

港灣技研資料

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

No. 83 Sept. 1969

松山港（高浜地区）潮流模型実験

金子安雄・木村久雄

運輸省港灣技術研究所



松山港（高浜地区）潮流模型実験

目 次

要 旨

1. 概 説	3
1.1 概 要	3
1.2 実験目的	4
2. 高浜水域の流速と潮位	4
2.1 流速分布	4
2.2 潮 位	6
3. 実験方法および実験装置	7
3.1 相似について	7
3.2 実験方法	7
3.3 実験装置	8
3.4 実験ケース	9
4. 実験結果	9
4.1 現 況	9
4.2 B防波堤 L=150m	9
4.3 A防波堤 L=150m	22
4.4 ◇ L=200m	22
4.5 ◇ L=250m	23
4.6 埋 立	23
5. 考 察	23
6. 結 論	29
参 考 文 献	29

Hydraulic Model Test On Matsuyama Port (Takahama Area)

Yasuo KANEKO,* Hisao KIMURA**

Synopsis

This report describes the model test of the Port of Matsuyama Takahama area for a protecting harbour area by the breakwater construction from strong alongshore current.

The model was constructed both scale Horizontal 1:100 and Vertical 1:50, and the experimental current was conducted on steady flow without the tidal current were examined.

Some method for the decreasing the strong alongshore current velocity were obtained, and they include (1) proper locations of the breakwater (2) proper length of the breakwater (3) effect of the reclaim.

* Senior Research Engineer, Hydraulics Division

** Member, of Hydraulics Laboratory, Hydraulics Division

松山港（高浜地区）潮流模型実験

金子安雄* 木村久雄**

要 旨

本報告書は、松山港高浜地区における沿岸潮流を緩和するための対策施設、沿岸埋立などの計画について、それらの効果および影響を水理模型実験によって検討したものであり、対策施設としての構造物設置位置、長さおよび埋立地の影響などについて考察している。実験は愛媛県の委託により港湾技術研究所が実施したものである。

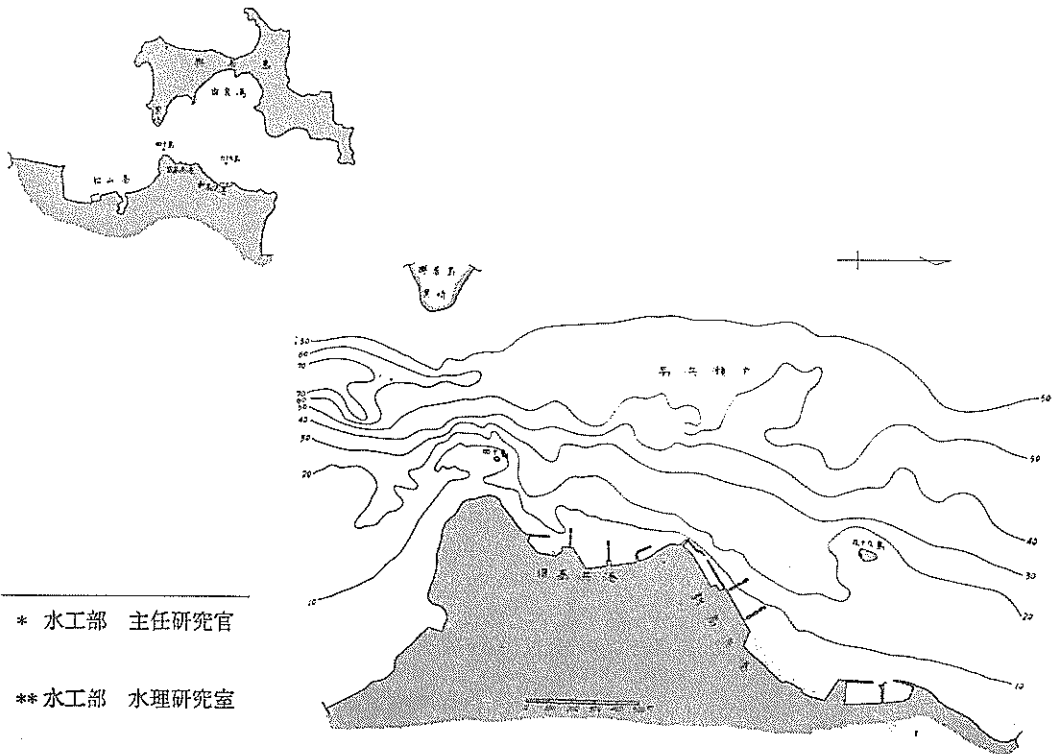
1. 概 説

1.1 概 要

高浜地区は松山港域の北隅にあたり、通称松山港と呼ばれる水域から岬一つへだてた距離約 3.0km 北方の区域を言う(図一1参照)。この水域は主として松山地方と附近の島々および瀬戸内海対岸の呉、広島を結ぶ連絡

船、さらには阪神～別府間の観光船の発着港として利用されている所であり、一般に松山高浜港と呼ばれている(以下高浜港と呼称する)。

高浜港は新旧2つの港から成っているが、いずれも地形の凹部を利用した小規模の港である。港内の水深は深く-20m以上あり、港の前面約2~2.5kmには高浜瀬戸をへだてて大きな興居島がある。このため当水域は完全



* 水工部 主任研究官

** 水工部 水理研究室

図一1 松山高浜港平面図

に遮蔽された形であり、風波の心配はまったくない。しかしながら瀬戸内海に直面しているため、前面航路を流れる速い潮流の影響を受けて港内には常に0.8~1.0kt以上の沿岸潮流が流れている。港内の底質はおおむね砂質から成り、一部には自然海浜があるが漂砂現象は生じていない。

今回実験を行ったのは高浜新港である。繋船施設としては図一にみられる如く浮棧橋2基を設け、連絡船、観光船(約3,000t)の接岸に利用しているが、沿岸潮流に災いされて接岸、操船および浮棧橋の維持に困難をきたしている。

1.2 実験目的

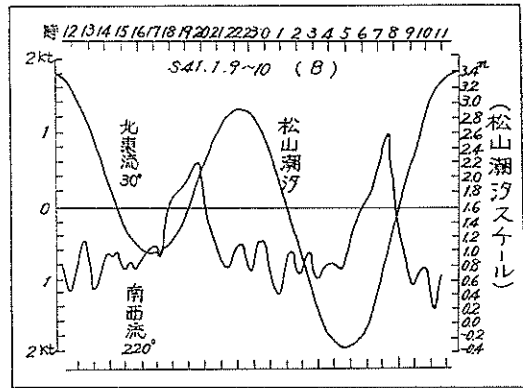
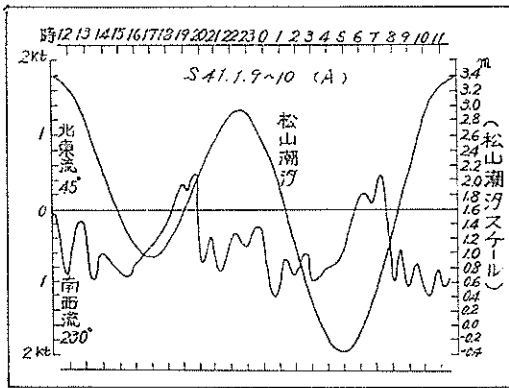
前述したように高浜港は瀬戸内海に直面しているた

め、前面の航路(高浜瀬戸)を流れる速い潮流と周辺の複雑な地形による流れの変化が災いし、利用船舶の操船、接岸などに著しく影響を受けている。そこで現在計画されている浮棧橋改良工事、港内埋立工事に資するとともに、この地区の潮流緩和対策の検討を水理模型実験によって考察することになった。

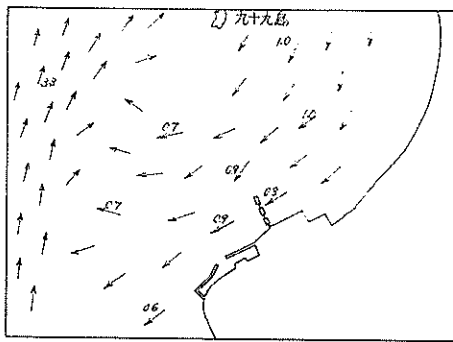
従って実験として、

- (1)潮流緩和対策施設(防波堤型式)設置の効果
- (2)埋立による沿岸潮流への影響

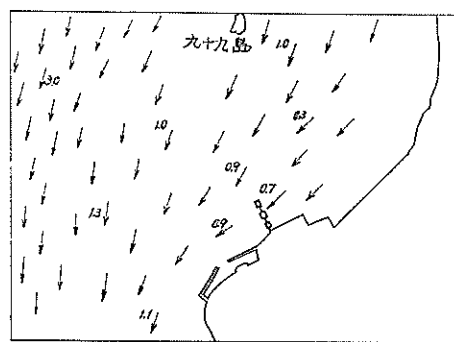
の検討であり、(1)についての効果を検討する対象水域は現在の浮棧橋前面附近とし、主として設置構造物の延長に関して実験を行うことにした(位置、法線は前もって協議の上決定された)。



潮流実測曲線



本流域 北東流最強時



本流域 南西流最強時

図一 高浜港の潮流記録(第6管の観測記録)

2. 高浜水域の流速と潮位

2.1 流速分布

(1) 沿岸潮流の一般的性質

高浜港水域の潮流観測は過去2回、昭和33年頃、昭和41年1月に第6管区海上保安本部によって行なわれた記

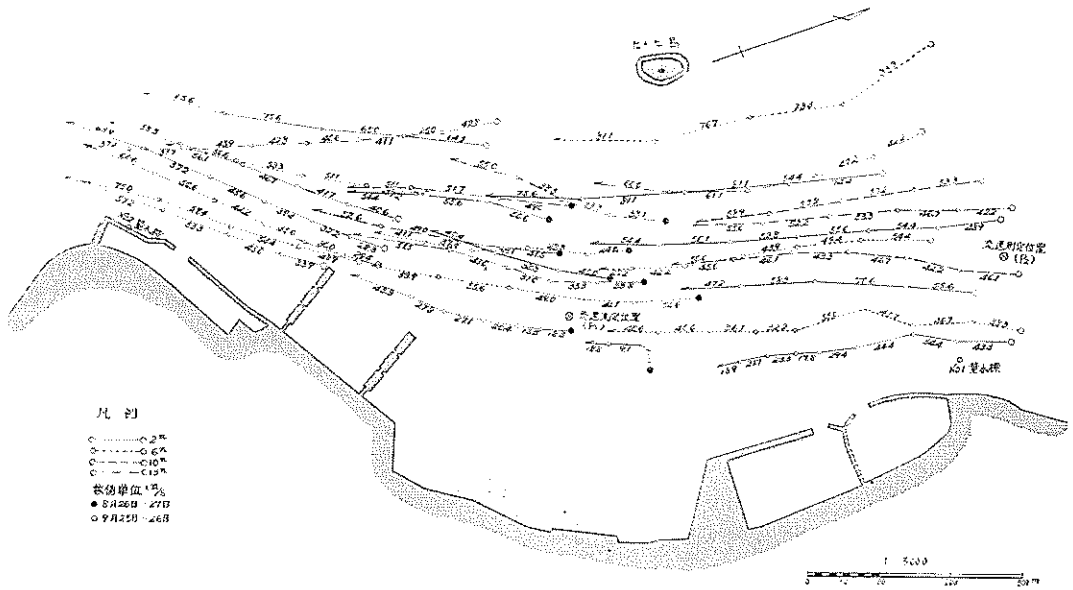


図-3-1 フォート観測記録 (流跡)

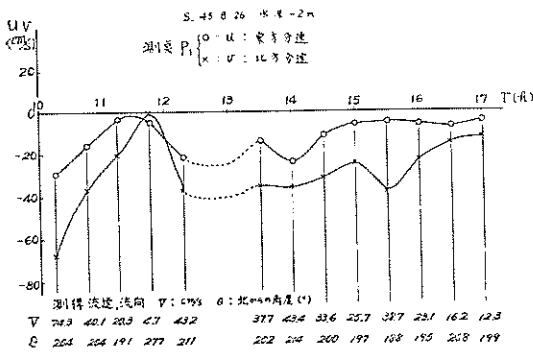


図-3-2 流速記録 (流速計)

