

港灣技研資料

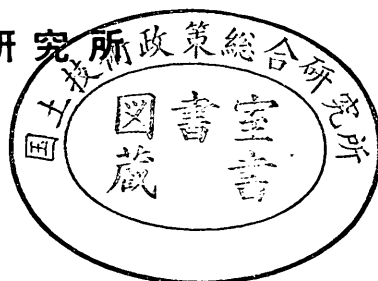
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 115 Mar. 1971

殘留水位測定調査

古土井 光 昭
片 山 猛 雄

運輸省港灣技術研究所



残留水位測定調査

目 次

要 旨

1. ま え が き	3
2. 現在の残留水位に対する考え方と調査の必要性.....	3
3. 残留水位調査の方法〔残留水位調査要領〕	4
4. 調査港湾ならびに構造物.....	9
5. 測 定 記 録	45
6. 測定結果の考察.....	47
6.1 岸壁背後水位と前面潮位	47
6.2 岸壁背後水位の減衰	98
6.3 岸壁の透水性.....	100
7. 残留水位におよぼす他の要因に関する検討.....	104
8. ま と め	105

残留水位測定調査

古土井 光 昭*
片 山 猛 雄**

要 旨

けい船岸等の設計条件の一つである残留水位の合理的な決定法の確立の必要性については、第17回直轄技術研究会等においても強調され、2, 3の実測例もあるが、いまだ経験則の域を脱していない。昭和44, 45年にわたって、港湾構造物の設計の基本的問題の解明および設計法の改良の一環として既設のけい船岸で岸壁背後水位を実測し、残留水位に影響をおよぼす要因を分析することによって、合理的な残留水位の決定と、現在の設計基準値の妥当性の検証を企てた。岸壁前面および背後水位の測定は、全国主要地域に、構造形式、潮差、水深別に26の調査施設を選定し、現地の開発局、建設局および工事事務所の御協力により測定を実施した。測定記録の整理、解析の結果、つぎのことが明らかになった。

1. 設計に用いる残留水位として、矢板式構造の場合現在の設計基準値(潮差の $\frac{2}{3}$)はほぼ妥当な値を与えている。ただし、岸壁背後地下水位が高い場合、危険側になり、このため、背後地下水位に応じた設計水位の決定が必要である。重力式構造の場合、建設直後は、重力式構造のもつ良透水性のため、背後水位は設計水位よりもはるかに低いが、経過年数の増大とともに透水性が悪化し、背後水位が高くなっている。これは岸壁の裏込め、基礎捨石部への埋立て土砂による埋めもどし、岸壁前面からの土砂の基礎捨石部への侵入等によるものと思われる。したがって、これらの埋めもどしによる透水性の悪化を防ぐ措置を何んらかとることによって、良透水性を維持することも可能であり、特に潮差の大きな港湾に建設する場合は、透水性を維持する努力に応じて、現在の設計基準値(潮差の $\frac{1}{3}$)よりも低く設計残留水位をとることも可能であると思われる。
2. 岸壁の透水性を示す方法および指標が示された。これによれば、矢板式の場合、その透水性は、矢板壁の透水性によって決定され、透水係数は矢板の種類にかかわらず $1 \sim 6 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ である。一方重力式の場合その透水性は、主として基礎捨石層の厚さと長さおよび透水性によって支配されている。

以上の結果、設計に用いられる残留水位の決定と設計施工上に注意すべき事項が明らかになった。

1. ま え が き

港湾構造物の設計条件の一つである残留水位高は、けい船岸等の透水性を目安として、経験的に決められてきた。また、その経験則が設計上の一つの基準となっている。¹⁾ 残留水位が設計上問題となるのは、構造物前面の潮位に較べて、構造物背後の水位が高い場合であり、その水位差が外力として構造物に作用する場合である。したがって、その水位差の最大値を問題にすればよいことになる。このような構造物前後の水位差による残留水圧——前面の潮位が低まっているにもかかわらず背後の水位が高い状態に留まっているという意味を含めてこう呼ばれている——は、同じく構造物に作用する土圧と一体に水平外力全体として考慮されるべきであるが、ここでは、残留水圧のみに注目し、設

- * 設計基準部 設計基準課
- ** 設計基準部 設計基準課長

1) 日本港湾協会 港湾構造物設計基準 2-10-10

計上見込まねばならぬ残留水圧、したがって水圧を与える残留水位について検討する。

なお、本資料の作成は設計の基本的問題の解明のための作業の一環として、港湾事業調査・設計条件調査(残留水位の測定)として実施された。本資料に記載されているデータは、北海道開発局、1~5港湾建設局によって測定されたものである。また、種々の事情により、現在、調査は続行中であるが、一応ここに、現在までに得られた成果を報告する。残りの成果を加えて、改めて、とりまとめたい。この調査実施にあたって多大の御協力を賜った関係各位に、心からの感謝をささげるものです。

2. 現在の残留水位に対する考え方と調査の必要性

港湾構造物設計基準によれば、

「裏込めを有するけい船岸で裏込め内の水位と前面の水位との間に水位差を生ずる場合には、設計に際し、式

(2.1) で示される残留水圧がけい船岸に作用するものとする。

$0 \leq y < h_w$ のとき

$$P_w = \gamma_w y$$

$h_w \leq y$ のとき

$$P_w = \gamma_w h_w \quad (2.1)$$

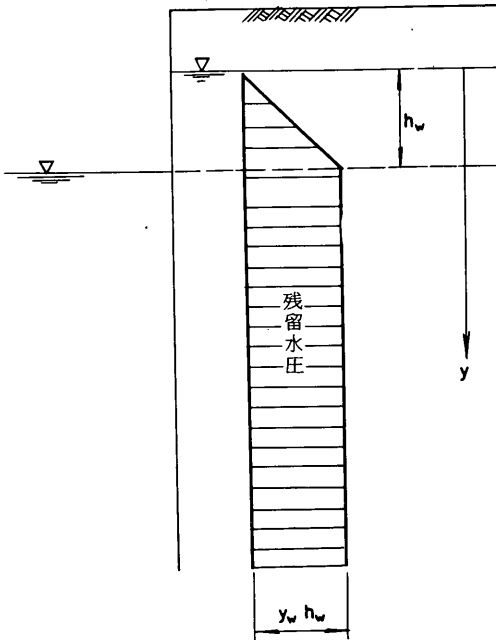


図2-1 残留水圧

ここに

P_w : 残留水圧 (t/m^2)

h_w : 裏込め内の水位が前面の水位よりも高い場合で最大の水位差(m)

y : 裏込め内の水面から残留水圧を求める点までの深さ(m)

γ_w : 水の単位体積重量 (t/m^3)

h_w の大きさは壁体の排水の良否、潮位差などによって異なるから、付近の類似の構造物について調査することがのぞましい。

重力式けい船岸で裏込めおよび基礎割石、構造物の継手などによって透水が容易である場合には考慮する必要はないが、粘性土の場合や、とくに排水不良な構造物の場合には考慮する必要があり、通常 h_w は前面潮位差の $1/3 \sim 2/3$ をとる。」となっている。

設計の際に用いられる残留水位というのは、上の h_w を LWL 上にとった高さであり、前面潮位差としては当該港湾の ($HWL - LWL$) をとり、一般には

重力式けい船岸では ($HWL - LWL$) $\times 1/2 \sim 1/3$

矢板式けい船岸では ($HWL - LWL$) $\times 2/3$

がとられている。特別の場合でないかぎり、決定のための調査はおこなわれていないようである。

現在の設計基準にしたがって、構造物におよぼす残留水位の影響を計算してみると、例えば 5.5 m 岸壁で天端高 + 5.0 m, $HWL + 4.00$ m, 上載荷重 $1.5 t/m^2$, 内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$, 裏込めの単位体積重量 $\gamma = 1.8 t/m^3$, γ' (水中) = $1.0 t/m^3$ の条件で残留水位を HWL の $1/3$, $1/2$, $2/3$ にとると構造物に作用する外力は表のとおりとなる。

	$1/3 H = 1.3 m$	$1/2 H = 2.0 m$	$2/3 H = 2.7 m$
常時土圧	2 5.9 3 t	2 4.8 6 t	2 3.6 5 t
残留水圧	7.3 5 t	1 2.0 0 t	1 7.1 5 t
外力	3 3.2 8 t	3 6.8 6 t	4 0.8 0 t

構造物に作用する総外力中に、残留水圧のしめる割合は大きい。特に潮位差が大きく、水深の小さな構造物では土圧とコンパラブルに近い値をもつ場合もあこり、残留水位をいかに決定するかの影響は小さくないといえる。

経験則をふまえて、残留水位の合理的な決定のための調査の必要性は第17回直轄技術研究会(昭和41年)で確認された²⁾。昭和43年度には第4港湾建設局で管内7個所の構造物について調査がおこなわれた。先の直轄技術報告のまとめで述べられているように、全国的規模で統一した調査を実施することが問題の解決には有効であるので新たに、昭和44, 45年度の2ヶ年にわたって、全国26の構造物について調査を実施した。今回の調査の内、現地における測定施設の施工、測定は当該港工事事務所が担当し、調査方法の統一、測定記録のとりまとめを港湾技術研究所設計基準課が担当した。

3. 残留水位調査の方法

残留水位調査方法の統一のため、設計基準課の原案をもとに各局との協議、検討された結果がつぎの調査要領である。今回の残留水位調査はこの調査要領にもとづいて行なわれた。

[残留水位調査要領]

1. 目的

すでに第17回直轄技術研究会において指摘されているようにけい船岸におよぼす総外力中に占める残留水圧の割合は大きい。特に潮位差が大きい場合、その影響は顕著である。一方残留水位の実測例は非常に少なく、その測定方

2) 第17回直轄技術研究会報告(昭和41年)

法も簡単で結果の活用はほとんどなされていない。

残留水位におよぼす要因としては構造物の構造様式、構造物の目地材、基礎地盤、裏込め材料、埋立土の土質、潮位差、調査箇所的位置、背後の地下水位、降雨量などが考えられる。現行の港湾構造物設計基準では重力式けい船岸の場合、潮差の $\frac{1}{3}$ 、矢板式けい船岸の場合潮差の $\frac{2}{3}$ を標準とすることになっており、上述の要因がすべて加味されているとはいえない。

今回行なり調査は上述の諸要因と残留水位の関係を明らかにし、適当な残留水圧の算定の資料に供せんとするものである。

2. 調査箇所

原則として、法線直角方向に4点とする。(セル式けい船岸においては5点)すなわち、

① 岸壁前面

前面潮位を測定する。調査港湾内に検潮所がある場合でも、潮位の変化は地形の影響をかなり大きくうける、他の測定点の記録との相関を見ることが重要である等の理由から、前面潮位の観測は必要となる。

② 法線最近点

出来るうかぎり法線に近い地点を選ぶ。重力式岸壁等裏込め部を有する構造においては測定管は裏込め部に貫入させる。セル式けい船岸ではセル内、アーク部内2箇所とする。

③ 土圧作用面付近

矢板式けい船岸では法線より5~6mの地点、セル式けい船岸ではセル背後1~2mの地点、重力式けい船岸では裏込め部直背後の地点とする。

④ 岸壁背後(法線より20m程度)

岸壁背後の地下水を測定しようとするもので出来るうかぎり法線よりはなれた地点とするが、現状では法線より20m程度が適当である。

横さん橋式けい船岸では土留構造物の形式によって上に示した箇所を選ぶ。

測定管設置位置は図3-1に示す。

なお図中の距離は標準的なもので調査けい船岸の状況に応じて変更されたい。

3. 測定期間

- 1地点の測定期間は3ヶ月間とする。
- 測定期間中、毎月朔望の日から(朔望の月を含む)5日間連続観測を行う。
- 測定期間中豪雨があった場合は次の1日間連続観測を行う。(ただし、エプロン舗装をしている場合のみ)
- 各調査対象けい船岸の測定において、測定期間中には必ず、秋、春季大潮差時を含むようにし、各建設局におい

て、調査スケジュールをたてる。

今年度の測定は秋季の大潮差時を測定しうるよう9月下旬(24日が満月)から開始するものとする。したがってそれ以前に予備観測を行い、測定機構の点検を行い、不備な点は除去するように努める。

- 3ヶ月間の観測が終れば、他の調査地点に計器をうつし、観測をつづけ、おそくとも45年10月までには全調査地点において観測が終了するようにする。
- 測定計器の選定において、たとえば、自記記録器のように、1ヶ月間連続観測が可能なものについては長期連続観測を実施されたい。この場合あるいは上の5日間連続観測の場合においても、観測中の測定機器のいたずら等による故障にそなえるため、1日1回は点検を行なっていただきたい。点検時には必ずその時刻における測定管内の水位を簡易水位計、ふりさげ等で実測し、記録計の読みとのチェックを行うことが望ましい。調査港湾における調査のスケジュールは各建設局調設、開発局港湾建設課において調整決定されたい。

4. 測定方法

測定方法としては次の方法が考えられる。

1) 簡易水位計などを用いた人力による測定

連続観測を原則とするが、1時間4回以上の測定が可能であり、他の条件がこの方法による方がよい場合には、簡易水位計などを用いて人力で測定できる。

2) 自記水位計による測定

自記水位計はa)フロート型水位計 b)触針型水位計と2種の水位計が市販されている。

a)フロート型水位計: このタイプの水位計はフロートの昇降につれて、他端にバランスしたカウンターが降昇する。このためカウンターの昇降に必要な空間が必要で、最もよいのはエプロン上にその空間をとることである。このため計測器をエプロン上に突出して設置する必要がある。またフロートが管側面をひっかからぬように管を十分に太くすることが必要である。フロート型水位計の設置図を図3-2 a)に示す。

b)触針型水位計: フロートのかわりに水面を検出する検出器が水面を追尾するもので、このタイプのものではエプロン上に計測器を突出する必要がない。

したがって、荷役作業等のためにエプロンに突出して計測器が設置できない場合は触針型がよいが、エプロンへの突出が可能な場合にはフロート型が安価である。図3-2 b)に設置図を示す。

(計器についての詳細は参考文献3)を参照されたい。)

残留水位の測定は4~5の測定箇所にてたて込んだ測定用鋼管に自記水位計をとりつけ、それぞれを多チャンネル記

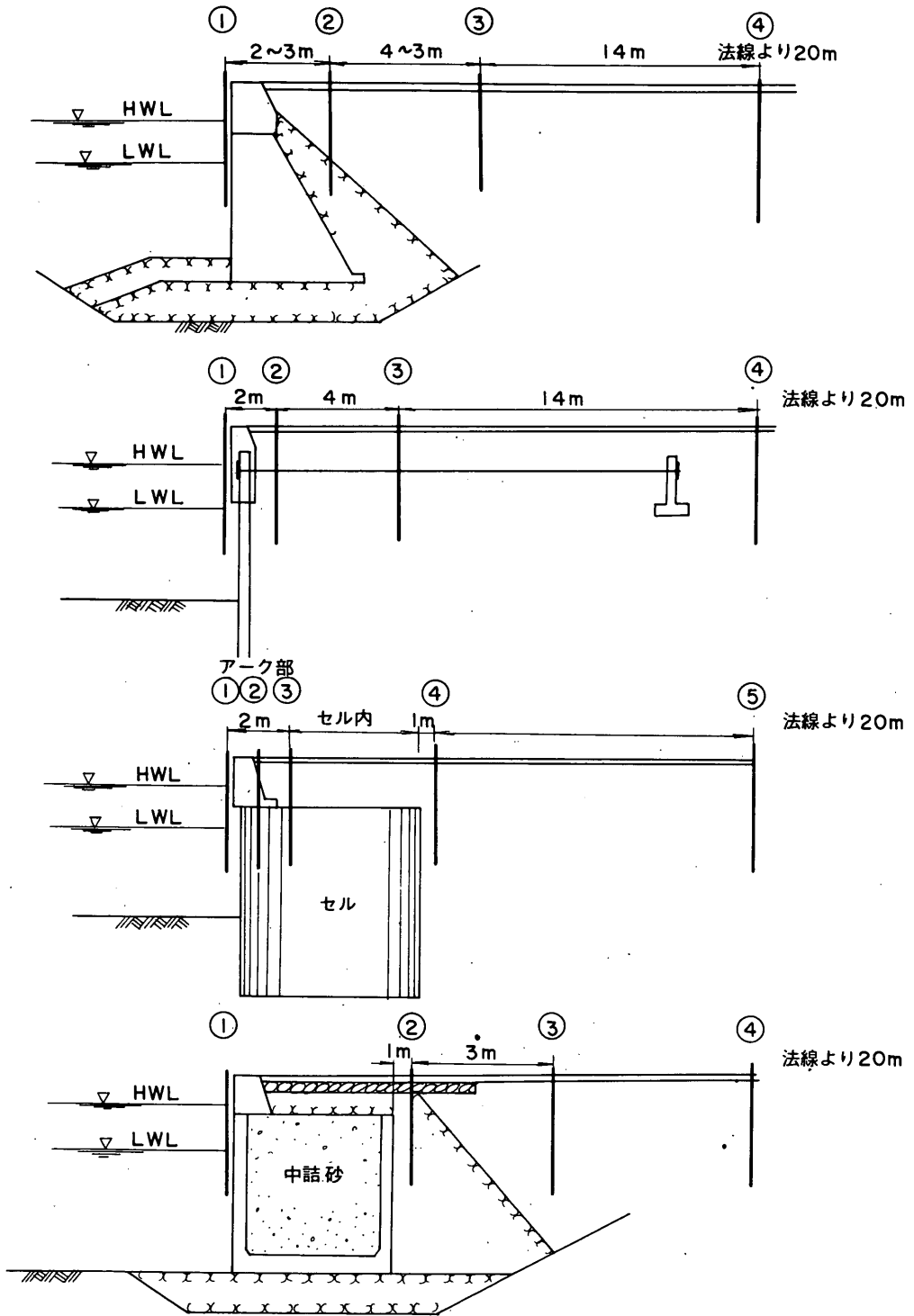


図3-1 測定管設置位置図

録計に接続し、同時記録をとるものとする。水位計、記録計等の計測器については4でその概略を示すが、共に打点式自記記録計を使用し、記録可能時間は a) の場合2日、b) の場合は30日となっている。a), b) の場合とも測定開始、終了後は勿論のこと1日1回以上の水位の実測(ふりさげ等を用いて)を行ない、記録紙上に表わされた自動記録とのチェックを行なわねたい。実際の測定においては、いたずら、停電あるいは機械の故障等の事故が予測されるので注意されたい。

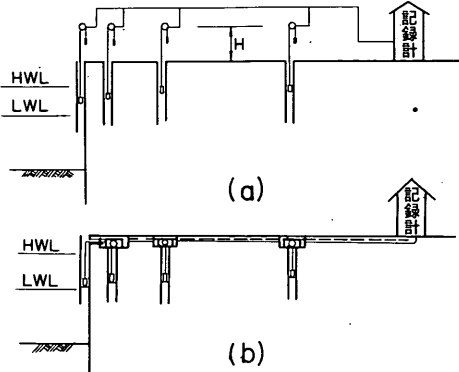


図3-2(a)(b) 水位計配置図

5. 測定孔たて込み鋼管、計測器

○測定箇所測定用鋼管のたて込みは次の順序による。

i) 外径200mmのコア・ボーリングを所定の深さ(L.W.L以下50cm)まで行う。砂地盤においてはベントナイトの使用等がなされるが、なるべくその使用を制限し、使用の際もその影響が残り、付近の透水性を乱さないように十分洗じょうするようにされたい。

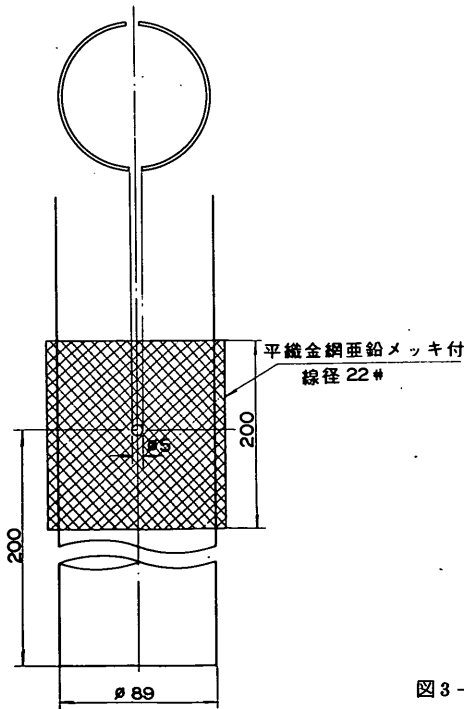
ii) コア・チューブを引き上げた後ストレーナをとりつけた測定用鋼管(一般構造用鋼管外径165.2mm×厚7.1mm STK 41)を垂直にたて込む。

iii) 測定用鋼管のたて込み後ケーシングパイプをひき抜き、ボーリング孔と測定用鋼管とのすき間及び管底に砕石7号(2.5~5mm)をつめ込み、測定孔付近の土砂のくずれや、測定管の側底面の局所的な目づまりを防ぐ。管底には5~10cmの厚さで敷く。

○前面潮位観測用鋼管は、たとえばΩ型のサポート用鋼板を用いて岸壁上部エコーピング部にビットをうち込んでとりつける。(4建門司港の例)鋼管のたて込みの深さは

前面潮位用管①.....L.W.L以下1m

前面潮位測定用ストレーナー



残留水位測定用ストレーナー

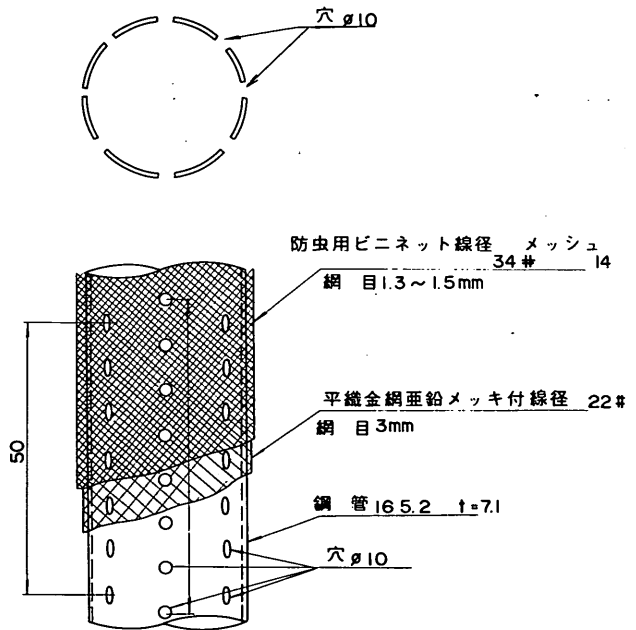


図3-3 ストレーナー

計算上のL.W.L(潮位表に記載)よりも実際上大きく差があると予測される場合1m以上にする。

法線後方②③④⑤測定管……L.W.L以下50cm以上

管周からの土砂の崩壊、管上部からのチリ・ゴミ等の降下による管底の上昇を防ぎ、管底からの水の侵入によって管底付近の土砂がかきみだされることの影響をなくするためこの程度の深さが必要となる。なおこの場合管内底には7号砕石を5~10cmの厚さに敷きつめること。

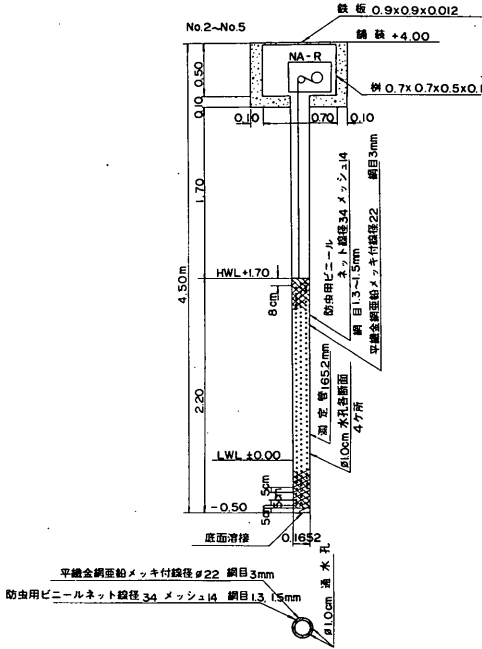


図3-4 測定管設置図

○ストレーナー

②③④⑤の測定用鋼管の外側には管外水位と管内水位の変化がよく一致するようにH.W.L以下の区間にはストレーナーを施す。

ストレーナーは図3-3に示すように、鋼管軸方向に5cm間隔、円周方向には八等分点に直径1.0cmの穴をドリルあるいは溶接用ガススポットで受け、管内外のバリをとった鋼管の周囲に線径#22網目3mm垂鉛メッキ平織金網を内に線径#34メッシュ14(網目1.3~1.5mm)の防虫用ビニネットを外側にまきつけ、鋼バンドでその外側からしめつけ管に固定する。

なお本調査期間後も長期にわたって観測を実施する港あるいは特にさびの発生が著しいと予想される港については硬質塩化ビニール管を使用することも考えられる。硬質塩

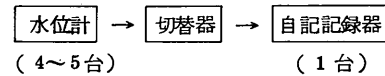
化ビニール管としては、一般管(V.P)呼称150mm外径165mm厚さ8.9mm長さ4mのものがあるが長さが不足する場合が起こりうるので、適当に継手をもうけられたい。

測定管のたて込み後、港内の既往の水準点を用いて、水準測量を実施し、測定管基準点の高さを正確に把握されたい。精度は±5mm程度とする。

また測定管相互の高低差は水位の読み取り誤差を±1cm程度におさえること、4建の調査から明らかなように各測定水位の相関が理論的にもとりあつかいするため、各測定管基準面の高低差は±2mm程度で求められたい。なおこの基準面は各港の基本水準面を±0.00とし、ふりさげ点の実測では±5mm程度の精度で水位を測定し、記録紙上の水位と比較されたい。

○計測器

a) フロート式自記水位計の場合



(S電機製の場合)

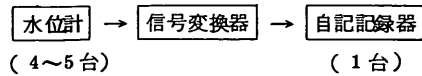
記録紙送り速度	6打点につき10mm/3分
記録紙の巾・長さ	120mm×12m
記録可能時間	60時間/1記録紙

計測の方法はつぎのとおりである。

水面の変動につれてフロートが移動し、フロートに取付けられているステンレスワイヤがオモリで引張られるので、それによってプーリーが回転し、この動きが歯車とそれに直列につながった全行程500cm、50cmの2つの摺動抵抗装置に伝達されて抵抗の変化に変換され、それが記録器に記録される。したがって1水位計の水位はcoarseおよびfine 2打点の読みで表わされる。4つの水位計を使用する場合打点は30秒間隔で記録されるため1サイクル4分間を要する。切替器は24接点を有し、1水位計に2接点を使用するので4水位計では8接点を使用、残りは空打ちをし、16打点外は0点を記録することになる。したがって、無駄をなくするため水位計から出たリード線を並列に3本に分け、4水位計からのリード線を8点結線した後、並列に水位計に接続したリード線を同様に順次接続すると、4水位計を使用する場合には、切替器の全接点を利用して、4分間隔で水位が測定出来る。5水位計の場合もこれに準ずるものとする、空打ち4点で6分間隔に記録がとり得ることになる。

3) 「土と基礎」講座委員会、地下水位の測定、土と基礎
Vol. 17, No. 11, P. 40~48

b) 触針型水位計使用の場合



(S製水位計の場合)

記録紙送り速度	25 mm/hr
記録紙有効巾×長さ	180 mm×20 m
記録可能時間	800 時間(30日)
記録範囲	0~5 m

水位計の検出器はモーターによって水面の昇降に追随するため、遠隔作動が可能となり、エプロン上に突出した部分をつくる必要がないように出来る。

なお、この場合の記録計は記録紙有効巾に全測定範囲を記録するため、潮差によって、記録紙のフルスケール1m, 2m, 3m, と測定範囲を変化させなければ、読み取り誤差が大きくなる。S社が一般的に製作しているものは、測定範囲0~5mのもので、記録紙は有効巾180mmを100等分している。このため1目盛は5cm/1.8mmで表わされるから、読み取りの精度を±1cm程度に保つためには、調査地点の潮差に合わせて、測定範囲を上記述べたように、しばらねばならない。計測器の選定に当たって注意されたい。

6. 収集資料

(1) 当該けい船岸の平面図(測定箇所併記)

上屋・倉庫等岸壁背後の施設、舗装、非舗装の状況が明らかであるもの。

(2) 当該けい船岸の標準断面図

測定箇所、鋼管たて込み深さ、背後施設併記

(3) 当該けい船岸の目地の方法、目地材

(4) 当該けい船岸の土質柱状図

建設年次が古く資料がない場合、基礎の土質状況が類推しうるもの。

(5) 当該けい船岸の置換材、捨石材、裏込材、埋戻し材の土質工学的特性(材質、粒径、透水試験結果等)

なお、測定管たて込みのためのポーリングの際、平均潮位付近で、サンプリングを行い、粒度分析、透水試験を行なう。砂の場合は適当に空隙率を一致させるようにして透水試験を行なう。

(6) 背後の地下水位

地盤沈下調査等でけい船岸背後の地下水位等を調査しているものがあれば収集する。

(7) 降雨量

測定2日前から測定期間中の降雨の状況、降雨量をもよりの測候所、学校等の記録により求める。なお、エプロン

舗装をしていない調査地点では特に、測定期間の天候、降雨については注意して資料を確保されたい。

(8) 残留水位、前面潮位の測定結果

4建の調査においても、水位(潮位)についてはその時間の変化が重要であることが明らかで、前面潮位の変化と背後の残留水位の変化の時間および高低差が相対的に明らかになるように、測定期間中全調査箇所について、1日1回程度(できるだけ多い方がよい)の実測を行い、記録紙上の記録水位とのチェックを行う。この時、チェックを行なった時刻は正確に記入しておく。

4. 調査港湾ならびに構造物

調査対象構造物は、残留水位におよぼす要因のうちから、主として、構造様式、潮位差、基礎地盤に留意し選定し、各局に調査依頼したが、現地の事情によって不適當、困難と思われるものについては類似の諸条件を有するけい船岸を改めて選定してもらった。調査構造物一覧を表4-1に示す。なお昭和43年度に4建が独自に行なった構造物も記載されている。図4-1は調査港湾分布図である。表4-2は潮位差、構造様式(水深別)に分類した一覧である。ほぼ、潮差別構造様式別に満足すべき分布であると思われる。なおこの表中、現在5構造物について調査が実施中である。

図4-2~4-34に調査構造物の設置位置図ならびに断面図を示す。

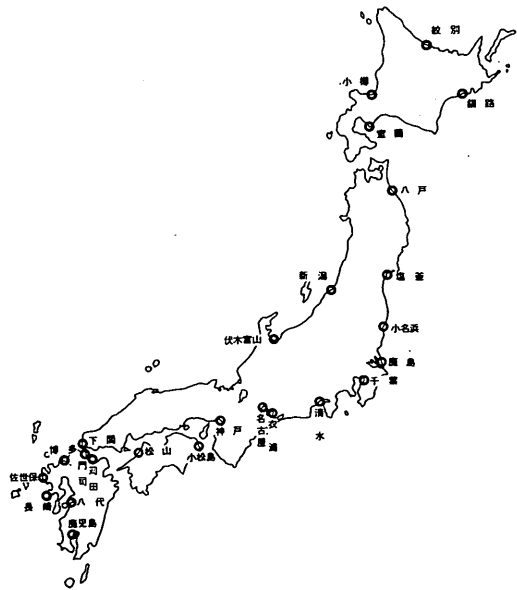


図4-1 調査港湾分布図

表4-1 残留水位調査構造物一覧

局 港 名	対象構造物 (水深)	構造形式	HWL	LWL	RWL	観測期間	水位計 種類	記録 状態
開発局								
室蘭	西2号ふ頭西側岸壁 (-7.5) ^m	ケーソン式	+1.55	±0.00	+0.50	45.9~12	触針型	◎
小樽	第3ふ頭9M岸壁 (-9.0)	ケーソン式	+0.40	±0.00	+0.20	44.9~11	触針型	○
釧路	南新ふ頭-7.5M岸壁 (-7.5)	ケーソン式	+1.50	±0.00	+0.50	45.6~10	触針型	◎
紋別	西ふ頭5.5M岸壁 (-5.5)	ケーソン式	+1.20	±0.00		46.4~	触針型	未
	第1船入間物揚場 (-3.0)	鋼矢板式	+1.20	±0.00		46.4~	触針型	未
1 建								
新潟	東港西側10M岸壁 (-10.0)	鋼矢板(Hボックス)式	+0.70	+0.15	+0.45	44.11~6	触針型	○
伏木	新湊10M岸壁 (-10.0)	鋼矢板式	+0.70	±0.00	+0.30	45.4~5	触針型	○
2 建								
千葉	10M岸壁 (-10.0)	横さん橋(ブロック土留)式	+2.00	±0.00	+0.70	45.4~6	触針型	○
鹿島	北航路護岸 (-5.5)	鋼矢板式	+1.40	±0.00	+1.00	44.9~12	触針型	◎
小名浜	4号ふ頭-6M岸壁 (-6.0)	ケーソン式	+1.40	±0.00	+0.50	45.8~11	触針型	◎
塩釜	貞山4号岸壁 (-7.5)	横さん橋(連続鋼管矢板土留)式	+1.50	±0.00	+1.50	45.8~11	触針型	◎
八戸	八太郎5.5M岸壁 (-5.5)	鋼矢板式	+1.50	±0.00	+1.00	45.3~8	触針型	◎
3 建								
神戸	摩耶ふ頭2突西側岸壁 (-10.0)	鋼板セル式	+1.70	±0.00	+1.00	44.10~3	触針型	◎
小松島	金磯9M岸壁 (-9.0)	鋼矢板式	+1.80	±0.00	+1.00	44.10~3	触針型	◎
松山	10M岸壁 (-10.0)	ケーソン式	+3.60	±0.00	+1.00	44.10~3	触針型	○
4 建								
下関	細江7.5M岸壁 (-7.5)	横さん橋(L型塊土留)式	+2.86	±0.00	+1.00	45.7~8	フロート型	○
門司	田野浦10M岸壁 (-10.0)	鋼矢板(組合せ矢板)式	+4.00	±0.00	+2.60	44.7~8	フロート型	◎
博多	中央ふ頭7.5M岸壁 (-7.5)	L型ブロック式	+2.23	±0.00	+1.00	44.102~ 12.31	フロート型	△
八代	外港ふ頭10M岸壁 (-7.5)	鋼矢板式	+4.30	±0.00	+2.00	45.4~6	フロート型	○
* 鹿兒島	新港南側7.5M岸壁 (-7.5)	鋼矢板式	+2.90	±0.00	+2.00	43.	フロート型	○
* 新港南側4.5M岸壁 (-4.5)	L型ブロック式	+2.90	±0.00	+1.00	43.	フロート型	○	
* 苅田	物揚場 (-3.0)	L型ブロック式	+4.20	±0.00		45.	フロート型	○
* 4.5M岸壁 (-4.5)	L型ブロック式	+4.20	±0.00		43.2~3	フロート型	△	
* 長崎	小ヶ倉地区5.5M岸壁 (-5.5)	L型ブロック式	+3.30	±0.00	+1.50	43.	フロート型	△
* 佐世保	前畑ふ頭10M岸壁 (-10.0)	セルラーブロック式	+3.30	±0.00	+1.10	43.1~2	フロート型	△
* 前畑ふ頭10M岸壁取付 (-10.0)	プレバクト式	+3.30	±0.00	+1.10	42.11~12	フロート型	△	
5 建								
名古屋	金城ふ頭西側10M岸壁 (-10.0)	鋼矢板セル式	+2.60	±0.00	+2.00	45.~46.2	フロート型	未
	第2稲永ふ頭北側岸壁 (-9.0)	鋼矢板式	+2.60	±0.00	+1.40	45.~46.2	フロート型	未
	第2稲永ふ頭物揚場 (-3.5)	自立鋼管矢板式	+2.60	±0.00	+1.40	45.~46.2	フロート型	未
衣浦	中央ふ頭東9M岸壁 (-9.0)	鋼管矢板式	+2.40	±0.00	+1.20	44.9~10	簡易水位計 (人力)	◎
	中央ふ頭西物揚場 (-3.5)	横さん橋(ブロック土留)式	+2.40	±0.00	+0.80	45.2~5	簡易水位計 (人力)	◎
清水	興津第2西側10M岸壁 (-10.0)	横さん橋(ブロック土留)式	+1.70	±0.00	+0.60	44.9~2	触針型	◎

* 4建が独自に実施した残留水位調査によるもの(昭和43年度)。

表 4-2 調査施設水深・潮差・構造形式別一覧

形式 水深 H/L	矢板式		連続鋼管式		セル式		ブロック式		セルラーブロック式		L型ブロック式		ケーソン式								
	-4.5m-4.5 未満	-7.5-9.0 以上	計	-4.5m-4.5 未満	-7.5-9.0 以上	計	-4.5m-4.5 未満	-7.5-9.0 以上	計	-4.5m-4.5 未満	-7.5-9.0 以上	計	-4.5m-4.5 未満	-7.5-9.0 以上	計						
0~1m		2												1	3						
1~2m	1	2	1	1*	1	1**	1	1*				1	1	1	2						
2~8m	1	1	2	1	2	1	1	2*				1*	1	1	3						
8~4m												(1)	1	1	4						
4m以上	1		1									1	1	2	8						
計	1	2	2	4	9	2	2	2	1	8	1	1	3	3	1	7	1	1	4	6	32
		(1)	(1)		(1)		(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(6)

(注) * : さん橋構造(水深は土留構造の法先水深で分類した)

() : 4 艇が独自に調査したもので内数である。

** : 鋼板セル式

f : フレバクトコンクリート式

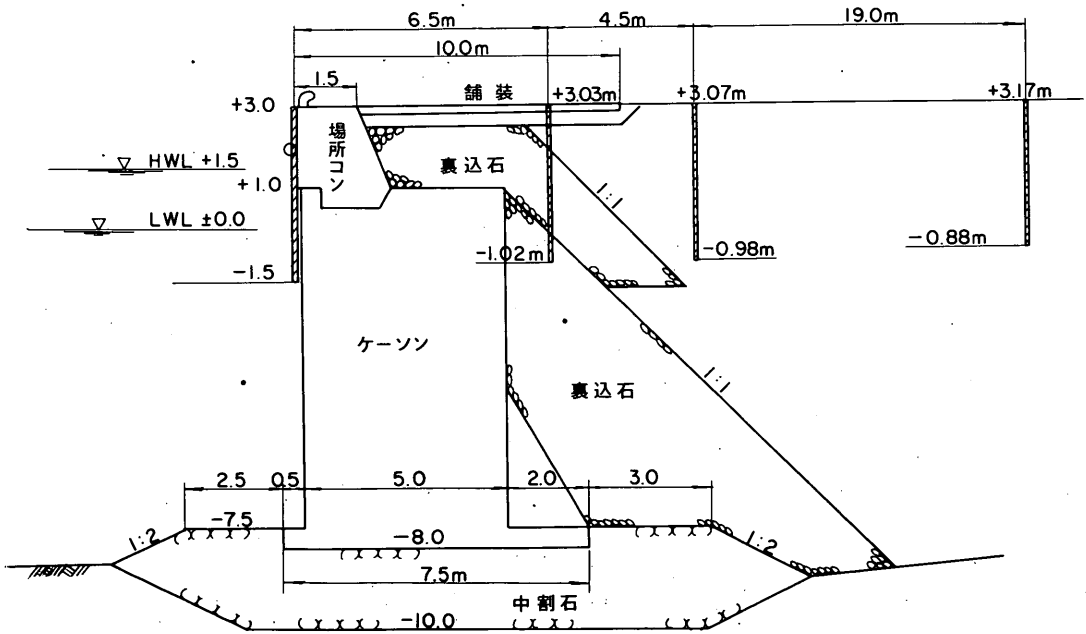
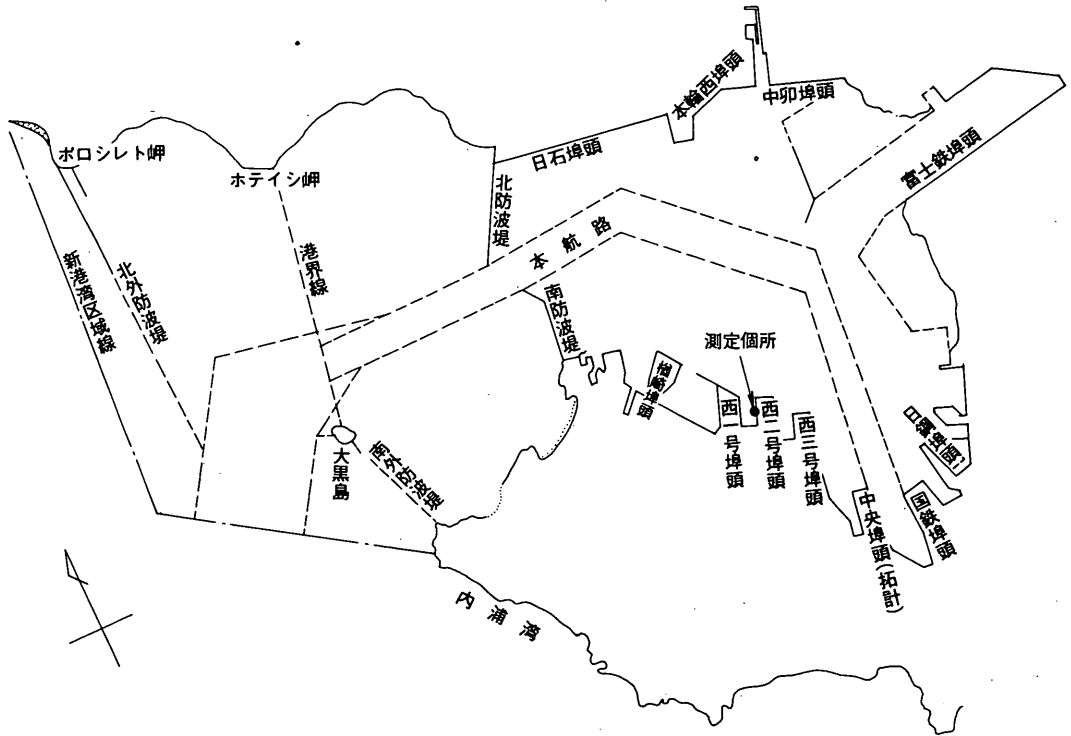


図4-2 室蘭港平面図および西2号埠頭西側岸壁断面図

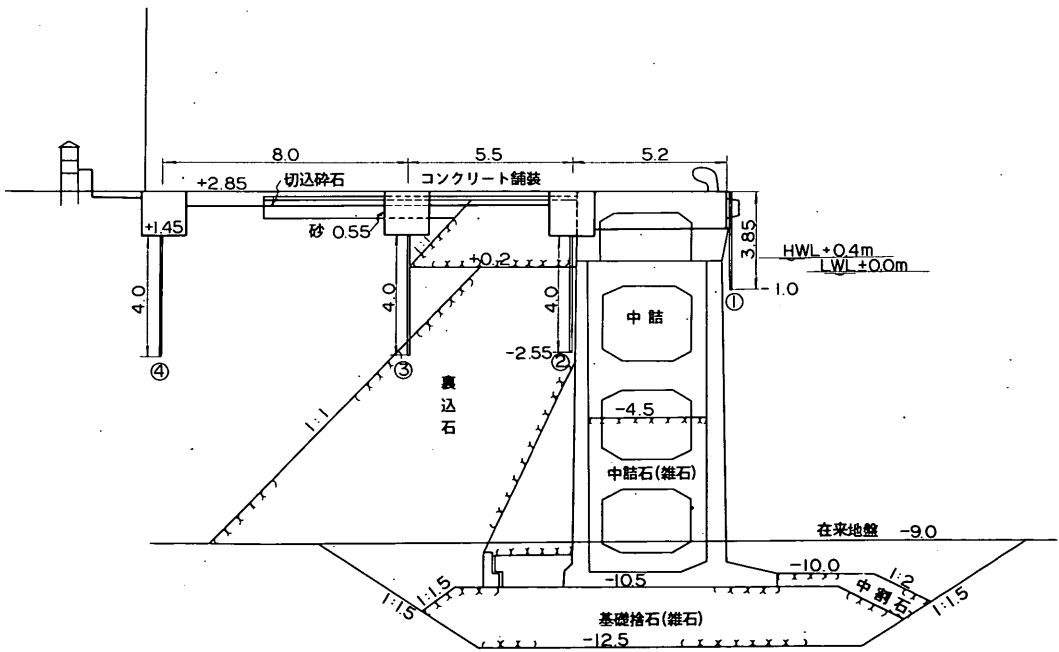
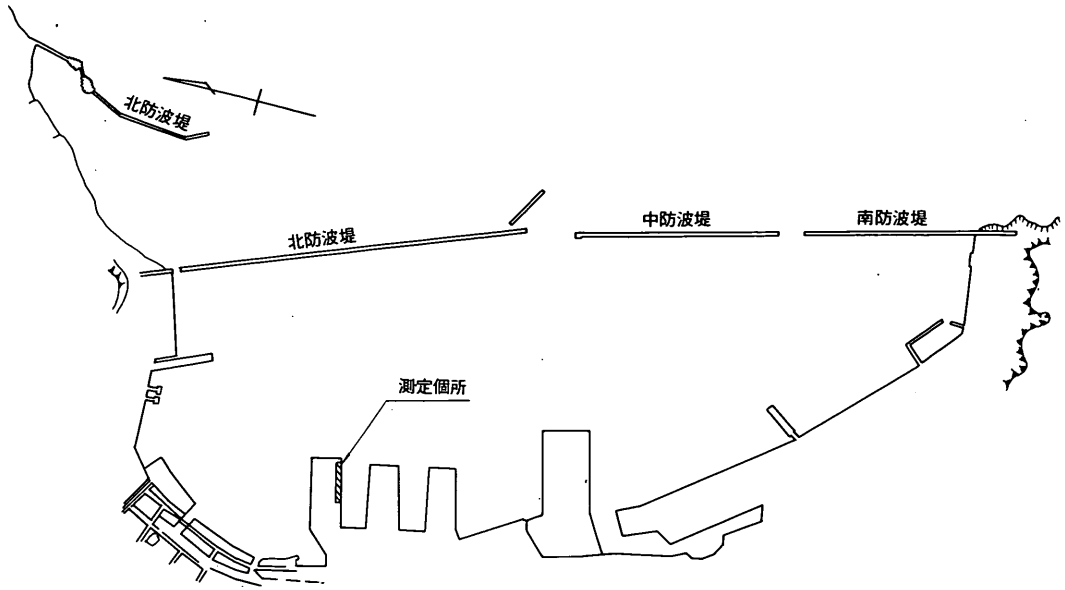


図4-3 小樽港平面図および第3ふ頭9M岸壁断面図

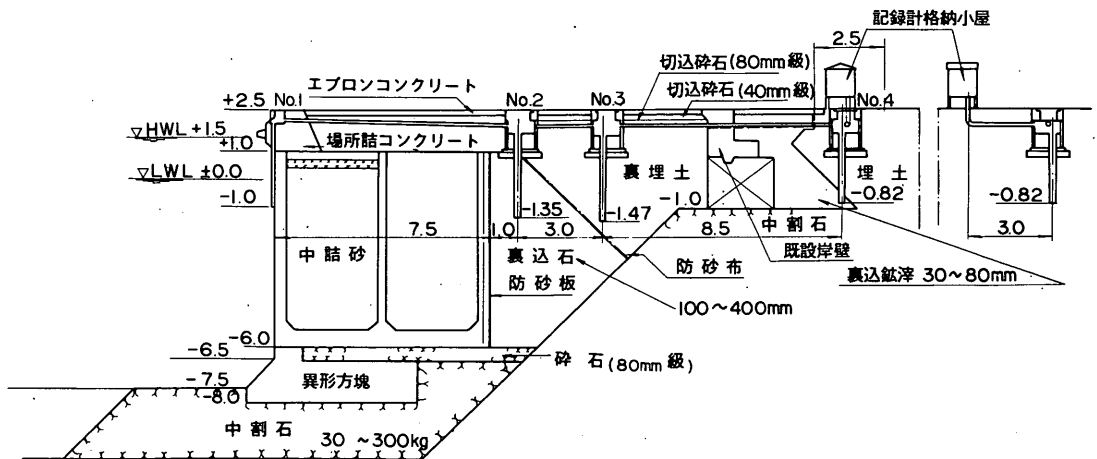
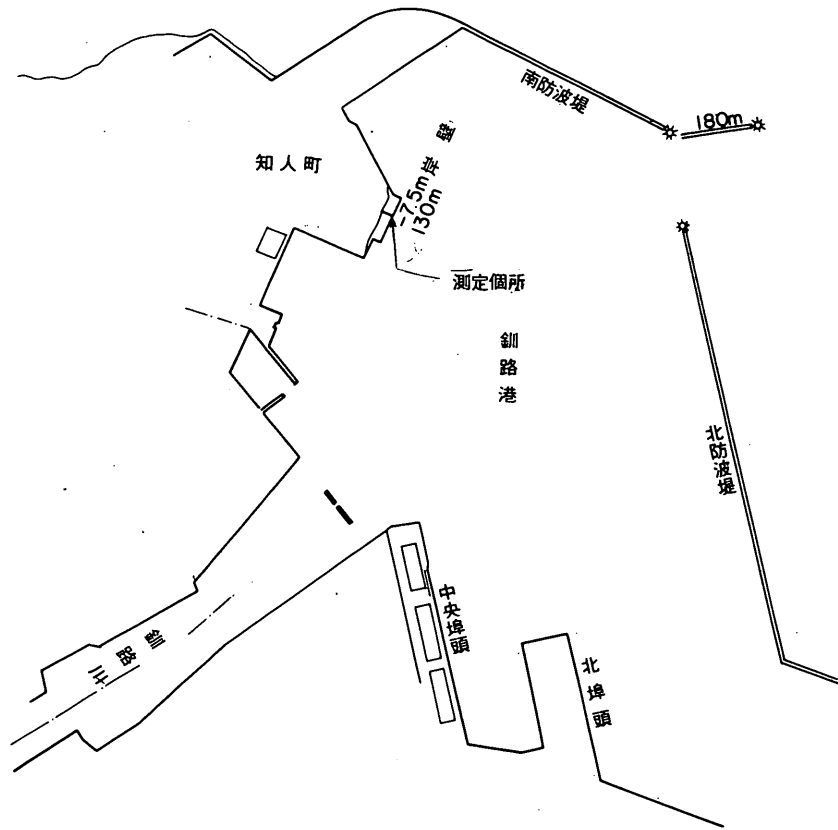


