

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

No. 1 February, 1963

作業船調査報告 (その1)

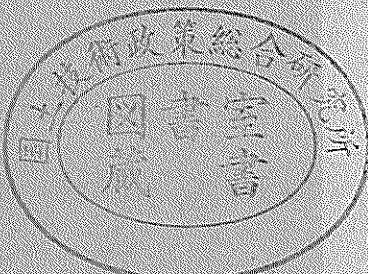
海竜丸浚渫試験報告 松田 任 八木 得次
官田 康弘 岩田 尙生
内井 敏之

日本海岸の海岸保全のための自然条件と

海岸堤防の天端高算出について 井島 武士 松本 輝寿
川上 善久

昭和38年2月

運輸省港湾技術研究所



日本沿岸の海岸保全のための自然条件と 海岸堤防の天端高算定について

*井 島 武 士 **松 本 輝 寿
***川 上 善 久

§ 1 ま え が き

所得倍増計画にともなう国土保全計画の一環として、全国海岸について新たな保全計画が樹立されることとなり、運輸省においても海岸事業の投資および効果算定の基礎資料を作成するため、詳細な調査（海岸事業投資効果調査、以下海岸調査と略称する）が実施されている。36年度海岸調査の技術的分野に関する調査要領の作成、検討、修正、調査員による現地調査、調査資料の吟味、取りまとめは、海岸研究会が担当し（委員長井島武士、事務局松本輝寿（36年度）、川上善久（37年度））、鶴田水工部長の指導と水工部職員の協力により遂行した。36年度海岸調査は3次（36年4月～6月、10月～12月、2月～3月）にわたって行なわれ、自然条件（気象、海象）調査、海岸保全施設天端高の算定、海岸保全施設の現況調査などを終了した。これら調査における自然条件、天端高計算に関する調査は、北海道を除く運輸省所管のすべての海岸について、現地調査が行なわれ、その成果資料は行政当局に提出されている。

この報告は、主として自然条件調査における天端高の計算方法と調査資料の総括的成果を紹介しようとするものである。計画潮位、計画沖波の選定方法は、第一次調査の経験を基にし、各調査員の報告を基本として取りまとめたものであり、天端高計算方法とともに海岸研究会が作成した統一的計算基準である。図一5はこの計算方法に従って行つた第二次調査及びこれを補遺調整するために行つた第三次調査成果資料から報告資料として、取りまとめたものである。

§ 2 自然条件の選定について

（1）潮位の基準面について

海岸保全施設を計画しようとするすべての海岸について、潮位に関する常数、基準面および異常高潮に関する資料が必要である。港湾施設の基準面としては、基本水準面を測量、設計の基準面として用いなければならない。実際に後述の天端高計算を行う場合、天文潮、異常高潮の観測ないし理論的成果を導入することが必要であり、各海岸における基本水準面を計算上是非設定しなければならない。このため東京湾中等潮位、基本水準面、港湾工事用基準面、既往最高潮位、朔望平均満潮位、平均満潮位を調査した。一般に対象とする地点において、天文潮、異常高潮に関する諸数値が計測されていることは少なく、多くの場合隣接港湾、検潮所などの計測記録を参照しなければならない。海上保安庁の観測成果資料（例、書誌741号）を用いれば、本調査に必要な全国海岸の基本水準面、平均潮位、潮位常数は大体得られる。しかし実際の基準面が得られていない所や、東京湾中等潮位との関係が記載されていない所が多い。図一4はこの調査の基準として用いた各海岸の基本水準面（または工事基準面）と東京湾中等潮位との関係（調査資料記載の数値をそのまま用いた）を示したものである。

* 水工部波浪研究室長

** 第二港湾建設局 宮古港工事事務所長

*** 水工部観測調査課長

(2) 天端高算定の諸条件とその取扱いについて

海岸護岸または堤防の天端高を決定する自然条件は、潮位、波高、周期、海底地形（とくに構造物設置位置と前面の海底勾配および粗度）、構造物の材質形状と表面粗度、波の入射方向、風の影響である。天端高は構造及び設置位置、海岸性状の平面的な変化に影響されるが、まず問題を2次的に考えることとした。また自然条件の時間的変化については考慮しなかつた。また上の諸条件がどのように影響するか不明の点が多いが、オランダにおける実験と観測、米國及び日本における実験の結果と実際の調査に基づいて、この調査のための基準を定めた。

(3) 計画潮位、計画沖波の選定方法

海岸堤防の天端高を決定するための諸要素のうち、波と潮位との関係は風を媒介とした場合非常に密接であり、地域的、地形的な特性も大きく、天端高を決定する場合の最も重要な要素である。天端高はこれらを組合せた発生確率や発生時におけるそれらの時間的変化について考慮することが必要であるが、これは今後の研究にまたなければならない。また異常潮位および強大な波浪の単独の発生確率についても全国的な規模の調査結果がなく（異常潮位については37年度において調査実施中）、既往最高潮位、既往最大波浪を計画の対象とした。海湾内では潮位を主に、波を従とし、外海では波を主にし、潮位を従とすることとし、次のように選定した。

- ㊸ 台風時の波が支配的な海岸では台風による既往の最高潮位を計画潮位とする。そしてルース台風による波が最高波であるが、潮位は枕崎台風のときが最高であるような場合は、波はルース台風、潮位は枕崎台風によるものを採用する。
- ㊹ 冬期季節風による波が支配的である海岸では、冬期の最高潮位と最高波を採用する。この場合、台風による潮位が冬期季節風による潮位よりも大きい場合にも、台風による潮位は採らない。したがって台風時と季節風時の潮位と波を考慮して、いずれが支配的であるか判定できないときは、両者による計算結果を比較して大きい天端高を示す場合の波と潮位を採る。
- ㊺ 湾内または島によつて十分遮へいされていて、台風時、冬期季節風時のいずれも支配的でなく、ただ春秋の朔望時に異常高潮位を示すという地域もあるが、このようなところではその場合の最高潮位を計画潮位とし、波は天端高計算において余裕高として考慮する。
- ㊻ 三陸海岸における津波の常襲地帯では、津波とそのほかによる潮位とは別々に考えずに、既往の最高水位を計画潮位とし、波は考えない。
- ㊼ 東京湾、伊勢湾、大阪湾、周防灘においては気象庁の高潮計算結果によつて与えられた最大偏差と台風期の平均満潮位を加えたものを計画潮位とし、波は同じ条件における浅海発生波を計算により求めて計画沖波とする。