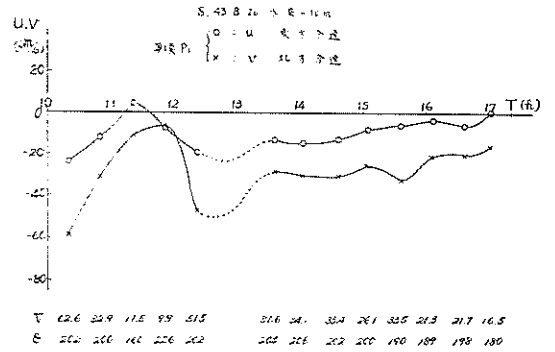


図-3-4

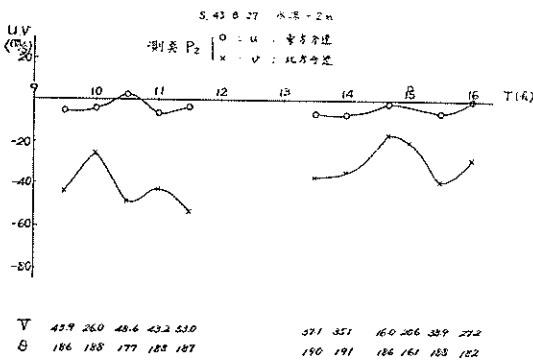


図-3-3

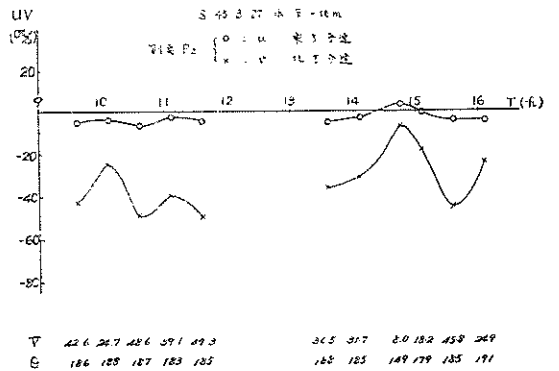


図-3-5

録¹⁾がある。昭和33年の記録は一般的な流況を示すのみで潮流の詳細が不明であるが、昭和41年1月の記録は流れの性質をかなり把握していると思われる。これは44年1月9日11時～10日12時にかけて、水深5m層の定置観測を行ったもので(場所不明)、月令約17、冬季大潮期の潮であり、年間のほぼ最大値を測得しているものと思われる、結果を図-2に示すと共に潮流の性質を要約すると次のとおりである。

- i) 高浜瀬戸本流域の流れは、潮汐によっておおむね規則正しく、低潮後約1時間40分から高潮後約1時間40分まで北東に流れ、高潮後約1時間40分から低潮後約1時間40分まで南西流となる。本流域の流帯は狭いが、流速は大で、大潮期には3.2ktに達する。
- ii) 九十九島と高浜岸との一帯は広域にわたって北東流がみられず、常に南西流がある。そして短周期の変動があり複雑な様相を呈している。その流速は0.5～1.0ktを示しているが、主流部の時間約経路変動に影響されており、最強時の把握は困難である。
- iii) 漲潮時、本流域の北東流と、岸側の南西流の境界は、本流部の時間的消長によってその位置を変えるので、流向、流速とも不定である。
- iv) 九十九島南部附近は、本流の流路変動と、島の影響を受けて流向、流速は乱れる。しかし本流部の北東流開始頃から約30分程は共に北へ、続いて東から南に廻って流れる(これからすれば、図-2の潮流観測地点は九十九島南部附近と思われる)。

(2) 潮流観測

九十九島より岸側一帯水域の潮流の実体を明らかにする目的で、昭和43年8月および9月の2回にかけて、流速計およびフロートによる流況、量水標による潮位観測を実施した。すなわち図-3-1に示すとおり、高浜水域全般にかけてフロートを流すとともに水域中央部および北方流入地点に定置測点 P_1 、 P_2 を設置し流速計によって測流した。

観測は夏期大潮期にあたり、漲潮から退潮にかけて行なわれた。測定水深はフロート、流速計ともに-2m、-6m、-10m、-15mの各層で測流し、特にフロートの放流は水深の異なる2～3ヶ所同時に行ない陸上から2台のトランシットで位置を測定した。観測結果から主要なものを示せば図-3-1～5の如くである。

ここで、流速計およびフロート観測から得られた当水域の流れの主要な特徴を列記すれば、

- i) この水域の流向は漲潮時前面高浜瀬戸の本流が北東流にもかかわらず、南西流の反流であり、流速は九十

九島よりで1.5kt、棧橋前面附近で0.9～1.0ktを示す。また流速計の記録によれば、中層、底層でも表層に近い流速を示し、流向の変動が目立っている。

- ii) 水域北方から流れ込む潮流は、水深どおりに流れる傾向を示し、棧橋南側漁港入口に集中する様相をみせ、この附近の流速は1.0kt以上になる。また水域中央部の自然海岸の凹部は微弱な流速の大反流域となり、反時計方向に還流して北側漁港の新設中の護岸前面にまで流れ、この附近では流速20cm/sを示す。
- iii) 九十九島南側附近の流れは流向の変動が著しく、岸側に向う流れと、沖に流出する傾向を示すものがあり、航路本流の変動と、九十九島の両者による影響で流向が一定しない。

2.2 潮位

フロート観測と同時に潮位観測を高浜水域の両側の海

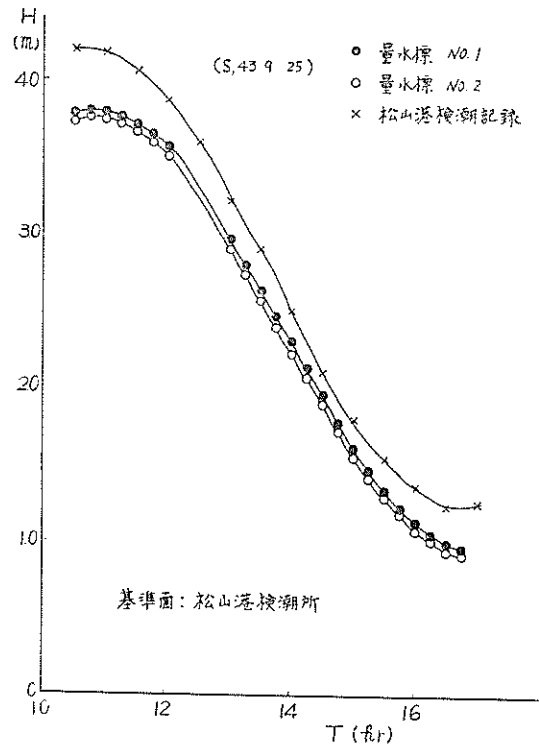


図-3-6 潮位記録

岸に量水標を設置して実施した。図-3-6に9月25日の結果を示した。図には松山港の潮位も記入してある。潮位基準面は総て松山港基準面に統一されており、これから両量水標間の水位差は約5～6cmでほとんど一定であり、水面勾配は約1/20,000程度となる。松山港との関係は高浜港の方が総体的に10～20cm低くなっており、

検潮場所の地域特性が表れたものと思われる。

この外観測は8月26～27日にも実施しているが、当日の潮位差は9月観測時とほぼ同一にもかかわらず、水位差は1～2cm程度と非常に小さい。これは量水標読取りが未熟な結果と思われ、したがって当水域の潮位および水面勾配は9月25日の記録を用いることにした。

以上の流況および潮位観測結果から、当水域の流れは前面を流れる高浜瀬戸の速い潮流とダイナミックなバランスによって生じているものであり、その上複雑な地形が作用して変動の激しい流動を示していると考えられる。

3. 実験方法および実験装置

3.1 相似について

この実験は潮流についての実験であるから、潮流の平均流速の変化に着目して相似性を考えることにする。いま原型と模型において、下記の運動、連続両方程式がそれぞれ成立するものとする。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{u^2}{C^2 R} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 x ：水平距離、 t ：時間、 u ：流速、 η ：水面の変位、 g ：重力の加速度、 R ：径深、 C ：摩擦抵抗係数、 h ：水深である。

原型と模型とが力学的に相似であるためには、両者に対する(1)、(2)式において、それぞれに対応する各項の比が等しくなければならない。したがって原型に関する量と模型に関する量との比を Suffix r で表すことにすると、(1)、(2)式からつぎの関係式が得られる。

$$\frac{u_r}{t_r} = \frac{u_r^2}{x_r} = \frac{\eta_r}{x_r} = \frac{u_r^2}{C_r^2 R_r} \quad \dots\dots(3)$$

$$\frac{\eta_r}{t_r} = h_r \frac{u_r}{x_r} \quad \dots\dots(4)$$

ここで $R_r = h_r = \eta_r$ とすれば、相似の条件としてつぎの式が得られる。

$$t_r = x_r h_r^{-\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(5)$$

$$u_r = h_r^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(6)$$

$$c_r = \left(\frac{x_r}{h_r} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(7)$$

(5)式はフルード数を合せる関係式であり、(7)式は摩擦抵抗を規定する条件式である。

上式より水深比を模型の垂直縮尺の比に一致させれば、すなわち $h_r = h'$ とすれば、流速比は $u_r = \sqrt{h'}$ で表

わされることになる。またこの場合の摩擦抵抗に関する c_r は Manning の式を使用すれば $c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$ であるから、

$$n_r = \frac{1}{c_r} R_r^{\frac{1}{6}} = \left(\frac{h_r}{x_r} \right)^{\frac{1}{2}} h_r^{\frac{1}{6}} = h_r^{\frac{2}{3}} x_r^{-\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(8)$$

ここで、 n ：Kutter の粗度係数

この模型では水平縮尺比 $x_r = 100$ 、垂直縮尺比 $h_r = 50$ であるから、 $n_r = 1.36$ となり、また $u_r = 7.1$ でそれぞれ換算されることになる。

3.2 実験方法

高浜水域における流況は前述した如く、潮汐とは無関係に常に南西流がみられ、その流速、流向も高浜瀬戸本流の流れとのバランスによってたえず変動しながら流れている。模型面における流況もこの様な現象すべてを再現できれば最も望ましいことであるが、実験施設の関係から不可能であり、また実験目的によっては必ずしもその必要はなく、実験対象水域において目的が確実に得られる方法であるならば、模型面に再現する原型の現象は多少簡略化されてもよいであろう。

したがってこの実験では潮流緩和および埋立地の影響を検討する水域が棧橋附近前面であり、かつ潮流の平均流速の変化に着目することとすれば、模型面の流れとしては、高浜航路筋の本流まで考慮する必要はなく、九十九島より岸側における沿岸の流れを再現できればよいであろうと思われる。それゆえ本実験の流況として九十九島沖の流れも十分考慮に入れながら、主体は九十九島と岸側の沿岸潮流を再現することにし、この水域の流れは常に南西流であることから、定常的な南西流をあたえることにした。

この水域の現況の流速分布は、前述した記録のみであり、この観測記録もその規模、時期などから必ずしもこの水域の流況を代表する記録とはいいい難い。けれども図一2、図一3の記録を合せて考察すると、大潮期の流況の特性は把握していると考えられるので、前述した観測記録をもって現況の流速分布とした。また水面勾配は前述したように $i_p = 1/20,000$ であり、模型上では歪模型であるため $i_m = 1/10,000$ となる。この様な勾配を求めための水位測定はその精度から考えても困難であり、したがって実験上では水面勾配は考慮しないことにした。

次に模型の摩擦抵抗すなわち粗度係数に関しては、原型の粗度係数 (n_p) を求めるのが困難であるため、一般に海底粗度係数として示されている数値 $n_p = 0.025$ (2) 程度と考えれば、前述した様に $n_r = 1.36$ から模型粗度係数 $n_m = 0.0186$ となる。Kutter の粗度係数 n について

は、人工のコンクリート製水路で約0.016~0.019⁽³⁾であり、同じコンクリート製である模型についても同程度と考へ、特に人工的な粗度はあたえないことにした。また実験水位は潮流の強さと特に関係がないことから平均潮位とした。

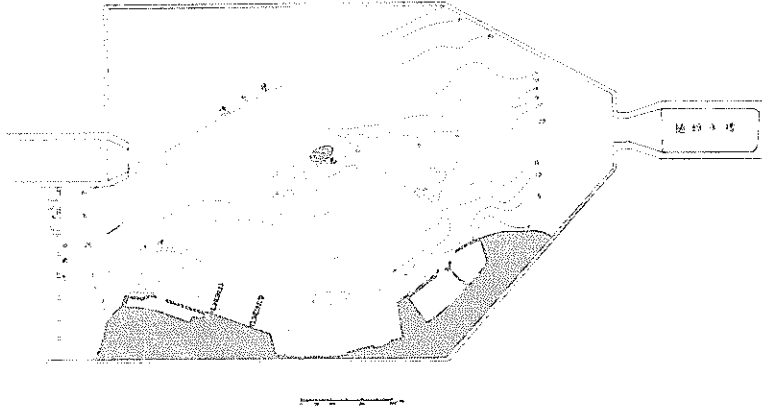
実験順序は、まず現況の流況を測定し次に潮流緩和対策として考えられる構造物（防波堤型式）の設置および

埋立地の増設について流況の測定を行ない、平均流速、流向の変化から、それら施設の効果を検討する方法をとった。

3.3 実験装置

(1) 模型

模型は廻流装置を有する平面水槽内(11.5m×18.0m)に図一4に示すような、高浜水域（新港）をとり入れ



図一4 高浜港模型

た。縮尺は平面1/100、垂直1/50とし、水深は昭和43年7月の測深図に基づいている。模型の海底面はモルタル仕上であるが、前述した粗度の結果を得るため、表面仕上は刷毛をもって粗面にしてある。