図4-4 釧路港平面図および南新ふ頭7.5M岸壁断面図

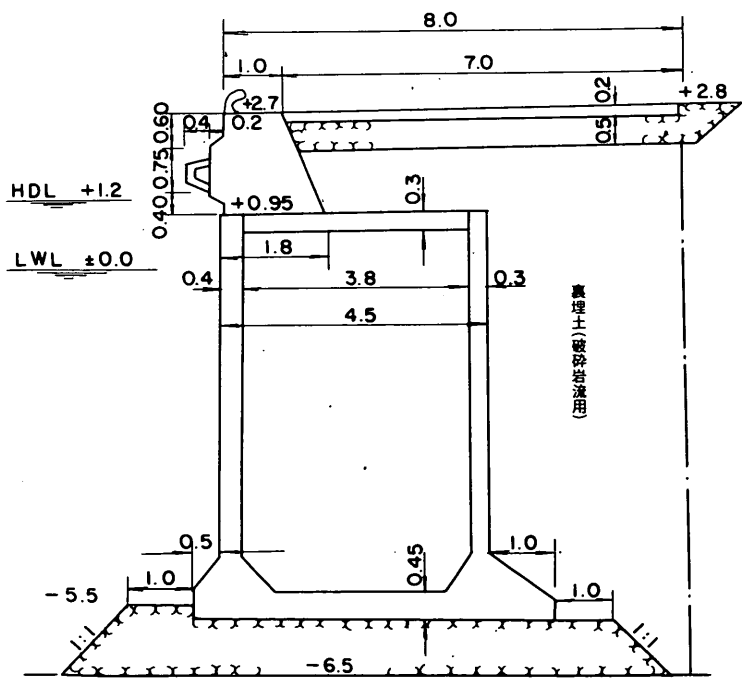
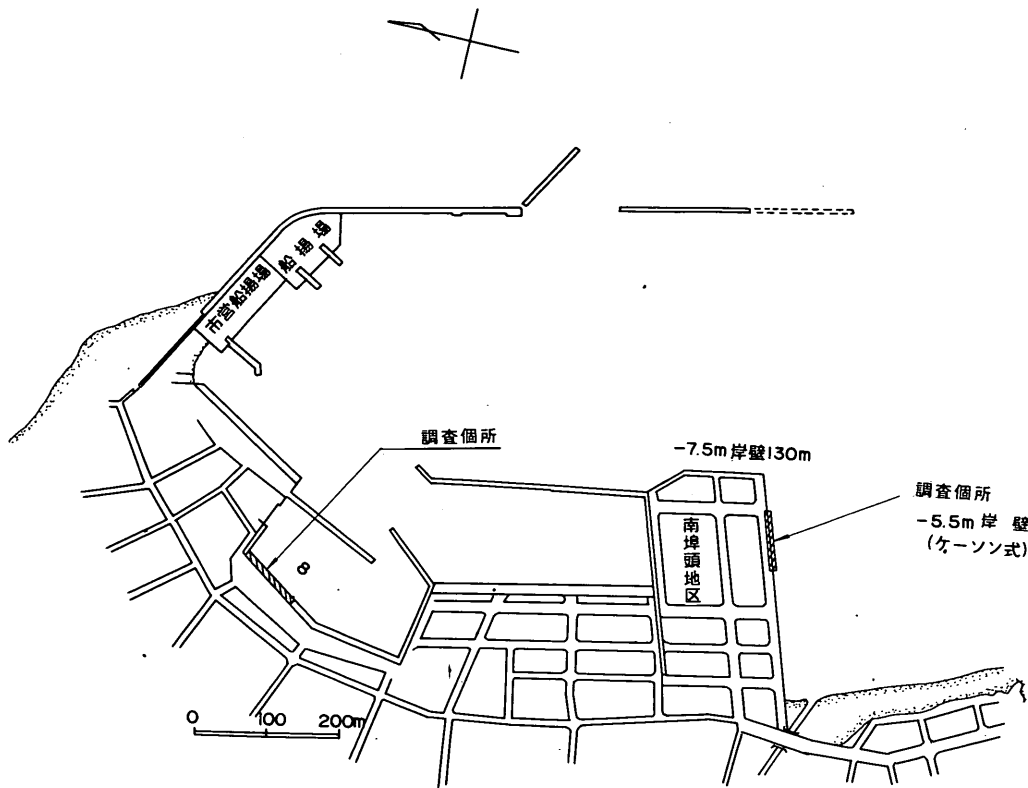


図4-5 紋別港平面図および西埠頭-5.5M岸壁断面図

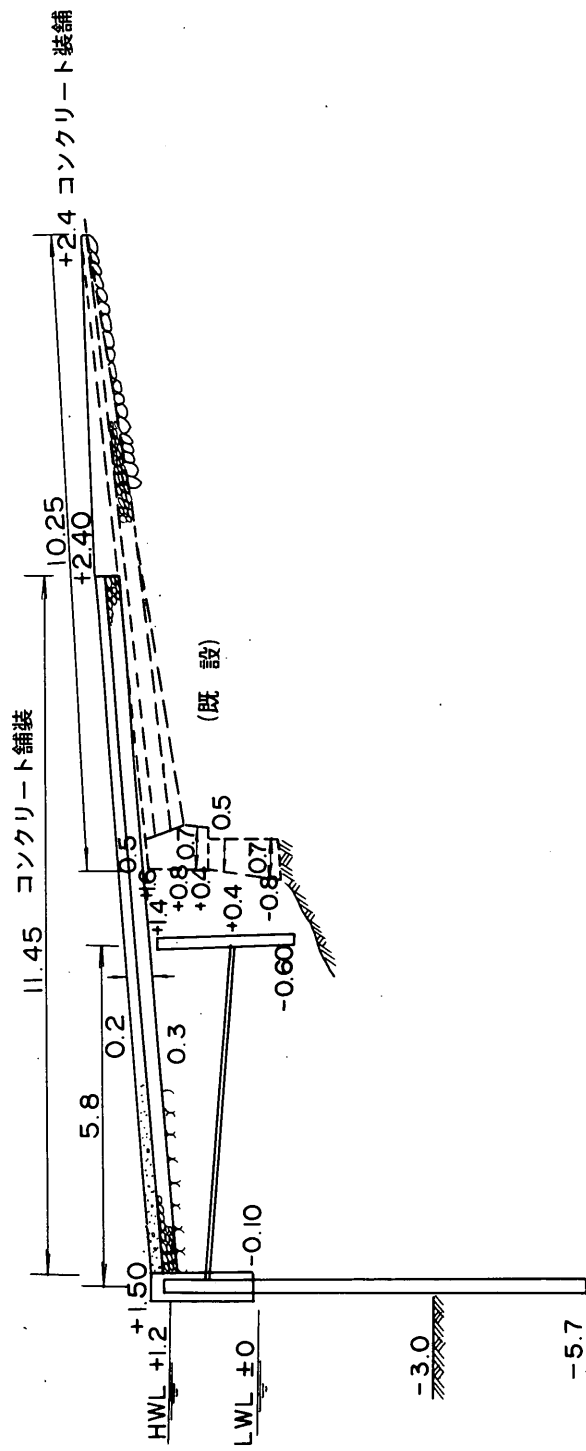


図4-6 敷別港第1船入間物揚場断面図

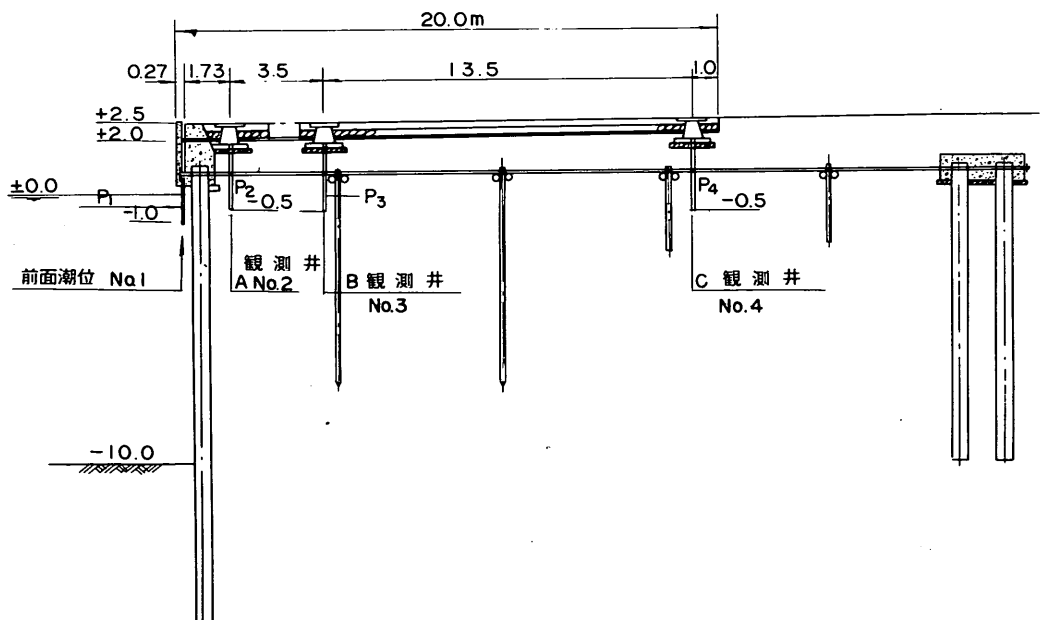
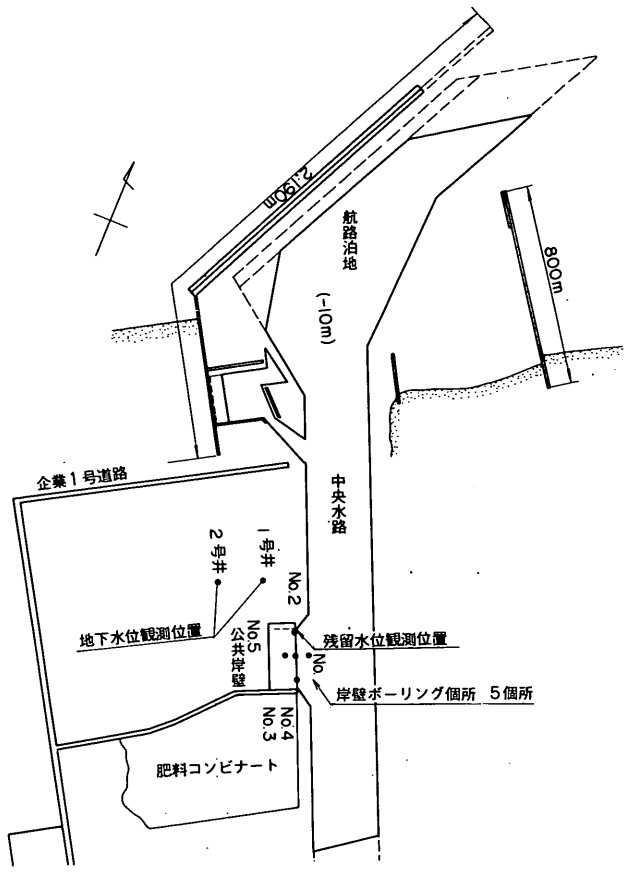


図4-7 新潟東港平面図および西側10M岸壁断面図

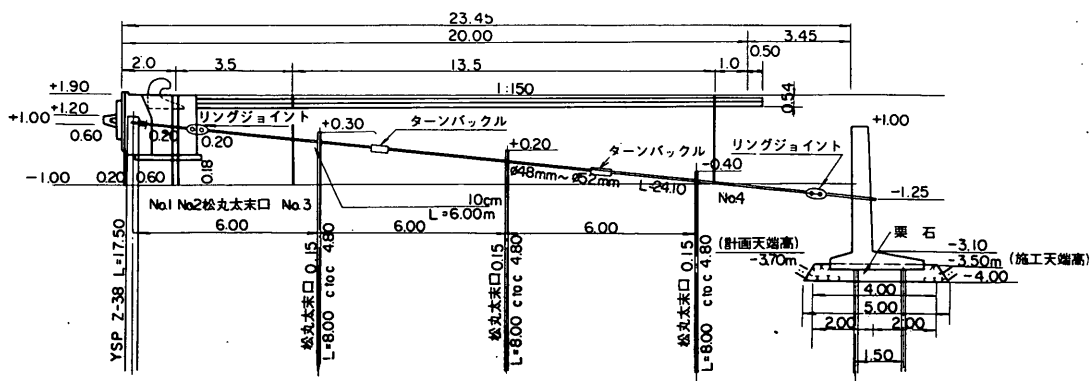
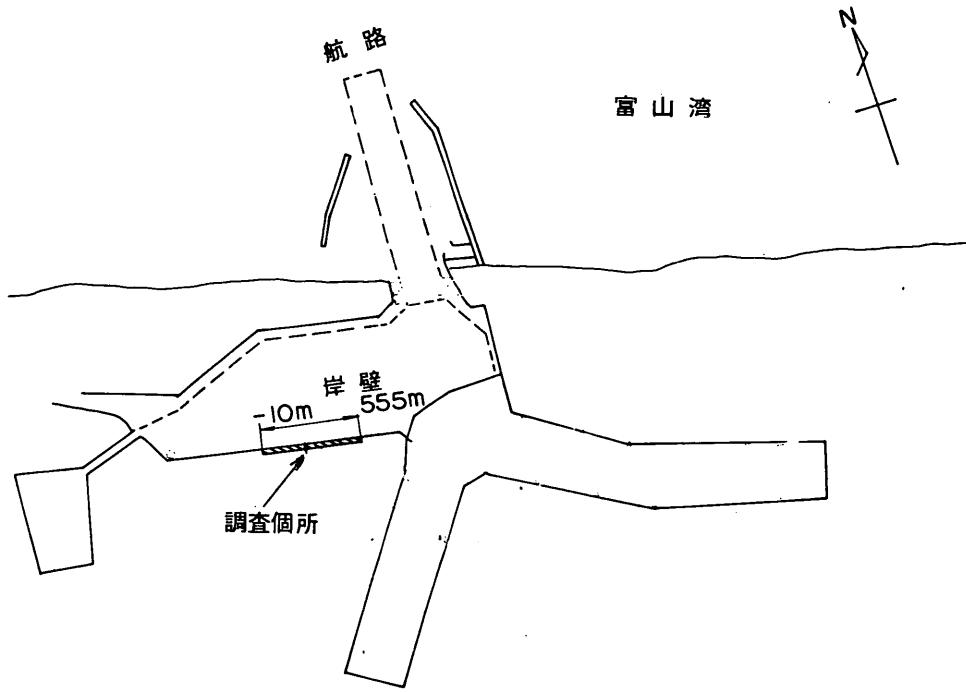


図4-8 伏木富山港(新湊地区)平面図および10M岸壁断面図

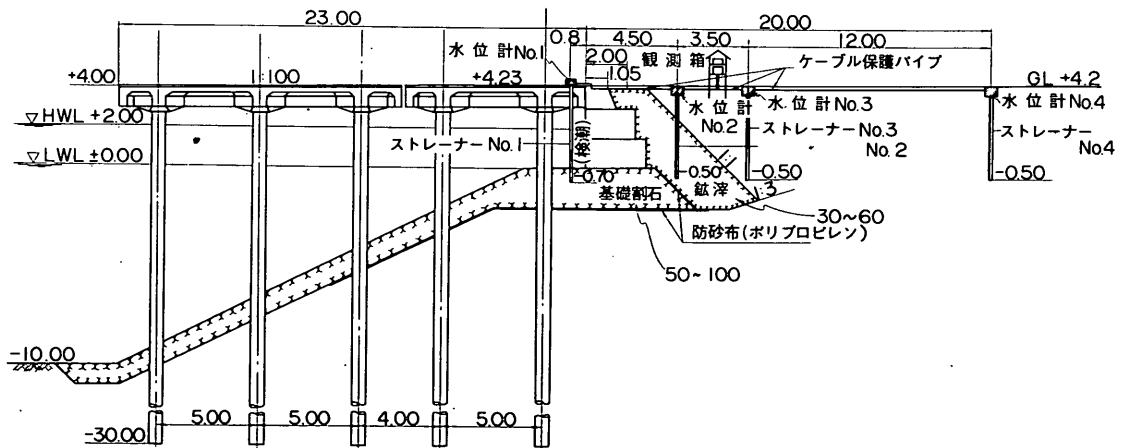
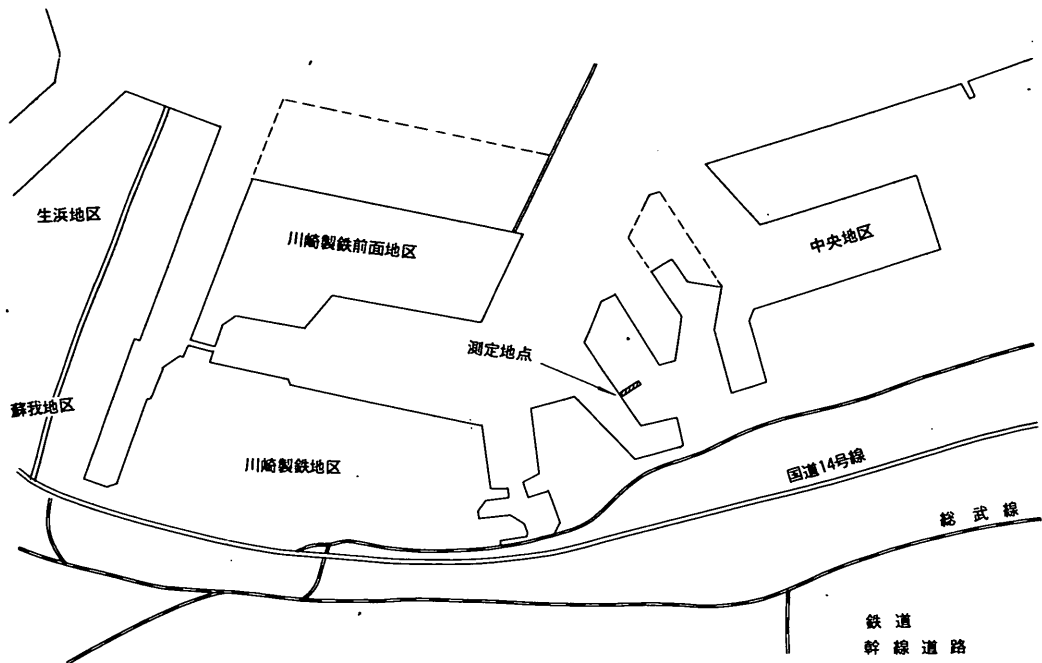


図4-9 千葉港平面図および10M岸壁断面図

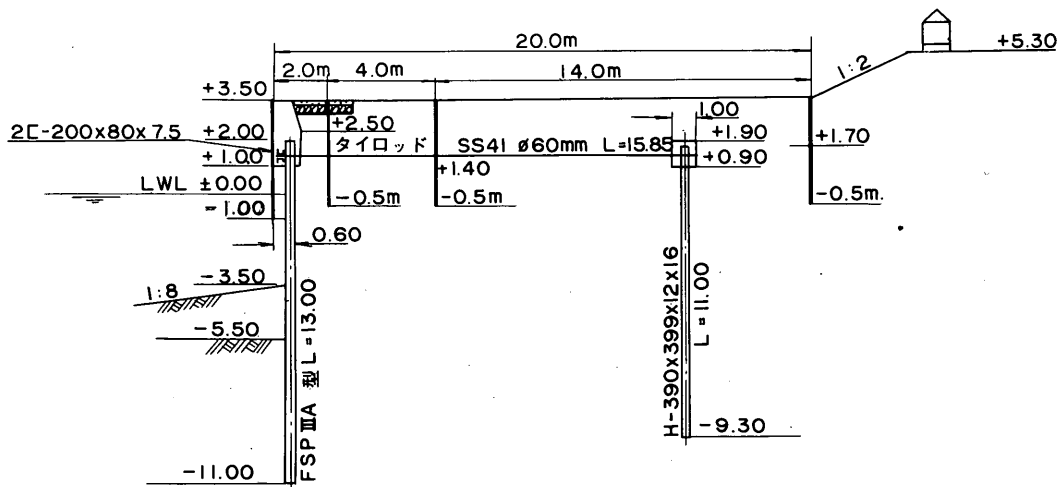
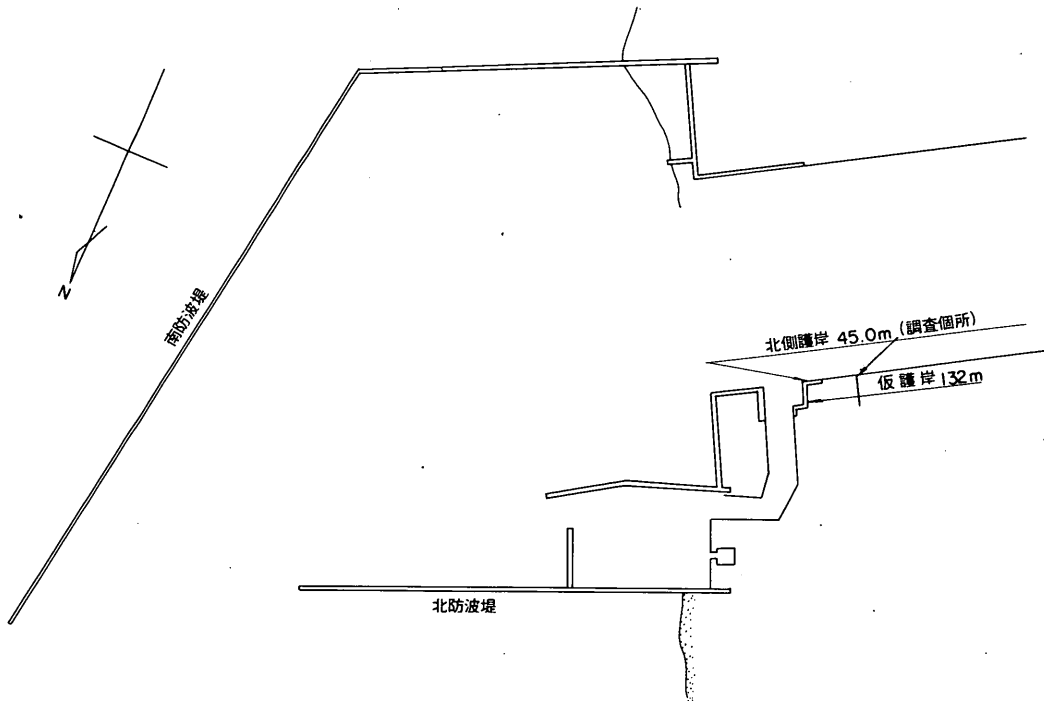


図4-10 鹿島港平面図および北航路護岸断面図

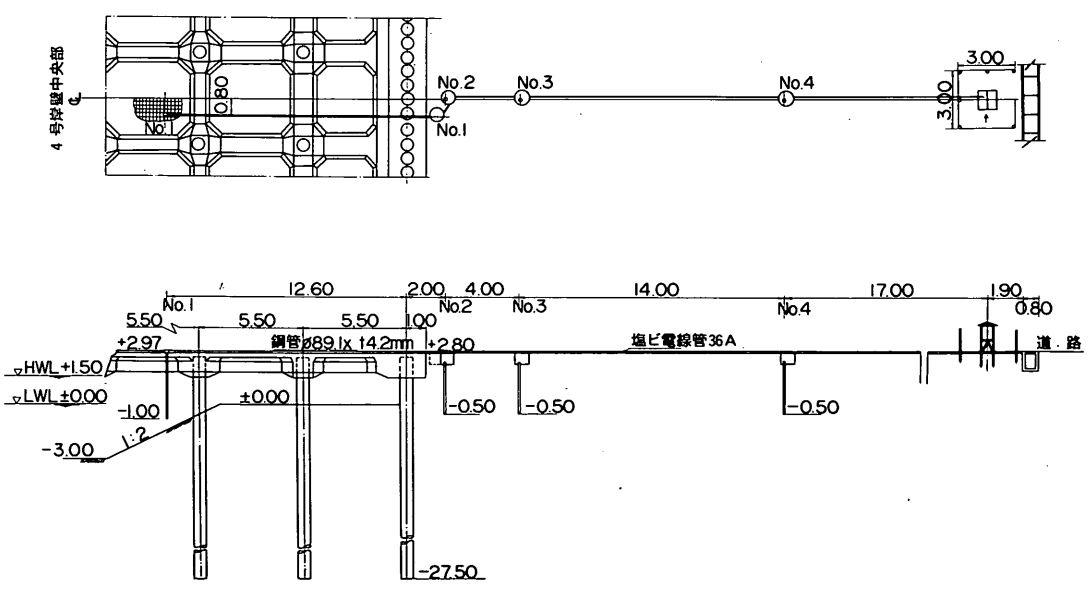
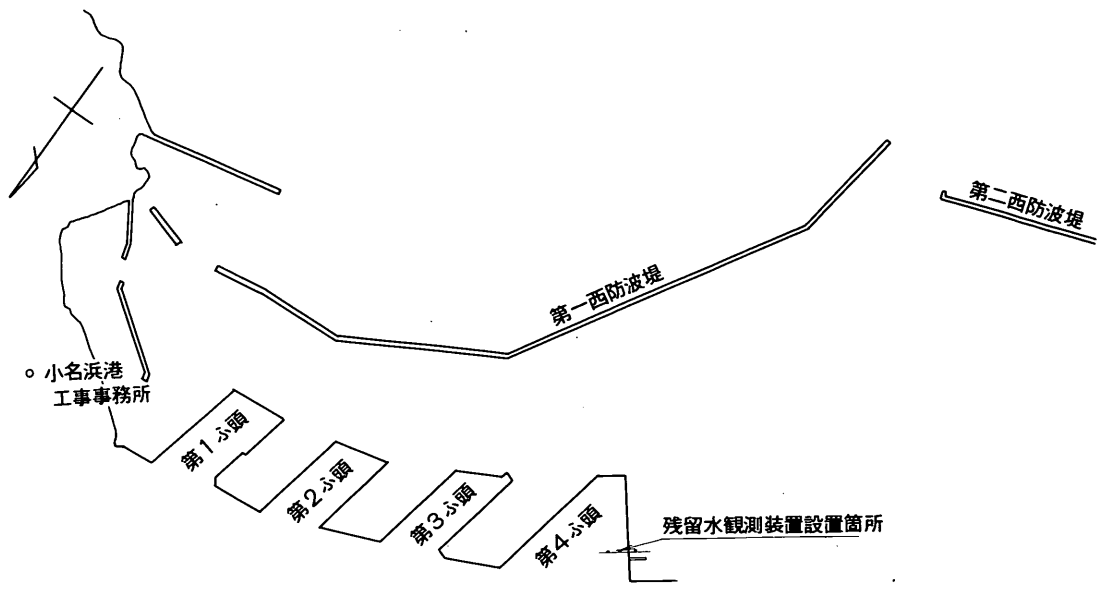


図4-11 小名浜港平面図および4号ふ頭-6M岸壁断面図

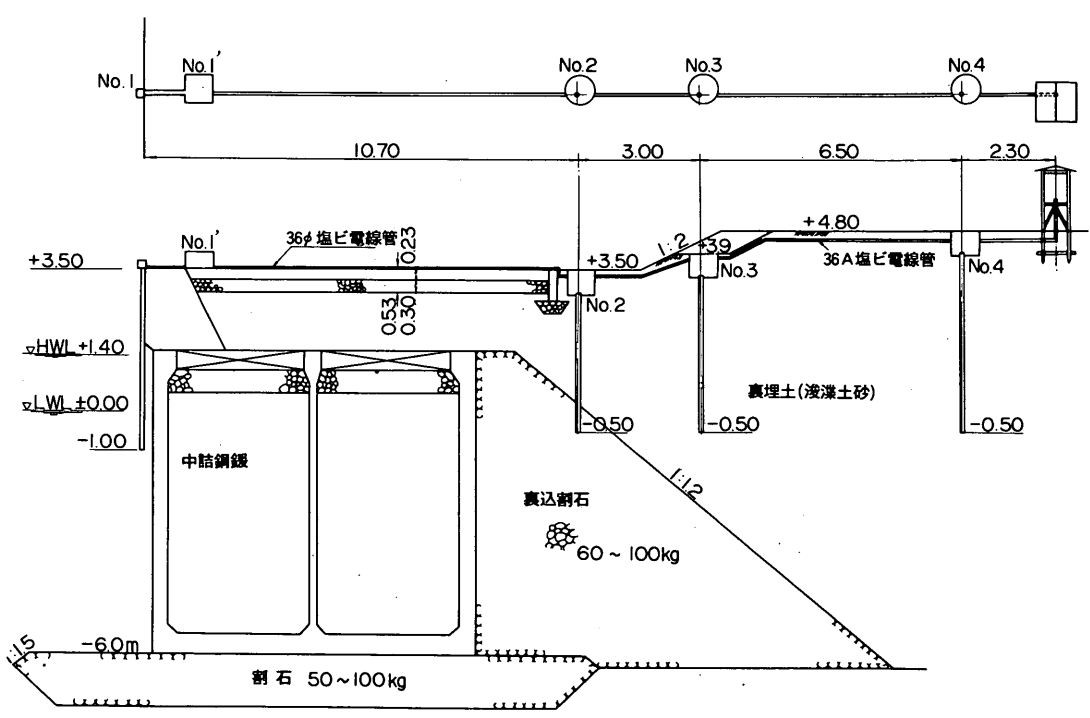
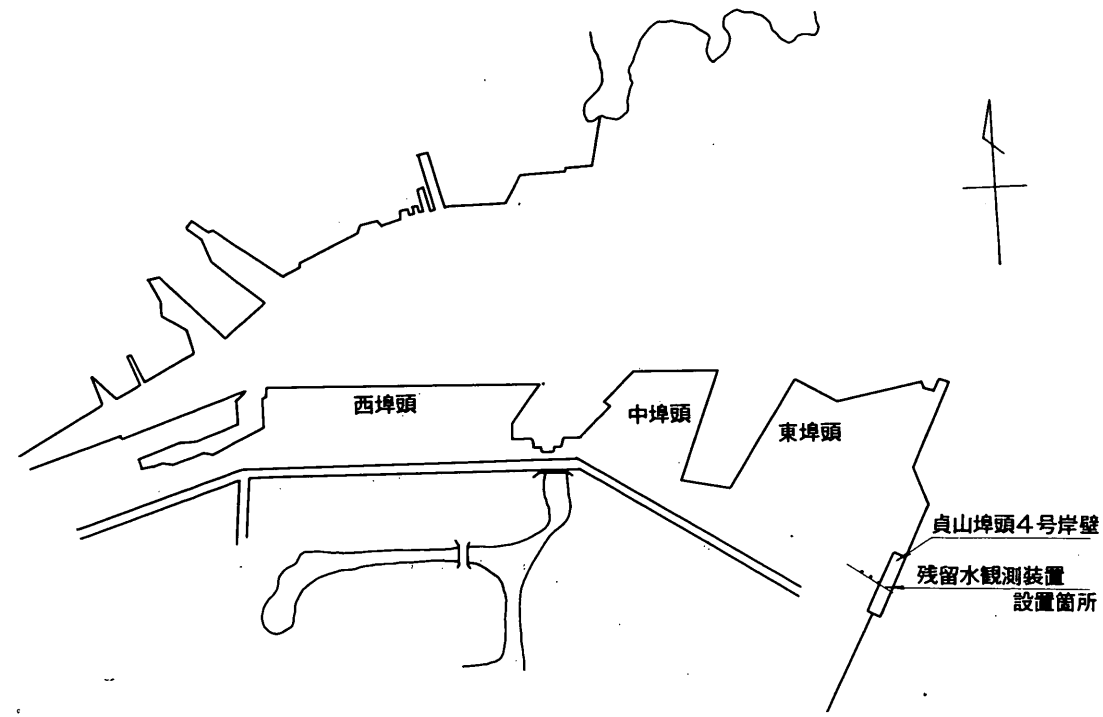


図4-12 塩釜港平面図および貞山4号岸壁断面図

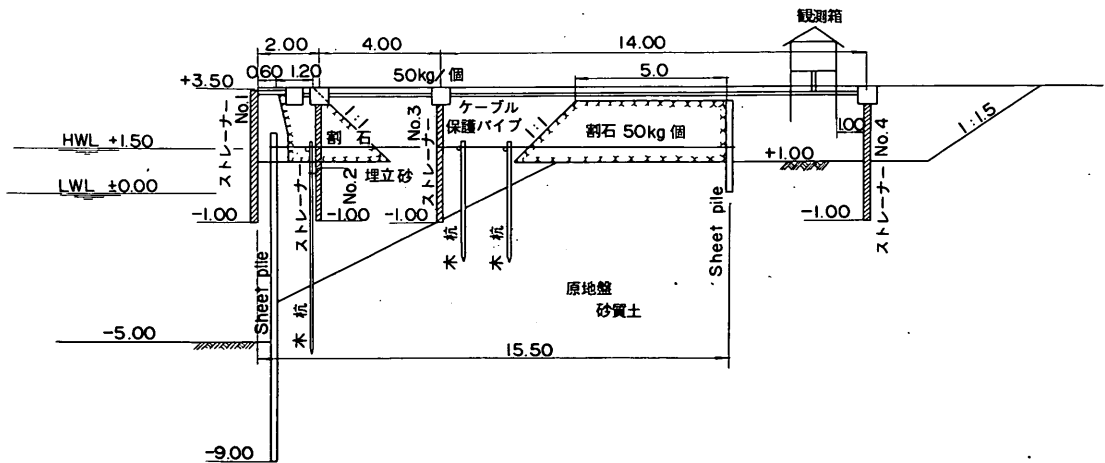
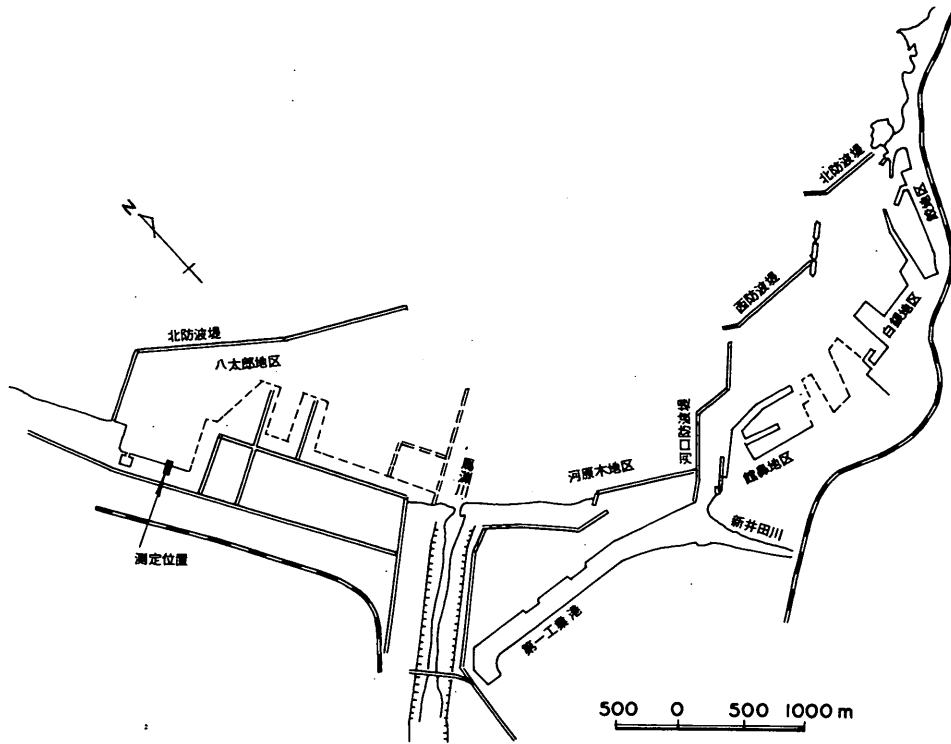


図4-13 八戸港平面図および八太郎-5.5M岸壁断面図

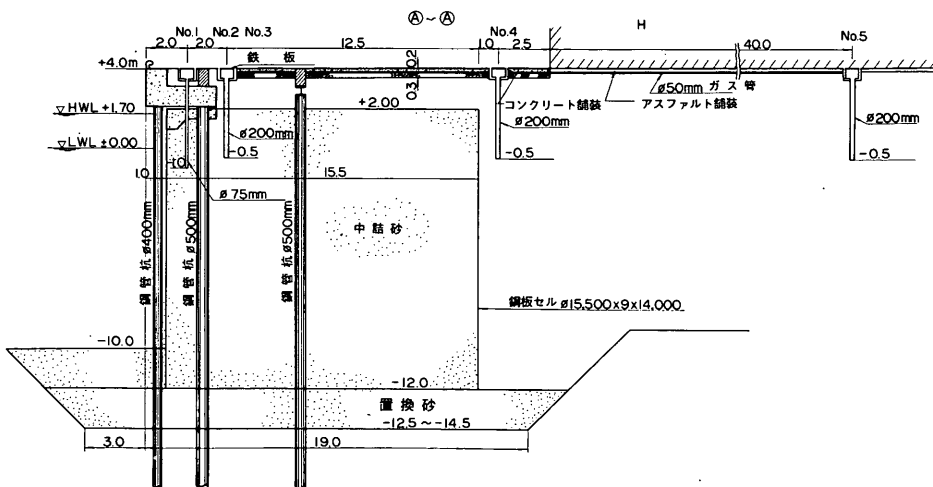
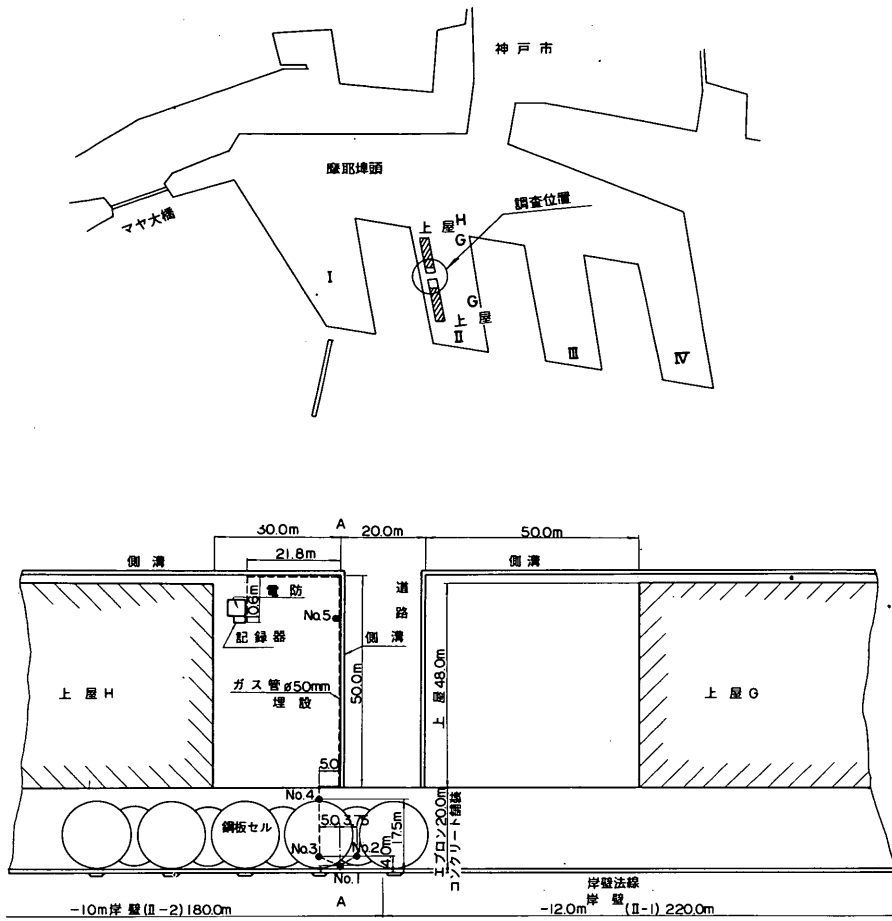


図4-14 (a) 神戸港摩耶埠頭平面図および測定管配置図
 (b) 2突西側-10M岸壁断面図

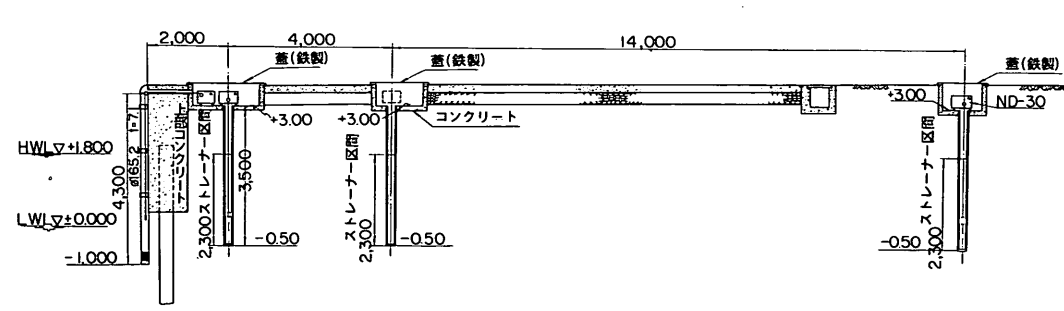
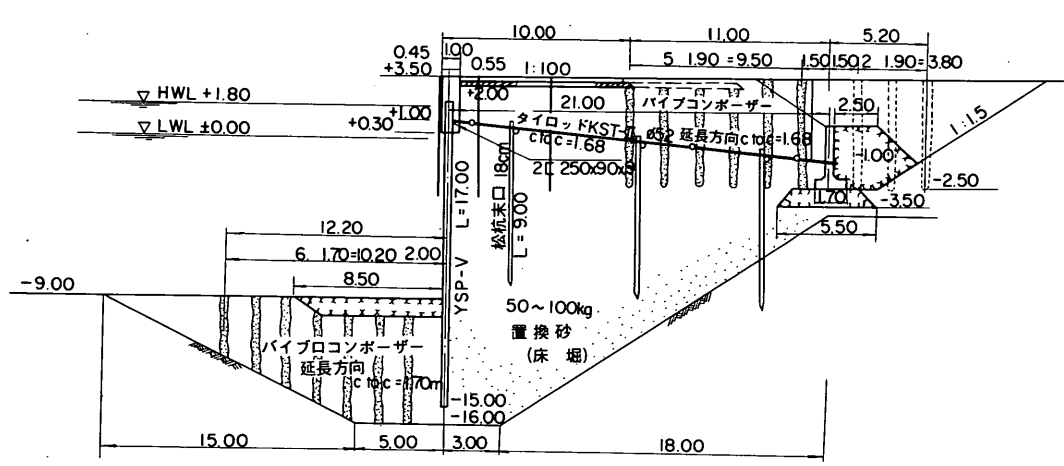
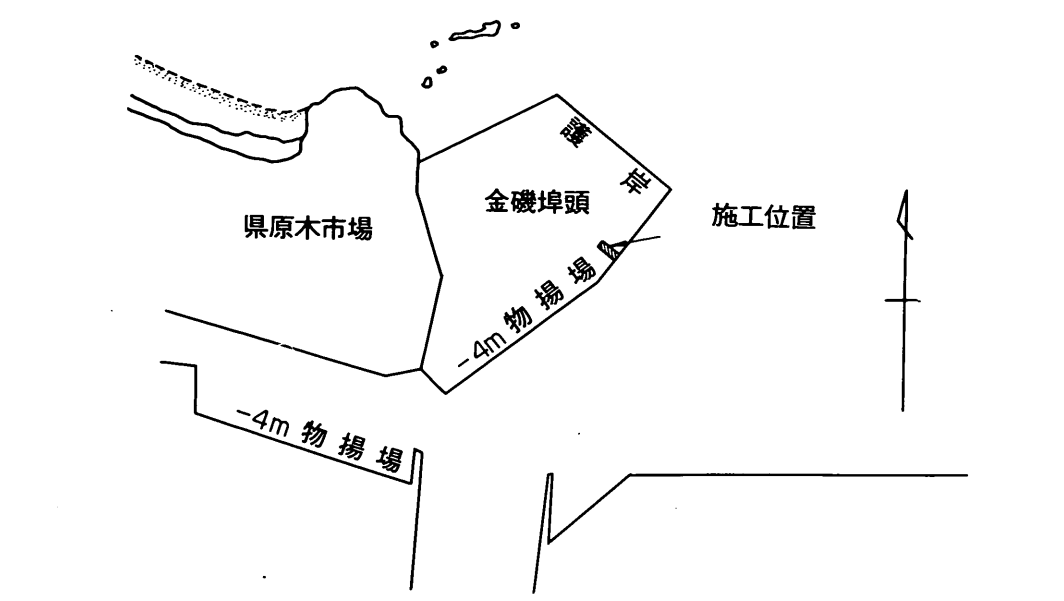
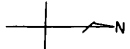


図 4-15 小松島港平面図および金磯埠頭 9M 岸壁断面図



松山港

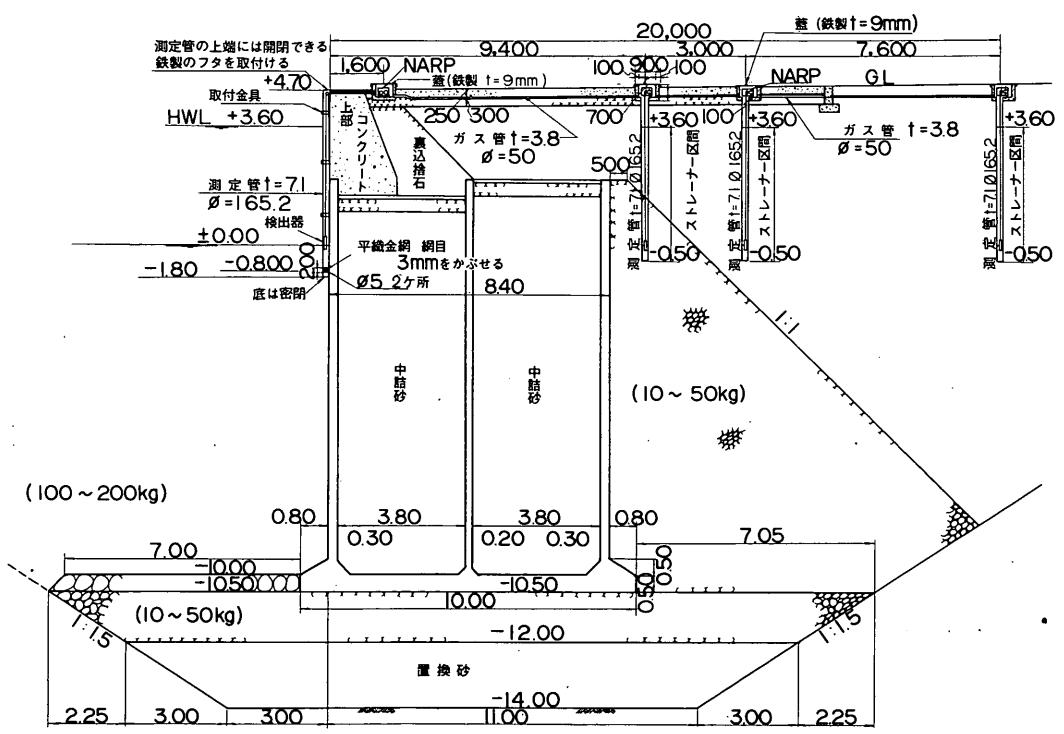
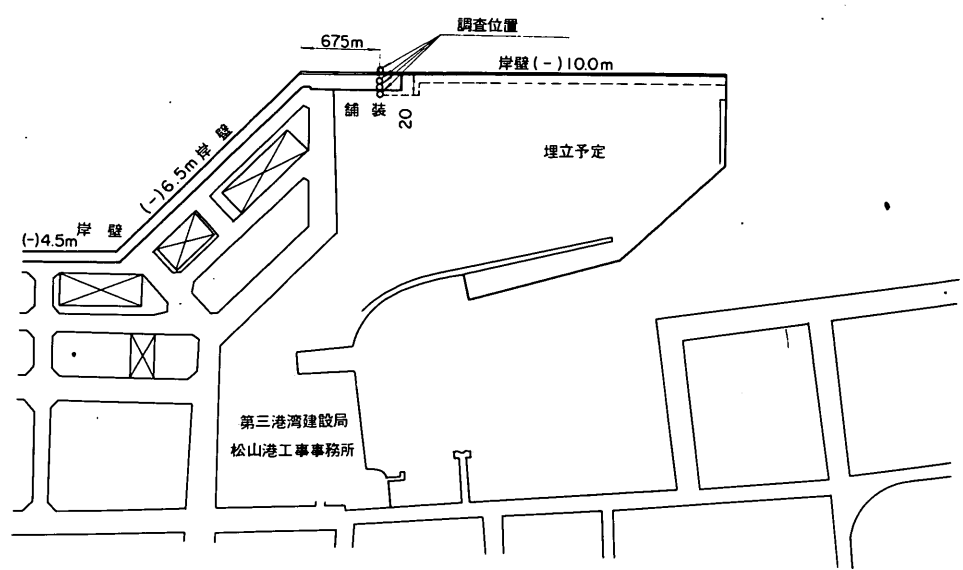


図4-16 松山港平面図および1.0M岸壁断面図

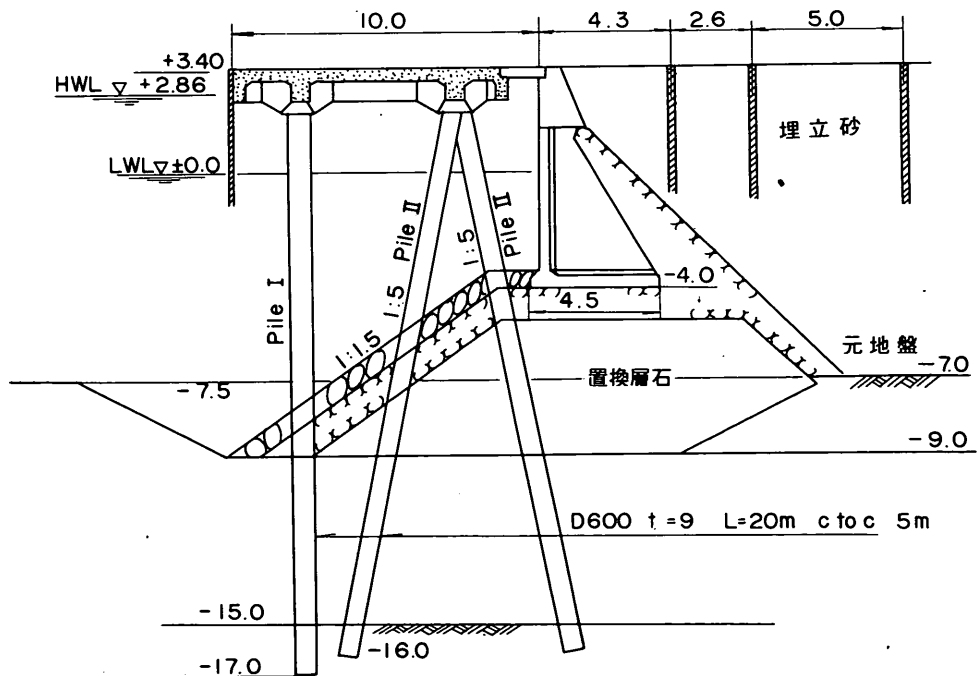
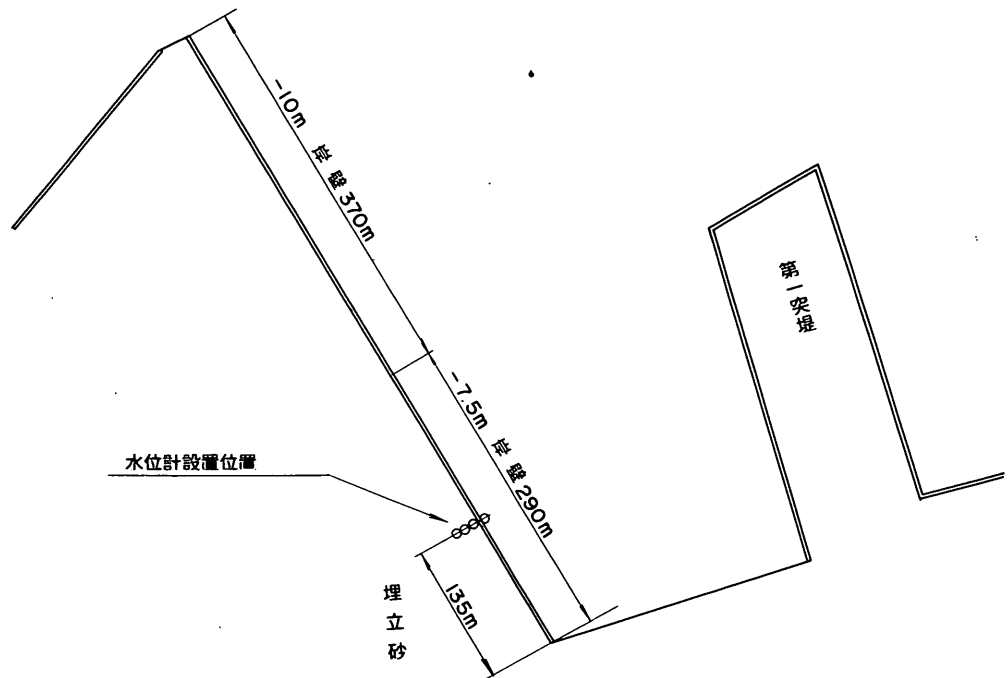


