま
鉄筋	90 ~ 135 Cr\$/kg	ず)
ベニヤ板	120 Cr\$/m ²	
石材	1,500 Cr\$/m ³	
鉄板	55 Cr\$/kg	
埋立土砂	600 ~ 700 Cr\$/m ³	
(工事費)		
型枠工	4,000 Cr\$/m ²	
コンクリートはつり	3,500 ~ 3,800 Cr\$/m ³	
鉄筋加工組立	80 ~ 90 Cr\$/kg	
エポキシ注入工 (材工)	18,000 ~ 20,000 Cr\$/kg	
浚渫 (空気式)	7,000 Cr\$/m ³	サルバドール標準価格
コンクリート打設	6,300 Cr\$/m ³	(施工条件により変動
コンクリート杭打設	15,000 Cr\$/m	あり)
石材設置 (材工)	6,000 Cr\$/m ³	
埋立工 (材工)	1,850 Cr\$/m ³	
足場工	800 Cr\$/m ²	
病院棟建設費 (材工)	60,000 Cr\$/m ²	
学校舎建設費 (材工)	43,000 Cr\$/m ²	

(表 4-5-1 続き)

種 類	単 価	備 考
(建設機械リース料)		
コンクリートミキサー	720 ～ 900 Cr\$/day	
ペイローダー	42,000 Cr\$/day	
ブルドーザー D-6	100,000 Cr\$/day	
台船 500ton	30,000 Cr\$/day	サルバドール標準リース料
クローラクレーン		(オペレーター、燃料含む)
50ton	136,000 Cr\$/day	
杭打機 D-25 ～ D35	24,000 ～ 30,000 Cr\$/day	
杭打台船	10,000 ～ 13,000 Cr\$/day	
バックホー	55,000 Cr\$/day	
トラッククレーン	47,000 Cr\$/day	
(労務賃金)		
世話役	54 ～ 70 Cr\$/day	
鉄筋工	70 Cr\$/day	
一般作業員	37 Cr\$/day	
型枠工	70 Cr\$/day	サルバドール標準賃金
電気工	70 Cr\$/day	(日当は別途)
ドライバー	70 Cr\$/day	
重機オペレーター	54 ～ 70 Cr\$/day	
溶接工	70 Cr\$/day	