模型上の流れは、図一4の右側樋頭水槽から水を流し水槽端において整流板により流向が調整された。そして高浜港水域を流れた水は、水槽左側の四角堰を溢流して廻流装置の低水路に流入する。模型面での水深の調整はこの四角堰を調節することによって可能である。図一4の左上部には遮流壁が設置されているが、この水域は模

型水槽内で貯流されて死水域となるため、模型面の流況調整の必要から設置した。

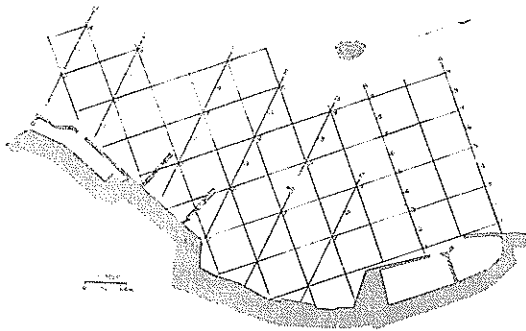
浮棧橋については原型を模型縮尺によって縮小した不製のポンツーンであり、吃水水深を合せて海底面に針金で保持されている。

(2) 計測

模型における測定は図一5に示す測線上にて流速、流向を測定した。それぞれの測線は流線に対してほぼ直角になる様な方向とし測線A、BはW方向、測線C~HはNW方向である。間隔は測線A、Bは50cmごと、測線C~Hは約70cm、その他独立点P₁である。

流速は小型プロベラ流速計(φ=20m/m)を使用し、水深-4cm(2m)、-10cm(5m)、-20cm(10m)、-30cm(15m)の各層の流速を、測定時間1~2分間、10秒ごとの測定値の平均をもって表した。流向は測流と同時に流況計に付けた白木綿糸の流向をスケッチし、平均流向を決定した。

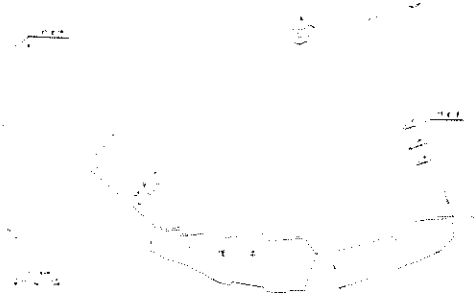
反流域および微流速水域における流速、流向は過マンガ酸加里水溶液または表面浮子(φ=10m/m)を流して測定し、模型面全体の流況はフロート(φ=10m/m)を流して写真撮影によった。



図一5 測点位置図

3. 4 実験ケース

潮流緩和対策として設置される構造物の位置、法線、長さについては、前もって協議され、図—6に示す配置が決定した。そして実験にあたっては各構造物の効果が的確に把握できるように留意し下記の如きケースについて実験を行った。



図—6 実験ケース（防波堤、埋立、位置）

- | | | |
|----------|--------|----------------------|
| (1) 現況 | | |
| (2) B防波堤 | L=150m | $\theta = \text{NW}$ |
| (3) A防波堤 | L=150m | $\theta = \text{W}$ |
| (4) 〃 | L=200m | 〃 |
| (5) 〃 | L=250m | 〃 |
| (6) 埋立 | — | — |

ここで

A防波堤……高浜水域北側漁港の外側からW方向に設置する防波堤

B防波堤……高浜水域南側漁港の外側からNW方向に設置する防波堤

防波堤の模型は完全な不透過性とし、堤巾約5cmの木製防波堤を模型床にコンクリートで付設した。

4. 実験結果

本実験に先立って模型上の流速分布、流向、水深などを検証する予備実験を行なった。すなわち前述した模型に、はじめ任意の流量を流し、図—5の測定線A、D、E、F、Hの各測点において流速、流向、水深が規定した値に一致するまで、流量、整流板、溢流堰（下流側）をそれぞれ調整した。そして最終的に $Q=150/\text{s}$ を流したときに模型面の流速分布、流向、水深がほぼ現況と一致したのでこの流量を以って実験を進めた。

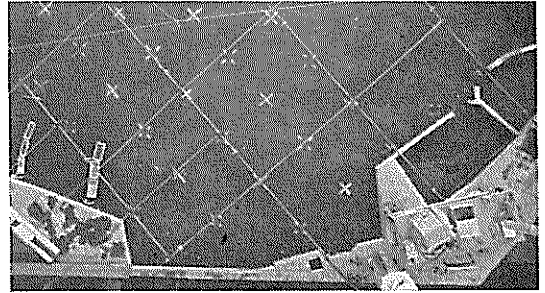
ただし実験に直接影響しない局所的な水域、たとえば水槽の隅角部には適宜遮流壁または導流板を設けている。

以下前述した実験ケースにしたがって実験結果を述べ

るが、流速は現地に換算した数値を示す。また測定された流速から、表層—4cm(—2m)、中層—20cm(—10m)の平面分布および代表測点の垂直流速分布を図—7—1～6、図—8—1～6、図—9—1～6の各図に示した。

4. 1 現況 (写真—1)

現況の流速分布は図—7、8、9の各1図に示されて



写真—1 現況

いる。九十九島と岸側との水面に高浜水域北方より流入する流れは、ほぼ水深に従う流向を示し、水域の中央より南側の棧橋から漁港護岸に集まる傾向をみせ、流速も距岸に比例し九十九島よりが速く70cm/s程度であり、この傾向は図—3の現地フロート観測とおおむね一致する。ただし測線—Aの九十九島より附近の流向は、現地では岸側に向かって流入する傾向を示しているが、模型ではむしろ沖側に流去する流向を示し現地与異なるが、これは実験水槽の関係で調整不可能であったが、実験の対象となる測線E以南の棧橋前面附近の水域では現地と同じ流向を示している。また模型面の流速、流向はかなり不規則な変動を示しており、特に岸側の反流域および九十九島沖を流過して合流する測線E以南水域の沖側の流れにこの傾向がみられ、これもまた現地の流況と合致しているものと思われる。

局所的な反流域は水域中央の自然海岸凹部にみられる。すなわち水域北側漁港入口前面から棧橋岸壁北隅角部を結ぶ線以浅の水域は微弱な流速(10cm/s以下)の大反流域となり、反時計方向に還流する。順流、反流の境界線は顕著でない。

棧橋以南の岸よりの流れは局所的な反流も発生せず護岸に導流する流れであるが、その流速は微弱である。

流速の垂直分布は、図—7、8、9の各図にみられる様に表層が速い傾向を示しているが、局所的には中、底層が速い場所もあり現地の傾向と一致する。

4. 2 B防波堤 L=150m (写真—2)