図4-17 下関港(細江地区)平面図および-7.5M岸壁断面図

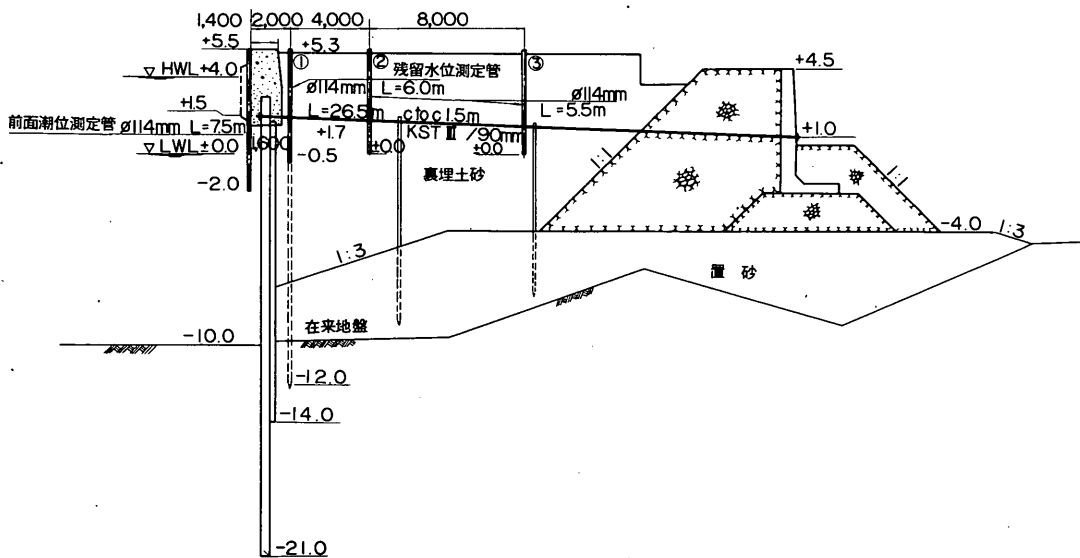
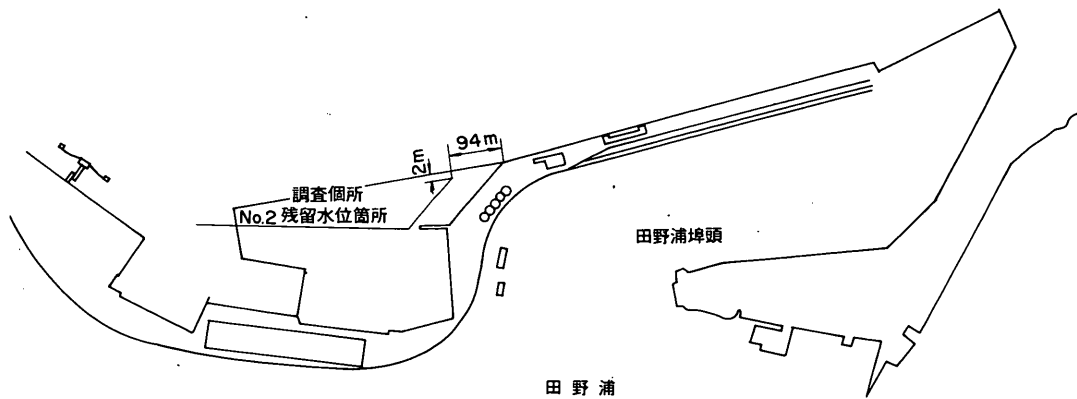


図4-18 門司港(田野浦地区)平面図および10M岸壁断面図

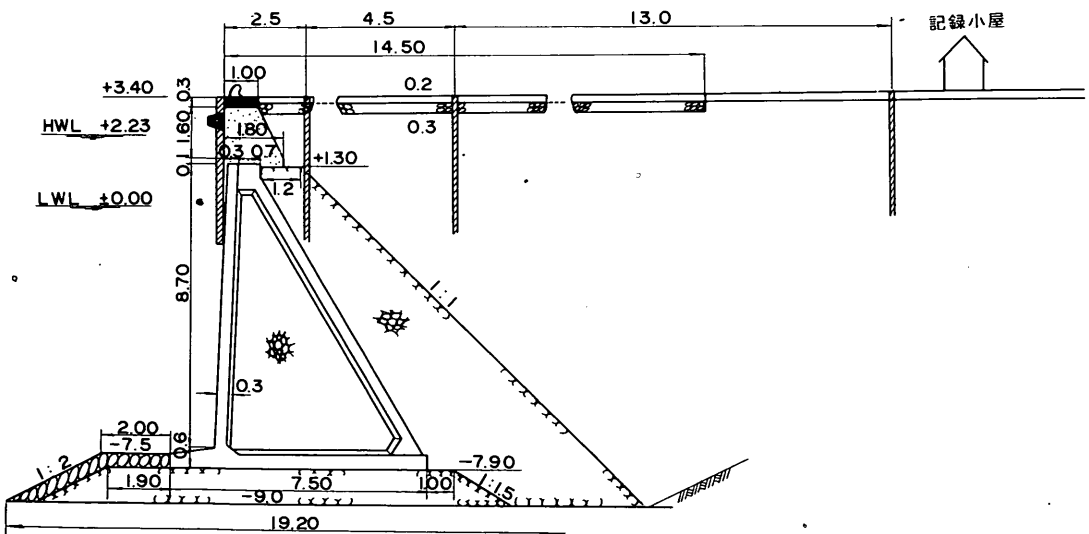
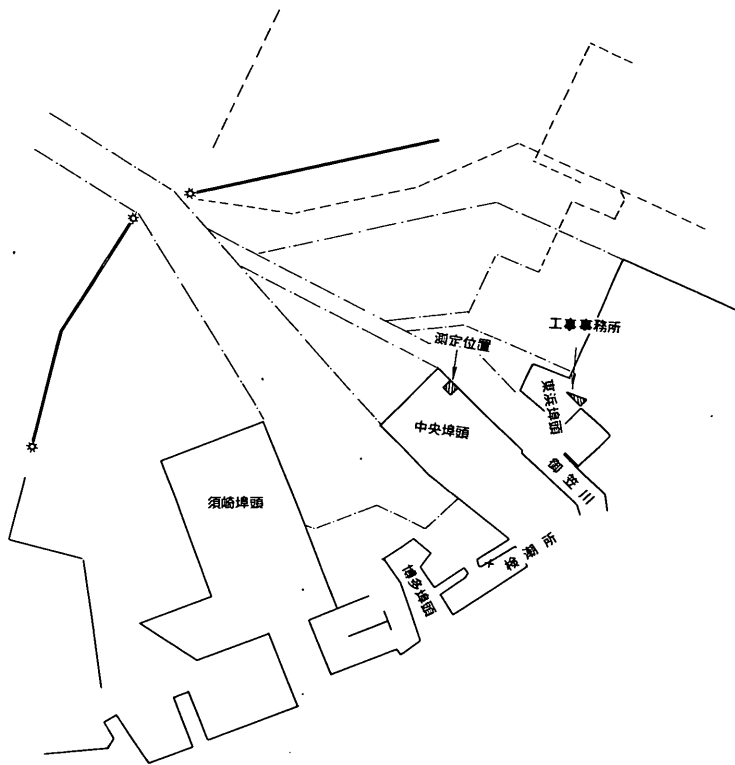


図4-19 博多港平面図および中央ふ頭-7.5M岸壁断面図

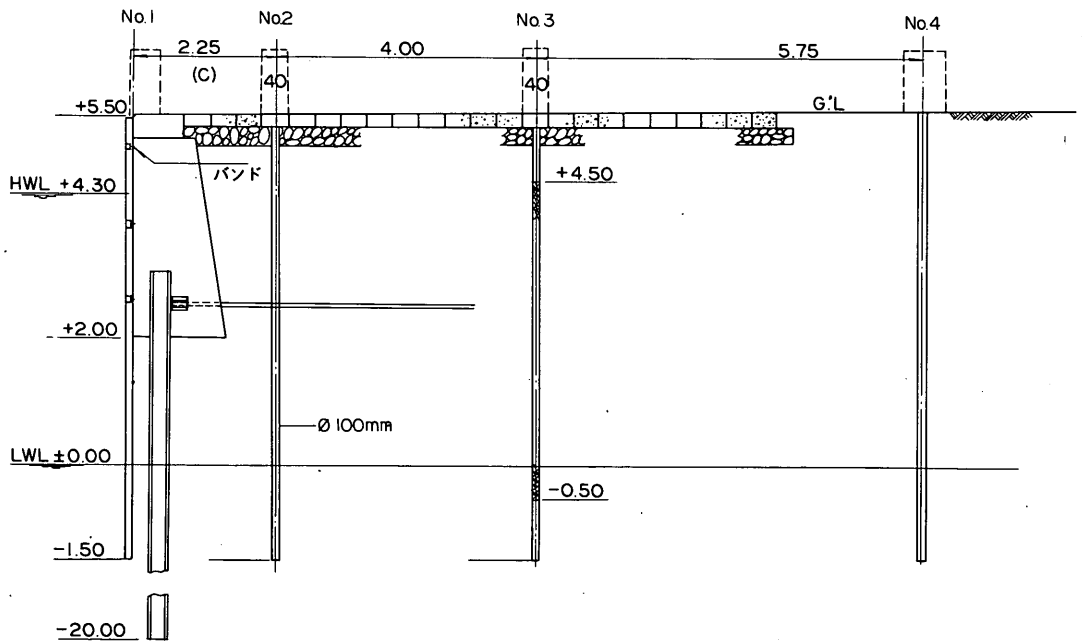
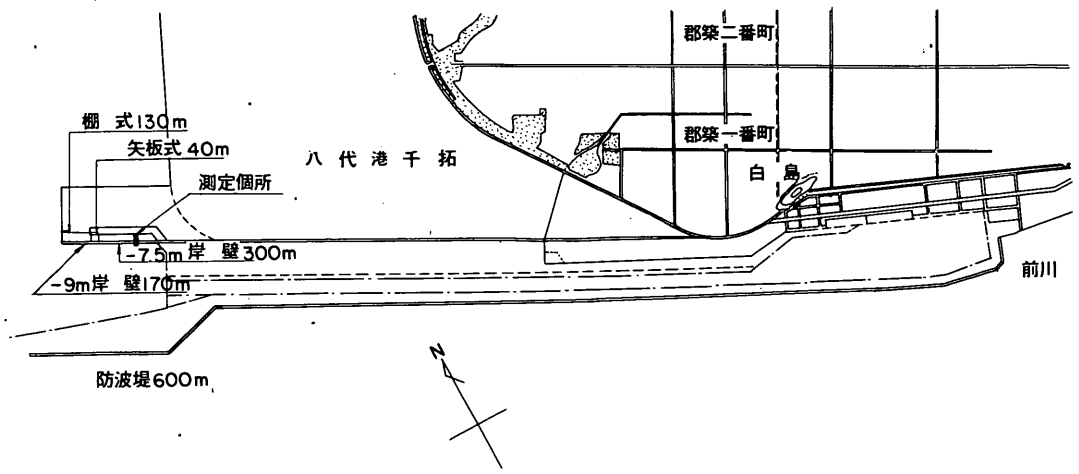


図4-20 八代港平面図および外港地区-7.5M岸壁断面図

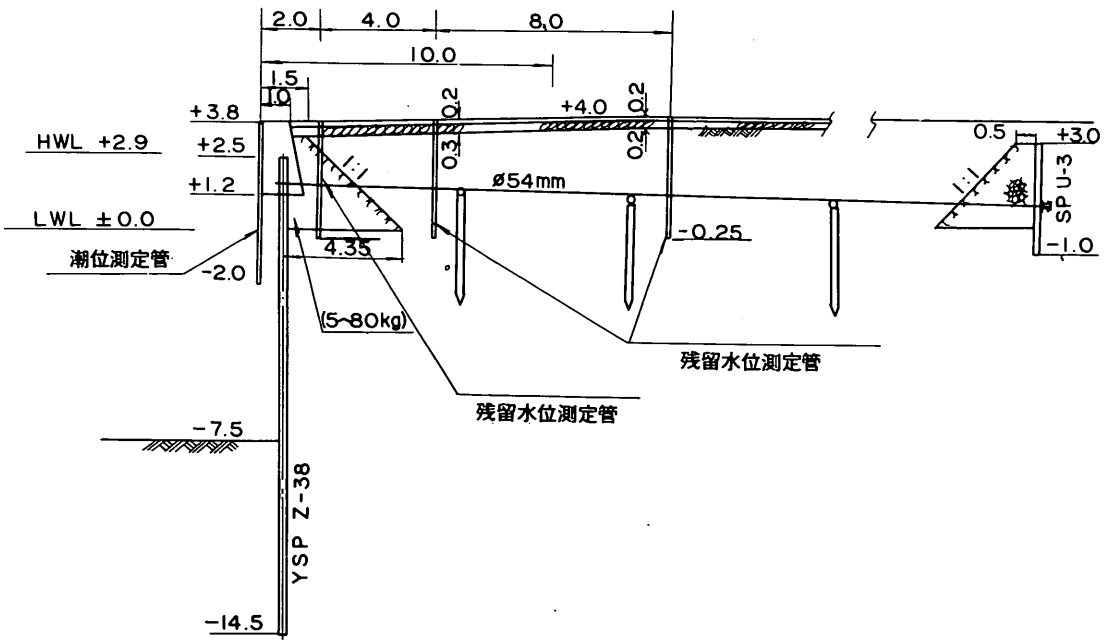
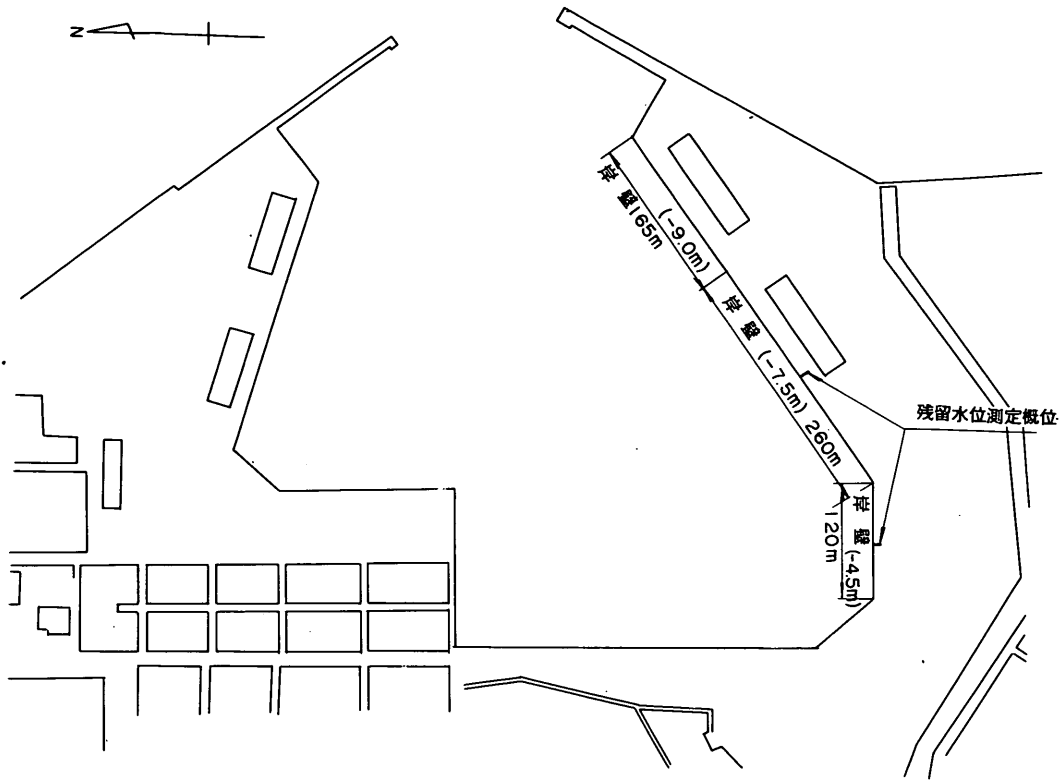


図4-21 鹿児島港平面図および新港南側7.5M岸壁断面図

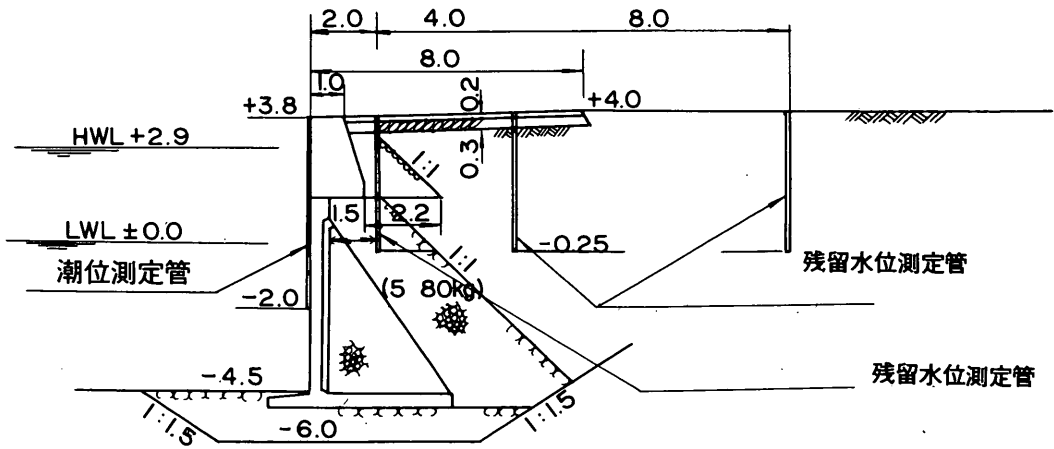


图 4-22 鹿兒島港新港南側—4.5 M 岸壁断面図

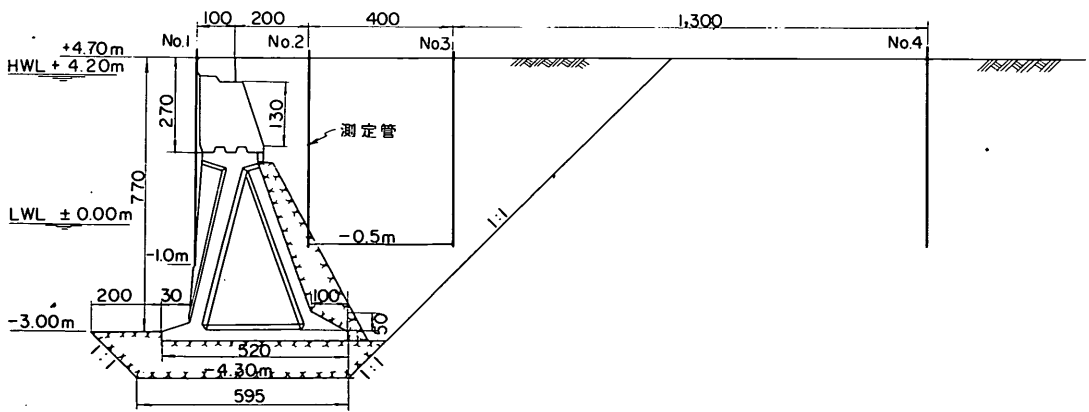
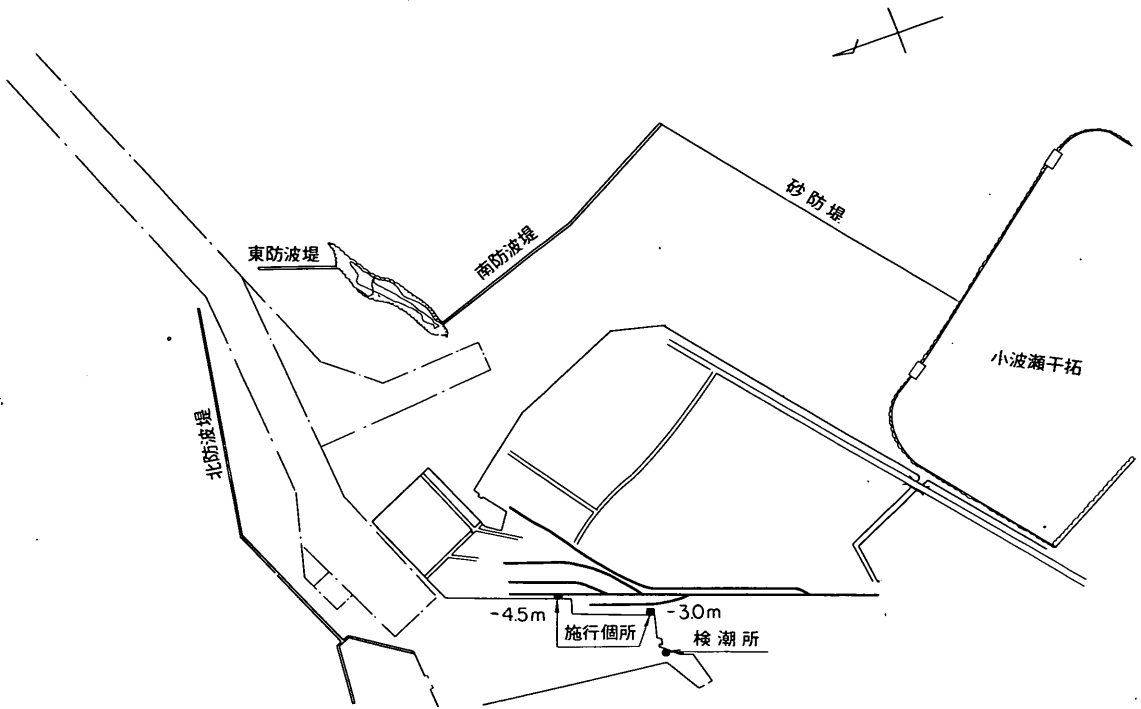


図 4 - 23 刈田港平面図および 3 M 物揚場断面図

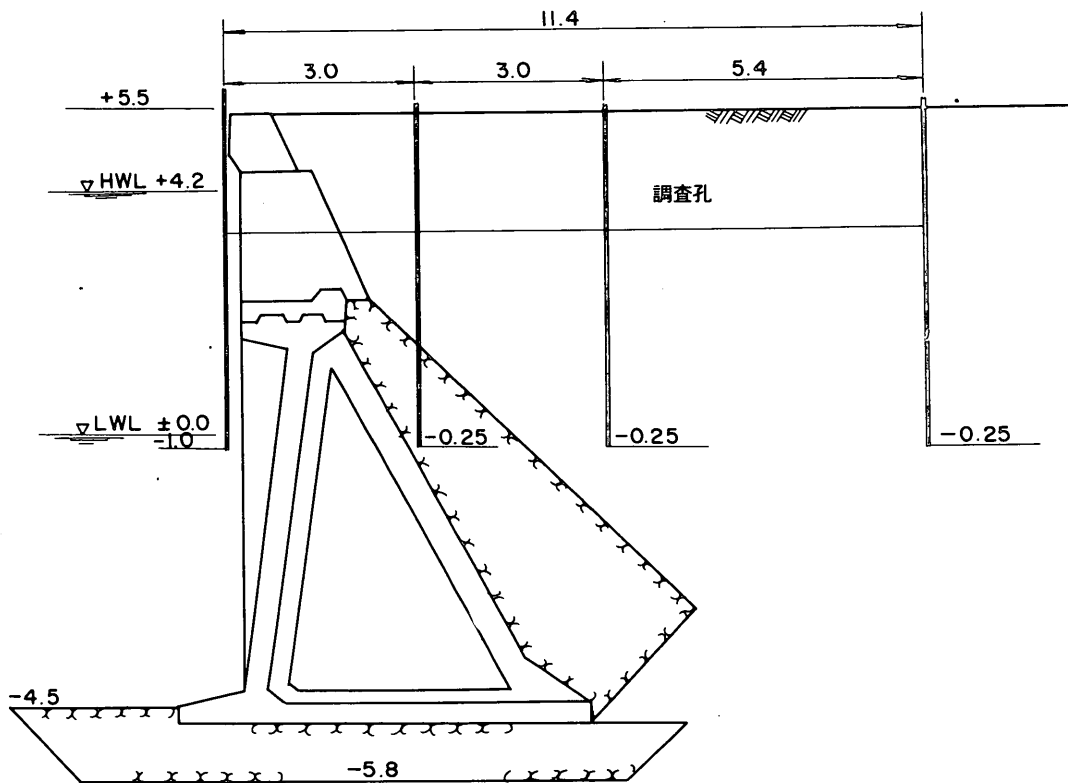


図4-24 刈田港-4.5M岸壁断面図

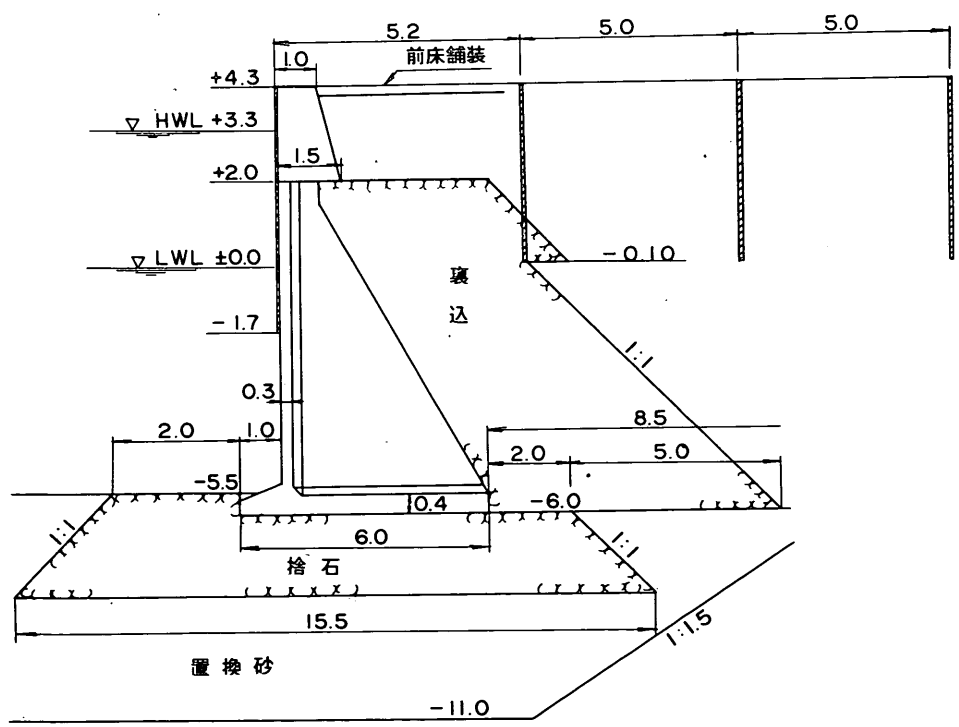
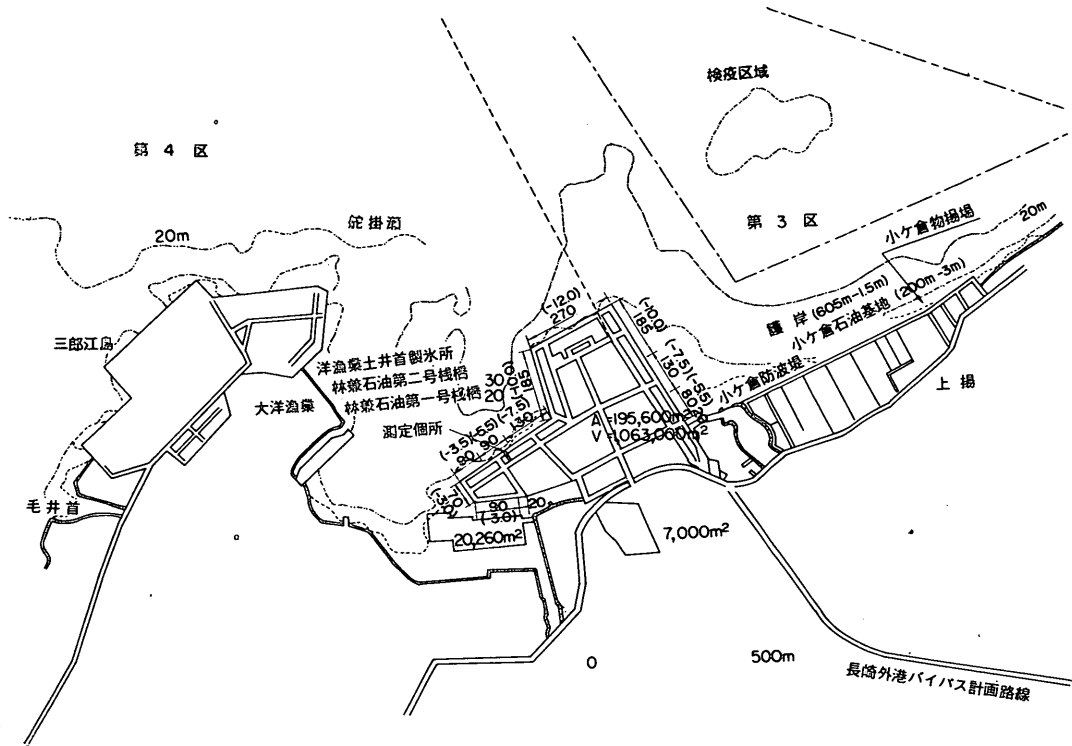


図4-25 長崎港(小ヶ倉地区)平面図および5.5M岸壁断面図

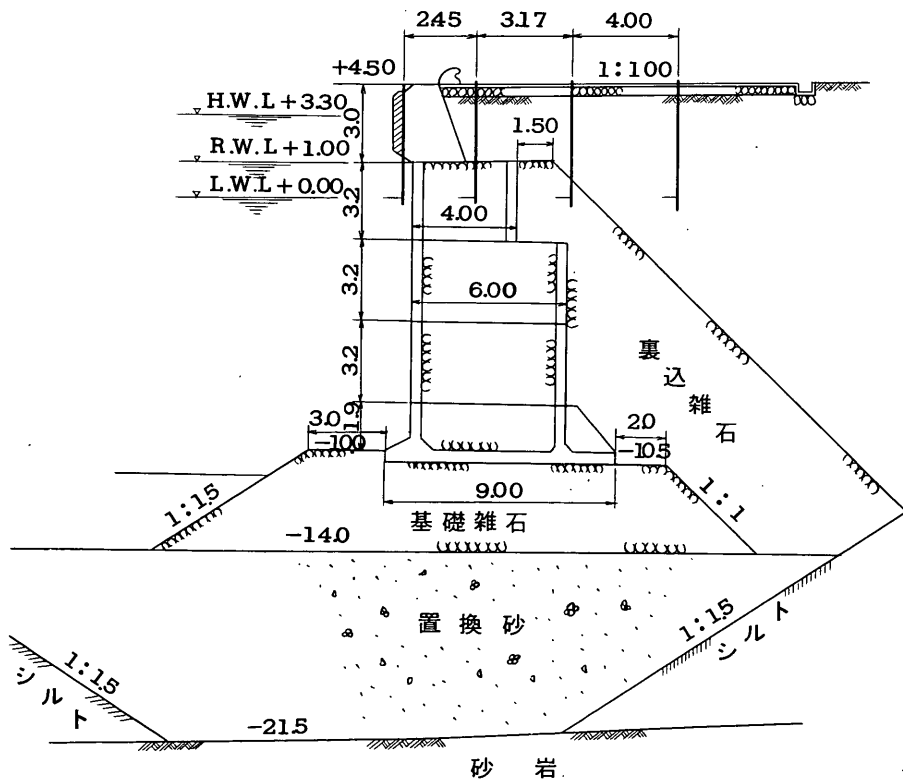
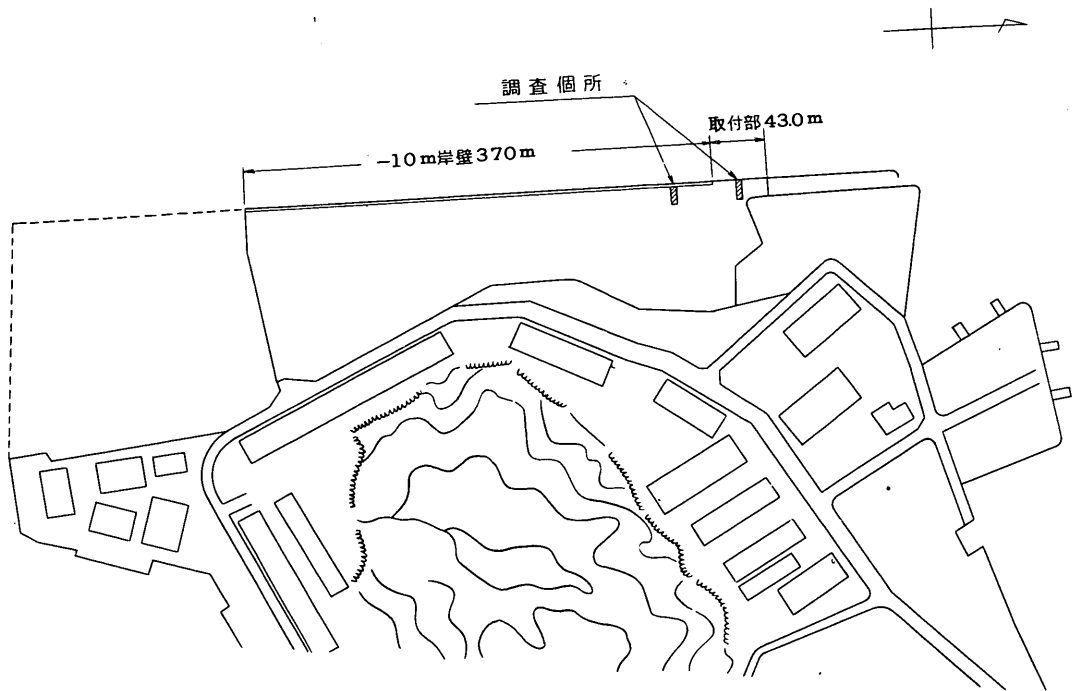


図4-26 佐世保港平面図および前畑ふ頭10M岸壁断面図

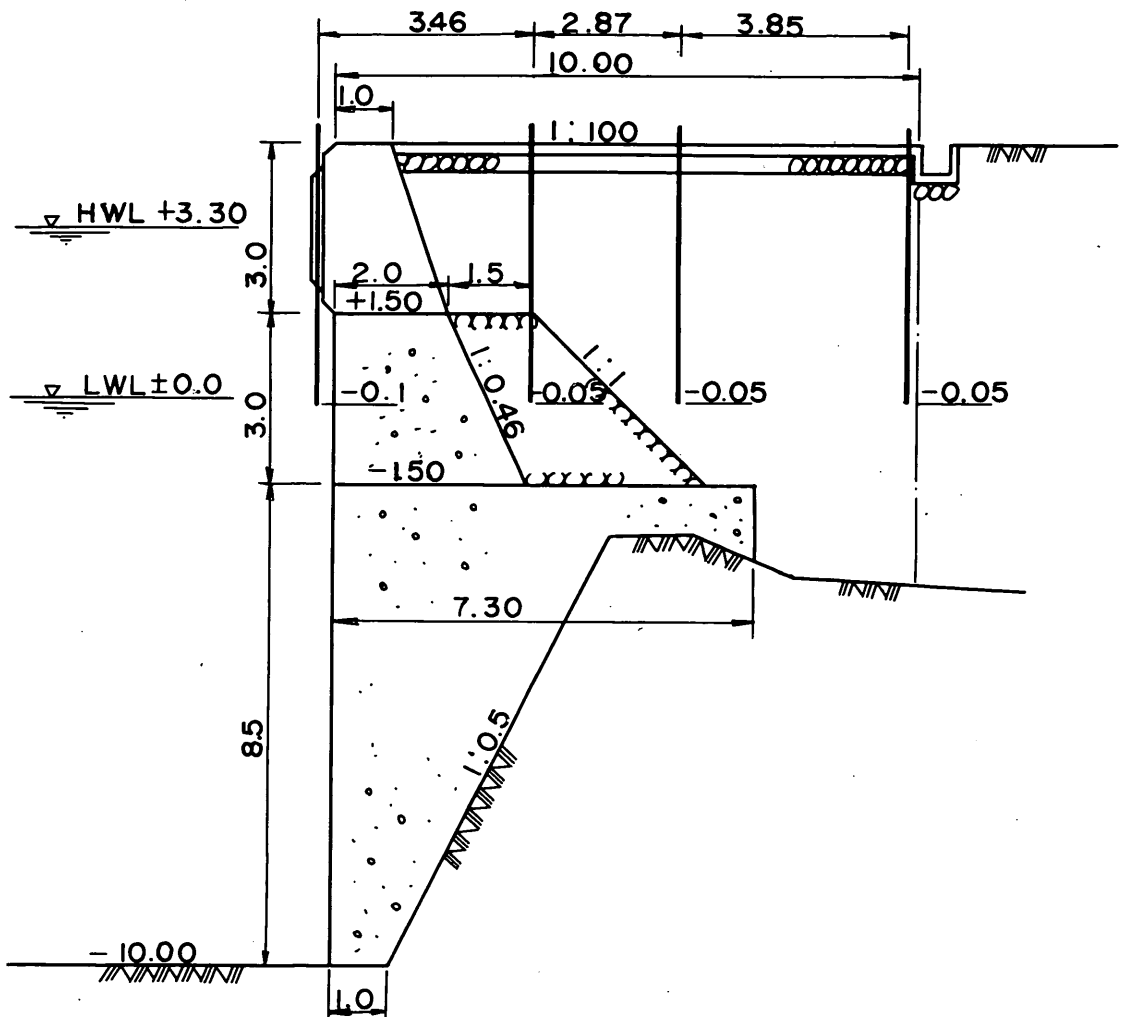


图4-27 佐世保港前畑ふ頭-10M岸壁取付断面图

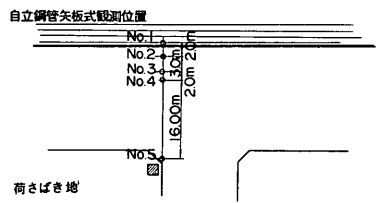
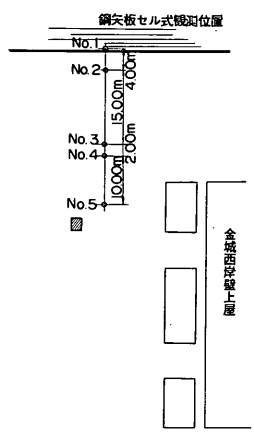
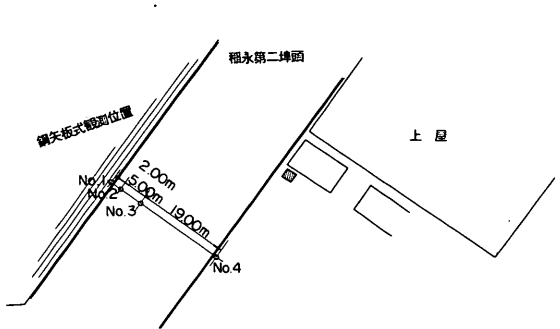
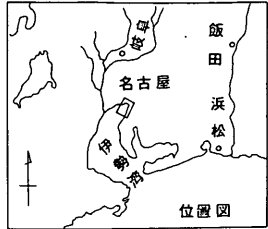


図 4-28 名古屋港平面図および調査箇所図

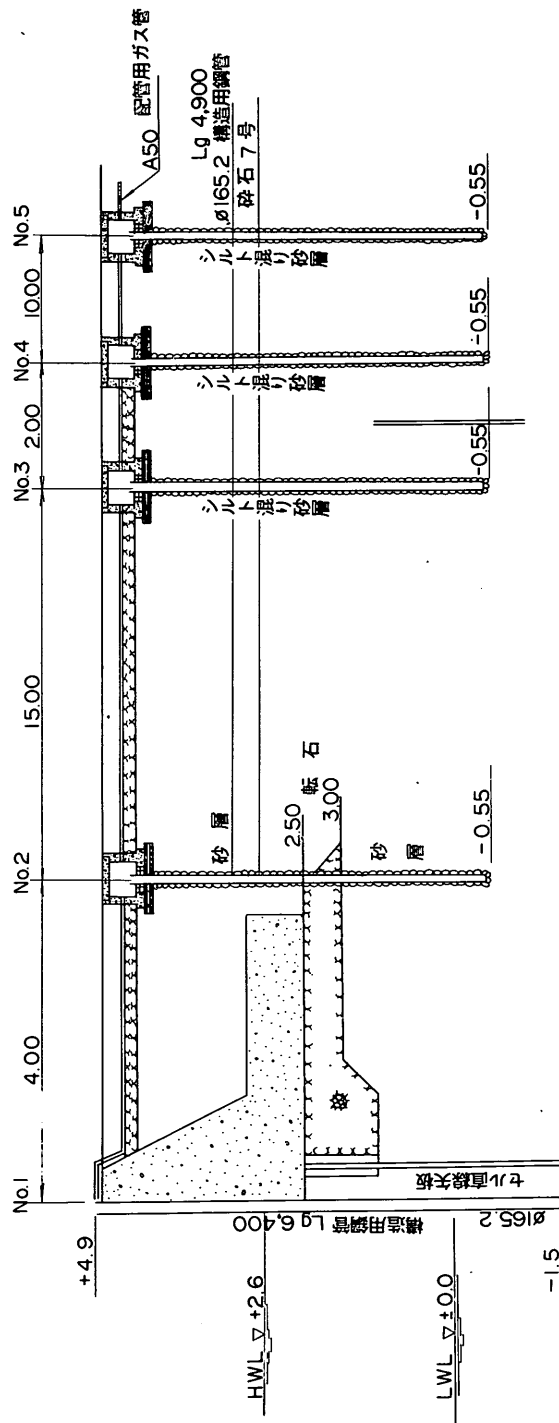


図4-29 名古屋港金城ノ頭西側10M岸壁断面図

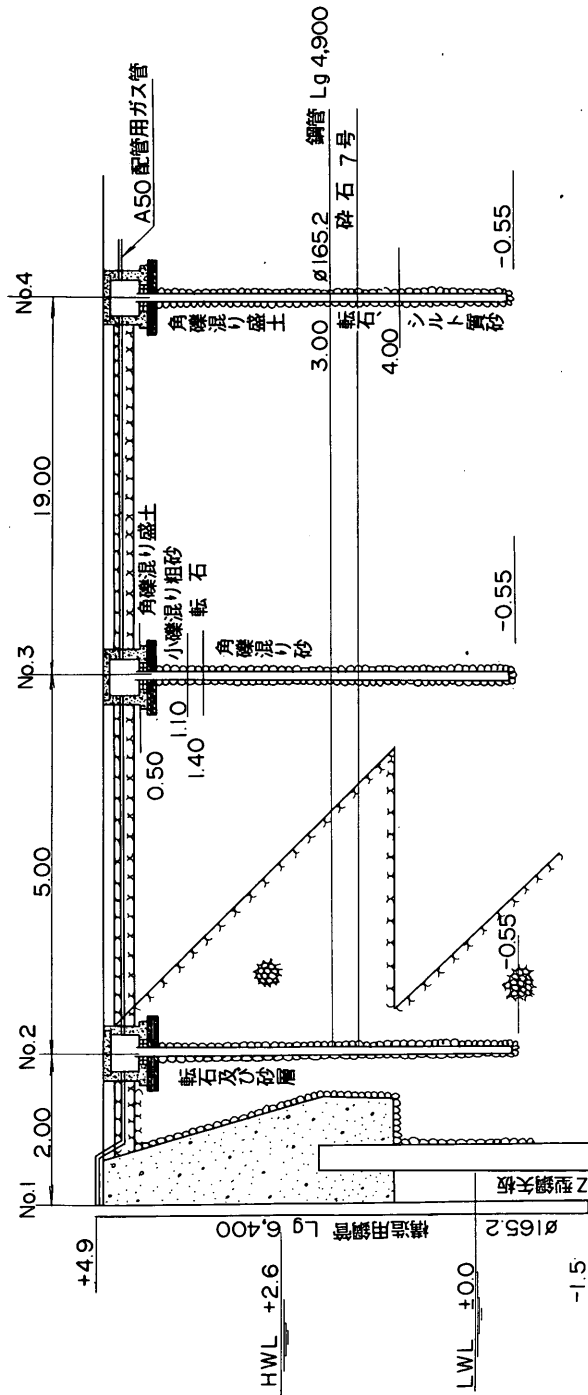


図 4 - 30 名古屋港第 2 稲永ふ頭北側岸壁断面図

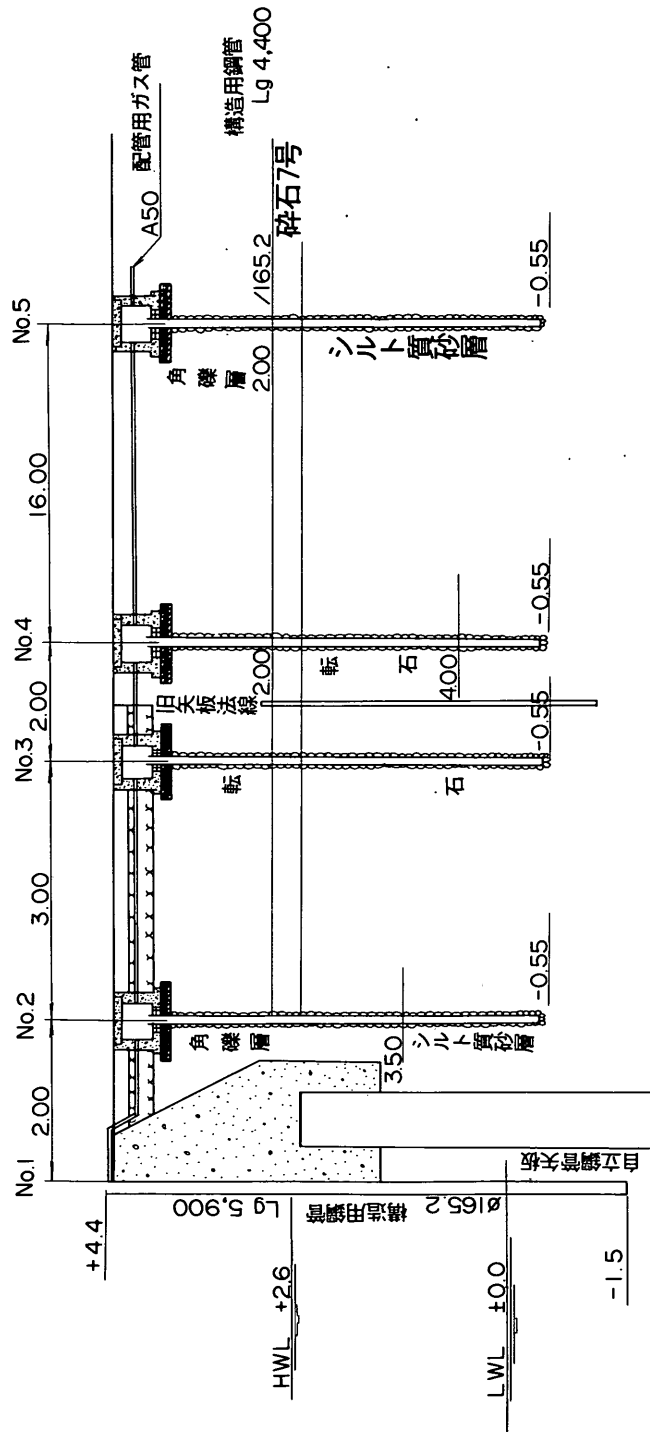


図 4 - 31 名古屋港第2 稻永水頭物揚場断面図

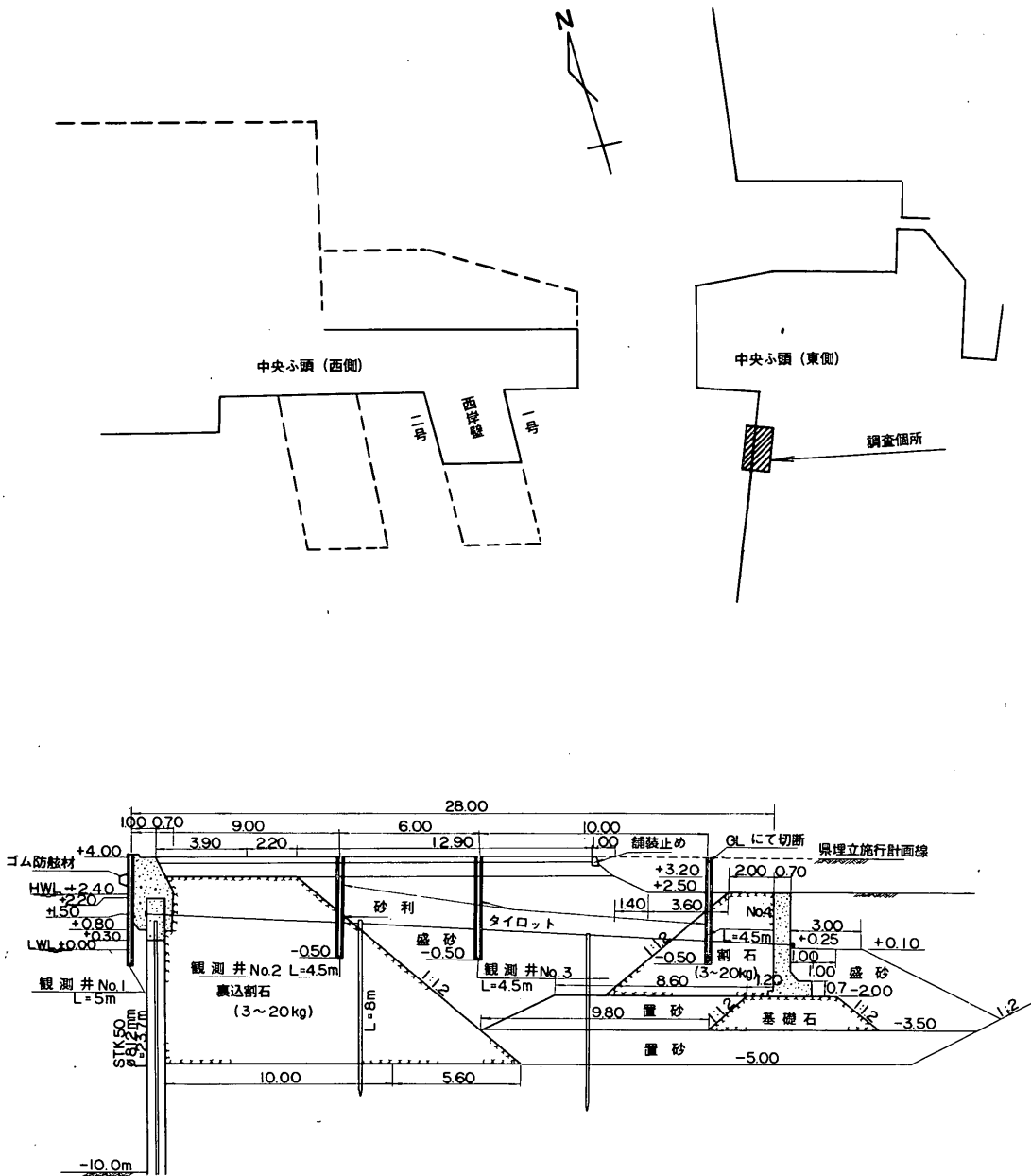


図 4 - 32 衣浦港平面図および中央ふ頭東 - 9 M 岸壁断面図

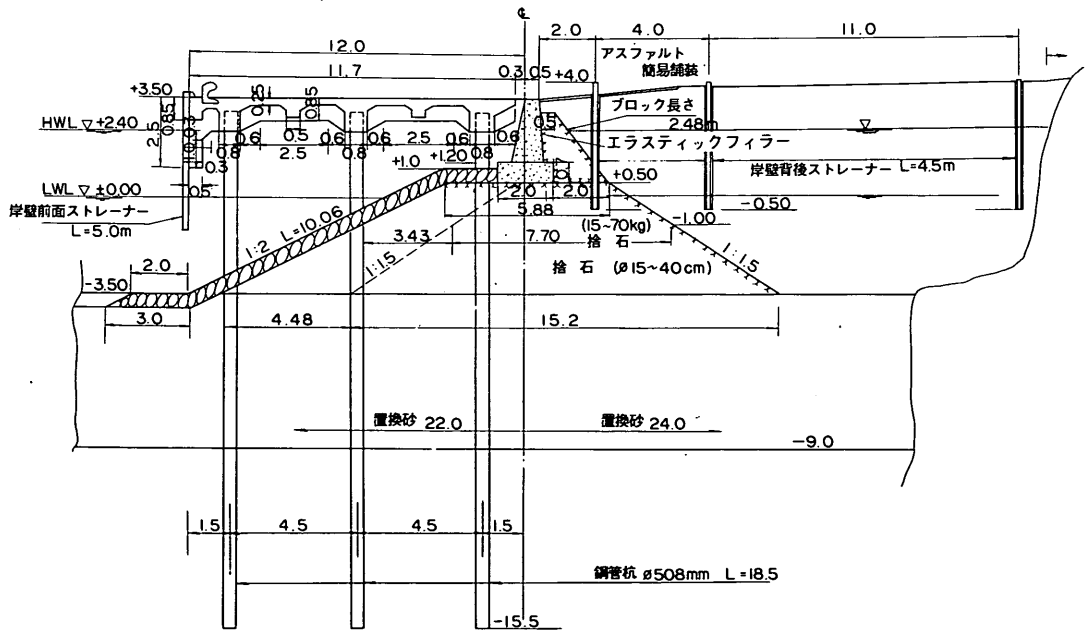
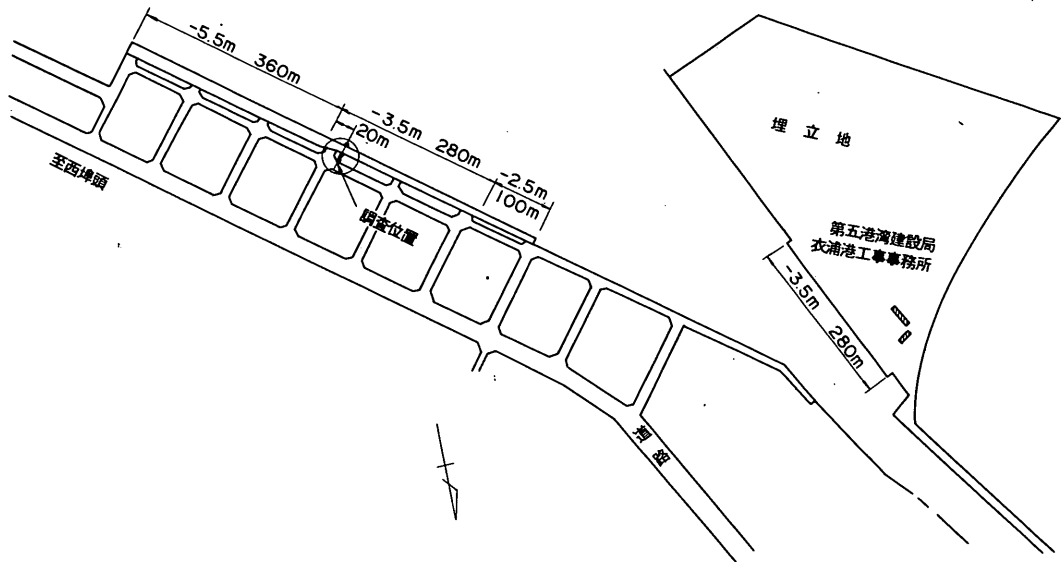