§ 3 天端高の計算方法について

計画沖波に屈折及び回折の影響を考慮することにより、施設前面海岸における波（以下計画波（ H_d ）と称する）が得られる。計画潮位、計画波、施設前面の海底地形とその設置位置によつて、一応所要の天端高（越波高）を求めることができる。このために従来多くの実験が行われているが、それを大別すると、(i)波の遡上高から所要天端高を推定する方法と(ii)越波量から所要天端高を推定する方法とが考えられ、さらに条件の与え方によつて、(i)規則波による場合と(ii)不規則波による場合とがある。ここではまず規則波を用いた実験に基づいて考える。規則波については、波の遡上高について多くの実験資料があり、これを利用することは便利であるが、天端高を決定する場合は越波量についての実験結果を参考にする方がより合理的である。越波量については、京都大学、Beach Erosion Board あるいは Delft 等における実験結果があり、この中われわれの目的に最

も近いものは、Beach Erosion board における実験結果である。これは $1/10$ の海底勾配の上に種々の形状の堤防を、水深 0、-4.5 および -9 フィートの位置に設置して、種々の大きさの波 ($H_0=3, 6, 9, 12$ フィート) を当て、天端高と越波量の関係を測定している。図-1 はその一例で、鉛直壁の場合を示している。われわれが一般に対象とする波では、沖波の波形勾配は 0.01~0.03 と考えてよく、Saville の実験結果で、堤防の延長 1 m につき、約 $0.003\text{m}^3\sim 0.005\text{m}^3/\text{sec}$ の越波量を許すという条件のもとでは、次のような性質がある。

- (i) 同一の越波量を与える堤防の高さは、一般に沖波の波形勾配が小さい程大きい。
- (ii) 堤防高は、砕波線附近またはそれより岸寄りでも大きく、約 $13H_0'$ であり、水際線に近づくとともに低くなり、 $0.2H_0'\sim 1.0H_0'$ である。
- (iii) 水際線での堤防高は、波形勾配が大きい程低い。
- (iv) 水際線に設置された鉛直壁での波の衝突高は、 $H_0'/L_0=0.01\sim 0.03$ の間では大体 $1.0\sim 1.3H_0'$ である、砕波線附近では大体 $1.6\sim 2.0H_0'$ である (Saville の結果)。
- (v) 砕波線以内での同一越波量を与える堤防高の水深による増大の割合は、遡上高よりも小さい。

なお、上述の許容越波量を $0.003\sim 0.005\text{m}^3/\text{sec}$ 程度と考えたのは、①実用上この程度なら許容できるのではないかと思われ、②Saville の実験結果から見て、 H_0'/L_0 が $0.01\sim 0.03$ 程度では、堤体が水際線にあつても、また水中にあつても、鉛直壁の場合および傾斜壁の場合にかかわらず、越波量が約 $0.01\sim 0.005\text{m}^3/\text{sec}$ (堤体延長 1 m 当り) 以上の時は天端高と越波量の関係はほとんど比例関係にあつて、天端高を 1 m 上げるにより、約 $0.02\sim 0.04\text{m}^3/\text{sec}$ (平均約 $0.03\text{m}^3/\text{sec}$) 越波量を減少させることができる。③一方越波量が $0.01\sim 0.005\text{m}^3/\text{sec}$ 以下の場合には天端高と越波量は比例関係がなく、天端高を 1 m 上げても、越波量は約 $0.003\text{m}^3/\text{sec}$ 程度しか減少させることができず、天端高を上げる効果が極めて小さいからである。

このように水際線に深に堤防を設置した場合の実験結果はあるが (ただし海底勾配 $1/10$ に限る)、水際線より陸側に堤防を設置した場合の例は現在ほとんどなく、さらにその場合に越波量考えた実験例はない。ゆえに陸上部分の堤防高は、遡上高を基にして考えるほか方法がない。これには Savage の実験例があるが、これは斜面そのものの遡上高であつて、斜面上に堤防を設けたものではない。Savage の実験から見ると、 $H_0'/L_0=0.01\sim 0.03$ の場合で、斜面勾配 $1/10$ のときは、遡上高は $0.6\sim 0.9H_0'$ であり、 H_0'/L_0 が小さい程遡上高が大きい。斜面勾配が $1/20$ および $1/30$ となると遡上高は $0.3\sim 0.5H_0'$ および $0.2\sim 0.3H_0'$ となる。既述の水中部分に堤防を設置した場合の実験でも、斜面勾配は $1/10$ に限られていて、 $1/20$ 、 $1/30$ あるいはそれ以上の場合については不明であるため、その変化はやはり Savage の遡上高の変化によつて推定することにする。なお米国の Beach Erosion Board の specification では、陸上部分で、完全に越波を防止するためには、天端高を $1.5H_0'$ と取るべきこと、またある程度の越波を許すが、構造物に災害を生じないようにするためには、 $0.7H_0'$ (H_0' は砕波高) 以上を取るべきことを指示している。

以上の実験結果は、すべて規則波を用いたものであり、風の影響は入っていない。風を用いた実験は、波の不規則性の再現と、遡上における風の剪断力の効果を表現することにおいて有意義である。オランダではもつぱら前者のみに着目しているが、(オランダの堤防は法勾配が大きいにもかかわらず、斜面を遡上する波に対する風の剪断力はほとんど考慮されていない)、実際海岸では無風時でも不規則波が起つているわけであるから、実験の結果は規則波と不規則波との相異のみを主として示すことになり、必ずしも実際海岸での無風時と強風時の相異を推定する資料とはならない。わが国の海岸堤防では、特に水際線よりも沖に設置された場合は、越波は堤防の前面勾配によつて支配され、風による影響は少いようである。それゆえ、ここでは風のあるときの実験結果は取り入れないことにする。海底および構造物の表面の粗度の効果を考えると、 H_0'/L_0 が $0.01\sim 0.03$ 位の間では、海底勾配が flat な程、また H_0'/L_0 が小さい程表面粗度の効果が大きく利いてくる。しかしアメリカの

Specification では、実験値での減少が相当大きいときでも、これを現地に適用するときは、Smooth slope のときの 0.9 倍以下にするのは危険であるとされている。実際オランダの実験では、種々の粗度を与えた場合、遡上高は Smooth slope の約 0.8 倍程度に止まり、特に斜面上に法線方向に溝を作つたり、枕木の形を設けたりした場合のみ、遡上高が約半分に減少することが示されている。多少の粗度を与えただけではあまり大きな差は起らない。よつてここでは Smooth slope として天端高を考えることにする。海底面は砂または砂利に限られるが、これも Smooth slope と考えてよい。今まで述べた事は、おおむね前面が垂直壁を持つ構造物を考えているが、わが国では前面勾配が 1:1, 1:2, 1:3 の場合が極めて多い。Saville の越波の実験では、 $H_o'/L_o=0.01\sim 0.03$ の範囲では、1:1.5 の slope で、水際線に堤防があるときは、同一越波量を与える天端高は鉛直壁の約 1.6~1.8 倍位、 $0.75H_o'$ の深さの所では約 2.3~2.5 倍位、 $1.5H_o'$ の深さでは 1.5~1.8 倍程度である。前面勾配が 1:3 のときはこれよりもかなり減少する。大阪市大の実験は越波量を基準としていないから正確な比較はできないが、それによると前面勾配が 1:1 位の時が最も遡上および越波が大きいという結果が出ている。このような前面勾配の影響は海底勾配と波形勾配および堤防の設置水深によつて変ると思われるが、明白には分らないので、Saville の実験結果を考慮して推定することにする。

波の入射方向は遡上高に対してかなりの影響がある。オランダでは、波の進行方向と堤防法線とのなす角を β とすると、波が斜めに入射する場合は、垂直に入射する場合 ($\beta=90^\circ$) の、遡上高に次の係数 α を乗じた値になる。

$$\alpha = \frac{1 + \sin \beta}{2}$$

以上のような考察から、天端高の算定方法を次のとおり決めた。

a) 鉛直壁の場合

- ① 水位は計画潮位を採る。
- ② 沖波波形勾配は 0.01~0.03 程度である。
- ③ 構造物前面の最大波高は碎波条件によつて拘束され、したがつて波高は水深の約 0.8~1.0 倍程度である。
これは海底勾配と沖波勾配により変動するが、この場合海底勾配のみによつて区分し、海底勾配が急なほど大きいとする。
- ④ 碎波線以深の天端高は計画沖波高（屈折、回折の影響を考慮したもの）の 1.25 倍とする。
- ⑤ 碎波線付近より浅では、③の最高波高の約 1.25 倍とする。ただし、この天端高は水際線での所要天端高よりも低くならないものとする。
- ⑥ 海底の粗度は底質の粒径によつて変わり、波の遡上高に影響するが、これは構造物前面の海底勾配にふくまれるものとする。
- ⑦ 風の影響は波の不規則性のみ現われるものとし、その効果は考慮しない。
- ⑧ 波の入射方向が堤防のり線となす角度にしたがい係数 α を乗じる。

$$\alpha = \frac{1 + \sin \beta}{2} \quad \beta: \text{波向と堤防のり線の角}$$

- ⑨ 陸上に構造物を設ける場合、その天端高は斜面への波の遡上高さを基準として考え、水際線での所要天端高より高くないものとする。その上限は $1.5H_o'$ 、下限は $0.7H_o'$ とする。

上の事項を図示すると、図—2 のとおりである。図では海底勾配が水際線でもあまり変わらず、ほとんど一定であるとする。A 点以深では波は碎波せず、ほぼ沖波高（屈折、回折の影響を考慮したもの）と大差ないとし、その 1.25 倍をもつて所要天端高とする。A B の区間では波は碎波していて、水深によつて波高が規定され

るものとし、所要天端高は h に係数 a を乗じたもので表わされ、 OB の区間は水深よりも沖波により支配され、実験および観測による常数 b と H_0 との積で与えられる水際線での所要天端高と同じ高さを要するものとする。 OC 間は遡上高により決まるものとし、遡上高は常数と沖波高 H_0 との積で与えられる。所要天端高は C' と O' を結ぶ直線上の値で与えられるものとする。

これらの常数は a , b , c 海底勾配のみで決まるものとし、各区间での天端高は表—1 の値を採る。実際の計算では、海底勾配を図示した紙で、天端高を示す C' , O' を求めて直線で結び、 $\overline{OO'}$ の高さで水平線を引いて、 $\overline{A'B'}$ 線と交わらせる。こうして海岸横断面上任意位置の天端高が求められる。水際線付近で水中部分と陸上部分の海底勾配が変わる場合は、オランダの実験結果を参照して、水際線と構造物の設置位置との距離が、砕波線での波長の約 0.2 倍以上の場合は、両者の平均を採り、0.2 倍以下の場合は水中部分での海底勾配を用いることとした。

b 傾斜壁体の場合

この場合は主として Saville および永井の結果を参照し、鉛直壁体として求められた所要天端高につぎの係数を乗じて割り増しすることとした。

構造物前面勾配	係数
1 : 0	1.0
1 : 1 ~ 1 : 1.5	1.5
1 : 2	1.4
1 : 3	1.3

§ 4 調 査 の 結 果

以上に述べた自然条件（計画潮位、計画沖波）の選定方法および天端高の計算方法により、各調査班が現地海岸の実状を考察しながら自然条件に対して最も合理的と考えられる値を決定した。自然条件の選定方法については、確率的概念を放棄しているが、調査期間が短く統一された計算方法により全国的な調査を行なうためにはやむを得ないものである。波、潮位などの自然条件の調査態勢を整え、常時これらの資料が使えるように整備し、この種の計画に確率的概念が十分生かされるようにしなければならない（37年度度海岸調査において潮位の発生確率も調査中である。波については今後整備すべく調査態勢を整備中である。）。

図—5はこの調査の結果として取りまとめた全国海岸（北海道を除く）の計画沖波、朔望平均満潮位、計画潮位を図示したものである。図—4、5の横軸は図—3のおのおの線であり、これに各地点を投影した。朔望平均満潮位、計画潮位の縦軸の0位は図—4の基本水準面またはその港の工事基準面を採用している。朔望平均満潮位は各港湾の各海岸ごとに計画潮位設定の時期（台風期、年間季節風期）のそれを、計画潮位は天端高算定に用いた値（既往最高潮位または朔望平均満潮位+気象潮）を、沖波も天端高算定に用いた値を図示した。沖波の実線部分はその海域の最大級の沖波と判断されるものである。破線部分は海岸線の方向や近隣海岸線の配置によって方向的に制限される値であり、これらはその外洋海域における最大級の沖波を示すものではない。港湾工事の基準面は基本水準面に統一されなければならないが、実状としては不十分であり（図—4参照）、全国的に再検討の必要がある。海岸保全施設の天端高計算にあたっては理論的に平均水面と調和常数、既往最高潮位や異常高潮位の発生確率が必要であり、近隣港湾、検潮所間の潮位を比較検討するため、平均水面（または基本水準面）と東京湾中等潮位の関係が明らかでなければならない。これらの点についても整備が不十分である。図—5で地形的变化のいちじるしい海岸の沖波や、東京湾、伊勢湾、大阪湾など異常高潮の偏差を利用している計画潮位については、これらは表示地名やその近隣を代表しうるものではなく、むしろ特殊点の値を指示するものである。

§ 5 あ と が き

このように自然条件のみにより計算した海岸保全施設の天端高は行政当局において海岸事業計画のため直接使用されるものではなく、基礎資料として使用されるもので、実際の事業計画に用いられる天端高はほかの資料や各種の条件により調整されるものである。この海岸調査および得られた結果は、運輸省所管の海岸のみを考慮の対象としているものである。東京湾、伊勢湾、大阪湾そのほかの海岸について、この海岸調査の成果を利用される場合は別途詳細な研究をお願いしたい。東京湾、伊勢湾、大阪湾などにおいて、同時発生の高潮と波を組合せた場合の天端高計算値は、たとえば同じ台風の高潮位と最高波を組合せたものよりかなり低くなることもあつた。

この自然条件および天端高算定に関する調査は運輸省港湾局防災課の依頼により、海岸研究会が港研水工部職員の他運輸省港湾局、港湾建設局、港湾技術研究所、関係都道府県、市町村および港湾管理者などの協力を得て行なつたものであり、これに要した技術者と時間はばく大であつた。この調査の成果はひとえにこれら全国にわたる方々の足と汗によつて得られたものであることを強調し、ここに深甚の謝意を表して結びとする。

構造物設置位置	海底勾配	所要天端高
A 莫以深	すべての勾配	1.25 H ₀ '
A B 区間	1:50 以下	1.00 尺
	1:30	1.05 尺
	1:20	1.15 尺
	1:10	1.30 尺
O B 区間	1:50 以下	0.3 H ₀ '
	1:30	0.4 H ₀ '
	1:20	0.8 H ₀ '
	1:10	1.0 H ₀ '
	1:10 以上	1.2 H ₀ '
構造物設置位置	海底勾配	CC' の値(送土高)
陸上部分	1:50 以下	0.3 H ₀ '
	1:30	0.4 H ₀ '
	1:20	0.8 H ₀ '
	1:10	1.1 H ₀ '

表-1

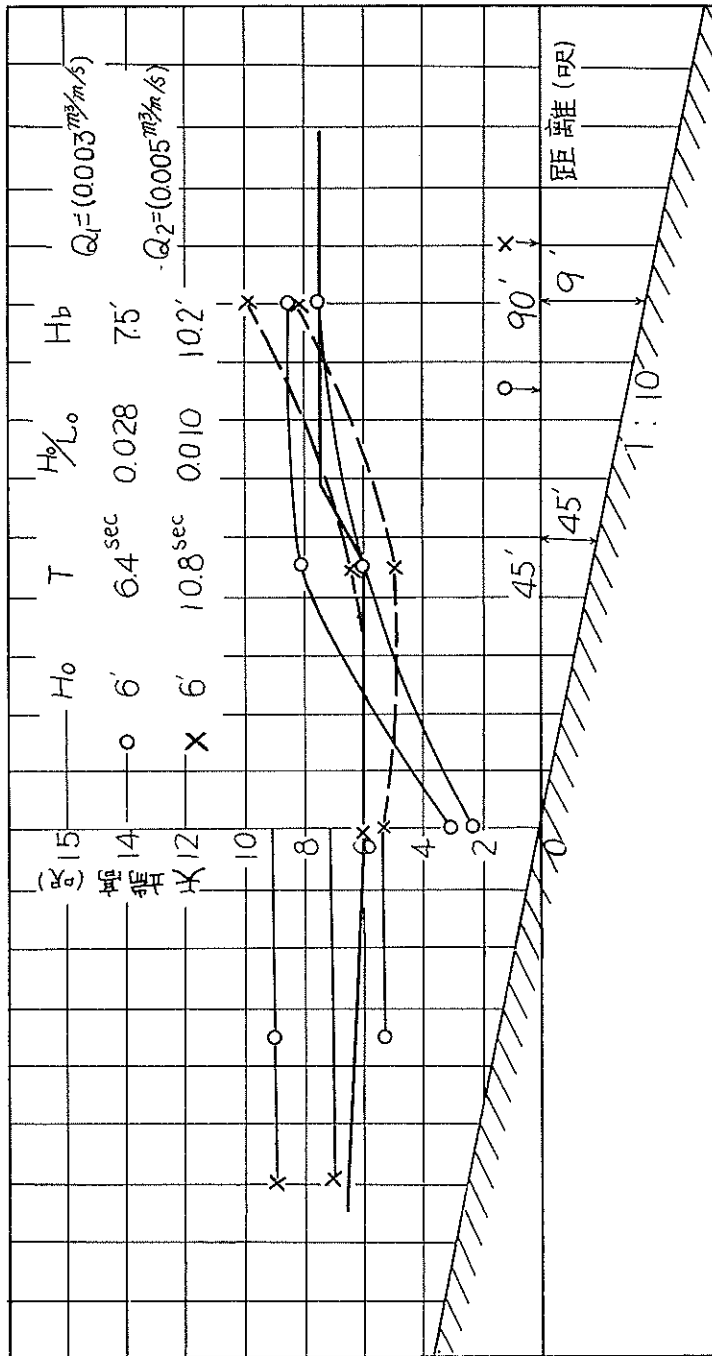


図-1 同一越波量を与える堤防の高さ

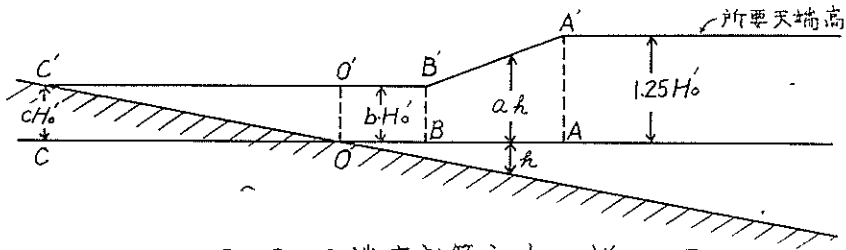


図-2 天端高計算方法の説明図

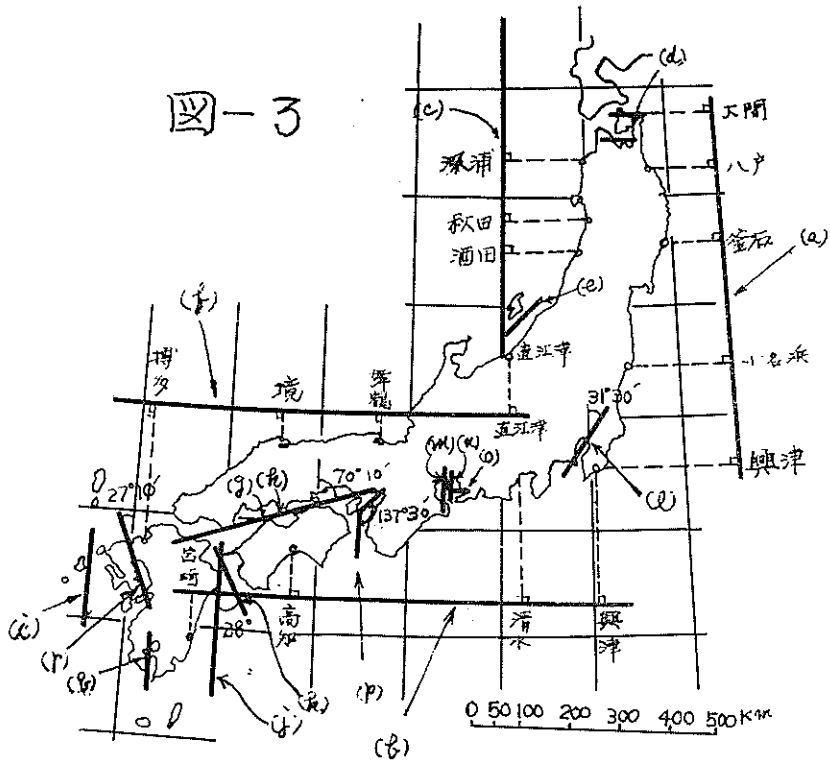


図-3

図-4の2

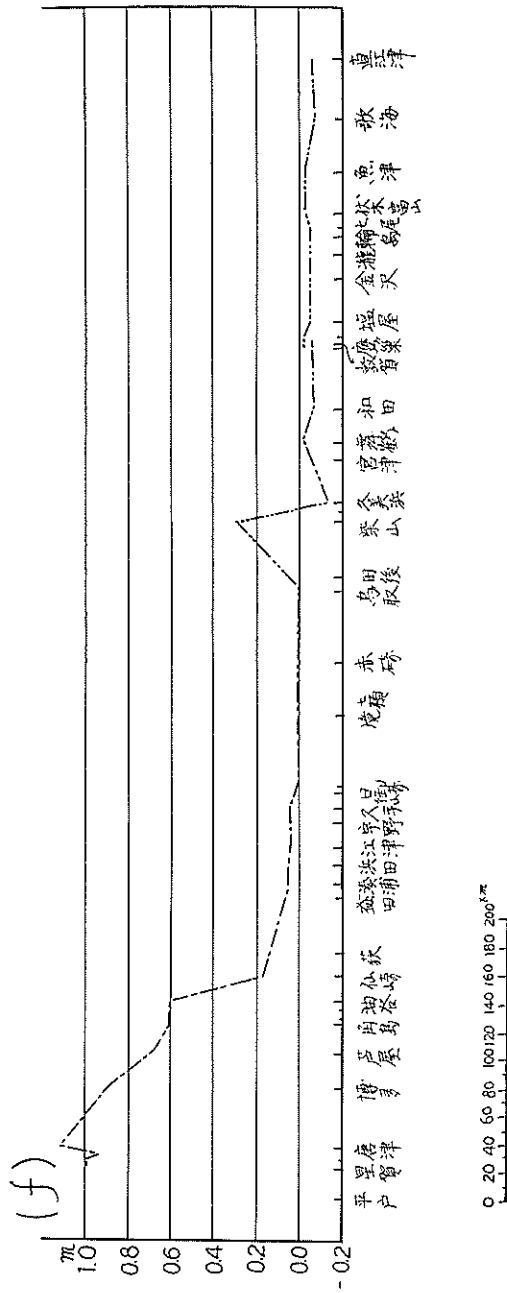
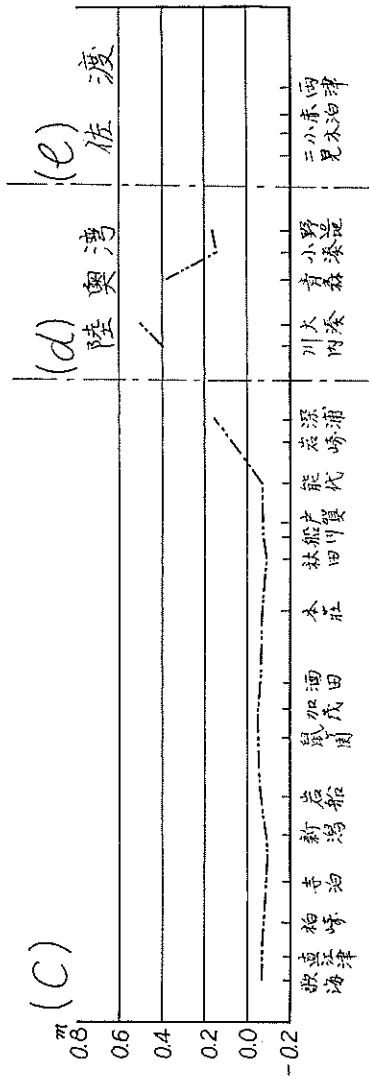
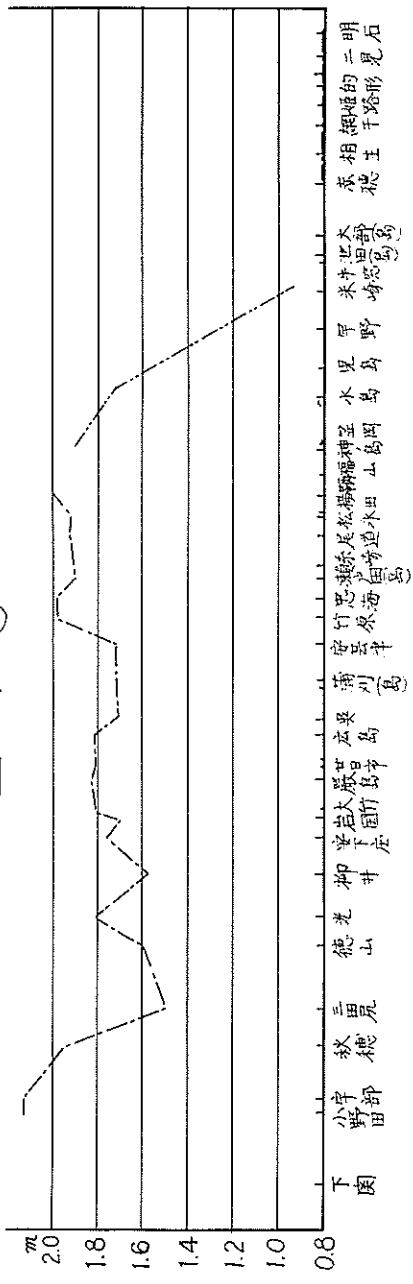


図-4の3

(8)



(9)

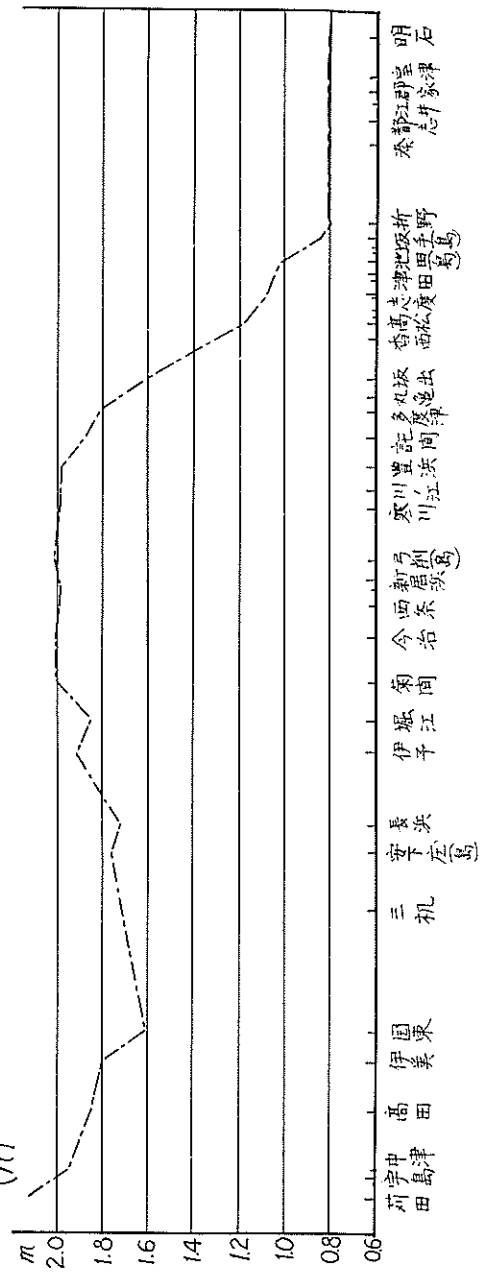


図-4の4

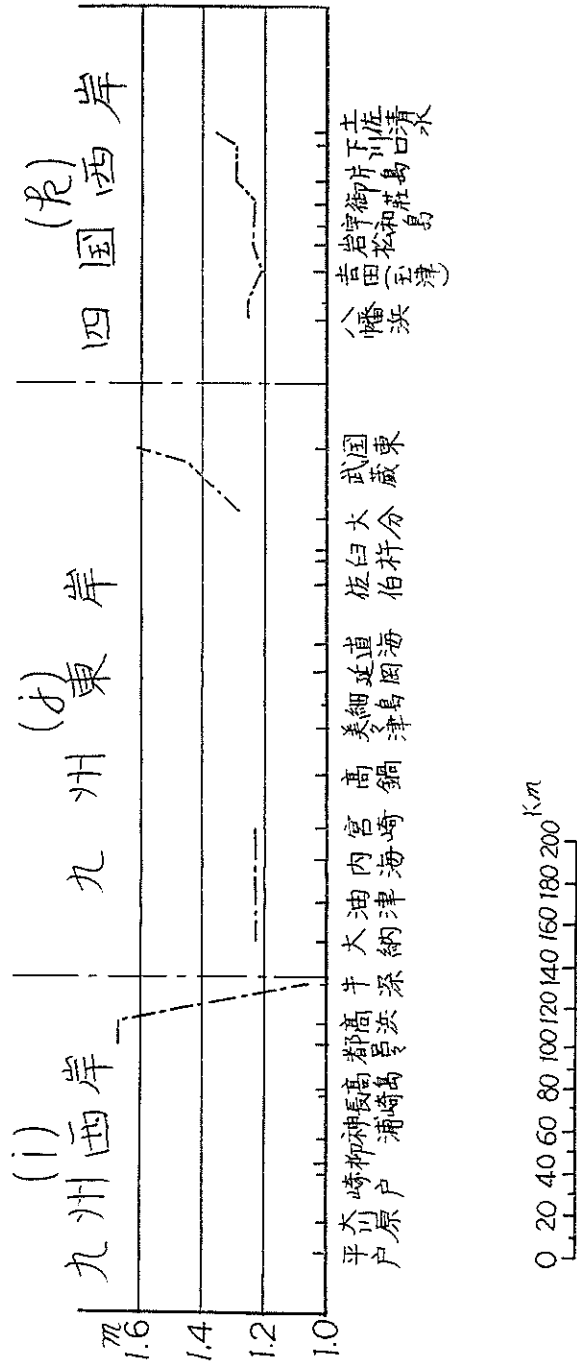
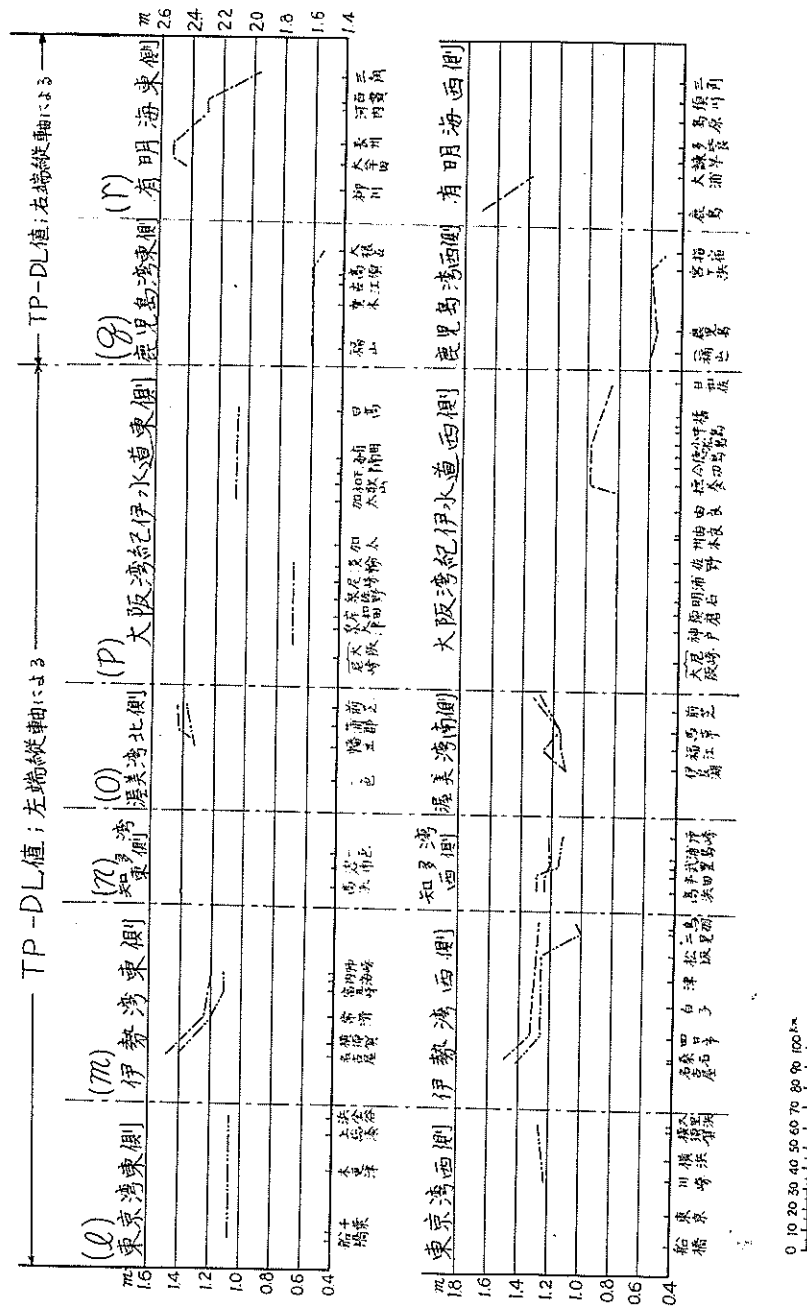