流速分布を図—7、8、9の各2図に示した。この防

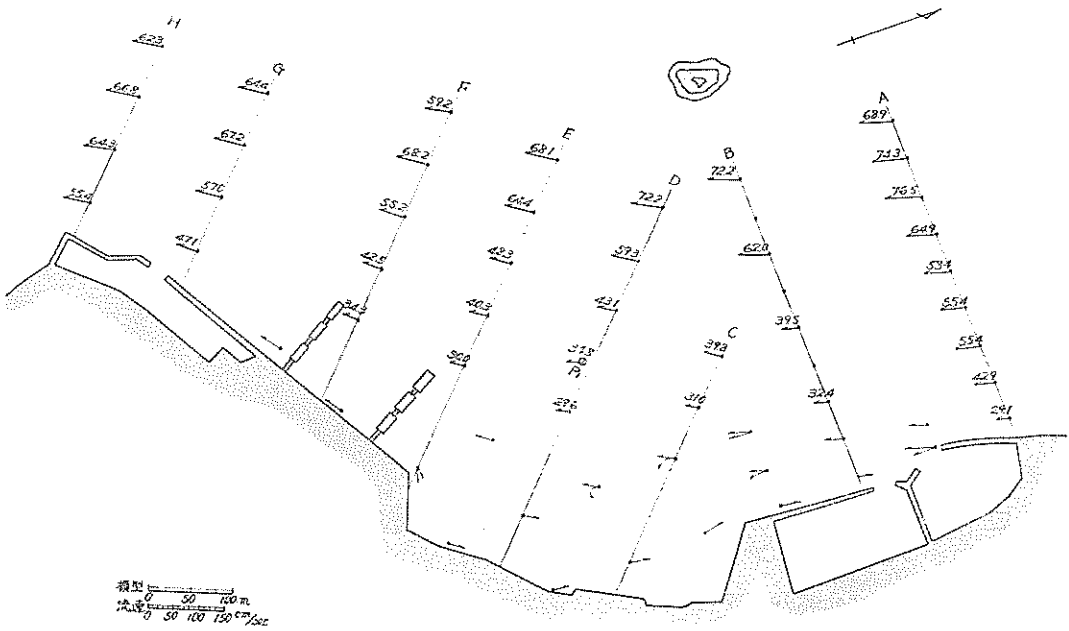


図-7-1 流速分布 -4cm (-2m) ケース1 現況

〔太線は流速のベクトル，細線は流跡，添字は流速現地を示す〕

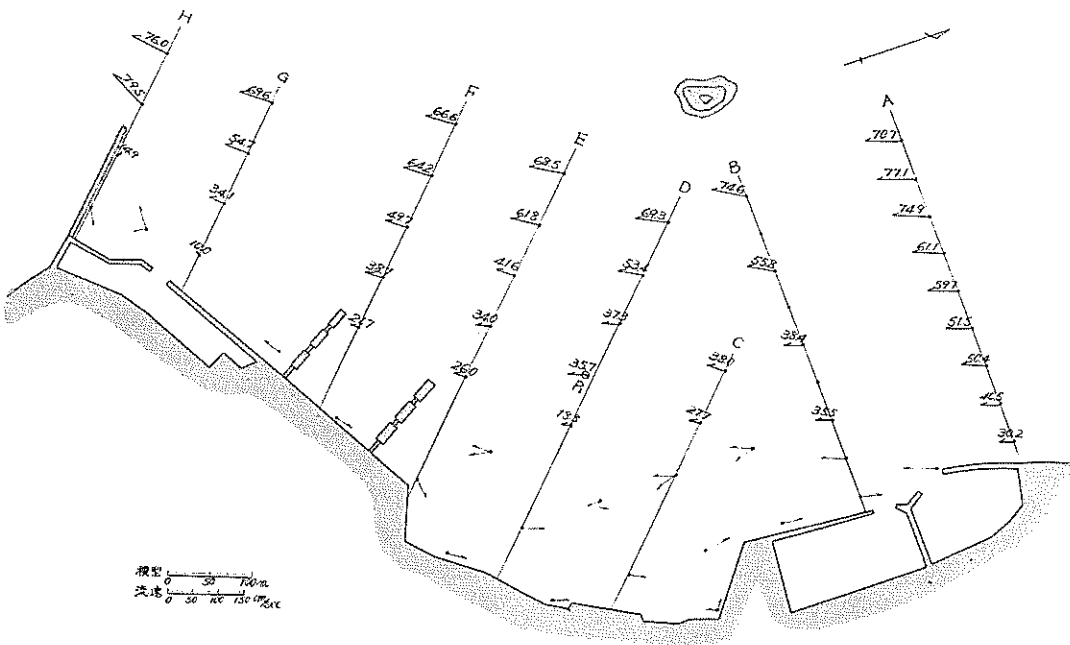


図-7-2 ケース2 B防波堤150m

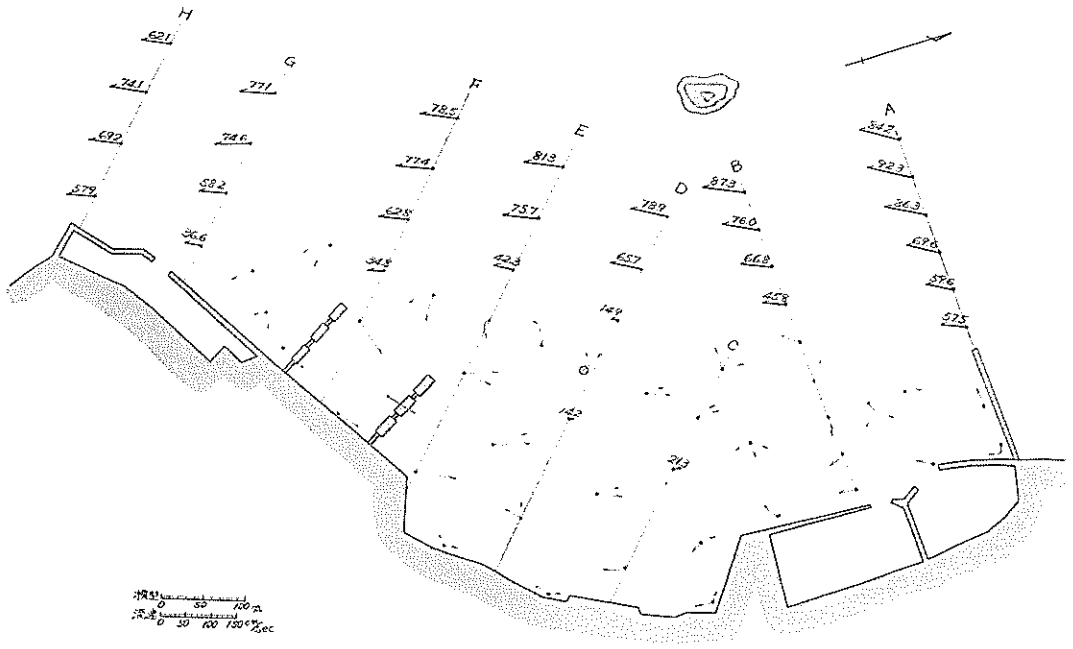


図-7-3 ケース3 A防波堤150m

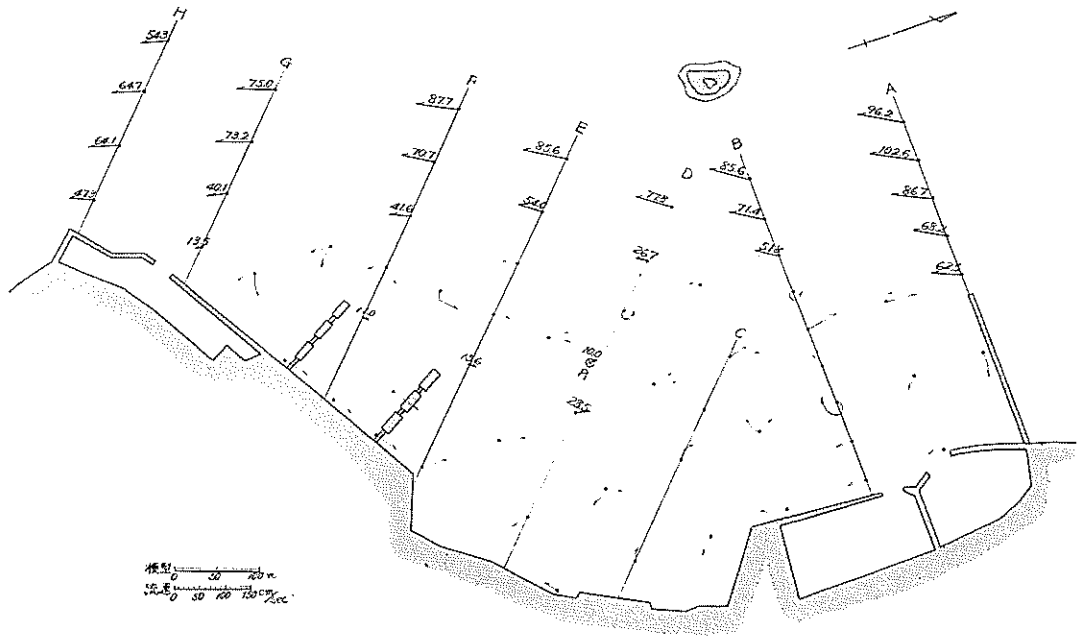


図-7-4 ケース4 A防波堤200m

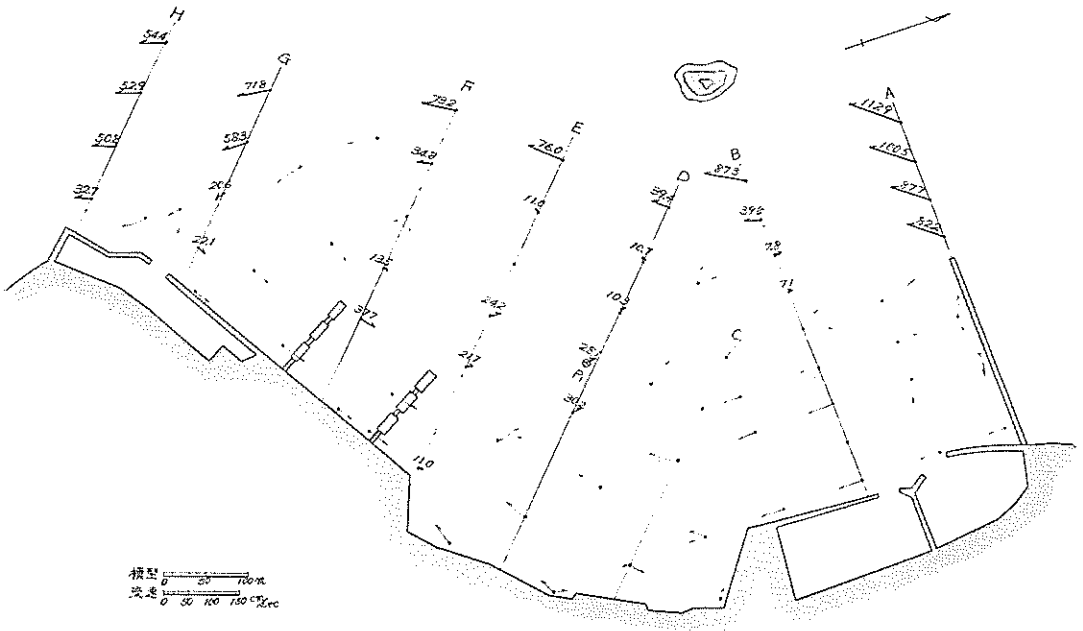


図-7-5 ケース5 A防波堤250m

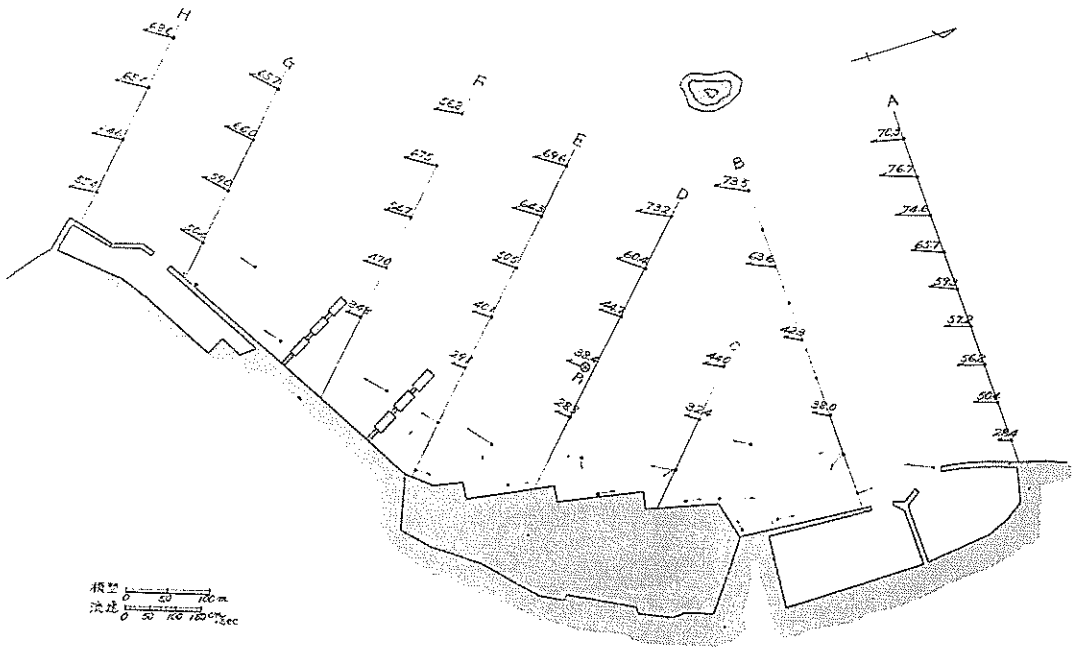
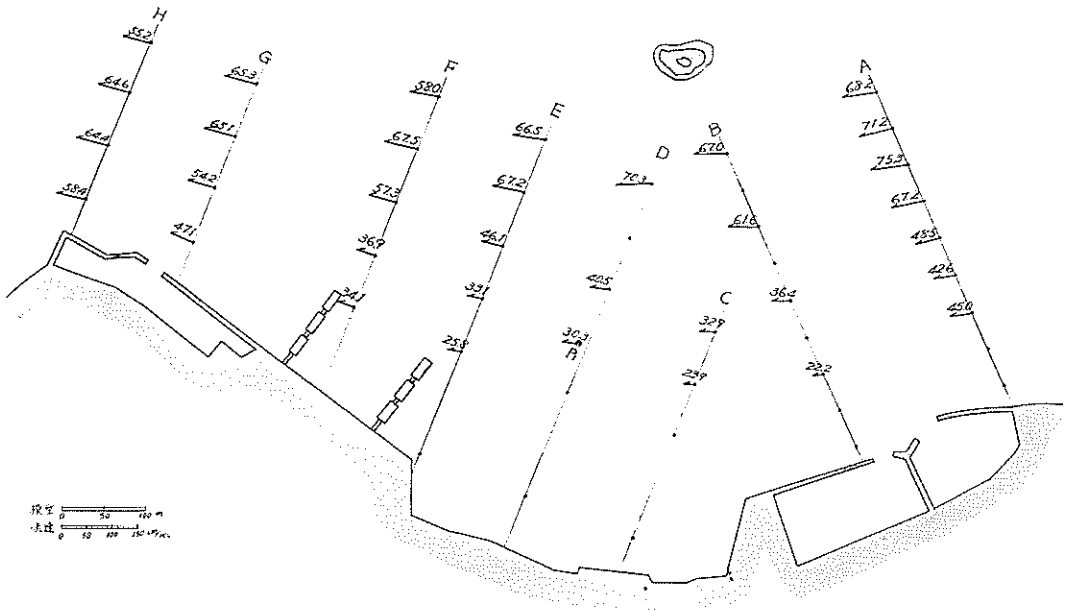
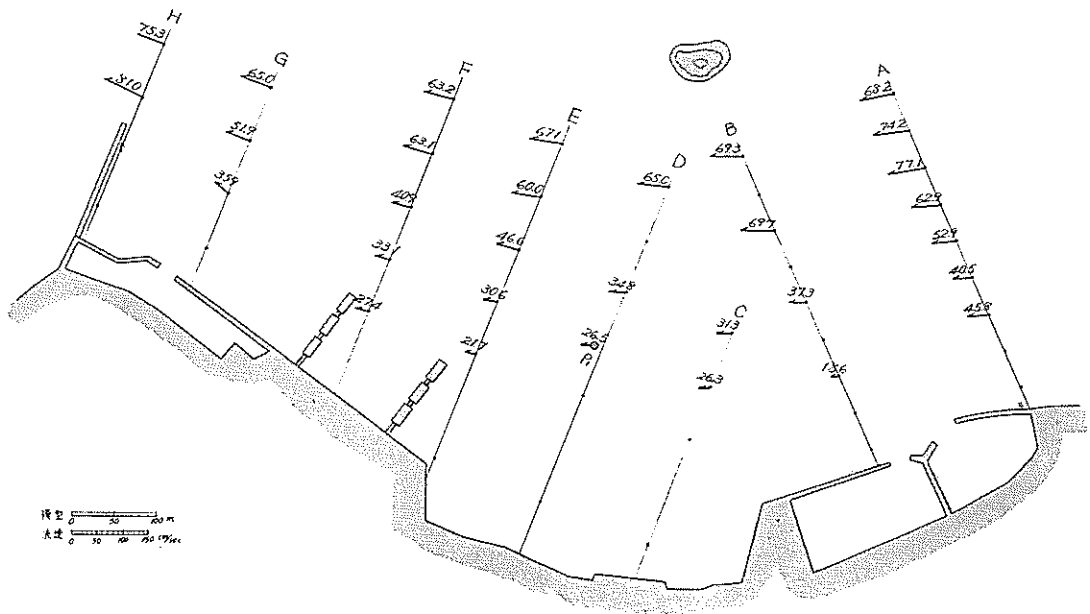


図-7-6 ケース6 埋立



図—8—1 流速分布 -200cm (10m) ケース1 現況

[太線は流速のベクトル, 添字は流速 (現地) を示す]