図4-33 衣浦港中央ふ頭西物揚場断面図

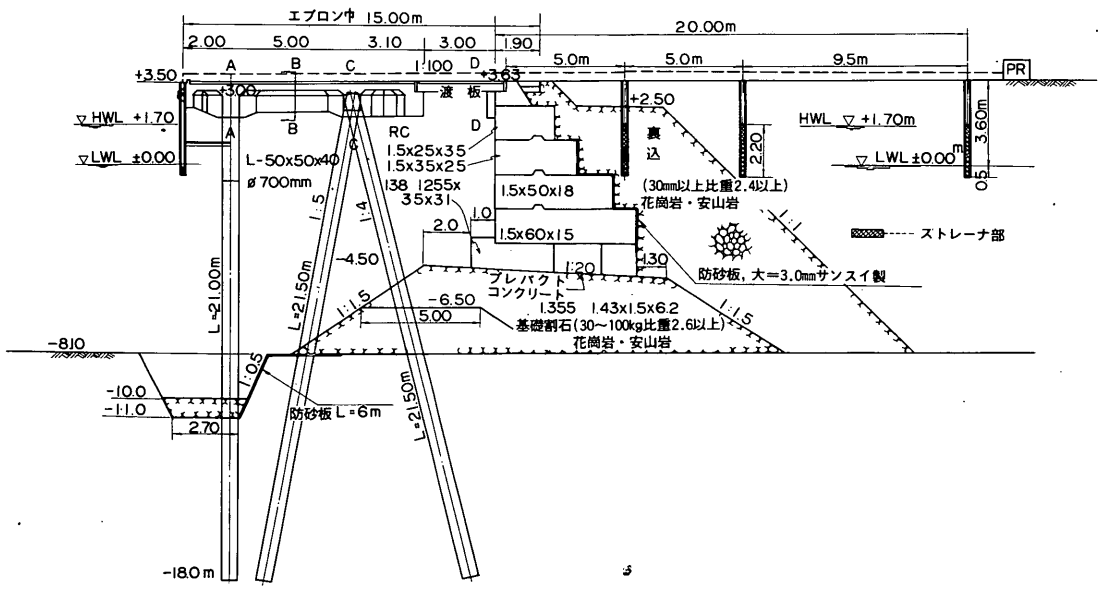
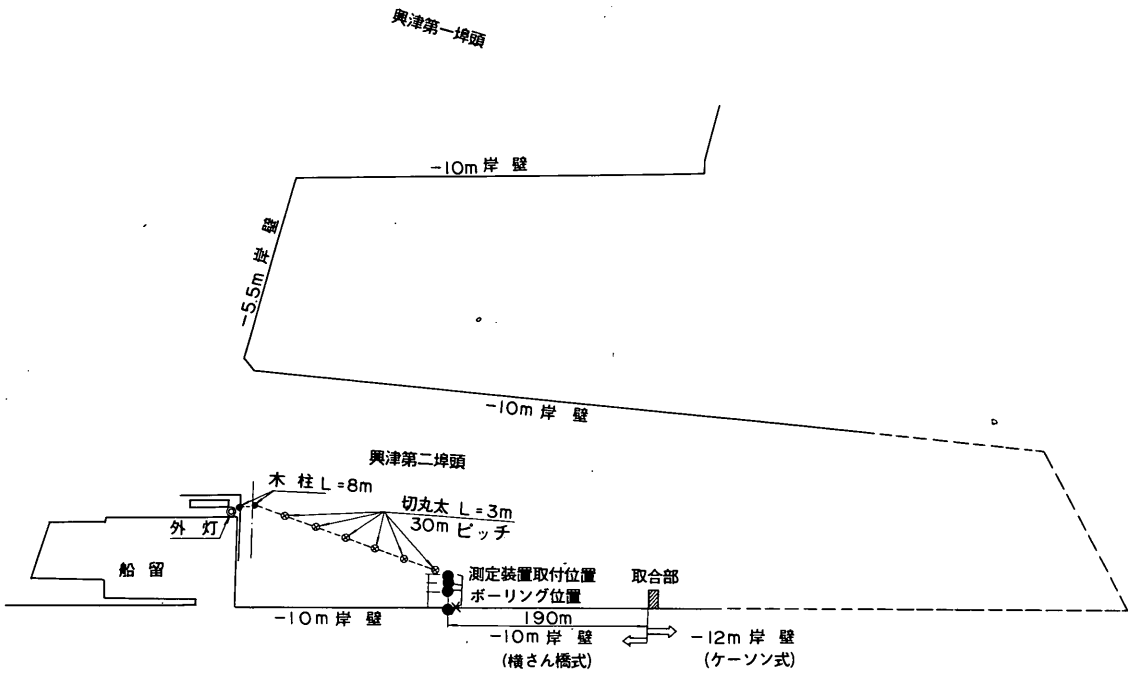


図4-34 清水港興津第2ふ頭西側-10M岸壁断面図

5. 測定記録

各構造物毎に測定記録の一部を図5-1~27に示す。図から各記録の特徴について述べる。なお、図5-1~5はケーソン式、図5-6~11はL型ブロック式、図5-12はセルラーブロック式、図5-13はプレバクトコンクリート式、図5-14~16はブロック式、図5-17~27は矢板式構造の記録である。

各図には $\#1\sim4$ (セル式構造については5)の測定管の水位が各々プロットされ、記録紙上の記録を参考にしてなめらかに結ばれている。下方に $\#2\sim4$ (あるいは5)の岸壁背後の水位とその時の前面潮位($\#1$)の水位差がプロットされている。一般に3本の線がのせられているが岸壁背後水位がほとんど一致しているものについては、作図上省略しているものがある。なお、岸壁背後水位の記録に問題があると考えられるものについてはもちろん水位差はとらなかった。

前面潮位が各港のHWLあるいはLWLを越えるものが2, 3の港でみられるが、前面、背後と岸壁水位の同時記録をとっているため、その原因の検討は行なわなかった。

1. 室蘭港-7.5m(ケーソン式)岸壁

前面潮位の変化に比して、背後水位の変化は小さく、他の重力式構造のそれに較べて、背後水位の振巾の減衰は著しい。主たる原因は建設後の経過年数が約10年と長いためであろう。記録状態は良好である。

2. 小樽港-9m(ケーソン式)岸壁

記録紙上には潮汐の変化の上に約20~30分の周期をもつ水位の微小変動が記録されていたが、図5-2に示す測定記録は微小変動をスムージングした結果である。 $\#2$ 、 $\#3$ はケーソン背後の裏込割石中にたて込まれており、裏込めは2m厚の基礎捨石とつながっているため水位変動はその微小変動も含めて、前面潮位($\#1$)にほとんど一致している。図には $\#4$ の記録のみを記入した。記録状態は比較的的良好である。

3. 釧路港-7.5m(ケーソン式)岸壁

$\#2$ 、 3 の水位変化は $\#1$ のそれとほとんど一致している。これは、構造物が建設直後で新しいこと、裏込め割石が大径であること、防砂布を埋立砂との間に使用しているために裏込めが目づまりをおこしていないことによるのであろう。 $\#3$ は防砂布の背後裏埋砂中にたて込まれているが、記録からみれば、その水位変化は $\#2$ のそれとほとんど同じである。これは、 $\#3$ のストレーナが防砂布を貫いて裏込割石の部分に入っていることと、既設岸壁の捨石部を通して十分な透水性が確保できるためであろう。 $\#4$ の記録は他の測定記録に較べて、特異な変化をしているが、これは既設岸壁の背後に $\#4$ が位置しているためであ

らう。既設岸壁はブロック構造であるが、この記録からみても、ブロック式構造の透水性の良好さがわかる。記録状態は良好である。

4. 小名浜港-6.0m(ケーソン式)岸壁

$\#2$ は1.25mと比較的うすい基礎捨石層で海面と通じた裏込めに建て込まれているため、その水位変化は前面潮位との差はほとんどない。 $\#3$ 、 $\#4$ の水位変動の振巾は順次小さくなっているが、最低点の前面潮位のそれに対する時間的ずれは岸壁法線からはなれるにしたがって長くなっているとはいえない。これは岸壁背後の地形がエプロンより陸側が一段高くなっていることによるのであろう。記録状態は良好である。

5. 松山港-9.0m(ケーソン式)岸壁

$\#2$ の水位変化は他の重力式構造のそれに比して比較的小さい。これは基礎捨石層がうすい(1.5m)ためと、竣工して約10年経過しているためであろう。 $\#2$ 、 3 の水位変化は高潮時は前面潮位によく追従しているが、低潮時には比較的ゆるやかとなる。低潮時には $\#4$ の方がむしろ低くなる。これは、 $\#2$ 、 3 のストレーナが下部の部分で目づまりをおこし、排水性が不良になったためであろうと考えられる。記録は比較的的良好。

6. 下関港-7.5m(横さん橋式・L型ブロック土留)岸壁

基礎捨石、置換屑石あわせて5mの透水層があるにもかかわらず $\#2$ の水位が前面潮位のそれに比して小さいのは $\#2$ が裏込め部分に入っていないためであろう。記録は比較的的良好。

7. 博多港-7.5m(L型ブロック式)岸壁

記録は $\#1\sim4$ が同時にとれていることはなく、図には他の日の記録から類推して欠測部を補足し点線で記入している。基礎捨石は比較的うすい(1.1m)が $\#2$ は裏込割石中にあるため前面潮位にかなりよく追従するはずである。記録不良のため解析は困難である。

8. 鹿児島港-4.5m(L型ブロック式)岸壁

$\#2$ は1mの基礎捨石層と通じた裏込め部分にたて込まれているためその水位変化は前面潮位によく追従している。 $\#2$ の水位が+1.00m以下に下がらないのはその付近で $\#2$ のストレーナが目づまりをおこしているためであろう。 $\#3$ は高潮時には前面潮位に比較的よく追従するが、低潮時にはその追従性はよくない。これは、 $\#3$ の地点では現地地盤が+0.80mのところであり、シラス混り砂の非透水性のため水位の下方硬直性を示すのかストレーナがシラス等で目づまりをおこしているためであろう。 $\#4$ も同様のことがいえるが岸壁法線から遠いだけ裏込め砂、現地盤の影響をよくうけている。記録は比較的的良好。

9. 刈田港—3.0 m (L型ブロック式)物揚場

№2は1.1 mの基礎捨石層を通じた裏込め部分にたて込まれているためその水位変化の前面潮位への追従性はよいはずであるが比較的小さく記録されている。これは建設が昭和14～19年と比較的古く、捨石層が目づまりをおこしているためではないかと思われる。№4は+2.3 m付近でフロートがひっかかるようであり、前面潮位の高潮時における追従が悪い。記録状態は可。

10. 刈田港—4.5 m (L型ブロック式)岸壁

№2の記録の測定が完全でないが、一部分から判断すると、前面潮位の変動に対して、№2のそれはかなり小さく、№3と差がないようである。これは建設が昭和14～19年と古い構造であり、基礎捨石厚が1.3 mと比較的うすく、前面にシルトの堆積もみられることから構造物の透水性が悪化したためであると考えられる。記録状態は可である。

11. 長崎港—5.5 m (L型ブロック式)岸壁

約2日間の記録でHWLよりもかなり低い潮の状態の記録ではあるが、№2, 4をみるかぎりでは透水性がよい。これはL型ブロックの下方の2 mの基礎割石の効果であろう。№3の記録は途中からおかしくなっている。記録状態は可。

12. 佐世保港—1.0 m (セルラー式)岸壁

前面潮位および№2, 3の水位が記録されている。№4は信頼できない。№1～3はほとんど一致しているとみられる。№2はセルラーブロック内に№3は裏込め部分にたて込まれているためであろう。

13. 佐世保港—1.0 m岸壁取付(プレキャストコンクリート式)

№1と№4の水位変化が記録されているが、№4の水位変化からはかなり透水性がよいように思われる。セルラー部分からの透水とも考えられる。記録状態は不良。

14. 千葉港—1.0 m (横さん橋式・ブロック土留)岸壁

№2は満潮時の前面潮位の変動によく追従しているが、干潮時には№3よりもその追従のしかたは悪く、最低水位の生じる時間のおくれも№3よりも大きい。№3は他の調査施設で砂質土に入っている測定管と同じような水位変動をみせている。№2の低潮時のこのような変動は測定管下部に透水性をわるくするような目づまりを生じているのではないかと思われる。高い方の低潮時の記録では№2の方が№3よりも低くなっている。したがって水位変化としては、№2は低潮時には№1と№3の中間に入るのが正しい姿であると思われる。他のブロック構造の記録に比して№2の前面潮位の追従性のわるさは基礎割石と裏込めとの間に防砂板をつかっているからであろう。

15. 衣浦港—3.5 m (横さん橋式・ブロック土留)物揚場

№2は前面潮位にかなりよく追従している。これは、ブロックの下方に4.0 mの捨石層がありその透水性がよいためである。№3, 4も埋立砂(しゅんせつ砂)中に入っているが№2と同じような傾向の変動をみせている。記録状態は良好である。この記録は簡易水位計を用いて人力で測定された。

16. 清水港—1.0 m (横さん橋式・ブロック土留)岸壁

№2は前面潮位の変動にほとんど一致しており、№3, 4もよく追従している。その差は測定誤差の範囲である。これは、№2の入っている裏込め部分は基礎捨石とつながっており(防砂板はブロック背面のみ)、埋立は良透水性の砂でおこなわれているためである。記録状態は良好である。

17. 新潟港—1.0 m (矢板式)岸壁

前面潮位に比して№2～4の水位が高い。№2～4はほとんど一致するので№2のみを記した。当該岸壁の近くに水路掘削時の地下水位の測定のためにもうけた2つの井戸の水位記録計をみると、+1.7～2.5 mあり背後の高い地下水位は岸壁付近では矢板壁を通して排水されているのであろう。記録状態はよくない。

18. 伏木富山港—1.0 m (矢板式)岸壁

図に示す記録のように岸壁背後の地下水位がかなり高く、前面水位の影響は岸壁背後の水位にほとんど影響しない矢板壁を通して背後地下水が排水されるケースである。記録状態はよくない。

19. 鹿島港—5.5 m (矢板式)護岸

掘込み港湾でかなりの地下水位が予想されるが、記録上からはうかがうことができない。記録状態は良好である。

20. 塩釜港—7.5 m (横さん橋式・連続鋼管矢板式土留)岸壁

土留は連続鋼管矢板構造となっており裏込め、裏埋めはかなり大径の土丹塊が入っているため、背後水位は前面潮位の変動によく追従している。前に高潮時はすぐれている。低潮時に追従が悪いのは、鋼管矢板前面が±0.0 mまでシルト層になっており、シルト層の排水性が悪いためである。背後水位記録がほとんど一致しているのは裏込めの透水性がよいためであるが時間と共に土丹塊が崩れるおそれがある。記録状態は良好である。

21. 八戸港—5.5 m (矢板式)岸壁

№2は矢板直背後の裏込め割石を貫いており比較的前面潮位に追従のよい水位変化をするはずであるが、前面潮位の高潮時にわずかに水位上昇するのみである。№3もほぼ同様な傾向を示している。№4はほとんどコンスタントで前面潮位に比して比較的高い水位を有している。八太郎地区

の岸壁建設のための土質調査によると、当該岸壁付近の陸側の地下水位は+2.0~3.0 m程度であった。岸壁建設後の地下水位測定記録はないが岸壁建設によって低くなることは考えられず、背後の水位は+2 m以上あり通常の岸壁とは異なり、陸側から海側への矢板壁を通した排水がおこなわれているのであろう。記録は良好。

2.2. 神戸港-10 m (鋼板セル式) 岸壁

№2はアーク部に入っているが、アークの部分は直線型鋼矢板で形成されているため通常の矢板式構造の場合と同様に考えられる。№3は鋼板セル内部に位置するが、観測期間を通じて水位に変化はほとんどなかった。№4は鋼板セルの背後に位置するが、アーク部を通して前面潮位の影響が伝わるとしても2つの矢板壁の背後であるため水位変化は非常に小さい。№3よりも約20 cm低い。№5は岸壁法線から60 cmの距離にあり、さらにふ頭全体が舗装されているため水位の変化はみとめられなかった。記録状態は良好である。

2.3. 小松島港-9 m (矢板式) 岸壁

№2の水位変化は他の矢板構造のそれに比してかなり小さい。№3, 4と非常に小さくなる。埋土の非透水性の影響であろうか。記録状態は比較的良好。

2.4. 門司港-10 m (矢板式) 岸壁

№2, 3, 4は他の矢板構造の施設の記録に比してかなりよくまとまっており、№2の前面潮位に対する減衰の割合も小さい。これは裏埋が砂質であることと、矢板上部工に型枠繫結のために使用したボルト孔が残っており、低潮時にはその孔から水が流れるのがみられたということと他の矢板式けい船岸がLWLの近くから上は上部工が施工されており不透水性であるのに比して、上部工からの透水性も期待できたためであろう。記録状態良好である。

2.5. 八代港-10 m (矢板式) 岸壁

№1~4の水位変化は比較的良好に記録されているが水位変化は小さい。

2.6. 鹿児島港-7.5 m (矢板式) 岸壁

№2の水位変化は、№2の管が矢板壁背後の裏込め中にあるにもかかわらず前面潮位のそれに比して比較的小さい。これは、鋼矢板の不透水性および裏込め部分の埋土によるうめどしによる透水性の減少によるのであろう。№3, 4は埋土の影響が強く入っているためにさらに水位変化は小さいのであろう。記録良好。

2.7. 衣浦港-9 m (矢板式) 岸壁

連続鋼管矢板構造である。矢板背後には裏込割石が入っている。№2はこの裏込割石中にある。割石の透水性の良好さを考えると背後の盛砂による目づまりを考慮しても№

2の水位変動の№1に対する減衰の程度は、鋼管矢板の透水性を直接示すものと思われる。№3, 4と記録状態は良好である。この測定は簡易水位計を用いて人力で行なわれた。

6. 測定結果の考察

6.1 岸壁背後水位と前面潮位

岸壁背後水位の変化と前面潮位のそれをおおまかに見くらべると、岸壁背後水位は岸壁法線からの距離の増大につれて振幅の減少と位相のずれの程度が増大している。さらに表6-31に示すように平均水位の上昇がみられる。岸壁の設計の条件として用いられる残留水位としてどの程度の値をとるべきかは、前面潮位と土圧作用面付近の水位との差が最大となる値を各構造物について測定すればよいがすべての構造物について測定することは不可能である。

観測記録から前面潮位の満、干潮時の潮位とそれに対応する岸壁背後水位の最高値、最低値を前面潮位を横軸に背後水位を縦軸にとりプロットした結果が図6-1~26である。図には測定管別に記号で分類しプロットされている。

背後水位が前面潮位よりも高くなるのは低潮時であり、背後水位の変化の位相が前面潮位に対してずれるため、その差が最大になるのは干潮時ではなくいく分その前におこる。そのずれ時間は構造物の透水性によって異なっている。したがって前面潮位と背後水位の極小値の差ではいく分安全側(最小値の差と図5-1~27の水位差にみられる最大の水位差との違いは構造形式によって異なるが最大のもので約20 cm後者の方が大きい)であるが、整理の都合上これをとった。これらの図から前面の満干潮位のかかりのばの変化にもかかわらず、満干潮それぞれ1つの直線上にあると考える。特に干潮時の関係を矢板式、重力式に分類しまとめた結果を図6-27, 28に示す。図の縦軸には岸壁直背後№2の最小水位がとられているが、この理由は次の判断による。岸壁に作用する外力の一つとしての残留水圧を計算するための残留水位としては、№2あるいは№3の水位が考えられるが、№2は一般に№3よりも干潮時には低くこの値をとると、水圧としては過小評価となるが土圧としては過大に評価することになり、№3のそれをとる時、その逆になる。外力全体としては大差ないと考えられ、№2が岸壁直背後ということで、各調査構造物で統一的に建て込まれているのに対し、№3は重力式構造物の場合は裏込め直背後、矢板式構造物の場合は崩壊線の付近に設置することとしたが、現場条件から必ずしも各構造物に対して統一的に設置されていないので、№2の水位を岸壁背後の残留水位に相当するものとみなした。図中には設計

図5-1 室蘭港残留水位測定記録(1970.10.3~5)西2号ふ頭西側-7.5M(ケーソン式)岸壁

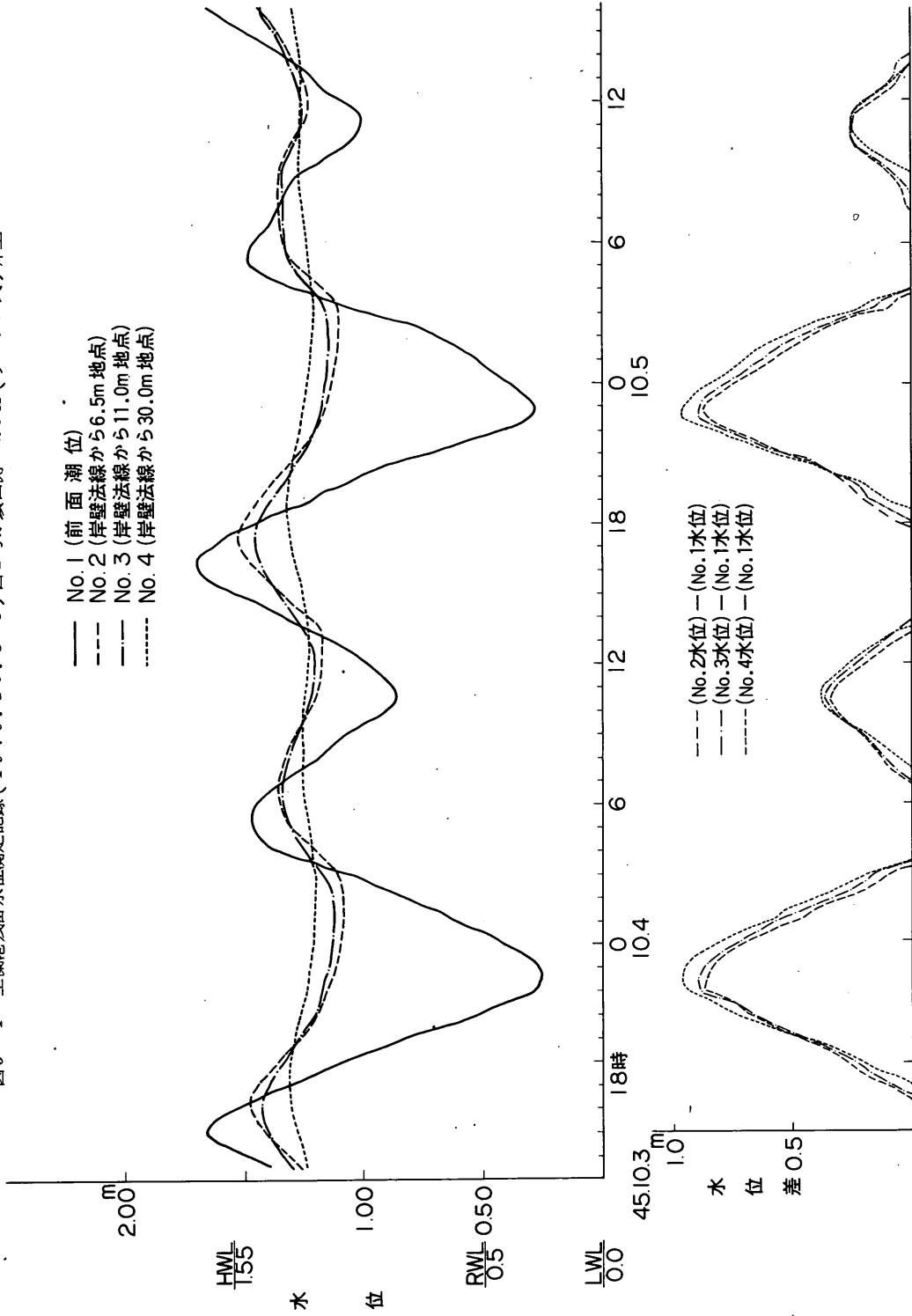
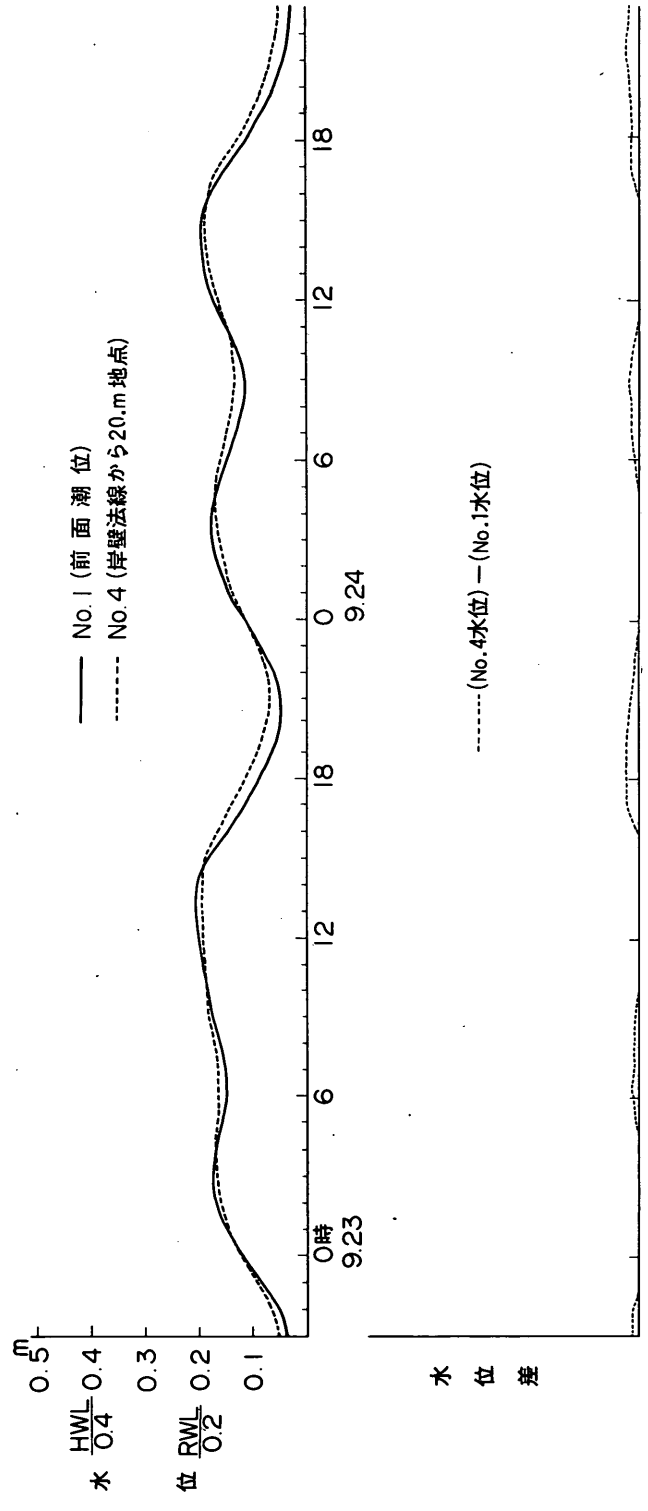


図5-2 小樽港残留水位測定記録(1969.9.23~24)第3ぶ頭9M(ケーソン式)岸壁



注 No.2, No.3の記録はNo.1とほとんど一致

図5-3 釧路港残留水位測定記録(1970.7.2~4) 南新ぶ頭-7.5M(ケーンソン式)岸壁

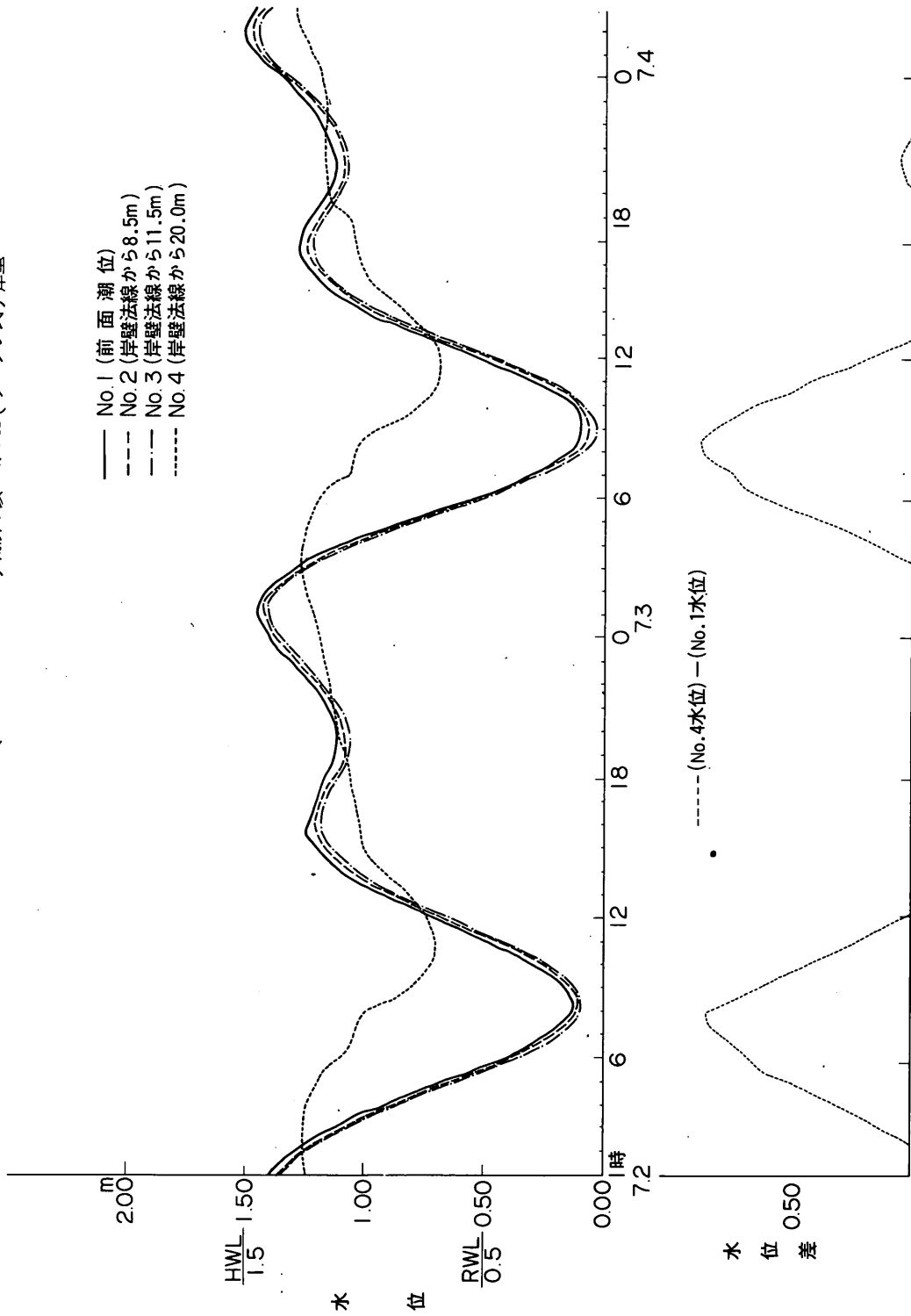


図5-4 小名浜港残留水位測定記録4号ぶ頭-6M(ケーソン式)岸壁

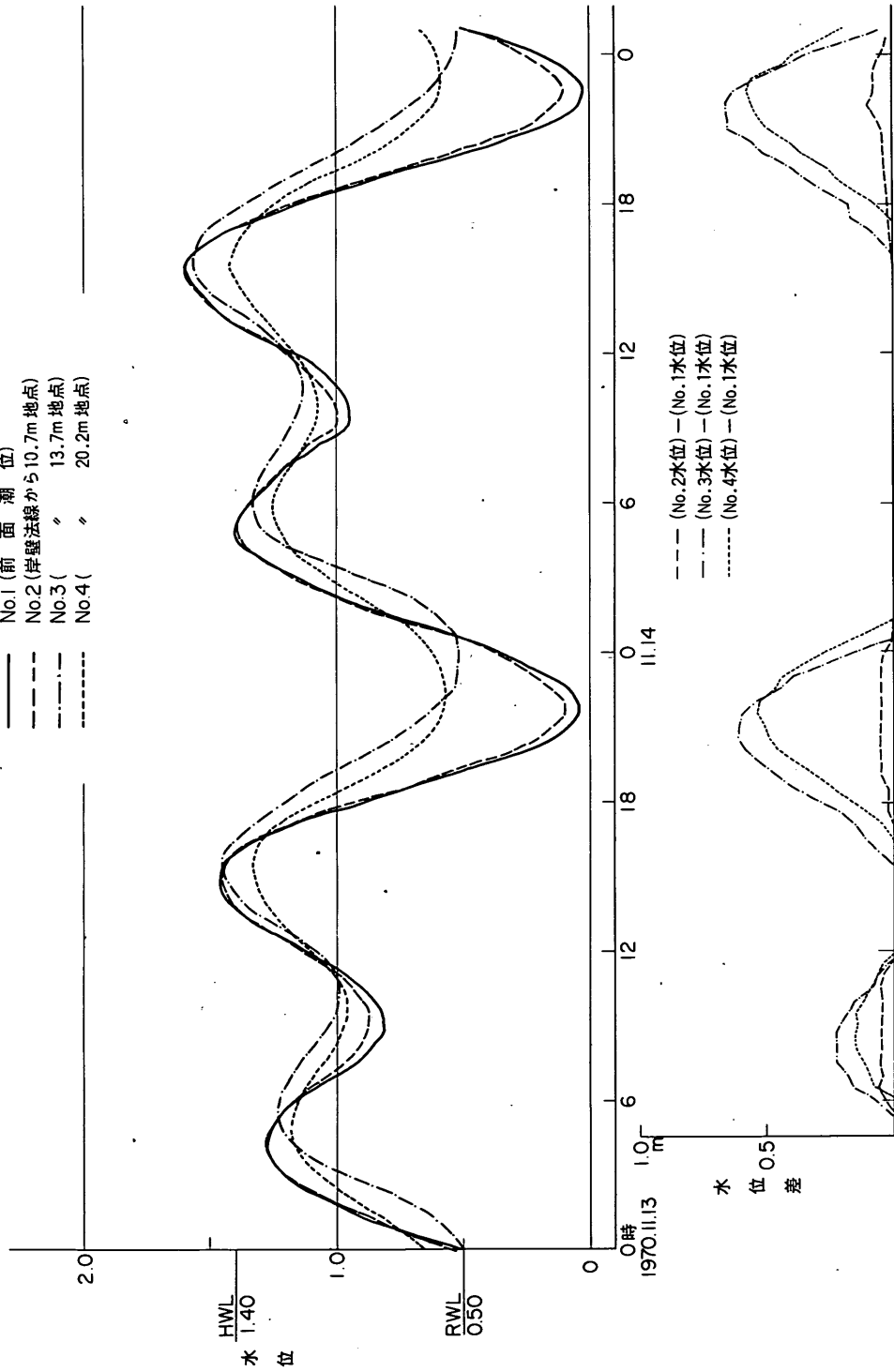


図5-5 松山港残留水位測定記録(1970.1.9~11) -10M(ケーソン式)岸壁

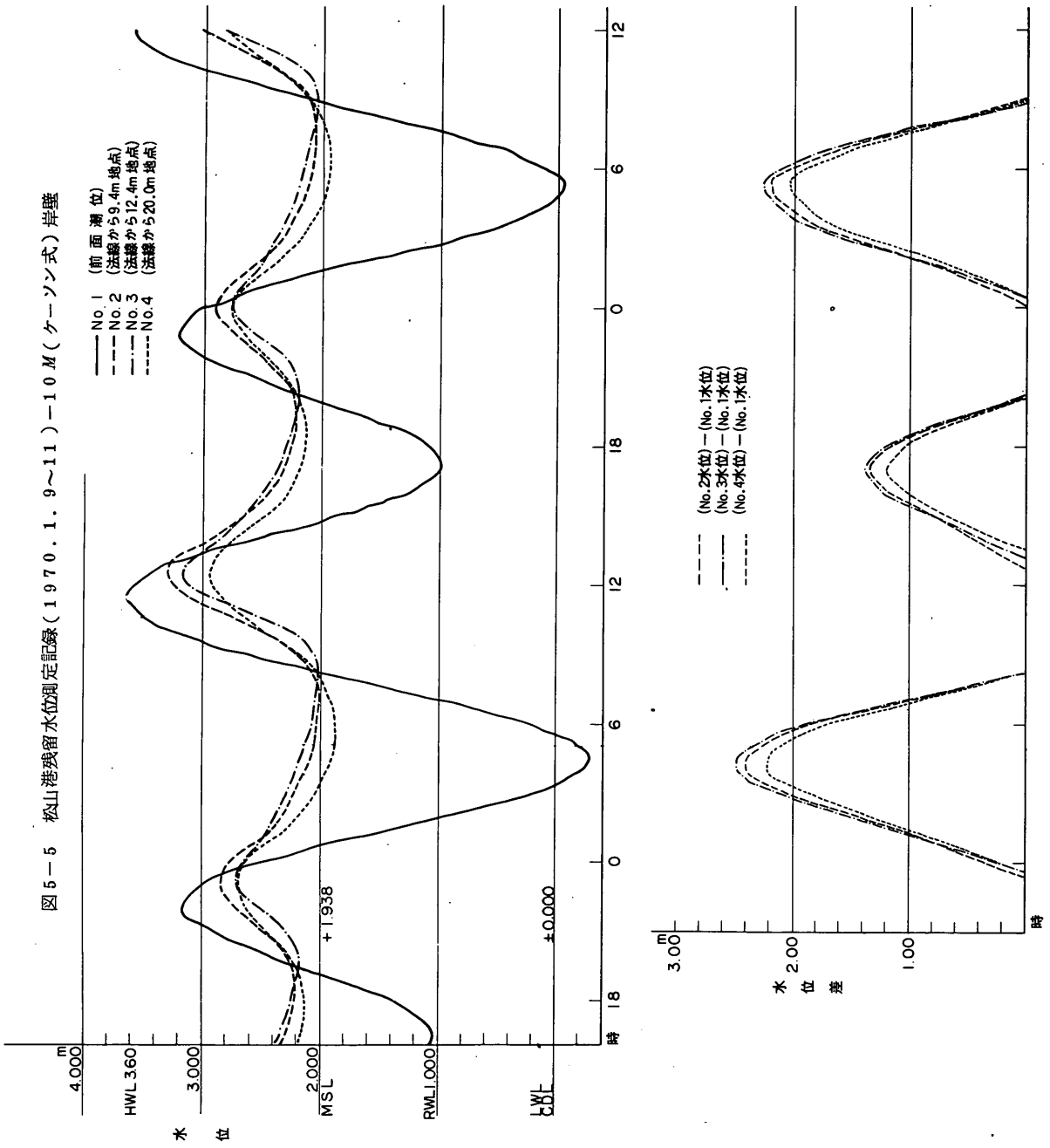


図5-6 下関港残留水位測定記録(1970.7.19~21) 細江地区-7.5M横さん橋式(L型ブロック土留)岸壁

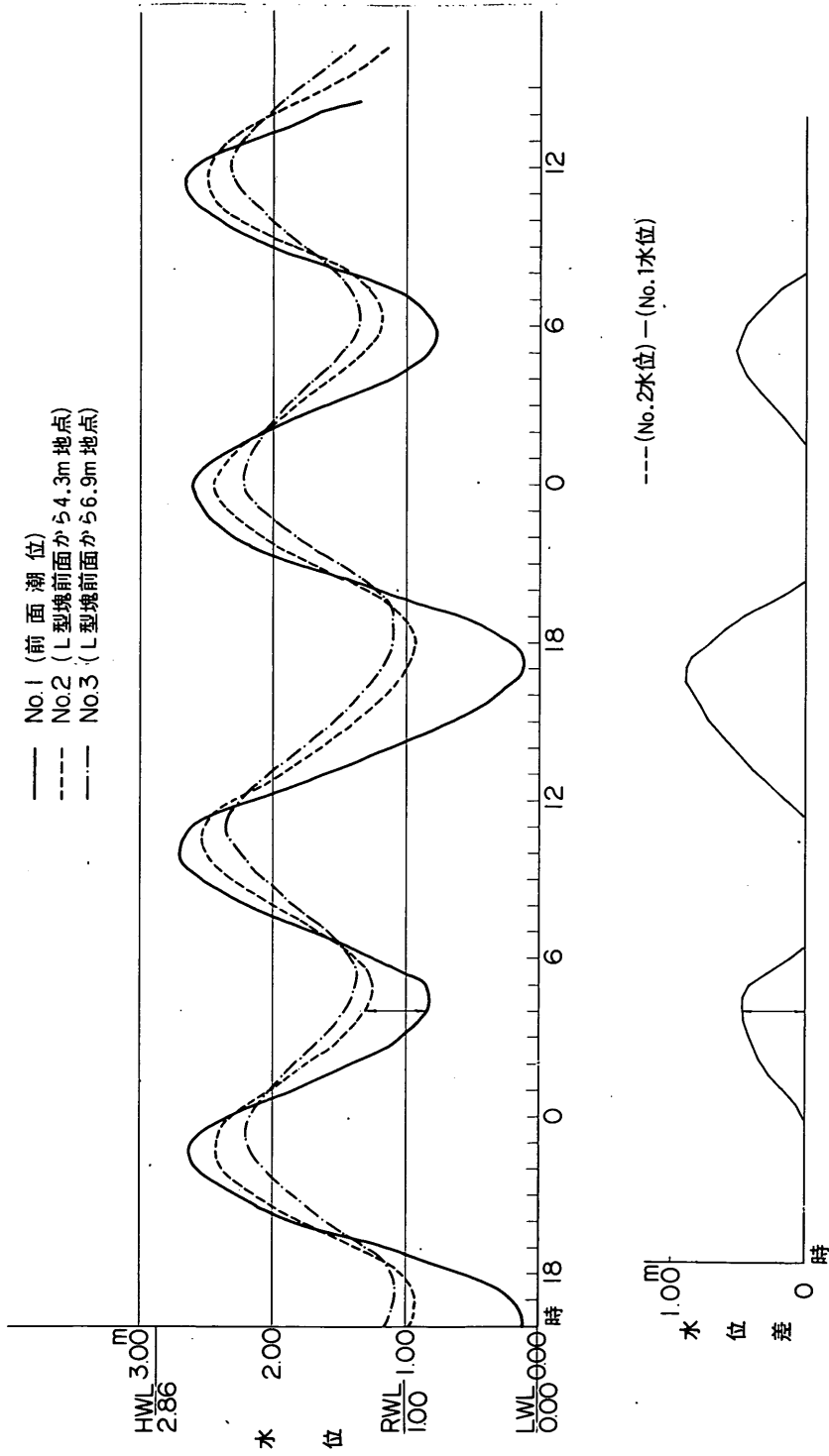


図5-7 博多港残留水位測定記録(1969.12.8~9)中央ふ頭-7.5M(L型ブロック式)岸壁

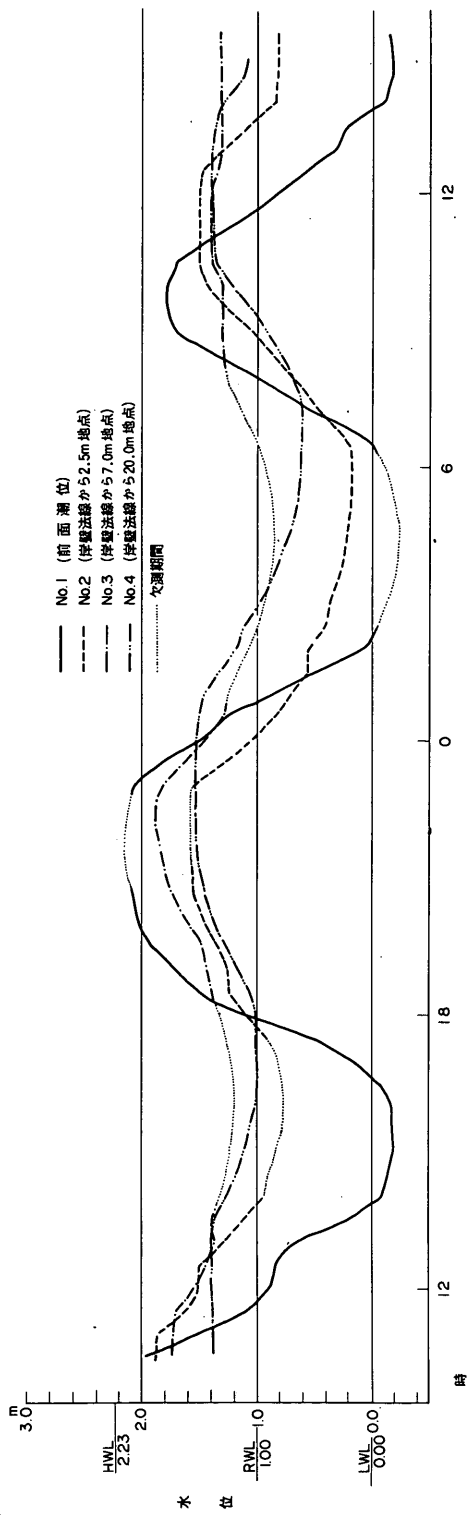


図5-8 鹿兒島港殘留水位測定記録(1968.4.27~28)新港南側-4.5M(L型プロック式)岸壁
 (太線は調和分解結果をプロットしたもの)

- No. 1 (前面潮位)
- No. 2 (岸壁法線から4.54m地点)
- · - No. 3 (岸壁法線から6.02m地点)
- No. 4 (岸壁法線から10.03m地点)
- No. 1 (前面潮位)
- No. 2 (法線から52m地点)
- · - No. 3 (法線から56m地点)
- No. 4 (法線から14m地点)

