

# 港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第6巻7号

Vol. 6 No. 7

(通巻第44号)

## 駿河湾台風6626号総合調査研究報告

- 駿河湾海岸踏査報告……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利  
台風6626号の波浪……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘  
駿河湾の高潮……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力  
田子浦港西防波堤洗掘実験……………森平倫生・木原力  
田子浦海岸堤防模型実験……………川上善久・谷本勝利  
田子浦港の開発と過去の災害……………堀口孝男

1967年8月

運輸省港湾技術研究所



## 総 説

昭和41年9月18日カロリン諸島の東に発生した熱帯性低気圧は、北西に進み、23日0時マリアナ諸島の北部に達し台風6626号となった。この台風は、発達しながら北進を続け、25日0時遂に御前崎の西側に上陸した。

このときの中心気圧は960mb、最大風速35m/secで、進行速度は毎時65kmであつた。台風はそのまま、駿河湾の西側を北上し、甲府、前橋付近を通過し、25日午前9時三陸沖に去つた。その経路に当つた各県では集中豪雨による死者を含む崖くづれや洪水災害をもたらしたが、駿河湾には異常な高波が発生し、甚大な災害を蒙つた。特に、焼津田尻海岸、大洗海岸、富士海岸、吉原海岸では海岸堤防の破壊や越波によつて、約20名の死者、330戸に達する家屋の全半壊などの被害を受けている。

港湾施設の被害は、大井川港、清水港、田子浦港で目立っている。特に、田子浦港では、防波堤が波浪によつて基礎洗掘をうけて傾斜し、越波によつて航路護岸が被災すると共に、付近の海岸堤防を越波し住家に被害を与えた。

このような災害を復旧するためには、台風による高潮や波浪の特性を明らかにすると共に、それに対応する対策施設の合理的な計画設計がなされなければならない。このため台風6226号に関連して、駿河湾海岸踏査、波浪と高潮の解析、田子浦港の防波堤洗掘実験と防潮堤越波実験を行つた。

これらの調査研究は、災害復旧の緊急な要請に対応するため、何人かが分担して行つた。その実験解析の途上において、何回か各担当者が集つて基本的な考え方を統一するように出来るだけ努めた。しかし、各研究はほとんど同時に開始したものであるので、報告をまとめるに当つて、各研究が、それぞれ独立な形態をとることとなつた。従つて、ここに、報告特集として取りまとめたものである。

第1編、駿河湾海岸踏査報告では、踏査結果にもとづいて、沿岸各地の海浜性状、海岸構造物、台風時の海象状況の要点を示した後、駿河湾沿岸を東海岸、内浦湾沿岸、湾奥地区及び西海岸に分け、それぞれの海岸性状の特性を述べると共に、それらが、台風6626号を中心とするこの数年來の台風とどのような関連性をもつかを示し、台風6626号による災害の特性を指摘した。

第2編台風6626号の波では、台風6524、6604と共に台風6626号の貴重な波の実測資料を解析してそれらの相互関係と特性を明らかにし、推算も加えて、台風6626号の田子浦付近の波の性質を結論づけた。

第3編、駿河湾の高潮では、本台風に先立つて行つていた高潮の過去の実測値の解析と、伊勢湾台風級の仮想台風による数値計算に加えて、台風6626号の実測値と数値計算とから駿河湾の高潮特性を示した。

第4編田子浦港西防波堤洗掘実験では、台風6626号による洗掘形状と深さを再現し得るような波を実験的に求め、これを用いて対策実験を行い、西防波堤復旧に対する資料を得た。

第5編田子浦港防潮堤越波実験では、現地踏査の結果から堤防背後の砂丘を台風6626号時の波が1mの厚さで越流したものととして、そのような波を実験的に求め、この波を用いて復旧防潮堤の高さ、形状、位置等に関する実験を行つた。

更に、V字型の防潮堤配置における越波についても2・3の実験を行つた。

付録田子浦港の開発と過去の災害では、昭和33年より掘込港湾として開発された田子浦港の経緯を述べるとともに、17世紀以来記録されている災害の跡を辿つて、今回の災害に対する参考資料とした。

## 総 目 次

### 駿河湾台風6626号総合調査研究報告

#### 総 説

##### 第1編 駿河湾海岸踏査報告

……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利…………… 1

##### 第2編 台風6626号の波浪

……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘……………71

##### 第3編 駿河湾の高潮

……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力……………95

##### 第4編 田子浦港西防波堤洗掘実験

……………森平倫生・木原力…………… 151

##### 第5編 田子浦海岸堤防模型実験

……………川上善久・谷本勝利…………… 187

##### 付 録 田子浦港の開発と過去の災害

……………堀口孝男…………… 219

## 第5編 田子の浦海岸堤防模型実験

### 目 次

概 要	187
1. まえがき	188
2. 田子の浦海岸現地の状況	188
3. 実験の対象とする海象	192
4. 実験施設および実験方法	192
4.1 実験水路, 縮尺および相似律	192
4.2 海象の諸元	192
4.3 諸量の測定方法	193
4.4 実験の種類	193
5. 現況に対する実験	194
5.1 実験波の決定	194
5.2 砂丘堤での越流高と越波量	198
5.3 現在堤での打上げ高と越波量	199
6. 対策案に対する実験	201
6.1 現在堤を補強嵩上げする場合	201
6.2 現在堤の背後に第二の壁体を設ける場合	204
6.3 現在堤の海側に別の堤体を設ける場合	208
7. V字形状に対する検討	211
8. 結 論	217
9. あとがき	217

# Model Experiments on Tagonoura Sea-dyke

Yoshihisa Kawakami\*  
Katsutoshi Tanimoto\*\*

## Synopsis

This report presents the experimental results on wave overtopping for Tagonoura sea-dyke.

On the coast around Tagonoura port, sea-dykes are located 100-150m landward from shoreline with the crown height of 13.8-15m above LWL. At the time of typhoon No. 26 in 1966, sea water invaded into the hinterland flowing over not only the sea-dyke but also the sand dune about 100m behind the dyke. Thirteen lives were lost and the houses were severely damaged.

A series of model experiments was carried out in order to study the phenomenon at the time of the disaster and to examine the following items proposed as preventive works against future disasters.

- (1) Reinforcement and raising up the present sea-dyke
- (2) Construction of the second wall behind the present sea-dyke
- (3) Construction of the new dyke in front of the present one

Model scale was 1:40 or 1:100, according to the object of the experiment and the characteristics of the available wave flumes.

The special feature of Suruga Bay is the extremely big water depth near the shore and accordingly steep beach slope of the order of 1:5. It is undoutful that huge waves directly attacked the beach and the dyke during the storm. The meteorological tide has little effect compared with the wave itself. Unfortunately, no definite wave record was obtained at Tagonoura port. The wave height for the experiment was determined so that the depth of flowing water over the sand dune in the model coincides the actual one, which was estimated to be nearly one metre from the field survey immediately after the disaster. As to the wave period, wave records at the adjacent port suggested the existence of relatively long period waves. Referring to this fact, the experimental wave period was selected to be 20, 30, 40, 60, 120 and 150 seconds. The wave height, determined by the above-mentioned method, ranges from 23m for 20 seconds to 4 m for 150 seconds when converted into the equivalent deep water wave height.

In the experiments, the volume of the water mass overtopping the dyke was measured for each wave and for each crown height, profile and location of the proposed works. Thus, the effect of each proposal was quantitatively obtained as a guide to the future improvement of Tagonoura sea-dykes.

---

\*Ex-chief of Wave Laboratory, Hydraulics Division

\*\*Breakwater Laboratory, Hydraulics Division

## 第5編 田子の浦海岸堤防模型実験

川 上 善 久\*  
谷 本 勝 利\*\*

### 概 要

この報告は台風6626号によって被災した田子の浦海岸堤防の越波に関する模型実験の経過ならびに結果をとりまとめたものである。

駿河湾の湾奥にあたる田子の浦港を中心とした海岸は、既にW.D.L上13.8~15mの天端高を有す海岸堤防が築堤されており、しかも汀線から100~150m陸側に位置していたにもかかわらず、海水が海岸堤防を越えさらに100m以上背後にある砂丘堤も越流して、背後に被害を与えた。

この模型実験はこのような当時の現象を究明し、次のような対策案を検討するために行なわれたものである。

- (1) 現在堤の補強嵩上げによる方法
- (2) 現在堤背後に第二壁体を設ける方法
- (3) 現在堤の海側に別の堤体を設ける方法

実験には漂砂実験水路、大型造波水路、津波造波水路の三つの水路を用い、各々の水路における模型縮尺は $1/100$ 、 $1/40$ 、 $1/100$ である。

駿河湾の著しい特徴は急深海岸ということであり、田子の浦港付近においても海底勾配は $1/5$ である。不幸にして、田子の浦港の波浪観測施設が波の猛威のため流失し当時の記録が得られていないが、相当大きな波があったことは間違いない。また沼津港の波浪解析等の結果からいわゆる田子の浦津波と称されるかなり周期の長い波もあったであろうと推定される。

一方現地調査の結果、吉原海岸元吉原小学校裏の付近の砂丘堤を海水が約1mの高さで越えたと判断された。海象はこのような越波に関する当時の現地の現象が、模型において再現されるように決定することにした。決定された実験波は、潮位をW.D.L上2.6mとするとき、周期20秒の場合沖波高にして23m、150秒の場合4m程度の波となる。

実験波は、周期18秒から150秒の波に対して求められ、このような波に対して対策案の一つ一つが検討された。その結果第三番目の方法は現在堤にほぼ匹敵するような規模で段違い堤にしても、越波量は現況の50%程度にしか減少せず好ましい構造とは言えない。これに比べ第一番目と第二番目の方法は、天端高を18~20mにすることによって越波量はかなり減少する。たとえば現在堤の50m背後に天端高18mの第二壁体を設けた場合、越波量は周期30秒の波に対して現況の5%程度に減少する。

最後に堤防法線のV字状形の影響について検討している。この場合頂点において越波量が増大する現象が認められた。

\*元水工部 波浪研究室長

\*\*水工部 防波堤研究室

## 1. まえがき

昭和41年9月25日午前0時頃、御前崎付近に上陸した台風26号は、駿河湾西方を毎時65kmの速さで北上し、同1時頃湾奥西部を通過した。この台風により田子の浦港を中心とした海岸（以下単に田子の浦海岸と呼ぶ）では田子の浦港工事用基準面（以下 W.D.L と略記する）上 13.8m~15m という我国でも最高級の天端高を有する海岸堤防が既に築堤されていたにもかかわらず、堤防の崩壊および越流した海水による人命の損失ならびに家屋の破壊などの災害が生じた。特に吉原海岸元吉原小学校付近の地区では、堤防背後の砂丘堤をも海水が溢流して惨状を極めた。

このような災害状況と海岸堤防が汀線から100~150m陸側にあることしかかなり高い天端高であること等から推定して、当時の波浪は相当大きいかあるいはかなり周期の長い波があったであろうと想像される。

この模型実験は、このような6626号台風に伴った海象に対する田子の浦港防災対策の一環として港湾局防災課の要請に応じて実施されたもので、海岸堤防の構造ならびに所要天端高を検討しようとするものである。

## 2. 田子の浦海岸現地の状況

駿河湾の海岸性状の大きな特徴は急深海岸であることであって、田子の浦海岸においても海底勾配は $1/3 \sim 1/8$ と急な勾配である。

田子の浦港を中心とした海岸の平面図を図-2.1に示す。図-2.2は海岸堤防の標準断面図である。

今回の台風により海水が堤防を越えたと思われるのは、田子の浦港の西および東海岸一带におよんでいる。そのなかで家屋が破壊されたり人命を失うまでに至った被災箇所は主に東海岸の地域で、特に吉原海岸元吉原小学校付近の一带が惨状を極めた。

図-2.3、図-2.4は、このような吉原海岸元吉原小学校付近の地区の横断面図および平面図である。これらの図からもわかるように、この地区では堤防（写真-2.1）背後の砂丘地帯に高さ1.5m程度の小さな松が間隔1mで植樹されており（写真-2.2）、さらにその背後に目廻り0.3~0.9mの松が100m<sup>2</sup>に15本程度の割合で植林されている（写真-2.3）。また写真-2.4に示すような砂丘堤がある。被災した家屋はこの砂丘堤のすぐ背後にあり、その破壊状況および松林の中の状況（写真-2.5）からみてもかなりの流速をもった海水が越流したことは間違いない。我々はこのような状況や砂丘堤背面の流水による洗掘の痕跡から砂丘堤上の越流高が平均して1m