図—8—2 ケース2 B防波堤150m

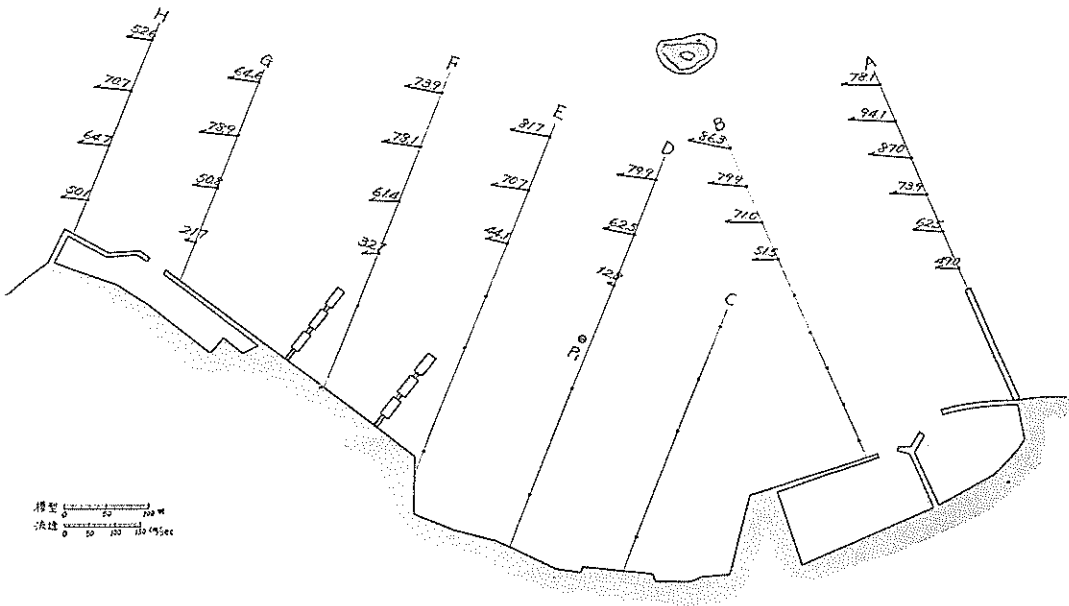


図-8-3 ケース3 A防波堤150m

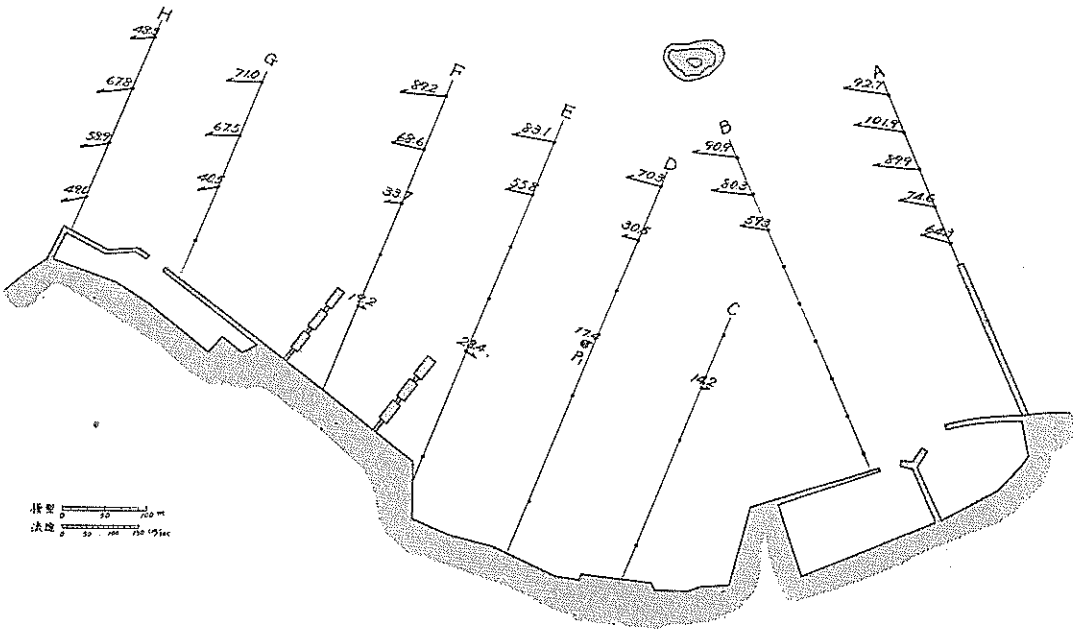


図-8-4 ケース4 A防波堤200m

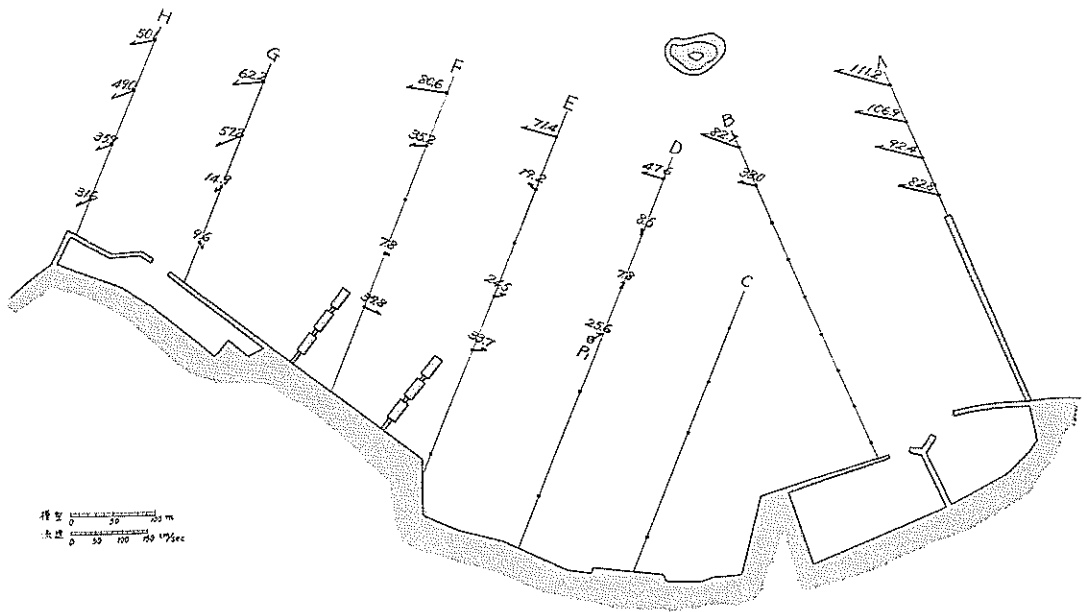


図-8-5 ケース5 A防波堤250m

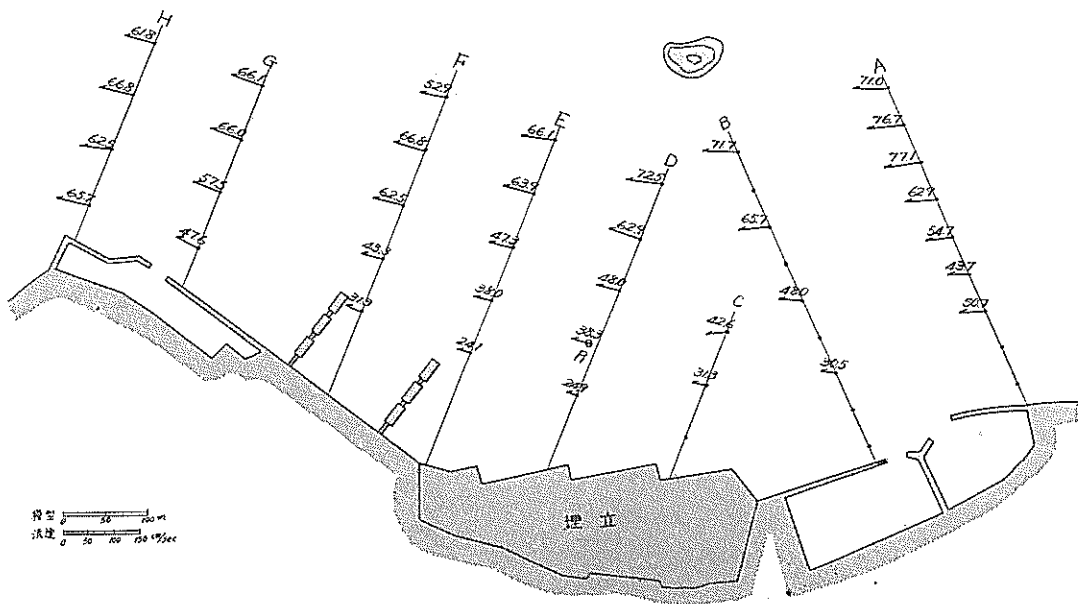


図-8-6 ケース6 埋立、...

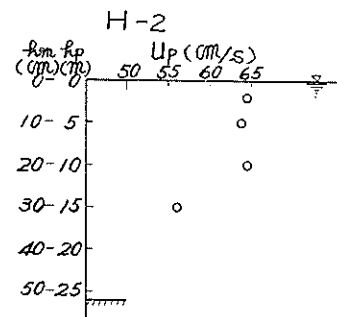
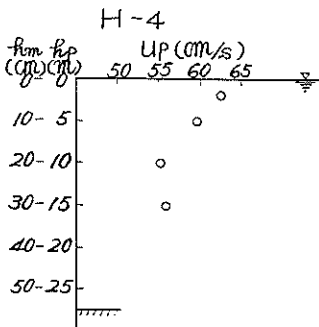
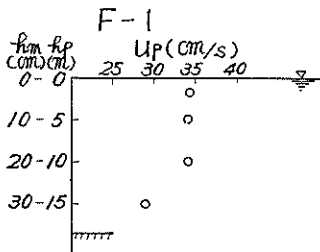
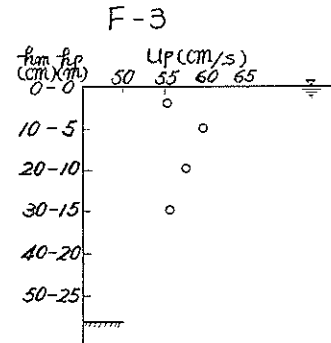
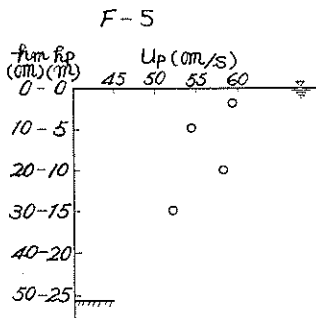
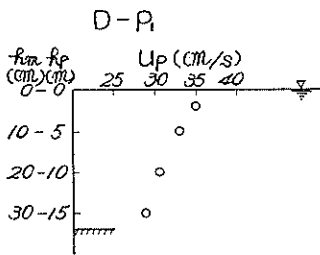
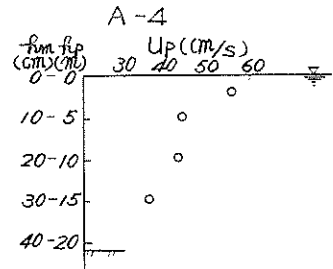
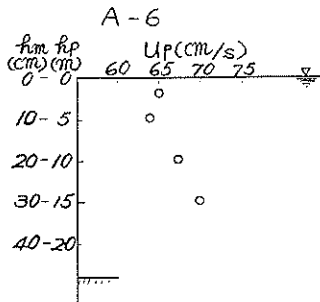
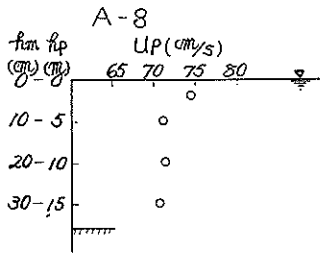


図-9-1 流速垂直分布図 ケース1

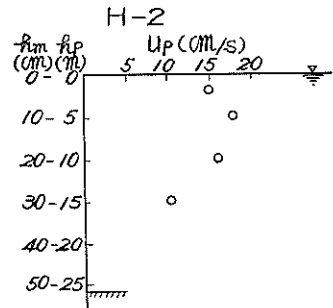
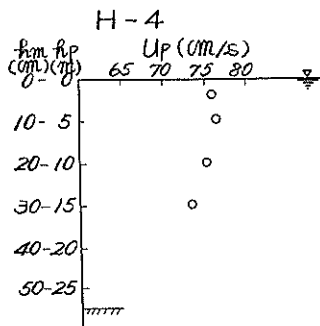
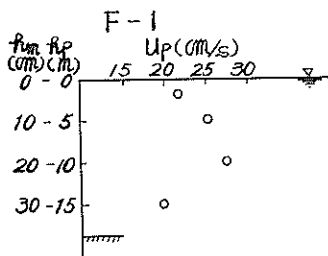
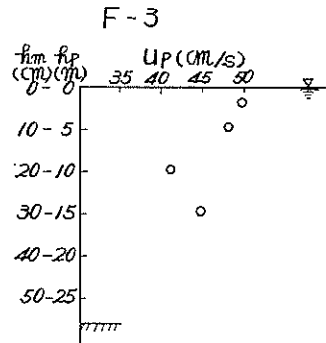
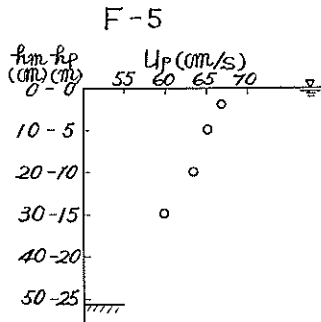
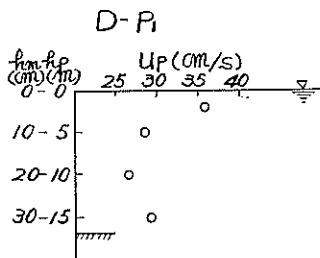
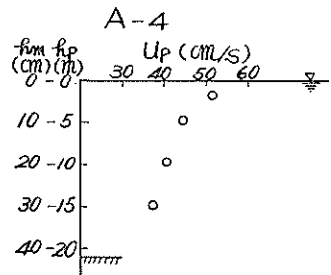
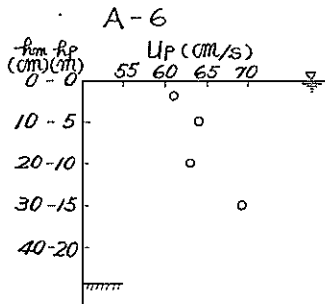
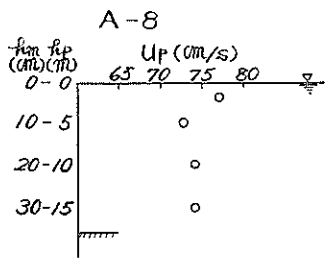


図-9-2 ケース 2

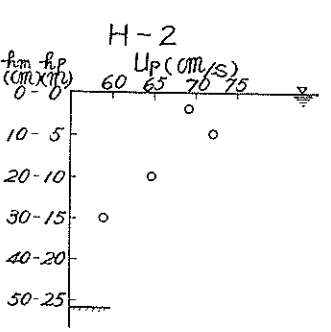
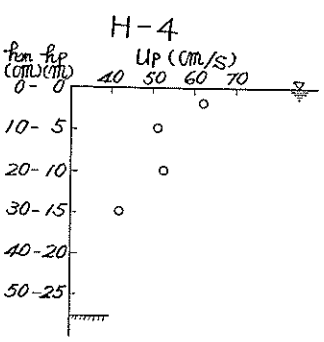
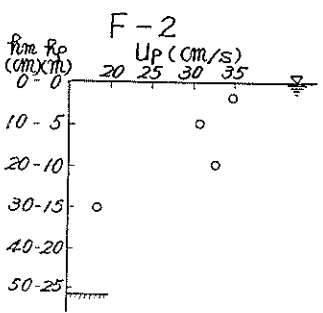
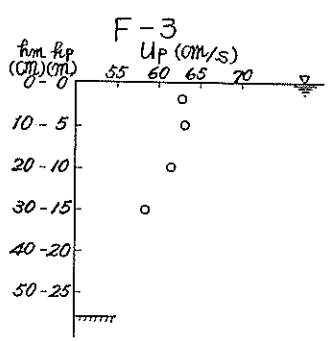
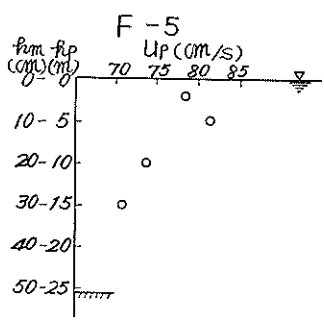
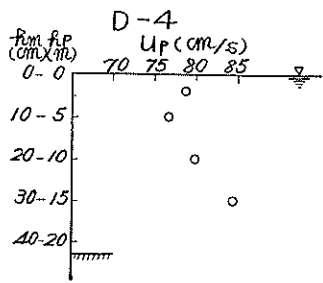
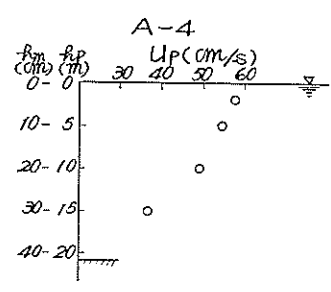
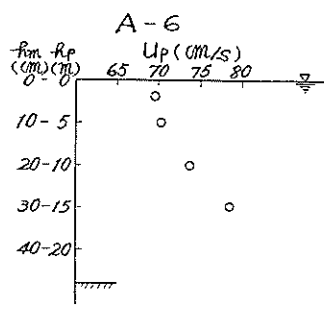
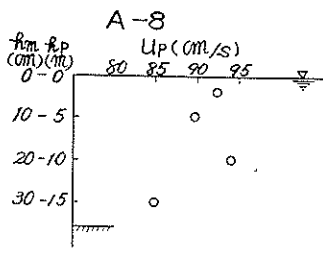


図-9-3 ケース 3

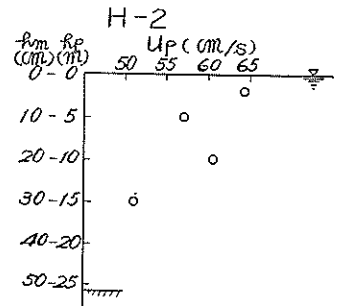
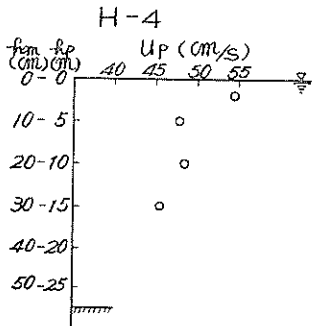
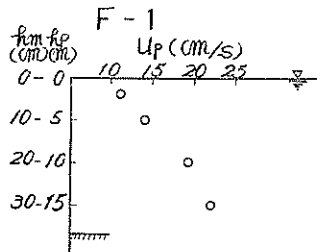
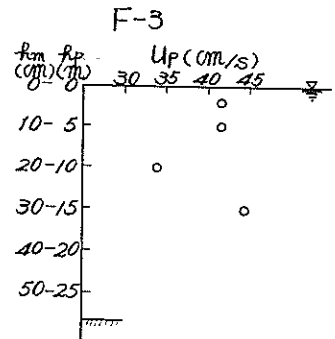
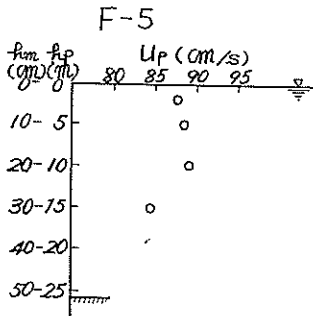
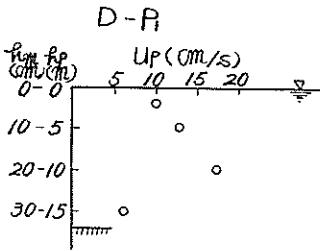
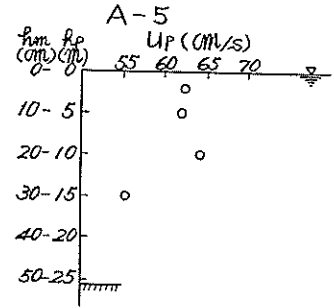
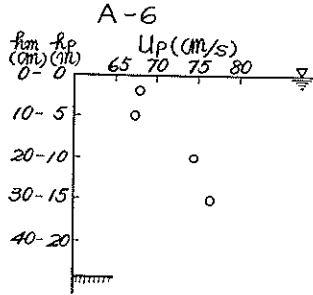
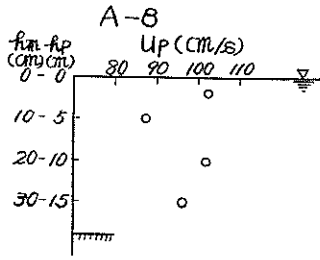


図-9-4 ケース 4

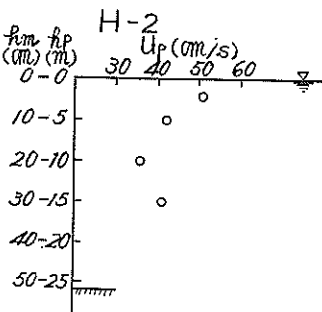
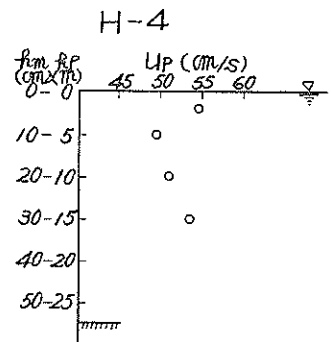
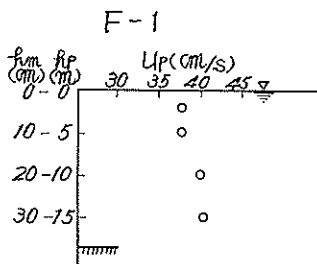
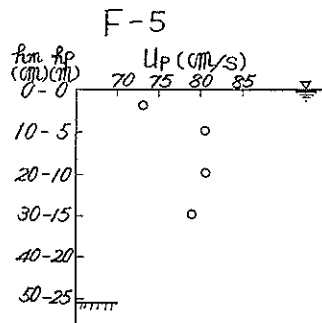
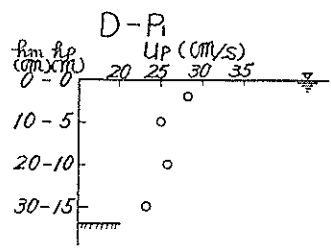
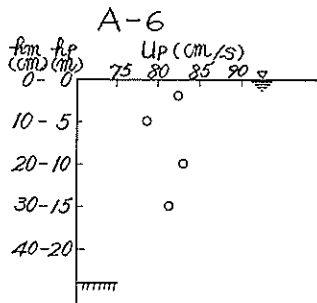
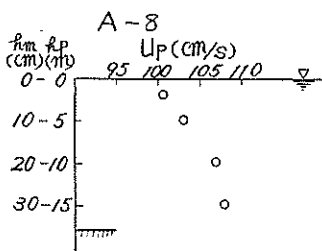
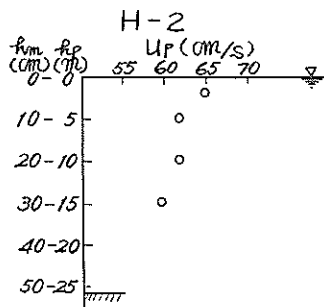
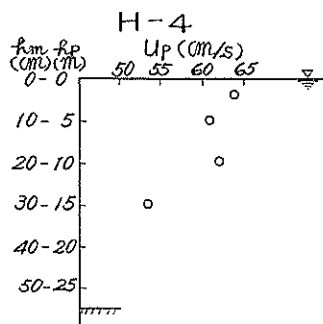
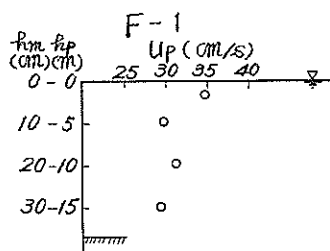
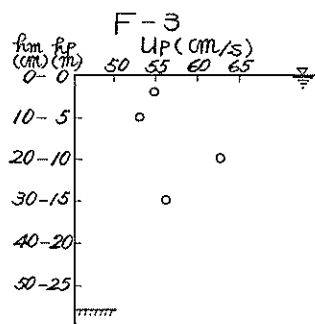
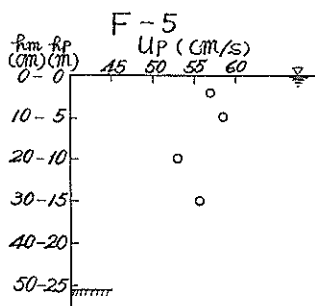
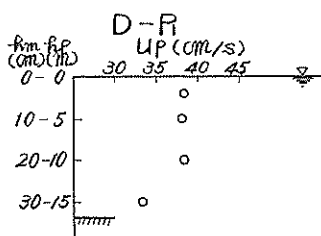
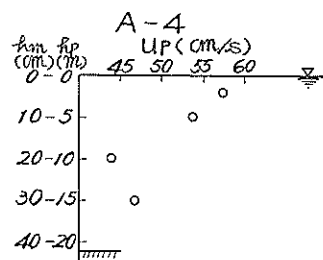
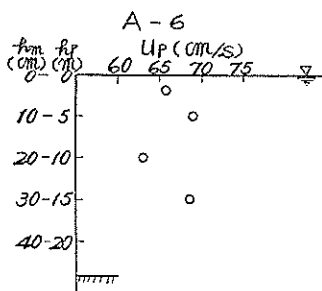
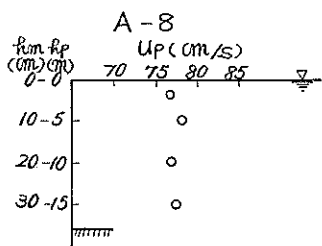