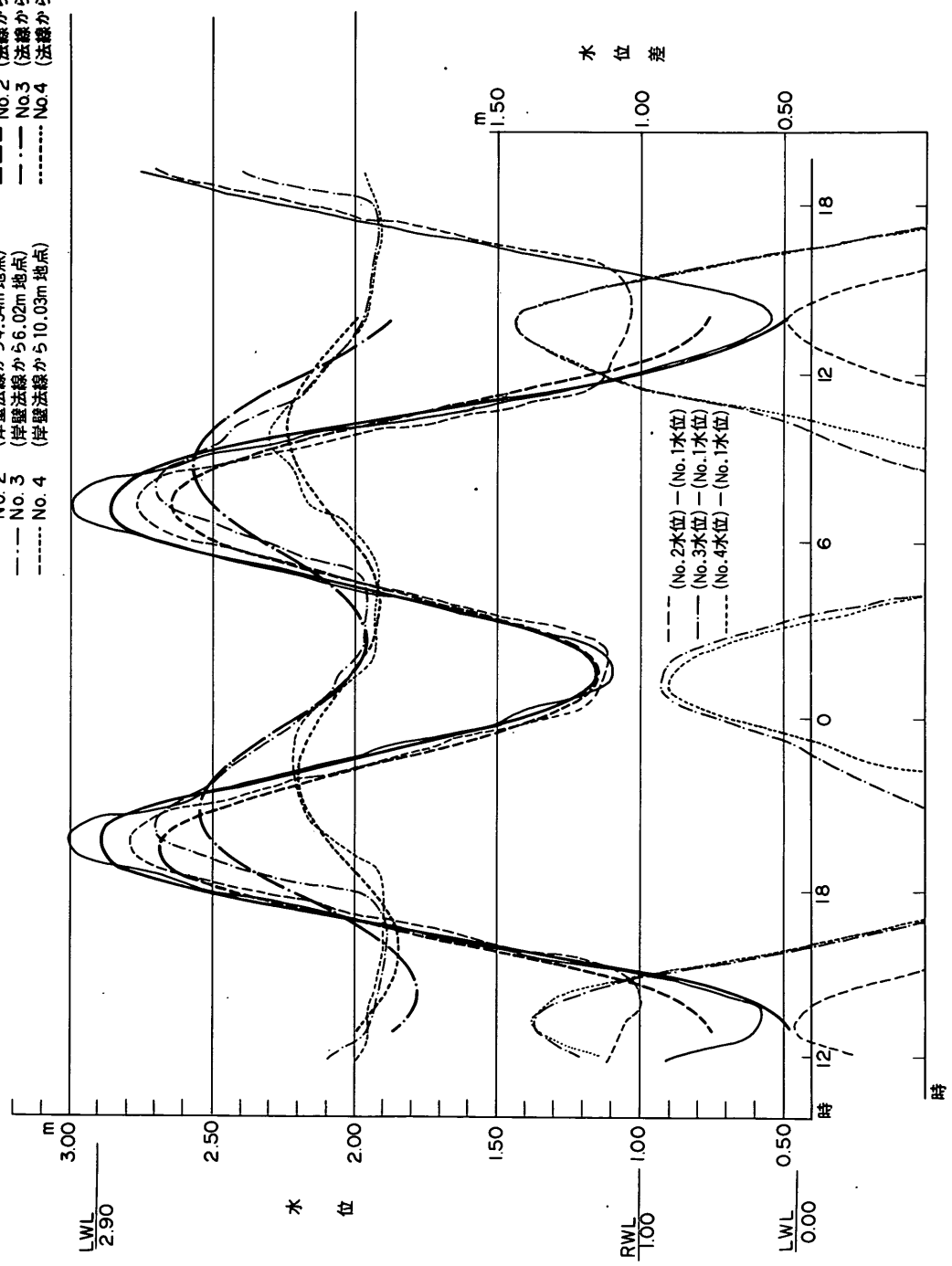


図5-9 刈田港残留水位測定記録 - 3.0 M (L型ブロック式) 物揚場

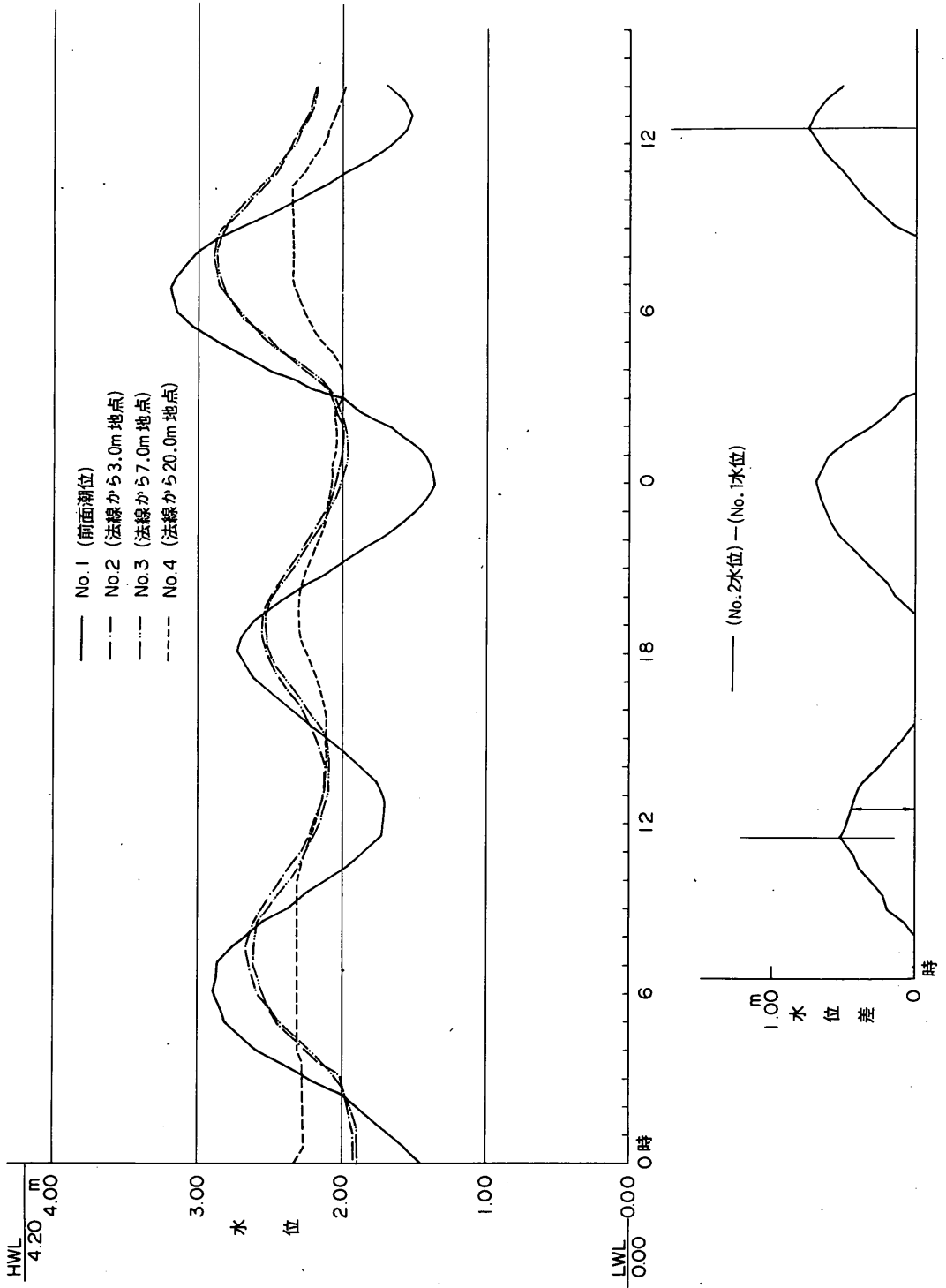


図 5-10 和田港残留水位測定記録(1968.2.29~3.1) - 4.5M (L型ブロック式) 岸壁

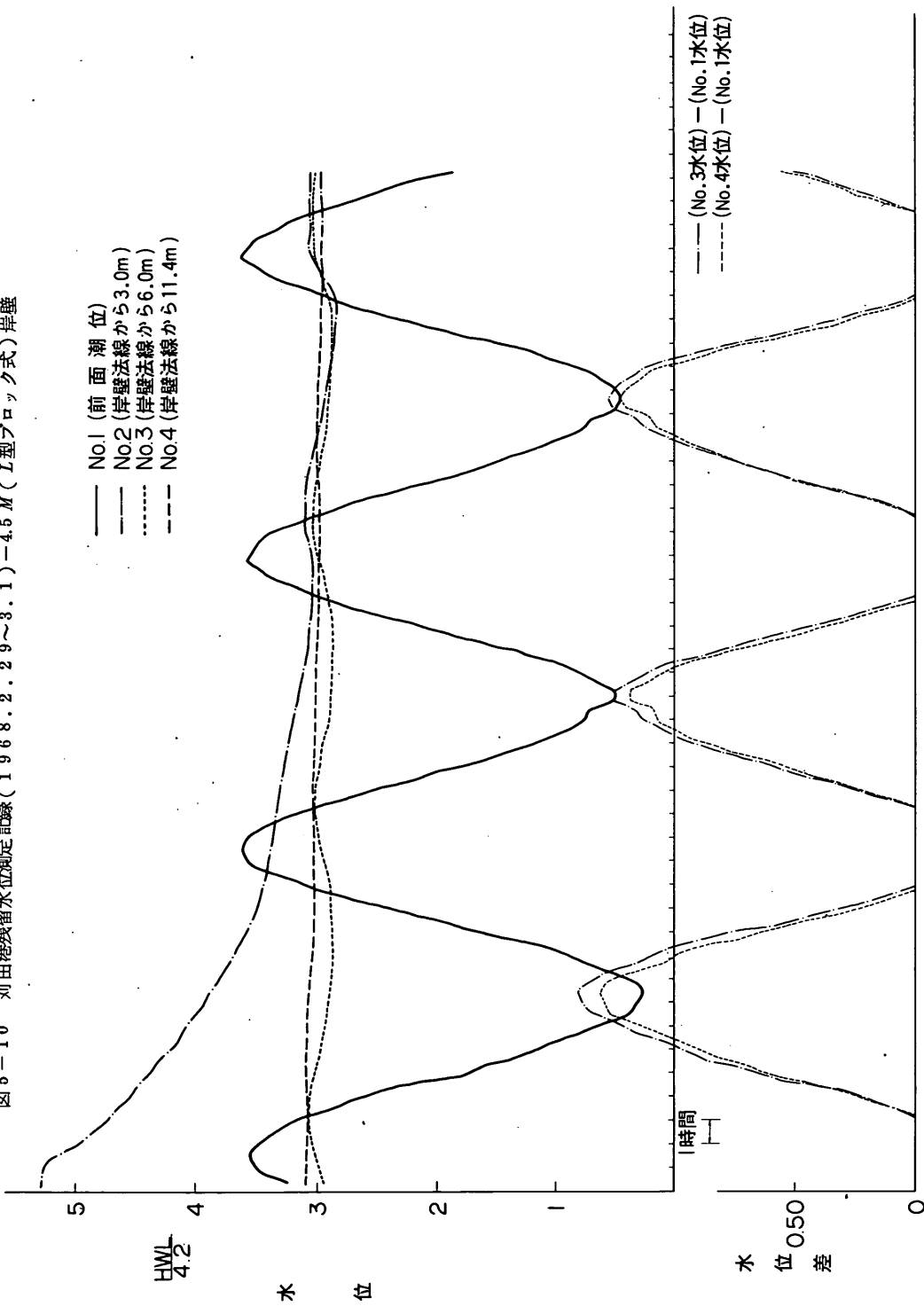


図5-11 長崎港残留水位測定記録 小ヶ倉地区-5.5M(L型ブロック式)岸壁

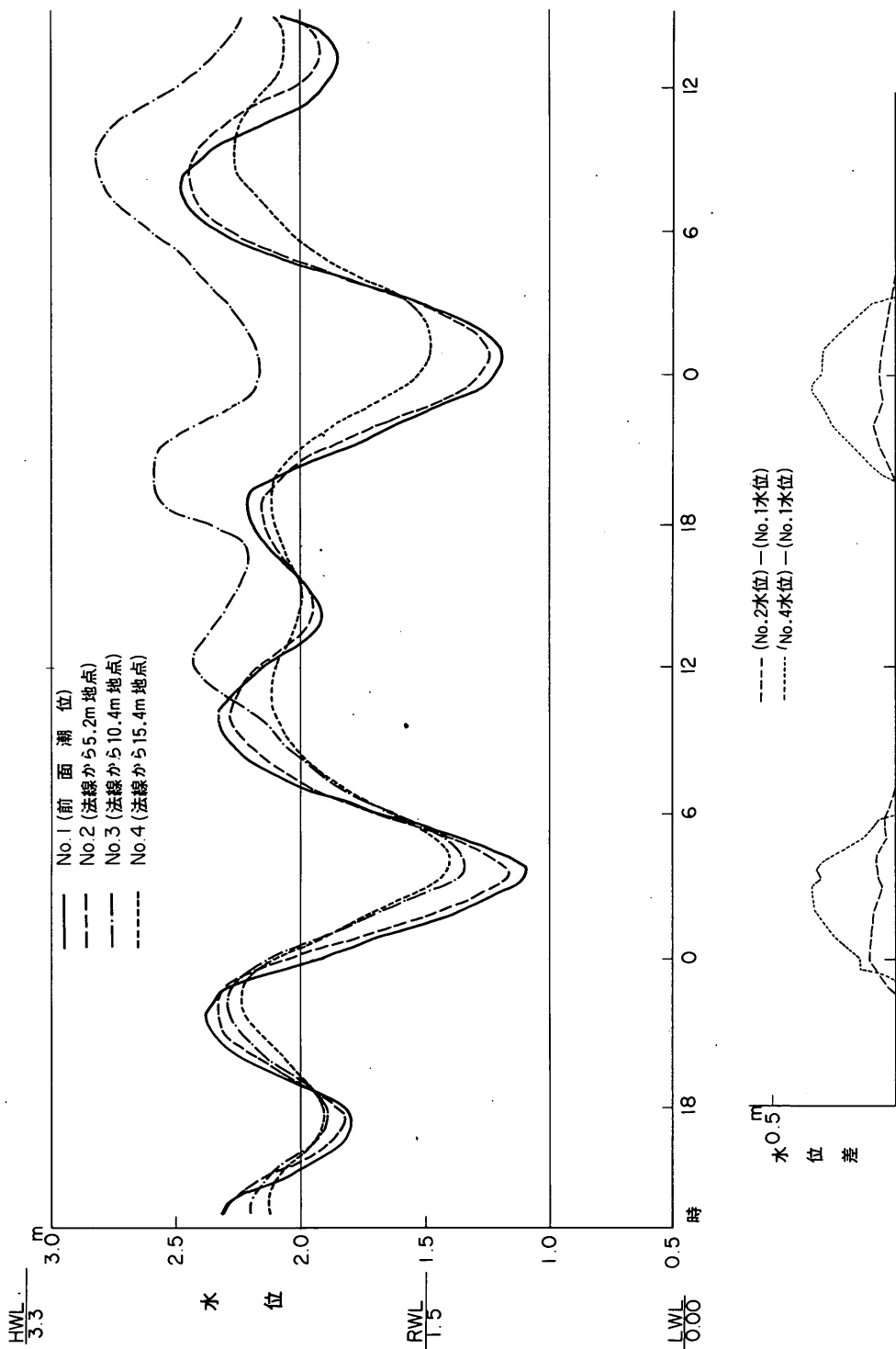


図 5-12 佐世保港残留水位測定記録(1968.1.20~21)前畑ふ頭-10M(セルラーブロック式)岸壁

- No. 1 岸壁法線から
- - - No. 2 岸壁法線から4.54m地点
- No. 3 岸壁法線から6.02m地点
- - - No. 4 岸壁法線から10.03m地点

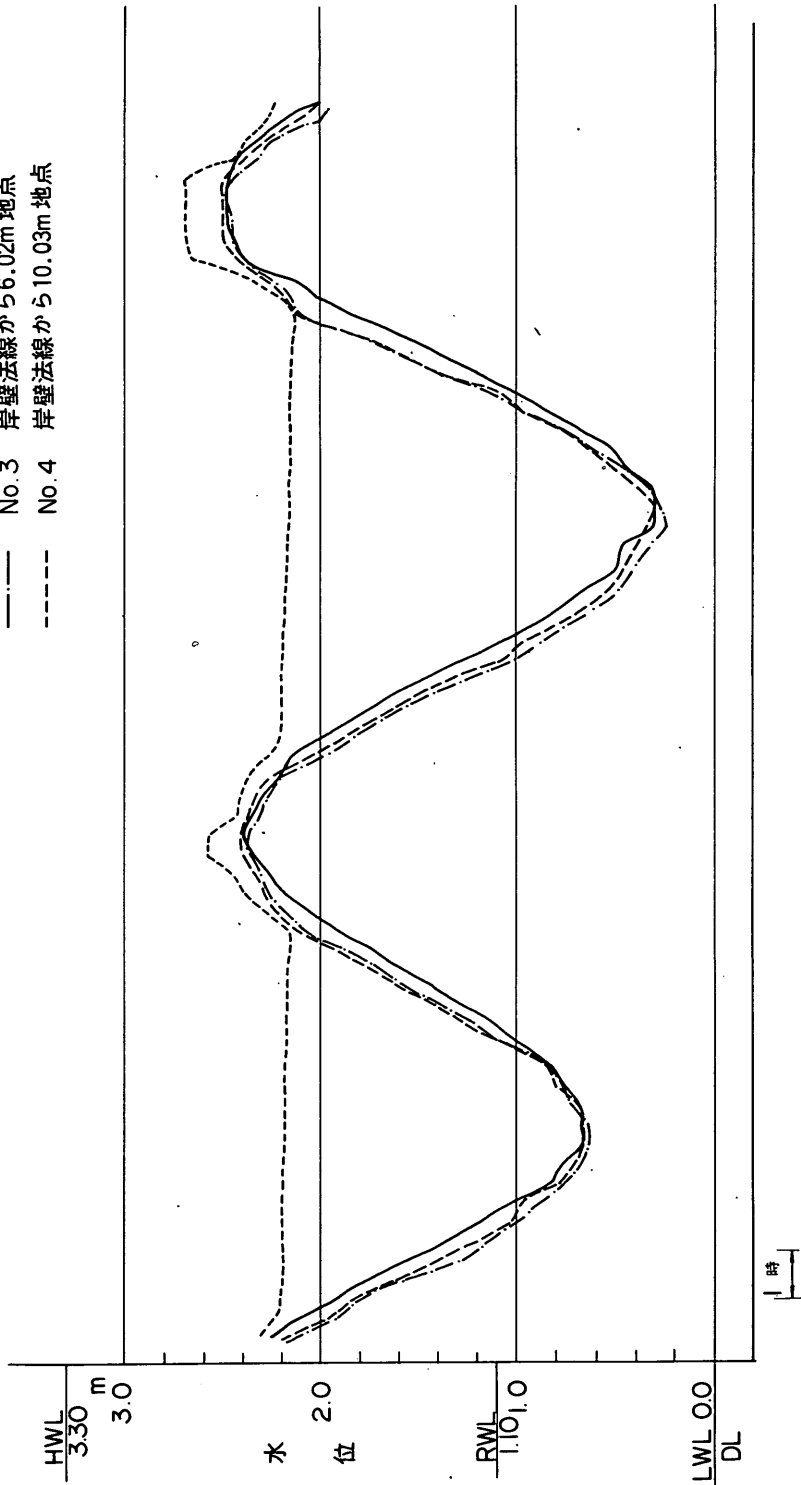


図 5-13 佐世保港残留水位測定記録(1967.12.23~24) 前畑ふ頭-10M岸壁取付(プレバクトコンクリート式)

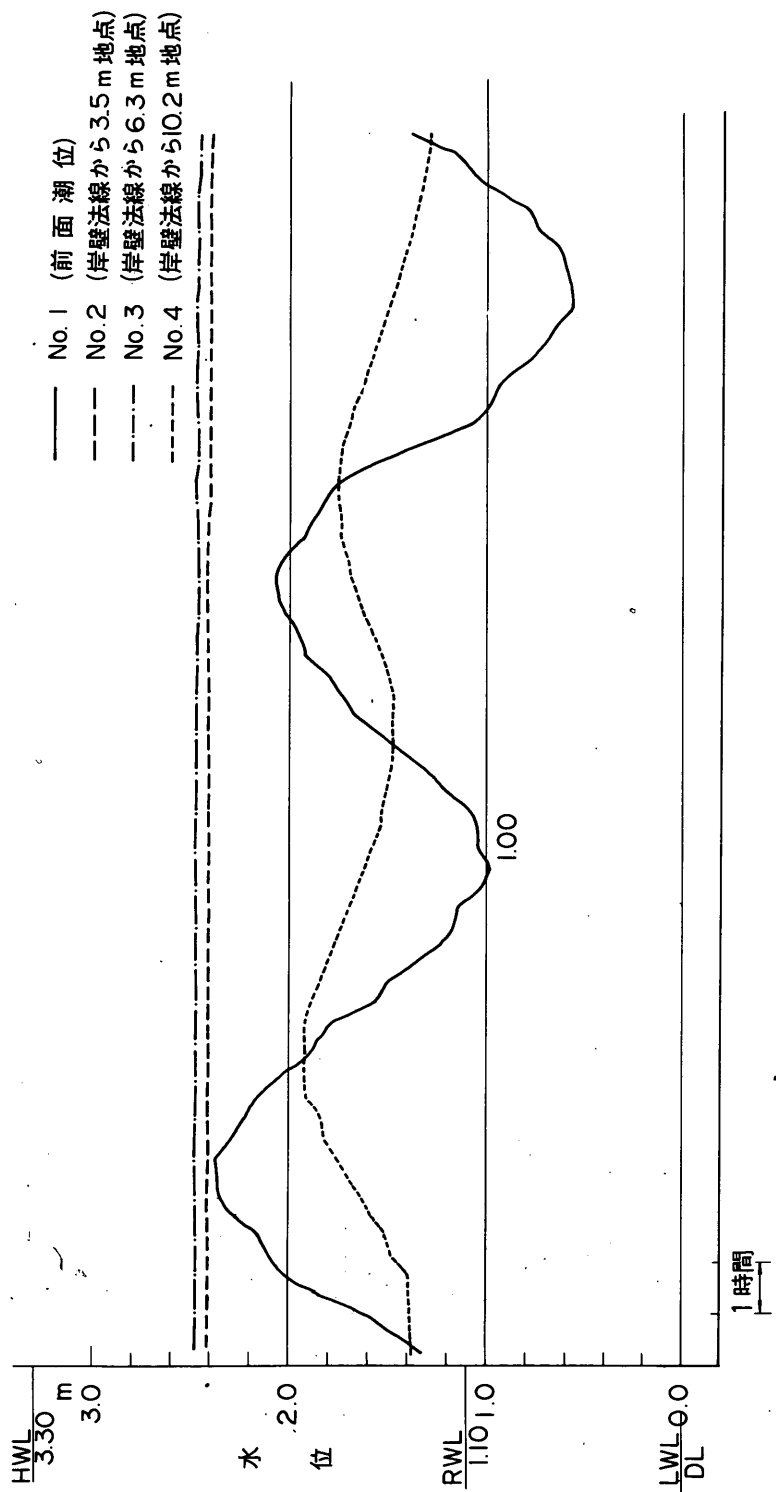


図5-14 千葉港残留水位測定記録(1970.4.26~27)-10M横さん橋式(ブロック土留)岸壁

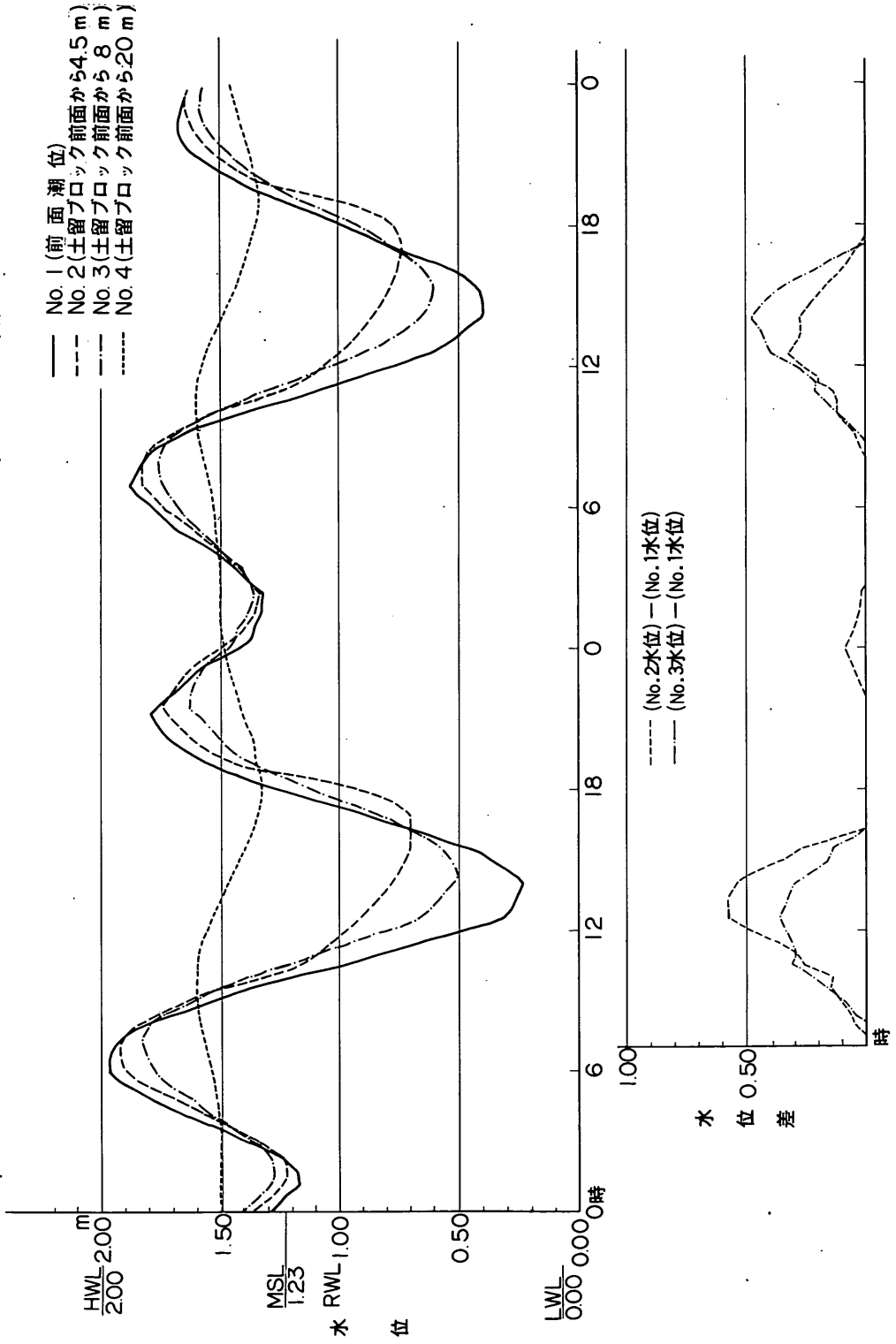


図 5-15 衣浦港残留水位測定記録(1969.10.24~26)中央ふ頭西-3.5M横さん橋式(ブロック土留)物揚場

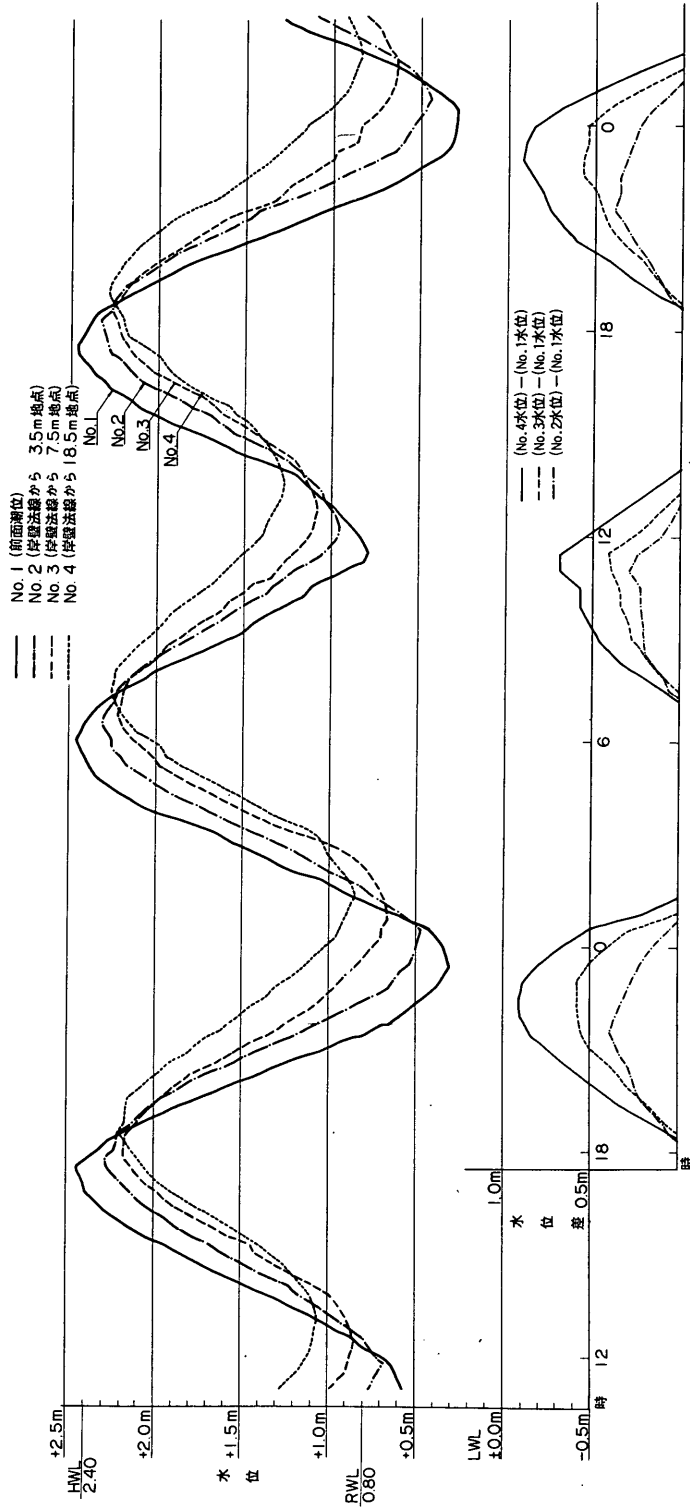


図 5-16 消水港残留水位測定記録(1970.1.22~26)興津第2ふ頭西側1-10M横さん橋式(ブロック土留)岸壁

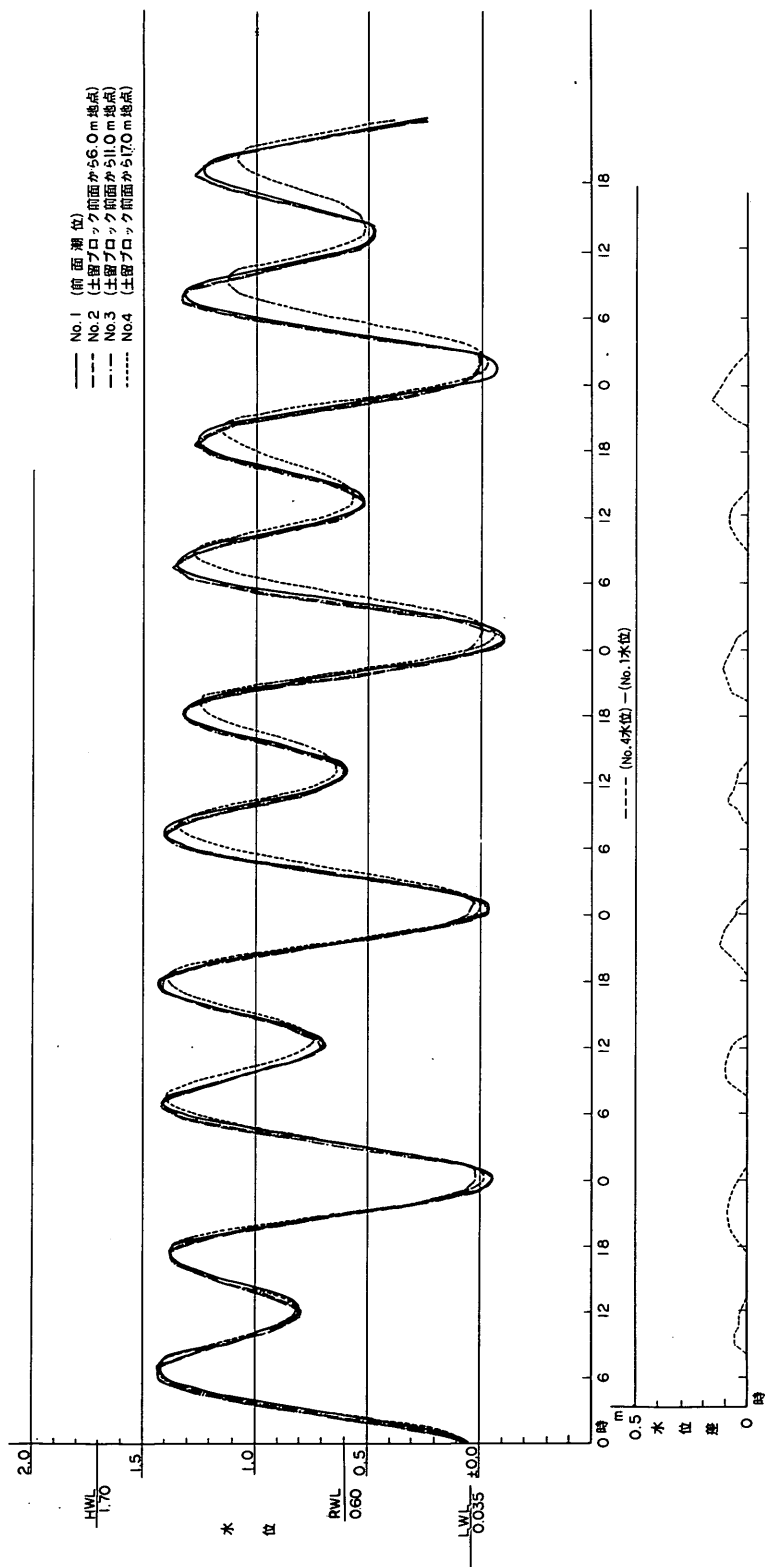
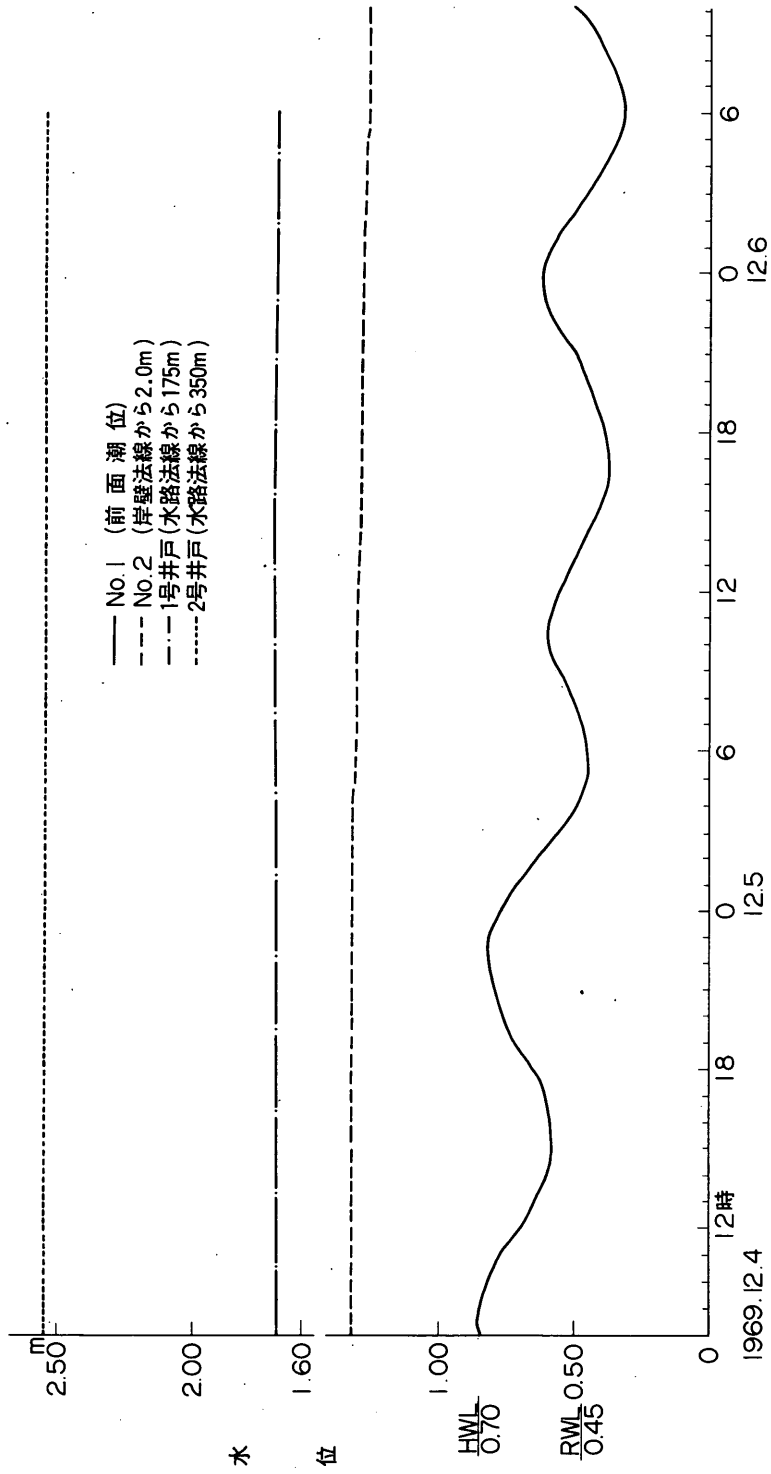


図5-17 新潟港残留水位測定記録(1969.12.4~6)東港西側-10M(鋼矢板・Hボックスタイプ)岸壁



(注) No.3, No.4は No.2とほとんど一致

図5-18 伏木富山港残留水位測定記録(1970.5.2~4)新築地区-10M(鋼矢板式)岸壁

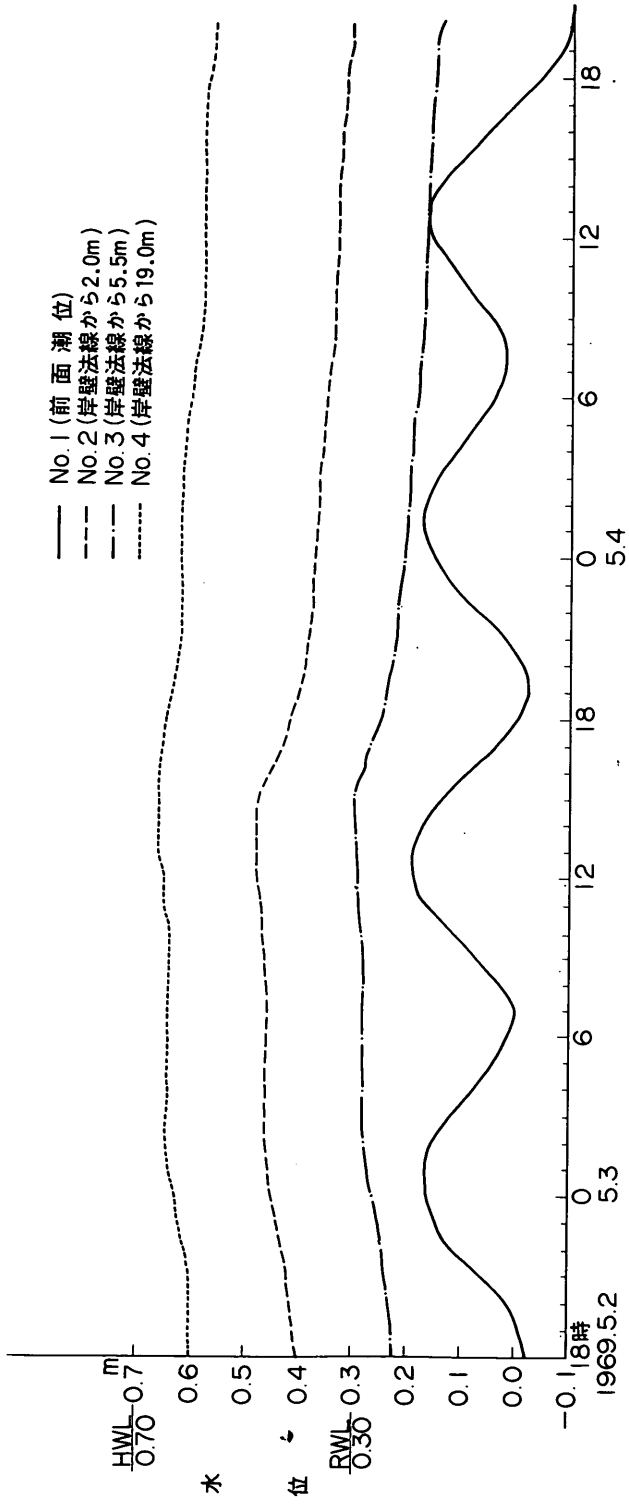


図 5-19 鹿島港残留水位測定記録 北航路護岸-5.5 M (鋼矢板式)