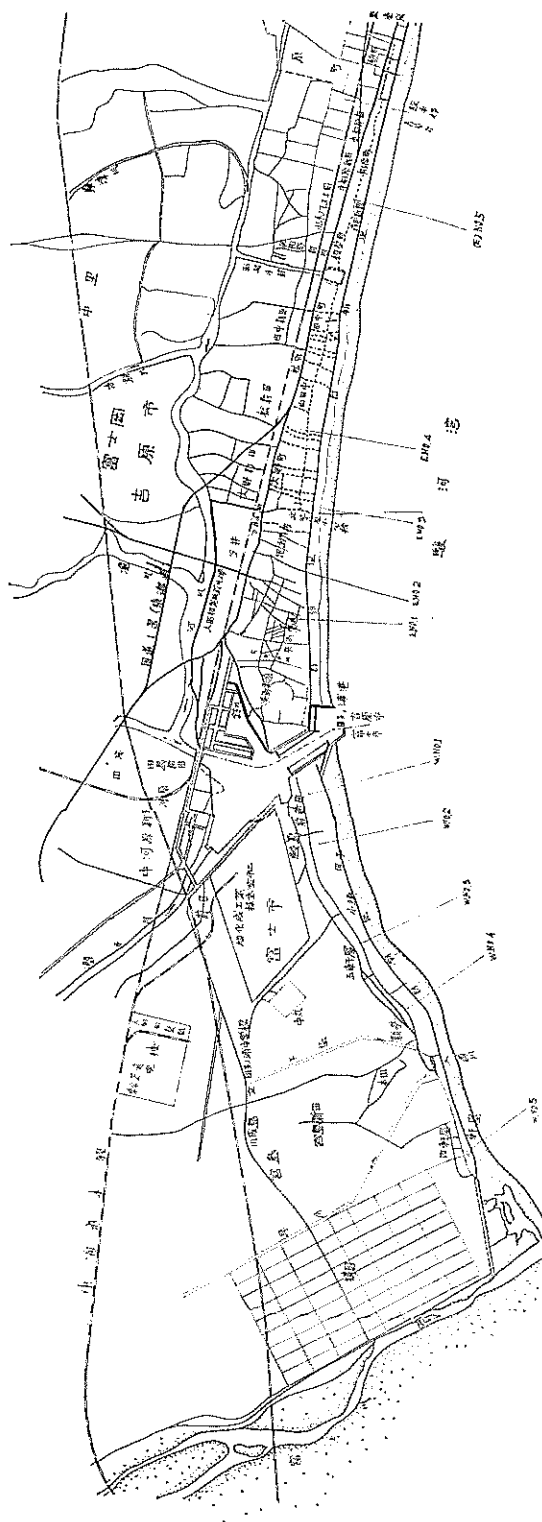


図-2.1 田子の浦港を中心とした海岸線

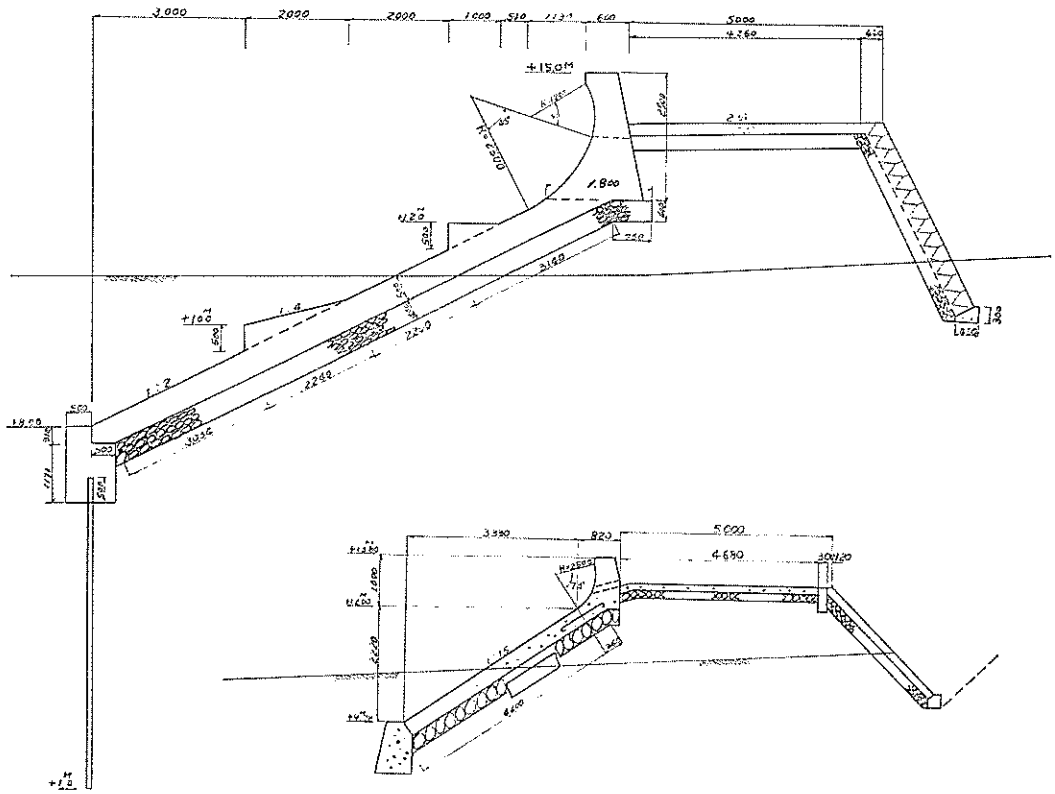


図-2.2 海岸堤防標準断面図（吉原海岸）

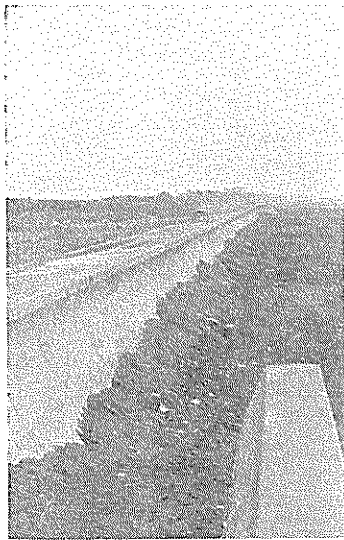
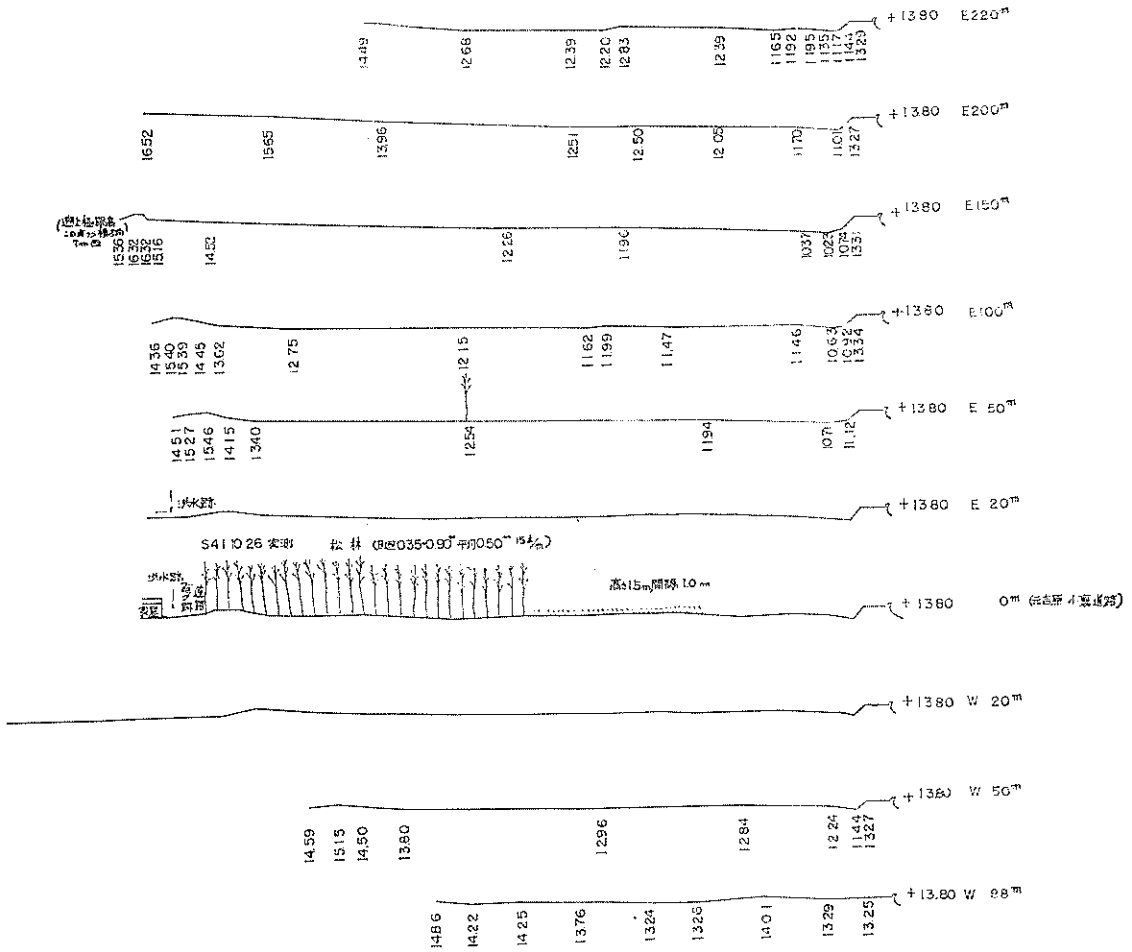


写真-2.1 田子の海岸堤防（吉原海岸）



写真-2.2 堤防背後の松林





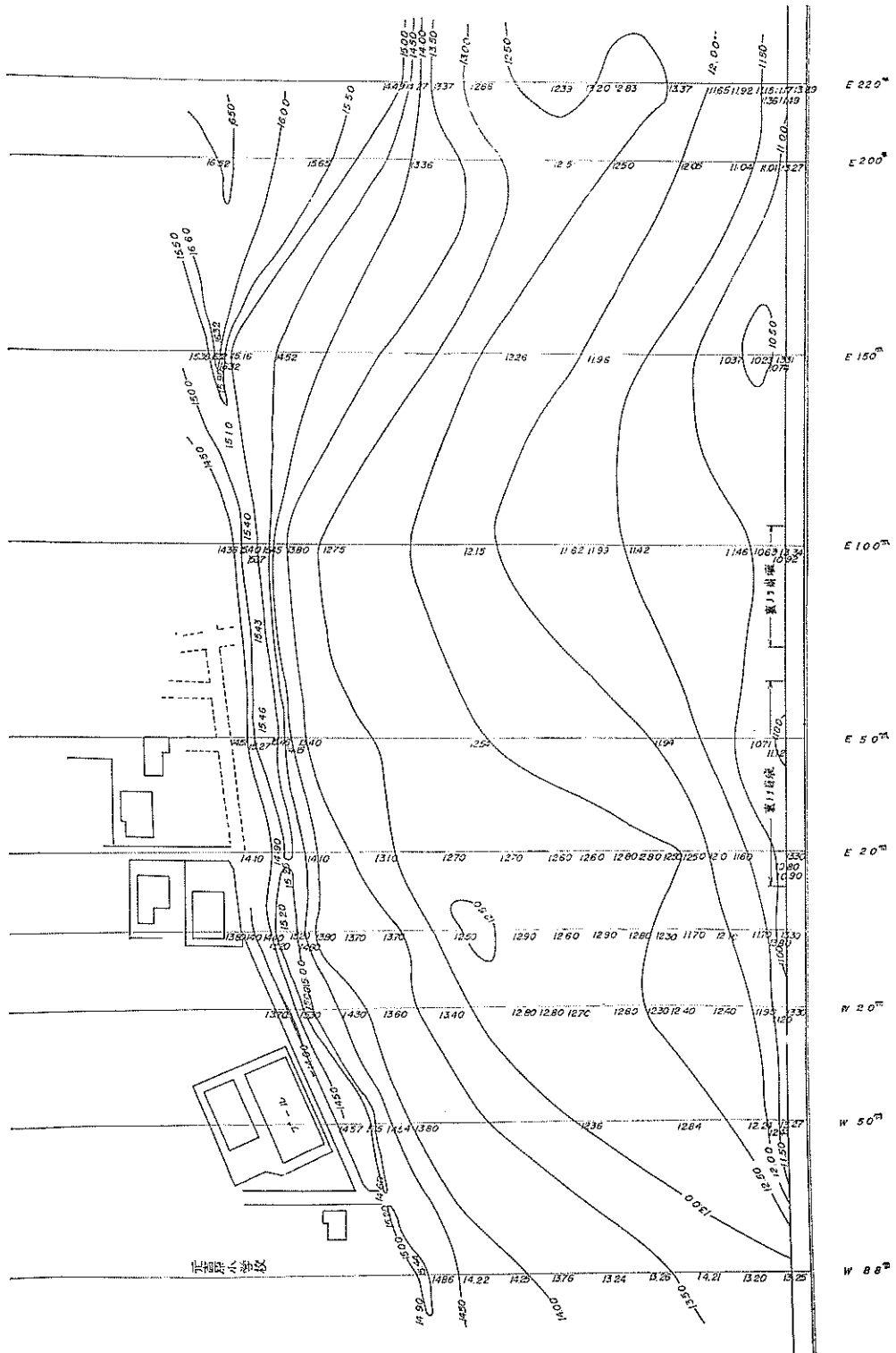
図—2.3 吉原海岸元吉原小学校付近の横断面図



写真—2.3 砂丘地帯の松林



写真—2.4 砂丘堤



図一2.4 吉原海岸元吉原小学校付近の平面図



写真—2.5 海水越流の跡

程度であったろうと判断した。

一方、海岸堤防前面の海浜は100~150mの砂利浜で浜勾配は $1/12 \sim 1/15$ 程度である(写真—2.6)。



写真—2.6 汀線より堤防を望む

### 3. 実験の対象とする海象

台風6626号時の田子の浦に関する海象の観測資料は港内の検潮記録のみである。このため一方においては当時の海象を究明しようとして、波浪の解析・推算および高潮の数値計算が実施されたが、この実験ではこれらの結果とは別に越波に関する当時の現地の現象を模型実験において再現させ、そのような海象に対し対策案を検討することにした。つまり現地の痕跡とか被災状況から当時の事情が比較的はつきりしている元吉原小学校付近の地区を現象再現の対象に選び以下に述べる現地調査の結果にもとずいて実験波を決定した。

現地調査は静岡県との協力を得て行なわれたが、この調査によって得られた重要な結論は次の二点である。すなわち、その第一は砂丘堤を越流したのは約10分おきに3回程度であったということおよび第二は砂丘堤背後の家屋は、その前面の砂丘堤を越えた海水がまともに衝突することにより破壊されたもので、砂丘堤上での越流高は

前述したように約1mであったということである。

この第一点から砂丘堤を越えるような波は実際の波群のうち最大級の波だけであったろうと推定され、また第二点からそのような波は砂丘堤を約1mの高さで越流するようなものであったろうということになる。このような二つの結論から、模型実験においても災害を惹起した最大級の波を対象とし、砂丘堤上での越流高が1mになるように逆に海象を決定することにした次第である。

## 4. 実験施設および実験方法

### 4.1 実験水路、縮尺および相似律

実験に使用した水路は漂砂実験水路(41m×0.6m×0.8m, フラップ型, 小型水路と呼ぶ), 大型造波水路(105m×3m×2.5m, ベンデナム型)の一部を途中から幅0.8mに仕切った水路(大型水路と呼ぶ)および津波造波水路(160m×1m×1.5m, ピストン型)であり、各々の模型縮尺は $1/100$ ,  $1/40$ および $1/100$ である。

相似律はフルードの相似律に従う。幾何学的縮尺を $\frac{1}{x}$ とすると

$$\frac{l_m}{l_p} = \frac{1}{x}, \quad \frac{t_m}{t_p} = \frac{1}{\sqrt{x}}, \quad \frac{w_m}{w_p} = \frac{1}{x^3}$$

ここに、 $l$ は長さ、 $t$ は時間、 $w$ は重さを表わし、添字 $p$ は現地、 $m$ は模型における量であることを示す。単位幅、単位時間あたりの体積で表わされた越波量を $Q$ とすると次の関係が成立つ。

$$Q_p = x^{3/2} \cdot Q_m$$

さらに、 $Q_p^*$ を $m^3/msec$ 、 $Q_m^*$ を $cm^3/cmsec$ の単位で表わすと上の関係は次のようになる。

$$Q_p^* = x^{3/2} Q_m^* \frac{1}{10000}$$

実験結果は全て現地量に換算して述べることにする。

### 4.2 海象の諸元

実験の対象とする海象については、前述したように吉原海岸元吉原小学校裏の地区における砂丘堤上の越流高が1mとなるように、潮位・周期・波高の組み合わせを模型実験において決定する。しかしこのうち潮位については、田子の浦港内の検潮記録を参考にして、その最高潮位に相当するW.D.L上2.6mを基本的に採用し、更に長周期波の存在を考慮して、W.D.L上4.6mの潮位をも採用した。

一方波の周期については、沼津港における波浪のスペクトル解析結果等から、かなり周期の長い波の存在が示唆されているので、18秒から150秒の広範囲にわたって検討することにした。実際の現象ではこのような種々の周期の成分波の重なった不規則な波であることは言うまでもないが、そのような波を発生させることは使用する

水路の性能上出来ないで、周期を任意の値に固定して砂丘堤上での越流高が1mとなるように所用の波高を求め、それらの組み合わせを実験波としたわけである。

このようにして決定された海象の諸元は、後述の表—5.1に一括して示してある。

#### 4.3 諸量の測定方法

$$h = 120 \text{ cm}$$

$$T = 9 \text{ sec}$$

$$e = 8.1 \text{ cm}$$

$$L = 30.56 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 10$$

$$H_{\min} = 2.2$$

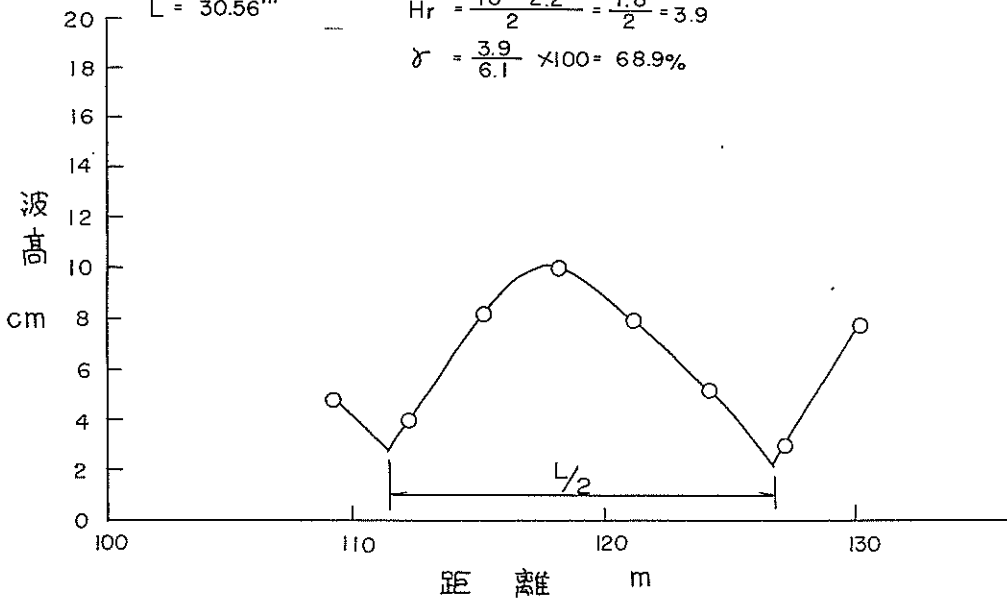
$$H_i = \frac{10 + 2.2}{2} = \frac{12.2}{2} = 6.1$$

$$H_r = \frac{10 - 2.2}{2} = \frac{7.8}{2} = 3.9$$

$$\sigma = \frac{3.9}{6.1} \times 100 = 68.9\%$$

$$H_o = \frac{H_i}{1.45} = 4.21 \text{ m}$$

$$\frac{H_y}{L_o} = \frac{H_y}{12.636} = 3.33 \times 10^{-4}$$



図—4.1 波高の決定 (津波水路  $S = 1/100$ )

21%, 60秒から150秒までの波に対しては斜面で碎けないで遡上する状態となり、反射率は大きくなって最大85%にまでも達している。この報告書における波高は全てこのようにして測定された値を微小振幅波理論により沖波高に換算して表わされている。測定される位置での波高と沖波高の比は、普通の短周期波に対しては1前後の値であるが、周期が長くなると水深・波長比が小さくなるため、例えば津波水路(水深120cm)における150秒の波では、その比は1.86となる。また沖波長は約35kmにもなると、実際の現象を考慮するとき物理的な意味が失われる。このような長周期波に対してまで沖波に換算したのは、実験結果の整理に統一性をもたせるためにすぎない。

越波量の測定は、越波量測定箱を用いて所用の波数だけ測定するようにした。

実験波の波形は抵抗線式波高計を使用しペン書きオシログラフに自記させた。そして小型水路の場合は模型の無い状態、大型水路および津波水路の場合は模型のある状態で6~10点で波高を求め Healy の方法によって入射波高を算出した。(図—4.1) この方法による模型からの反射率は周期20秒から40秒までの波に対して7~

実験に際しては同じケースを2回以上繰返して測定を行ない、また再現性をよくするため造波装置の運転方法や実験波数を一定にするなど細かい点にも注意を配った。

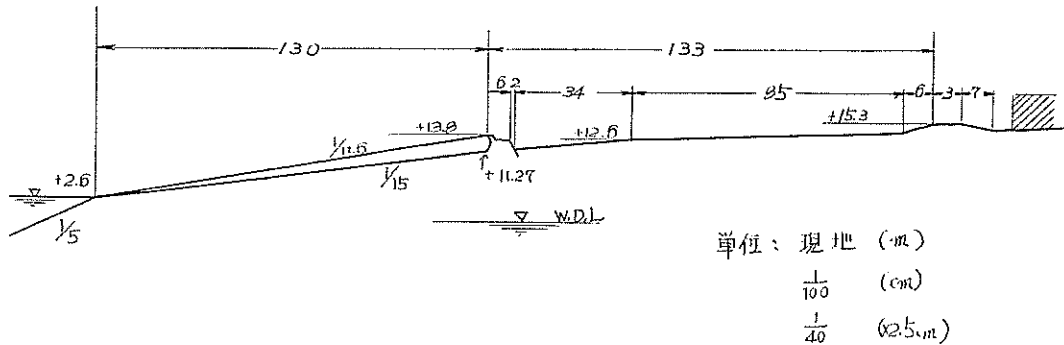
#### 4.4 実験の種類

実験の内容は現況に対する実験と対策案に対する実験の二段階に大きく分けられる。

第一段階の現況に対する実験というのは、図—4.2に示す基本的な模型断面に対し表—4.1に示す6種類の実験を行なうものである。同表の最初の三断面は、模型に砂丘堤まで含めたもので、越波量は砂丘堤背後で測定する。しかし田子の浦港に近い区域においては、これと同等な砂丘堤は無く、また堤体背後の地形は場所によって異なっているから、後述する対策案に対する各種構造の比較検討は堤体のすぐ背後の越波量で行なうのがよい。同表のあとの三断面はそのため最初のものから各々堤体