図-4の5



IV 5 の 3

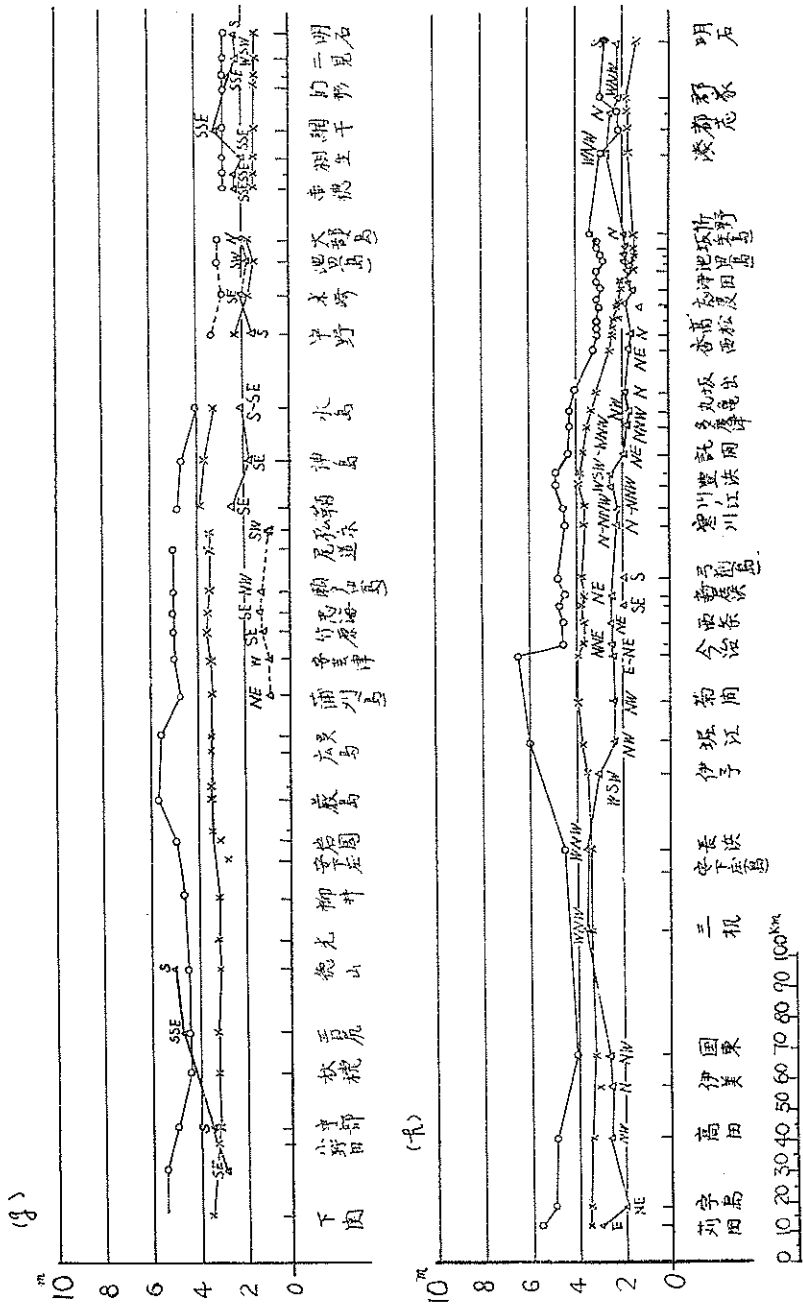
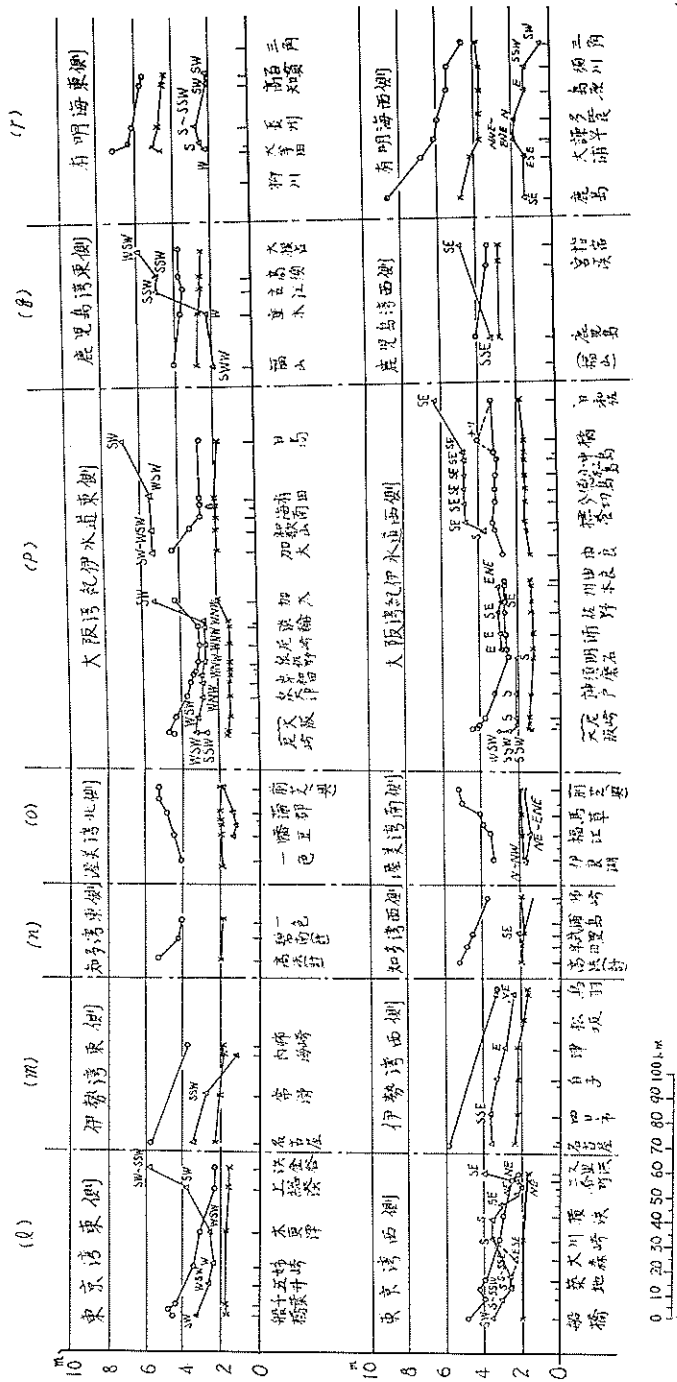


図 5 の 5



港湾技研資料 No.1

1963年2月

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
横須賀市川間 162

印刷所 中和印刷株式会社
東京都中央区入船町2の3