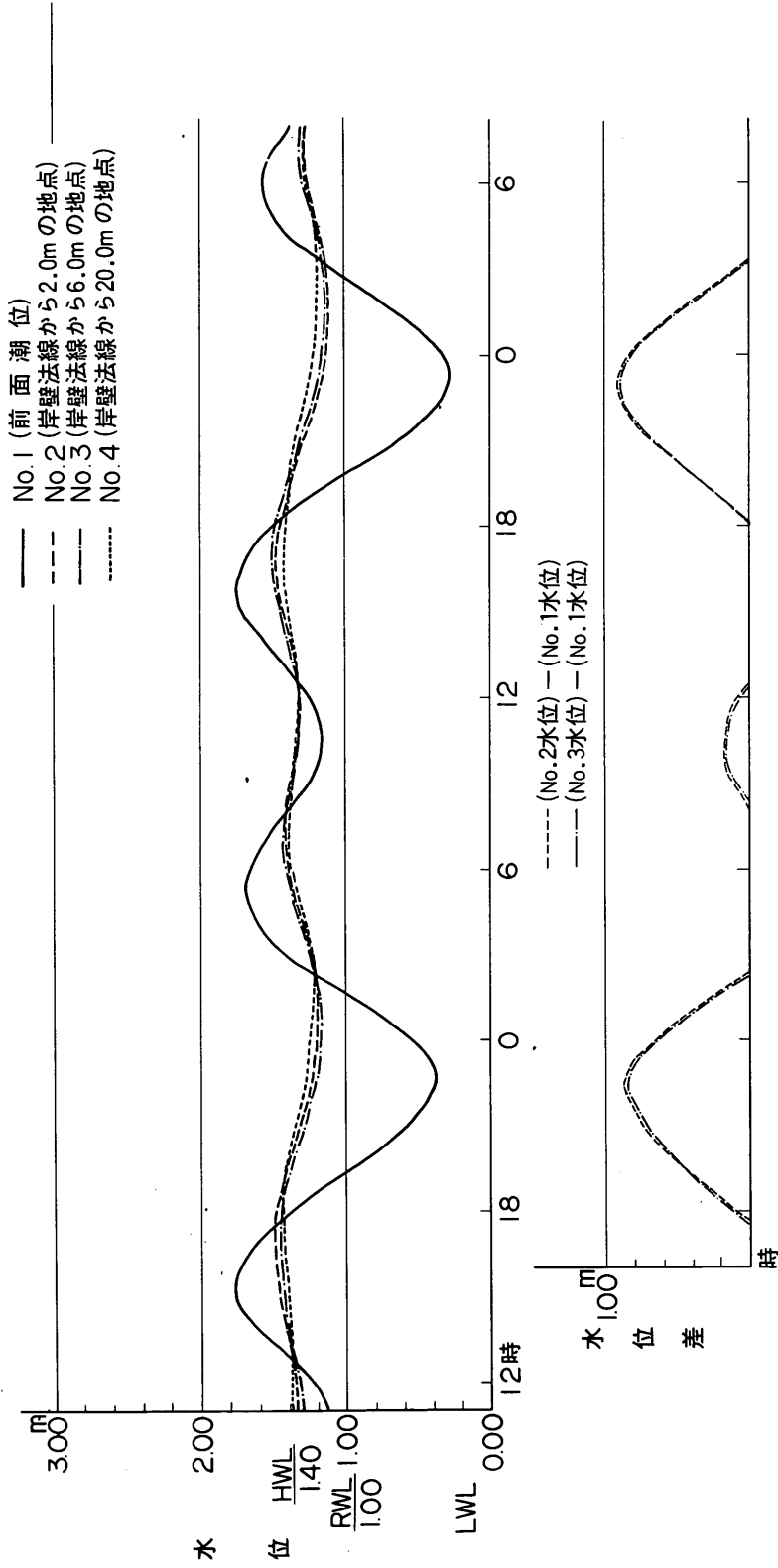


図5-20 塩釜港残留水位測定記録 貞山4号-7.5M横さん橋式(連続鋼管矢板土留)岸壁

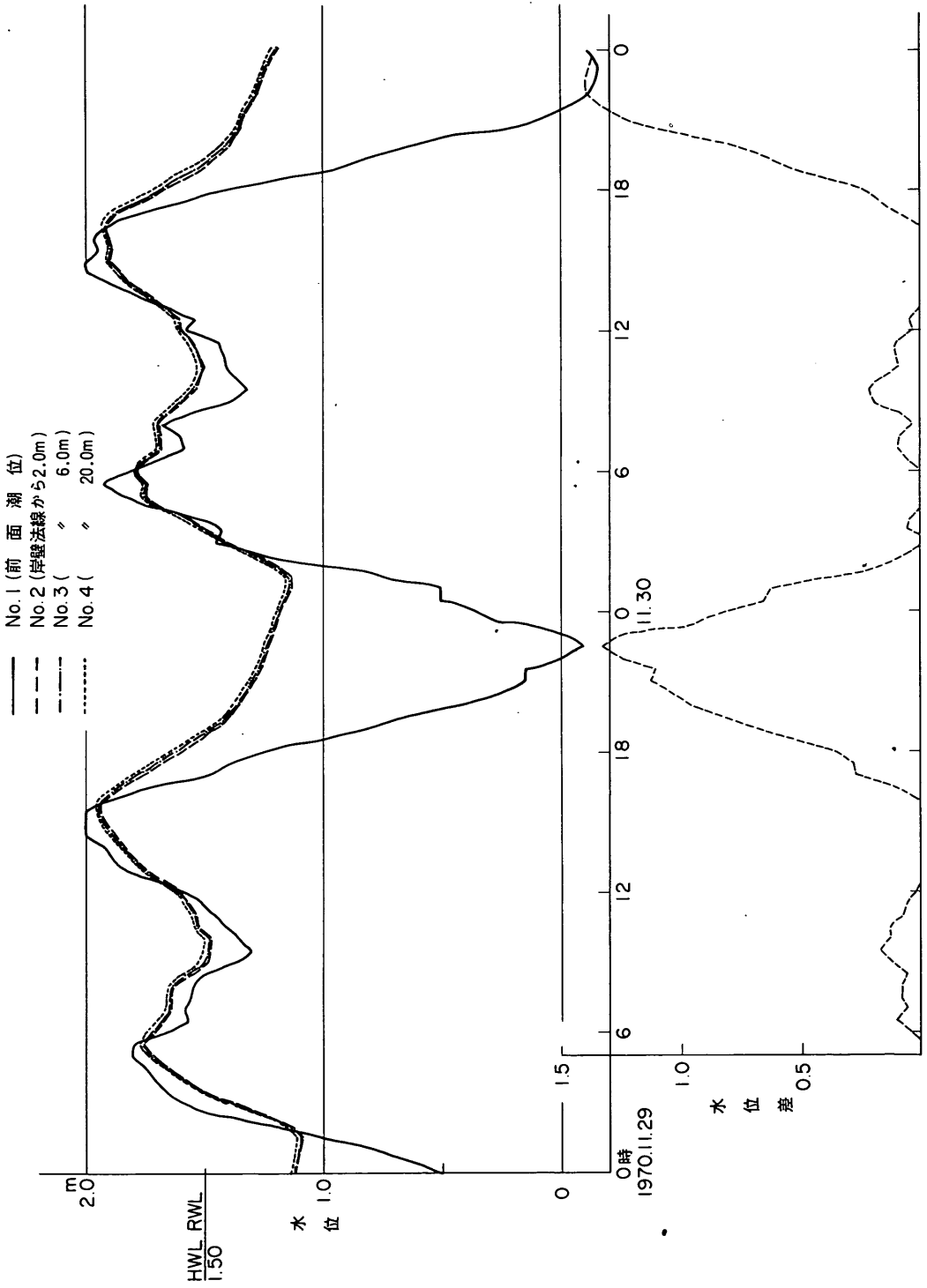


图5-21 八戸港残留水位測定記録(1970.8.1~3)八太郎-5.5M(鋼矢板式)岸壁

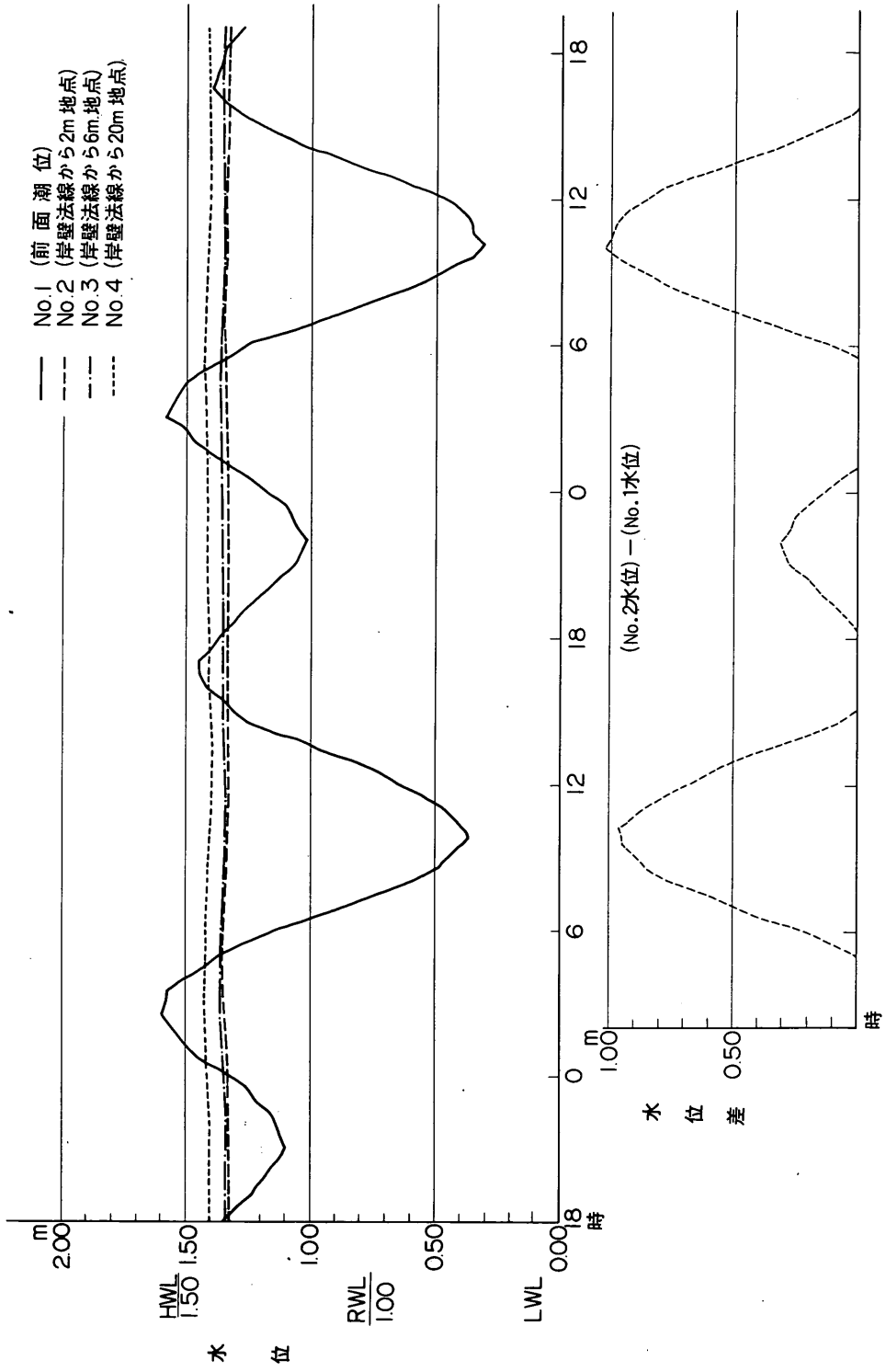


図 5-22 神戸港残留水位測定記録(1970.8.1~3) 摩耶ふ頭2突西側-10M(鋼板セル式)岸壁

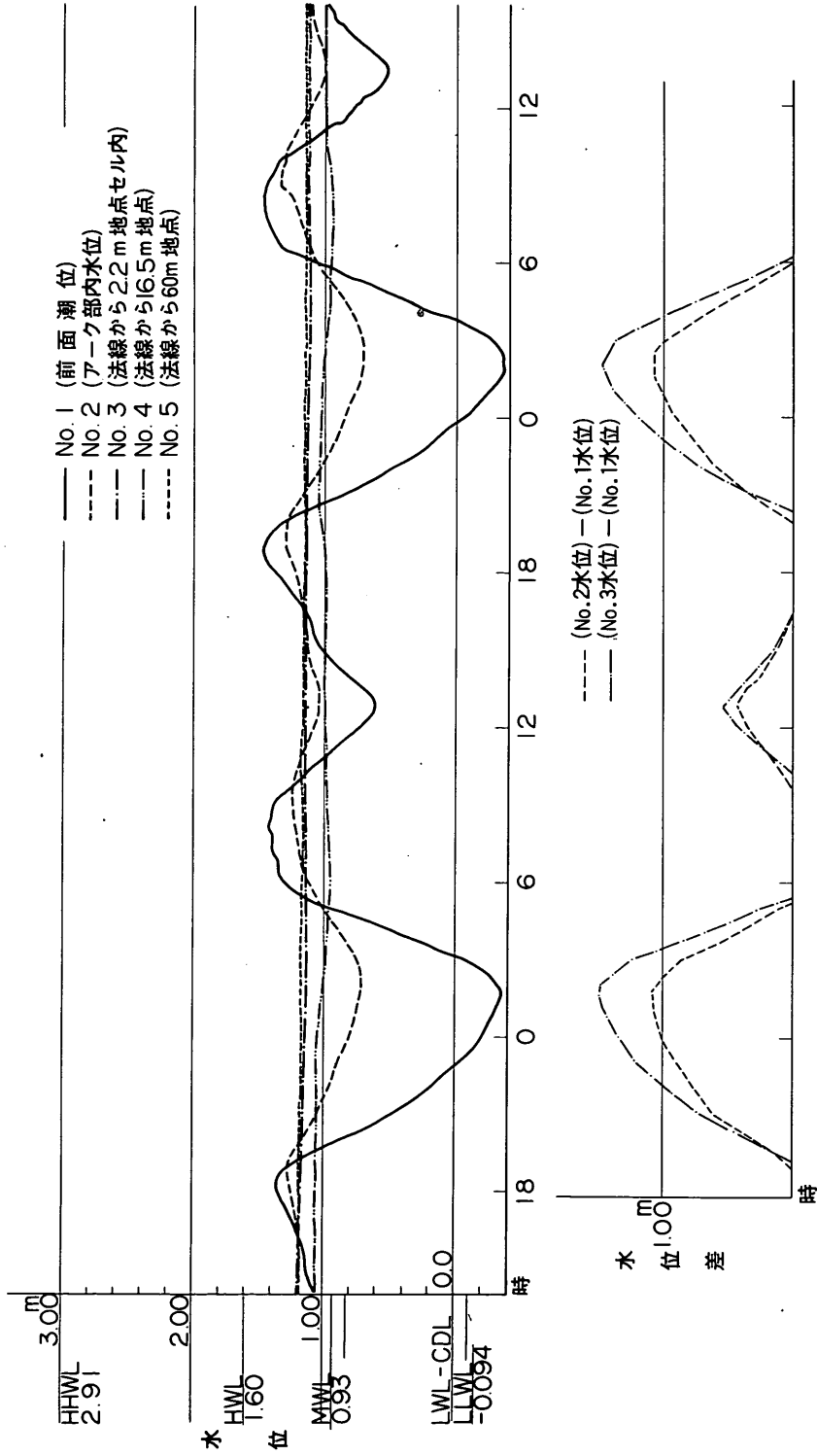


図5-23 小松島港残留水位測定記録(1970.1.7~9)金磯ふ頭-9M(郷矢板式)岸壁

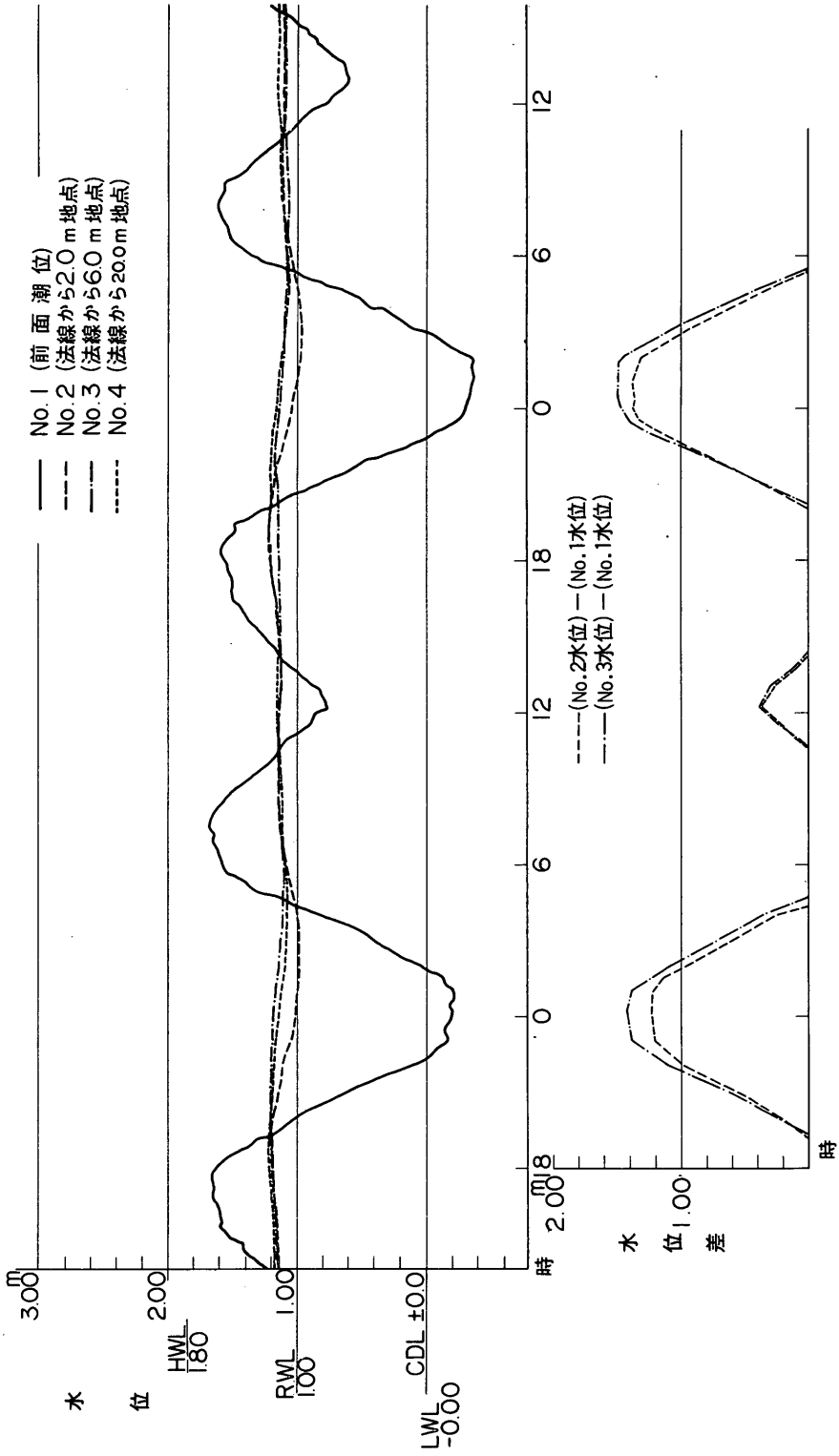


図 5-24 門司港残留水位測定記録 田野浦一10M (鋼矢板・組合せ式) 岸壁

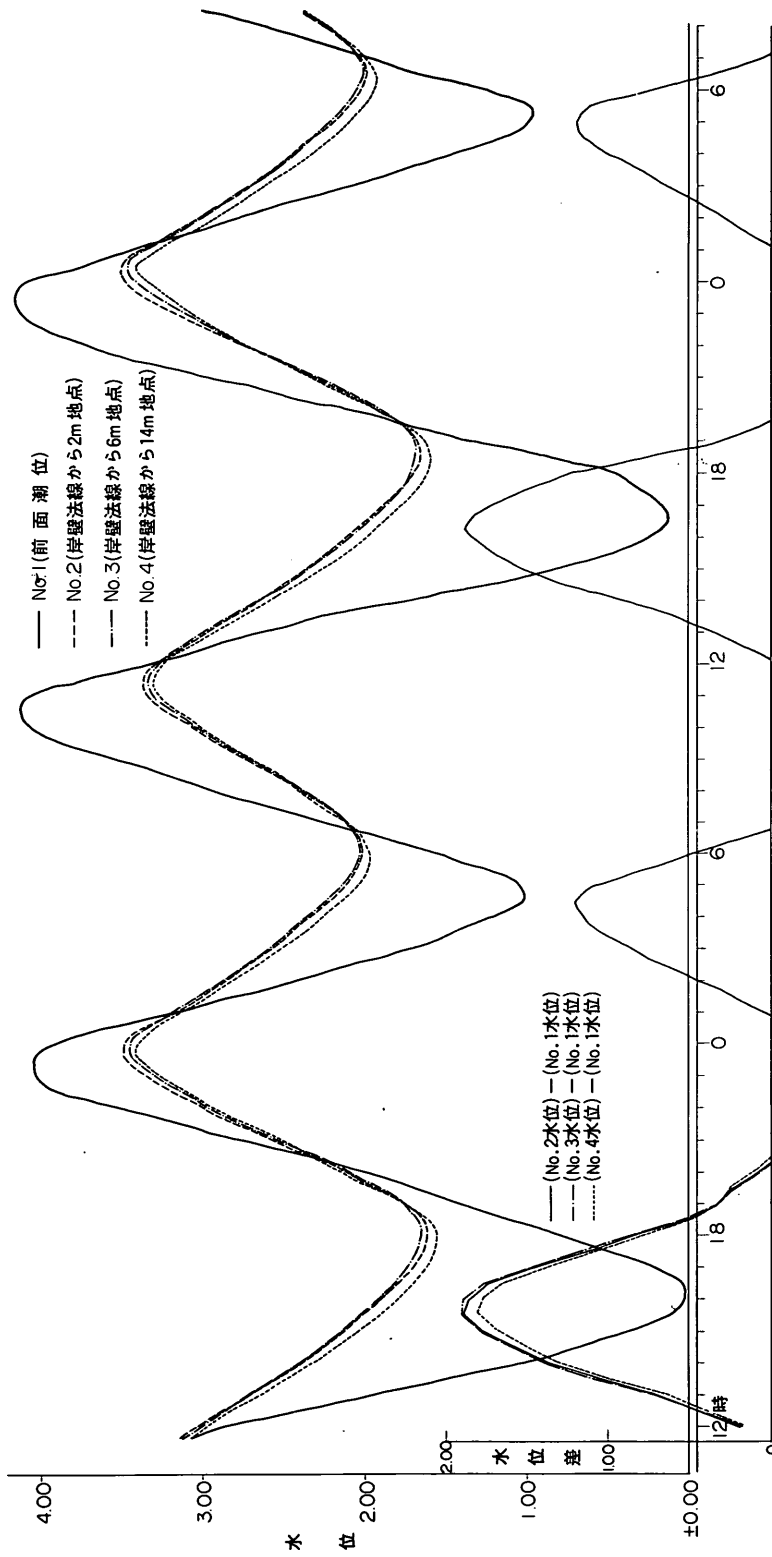


図5-25 八代港残留水位調査測定記録(1969.4.24~25)外港地区-10M(鋼矢板式)岸壁

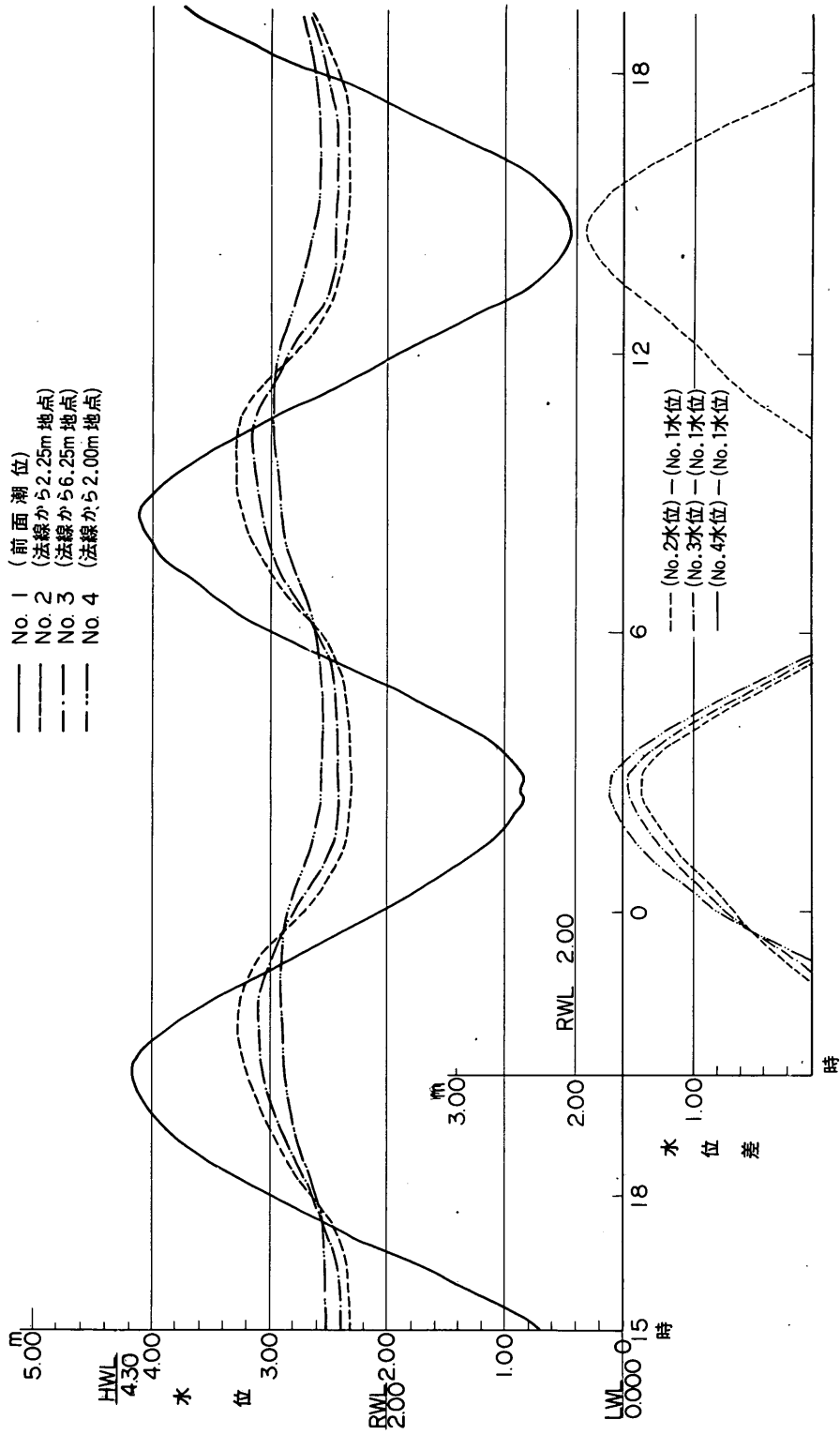
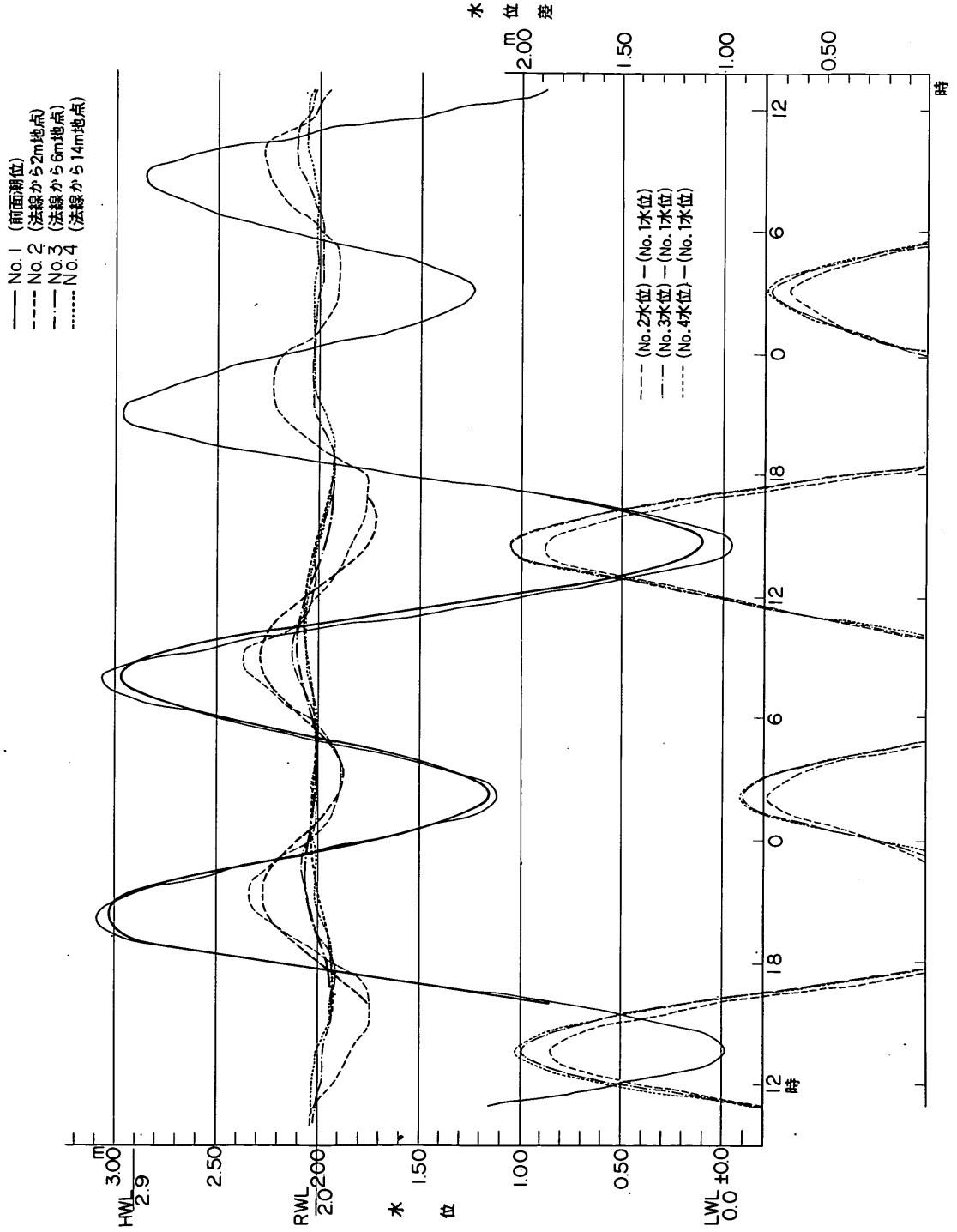
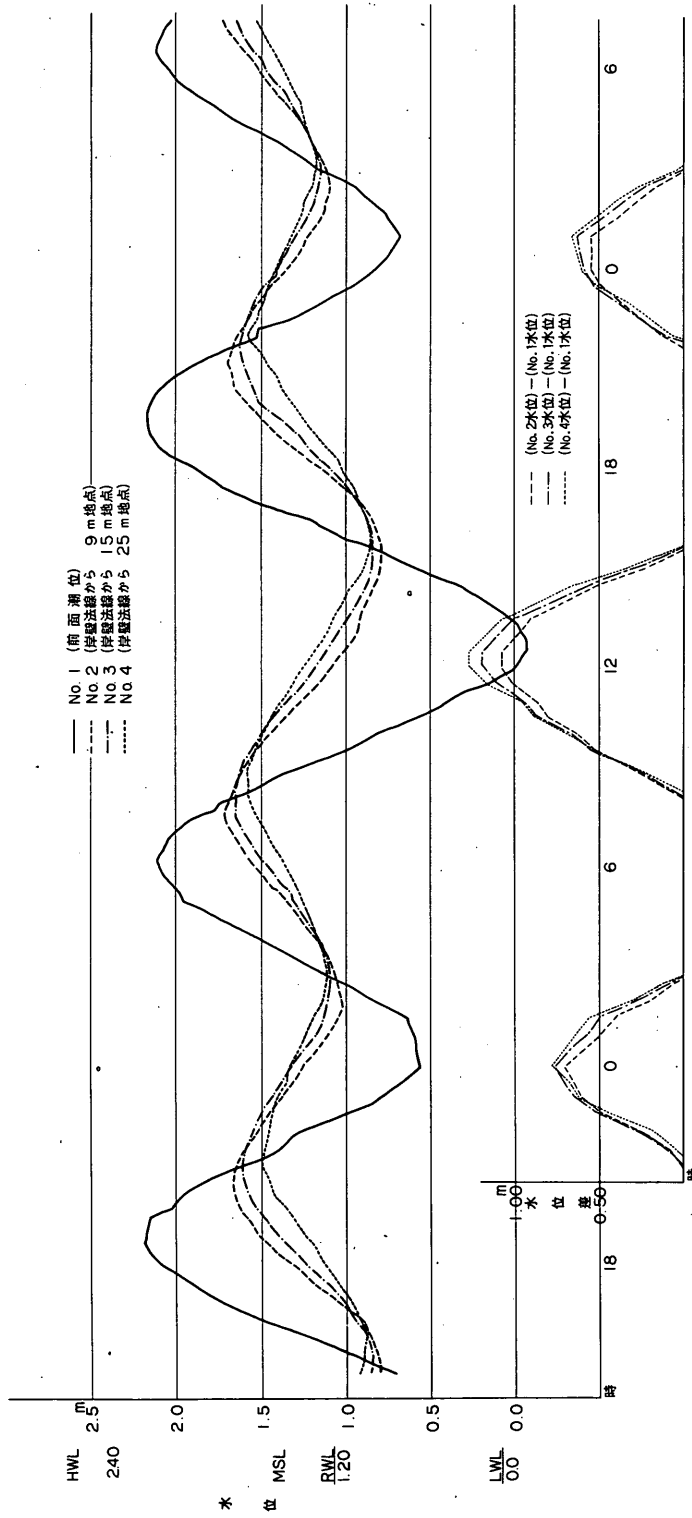


図 5-26 鹿見島港残留水位測定記録 新港南側-7.5 M (鋼矢板式) 岸壁



(太線は調和分解結果をプロットしたものの)

図5-27 女浦港残留水位測定記録(1970.4.23~24)中央ふ頭東-9M(鋼管矢板式)岸壁



に用いられた残留水位を書き加えている。この図で各直線が縦軸を切る高さは岸壁背後水位がこれ以上下らない高さであり、この高さを設計に用いた残留水位と比較して残留水位の方が高ければ、設計上安全側であり、実際に生じている水位差との誤差をみても約10%程度残留水位が高めであれば、設計上妥当な残留水位であることになる。表6-1にこれらの関係を取りまとめた。表中×印は設計残留水位が低すぎ、◎は設計水位が高すぎることを指している。

重力式構造物については、厚い捨石層、裏込め、矢板などに比して透水性のよい目地などによって良透水性を示し、おおむね設計に用いられた残留水位よりも低い $\mu 2$ の最小値を示しているが、室蘭、松山港の場合設計残留水位よりもはるかに高い。これは、室蘭、松山が建設後の経過年数が約10年たっているのに対し、他の大部分は建設直後の測定であるため建設直後の良透水性が経過年数の増大とともに、捨石、裏込めなどが前面、背後からの土砂の侵入によって透水性を悪化させているためであろうと思われる。鹿児島島の $\mu 2$ 水位記録が、設計残留水位に比してほぼ妥当かいく分危険側であることが、この事情を示していると思われる。刈田港の2例は共に建設が昭和14～19年に行なわれ、詳細について不明であるため一応現在の設計基準で計算した値を $R\#L$ とし、 $\mu 2$ の最小値と比較している。◎の-3.0m物揚場は潮差の小さな時期の測定であるため、潮位が $L\#L$ 近くに達した時の $\mu 2$ 記録は推定したもので

ある。×の4.5m岸壁は現在の設計基準値でははるかに低くなっている。矢板式の場合、設計基準による残留水位と $\mu 2$ の最小値はほぼ近い値をとっている。×の鹿島、八戸、新潟、伏木富山港の場合は、掘込港湾等で岸壁背後水位が高い場合であり、門司港の場合、上部工にコーピング施工時の型枠繫結用のボルト孔が残っており、その孔から水の出入があったことなどによって、衣浦港の場合は鋼管矢板で背後に大径の裏込めが入っていることなどによってのではないかと思われる。このような特殊な例をのぞくと設計基準による残留水位はおおむね妥当であると思われる。神戸、小松島等の前面潮位が $L\#L$ を越えて下がる場合については残留水圧は設計値よりも大きくなるので注意を要する。以上の事項をまとめると、重力式については、構造的な良透水性のため建設直後では、設計基準による残留水位は実際の背後水位よりも高くなっているが、建設後の年数の増大とともに透水性が悪くなり、危険側に転化するようであり、透水性の維持の努力に応じて設計残留水位が決定されるべきである。矢板式については、設計基準のそれはほぼ妥当な値を与えるが、背後の地下水位が高い場合、前面潮位が $L\#L$ よりもさらに低くなる場合については別途の検討が必要である。なお、セルラーブロック式については重力式と同様に考えられ、プレキャストコンクリート式についても重力式と同様に考えられるが、記録が不足のため確認できなかった。セル構造については、矢板と同様に考えてよいようである。

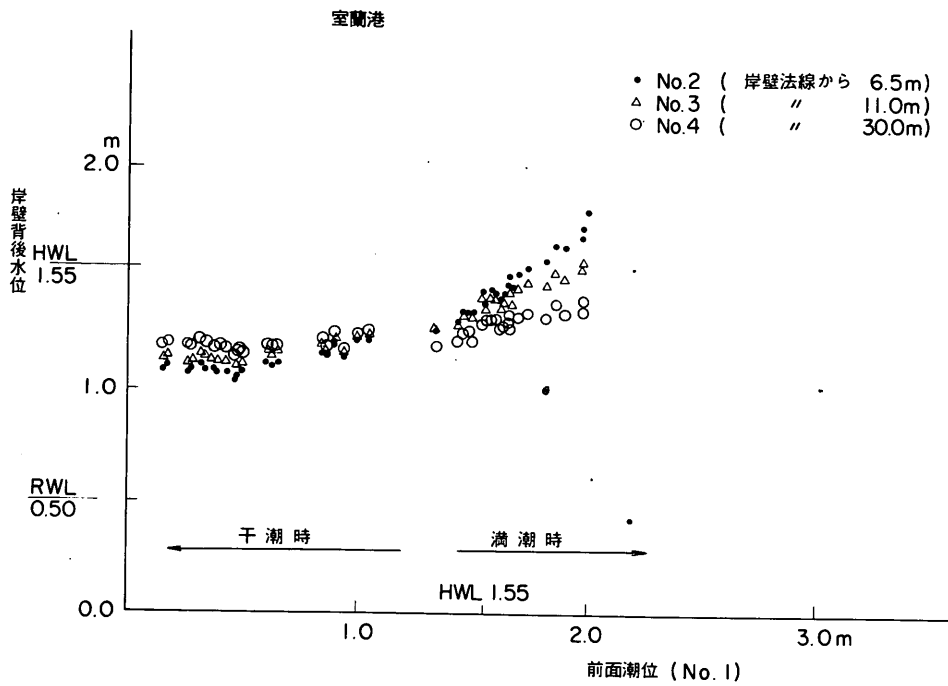


図6-1 前面潮位と岸壁背後の関係 室蘭港

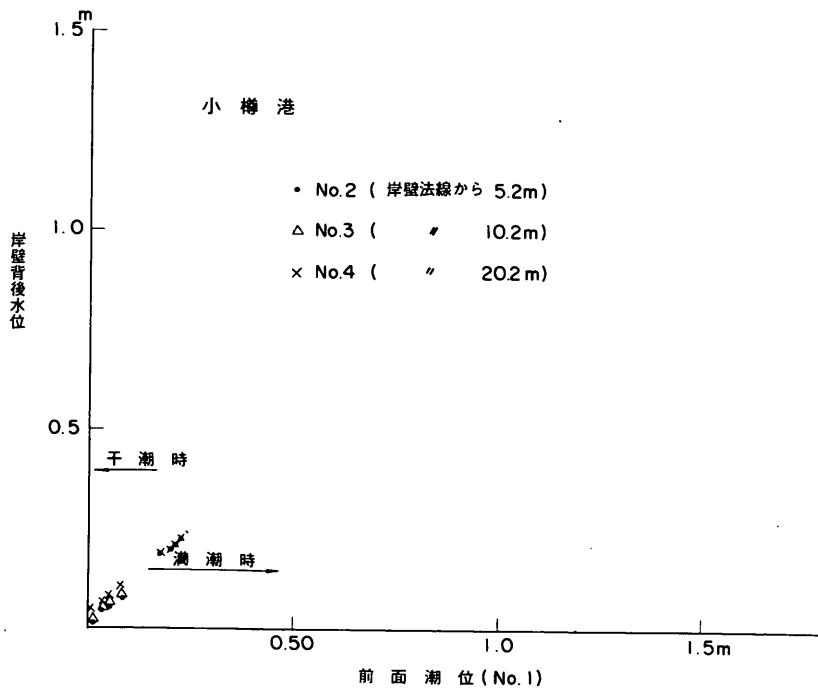


図6-2 小樽港

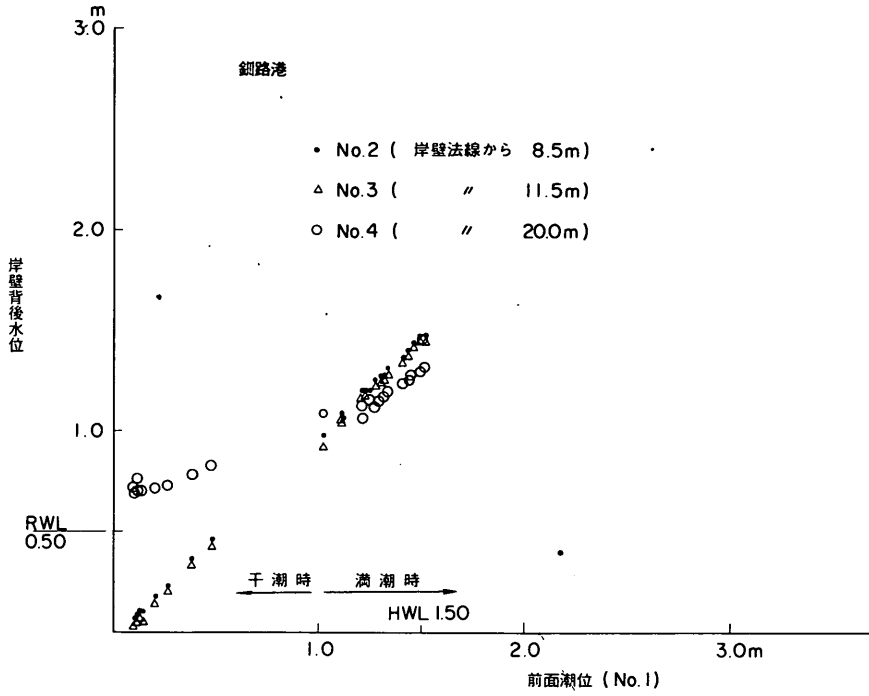


図6-3 釧路港

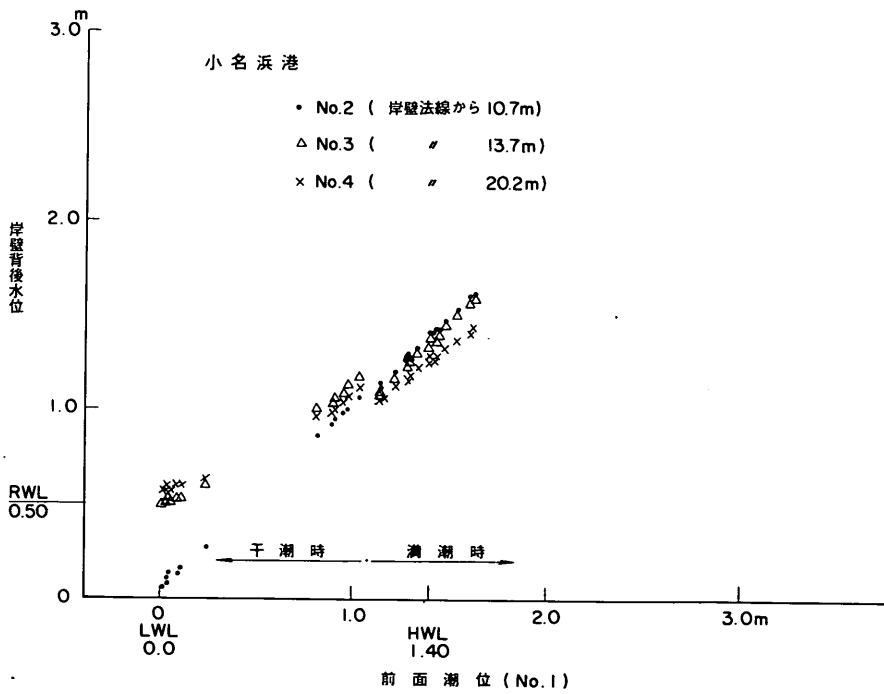


図6-4 小名浜港

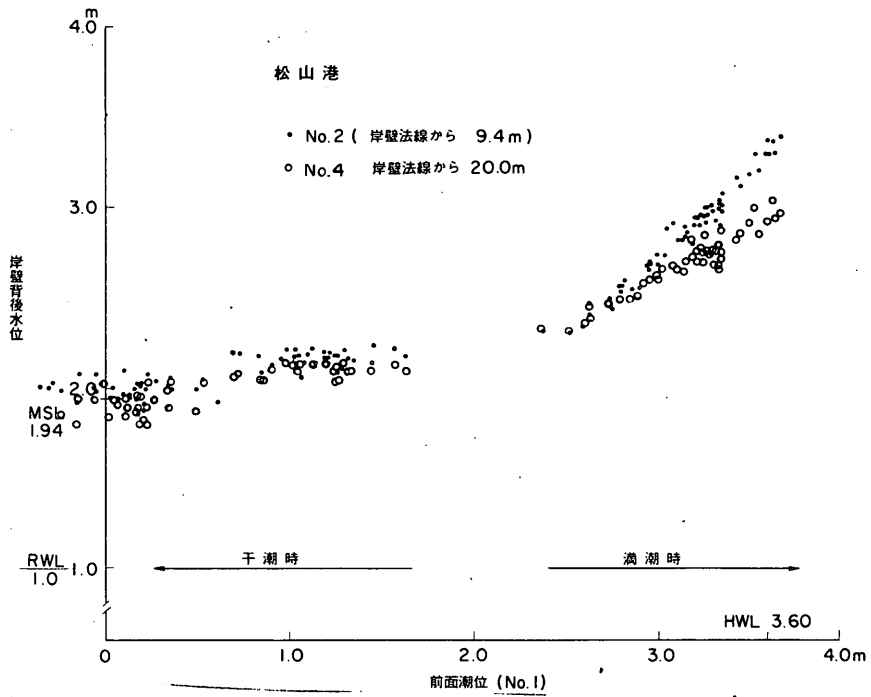


図6-5 釧路港

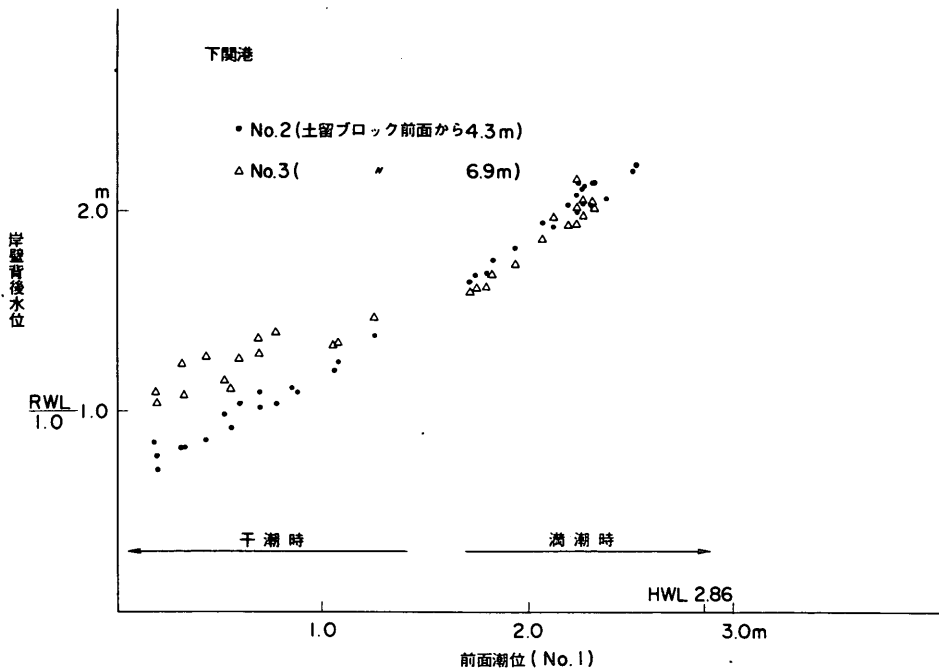


図6-6 下関港

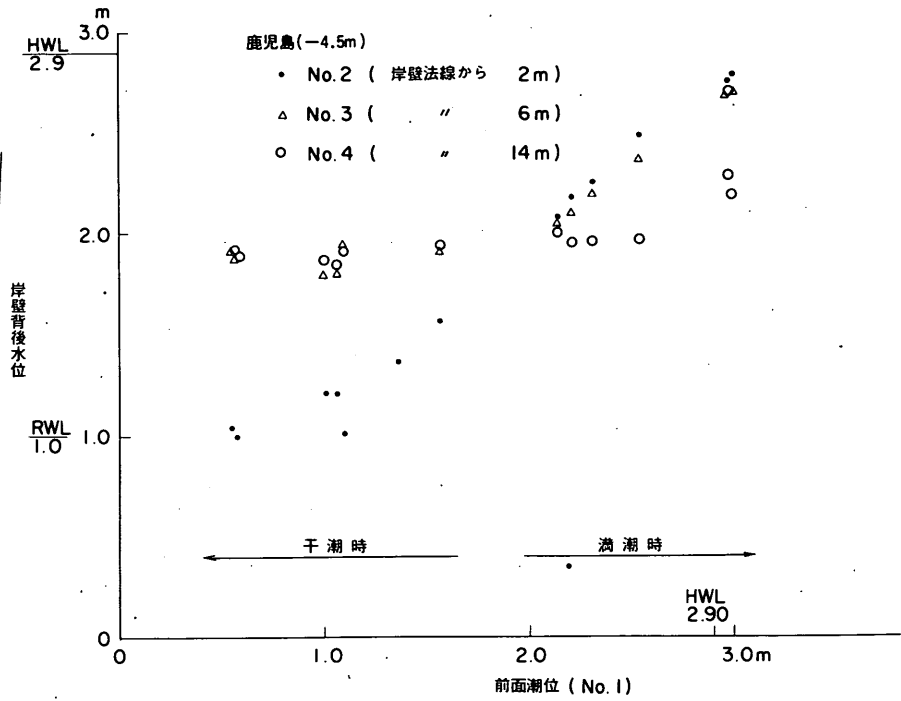


図6-7 鹿児島港

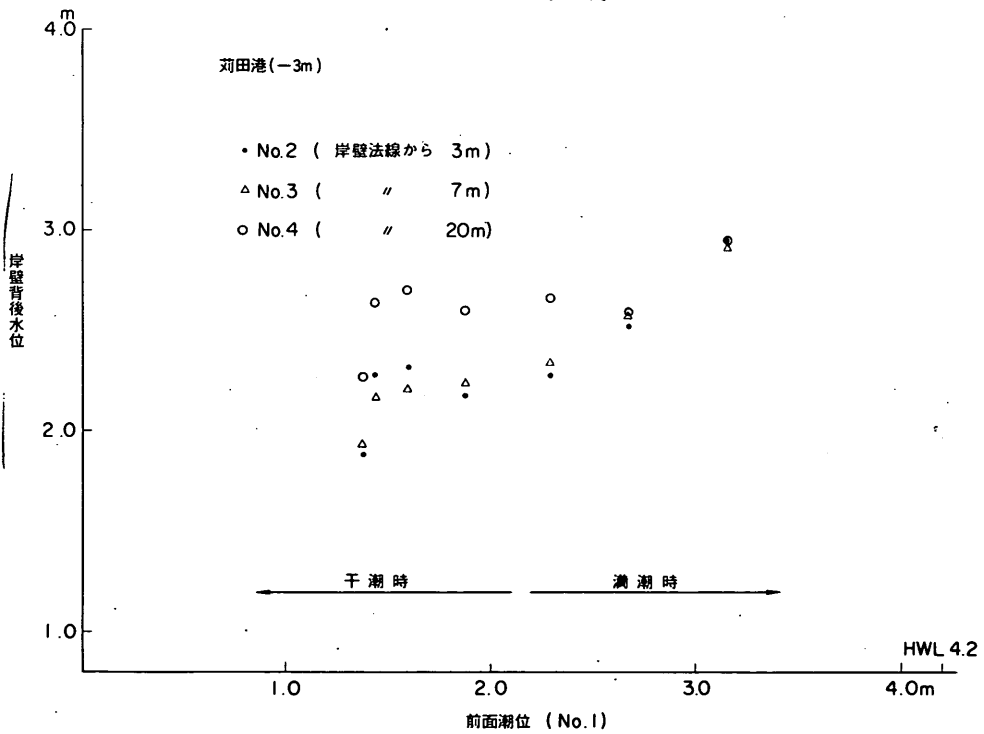


図6-8 Ochiai港(-3.0M)

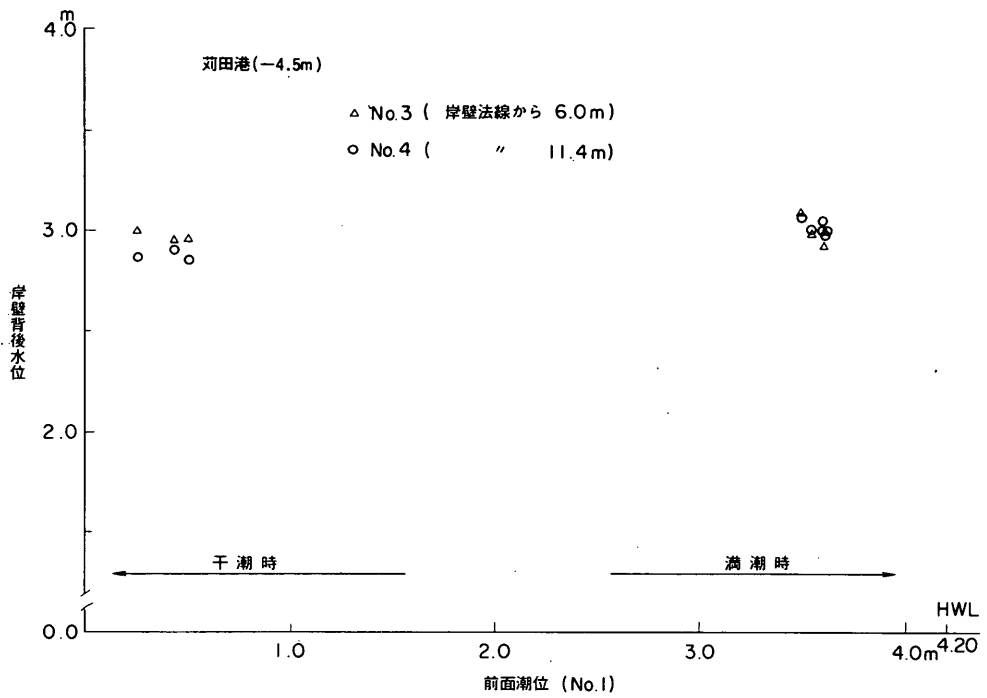


図6-9 刈田港 (-4.5M)

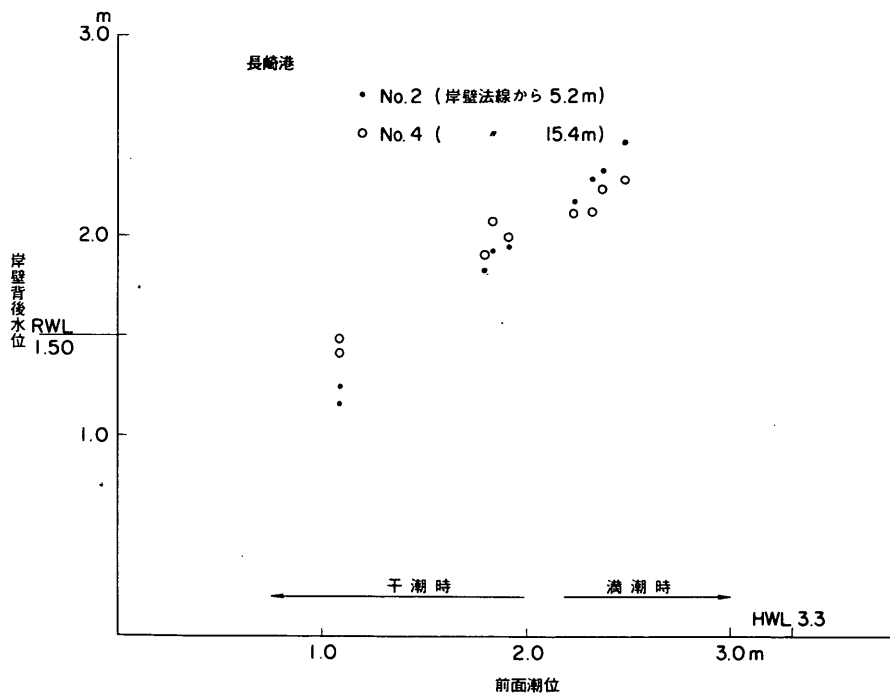


図6-10 長崎港

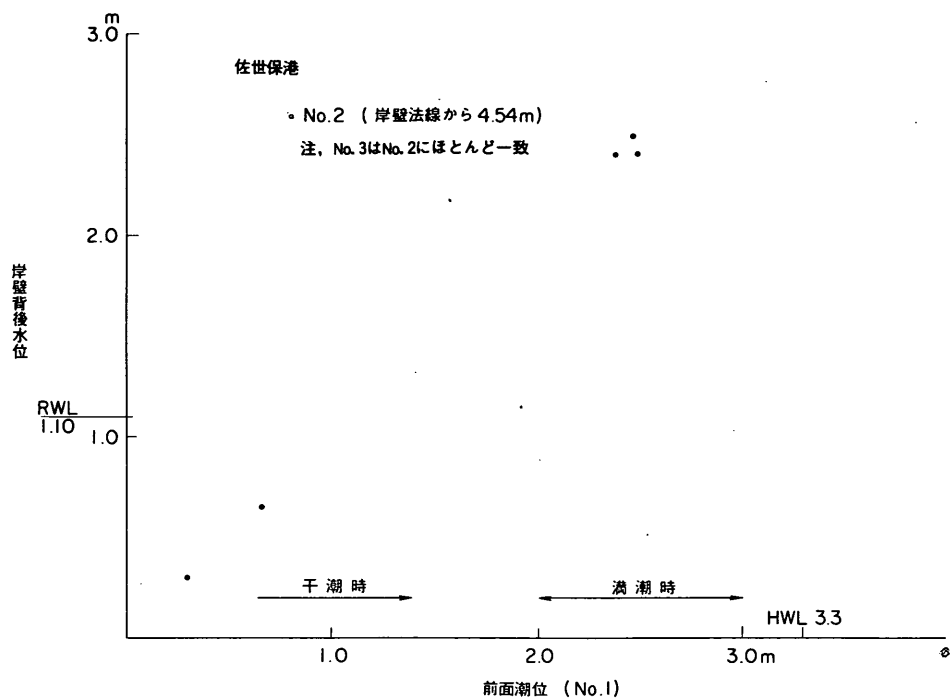


図 6-11 佐世保港(セルラーブロック式)

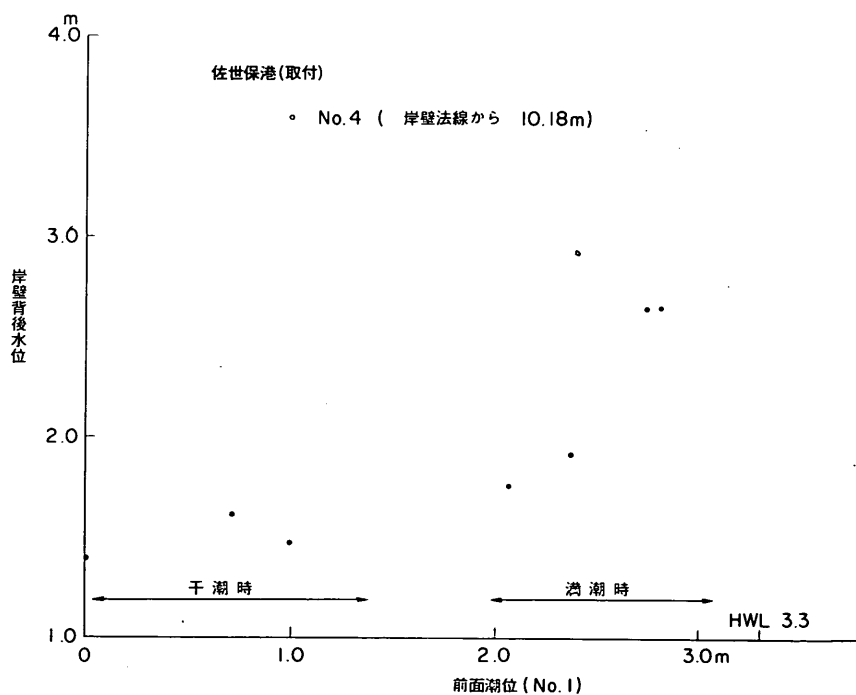


図 6-12 佐世保港(プレキャストコンクリート式)