図-9-5 ケース 5



☒-9-6 ケース 6

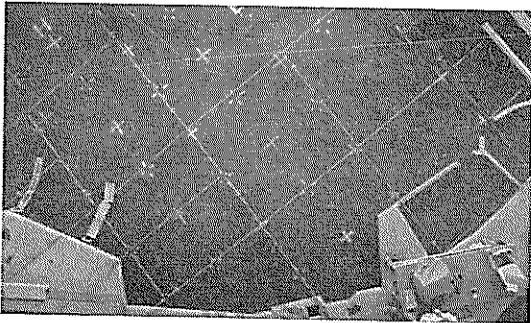


写真—2 B 防波堤

波堤設置による流況の変化は流速分布図から判る様にそれ程顕著でない。すなわち棧橋以北の流況は、岸側において現況より僅かに流速が低下するとともに、水域中央凹部の反流域が増大した様子であるが、沖測の流速はやや、増速する。また棧橋以南の流れは、設置防波堤基部にかけて岸よりの流速低下が目立っている。しかし防波堤先端部には流れが集中し、流速 75cm/s 以上となる。この傾向は水深各層とも一致している。したがって防波堤の効果としては局部的であり、特に棧橋附近前面水域の潮流緩和対策として、この位置への構造物の築造は不適當と考へられる。

4.3 A防波堤 L=150m (写真—3)

防波堤法線Wはこの附近の流線に対してほぼ直角であ



写真—3 A 防波堤

る。それゆえ、潮流に対する効果が大きく、流況の変化が著しい。流速分布は図—7, 8, 9の各図に示す。

高浜水域の流況は防波堤設置によって遮蔽され、反流が発生する水域と、その前面に増速された順流域に明確に分離される。すなわち防波堤 150m 先端と九十九島間の流れは、測線 A, B 附近において防波堤によって沖側にはね出される様相をみせ、沖側の流れの一部は九十九島沖を通過するが、そのまま高浜水域に流入し、棧橋附近測線 E, F 附近で、九十九島沖の流れと再び合流し、流向を岸よりに向けて流過する。この流速は総体的に

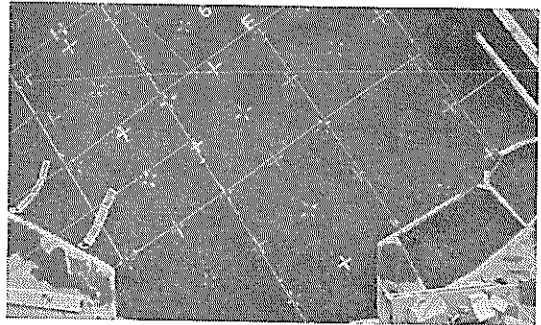
70cm/s 以上となり、現況に対して約 20% 増速する。九十九島以南の合流点では、島からの後流、水深変化による影響で流速、流向ともに変動している。

他方防波堤によって遮蔽される岸側の水域は一大反流域となり流速も低下するが、局部的に流れが集中するため 20cm/s 以上の流速を持つ地点が新たに出現する。この流況は図—7—3 にみられる。反流水域はほぼ防波堤先端と水域南側漁港入口を結んだ線より岸側であり、第二棧橋前面附近に中心を持つ反時計方向に還流する流れが目立っている。この反流によって棧橋岸壁前面は導流され流速 20cm/s 以上を示している。この導流された流れは測線 C, D の測点各 1 に集中し、防波堤背後まで流れる様相を示しながら順流に合流する。さらに水域中央の凹部および、防波堤背後の北側漁港入口附近の流れは前述した戻り流れの再反流の様な流況を示し時計方向に還流するも、その流速は問題にならぬ程微弱であり、かつ流れの変動によって流向の変動も大きい。

さらに防波堤先端から発生する順流と反流の境界線は前述した様に流の変動によって多少変化するが明瞭にみられ、かつ防波堤附近では小さな渦流を伴っている。

4.4 A防波堤 L=200m (写真—4)

前ケースの防波堤を 50m 延長したケースである。この



写真—4 A 防波堤 200m

結果は、図—7, 8, 9の各4図に示したが、前ケースにみられた流況の傾向がさらに明らかとなり、かつ反流域の増大となっている。すなわち九十九島と防波堤間の流れは島よりに偏位するとともに増速され、測線 A の沖では流速 1.00m/s(2kt) 以上を示す点がみられる。

反流の範囲は防波堤の背後から南側漁港入口にかけて前ケースより広がり、中心位置は前方に移動し測点 D—2 附近にある。反流域内の流速も増加し棧橋直前の測点 E—2, F—1 に 10cm/s 以上の流れが確認される。また水域中央凹部から北側漁港にかけての反流域の流れは前ケースにみられた変動が消失し、その流向はほぼ固定してくる。しかし流速は微弱であり、防波堤背後の漁港

入口付近は死水域に近い流れとなる。

4. 5 A防波堤 $L_m=250m$ (写真-5)

防波堤をさらに延長し $L=250m$ にしたケースである。

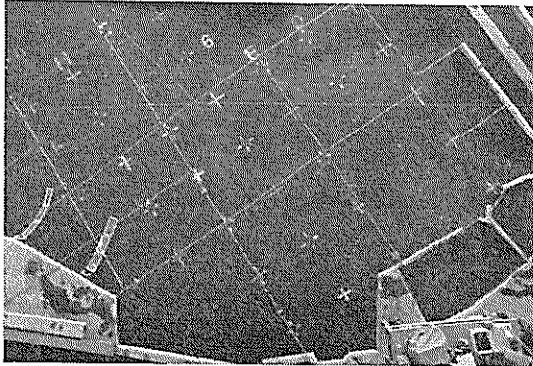


写真-5 A防波堤 250m

遮蔽される水域は益増大する結果、反流域の増加が著しい。そして九十九島沖を通過した流れが合流する測線附近の流向は圧流されるため漁港に向かって流入する傾向を示し、この附近の岸側で流れが離反し反流域の境界線となる。したがって逆流の中心は棧橋前面の測点のE, F-2附近に移動するとともに、逆流の流速は一段と増強される。これを図-7, 8, 9の各5図に示す。図によれば棧橋および棧橋岸壁直前の流速は $30cm/s$ 以上の逆流速となり、現況より速い流速を示している。しかし水域中央凹部から防波堤背後にかけての水域は流速微弱な時計方向の還流となっている。

4. 6 埋立 (写真-6)

水域中央凹部の自然海岸を埋立て岸壁とするケースで

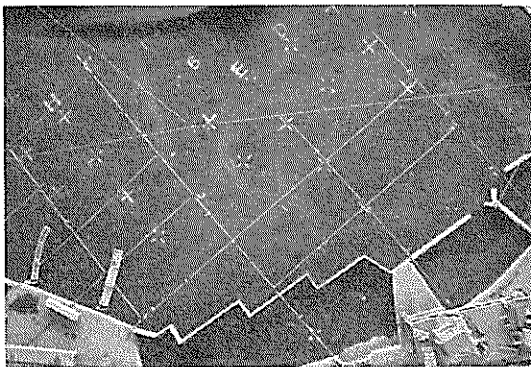


写真-6 埋立

あり(図-6および写真-6参照), このため水深は岸壁前面の一部を $-6m$ に浚渫している。実験から得られた流況を図-7, 8, 9の各6図に示すごとく、現況とほとんど同じ傾向であり、埋立地が流れにおよぼす影響は全くみられない。ただ僅かに測線-D(埋立地前面)の測

点2において約10%程度増速を示すのみである。岸壁面には導流する逆流の発生がみられるが、流速きわめて微弱であり問題とならない。

5. 考 察

記述の実験から潮流緩和対策として防波堤型式の構造物を設置した場合の、高浜水域(新港)の潮流変化状況を知ることができた。そこで潮流に対する防波堤の効果を、防波堤設置によって生ずる反流域(静水域も含めて)の広さおよび流速の変化について、実験ケース別に検討すれば、図-10, 11-1~5の如くである。

1) 反流域について(図-10参照)

反流域の広さは、流速分布図上に(例えば図-7-1)

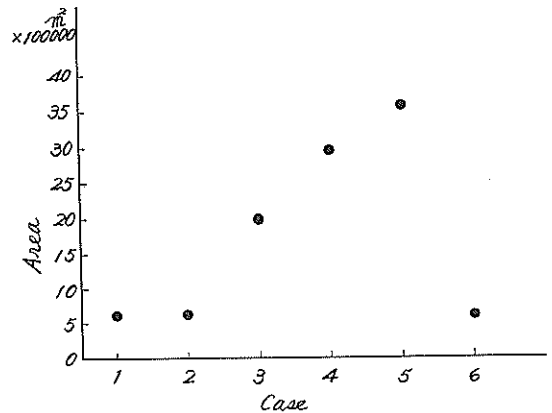


図-10 反流区域の変化図

測定された順流域と反流域の境界線を引き、プランメーターでその平面積を算出したものである。図の中でケース6は防波堤なしの埋立ケースであり、したがって現況と同程度の効果であるのは当然であるが、ケース2のB防波堤の効果がほとんど現われていない。これは流れに対して防波堤の前面側の効果を求めた結果であり、実験でもこの影響が局部的であったことからすれば、これもまた当然であろう。したがって図-10から反流区域の広さはA防波堤の延長と、直線的な関係が明確にみられる。

2) 流速変化について(図-11-1~5参照)

防波堤設置後の流速変化を、代表測線について示せば図-11-1~5の各図のごとくである。図の横軸は測点を、縦軸は現況流速に対する比を示し、実験ケース別に図示した。したがって $u_i/u_0 > 1.0$ は、現況流速より増速を $u_i/u_0 < 1.0$ は減速したことを示す。ただし図示した流速比は表層 $-4cm(-2m)$ の分布である。

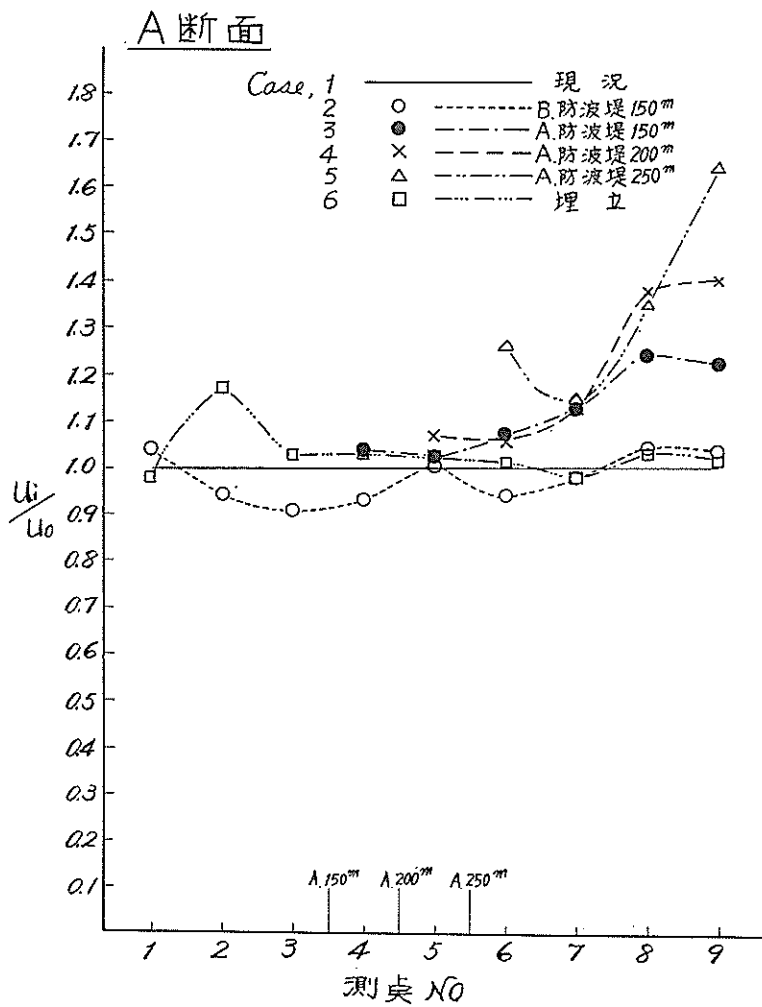


図-11-1 ケース別の流速化

D 断面

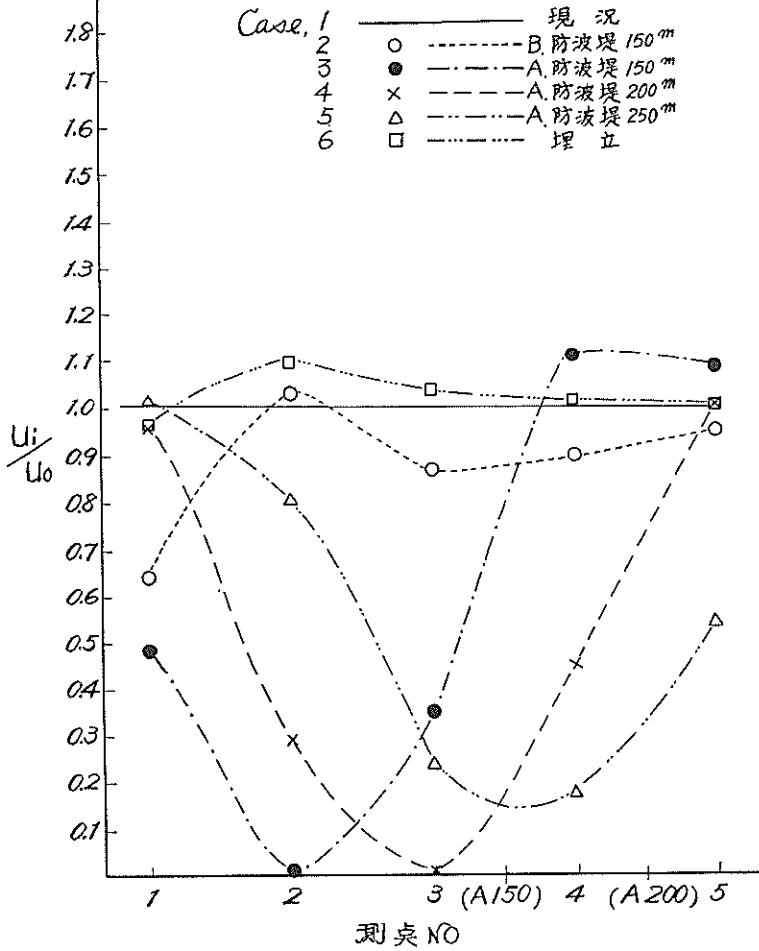


图-11-2

E 断面

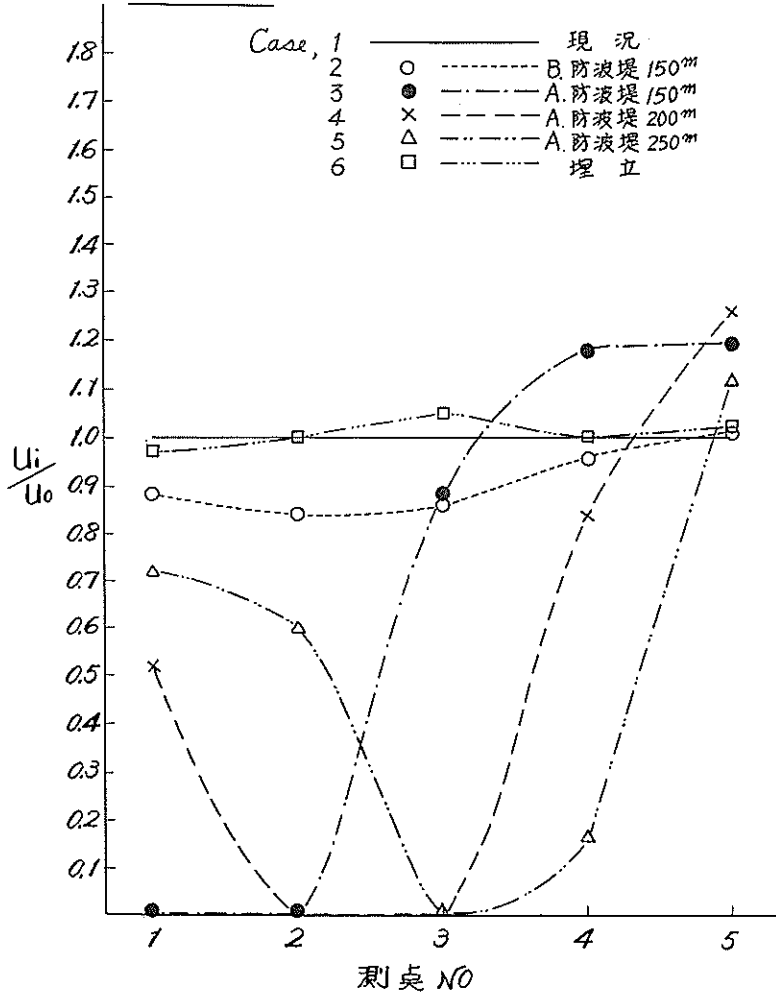


图-11-3

F 断面

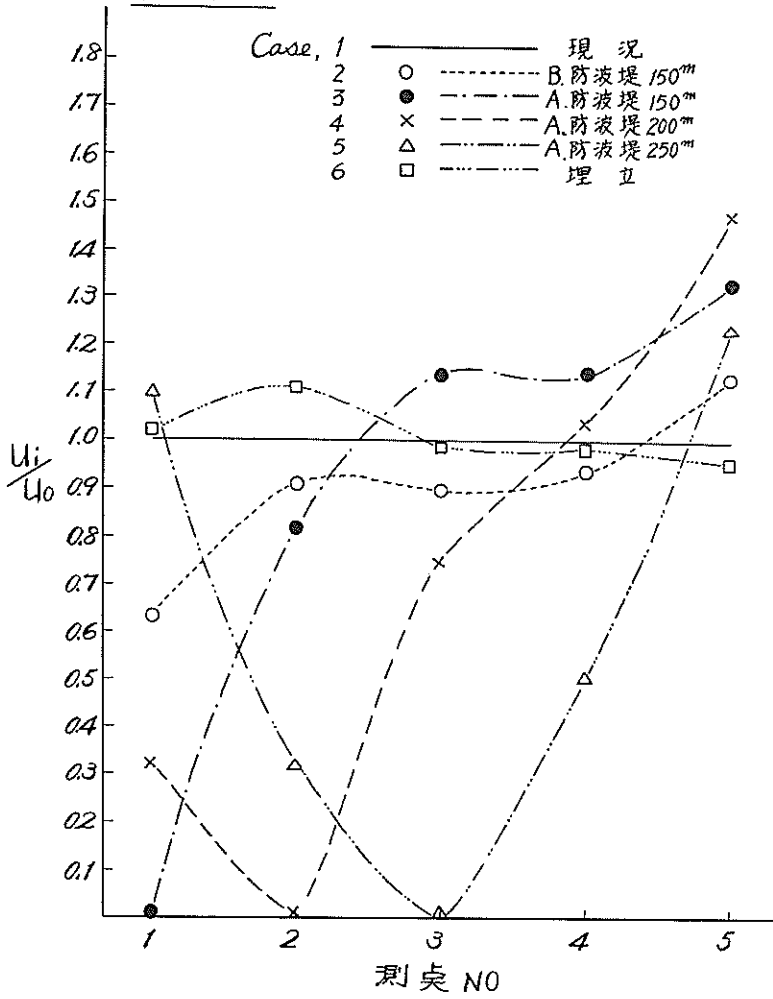
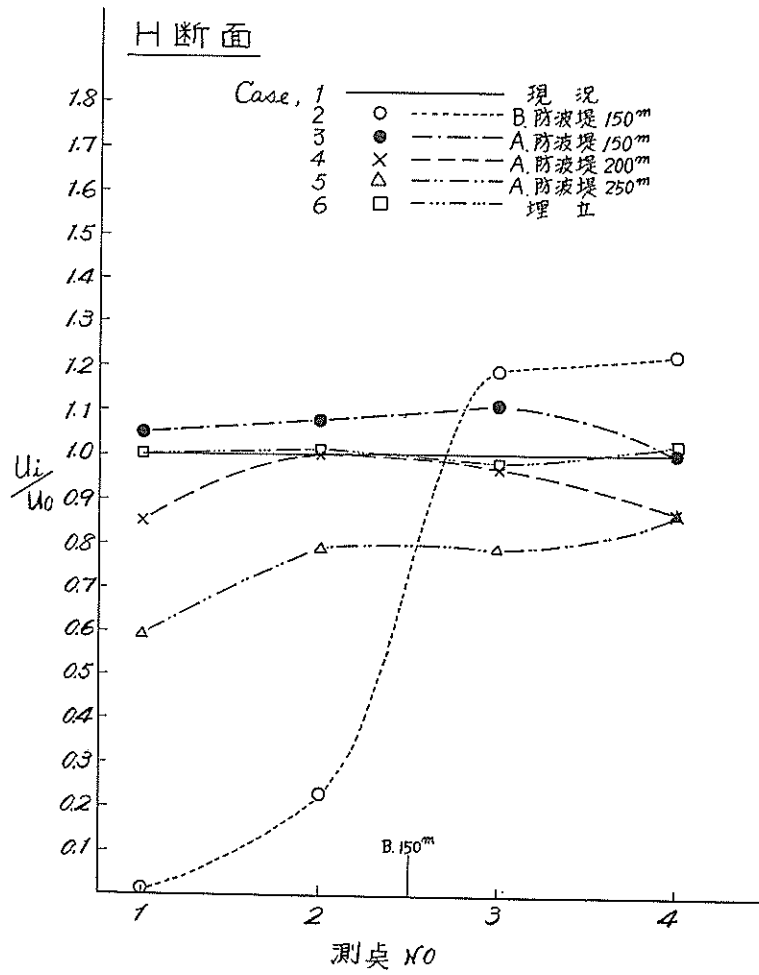


图-11-4



图—11—5

まずA測線では、ケース2以外は総て増速を示すが、防波堤先端水域の測点No.7~9では流速比1.2~1.4を示し、特にケース5の増速が著しい。ケース2はやや減速するが10%以下の減少率であり、測定精度を考慮すれば現況とほぼ同じと思はれる。次にD、E、T測線の各ケースは似た傾向をみせており、棧橋附近のE測線についてみると、ケース2はA測線同様岸側において流速比約0.9と減少しており、防波堤に近いF測線No.1では35%の減少率を示す。A防波堤の実験ケース3、4、5の傾向は、防波堤の延長に比例して効果はあがるが、反面防波堤で遮蔽される水域内に逆流が発生するため岸側の測点No.1~2では流速比0.0~0.52~0.72(測点No.1)となって減少率が小さくなる。さらに実験ケース6の埋立の影響は僅かながら増速の傾向がみられる。

H測線については、当然のことながらB防波堤の効果は明確に現れ、岸側で減速し、防波堤先端の測点No.3~4では20%の増速率となる。また実験ケース3ではA防波堤の効果は現れず流速比はむしろ総体的に増大し、ケース5では平均して約20%以上の効果を示している。

以上のことから一般的傾向として、B防波堤の効果は局部的であり、A防波堤も延長に比例して遮蔽される水域は増加するが、反面岸側に発生する逆流が目立ってくる。したがって流況のパターンは現況より複雑化してくる様相を示しており、また埋立の影響はほとんどみられないと言えるであろう。

6. 結 論

この実験は高浜港水域の潮流緩和対策の検討であるが、特に棧橋附近の流況を把握する目的を持っている。したがって、実験模型は棧橋附近を主体として作製し、流況も九十九島と岸側との間の流を再現した。すなわち九十九島沖の流れは前述した様に一部は考慮したが実験施設の関係で十分ではなく、沿岸の流れに重点をおいて実験した。この結果は既述した如く現況はともかく、防波堤(A堤)設置による逆流域の発生およびその流況は、実験水槽の影響が現れ、大きさはやや過大であらう

と思われる(実験ケース5)。実際に本実験の如く流に垂直な構造物を設置すれば、その下流側には当然逆流域が発生するであろうと考えられるのであるが、実験の流況から考察してその大きさに疑問が残る。

しかしながら以上の実験から当水域の特に浮棧橋附近の潮流を緩和するための防波堤を検討すれば

- (1) 実験ケース2(B防波堤 $L=150m$ $\theta=NW$)の効果は、その局部に限定されて棧橋附近への効果は少ない。
 - (2) 実験ケース3(A防波堤 $L=150m$ $\theta=W$)、4(A防波堤 $L=200m$ $\theta=W$)とも似た流況を示し、特にその優劣は決め難い。
 - (3) 実験ケース5(A防波堤 $L=250m$ $\theta=W$)は棧橋附近の逆流が目立ってくる。
 - (4) 埋立地の沿岸潮流におよぼす影響はみあたらない。
- 以上の検討を以ってこの実験の結論とする。

なお本実験での防波堤の効果については既述したように、高浜水域の潮流緩和を計る面からの検討であり、防波堤設置による隣接水域への影響に関しては全く考慮していないことを附言しておく。

最後にあたり、この実験は愛媛県の委託により実施したもので、実験実施に際しての現地潮流観測および深淺測量には愛媛県港湾課、松山土木事務所、第三港湾建設局松山港工事事務所の関係者、また実験には当所、浜田水理研究室長から種々有益な助言を受けるとともに、測定、資料の整理には工藤国守、須藤茂、上野信行の各技官に短期間ずつ協力して頂いた。これらの方々には深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1). 高浜港の潮流：第6管区海上保安本部、昭和41年
- 2). 瀬戸内海中部高潮の総合調査報告：気象庁、昭和39年
- 3). 物部：水理学

(1969. 6. 30受付)

港湾技研資料 No. 83

1969・9

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 大洋印刷産業株式会社
東京都千代田区丸ノ内2—20