背後の部分を取除いて比較の基礎となる越波量を測定するものである。また同表において浜勾配  $1/11.6$  および  $1/15$  というのは、当時の現地の砂のついている場所と砂のつ

いていない場所の浜勾配の両極端に相当するもので、実験波は浜勾配  $1/11.6$ （断面—A）に対して、前述したように砂丘堤上の越流高が 1 m となるように決定する。



図—4.2 模型説明図

表—4.1

	浜勾配	汀線—堤防間距離	堤防天端高	堤防—砂丘堤間距離	砂丘堤天端高	越波量測定位置
断面—A	1/11.6	130m	13.8m	133m	15.3m	砂丘堤背後
B	1/15	"	13.8	"	"	"
C	1/15	"	15	"	"	"
A'	1/11.6	"	13.8	—	—	現況堤背後
B'	1/15	"	13.8	—	—	"
C'	1/15	"	15	—	—	"

これに対して、第二段階の実験というのは防御策として種々提案される構造の比較検討および所要天端高の決定のため行うものである。提案された方法は次の三つに大別される。(1) 現在堤の補強嵩上げによる方法。(2) 現在堤の背後に第二の壁体を設ける方法。(3) 現在堤の海側に別の堤体を設ける方法。このような対策案を第一段階において決定された実験波に対して一つ一つ検討し

ていく。

最後に、決定された堤防法線には、V字状になる部分があり、このような条件に対する流れの収斂の効果について検討を行なった。

## 5. 現況に対する実験結果

### 5.1 実験波の決定

実験波は 図-4.2 に示すように砂が天端13.8mまでついている浜勾配 $1/11.6$  (断面-A) に対して、砂丘堤での

越流高が1mとなるように求められる。(写真-5.1, 5.2)

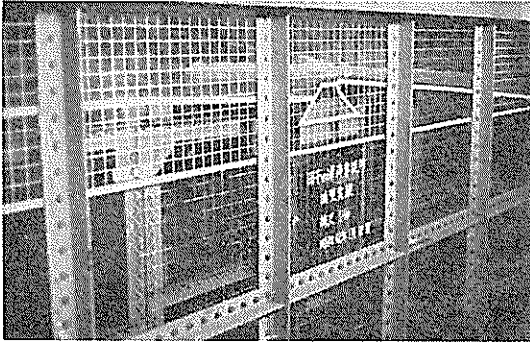


写真-5.1 遡上の状況 (断面A)  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

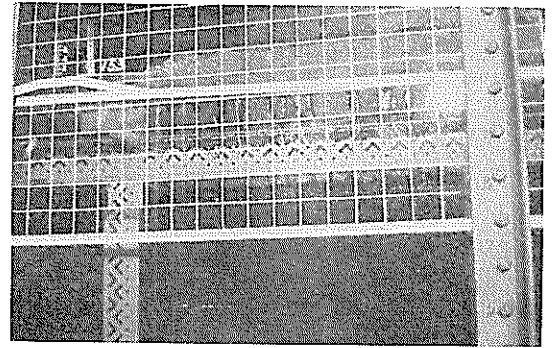


写真-5.2 砂丘堤越流の状況  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

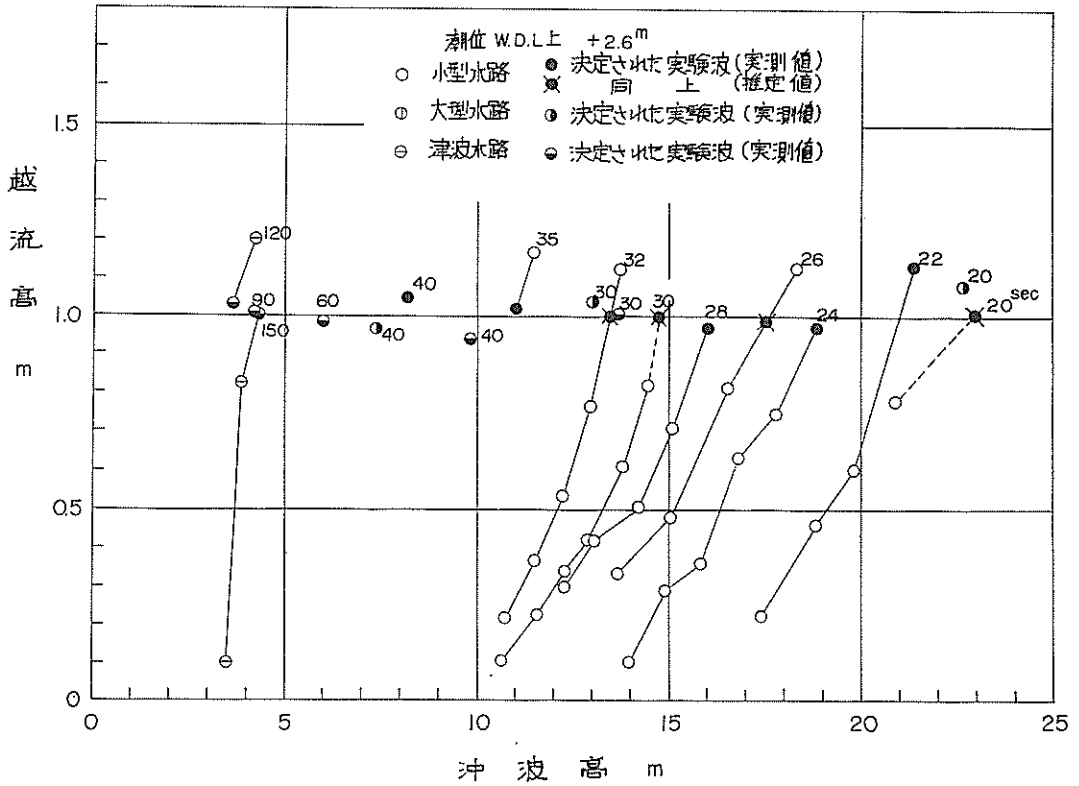


図-5.1 周期をパラメーターとした沖波高と砂丘堤上の越流高との関係

図-5.1は、潮位+2.6mの場合の周期をパラメーターとした沖波高と砂丘堤上の越流高の関係である。周期は小型水路の場合20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40秒の9種、大型水路の場合20, 30, 40秒の3種、津波水路

の場合30, 40, 60, 90, 120, 150秒の6種である。図-5.2は同じく沖波高と越波量の関係を同様に図示したものである。

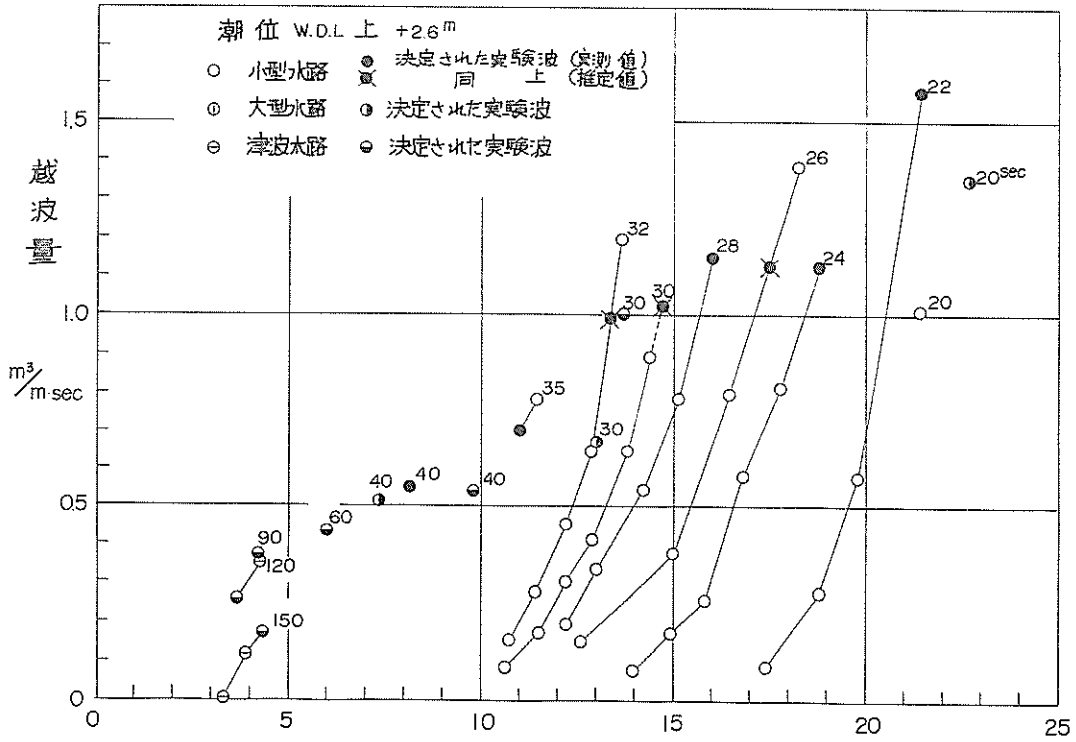


図-5.2 周期をパラメーターとした沖波高と砂丘背後の越流量との関係

大型水路における実験では、さらに潮位を4.6mにあげて同様な実験を行なった。この結果と潮位2.6mの場合の結果を合せて、図-5.3に示しておいた。

また周期を18秒と一定にし、砂丘堤上の越流高が1mとなるように潮位と波高の組み合わせを求めてみると、図-5.4のようになる。大型水路における結果では、周期18秒、沖波高15m程度の波に対して潮位はW.D.L.上8.8mとなり異常に高いものとなる。このことは、今回の越波の主因が潮位上昇にあるのではなく、やはり大きな波が来襲したことによるものということを示す一つの根拠となろう。図-5.5はこの場合の越流高と越波量を示したものである。

以上、砂丘堤上での越流高が1mとなるような実験波を求めたが、これらを総括したのが表-5.1であり、図-5.6はそのうち潮位2.6mの場合の周期と所要の沖波高の関係を図示したものである。このように所要の波高は周期によって著しく異なっており、20秒では23m程度であるが40秒になると7~8mとなる。さらに周期が長くなると所要沖波高は小さくなるが、これは前にも注意したように、 $H/H_0$ の値が大きくなるため、有限な水深を有

天端高	15.0m	淡勾配	1/11.6	沖	高	T=20 <sup>sec</sup>	T=30 <sup>sec</sup>	T=40 <sup>sec</sup>	T=35 <sup>sec</sup>
縮尺	1/100	2.6 <sup>m</sup>	23.0 <sup>m</sup>	14.7	8.1	11.0			
	1/40	2.6	22.7	13.0	7.3				
	1/60	4.6	20.0	10.5	8.5				

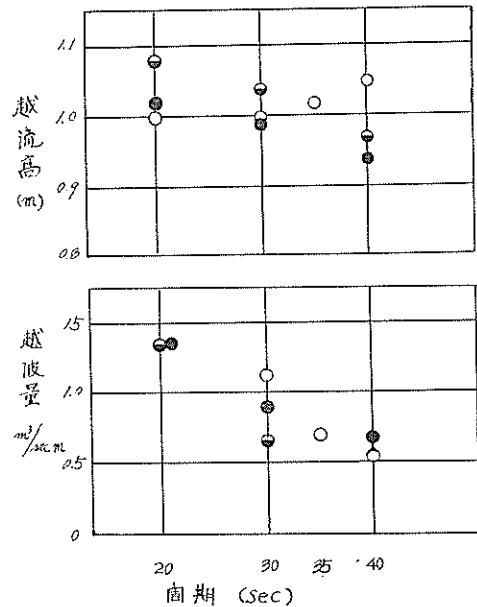


図-5.3 砂丘堤での越流高と越波量

表-5.1 決定された実験波  
 (砂丘堤上で越流高が1mとなるような潮位と周期、  
 沖波高の組合わせ)

潮位 W. D. L上 (m)	周期 (sec)	沖波高 (m)			沖波波形勾配		
		小型水路	大型水路	津波水路	小型水路	大型水路	津波水路
2.6	20	23.0	22.7		$3.69 \times 10^{-2}$	$3.64 \times 10^{-2}$	
"	22	21.5			$2.84 \times 10^{-2}$		
"	24	18.8			$2.09 \times 10^{-2}$		
"	26	17.5			$1.66 \times 10^{-2}$		
"	28	16.0			$1.31 \times 10^{-2}$		
"	30	14.7	13.0	13.7	$1.05 \times 10^{-2}$	$9.26 \times 10^{-3}$	$9.76 \times 10^{-3}$
"	32	13.4			$8.38 \times 10^{-3}$		
"	35	11.0			$5.82 \times 10^{-3}$		
"	40	8.1	7.3	9.8	$3.26 \times 10^{-3}$	$2.92 \times 10^{-3}$	$3.93 \times 10^{-3}$
"	60			6.0			$1.07 \times 10^{-3}$
"	90			4.2			$3.33 \times 10^{-4}$
"	120			3.6			$1.61 \times 10^{-4}$
"	150			4.3			$1.23 \times 10^{-4}$
4.6	20		20.0			$3.21 \times 10^{-2}$	
"	30		10.5			$7.48 \times 10^{-3}$	
"	40		6.5			$2.60 \times 10^{-3}$	
7.8	18		17.3			$3.43 \times 10^{-2}$	
8.8	18		15.2			$2.97 \times 10^{-2}$	



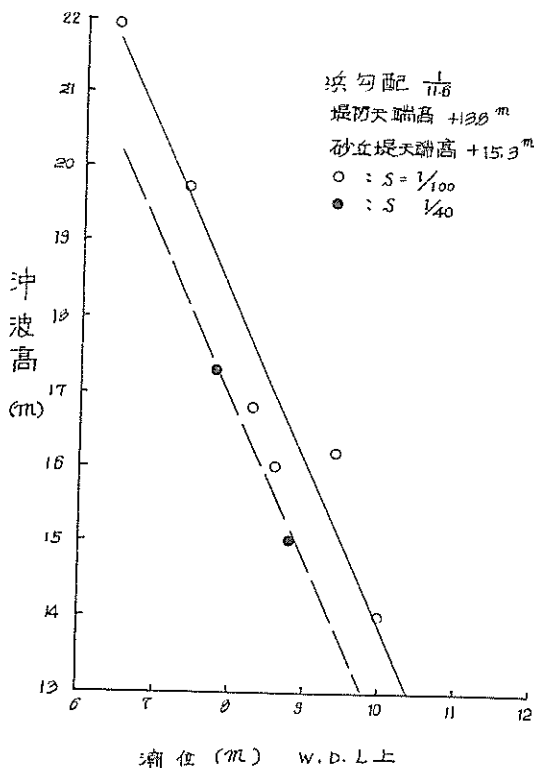


図-5.4 砂丘堤の越流高が1mである波高と潮位の関係 ( $T=18\text{sec}$ )

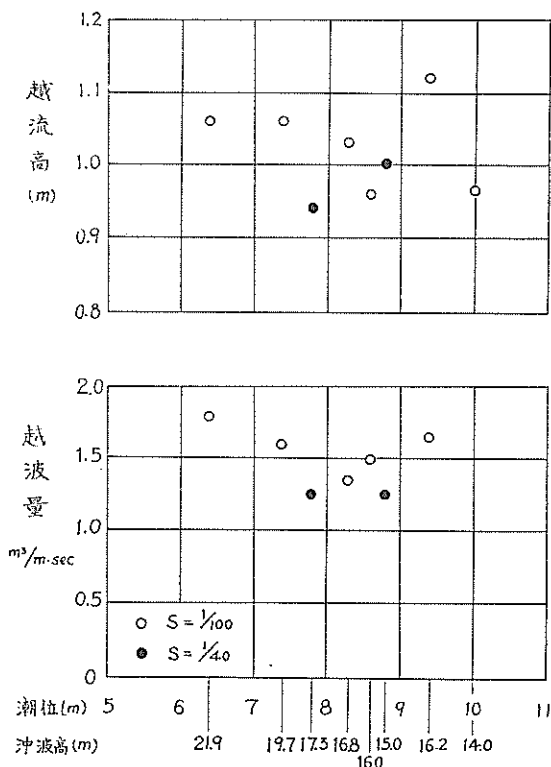


図-5.5 砂丘堤での越流高と越波量 ( $T=18\text{sec}$ )

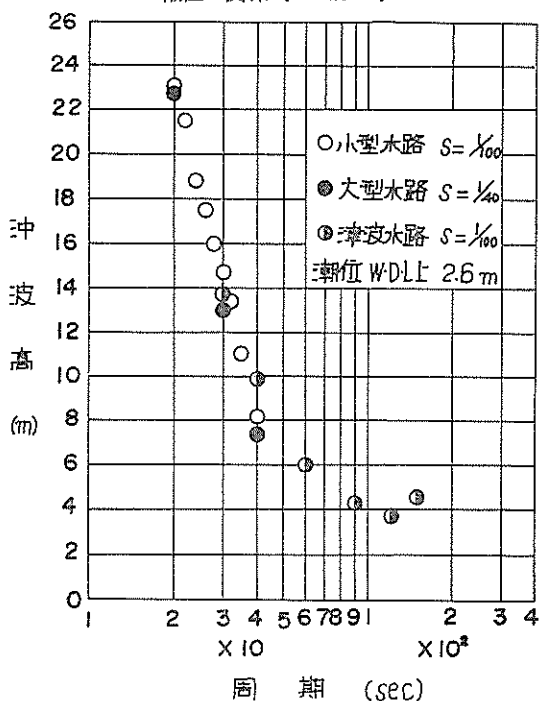


図-5.6 砂丘堤上の越流高が約1mであるような周期と波高

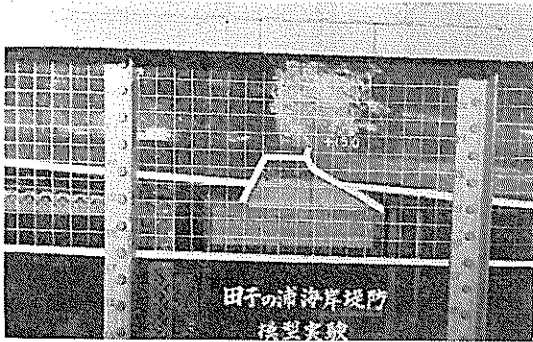
す水路内では40秒以上の波に対しそれほど小さくなるわけではない。

### 5.2 砂丘堤での越流高および越波量

以上のように求められた実験波のうち5組を選んで、天端高13.8m浜勾配 $1/15$ の場合(断面-B, 写真-5.3)および堤防天端高15m, 浜勾配 $1/15$ の場合(断面-C, 写真-5.4)について、また参考のために堤防の無い状態に対しても砂丘堤での越流高および越波量に関して実験を行なったので、その結果を述べる。

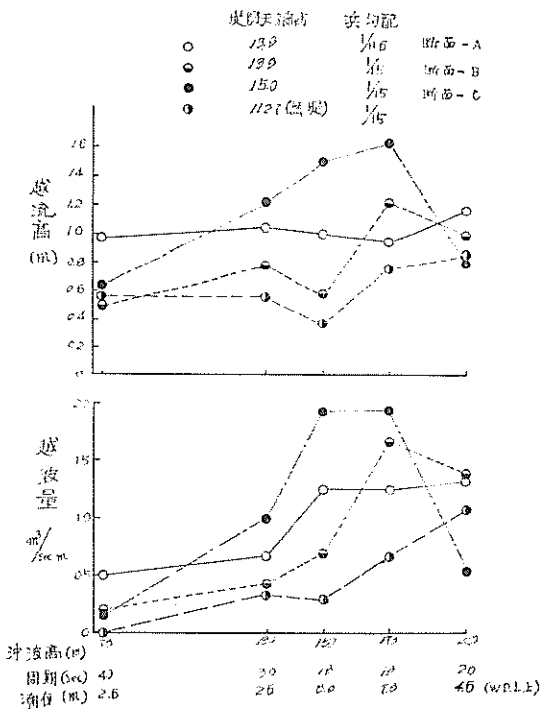


写真-5.3 越波の状況(断面B)  $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$



写真—5.4 越波の状況(断面C)  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

図—5.7は実験結果を総括して示したものである。測定値はかなりばらついているが越波量についての大約の傾向は、無堤の場合が一番少く、次いで断面—B、断面—Aの場合とつづき、断面—Cの場合が一番多いという結果を示している。このように天端高15m以下の範囲では天端を高くすればかえつて砂丘堤での越波量が多くなる。これは堤防—砂丘堤(天端高15.3m)間の貯留水位が高くなるので、その間の波の伝達が容易になるからであろう。

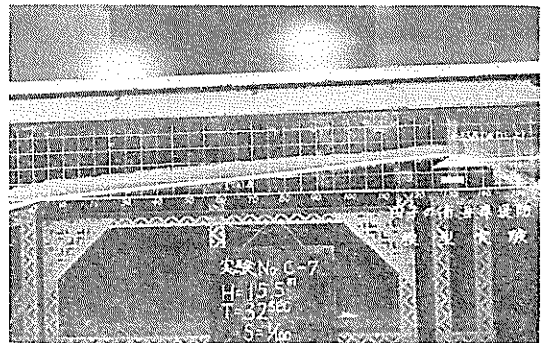


図—5.7 砂丘堤での越流高、越波量の比較  
 $(S: 1/40, \text{砂丘天端高} 15.3\text{m})$

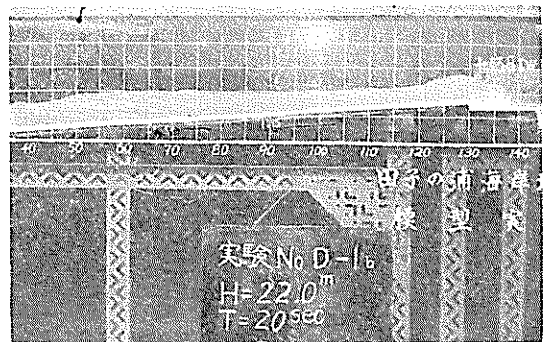
### 5.3 現況堤での打上げ高と越波量

前節では、砂丘堤での越流高と越波量について比較を行なったが、次に現況堤における打上げ高と越波量について比較する。

図—5.8は、周期20秒から150秒に至るまでの実験波に対する堤防天端上の打上げ高と越波量を示したものである。周期32秒までの波に対し三断面の越波量を比較すると、天端高13.8m、砂浜勾配 $1/11.6$ の場合(断面—A、写真—5.5)を100%として、浜勾配 $1/15$ になると(断面—B' 写真—5.6)平均72%、天端高が15mになると(断面—C' 写真—5.7) 34%程度に減少している。またこれらの結果を前の砂丘堤背後の場合と比較すると4倍に近い値となっている。したがって、砂丘堤を含めた実験においては、堤体背後からかなりの戻り流れがあることになり、この点は実験の観察においても十分認められた。



写真—5.5 越波の状況(断面—A')  
 $T=32\text{sec}$   $H_0=13.4\text{m}$



写真—5.6 越波の状況(断面—B')  
 $T=20\text{sec}$   $H_0=23.0\text{m}$

堤防断端高	浜勾配	断面	水路
○	13.8m	$\frac{1}{11.6}$	小型水路
●	"	$\frac{1}{15}$	小型水路
⊗	"	"	大型水路
⊙	"	"	津波水路
●	15.0	"	小型水路
⊗	"	"	大型水路
⊙	"	"	津波水路

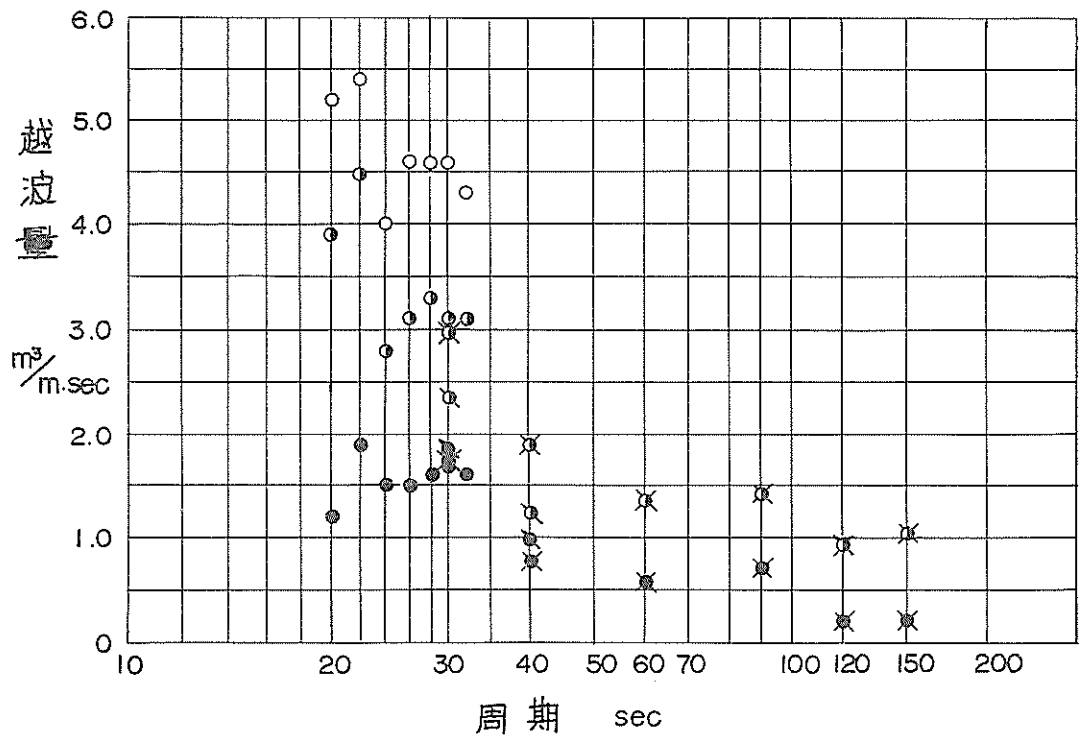
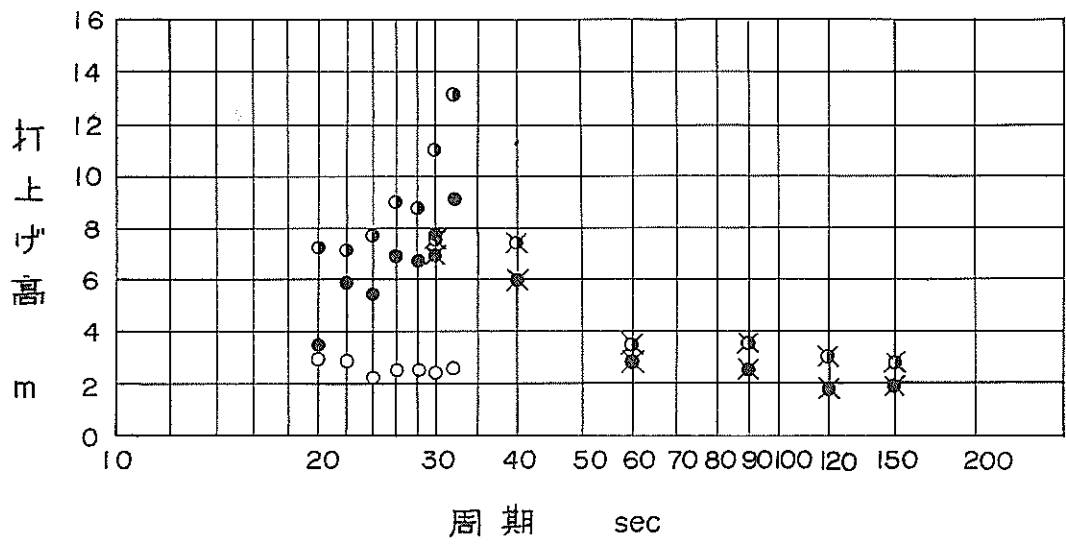


図-5.8 現況堤防での打上げ高と越波量 (潮位W. D. L上2.6m)

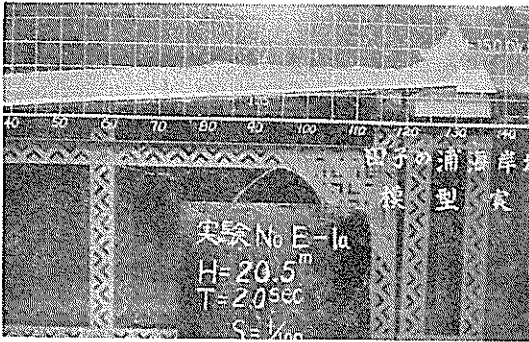


写真-5.7 越波の状況(断面-C')  
 $T=2.05\text{sec}$   $H_0=23.0\text{m}$

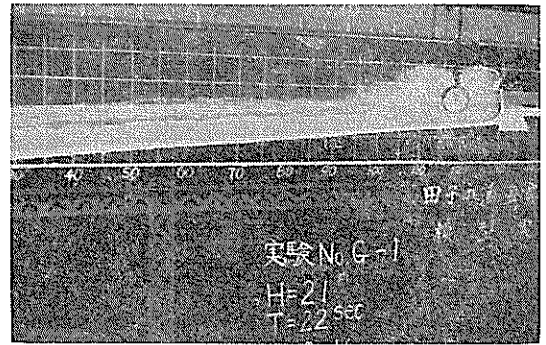


写真-6.2 現況堤の嵩上げ(2)

天端高+18m

$T=2.2\text{sec}$   $H_0=21.5\text{m}$

## 6. 対策案に対する実験

### 6.1 現在堤を補強嵩上げする場合

このケースの補強断面の標準図を、図-6.1に示す。  
 これは現況の天端高15mの堤防を20mに嵩上げた場合  
 であるが、同じく現況の天端高13.8mの堤防に対しても  
 同様に嵩上げの実験を行なった。(写真-6.1~6.7)

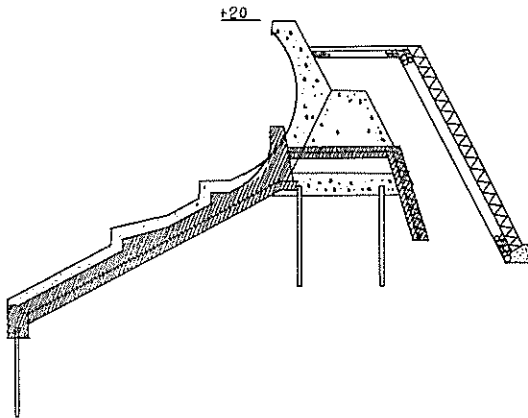


図-6.1 標準断面図

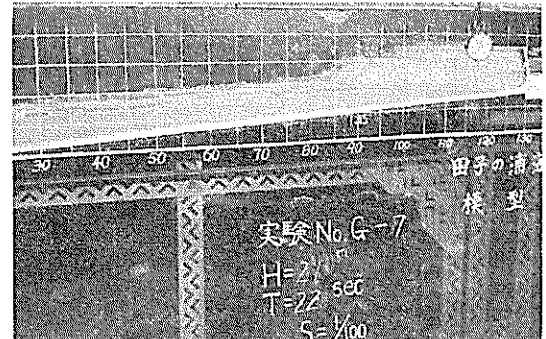


写真-6.3 現況堤の嵩上げ(3)

天端高+20m

$T=2.2\text{sec}$   $H_0=21.5\text{m}$

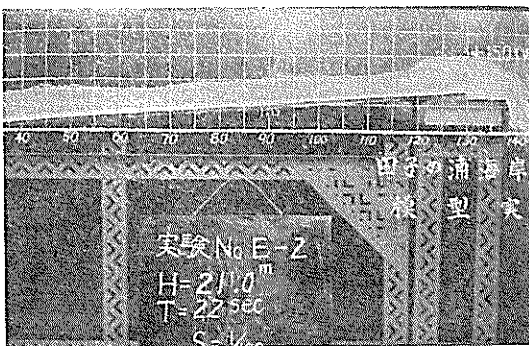


写真-6.1 現況堤の嵩上げ(1)  
 -天端高+15m  
 $T=2.2\text{sec}$   $H_0=21.5\text{m}$

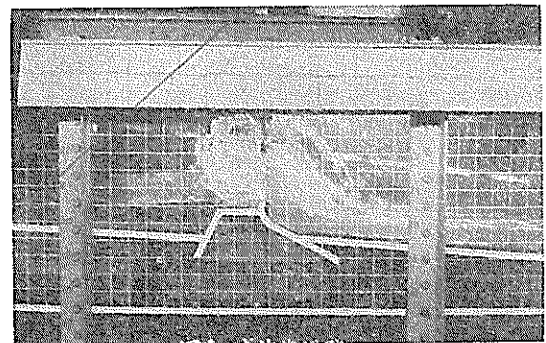
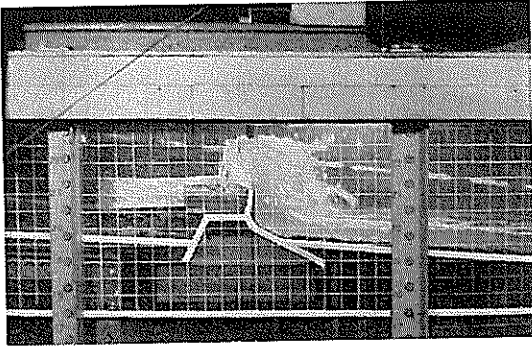


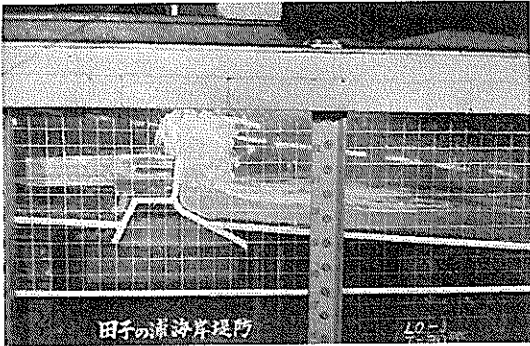
写真-6.4 現況堤の嵩上げ(4)

天端高+15m

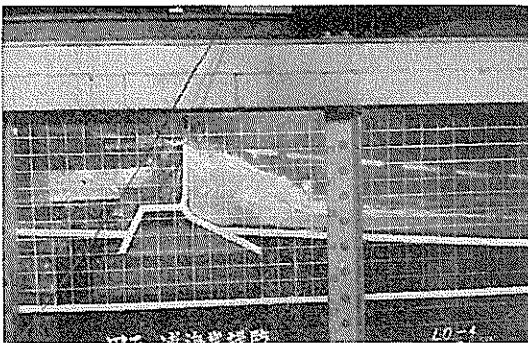
$T=3.0\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$



写真—6.5 現況堤の嵩上げ(5)  
天端高+17m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$



写真—6.6 現況堤の嵩上げ(6)  
天端高+19m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13\text{m}$



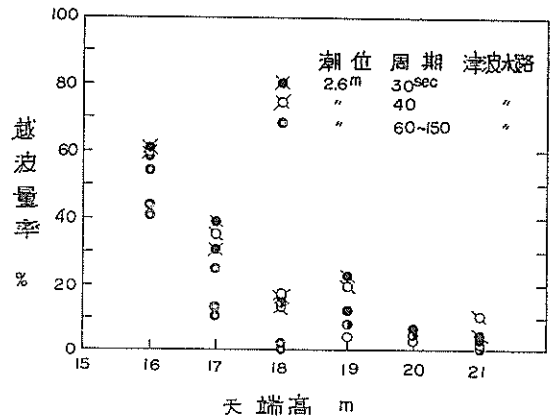
写真—6.7 現況堤の嵩上げ(7)  
天端高+21m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

図—6.2は周期18~40秒の実験結果を総括して示したもので、天端高13.8、15.8、17.8、19.8mの系列および天端高15、17、19、20、21mの系列の値は、各々原型を天端高13.8mおよび15mの堤体とする実験値である。

(原型天端高13.8mと15mの堤防では、天端高が違うだけでなく、図—2.2に示すようにその形状も異なっている)そしてこれらの越波量は、現況の天端高が15mであるような系列に対しても、それと同じ実験波による天端高13.8mの現況の場合の越波量に対する百分率で示してある。実験値は多少ばらついているが、原型がいずれの場合であっても越波量を同程度に小さくするためには、法面勾配などの形状の差異はあまり問題でなく、同じ高さまで嵩上げしなければならないことがわかる。また、越波量は13.8mの場合を100%として、天端高16mで約40%、18mでは約10%、20mでは約5%に減少する。

次にこれらを現況天端高15mの系列に属する実験値のみについて、周期60~150秒の実験結果も加えて各々の現況の越波量を100%として示すと図—6.3のようになる。これをみると嵩上げの効果は長周期波に対しての方が顕著で60秒以上の実験波については、天端高18mで越波量はほとんど零となっている。(写真—6.8、6.9)

以上実験値を現況に対する越波量率の形でまとめたが、一般的に静水面からの天端高と越波量の関係も無次元表示で示すと図—6.4のようになる。ここにQは、単位幅1周期当りの越波量である。



図—6.3 現在堤の嵩上げ(2)

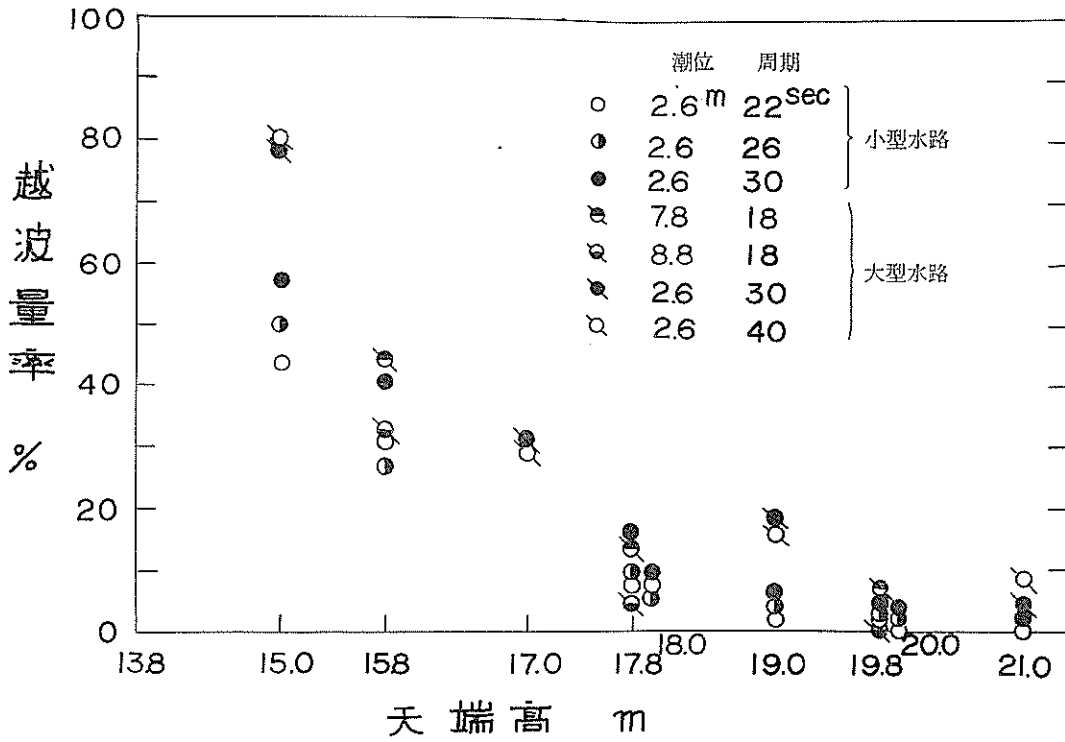
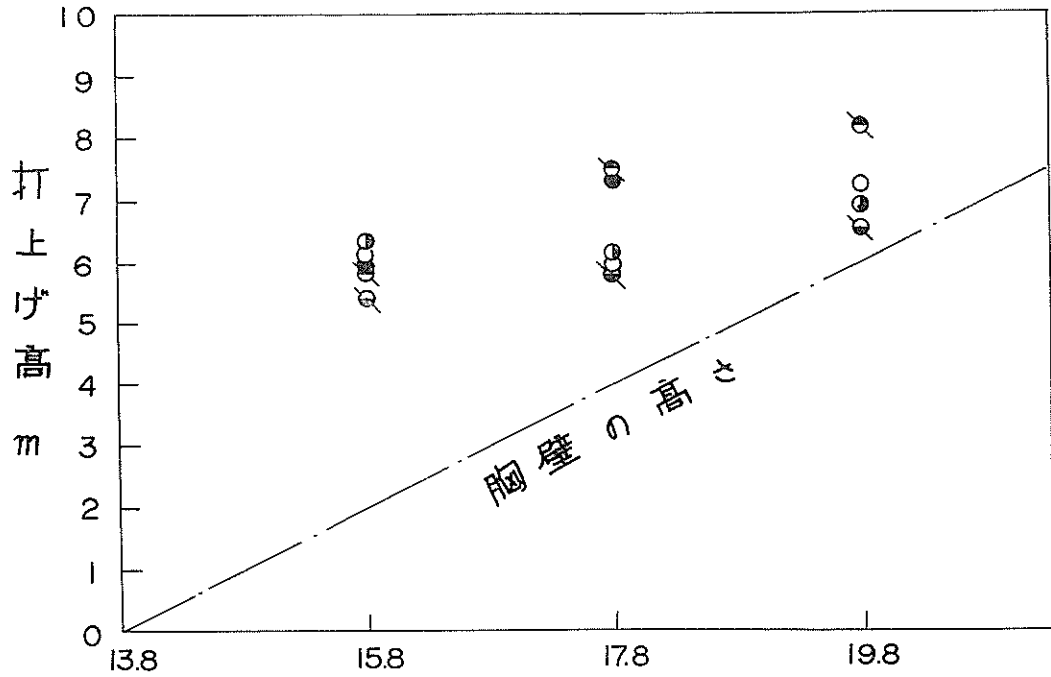


図-6.2 現在堤の嵩上げ (1)

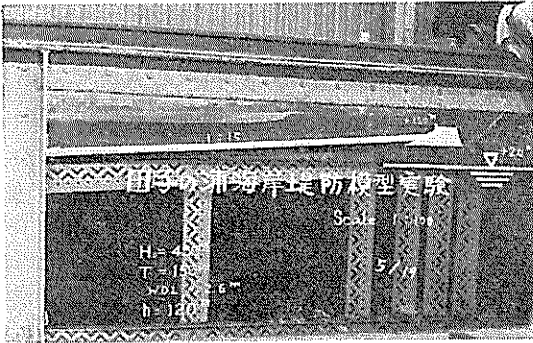


写真-6.8 現況堤の嵩上げ(8)  
天端高+15m

$T=150\text{sec}$   $H_0=4.3\text{m}$

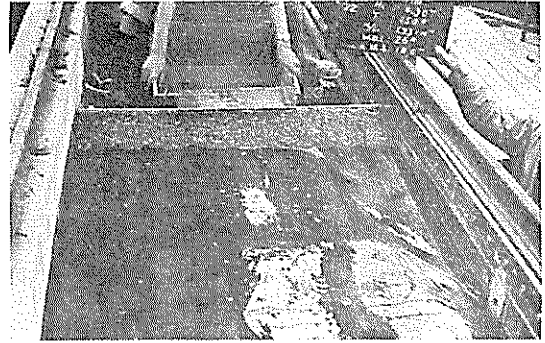


写真-6.9 現況堤の嵩上げ(9)  
天端高+18m

$T=150\text{sec}$   $H_0=4.3\text{m}$

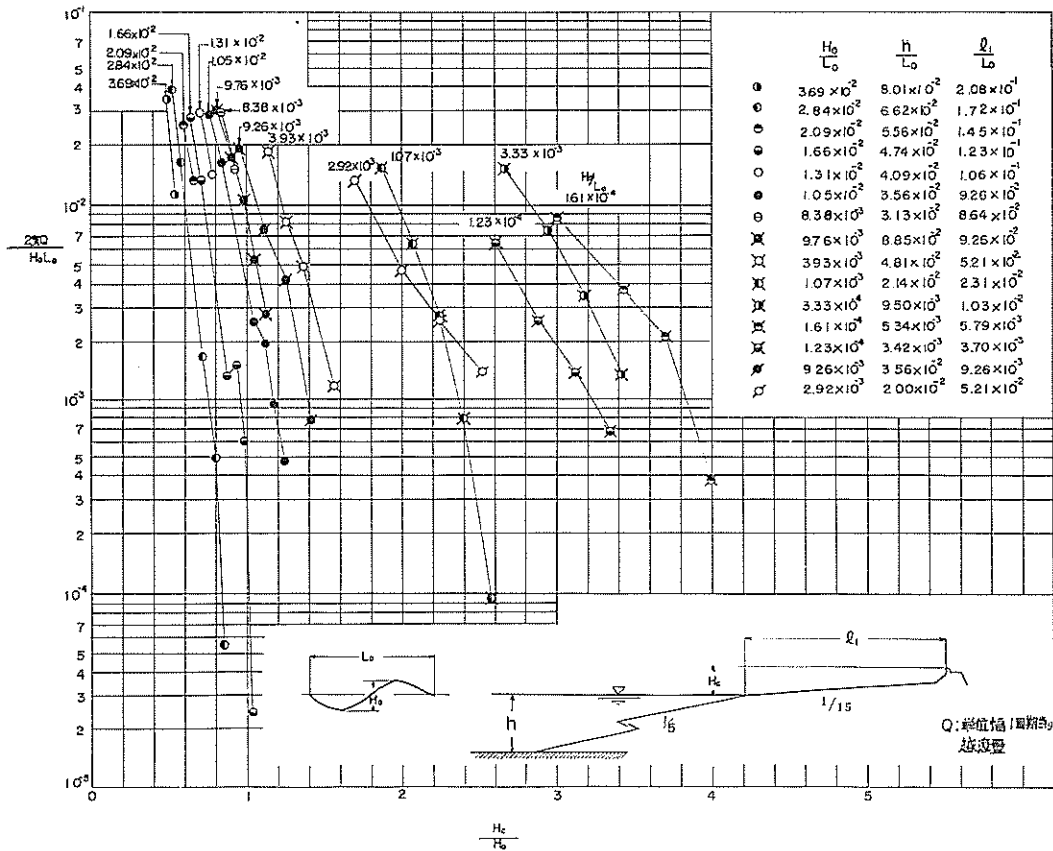


図-6.4 静水面からの天端高と越波量の関係

## 6.2 現在堤の背後に第二の壁体を設ける場合

この実験は現況天端高15mの堤防のみを対象として行なった。このタイプの構造では、現在堤の胸壁から第二の壁体までの距離  $l$  ならびに所要天端高が問題となる。

したがって実験では、距離  $l$  を0mから50mの範囲で種々に変えて距離の効果の検討を行ない、それから適当な位置で天端高の検討を行なうことにした。

まず、距離が比較的短い場合(20m以内)について

実験を実施した。この場合の標準断面は 図-6.5 に示すとおりである。図-6.6 は第二壁体の高さが波のうち上げ高さに比べて十分高く、全く越波を許さない状態での距離  $l$  と打上げ高の関係調べたものである。このように距離が20m内では、打上げ高は距離によってあまり変わらない。したがって天端高が十分高い場合  $l$  は利用条件から決めてよいと考えられる。

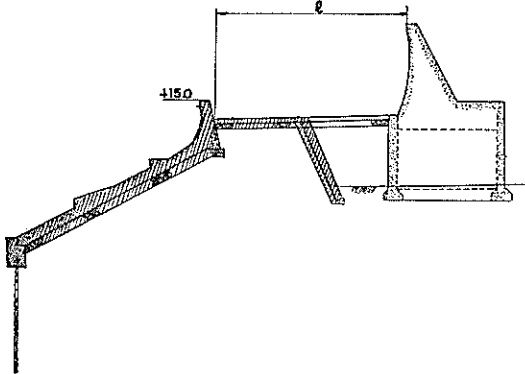


図-6.5 標準断面図

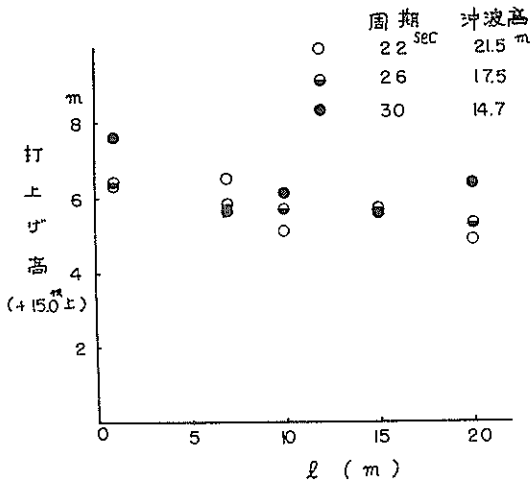


図-6.6 距離  $l$  と打上げ高の関係

図-6.7 は、 $l=10\text{m}$  とした場合の第二壁体の天端高と越波量の関係を表わしたものである。測定値のばらつきは多少あるが、周期40秒までの実験波に対して、越波量は第二壁体の無い状態を100%として、天端高17mでは30%、18mでは15%、19mでは7%、20mでは4%程度に減少する。60秒以上の実験波についてはより効果的である。(写真-6.10~6.13)

また、図-6.8 は第二壁体天端高と越波量の関係を無次元表示の形でまとめたものである。

次に、第二壁体の天端高を19mとし、 $l$  を10m毎に50mまで変えて越波量を比較し、さらに  $l=50\text{m}$  に対して、天端高を変えて実験を行なった(写真-6.14, 6.15)。図-6.9 はその結果を示すものである。模型における地盤高は同図に示すように+15mの水平としている。さらに  $l=50\text{m}$  の場合はそれより低い地盤高(在来地盤高)についても、埋立ての効果を検討するために実験を行なった。

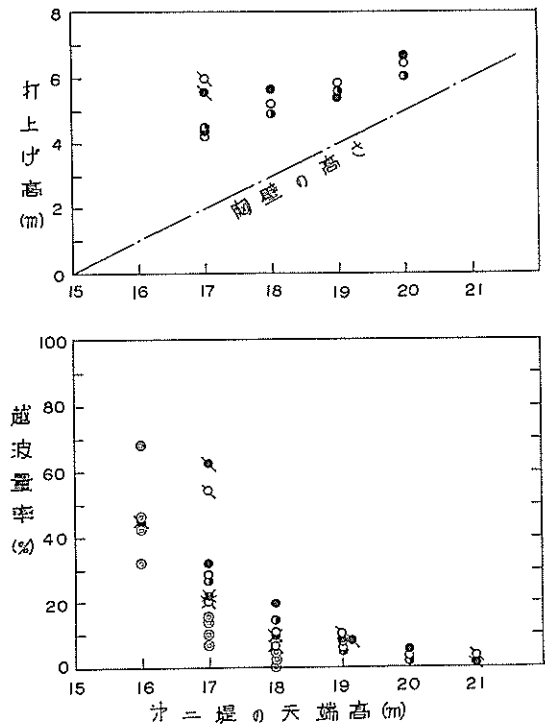


図-6.7  $l=10\text{m}$  に第二壁体を設けた場合

(記号は図-6.2, 6.3に同じ)





写真-6.10  $l=10\text{m}$ に第二壁体を設ける場合(1)  
第二壁体天端高+17m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

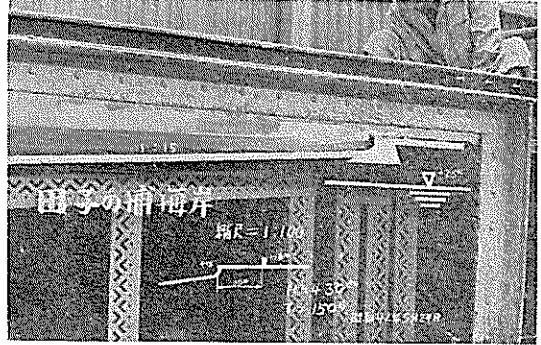


写真-6.13  $l=10\text{m}$ に第二壁体を設ける場合(4)  
第二壁体天端高+16m  
 $T=150\text{秒}$   $H_0=4.3\text{m}$

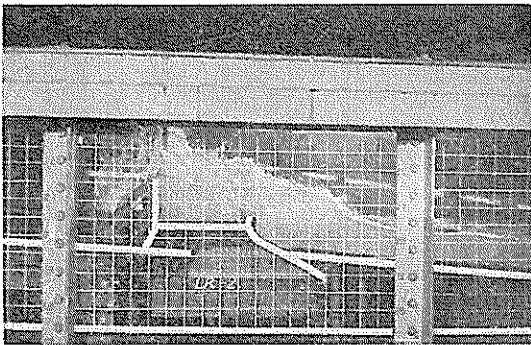


写真-6.11  $l=10\text{m}$ に第二壁体を設ける場合(2)  
第二壁体天端高+19m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

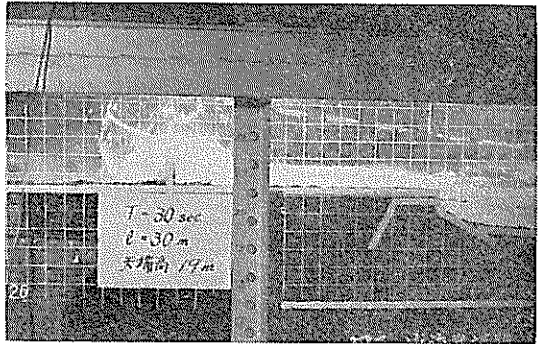


写真-6.14  $l=30\text{m}$ に第二壁体を設ける場合  
第二壁体天端高+19m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

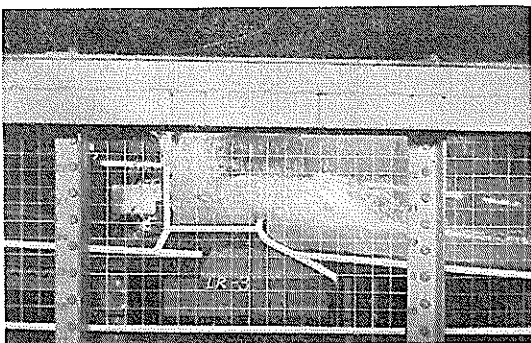


写真-6.12  $l=10\text{m}$ に第二壁体を設ける場合(3)  
第二壁体天端+21m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

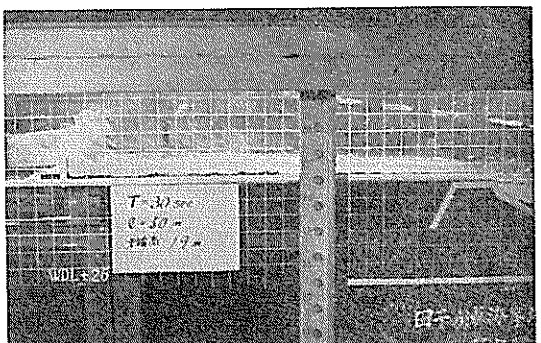


写真-6.15  $l=50\text{m}$ に第二壁体を設ける場合  
第二壁体天端高+19m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=13.0\text{m}$

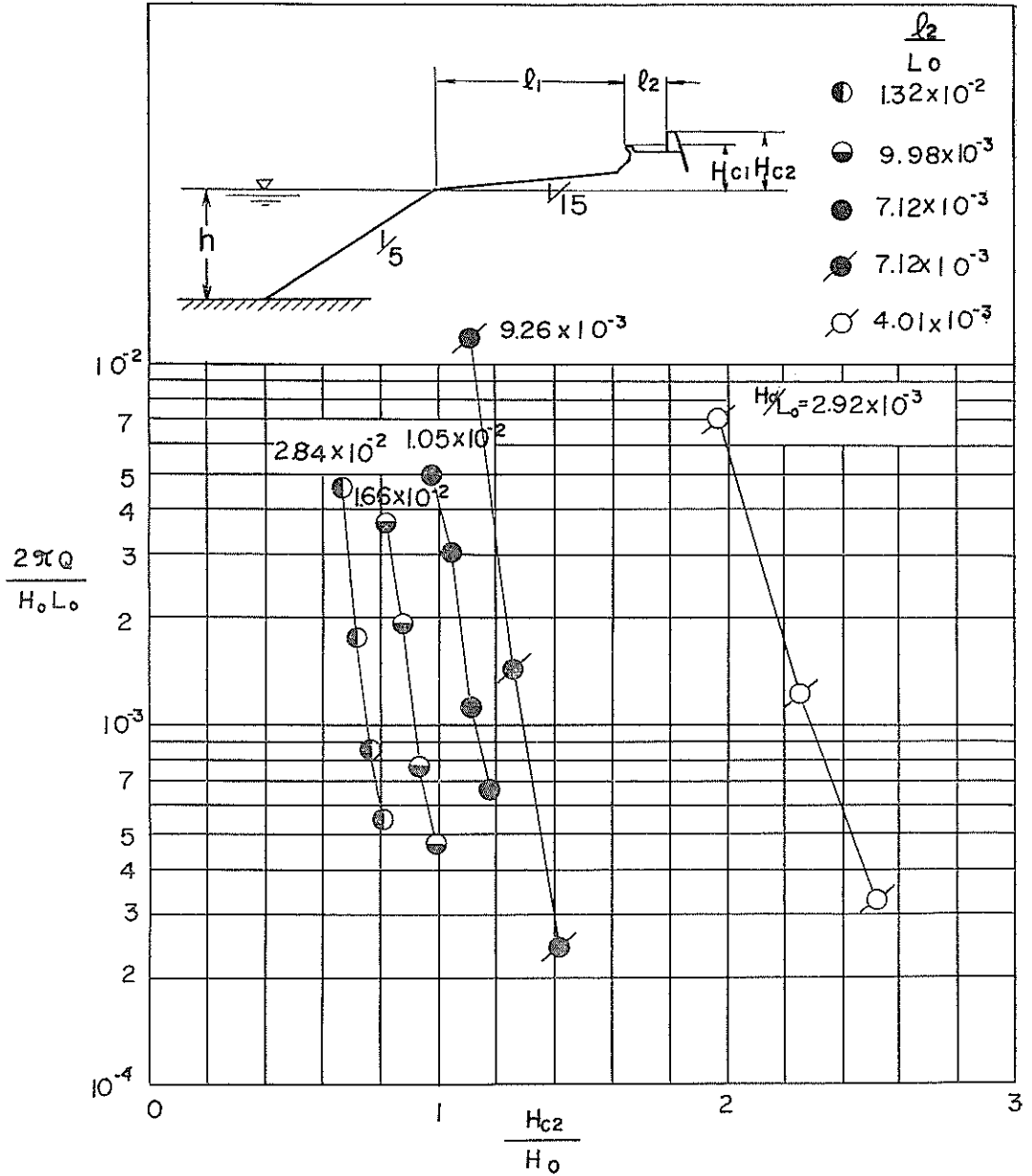


図-6.8 第二壁体天端高と越波量の関係

( $Q$ は単位幅一周期当りの越波量)

これらの結果から、第二壁体の設置位置は現在堤から離れるほど壁体に衝突する流勢が減じて同じ天端高でも越波量は少くなり、また、たとえば  $l=50\text{m}$  程度では現在堤と第二壁体の間に水が貯留しない構造とした方がよいことがわかる。図-6.7と図-6.9の下の図を同じ実験

波 ( $T=30\text{秒}$ ,  $H_0=13\text{m}$ ) について比較すると同じ天端高に対し  $l=50\text{m}$  の場合の方が  $l=10\text{m}$  の場合の半分以下となる。また  $l=50\text{m}$  の場合について、周期  $60\sim 150$  秒の実験波についても検討したが、この場合はいずれも第二壁体の天端高が  $17\text{m}$  になると越波量は零となった。

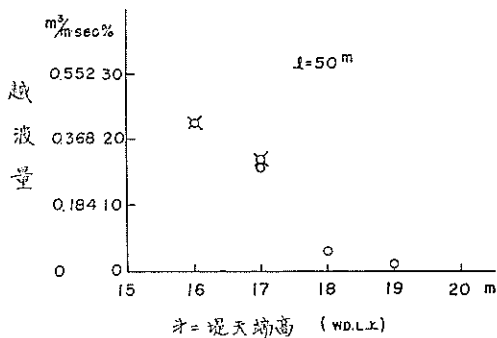
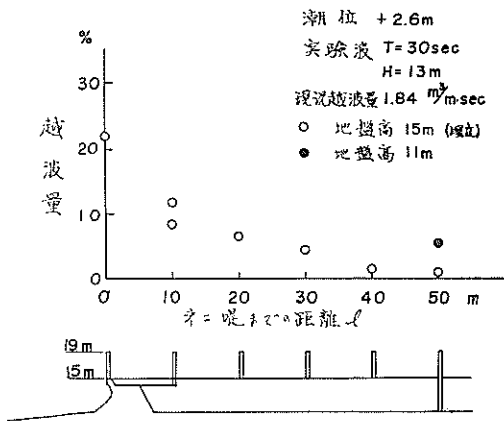


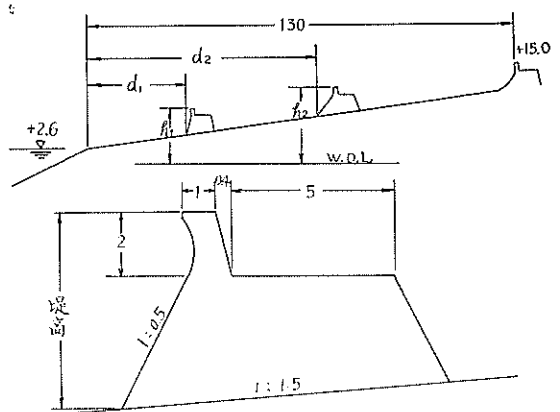
図-6.9 現在堤背後に第二壁体を設ける場合

さらに、 $l=50m$ 、天端高18mの場合について、周期を30秒に固定し、波高を種々に変化させて、沖波高と越波量の関係を調べてみた。図-6.10は、その結果を無次元表示したもので沖波高の僅かな違いによっても越波量はかなり異なっている。

### 6.3 現在堤の海側に別の堤体を設ける場合

この実験は、現在堤（天端高15m）の海側にさらに別の堤体（ここでは前面堤と呼ぶ）を設け、二重堤、三重堤あるいは段違い堤とした場合、また消波ブロックを用いた場合等の効果を検討するために小型水路（ $s=1/100$ ）で行なったもので、模型の概略図を図-6.11に示す。前面堤は法面勾配が1:0.5 (D-type) および1:1.5 (E-type) の二種に対し、図-6.11に示す堤高を各々4, 6, 8mの三種に変えた。

実験は写真-6.16~6.19に示すように、D-type に対し汀線からの設置距離  $d$  を種々に変えて、現在堤での打上げ高および越波量を検討することからはじめた。その結果は図-6.12に示すように  $d$  が30mとか50mの場合には、越波量は現況（断面-C）よりもはるかに多くな



前面堤のtype	法面勾配	法面の天端高 (m)
D-1	1:0.5	4
D-2	1:0.5	6
D-3	1:0.5	8
E-1	1:1.5	4
E-2	1:1.5	6
E-3	1:1.5	8

図-6.11 横型の説明 (単位, 現地m)

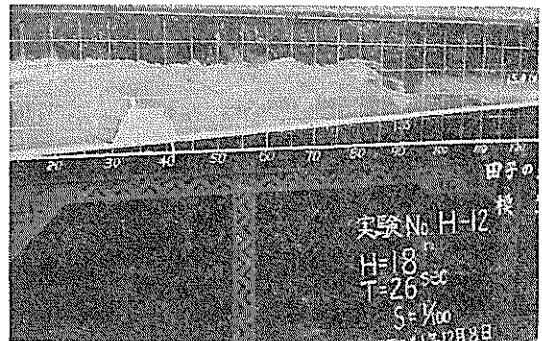


写真-6.16 二重堤 (D type) (1)  
 $d=30m$   $T=26sec$   $H_o=17.5m$

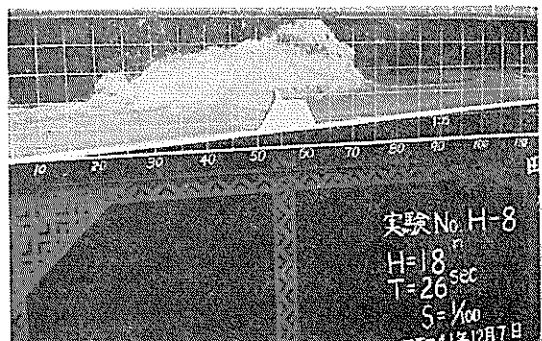


写真-6.17 二重堤 (D type) (2)  
 $d=50m$   $T=26sec$   $H_o=17.5m$

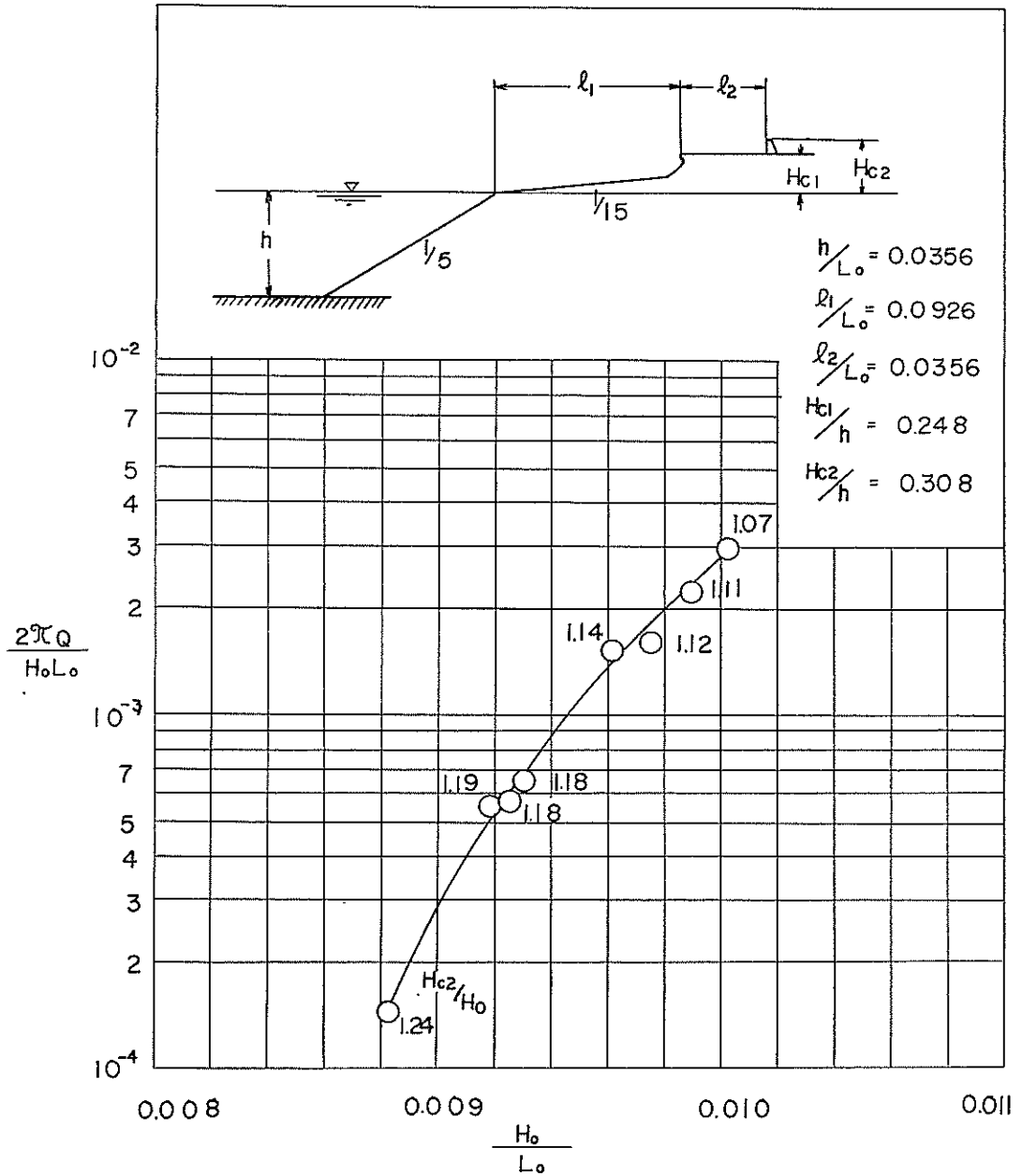


図-6.10 沖波高と越波量の関係（Qは単位幅一周期当りの越波量）（ $H_c/H_0$ の値は異なる）

る。これは前面堤をひとのみにした流れが、また既に貯留している水位の一段高い水中をあらためて進んでいくことになり、越波量をかえって多くしているのである。したがって $d=30\text{m}$ の場合には堤高が大きい程、前面堤と現在堤の間の水位が高くなるから越波量も多くなっている。

次に現在堤の前にさらに二重に堤体を設けた場合について検討してみた(写真-6.20)。図-6.13は前面堤の第一堤の $d$ が $50\text{m}$ 、第二堤の $d$ が $90\text{m}$ の場合の結果で、比較のために第一堤のみの場合の結果も示しておいた。これによると前面堤を二重にした方が越波量は多少少なくなるが、それでも現況の場合とほとんど同じにしかない。

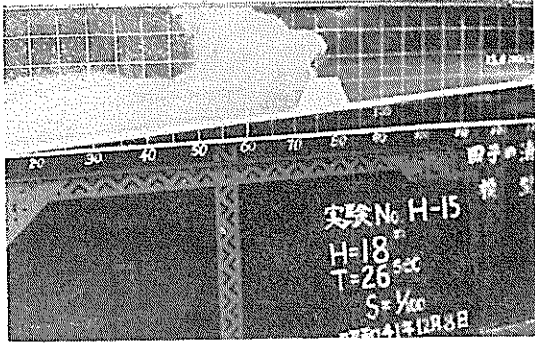


写真-6.18 二重堤 (D type) (3)  
 $d=70\text{m}$   $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$

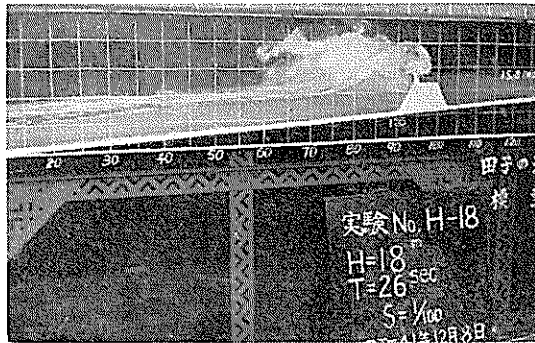


写真-6.19 二重堤 (D type) (4)  
 $d=90\text{m}$   $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$

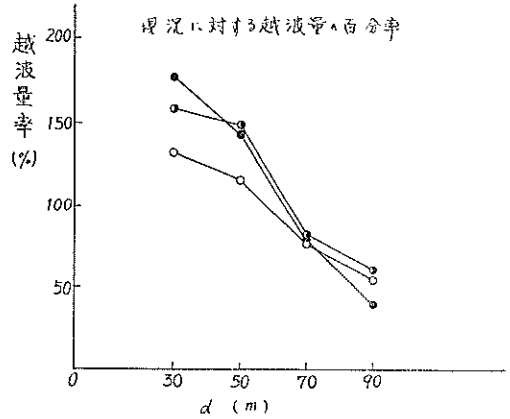
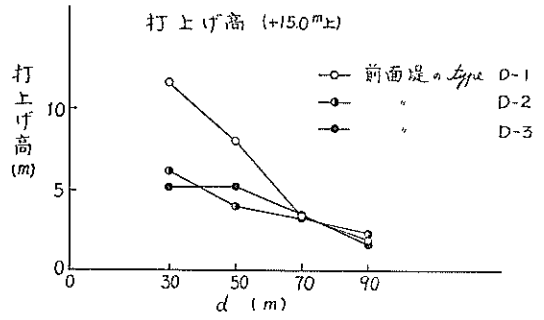


図-6.12 二重堤

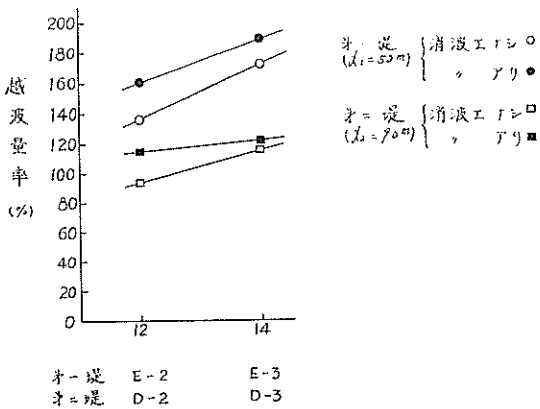
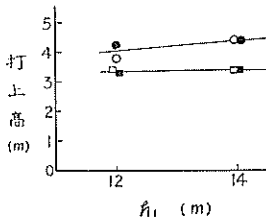


図-6.13 三重堤, 消波工

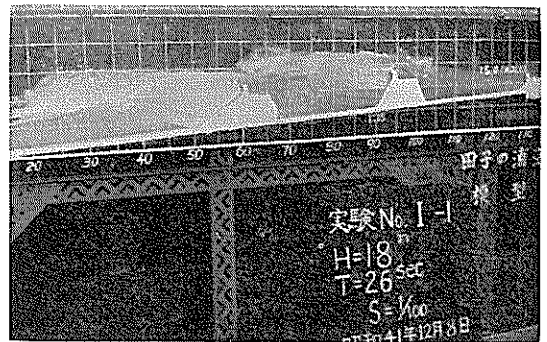
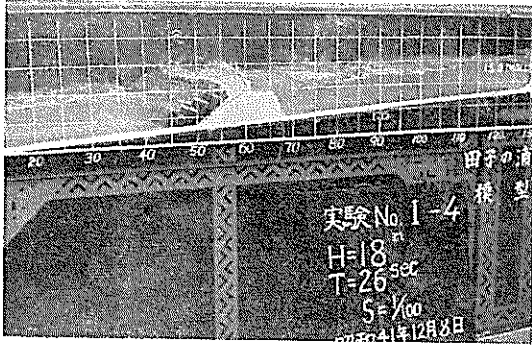


写真-6.20 三重堤  
 $d_1=50\text{m}$   $d_2=90\text{m}$   
 $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$

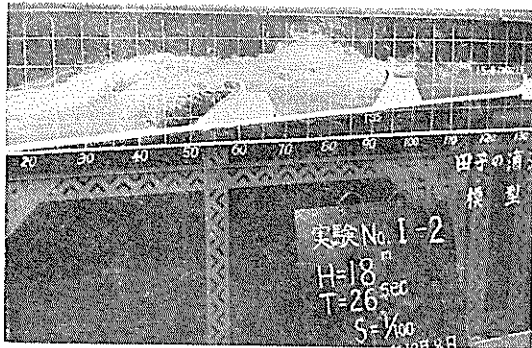
また同図には、写真-6.21および6.22のように消波工のある場合も合せて示してある。これからみてわかるように、砕波後の遡上流れに対しては、消波工は全く役に立たない。むしろ消波工のあることによって堤体を越えた水が戻りにくくなって、滞水位を上げることになり越波量を多くしている。

最後に前面堤と現在堤の間の排水をよくするため、前面堤を段違いにした段違堤について検討してみた(写真

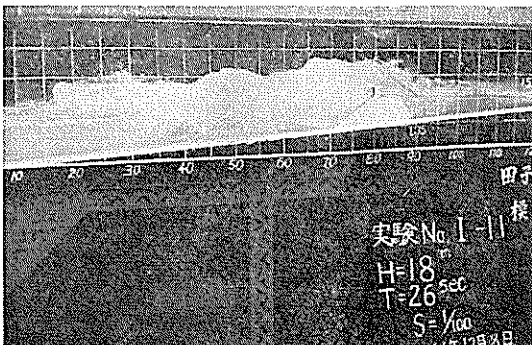
—6.23, 6.24)。この場合の模型平面図および実験結果は、図—6.14に示すとおりである。堤高を大きくするにしたがって越波量は減少するが8 mの場合でも現況の50%弱になるにすぎない。



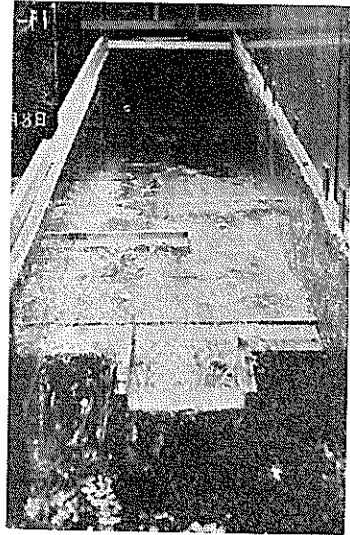
写真—6.21 二重堤消波工  
 $d=60\text{m}$   $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$



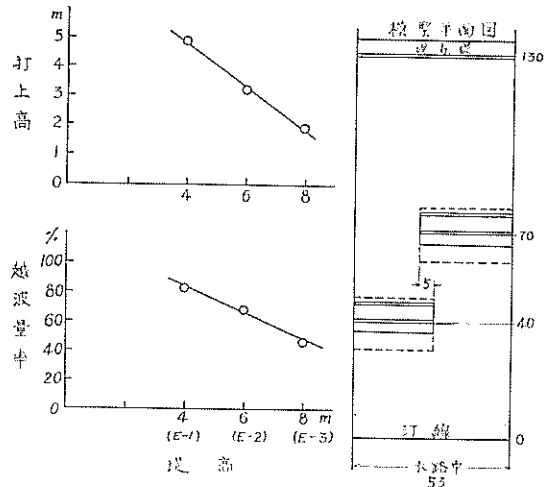
写真—6.22 三重堤, 消波工  
 $d_1=60\text{m}$   $d_2=90\text{m}$   
 $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$



写真—6.23 段違堤 (1)  
 $d_1=40\text{m}$   $d_2=70\text{m}$   
 $T=26\text{sec}$   $H_0=17.5\text{m}$



写真—6.24 段違堤 (2)  
 $d_1=40\text{m}$   $d_2=70\text{m}$



図—6.14 段 違 堤  
 $d_1=40\text{m}$   $d_2=70\text{m}$  表法勾配 1 : 15  
 中央部 5 m 重複

### 7. V字状形に対する検討

田子の浦港西海岸の堤防と防砂堤の取付部は堤防法線がV字状となる。そのため週上波の収斂により隅角部において越波が増大しないか、そして他のV字状形でない部分の計画天端高と同程度に越波量を押えるためには、さらにどの程度嵩上げすればよいかについて検討することになった。

この実験は津波水路において縮尺 $1/200$ の模型で行なう

ことにした。問題となる現地の平面図は、図-7.1に示すとおりであるが、これに対し模型では図-7.2 (1)のように水路幅中心線に対して左右対線、内面135°のV字状とし形状を単純化して取扱う (Case-A)。このように取扱うことによつて同図(2)に示すように、水路全幅に対し斜めに堤防を設けて片方の側壁を左右対称の中心線と見

做することが可能となる (Case-B)。このときは、現地においてV字状の頂点を中心として幅 400m の間を実験の対象としたことになり、それは防砂堤をほとんど含む範囲である。また頂点でない方の側壁は田子の浦港西防波堤を越波を許さないような直立壁で置き換えたものに相当する。

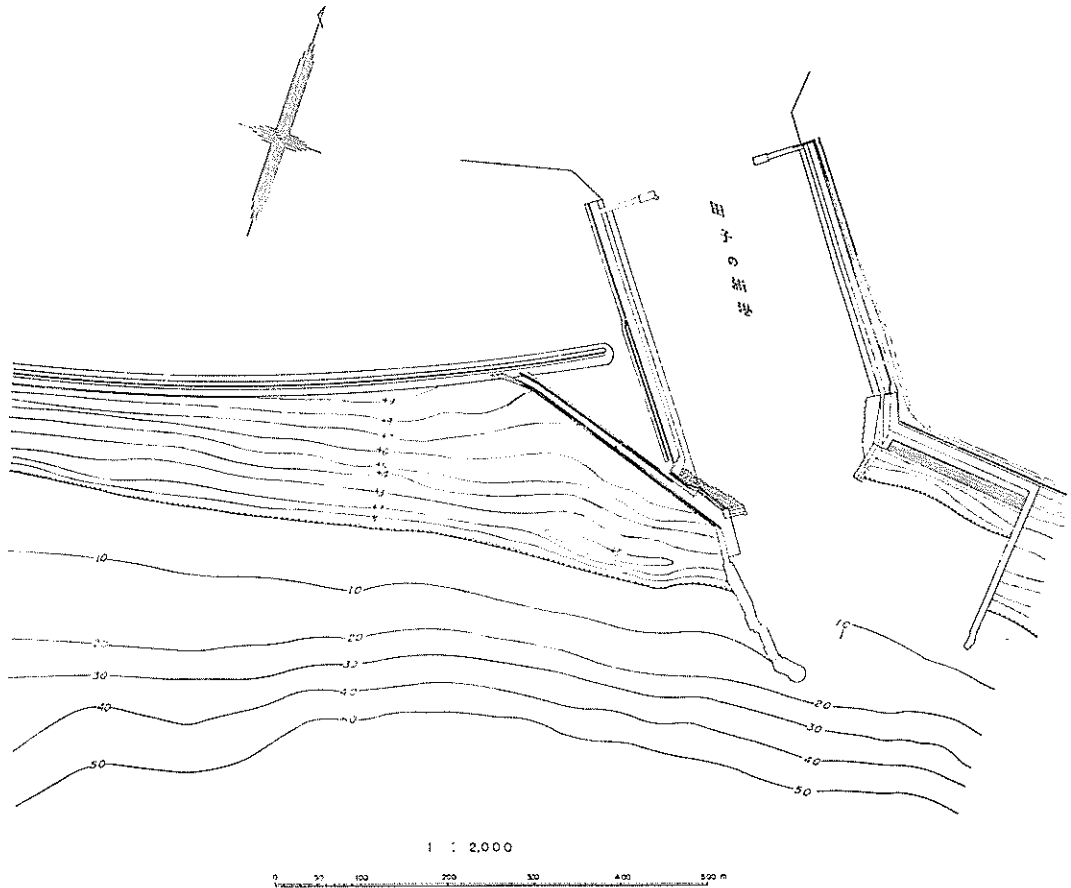


図-7.1 堤防法線のV字状形部

一般に天端高を規定するものとしては、打上げ高と越波量があるが、この実験においては既に述べてきたように、打上げ高は参考程度に取扱い越波量を主として検討している。このV字状形法線堤防の検討においても、まず越波を許さない状態で打上げ高の分布を調べ、その概略の傾向を把握し、しかるのち重点的に越波量を検討することにした。越波については図-7.2に示すように汀線方向に模型で20cm毎の隔壁を設け、そこに貯留する量を測定し単位幅あたりの平均越波量を求める。

この検討に対する実験では、縮尺および模型堤防の断面共に異なるから、前の実験波を縮尺 $1/200$ に換算しなおして適用することは避けて、汀線より130mの位置に天端高19mの直立壁を設け、越波量が前の実験結果とほぼ等しくなるようにあらためて実際波を決定し、それに対して実験を行なうことにした。実際越波量は、波高の些少な変化によってもかなり異なる場合がある。縮尺が違い相対水深の異なる模型に対して、微小振幅波理論によって算定される沖波高を一致させるようにして、所定の波

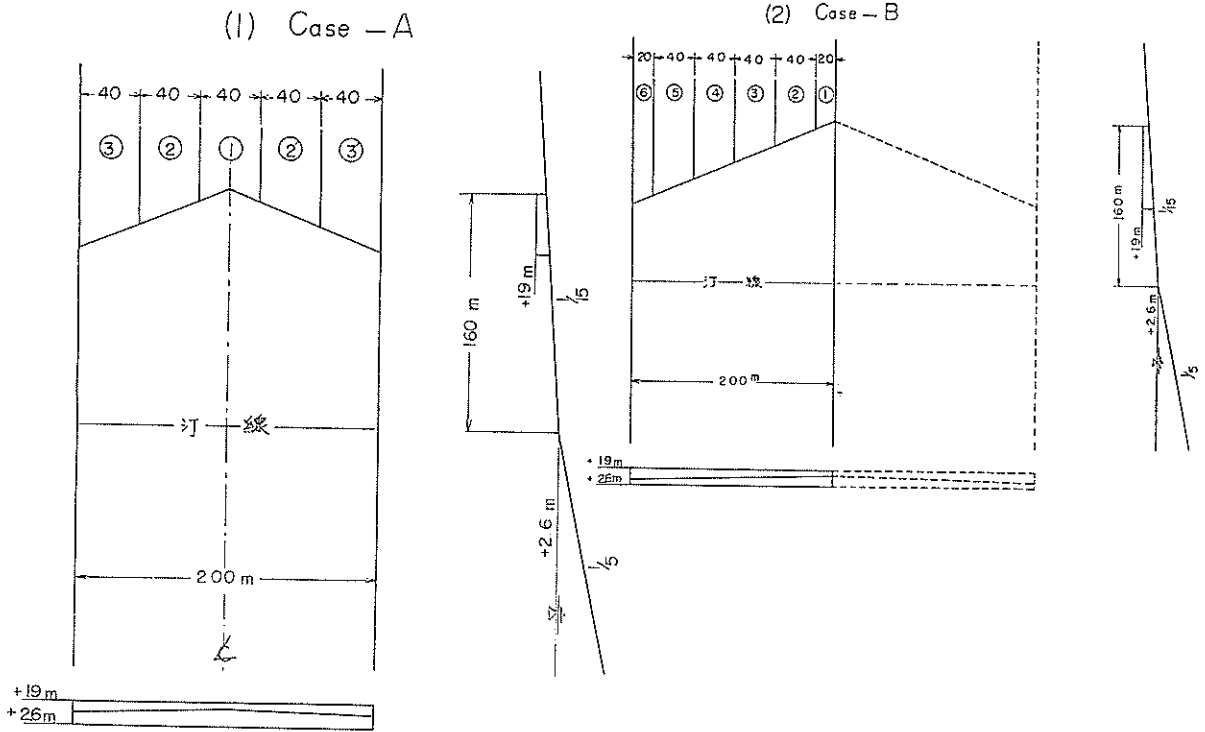


図-7.2 模型の説明

高を算出したものでは、効果のかなり違う波によって実験を行なう可能性が予想されるし、波高測定の見誤差が伴えば尚更である。

図-7.3は打上げ高に関する実験結果を無次元表示の形で示したもので、縦軸は静水面 (W. D. L上+2.6m) 上の打上げ高と沖波高  $H_0$  の比、横軸はV字状の頂点0から堤防波線方向に測った距離  $d$  と沖波長の比であり、汀線からV字状頂点までの距離をパラメーターとして示してある。これらの実験値は頂点0に対し右側と左側の同じ距離での測定値の平均値である。このような打上げ高の分布は、V字状の頂点において打上げ高が大きいという傾向を示している。特に周期が長くなると、この傾向が顕著になり、また沖波高に対する打上げ高も大きくなる。Case-A と Case-B の違いについては、前者の方がやや小さい値となっているがそれほど大きな差異ではない。さらに側壁によって限定される幅の影響を検討するため、図-7.3の説明図に示すように Case-B に対して水路幅中央 (Case-B') および頂点側より水路幅の  $3/4$  (Case-B'') の所に隔壁を設けて打上げ高を調べた。 $l/L_0=0.133$  (周期30秒の実験波) および  $l/L_0=0.0374$

(周期90秒の実験波) について検討している。その結果も合せて図-7.3に示してあるが大きな差異は認められない。写真-7.1~7.4はこのような打上げの状況を示すものである。

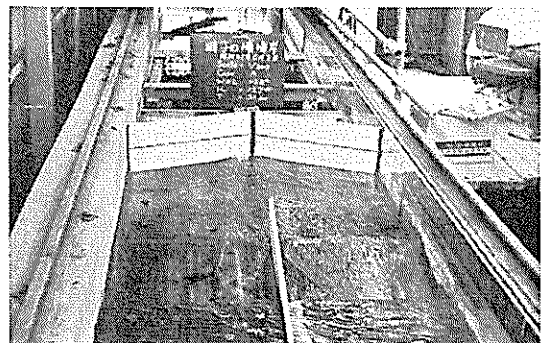
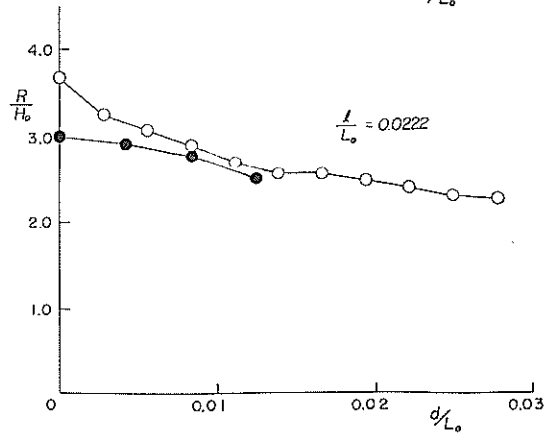
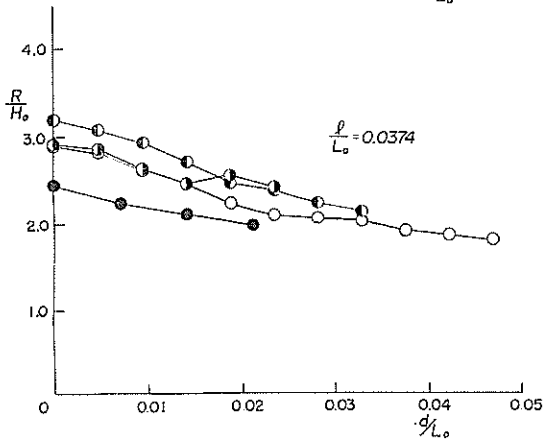
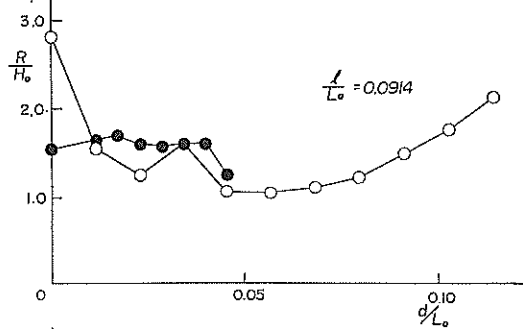
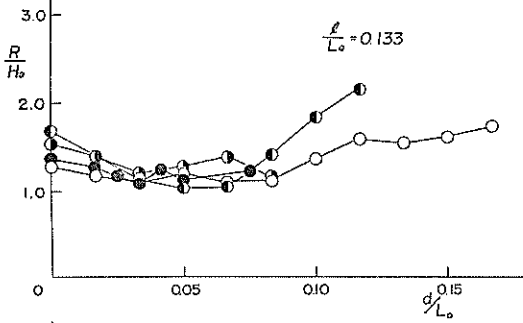
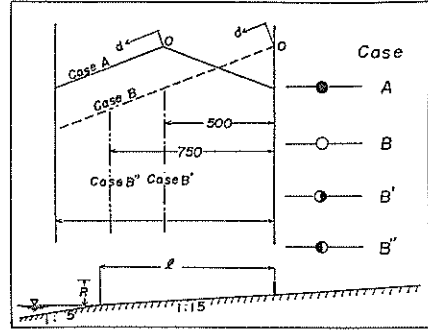
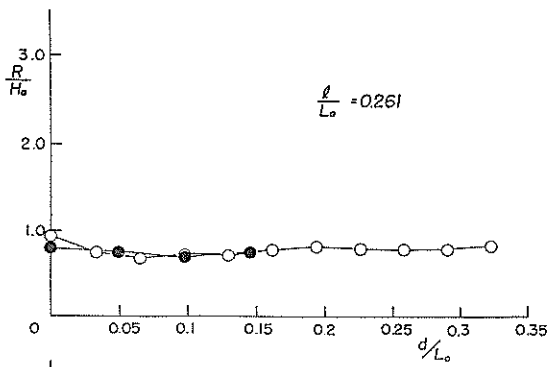
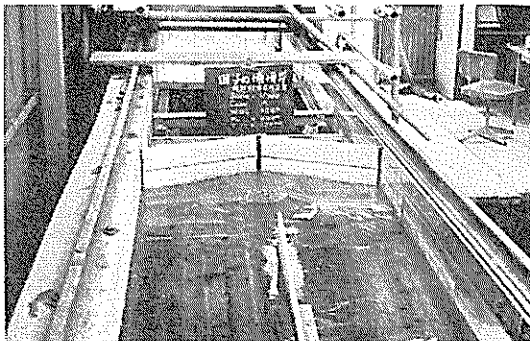


写真-7.1 V字状形堤防への打上げ  
Case-A (1)  $T=30\text{sec}$

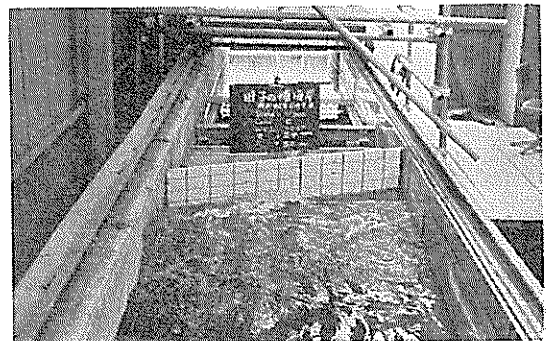




図一7.3 V字形法線堤防における打上高



写真一7.2 V字形堤防への打上げ  
Case-A (2)  $T=150\text{sec}$



写真一7.3 V字形堤防への打上げ  
Case-B (1)  $T=30\text{sec}$

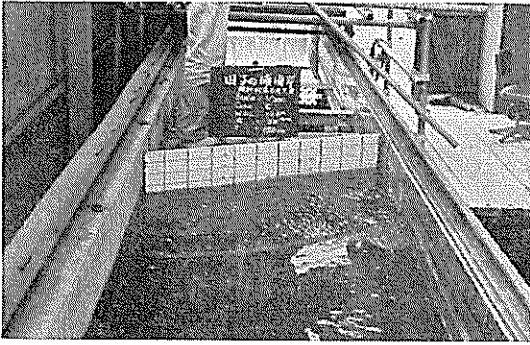


写真-7.4 V字形状堤防への打上げ  
Case-B (2)  $T=150\text{sec}$

以上のような打上げ高に対する概略の傾向を把握してからのち、V字状法線堤防に対する越波の実験を行なった。この場合も、Case-A と Case-B の両方について検討し、天端高を Case-A の場合19mと21m、Case-B の場合は19mから22mまで1m毎に変えている。その結果を図-7.4にまとめて示す。これらの各図において右端の指示線は、汀線から130mの位置に汀線と平行に天端高19mの直立堤防を設けた場合の基準越波量を示すものである。このような条件のもとでは、周期90秒および150秒の実験波に対しては越波量は零となる。

越波量の分布は打上げ高の分布とよく対応している。波の条件によって越波量の分布の状況はかなり異なっているが、いずれの場合もV字状の頂点において増大する傾向が認められる。しかしこの増大した越波量も、頂点から40mも離れると急激に減少している。特に周期40秒程度の波については分布の変化が著しく、頂点から80m付近で極小となり、頂点および越波を許さないような直立壁で置き換えている西防波堤付け根付近で越波量は著しく増大している。このような来襲波による越波量の分布



写真-7.5 V字形状堤防での越波  
Case-A(1) 天端高19m  
 $T=30\text{sec}$   $H_0=12.4\text{m}$

状況の相異は、砕波点と堤防までの距離および遡上流と衝突後の流れの位相差等に基づくものと推察される。写真-7.5~7.10に越波の状況を示す。

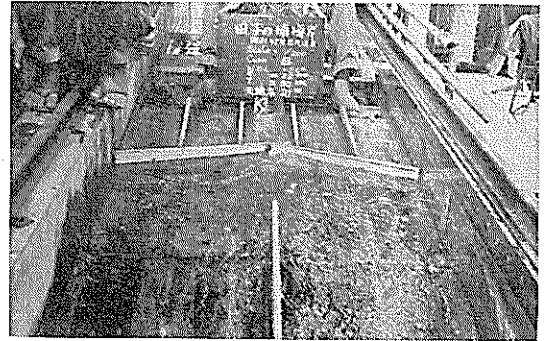


写真-7.6 V字形状堤防での越波  
Case-A(2) 天端高21m  
 $T=30\text{sec}$

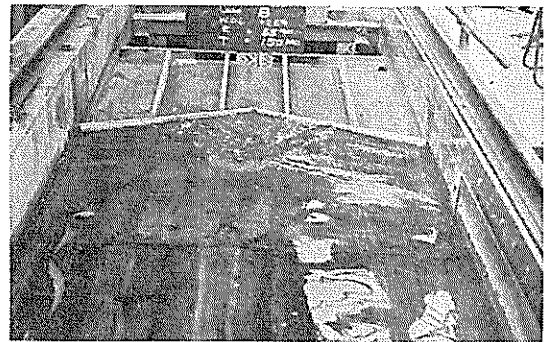
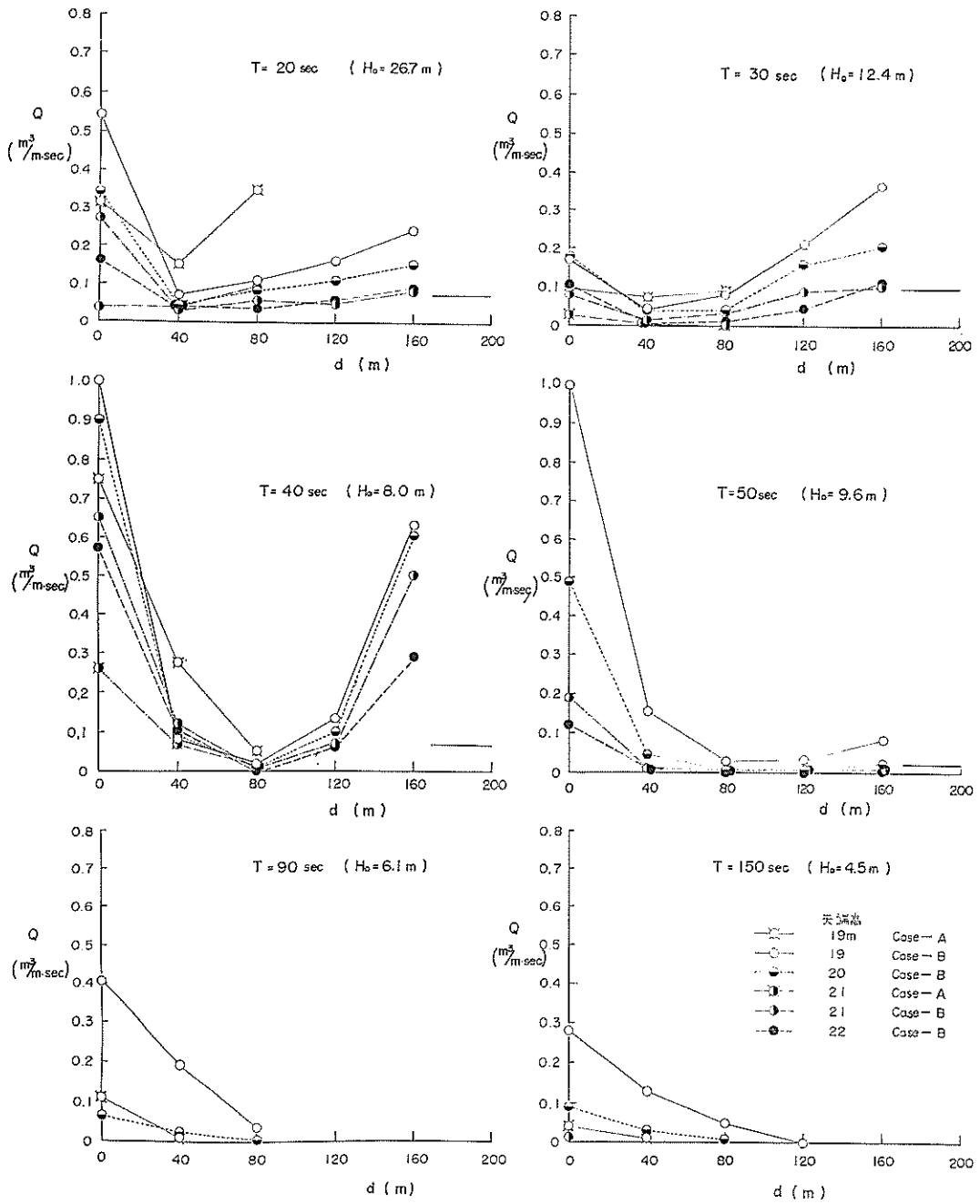


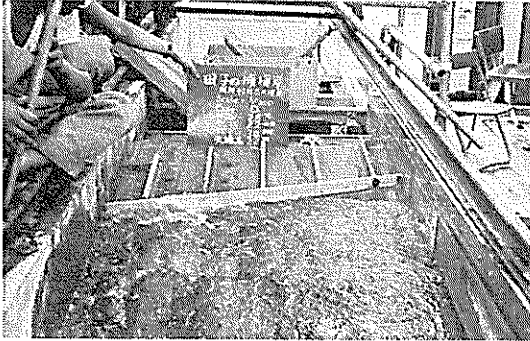
写真-7.7 V字形状堤防での越波  
Case-A(3) 天端高19m  
 $T=150\text{sec}$



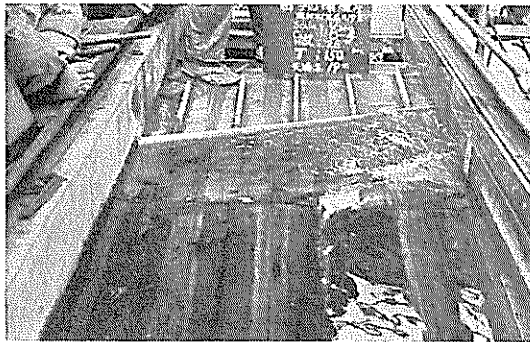
写真-7.8 V字形状堤防での越波  
Case-B(1) 天端高19m  
 $T=30\text{sec}$



図一7.4 V字状形法線堤防における越波量



写真—7.9 V字形状堤防での越波  
Case-B(2) 天端高22m  
 $T=30\text{sec}$



写真—7.10 V字形状堤防での越波  
Case-B(3) 天端高19m  
 $T=150\text{sec}$

Case-A と Case-B の間に差異は認められるが、基準越波量と同程度の越波量に押えるためには、頂点を中心に左右20m内外の範囲を+22m程度の天端高に嵩上げする必要があろう。

## 8. 結 論

以上、田子の浦海岸堤防に関する模型実験の結果について述べてきたが、結論を要約すると次のとおりである。

- 1 吉原海岸元吉原小学校裏の砂丘堤を越流高1mとなって越えるような実験波は、W.D.L 上2.6mの潮位に対して、周期20秒の場合沖波高にして23m、150秒の場合4m程度の波となる。(表—4.1あるいは図—5.6参照)
- 2 現在堤を補強嵩上げする場合は、天端高を20mにすることにより、周期20~40秒の波に対し越波量を現況(天端高15m)の3~10% (0.06~0.2m<sup>3</sup>/m sec)に減少させうる。
- 3 現在堤の10m背後に第二壁体を設ける場合は、天端

高を同じく20mにすることにより、周期20~40秒の波に対して、越波量を現況の2~6%(0.05~0.09m<sup>3</sup>/m sec)に減少させうる。

4 第二壁体の設置位置を海水が貯留しないような構造で、さらに背後に移すと、越波に対してより効果的となり、たとえば50m背後の場合は、天端高18mでも越波量を現況の5%(0.06m<sup>3</sup>/m sec)程度に押えることが出来る。

5 周期60~150秒の長周期波に対しては、上述のいずれの場合においても、天端高18mで越波量は現況の5%以下となる。

6 現在堤前面に別の堤体を設け二重堤あるいは三重堤にする方法は、現在堤にほぼ匹敵する規模で段違い堤にしても、越波量を現況の50%程度にしか減少させることが出来ず、好ましい構造でない。

7 堤防前面に消波工を設けて、遡上流による越波を減少せしめる効果は期待することが出来ない。

8 堤防法線のV字形状の頂点においては、越波は増大する。汀線に平行に天端高19mの堤防がある場合と同程度に越波量を押えるためには、頂点を中心に左右20m内外の範囲を天端高+22m程度にまで嵩上げする必要がある。

## 9. あとがき

この模型実験は、昭和41年10月から42年6月に至るまで、港湾局防災課の要請に応じて次々に実施されたものである。

越波量に関する実験は、非常に微妙であって、造波装置の偏心、周期、潮位等条件の些少な変化および水路内の静穏度の相違によってその値は相当異なることもある。我々は実験に際して、これらの点に関し細心の注意を払ったが、実験者の注意の限界以上のものもあることは止む得ない。規則波で実験を行っていると云っても、実験波群の一波一波にはばらつきがあり、そしてそのような実験波群で何回か実験を繰返し得られる値にもかなりのばらつきがあるのである。したがって、このようなばらつきのある測定値の平均でまとめられている結果の一つ一つは、かなりの幅をもった値の代表値に過ぎないことを十分念頭において、実験結果を解釈して頂きたい。

また越波量の値そのものを波の諸元と結びつけて論じるときは、波高の測定方法および表現方法を十分明らかにした上でなければならない。実際越波量は波高の僅かな相違によっても相当異なる場合もあり、微小振幅波理論によって算出された沖波高が一致する場合でも、波高測定点での相対水深が大きく異なるときは、越波量

は違うかもしれない。波高の測定方法が異なったり、測定に伴う誤差が大きいときは尚更である。こうした理由によって、我々は努めて越波量のある基準の量に対する比較の形で論じてきた。しかし二、三については、一般的傾向をより明白に把握するために無次元表示の形でまとめたところもある。

この実験は、周期にしても18秒から150秒までの広範囲に亘り、ケースも多岐にわたってこの種の模型実験としては、かなりの時間を要した。この実験を担当した者は次のとおりである。

総括 伊藤喜行 水工部 防波堤研究室室長  
川上善久 元水工部 波浪研究室室長  
実験責任者 谷本勝利  
小型水路および大型水路における模型実験担当者

広本文泰, 阿部淑輝, 須藤茂, 天坂三明, 和泉弘, 菊地芳裕

津波水路における模型実験担当者  
木原力, 守屋義一, 千葉繁