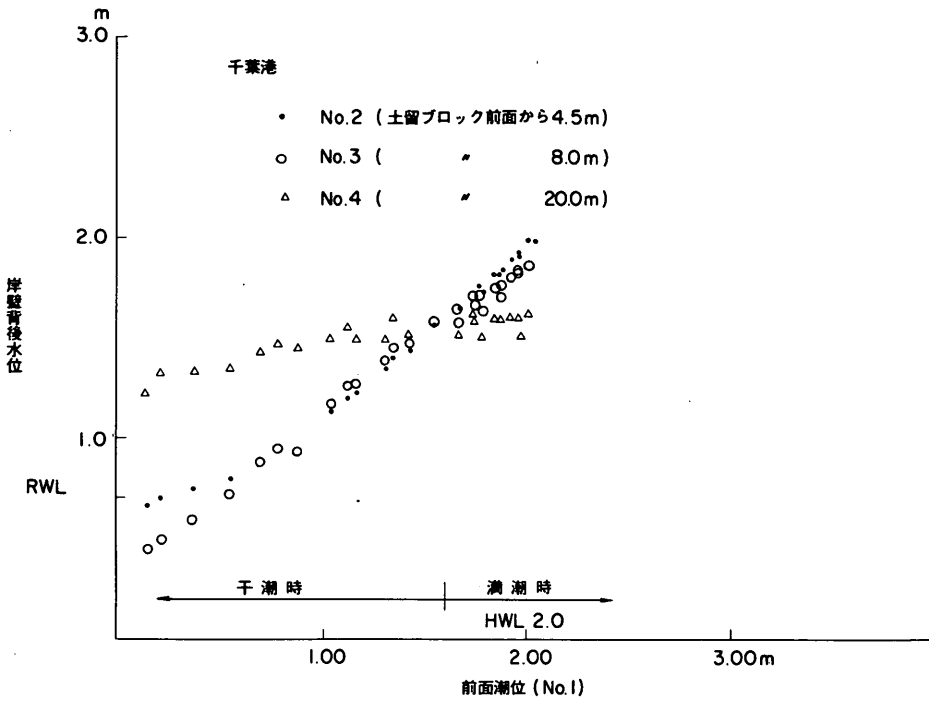


図6-13 千葉港

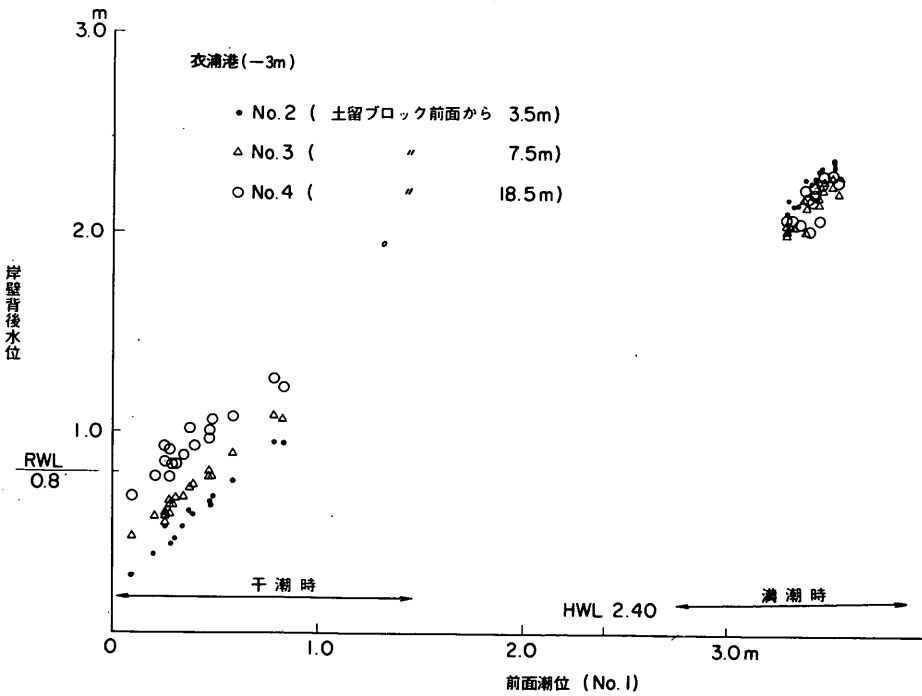


図6-14 衣浦港(-3.5m)

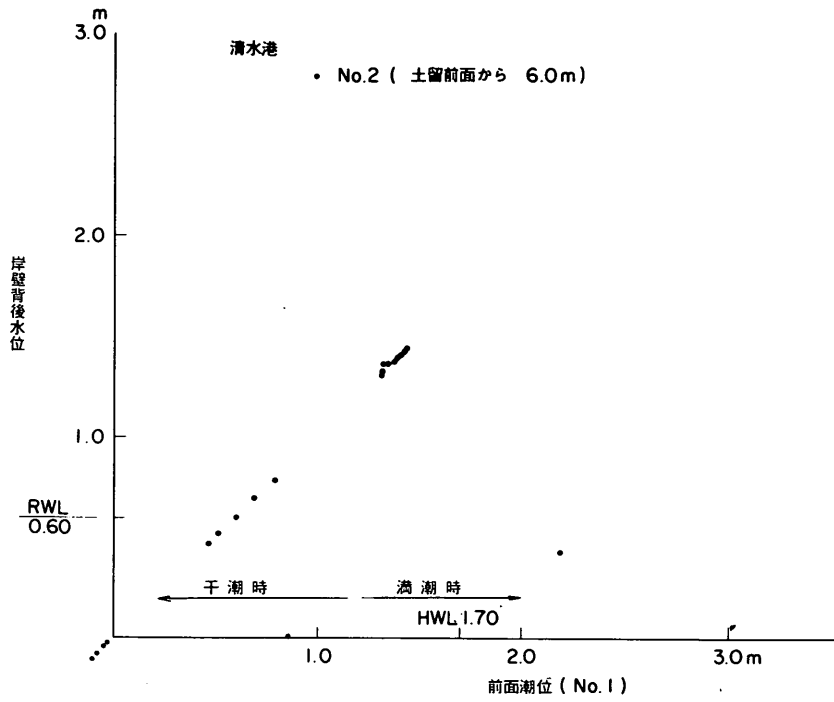


図5-15 清水港

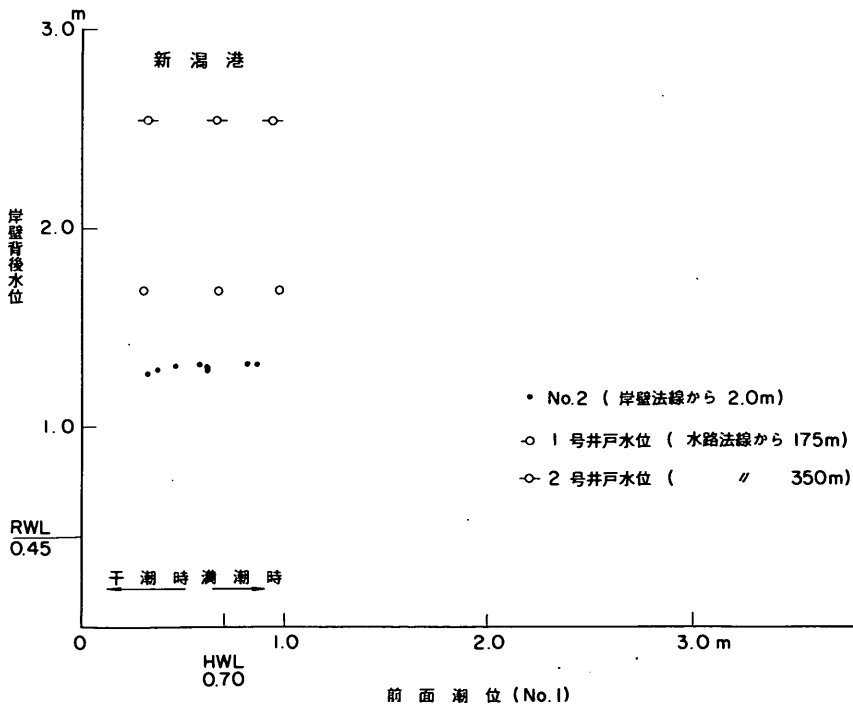


図6-16 新潟港

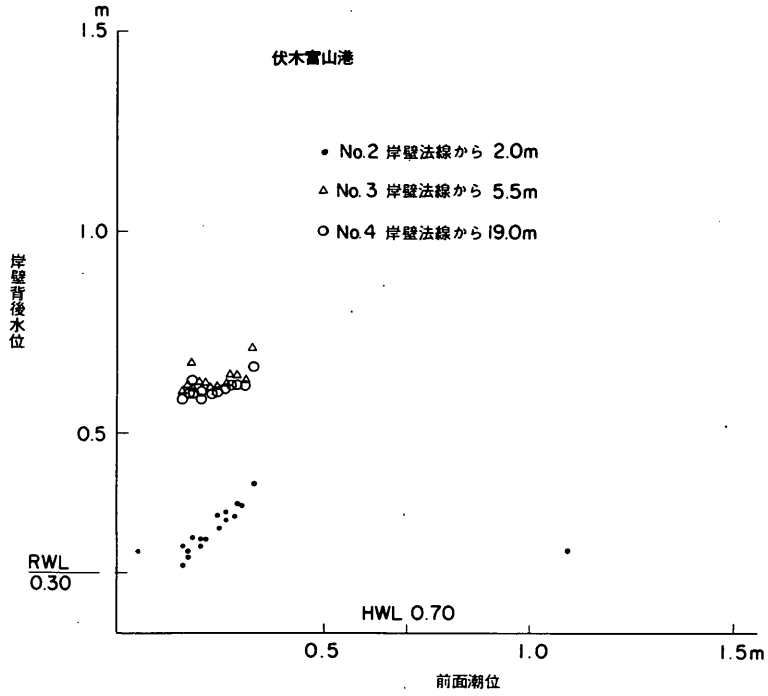


図 6-17 伏木富山港

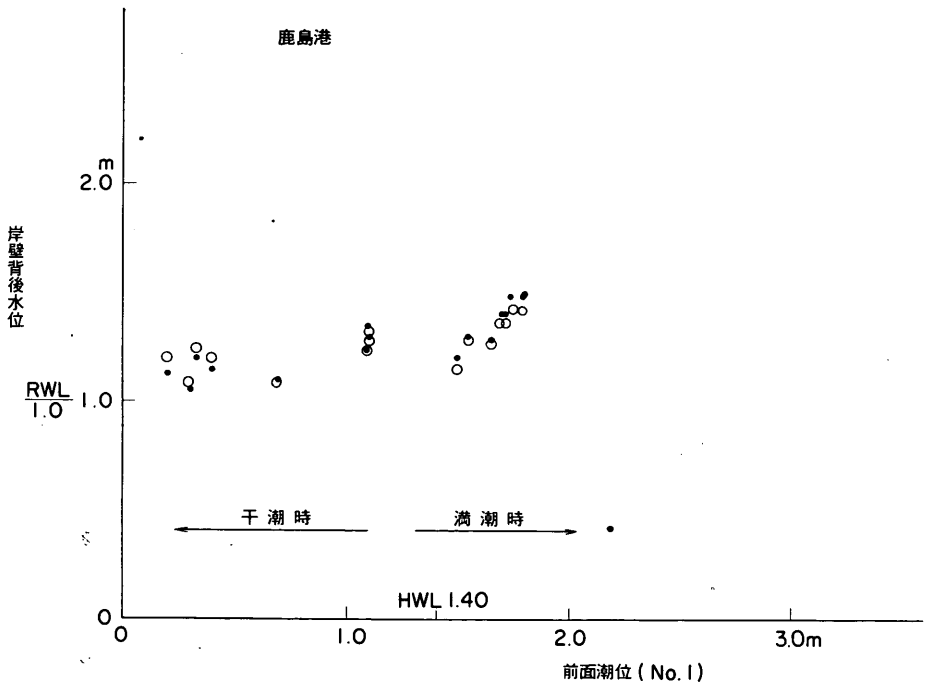


図 6-18 鹿島港

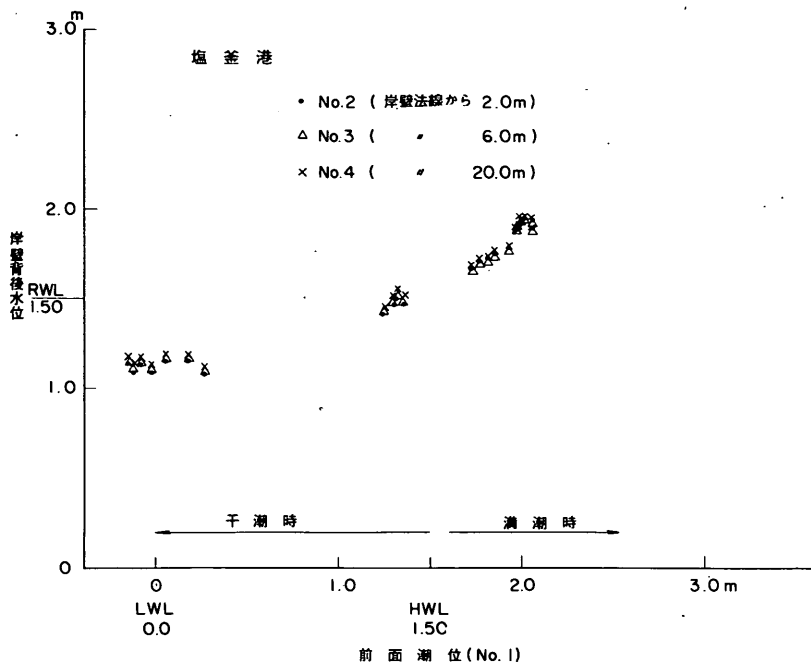


図6-19 塩釜港

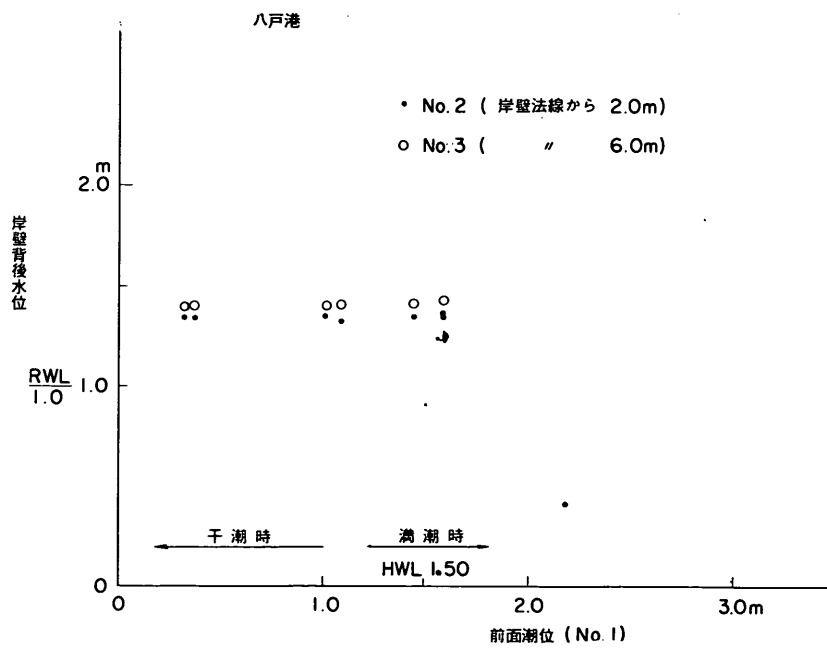


図6-20 八戸港

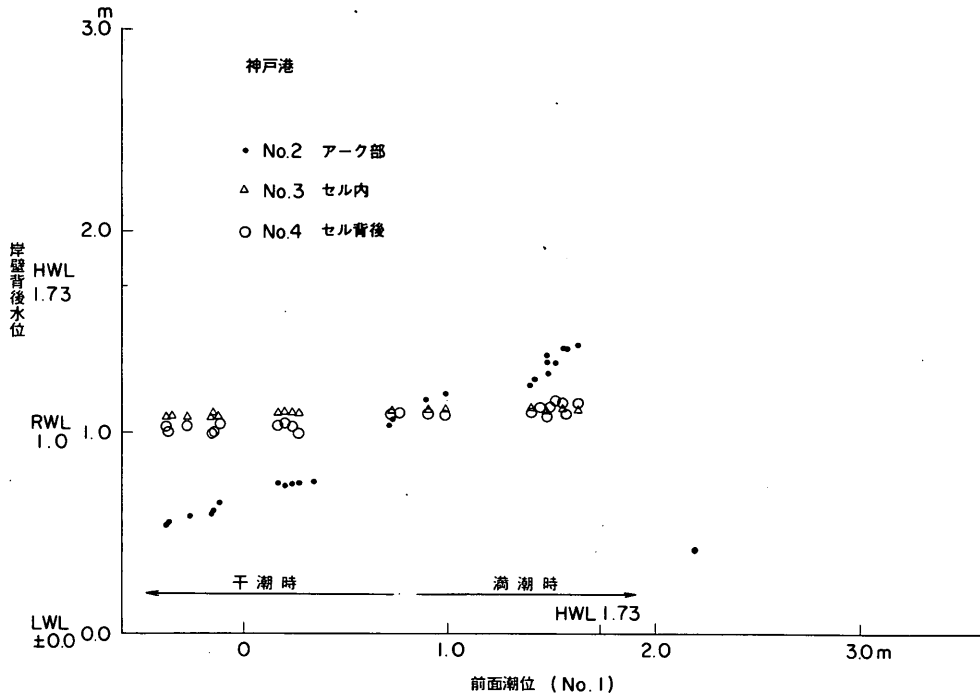


図6-21 神戸港

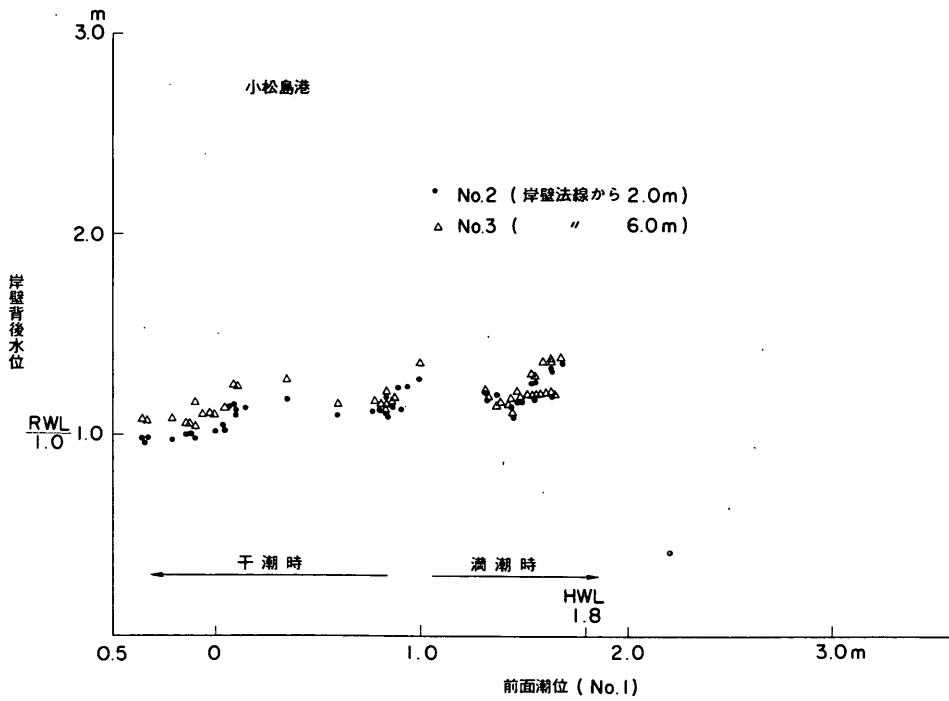


図6-22 小松島港

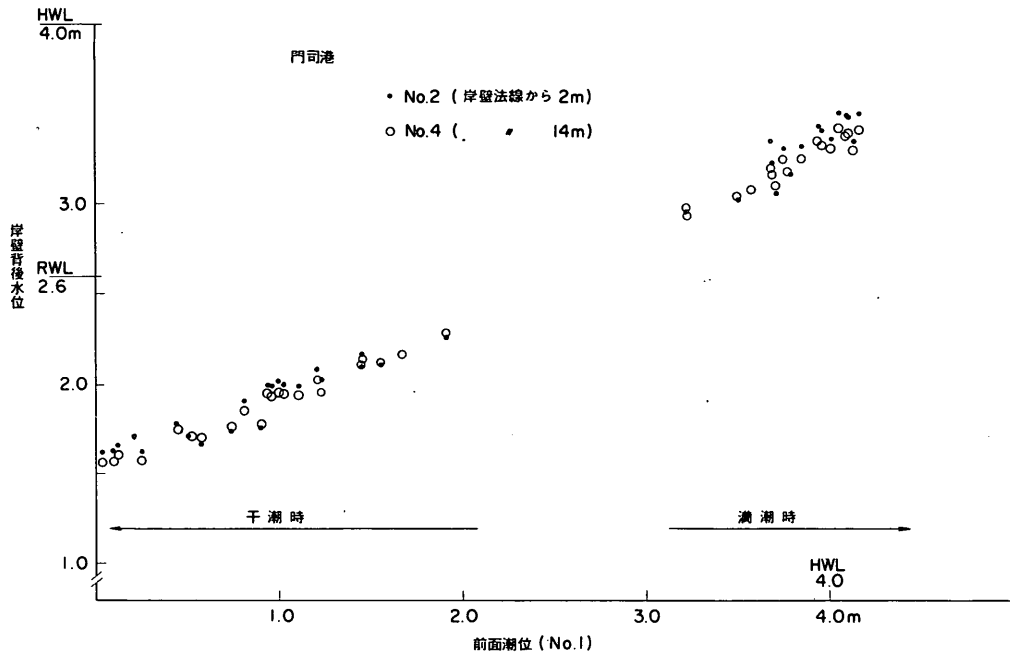


図6-23 門 司 港

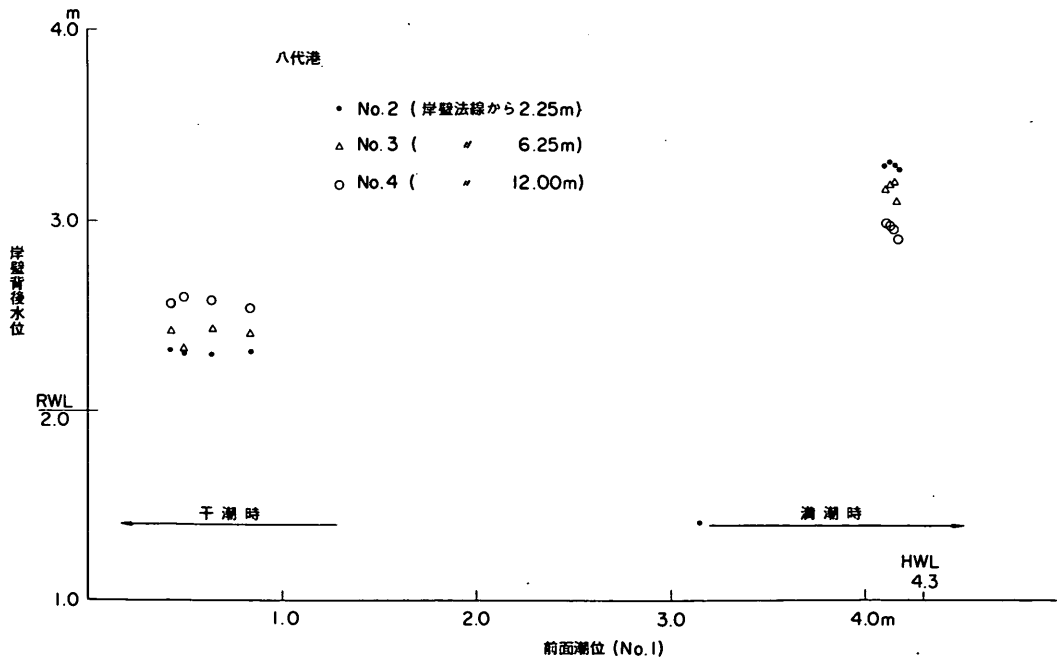


図6-24 八 代 港

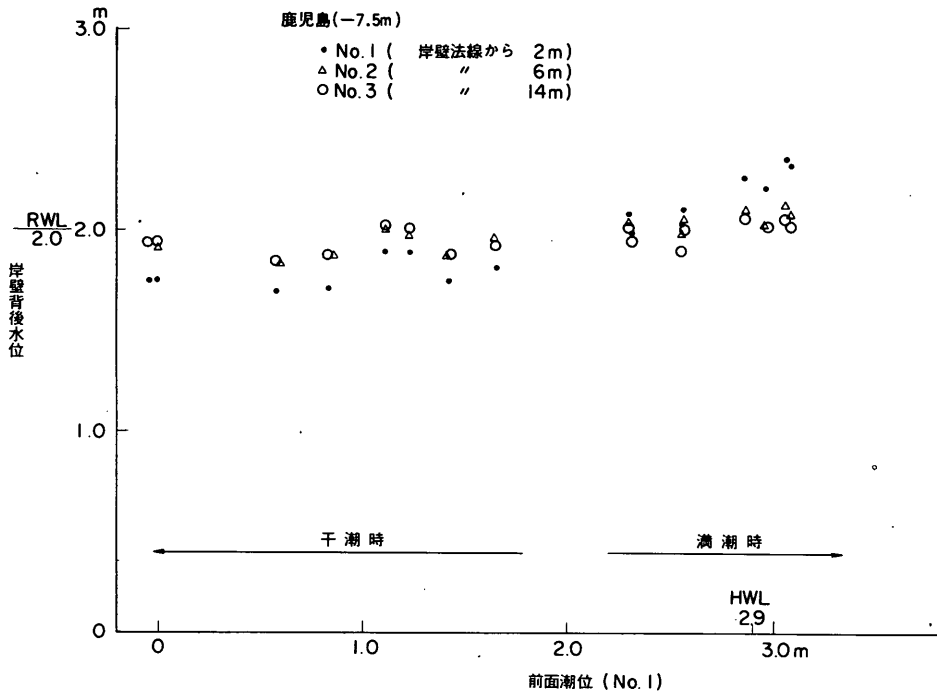


図6-25 鹿兒島港

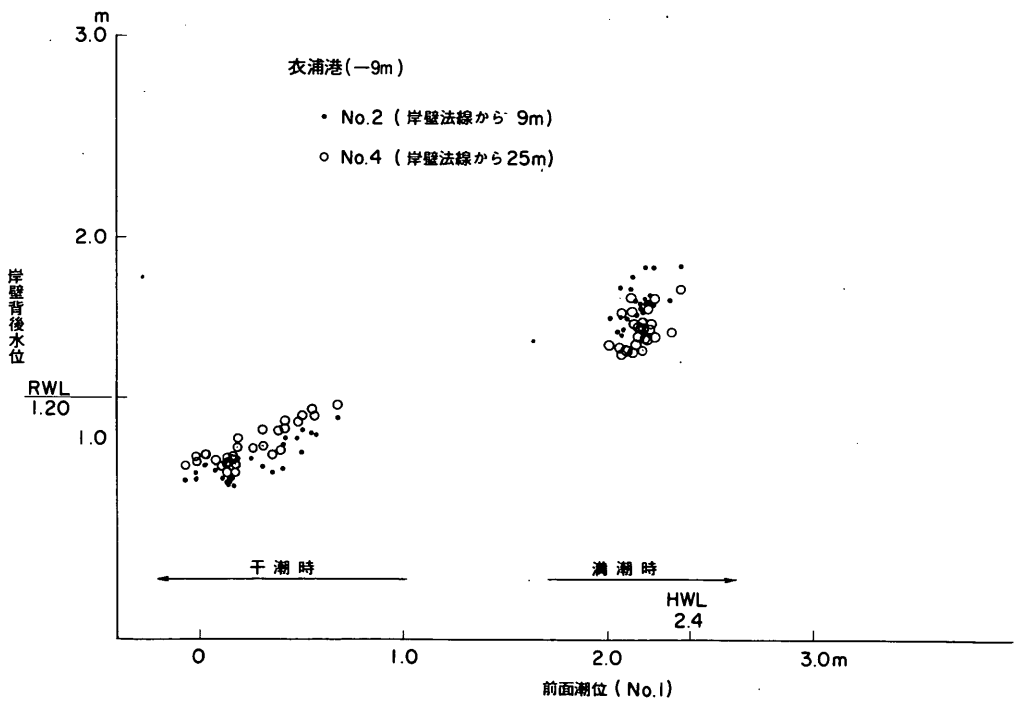


図6-26 衣浦港(-9M)

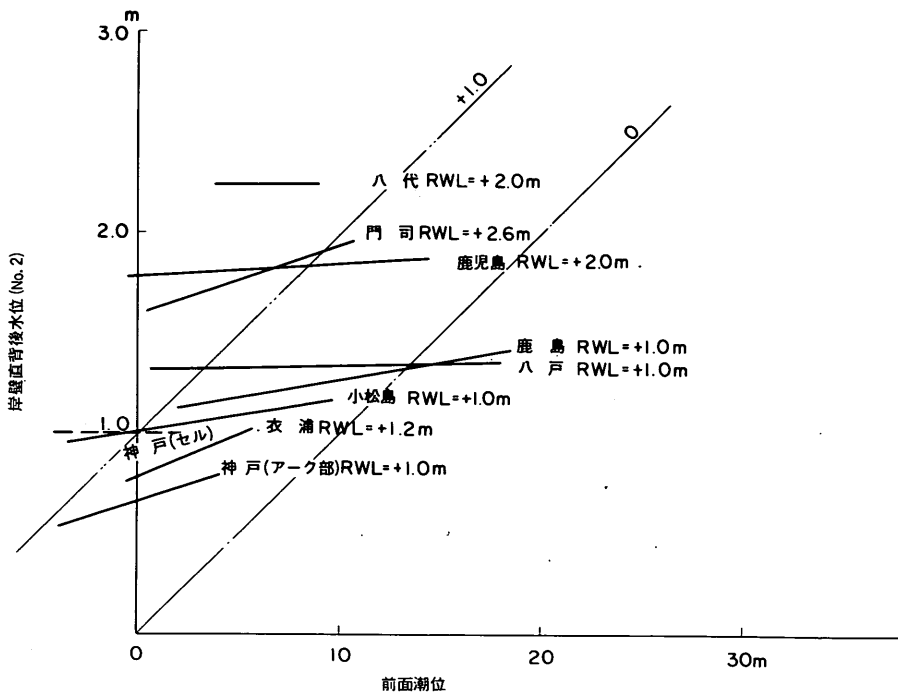


図 6-27 前面潮位と残留水位(矢板式)

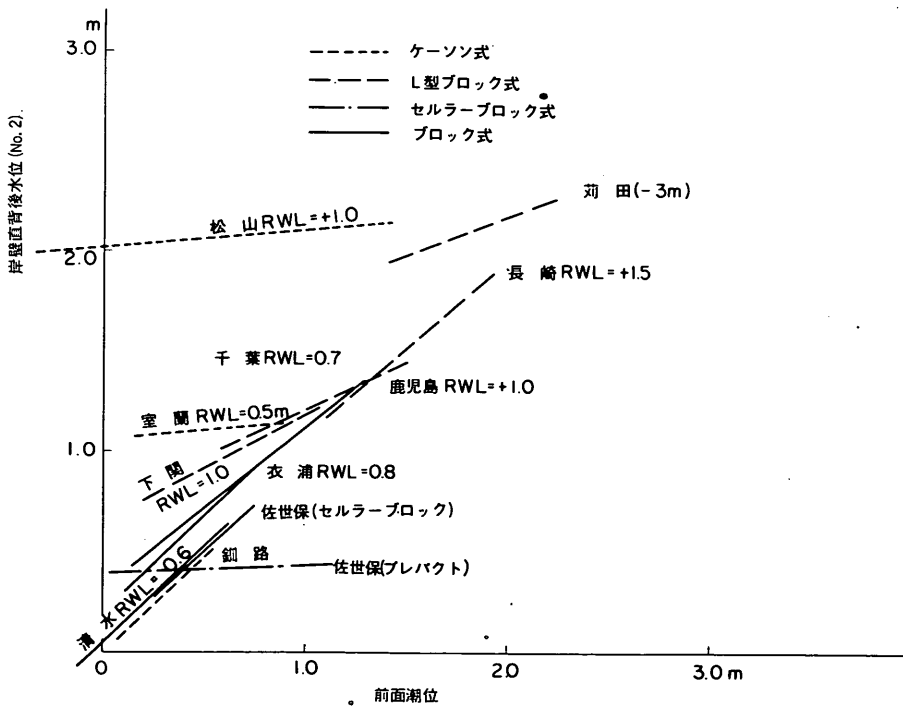


図 6-28 前面潮位と残留水位(重力式)

表6-1 前面潮位と岸壁背後 μ 2水位の極小値の関係

* 推定値 ** 仮定値

港名	構造	HWL	RWL	$\frac{RWL}{HWL}$	μ 2の最小値	RWL-最小値	備考
1 室蘭	ケーン	1.55	0.5	$\frac{1}{3}$	1.05	-0.55	×
2 小樽	ケーン	0.40	0.20	$\frac{1}{2}$	0.02	+0.18	◎
3 釧路	ケーン	1.50	0.5	$\frac{1}{3}$	0.05	+0.45	◎
4 小名浜	ケーン	1.40	0.50	$\frac{1}{3}$	0.06	0.44	◎
5 松山	ケーン	3.6	1.0	$\frac{1}{3.6}$	1.70	-0.70	×
6 下関	L型	2.86	1.0	$\frac{1}{3}$	0.60	+0.40	◎
7 博多	L型	2.23	1.0	$\frac{1}{2.2}$	-	-	-
8 鹿児島	L型	2.9	1.0	$\frac{1}{3}$	0.9*	+0.10	○
9 荻田	L型-3.0	4.2	1.4	$\frac{1}{3}$	1.8	-0.4	×
10 荻田	L型-4.5	4.2	1.4	$\frac{1}{3}$	2.8	-1.4	×
11 長崎	L型	3.3	1.5	$\frac{1}{2.2}$	0.6*	+0.90	◎
12 佐世保	セルラー	3.3	1.1	$\frac{1}{3}$	0.3	+0.80	◎
13 佐世保	プレバクト	3.3	1.1	$\frac{1}{3}$	0.4	+0.70	◎
14 千葉	ブロック	2.00	0.7	$\frac{1}{3}$	0.2	+0.5	◎
15 衣浦	ブロック	2.4	0.8	$\frac{1}{3}$	0.3	+0.5	◎
16 清水	ブロック	1.7	0.6	$\frac{1}{3}$	0.0	+0.6	◎
17 鹿島	矢板	1.4	1.0	$\frac{2}{3}$	1.1	-0.1	×
18 八戸	矢板	1.5	1.0	$\frac{2}{3}$	1.3	-0.3	×
19 神戸	矢板鋼板セル	1.73	1.0	$\frac{2}{3}$	0.5 1.0	(+0.5)+0.05 (±0)-0.40	○ ×
20 小松島	矢板	1.8	1.0	$\frac{2}{3}$	1.0	±0	○
21 門司	矢板	4.0	2.6	$\frac{2}{3}$	1.6	+1.0	◎
22 八代	矢板	4.3	2.0	$\frac{1}{2}$	2.3	-0.3	×
23 鹿児島	矢板	2.9	2.0	$\frac{2}{3}$	1.8	+0.2	○
24 衣浦	矢板	2.4	1.2	$\frac{1}{2}$	0.8	+0.4	◎

(注) 荻田港のRWLは仮定したもの。

表6-2 構造と水位変化の調和分析結果

港名	室 間	調査構造物	西2号ふ頭西側-7.5m岸壁				
構造 様式	ケーソン(高さ9m,底巾7.6m,長さ14m)式		$H/W/L$	+1.55m			
	図4-2参照		残留水位	+0.50m			
構造 細目	基礎		裏 込		裏 埋		
	捨石・中割石 (-7.5~-10.0m) 捨石厚 2.0m		裏込割石 ($\phi 20 \sim 100$ mm)		貝がら混り海砂		
目 地	注入コンクリート						
	舗装 あり						
建設年	昭和34~35年						
測定 位置 (法線からの距離)(m)			底1	底2	底3	底4	底5
			6.5	1.0	3.0		
管 径 mm			165.2	165.2	165.2	165.2	
	建込深さ $L/W/L$ 上		-1.5	-1.02	-0.98	-0.88	
調 和 分 解 結 果	A_m (m)		1.05	1.25	1.26	1.25	
	R_m (m)		0.33	0.10	0.08	0.04	
	θ_m ($^\circ$)		23.5	-7.9	-8.3	-4.9	
	S_m (m)		0.46	0.14	0.11	0.03	
	δ_m ($^\circ$)		25.2	-7.1	-8.0	-3.8	
	$\theta_m - \theta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			4.6	4.2	7.6	
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			0.80	0.73	1.33	
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			3.7	2.8	7.0	
	R_m/R_1			0.66	0.49	1.22	
	S_m/S_1			0.30	0.24	0.12	

表6-4

港名	約 略	調査構造物	南新ふ頭-7.5m岸壁				
構造 様式	ケーソン(高さ7.0m,底巾7.6m,長さ13.0m)式		$H/W/L$	+1.50m			
	図4-4参照		残留水位	+0.5m			
構造 細目	基礎		裏 込		裏 埋		
	ケーソン(-6.0m) 異形方塊(-6.0~-8.0m) 捨石(中割石30~300kg) (-8.0~-10.0m)		裏込石 砂岩100~400mm 砂質土(下部)		砂質土 法線から1.5m陸側に 既設の物持ち場(ブロッ ク式-1.0m)あり 裏込との間に防砂布		
目 地	防砂板						
	舗装 あり						
建設年	昭和43~44年度						
測定 位置 (法線からの距離)(m)			底1	底2	底3	底4	底5
			8.5	11.5	2.0		
管 径 mm			165.2	165.2	165.2	165.2	
	建込深さ $L/W/L$ 上		-1.0	-1.35	-1.47	-0.82	
調 和 分 解 結 果	A_m (m)		0.94	0.91	0.90	1.06	
	R_m (m)		0.52	0.52	0.52	0.22	
	θ_m ($^\circ$)		2	2	2	4.6	
	S_m (m)		0.33	0.33	0.33	0.12	
	δ_m ($^\circ$)		161	168	161	237	
	$\theta_m - \theta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)						
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)						
	R_m/R_1			1.00	1.00	0.42	
	S_m/S_1			0.95	0.95	0.36	

表6-3

港名	小 樽	調査構造物	第3号ふ頭-9.0m岸壁				
構造 様式	ケーソン(高さ10.9m,底巾6m,長さ15m)式		$H/W/L$	+0.40m			
	図4-3参照		残留水位	+0.20m			
構造 細目	基礎		裏 込		裏 埋		
	捨石(-10.5~-12.5m) 捨石厚 2.0m		割石				
目 地	ゴム製防砂板						
	舗装 あり						
建設年	昭和35年~42年度						
測定 位置 (法線からの距離)(m)			底1	底2	底3	底4	底5
			5.0	10.5	2.0		
管 径 mm			165.2	165.2	165.2	165.2	
	建込深さ $L/W/L$ 上		-1.0	-2.55	-2.55	-2.55	
調 和 分 解 結 果	A_m (m)		0.132		0.138		
	R_m (m)		0.039		0.031		
	θ_m ($^\circ$)		242		250		
	S_m (m)		0.050		0.086		
	δ_m ($^\circ$)		-82		-70		
	$\theta_m - \theta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)				8		
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)				0.14		
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)				12		
	R_m/R_1				0.21		
	S_m/S_1				0.79		

註 底2, 3は底4とほとんど一致していた。

表6-5

港名	小 名 浜	調査構造物	4号ふ頭-6M岸壁				
構造 様式	ケーソン(高さ7.4m,底巾8m,長さ m)式		$H/W/L$	+1.40m			
	図4-11参照		残留水位	+0.50m			
構造 細目	基礎		裏 込		裏 埋		
	基礎捨石(50~100kg) (-6.0~-7.25m)		裏込割石(60~100kg)		砂(ポンプ式しゅんせ つ船による巻出し)		
目 地	コンクリート舗装						
	建設年 昭和43~44年度						
測定 位置 (法線からの距離)(m)			底1	底2	底3	底4	底5
			-	1.07	1.37	2.02	
管 径 mm			101.6	89.0	89.0	89.0	
	建込深さ $L/W/L$ 上		-1.00	-0.50	-0.50	-0.50	
調 和 分 解 結 果	A_m (m)		0.880	0.900	1.005	0.981	
	R_m (m)		0.400	0.294	0.313	0.239	
	θ_m ($^\circ$)		146	147	176	161	
	S_m (m)		0.432	0.400	0.255	0.222	
	δ_m ($^\circ$)		89	90	129	106	
	$\theta_m - \theta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			1	30	25	
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			0.017	0.524	0.436	
	$\delta_m - \delta_1$ ($^\circ$) (ラジアン)			1	40	17	
	R_m/R_1			0.017	0.698	0.296	
	S_m/S_1			0.985	0.783	0.598	

表 6-6

港名	松 山	調査構造物	-1.0 m 岸壁				
構造様式	ケーソン		H W L		+ 3.6 m		
	(高さ 12.8 m, 底巾 10.0 m, 長さ m) 式		残留水位		+ 1.0 m		
構造細目	基 礎		裏 込		裏 組		
	捨石 (10~50 kg/個) (-1.05~-12.0 m) 置換砂 (-12.0~-14.0 m) 砂 捨石厚 1.5 m		雑石 (10~50 kg/個)				
測定管	位 置	仮 1	仮 2	仮 3	仮 4	仮 5	
	(法線からの距離)(m)		9.4	12.4	2.00		
調和分解結果	管 径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2		
	建込深さ L W L 上	- 1.0	- 0.5	- 0.5	- 0.5		
調和分解結果	A _m (m)	1.87	2.29	2.29	2.29		
	R _m (m)	0.69	0.89	0.27	0.16		
調和分解結果	θ _m (°)	- 6.8	- 7.2	2.67	- 8.8		
	S _m (m)	1.50	0.61	0.50	0.40		
調和分解結果	δ _m (°)	97	140	185	187		
	θ _m -θ ₁ (°)		- 9	- 80	- 20		
調和分解結果	δ _m -δ ₁ (°)		4.8	6.8	4.0		
	(ラジアン)		0.75	1.18	0.70		
調和分解結果	R _m /R ₁		0.566	0.892	0.28		
	S _m /S ₁		0.407	0.883	0.26		

表 6-8

港名	博 多	調査構造物	中央ふ頭(西)-7.5 m 岸壁				
構造様式	L型ブロック(高さ9.8 m, 底巾7.5 m, 長さ2.0 m)式		H W L		+ 2.23 m		
	図4-19参照		残留水位		+ 1.00 m		
構造細目	基 礎		裏 込		裏 組		
	捨石 (-7.9~-9.0 m) 砂および礫混り砂 (-8.0~-15.0 m) 基礎地盤貝岩		雑石 採取量 5~80 kg/個		上層 シルト混り砂 下層 シルト(泥土)		
測定管	位 置	仮 1	仮 2	仮 3	仮 4	仮 5	
	(法線からの距離)(m)		2.5	7.0	2.00		
調和分解結果	管 径 mm	100	100	100	100		
	建込深さ L W L 上						
調和分解結果	A _m (m)						
	R _m (m)						
調和分解結果	θ _m (°)						
	S _m (m)						
調和分解結果	δ _m (°)						
	θ _m -θ ₁ (°)						
調和分解結果	δ _m -δ ₁ (°)						
	(ラジアン)						
調和分解結果	R _m /R ₁						
	S _m /S ₁						

表 6-7

港名	下 関	調査構造物	細江地区-7.5 m 岸壁				
構造様式	横さん橋式(L型ブロック土留)		H W L		+ 2.86 m		
	L型ブロック(高さ5.4 m, 底巾4.6 m, 長さ3.0 m)式		残留水位		+ 1.0 m		
構造細目	基 礎		裏 込		裏 組		
	捨石 (-3.5~-4.5 m) 置換屑石 (-4.5~-1.0 m) 地盤風化岩 (-1.5 m~)		雑石		砂		
測定管	位 置	仮 1	仮 2	仮 3	仮 4	仮 5	
	(法線からの距離)(m)		4.3	6.9	1.19		
調和分解結果	管 径 mm	100	100	100	100		
	建込深さ L W L 上						
調和分解結果	A _m (m)	1.56	1.76	1.78			
	R _m (m)	0.42	0.22	0.20			
調和分解結果	θ _m (°)	- 20	- 5	9			
	S _m (m)	1.06	0.67	0.51			
調和分解結果	δ _m (°)	188	148	162			
	θ _m -θ ₁ (°)		15	2.9			
調和分解結果	δ _m -δ ₁ (°)		0.261	0.50			
	(ラジアン)		0.261	0.50			
調和分解結果	R _m /R ₁		0.52	0.47			
	S _m /S ₁		0.68	0.48			

表 6-9

港名	鹿 兒 島	調査構造物	新港南側-4.5 m 岸壁				
構造様式	L型ブロック		H W L		+ 2.90 m		
	(高さ6.4 m, 底巾5.5 m, 長さ3.5 m)式		残留水位		+ 1.0 m		
構造細目	基 礎		裏 込		裏 組		
	捨石 (-5.0~-6.0 m) 地盤 シラス混り砂 (-6~-1.0 m) 砕石混り砂 (-1.0~-1.8 m) 捨石厚 1.0 m		卵石 (5~80 kg)		粗砂および少量の砕石 混り砂(波濤土砂)		
測定管	位 置	仮 1	仮 2	仮 3	仮 4	仮 5	
	(法線からの距離)(m)		2.0	6.0	1.40		
調和分解結果	管 径 mm	100	100	100	100		
	建込深さ L W L 上	- 2.0	- 0.25	- 0.25	- 0.25		
調和分解結果	A _m (m)	1.85	1.95	2.00	2.05		
	R _m (m)	0.84	0.19	0.09	0.04		
調和分解結果	θ _m (°)	179	176	208	249		
	S _m (m)	1.08	0.86	0.85	0.17		
調和分解結果	δ _m (°)	188	182	219	255		
	θ _m -θ ₁ (°)		8	2.9	7.0		
調和分解結果	δ _m -δ ₁ (°)			0.50	1.22		
	(ラジアン)			0.68	1.25		
調和分解結果	R _m /R ₁		0.56	0.26	0.12		
	S _m /S ₁		0.88	0.84	0.16		

表 6-10

港名	羽田	調査構造物	- 3.0 m 物揚場		
構造様式	L型ブロック (高さ5.3m, 底巾5.2m, 長さ2.0m)式 図4-23参照	H W L		+ 4.20 m	
		残留水位		+ m	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (-3.3~-4.3m) 原地盤 砂質粘土 捨石厚 1.0 m		雑石 (30~50cm)		シルト混り砂 砂混りシルト (赤土)
測定管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			3	7	20
調和分解結果	管径 mm	100	100	100	100
	建込深さ L W L 上	- 1.0	- 0.5	- 0.5	- 0.5
	A _m (m)	2.22	2.35	2.38	2.19
	R _m (m)	0.26	0.18	0.17	0.06
	θ _m (°)	- 64	- 54	- 50	- 17
	S _m (m)	0.71	0.34	0.30	0.13
	δ _m (°)	177	209	209	228
	θ _m -θ ₁ (°)		10	14	47
	(ラジアン)		0.17	0.24	0.82
	δ _m -δ ₁ (°)		32	32	51
(ラジアン)		0.56	0.56	0.89	
R _m /R ₁		0.69	0.65	0.23	
S _m /S ₁		0.48	0.42	0.18	

表 6-12

港名	長崎	調査構造物	小ヶ倉-5.5m岸壁		
構造様式	L型ブロック (高さ8.0m, 底巾6.0m, 長さ2.5m)式 図4-25参照	H W L		+ 3.3 m	
		残留水位		+ 1.5 m	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (-6.0~-8.0m) 置換砂 (-8.0~-15.5m) 地盤 風化岩 (-15.5m~ m) 捨石厚 2.0 m		雑石		
測定管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			5.2	10.2	15.2
調和分解結果	管径 mm	100	100	100	100
	建込深さ L W L 上	- 1.7	- 0.10	- 0.10	- 0.10
	A _m (m)	1.92	1.94		1.94
	R _m (m)	0.26	0.23		0.18
	θ _m (°)	- 15	- 11		3
	S _m (m)	0.41	0.37		0.23
	δ _m (°)	158	164		179
	θ _m -θ ₁ (°)		4		18
	(ラジアン)		0.07		0.31
	δ _m -δ ₁ (°)		6		21
(ラジアン)		0.10		0.36	
R _m /R ₁		0.92		0.72	
S _m /S ₁		0.90		0.56	

表 6-11

港名	羽田	調査構造物	- 4.5 m 岸壁		
構造様式	L型ブロック (高さ6.8m, 底巾7.0m, 長さ3.0m)式 図4-24参照	H W L		+ 4.20 m	
		残留水位		+ m	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (-4.5~-6.0m) 地盤 砂質粘土				
測定管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			3	6	11.4
調和分解結果	管径 mm	100	100	100	100
	建込深さ L W L 上	- 1.0	- 0.25	- 0.25	- 0.25
	A _m (m)				
	R _m (m)				
	θ _m (°)				
	S _m (m)				
	δ _m (°)				
	θ _m -θ ₁ (°)				
	(ラジアン)				
	δ _m -δ ₁ (°)				
(ラジアン)					
R _m /R ₁					
S _m /S ₁					

表 6-13

港名	佐世保	調査構造物	前畑地区-1.0m岸壁		
構造様式	セルラーブロック 4段積 (高さ1.2m, 底巾9m, 長さ7m)式 図4-26参照	H W L		+ 3.3 m	
		残留水位		+ 1.0 m	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (雑石) (-1.0~-1.40m) 置換砂 (-1.40~-2.15m) 砂岩 捨石厚 4.0 m		雑石		
測定管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			2.45	6.02	10.08
調和分解結果	管径 mm	100	100	100	100
	建込深さ L W L 上	- 0.1	- 0.05	- 0.1	- 0.15
	A _m (m)	1.54			1.97
	R _m (m)	0.48			0.16
	θ _m (°)	54			108
	S _m (m)	1.22			0.49
	δ _m (°)	- 46			13
	θ _m -θ ₁ (°)				54
	(ラジアン)				0.94
	δ _m -δ ₁ (°)				59
(ラジアン)				1.03	
R _m /R ₁				0.33	
S _m /S ₁				0.40	

表 6-14

港名	佐世保	調査構造物	前畑地区-10m岸壁取付		
構造様式	プレバクトコンクリート式		HWL	+ 3.3 m	
	図 4-27 参照		残留水位	+ m HWL × ($\frac{1}{4}$)	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	砂岩 (-100~ m)		割石	込	砂質土
目録	目地				
	舗装	あり			
建設年	昭和 40 ~ 42 年				
測定位置	位置	底 1	底 2	底 3	底 4
	(法線からの距離)(m)		3.46	2.87	3.85
管径	管径 mm	100	100	100	100
	埋込深さ L/W/L 上	- 0.1	- 0.1	- 0.05	- 0.05
調和分解結果	A _m (m)				
	R _m (m)				
	θ _m (°)				
	S _m (m)				
	δ _m (°)				
	θ _m -θ ₁ (°)				
	(ラジアン)				
	δ _m -δ ₁ (°)				
	(ラジアン)				
	R _m /R ₁				
S _m /S ₁					

表 6-16

港名	衣浦	調査構造物	中央ふ頭西-3.5m物揚場		
構造様式	横さん橋式		HWL	+ 2.40 m	
	土留ブロック二段積長さ 7.5m, 底巾		残留水位	+ 0.80 m HWL × ($\frac{1}{4}$)	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (1.5~2.0kg φ15~40 cm (+0.5~-3.5m) 置換砂 (-3.5~-9.0m)		割石	込	砂 透水係数 2.464 × 10 ⁻³
目録	目地				
	舗装	あり			
建設年	昭和 41 年				
測定位置	位置	底 1	底 2	底 3	底 4
	(法線からの距離)(m)		3.5	7.5	1.85
管径	管径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2
	埋込深さ L/W/L 上	- 1.5	- 0.5	- 0.5	- 0.5
調和分解結果	A _m (m)	1.46	1.47	1.47	1.57
	R _m (m)	0.18	0.16	0.12	0.11
	θ _m (°)	- 27	- 24	- 16	- 8
	S _m (m)	0.95	0.80	0.70	0.61
	δ _m (°)	153	171	185	202
	θ _m -θ ₁ (°)		3	11	19
	(ラジアン)		0.05	0.19	0.33
	δ _m -δ ₁ (°)		18	32	49
	(ラジアン)		0.31	0.56	0.85
	R _m /R ₁		0.89	0.66	0.61
S _m /S ₁		0.84	0.73	0.64	

表 6-15

港名	千葉	調査構造物	-10m岸壁		
構造様式	横さん橋式 ブロック土留(±0.0m)		HWL	+ 2.00 m	
	ブロック 3 段積 (底巾 3.0m)		残留水位	+ 0.7 m HWL × ($\frac{1}{4}$)	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (50~100mm) (-0.7~-2.7m) 捨石底面に防砂布 (ポリプロピレン) 捨石厚 2.0m		鉄さい (30~60mm) 基礎捨石と鉄さいの間 に防砂布	込	砂 (しゅんせつ砂)
目録	目地				
	舗装	あり			
建設年					
測定位置	位置	底 1	底 2	底 3	底 4
	(法線からの距離)(m)		4.5	8.0	2.00
管径	管径 mm	101.6	89.0	89.0	89.0
	埋込深さ L/W/L 上	- 0.7	- 0.5	- 0.5	- 0.5
調和分解結果	A _m (m)	1.26	1.27	1.29	1.48
	R _m (m)	0.50	0.45	0.41	0.11
	θ _m (°)	28	44	39	101
	S _m (m)	0.54	0.45	0.39	0.05
	δ _m (°)	215	235	231	- 38
	θ _m -θ ₁ (°)		16	11	73
	(ラジアン)		0.28	0.19	1.27
	δ _m -δ ₁ (°)		20	16	107
	(ラジアン)		0.35	0.28	1.86
	R _m /R ₁		0.90	0.82	0.22
S _m /S ₁		0.835	0.72	0.10	

表 6-17

港名	沼水	調査構造物	興津第 2 ふ頭西側-10m岸壁		
構造様式	横さん橋式 ブロック土留 (- m)		HWL	+ 1.70 m	
	ブロック 5 段積		残留水位	+ 0.60 m HWL × ($\frac{1}{4}$)	
構造細目	基	礎	裏	込	裏
	捨石 (30~100kg) (-4.5~-8.1m) 原地盤 シルト質砂 (-6.1~-14.2m) 砂質土 (-14.2~2.5m)		裏込砂利 (30mm以上)	込	透水係数 (底 3) 7.27 × 10 ⁻³ (底 4) 3.33 × 10 ⁻²
目録	目地	ブロックのうしろに防砂板			
	舗装	あり			
建設年	昭和 44 年				
測定位置	位置	底 1	底 2	底 3	底 4
	(法線からの距離)(m)		6.0	11.0	1.70
管径	管径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2
	埋込深さ L/W/L 上	- 0.5	- 0.5	- 0.5	- 0.5
調和分解結果	A _m (m)	0.84	0.84	0.84	0.81
	R _m (m)	0.29	0.29	0.28	0.27
	θ _m (°)	- 86	- 86	- 85	- 80
	S _m (m)	0.56	0.55	0.54	0.51
	δ _m (°)	6	4	5	20
	θ _m -θ ₁ (°)		0	1	6
	(ラジアン)		0.02	0.10	
	δ _m -δ ₁ (°)		- 2	- 1	14
	(ラジアン)				0.24
	R _m /R ₁		1.00	0.96	0.93
S _m /S ₁		0.95	0.96	0.91	

表 6-18

港名	新 島	調査構造物	東港-10m岸壁		
構造 様式	鋼矢板(Hボックス)式 控直杭		H/W/L	+0.70m	
	図4-7参照		残留水位	+0.46m	
構造 細	基礎		裏	込	裏埋
	砂 質		砂 透水係数 1.75×10^{-2}		
目	目地	BOX型鋼矢板(YSP B-74), 根入深さ-220m			
	舗装	あり			
	建設年	昭和43~44年			
測定 管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			2.0	5.5	1.9
調 和 分 解 結 果	管 径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2
	埋込深さL/W/L上	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5
調 和 分 解 結 果	A_m (m)				
	R_m (m)				
	θ_m (°)				
	S_m (m)				
	δ_m (°)				
	$\theta_m - \theta_1$ (°)				
	(ラジアン)				
	$\delta_m - \delta_1$ (°)				
	(ラジアン)				
	R_m/R_1				
S_m/S_1					

表 6-20

港名	鹿 島	調査構造物	北側航路護岸-5.5m		
構造 様式	鋼矢板式(控直杭)		H/W/L	+1.40m	
	図4-10参照		残留水位	+1.00m	
構造 細	基礎		裏	込	裏埋
	砂		裏込部石なし 砂 透水係数 1.27×10^{-2}		
目	目地	鋼矢板U型(YSP IIIA), 根入深さ(-1.10m)			
	舗装	岸壁法線より3m(コンクリート)			
	建設年	昭和43年度			
測定 管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
		0	2.0	6.0	2.0
調 和 分 解 結 果	管 径 mm	101.6	89.0	89.0	89.0
	埋込深さL/W/L上	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5
調 和 分 解 結 果	A_m (m)	1.23	1.34	1.34	1.34
	R_m (m)	0.86	0.10	0.08	0.07
	θ_m (°)	-25	22	24	35
	S_m (m)	0.46	0.09	0.07	0.05
	δ_m (°)	120	168	168	188
	$\theta_m - \theta_1$ (°)		47	49	60
	(ラジアン)		0.82	0.85	1.04
	$\delta_m - \delta_1$ (°)		48	48	68
	(ラジアン)		0.84	0.84	1.18
	R_m/R_1		0.27	0.22	0.19
S_m/S_1		0.20	0.15	0.10	

表 6-19

港名	伏木富山	調査構造物	新渡地区-10m岸壁		
構造 様式	鋼矢板式(控版)		H/W/L	+0.70m	
	図4-8参照		残留水位	+0.30m	
構造 細	基礎		裏	込	裏埋
	置換砂(~-1.25m) 粘土				
目	目地	鋼矢板YSP Z88, 根入深さ-16.8m			
	舗装	あり			
	建設年				
測定 管	位置 (法線からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			2.0	5.5	19.0
調 和 分 解 結 果	管 径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2
	埋込深さL/W/L上	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
調 和 分 解 結 果	A_m (m)				
	R_m (m)				
	θ_m (°)				
	S_m (m)				
	δ_m (°)				
	$\theta_m - \theta_1$ (°)				
	(ラジアン)				
	$\delta_m - \delta_1$ (°)				
	(ラジアン)				
	R_m/R_1				
S_m/S_1					

表 6-21

港名	塩 釜	調査構造物	貞山本頭4号岸壁(-7.5m)		
構造 様式	横さん機式・連続鋼管矢板土留		H/W/L	+1.50m	
	図4-12参照		残留水位	+1.50m	
構造 細	基礎		裏	込	裏埋
	シルト		土丹(トラックによる 巻出し)		
目	目地	鋼管(2連式継手), 根入長-27.5m, 前面水深±0.0m			
	舗装	アスファルト舗装			
	建設年	昭和43年度			
測定 管	位置 (土留からの距離)(m)	底1	底2	底3	底4
			2.00	6.00	20.00
調 和 分 解 結 果	管 径 mm	101.6	89.0	89.0	89.0
	埋込深さL/W/L上	-1.00	-0.50	-0.50	-0.50
調 和 分 解 結 果	A_m (m)	1146	1496	1498	1521
	R_m (m)	0.740	0.253	0.253	0.252
	θ_m (°)	-18	21	21	21
	S_m (m)	0.581	0.168	0.162	0.162
	δ_m (°)	128	150	151	152
	$\theta_m - \theta_1$ (°)		34	34	34
	(ラジアン)		0.594	0.594	0.594
	$\delta_m - \delta_1$ (°)		22	23	24
	(ラジアン)		0.384	0.402	0.419
	R_m/R_1		0.342	0.341	0.341
S_m/S_1		0.281	0.279	0.279	

表 6-22

港名	八 戸	調査構造物	八太郎-5 m 岸壁			
構造様式	鋼矢板式				+1.50 m	
	図 4-20 参照				+1.00 m $HWL \times (\frac{2}{3})$	
構造細目	基	礎	裏	込	裏	埋
	原地盤砂質土		裏込卵石 50kg/個 (~+1.0m)		砂(埋立土)	
目 地	鋼矢板 U (F S P III) 型, 根入深さ-9.0 m					
舗 装	なし					
建設年	昭和 43 年					
測定位置 (法線からの距離)(m)		π1	π2	π3	π4	π5
			2.0	6.0	2.0	
管 径 mm	101.6	89.0	89.0	89.0		
建込深さ L W L 上	- 1.0	- 1.0	- 1.0	- 1.0		
A m (m)	1.11	1.34	1.35	1.41		
R m (m)	0.82	0.01	0.01	0.01		
θ m (°)	- 2.7	5.6	1.4	5.0		
S m (m)	0.39	0.00	0.00	0.00		
δ m (°)	100	180	124	180		
θ m - θ ₁ (°)		83	41	7.7		
(ラジアン)		1.45	0.71	1.34		
δ m - δ ₁ (°)		80	24	80		
(ラジアン)		1.39	0.42	1.39		
R m / R ₁		0.03	0.03	0.03		
S m / S ₁		0.00	0.00	0.00		

表 6-24

港名	小松島(-9m)	調査構造物	金銀-9 m 岸壁			
構造様式	鋼矢板式		H W L		+1.80 m	
	図 4-15 参照		残留水位		+1.00 m $HWL \times (\frac{1}{3})$	
構造細目	基	礎	裏	込	裏	埋
	置換砂(~16.0m)		裏込なし		砂(浚渫砂)	法線から10mの位置より陸側に埋立天地よりパイプロコンボーズ施工
目 地	鋼矢板 U (Y S P V) 型, 根入深さ-1.50 m					
舗 装	あり (2.0 m) 背後野積場なし					
建設年						
測定位置 (法線からの距離)(m)		π1	π2	π3	π4	π5
			2.0	6.0	2.0	2.0
管 径 mm	166.2	165.2	165.2	165.2		
建込深さ L W L 上	- 1.0	- 0.5	- 0.5	- 0.5		
A m (m)	0.87	1.12	1.13	1.15		
R m (m)	0.59	0.09	0.06	0.08		
θ m (°)	9	5.9	10.0	9.8		
S m (m)	0.67	0.09	0.05	0.02		
δ m (°)	190	2.31	3.59	2.96		
θ m - θ ₁ (°)		5.0	9.1	8.4		
(ラジアン)		0.87	1.59	1.46		
δ m - δ ₁ (°)		4.1	1.69	1.06		
(ラジアン)		0.71	2.95	1.85		
R m / R ₁		0.15	0.10	0.06		
S m / S ₁		0.134	0.075	0.02		

表 6-23

港名	神 戸	調査構造物	厚耶ふ頭-10 m 岸壁			
構造様式	鋼板セル(直径15.5m, 高さ14.0m)式 アーク部・直線型鋼矢板		H W L		+1.70 m	
	図 4-14 参照		残留水位		+1.0 m $HWL \times (\frac{2}{3})$	
構造細目	基	礎	裏	込	裏	埋
	置換砂 (-12.50~-15.50m)		砂質土			
目 地	直線型鋼矢板, 鋼板セル根入れ(-12.0m)					
舗 装	あり 全面					
建設年						
測定位置 (法線からの距離)(m)		π1	π2	π3	π4	π5
			2.2 (アーク部)	2.5	1.65	6.0
管 径 mm	7.5	2.0	2.0	2.0	2.0	
建込深さ L W L 上	- 1.0	- 0.5	- 0.5	- 0.5	- 0.5	
A m (m)	0.77	1.07	1.14	1.00	1.18	
R m (m)	0.49	0.17	0.02	0.04		
θ m (°)	- 31	- 1.9	5.2	7.9		
S m (m)	0.64	0.20	0.01	0.02		
δ m (°)	120	138	164	2.49		
θ m - θ ₁ (°)		12	83	110		
(ラジアン)		0.21	1.45	1.92		
δ m - δ ₁ (°)		18	44	12.9		
(ラジアン)		0.31	0.77	2.25		
R m / R ₁		0.34	0.04	0.08		
S m / S ₁		0.81	0.01	0.03		

表 6-25

港名	門 司(-10m)	調査構造物	田野浦-10 m 岸壁			
構造様式	鋼矢板式(変断面) (控版)		H W L		+4.00 m	
	図 4-18 参照		残留水位		+2.60 m $HWL \times (\frac{2}{3})$	
構造細目	基	礎	裏	込	裏	埋
	基礎地盤 砂質岩(風化進行)		裏埋土砂 置 砂		貝殻混り砂(浚渫砂)	
目 地	鋼矢板(組合せ F S P V I L と F S P V L), 根入深さ-2.10m, 上部工コンクリート打設時の型枠繫結用ボルト孔が残留					
舗 装	なし					
建設年	昭和 42~44 年					
測定位置 (法線からの距離)(m)		π1	π2	π3	π4	π5
			2	6	14	
管 径 mm	114	114	114	114		
建込深さ L W L 上	- 2.0	- 0.5	± 0.0	± 0.0		
A m (m)	2.28	2.59	2.58	2.59		
R m (m)	0.58	0.290	0.27	0.26		
θ m (°)	12.3	12.0	12.1	13.6		
S m (m)	1.57	0.74	0.72	0.70		
δ m (°)	6.7	10.8	10.9	11.4		
θ m - θ ₁ (°)		- 3	- 2	1.3		
(ラジアン)						
δ m - δ ₁ (°)		4.1	4.2	4.7		
(ラジアン)		0.71	0.73	0.82		
R m / R ₁		0.50	0.466	0.43		
S m / S ₁		0.47	0.458	0.446		

表 6-26

港名	八 代	調査構造物	外港地区-7.5m岸壁		
構造 様式	鋼矢板式(控版式)		HWL	+4.8m	
	図4-20参照		残留水位	+2.0m	
構造 細	基礎		裏込		
	シルト質 地盤改良(サンドドレーン 施工)		砂(~-3.9m). 砂混りシルト (-3.9~-17.0m)		
目 録	目地	鋼矢板Z(YSPZ45)型, 根入長-2.0.0m			
	舗装	あり			
建設年	昭和39年~41年				
測定 管	位置	No.1	No.2	No.3	No.4
	(法線からの距離)(m)		2.3	6.3	11.1
調 和 分 解 結 果	管径 mm	100	100	100	100
	建込深さL _W L上	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
調 和 分 解 結 果	A_m (m)	2.41	2.74	2.77	2.75
	R_m (m)	0.25	0.02	0.02	0.08
	θ_m (°)	111	166	181	250
	S_m (m)	1.70	0.52	0.38	0.21
	δ_m (°)	89	116	119	141
	$\theta_m - \theta_1$ (°)		55	70	189
	(ラジアン)		0.96	1.22	2.42
	$\delta_m - \delta_1$ (°)		27	30	52
	(ラジアン)		0.47	0.52	0.91
	R_m/R_1		0.08	0.08	0.12
S_m/S_1		0.30	0.22	0.12	

表 6-28

港名	衣 浦	調査構造物	中央ふ頭東-9.0m岸壁		
構造 様式	連続鋼管矢板式(控版)		HWL	+2.40m	
	図4-32参照		残留水位	+1.20m	
構造 細	基礎		裏込		裏埋
	粘土(~-18.0m) 砂・砂礫(-18~-23.0m)		裏込割石(3~20kg) (~-5.0m) 床掘(~-5.0m)		盛砂(しんせつ砂) 透水係数 2.011×10 ⁻³
目 録	目地	鋼管矢板継手(2建方式), 継手深さ-1.4.0m			
	舗装	なし			
建設年	昭和44年				
測定 管	位置	No.1	No.2	No.3	No.4
	(法線からの距離)(m)		9 裏込 割石中	15 盛砂中	25 控壁前方 の割石中
調 和 分 解 結 果	管径 mm	165.2	165.2	165.2	165.2
	建込深さL _W L上	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5
調 和 分 解 結 果	A_m (m)	1.27	1.30	1.84	1.28
	R_m (m)	0.18	0.07	0.06	0.05
	θ_m (°)	269	-47	188	-42
	S_m (m)	0.92	0.38	0.33	0.28
	δ_m (°)	-14	48	47	92
	$\theta_m - \theta_1$ (°)		44	-81	49
	(ラジアン)		0.77		0.85
	$\delta_m - \delta_1$ (°)		62	61	106
	(ラジアン)		1.08	1.06	1.85
	R_m/R_1		0.54	0.46	0.38
S_m/S_1		0.41	0.36	0.30	

表 6-27

港名	鹿 兒 島	調査構造物	新港南側-7.5m岸壁			
構造 様式	鋼矢板式(控版)		HWL	+2.9m		
	図4-21参照		残留水位	+2.0m		
構造 細	基礎		裏込		裏埋	
	粗砂(-5.5~-8.5m) シルト質砂 (-8.5~-10.5m) 軽石混りシラス質砂 (-10.5~-2.0.0m)		割石(5~80kg) (~±0.0m)		浚渫砂 (粗砂および少量の軽 石混り砂)	
目 録	目地	鋼矢板YSPZ38, 根入深さ-1.4.5m				
	舗装	あり				
建設年	昭和40~42年					
測定 管	位置	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
	(法線からの距離)(m)		2	6	14	
調 和 分 解 結 果	管径 mm	114.3	114.3	114.3	114.3	
	建込深さL _W L上	-2.0	-0.25	-0.25	-0.25	
調 和 分 解 結 果	A_m (m)	1.80	2.04	2.02	2.01	
	R_m (m)	0.53	0.10	0.06	0.02	
	θ_m (°)	144	166	206	218	
	S_m (m)	1.17	0.24	0.10	0.04	
	δ_m (°)	116	145	170	211	
	$\theta_m - \theta_1$ (°)		22	62	74	
	(ラジアン)		0.38	1.08	1.29	
	$\delta_m - \delta_1$ (°)		29	54	97	
	(ラジアン)		0.50	0.94	1.69	
	R_m/R_1		0.19	0.113	0.03	
S_m/S_1		0.20	0.085	0.03		

6.2 岸壁背後水位の減衰

岸壁背後の測定管 $\epsilon 2 \sim \epsilon 5$ で測定された水位変動の記録を調和分解した結果を表6-2~28に示す。

一般に潮位変動は半日週潮と1日週潮に分解できることから岸壁前面の潮位 $\zeta(t)$ は

$$\zeta(t) = A + R \cos(\sigma \cdot t - \theta) + S \cos(2\sigma \cdot t - \delta)$$

ただし $\sigma = 360^\circ/25$ 時 t :時

で表わされる。岸壁背後の水位変化もそれが前面潮位の変動が起因となっているため同様に分解が可能である。したがって測定管の番号を添字として上の式は

$$\zeta_m(t) = A_m + R_m \cos(\sigma \cdot t - \theta_m) + S_m \cos(2\sigma \cdot t + \delta_m)$$

と表わされる。

表中の $A_m, R_m, \theta_m, \delta_m$ は上に示した意味をもち特

に $R_m/R_1, S_m/S_1$ はそれぞれ、前面潮位の変動成分である1日週潮と半日週潮の振巾と岸壁背後水位のそれとの比であり、前面潮位の岸壁による減衰の程度を表わすもの

である。調和分解は簡便法を電子計算機用にプログラム化したものを用いた。調和分析の結果を原記録に重ねてプロットしたものを図5-8および図6-29に示す。分析に用いた測定記録によってその精度は異なるが、振巾において約10cmの原記録との差があるが、測定精度を考慮するとほぼ妥当なものであると考えられ、以後の解析上問題はないと思われる。

なお表中・構造物についての記事として、構造形式、構造細目等が併記されている。

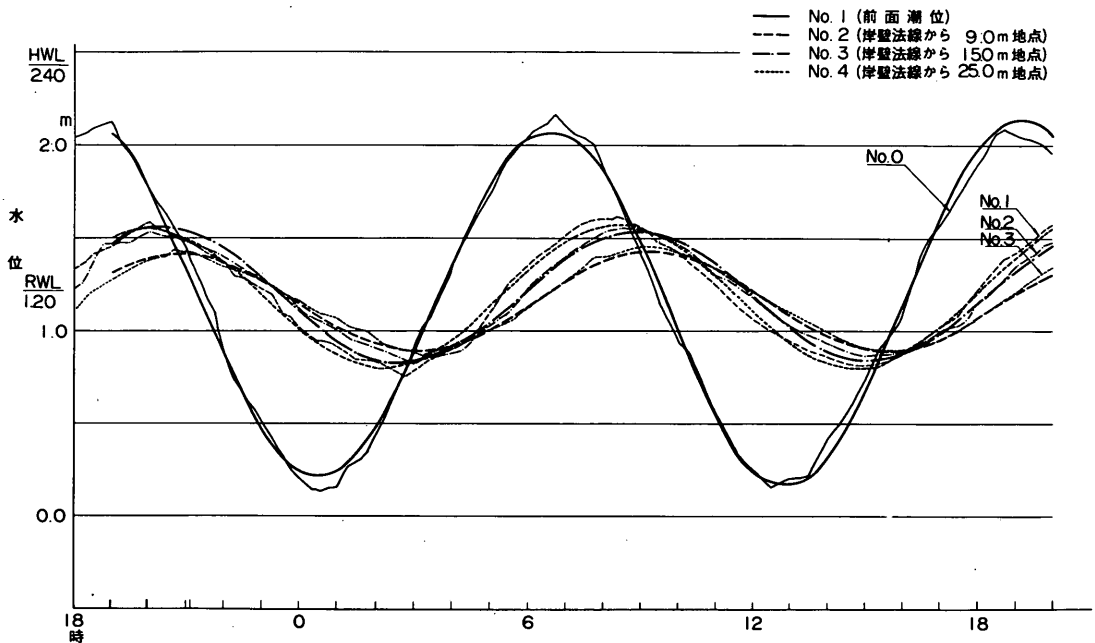


図6-29 調和分析結果による水位

この表から岸壁背後水位と前面潮位の比 R_m/R_1 , S_m/S_1 をとり、岸壁法線(横さん橋については土留前面)からの距離との関係を片対数グラフにプロットすると、矢板式、重力式、構造別にそれぞれ図6-30, 31のようになる。図中数字は港名を示す。この図から振巾比は法線(土留)からの距離に対して指数関数的に減少しており、半日週潮成分の振巾の減衰が1日週潮成分の振巾の減衰よりも大きいことがわかる。これは一般の海岸地下水の水位変動の潮汐の影響について指摘されている事実と一致する。振巾の減衰の程度は構造様式によって異なり、一般に重

力式構造のそれが、矢板式構造の減衰の程度に比して小さく、重力式構造においても、ブロック式、L型ブロック式、ケーソン式と順次減衰の程度は小さくなる。矢板式の場合、減衰比はほぼ直線に近く、重力式の場合折線状になる場合が多いが、これは重力式構造物の場合、岸壁背後の土質的な構成が一般に異なることが多く、測定管建込み位置によって、その付近の透水性に大きく差があるためである。2番目と3番目の傾きが1番、2番目の傾きに比して大きいのはそのためである。矢板式の場合岸壁背後は測定区間約20m程度は均一な裏埋めをおこなうため、直線状となる。

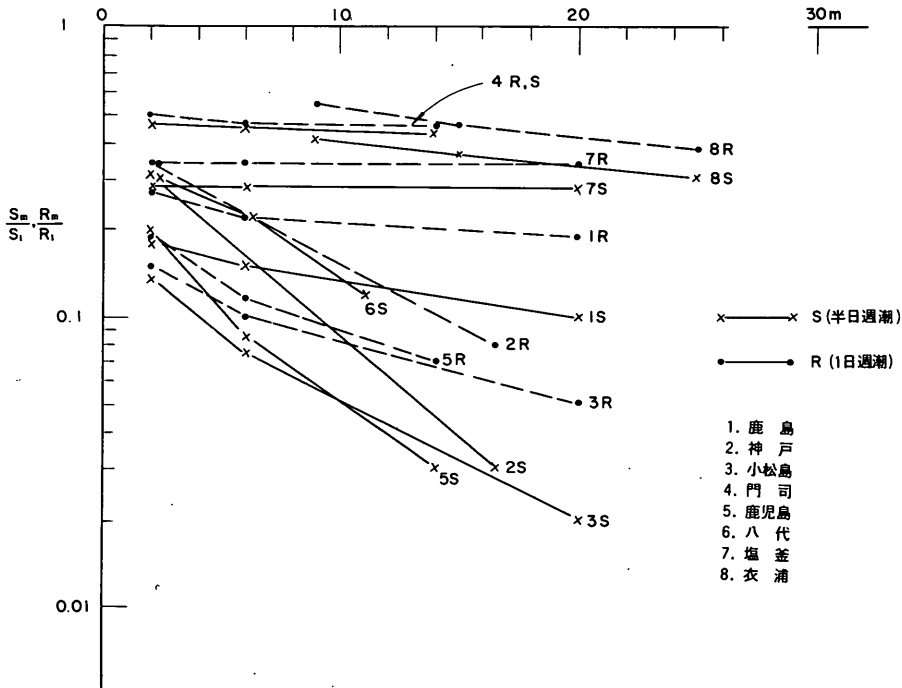


図6-30 振巾の減衰(矢板式)

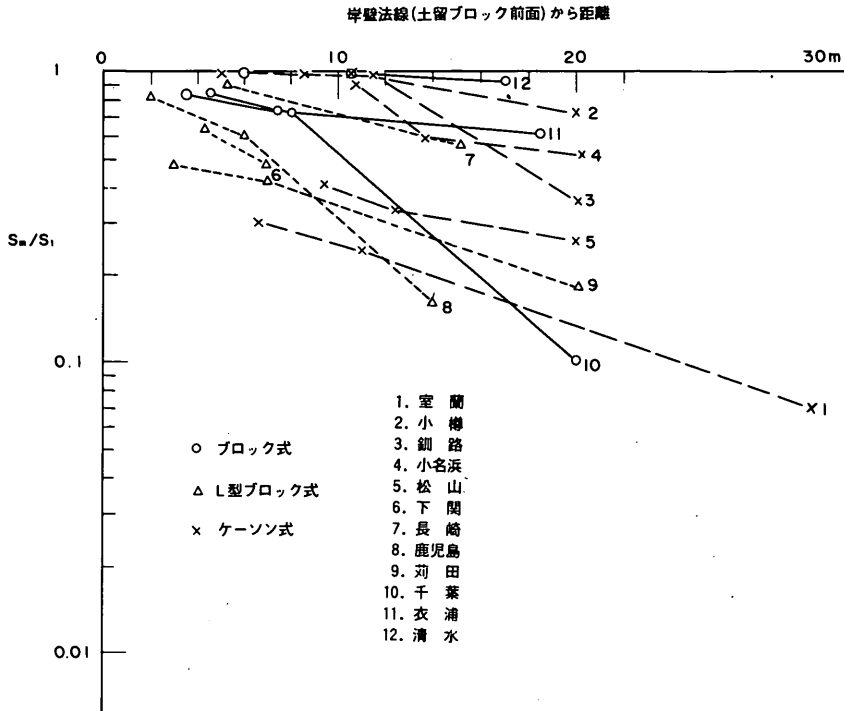


図6-31 振巾の減衰(重力式)

矢板式のうち、門司港、衣浦港の減衰比が他の諸港のそれに比して小さいのは、門司港の場合上部工のコーピングのための型枠繫結用ボルトのための孔が上部工に残っており、測定中も低潮時にはその孔から水が排出したということであり、このため、他の矢板式に比して透水性がよかった。また、衣浦(-9m)および塩釜の場合、鋼管矢板が使用されているが、鋼管矢板の継手が他の矢板に比して透水性がよかったのであろう。また、直線の傾きが小さいのは、共に透水性の高い砂による埋もどしによっている。

重力式の場合、構造様式による減衰の様子の違いは次の理由によると思われる。すなわち、ブロック式の場合、測定をおこなった3つの構造物はすべて横さん橋の土留であるが、水深の比較的小さなわりにはかなり厚い基礎捨石厚を有するため、岸壁背後の透水性が非常によく、建設直後の測定であるため建設以来の裏埋めの埋もどしや、前面からの埋もどしによって捨石層がつかまることが少ないためであろう。横さん橋の土留の場合この傾向は顕著である。L型ブロックについても、水深に比して捨石層が大水深のケーソン式とあまり変わらず、ケーソンに比べて、1ブロックの長さが短く、目地からの透水も大きいと思われる。

しかし、重力式の減衰の程度の違いは、非常に大きな部分が、建設時点からの経過年数の違いである、ケーソン式

の釧路(-7.5m)の場合が建設間もないのに対して、松山、室蘭港の場合約10年経っているため、前面のシルトの堆積・侵入、背後から埋土の裏込めへのうめどしがかなりあるものと思われる。このことは、地震で被災をうけた重力式のエプロンの陥没がしばしばおこる事実からも明らかである。図の刈田港(L型、昭和14~19年建設)の例も室蘭、松山の場合と同様に考えられる。したがって、重力式の場合、埋もどしを防止しないかぎり経過年数の増大によって減衰の程度は大きくなり、背後水位も高くなるものと思われる。

6.3 岸壁の透水性

海岸地下水の潮位変動の影響による水位変化に関する海岸地下水の理論を使って、岸壁の構造種別による、透水性を調べる。

岸壁背後水位は岸壁前面の潮位変化によって変動することは先に示した測定記録から明らかであるが、その変化の様子は構造物毎にその変動振巾の減衰や位相の遅れなどまちまちである。岸壁の場合、通常海岸地下水の解析に用いられる理論は、均一、一様な透水層を有する地層を対象にしているのに対し、土質学的にも急変、複雑な構成であるためその適用は適切であるとはいえないが、透水性を示す一つの指標を求める便法として採用する。

のように海岸のモデルを設定する。

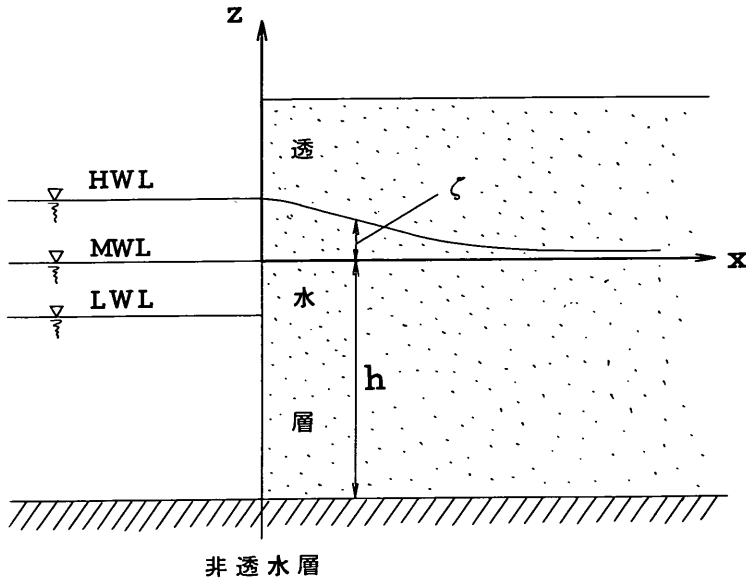


図 6-32 海岸付近図

便宜的に鉛直上向きに z 軸、平均海面に x 軸、 y 軸をとる。透水層の下面は $z = -h$ で不透水層で断されているものとし、自由水面の平均高は h に較べて無視できるものとして、平均位置からの変位を ζ であらわす。流動が緩慢であるため、加速度は無視できる。背後の水位 ζ の方程式として

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = ch \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}$$

が得られる。境界条件として

$$x = 0 \text{ で } \zeta = \zeta_0 \cos \sigma t, \quad x \rightarrow \infty \text{ で } \zeta = 0$$

ζ_0 : 海岸のごく近傍で測定した値ここでは
(前面潮位を考える)

を与えると ζ の解は

$$\zeta = \zeta_0 \exp(-mx) \cos(\sigma t - mx)$$

ただし

$$m \equiv \sqrt{\sigma/2ch}$$

C : 流通係数 $\lambda \cdot C = k$ (cm/sec)

λ : 空隙率

k : 透水係数 (cm/sec)

となる。この式は地下水位の変化の位相が、海岸を遠ざかるに従って潮汐の位相より mx だけ遅れ、振幅も e^{-mx} の割合で減衰することを示す。また同一地点の振幅は分潮速度、したがって周期に支配され、半日周潮の減衰係数は日

周潮のその $\sqrt{2}$ 倍になる。この事実は海岸付近の不圧地下水についてたびたび検証されている。

以上の理論を岸壁背後の水位変動に適用する。

前面潮位は半日周潮と 1 日周潮の 2 つの周期で分解されるが、以下ではわが国では一般に卓越している半日周潮を使って論を進める。

矢板式岸壁について：

図 6-29 をみると、振巾の減衰 S_m/S_1 は片対数グラフで直線的である。これは海岸地下水の変動について指摘されている事実と一致する。この直線を岸壁法線の方向に延長すると縦軸と 1 以下のある値と交わる。これは前面の潮位が矢板壁の非透水性によってまず減衰し、さらに裏埋め土を通過することによって減衰することを示している。したがって、この折線の法線方向への延長が縦軸と交わる点の縦軸の読みが矢板壁の減衰の程度を示す。今ここでとりあつかいの便宜上、矢板壁を単位巾 1 m の厚さをもつ透水層と考え、したがって M_3 , M_2 の点を法線方向に延長した線上の法線から 1 m の地点の S_m/S_1 の読みをとる。 h は前面水深と先に前面潮位の調和分析によって得られた平均水位 A_1 の和をとる。 $\sigma = 2\pi/25 \times 60 \times 60$ (sec⁻¹) で $\lambda = 0.05$ とする。 $\lambda = 0.05$ とした理由は、鉛矢板の継手ととなりの矢板との接触巾は構造上約 16~20mm で大

多数のものが20mmであるが引張りの状態にある時圧縮の状態にある時で異なるが実際はこれ以下であり接触不良等も見込み平均して1mmの間隙が存在するとした。したがっ

て $\lambda = 1 \text{ mm} / 20 \text{ mm} = 0.05$ 、以上の条件から、流通係数 C 、および透水係数 k_s を求めた。結果は表6-29に示す。

表 6-29

№	港名	水深	矢板の種類	S_m/S_1	h (cm)	C (cm/sec)	k_s (cm/sec)
1	鹿島	- 5.5	FSP IIIA	0.19	673	3.76×10^{-4}	1.88×10^{-5}
2	神戸	- 10.0	直線型	0.35	1,077	5.99 "	3.00 "
3	小松島	- 9.0	YSPVL	0.16	987	2.11 "	1.06 "
4	門司	- 10.0	FSPVLとFSPVLの組合せ	0.47	1,228	10.10 "	5.05 "
5	鹿児島	- 7.5	YSPVL	0.24	930	3.72 "	1.86 "
6	八代	- 7.5	YSP Z45	0.33	991	5.82 "	2.91 "
7	塩釜	- 3.0	鋼管(2建型)	0.28	450	12.20 "	6.10 "
8	衣浦	- 9.0	鋼管(2建型)	0.47	1,027	12.08 "	6.04 "

k_s の値は鋼管矢板の場合を筆頭に $6 \sim 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の範囲に分布しており、鋼管矢板をのぞくと、矢板の種数の相異にかかわらず $1 \sim 3 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の範囲にかたまっている。門司港の k_s 値が大きいのは、上部工を貫いた

孔の存在のため S_m/S_1 値が大きいためである。この k_s の値は土砂中に打込まれた矢板による止水効果の実験から得られた結果⁶⁾—鋼矢板の種類(鋼管矢板は含まず)にかかわらず鋼矢板を打設する相手の土質が砂あるいはシルト

表 6-30

№	港名	水深 (m)	S_m/S_1	捨石厚 $\times 10^2$ (cm)	$x = \text{基準長}(1 \text{ m})$		$x = \text{底巾 or 法線からの距離}$			等値な砂粒径 (mm)	
					C (cm/sec)	K (cm/sec)	x $\times 10^2$ (cm)	$\frac{C}{x}$ (cm/sec)	$\frac{K}{x}$ (cm/sec)		
1	室蘭	- 7.5	0.30	2.0	2.4×10^{-3}	4.8×10^{-4}	7.5	1.4×10^{-1}	2.8×10^{-2}	0.30	中砂
2	小樽	- 10.0	0.95	2.0	1.4	2.8×10^{-1}	8.0	89	18	≥ 5.0	礫
3	釧路	- 7.5	0.98	2.0	8.7	1.7	8.5	630	126	≥ 5.0	礫
4	小名浜	- 6.0	0.93	1.25	1.1	2.2×10^{-1}	10.7	130	26	≥ 5.0	礫
5	松山	- 10.0	0.41	1.5	5.7×10^{-3}	1.1×10^{-3}	10.0	5.7×10^{-1}	1.1×10^{-1}	0.60	粗砂
6	下関	- 3.5	0.69*	5.0	1.0×10^{-2}	2.0×10^{-3}	4.5	2.1×10^{-1}	4.2×10^{-2}	0.35	中砂
7	長崎	- 5.5	0.90	1.5	4.7×10^{-1}	9.4×10^{-2}	6.0	16.7	3.3	3.0	細礫
8	鹿児島	- 4.5	0.83	1.0	2.2×10^{-1}	4.4×10^{-2}	5.0	5.4	1.1	2.0	細礫
9	荻田	- 3.0	0.48	1.0	1.3×10^{-2}	2.6×10^{-3}	5.2	3.5×10^{-1}	7.0×10^{-2}	0.45	中砂
10	千葉	- 0.0	0.70	2.0	2.8×10^{-2}	5.6×10^{-3}	3.0	1.3×10^{-1}	2.6×10^{-2}	0.30	中砂
11	衣浦	+ 0.5	0.84	4.0	6.0×10^{-2}	1.2×10^{-2}	3.5	7.4×10^{-1}	1.5×10^{-1}	0.70	粗砂
12	清水	- 4.5	0.98	3.6	4.9	9.8×10^{-1}	6.0	175	35	≥ 5.0	礫

注1. x はプレキャスト部材の底巾

注2. h として基礎捨石厚をとった

注3. 等値な砂粒径はSlichterの実験値による

質砂と異なっても打設後の透水係数(K')はほとんどまわりの土質にかかわりなく、

$K' = (3 \sim 7) \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ ($i = 1$ 透水勾配)
を示す — に近い値を与えている。

したがって、矢板壁の透水性が上の指標で与えるならば岸壁背後の地下水位が高い場合上の透水係数を用いて、与えられるべき残留水位が計算されるが、おおざっぱにいえば、背後地下水位が $HWL \times \frac{3}{2}$ より高い時は残留水位は HWL の $\frac{3}{2}$ 倍とし、 HWL の $\frac{3}{2}$ より低い時は矢板壁と裏埋め土という2種の透水性物質の間を流れる地下水の水位として岸壁背後の水位を計算すればよいことになる。矢板壁の透水性は、 $1 \sim 3 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ で与えることができる。

重力式岸壁について：

重力式岸壁では一般に基礎捨石をおこない、その上にブ

ロック、L型ブロック、ケーソン等を設置する。基礎捨石は、現場条件によって異なるが、大径の石を用いているため透水性において、捨石上面以上のブロック等の目地からの透水性に較べて著しく優れている。このため透水層の厚さ k を基礎捨石の厚さとする(目地からの透水は無視する)。調査した岸壁においては1例を除いて構造本体背後の裏込めに測定管 $\phi 12$ が建込まれているため、 $\phi 12$ の測定管の水位変化はすなわち、岸壁それ自体の透水性を示すものと考え、岸壁法線から $\phi 12$ にいたる距離、すなわち岸壁本体の長さと考え、基準長1mの透水体とおきかえた場合と、プレキャスト部材の底巾を x とした場合について、流通係数 C 、 ϕ 透水係数 K 、 k を求めた。なお基礎捨石の空隙率は一般の礫の有効空隙率の実測値を用いて一率に $\lambda = 0.20$ とした。結果を表6-30に示す。これを図に示すと図6-33になる。

6) 曾根臨海ダム報告書 福岡県

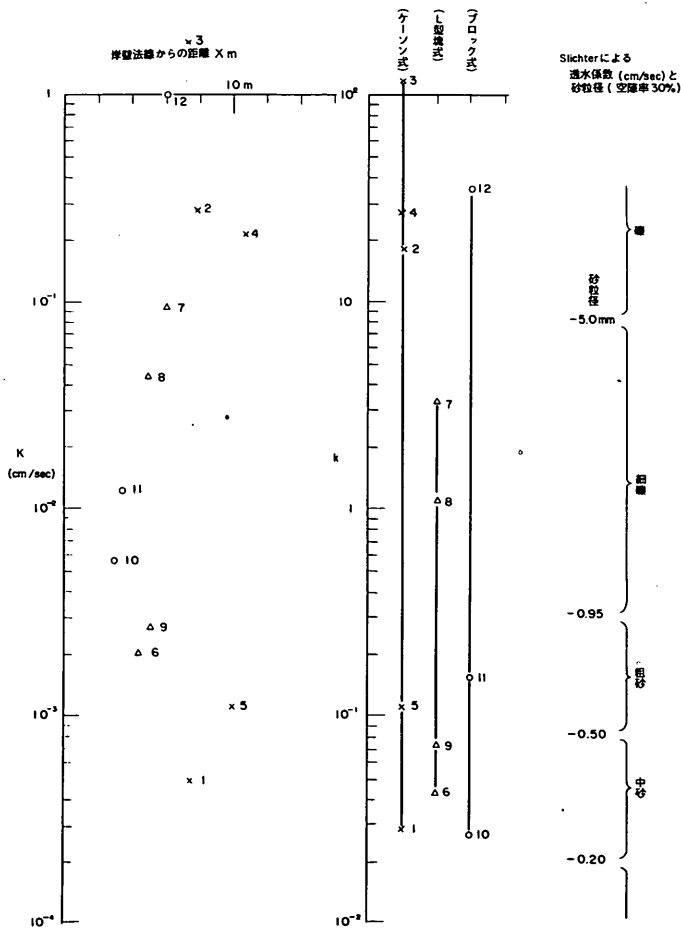


図6-33 透 水 係 数

表6-31 岸壁背後における平均水面の上昇

単位: m

港名	構造	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	上昇高
室蘭	ケーソン式	1.05	1.25	1.26	1.25	0.20
松山	ケーソン式	1.87	2.29	2.29	2.29	0.42
小名浜	ケーソン式	0.88	0.90	1.00	0.98	0.02~0.12
下関	L型	1.56	1.76	1.73		0.20
鹿児島	L型	1.85	1.95	2.00	2.05	0.10~0.20
刈田	L型	2.22	2.35	2.38	2.19	0.13
長崎	L型	1.92	1.94		1.94	0.02
佐世保	セルラー	1.54			1.97	~0.43
〃	プレバクト	1.51			1.62	~0.11
千葉	ブロック	1.26	1.27	1.29	1.48	0.01~0.22
衣浦	ブロック	1.46	1.47	1.47	1.57	0.01~0.11
清水	ブロック	0.84	0.84	0.84	0.81	0
鹿島	矢板	1.23	1.35	1.33	1.34	0.10
八戸	矢板	1.11	1.34	1.35	1.41	0.23~0.30
神戸	セル	0.77	1.07	1.14	1.00	0.30
小松島	矢板	0.87	1.12	1.13	1.15	0.25
門司	矢板	2.28	2.59	2.58	2.59	0.30
八代	矢板	2.41	2.74	2.77	2.75	0.33
鹿児島	矢板	1.80	2.04	2.02	2.01	0.24
衣浦	矢板	1.27	1.30	1.34	1.28	0.03

構造物を単位長(1m)の透水体と考えた時の透水係数 K の分布をみると、ブロック、L型ブロック、ケーソン等構造物による透水性の差は明らかでない。これは透水層の深さ h として基礎捨石厚をとったが、この h のとり方で、捨石厚の大きなブロック式が下の方にプロットされ、比較的捨石厚の小さなケーソン式のあるものが上方にプロットされたためである。

K はプレキャスト部材の底巾だけ透水性の礫あるいは砂が捨石厚さを高さとしてつまっている地層の透水性を示すものと考えられ、底巾 α の効果は考慮している k はつまっている透水性物質の透水性を示すものと考えられる。 k の分布を Slichter が実験⁷⁾によって求めた砂粒径および空隙率を変えた時の透水係数の値と比較してみると k は礫から中砂までの範囲に広くちらばっている。この比較は Slichter の実験値は主として砂についてのものであり、したがって空隙率も30%以上であるが、参考に上げた。 k の分布をみると重力式構造物の種類にかかわらず同じような分布をしている。一般に基礎捨石は礫で構成されているため参考に上げた Slichter の実験値と条件の違いを

考慮しても差があるが、この理由として考えられるのは、基礎捨石、裏込めの前面、背面からの埋めもどしの効果であると考えられる。定量的に構造物の捨石、裏込めの埋めもどしの効果を確認する必要があるが、構造物の透水性を示しうる指標を与えることができると思われる。

7. 残留水位におよぼす他の要因に関する検討

残留水位におよぼす要因としては、構造物の構造形式、構造物の目地材、基礎地盤、裏込め材料、埋立土の土質、潮位差、調査箇所的位置、背後の地下水位、降雨量、建設後の経過年数などが考えられるが、これまでの考察では、矢板式構造の場合、矢板壁の透水性が残留水位を主として決定する要因となり、裏込め、埋立土の透水性は矢板壁のそれに比してかなり大きい($10^2 \sim 10^3 \text{ cm/sec}$ のオーダー)ため問題とならなかった。

重力式構造の場合、残留水位を決定する主たる要因は基礎捨石層の厚さならびに裏込め材料であるが、建設後の経過年数の増大によって捨石層、裏込め部の埋めもどしが考えられ、このために構造としての良透水性が悪化することが明らかにされた。この事実は矢板式の場合には確認でき

7) 酒井軍治郎 地下水学 P 296

なかった。また重力式構造の場合、目地の影響も十分に考えることができ、一般にはケーソン式に比してL型ブロック式が透水性が良いと考えられるが、基礎捨石厚からの透水に比して効果が小さいため目地の影響は明らかにできなかった。降雨量の効果については測定期間中の降雨によって、背後水位が一時高くなることもあり、これが原因で計測器が水没、故障することがあったが、エプロンが舗装されている岸壁についてはほとんど降雨による岸壁背後水位の急上昇といった問題はなかった。背後の地下水については調査構造物が突堤式に建設されたものが多く影響は少なかったが、掘込港湾や地下水位の高い地点に建設された矢板式構造物では設計上問題になる事実が明らかになった。

表6-31に岸壁前面および背後水位変化の調和分析結果から得られる各点の平均水位 A_m をまとめた。 $A_2 \sim A_4$ と A_1 の差の大きさからも岸壁の透水性が明らかである。

8. ま と め

測定結果の考察から次のことが明らかになった。

1. 矢板式構造の場合、現在の残留水位のとり方(潮差の $\frac{1}{3}$)はおおむね妥当である。しかし、掘込み港湾等で、背後の地下水位が高い場合については、矢板壁の透水性を示すなんらかの指標(例えば、先に示した k_s 値)を使って、合理的に決定すべきである。一般に裏埋め土の透水性は問題にならない。
2. 重力式構造の場合、一般に透水性は良好であるが透水性のよさは、基礎捨石および裏込めに基因しており構造的な基礎捨石の厚さからブロック式、L型ブロックケーソン式の順に透水性の良好さを示している。したがって、基礎

捨石が岸壁前後からの埋めもどし等の理由で透水性を悪くした時背後水位は高くなり、設計残留水位よりも大きな水位差を示すことになる。このため基礎捨石の透水性を維持しなければならない。基礎捨石の透水性を悪化させる要因と考えられるのは、(i)前面からヘドロ、シルト等が堆積する。(ii)捨石が、基礎の砂質土の中にめり込む。(iii)裏埋め土等によって背後から埋めもどされる。などである。(ii)、(iii)は施工上防止可能であり、(iii)は最も大きな要因と考えられる。このため(ii)については、アスファルトマット、防砂板、防砂布などを捨石底面にひくことによって、(iii)についてはa. 裏込めの材料の粒径を漸変させて、裏込めの孔隙を維持させる。b. aは考え方としてはよいが、実際の施工上困難な場合が多い。したがって裏込めと裏埋めとの間に、裏埋め材料の粒径に合った透水性の隔壁をもうけて(例えば、防砂布のようなもの)裏埋め土が、裏込めに侵入しないようにすることが必要である。

以上のような施工上の努力によって基礎捨石層の良透水性が確保できる。

現在の設計上の残留水位(潮差の $\frac{1}{3}$)は上にのべた施工上の配慮によって、年数の経過に耐えて妥当な値となる。ただ、潮差の大きな港湾においては、施工条件、周辺の環境によって、 $\frac{1}{3}$ という基準にとらわれることなく決定が可能ではないかと思われる。

終りにあたって、この調査に御協力下さった工事事務所調査設計事務所の関係各位、本調査の立案にあたられた科学技術庁計画局堀井修身技官、とりまとめに際しデータ整理に奮闘いただいた当設計基準部設計基準課の山口技官に心からの感謝をささげる次第です。(1971.12.28受付)

港湾技研資料 No. 115

1971・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル