

土 木 研 究 所 資 料

第 441 号

蒲原海岸模型実験報告書

昭和 44 年 3 月

建設省土木研究所

本文目次

河川部海岸研究室 室長 富永正照
技官 伊藤生哲

1. ま え が き	1
2. 地形および海象条件	2
2-1 地形条件	2
2-2 海象条件	11
(1) 潮 位	11
(2) 波 浪	15
3. 模 型 実 験	16
3-1 実験条件および相似則	16
(1) 実験条件	16
(2) 相似則	18
3-2 実験施設および方法	20
3-3 実験および実験結果の検討	20
(1) 堤防の法面およびパラペットに作用する波圧	20
(2) 天端高 $T.P + 15.0 m$ の堤防の越波量	33
(3) 放水暗渠内に作用する波圧	38
(4) 波圧におよぼす前浜の効果	41
4. 結 論	46
5. あとがき	48

図 に 関 す る 目 次

図 2-1	駿河湾全体図	2
2-2	蒲原海岸実験対称地区	3
2-3	汀線変動	5
2-4	屈折図	7
2-5	横断図	12
2-6(1)	清水港検潮所 '66.9.25~26 潮位記録	14
2-6(2)	台風26号による田子の浦港の潮位変化	14
3-1	大型二次元水路概要および模型配置図	17
3-2	模型堤防(天端高 T.P. + 15.0 12.0 m)	21
3-3	波圧および水位の現象記録例	23
3-4	波の衝突状況	24
3-5	波圧と波速の関係	24
3-6	全波圧~時間曲線	26
3-7	最大同時波圧, 最大波圧, 絶対最大波圧	27
3-8	法面上の最大波圧分布	28
3-9	全波圧と沖波々高(周期をパラメーター)	31
3-10	〃 〃 (潮位をパラメーター)	32
3-11	昇降路模型水路内配置図	33
3-12	うちあげ高と沖波々高(周期をパラメーター)	35
3-13	〃 〃 (潮位をパラメーター)	35
3-14	越波量の変化状況	36
3-15	越波量と沖波々高	37
3-16	昇降路地点と他の場所の越波量	37
3-17	放水暗渠配置および模型図	38
3-18	波圧現象記録例	40
3-19	暗渠内の各位置の波圧	42
3-20	鉛直堤防模型図	43
3-21	堤防位置と全波圧	44
3-22	堤防のり法尻における平均水面の上昇量	45
4-1	設計対称波 $T = 20.0 \text{ sec}$, $H_0 = 22.0 \text{ m}$ の波圧分布	46

写 真 に 関 す る 目 次

写真 2-1	43. 3 撮影神沢川河口付近	4
2-2	26号台風被災直後の同上	4
3-1	波の衝突状況	22
	3-1 (1) $H_0 = 23.75m$	22
	3-1 (2) $H_0 = 20.35m$	22
3-2	放水暗渠波圧計取り付け状況	39
3-3	放水暗渠排水口付近	39

表 に 関 す る 目 次

表 2-1	実 測 波 浪	15
3-1	実験諸元一覧および縮尺	19
3-2	波圧と水深の関係	23
3-3	波圧と波速の関係	25
3-4	最大同時波圧，最大波圧，絶対最大波圧一覧表	29

1 ま え が き

昭和41年9月25日から26日の早朝にかけ、台風26号により発生した高波によって、駿河湾沿岸一帯はかなりの被害を受けた。とくに、湾奥の被害の状況はひどく、西は由比海岸から、東は原海岸に至る間で、13名の人命を失い、流失した家屋および船舶はかなりの数に達した。

この被害の状況をみると、富士海岸の一部の堤防が破壊した以外、海岸構造物自体の被害は比較的少なく、被害の主なもの、越波した1～2波の波が、堤防背後地の低い所に集中し、そこにあった人家等を押し流したものであった。

土木研究所では、被害直後、被害状況の現地調査^{*1)}と模型実験^{*2)}を行なって、蒲原から沼津に至る海岸の堤防高を再検討した。

蒲原海岸については、向田川を境に、これより以西は堤防天端高 $T.P+1.2.0m$ （現在 $8\sim 10m$ ）、以東は $T.P+1.5.0$ （ $10\sim 12.0m$ ）にそれぞれかさあげ改修することになった。

この改修計画により、地盤よりの堤防高はかなり高くなる。また、いままで越波を許していた堤防をかさあげし、波をほとんど完全に遮断するので、堤防にかかる波力が増大し、堤防の構造をより強固にしなければならない。

従来、堤防に作用する波力は、防波堤の設計に用いられる公式を準用したり、経験的な公式を代用してきたのであるが、当海岸のように、海床は急勾配のうえ複雑で、しかも堤防はバラベツトを有するものである。このような堤防に作用する波力は過去に検討された例はないようである。

そこで蒲原海岸の天端高 $T.P+1.2.0m$ および $1.5.0m$ の堤防の法面、ならびに、バラベツトに作用する波力を調べた。

なお、越波量については、すでに42年度に一応の結果が得られているのであるが、さらに実験条件を加えて実験を行ない、越波量の問題を再検討した。

堤体の改修工事とともに、堤内地の内水排除のために、堤体内に排水暗渠を設けることになった。排水口の敷高が $T.P+2.1.0m$ なので、暗渠内への波の侵入が予想され、はたして波が暗渠内に侵入したとき暗渠内にどのような力が作用するか、模型実験を通じ調べた。

以上の実験は、中部地方建設局静岡工事事務所の依頼を受け、行なったものである。

*1) 土木研究所資料・266

*2) " 305

2 地形および海象条件

2-1 地形条件

模型実験の対称地区は、図2-1、図2-2に示す区域である。

図2-1は、駿河湾全体を、図2-2は蒲原海岸一帯を示した。これらの図に示すように、蒲原海岸は、湾口がほぼ南に向って開いている駿河湾の湾奥、富士川河口から由比海岸に至る約4.0 Kmの海岸である。

駿河湾を全体的にながめると、東側は伊豆半島にさえぎられ、西側は御前崎を頂点とし、ほぼ北東に伸びた陸地に囲まれた細長い湾である。この湾の西側の海岸には、大井川、安倍川などの一級河川が流れ入り、海岸は砂ないし砂利により成り立っている。一方、これに比べ、東側の裏伊豆の海岸は、ほとんど急峻な海崖をなしている。富士川河口から石廊崎および御前崎

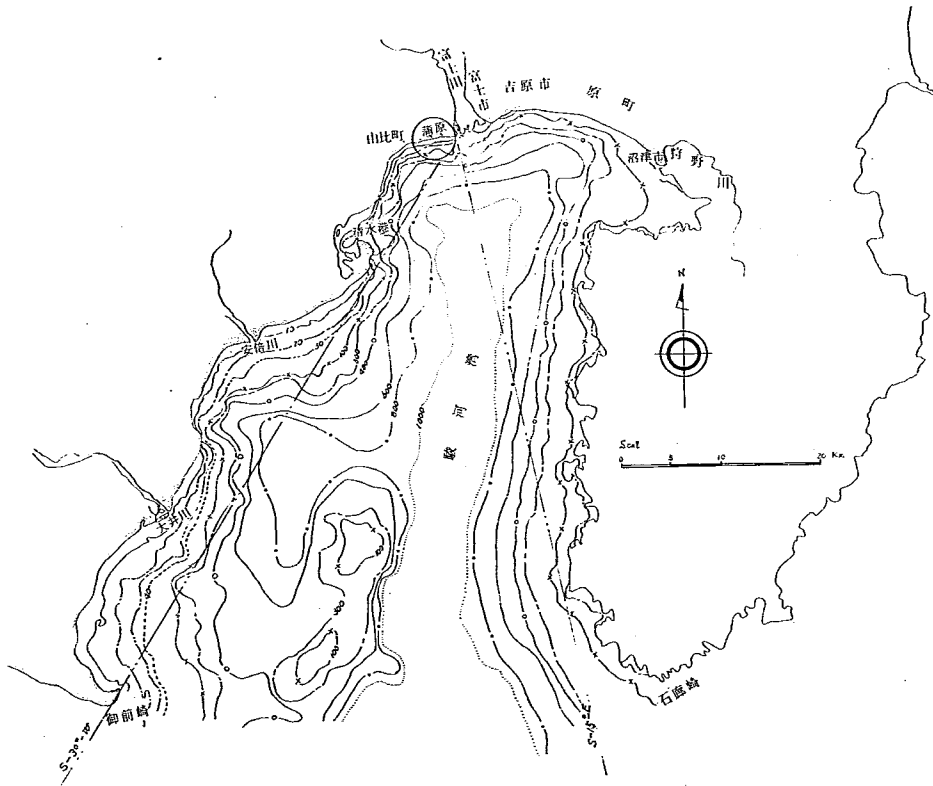


図2-1 駿河湾全体図

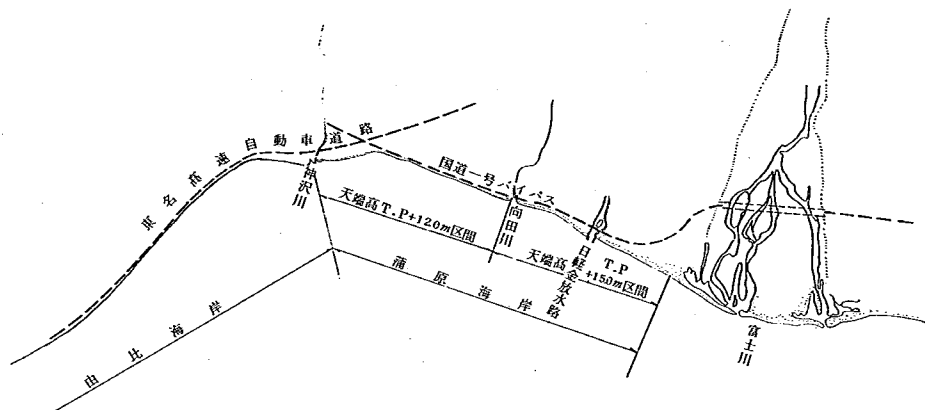


図 2-2 浦原海岸実験対称地区

に結ぶと、それぞれ $S-15^{\circ}-E$, $S-30^{\circ}-W$ となり、その狭角は約 45° で、沖波はこの間の各方向から来襲するが、駿河湾は、水深 1000 m の等深線が、湾奥まで深く入りこんだ非常に深い湾なので、波はほとんど減衰せずにそのまま海岸近くまで押し寄せるものと考えられる。ただし、湾口から大井川河口地先にかけて、そうとう広範囲に水深 100 m の浅い部分があるので、御前崎寄りから来襲する波は、減衰し小さくなるものと予想される。以上のことから、浦原海岸に来襲する波は、ほとんど、南寄の波に限られると推定される。

浦原海岸のみについて局部的に眺めると、図 2-3 および図 2-4 のようになる。図 2-3^{*3)} は、浦原海岸の一部につき汀線変動と、台風 26 号による堤防背後地の冠水部分を示したものである。資料の数が少なく正確なことは解らないが、昭和 25 年から昭和 41 年までの 16 年間に、ほぼこの区間全体にわたり $30 \sim 35\text{ m}$ の汀線の後退が見られる。

筆者等の一人が、昭和 39 年 6 月頃に、神沢川地先に据えつけてあった波高計の検定、および、波浪観測に来たことがあるが、このときの記憶では、この付近の海岸の浜は、ほぼ $30 \sim 40\text{ m}$ 程あり、波うち際には、 $50 \sim 60\text{ kg}$ の玉石が転在し、その玉石に小さな巻貝がたくさんついていたのでおぼえているが、現在この付近は、写真 2-1 に示すように、浜は $20 \sim 30\text{ m}$ でしかも玉石は見られない。また当時に比べ浜も低いようである。

これらのことから、当海岸も侵食性の海岸と考えられ、侵食の度合は、由比海岸寄りが大きく、富士川河口に近づくにしたがって小さくなっている。

また、特に注意しなければならないことは、台風 26 号の前後に、汀線の後退が見られるこ

* 3) 浦原町提出の陳情書による。



写真 2-1 43 年 3 月撮影 神沢川河口付近



写真 2-2 26 号台風被災直後の同上

とである。向田川～日軽金放水路間では、 $20 \sim 30 m$ の後退が見られる。現在はほぼ以前の汀線まで復帰しているようであるが、大きな波が来襲したときに、一時的にしろ、そうとう大きな汀線の後退および浜の変動のあることを覚悟しなければならないであろう。写真 2-2^{*3)}は、写真 2-1 と同じ場所の 26 号台風の被災直後の状況である。

図 2-4 の各図は、南方向から入射する周期 20 sec の波について、屈折図を書いたもので

* 3) 前出

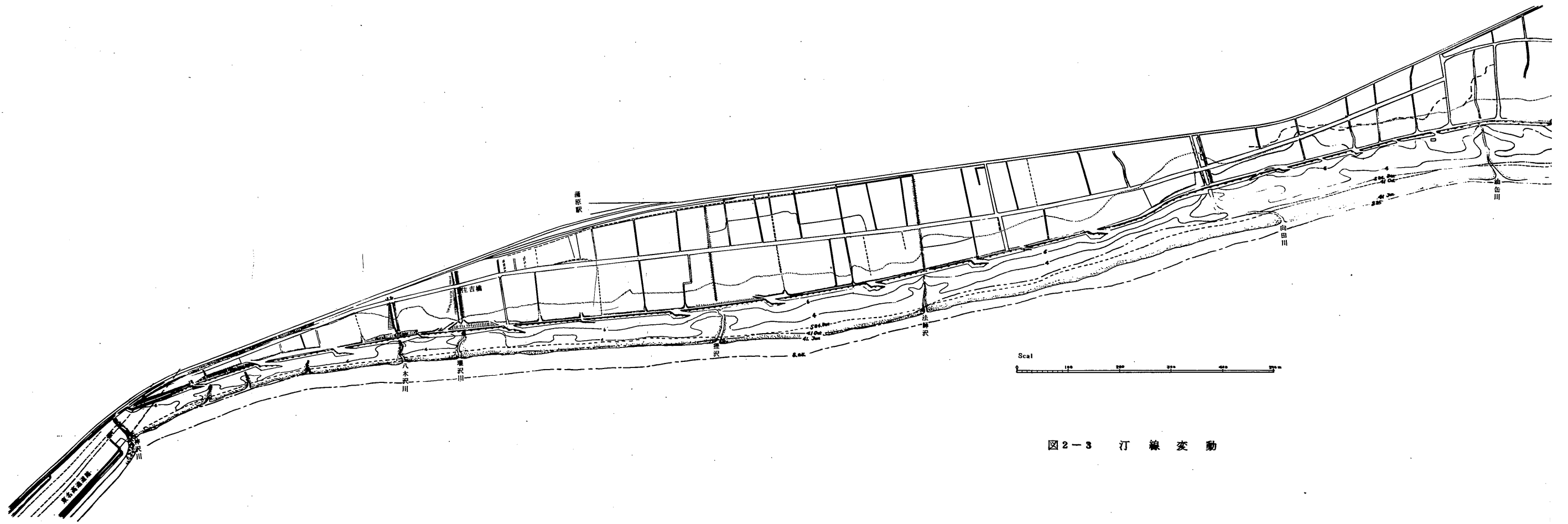


図2-3 汀線変動

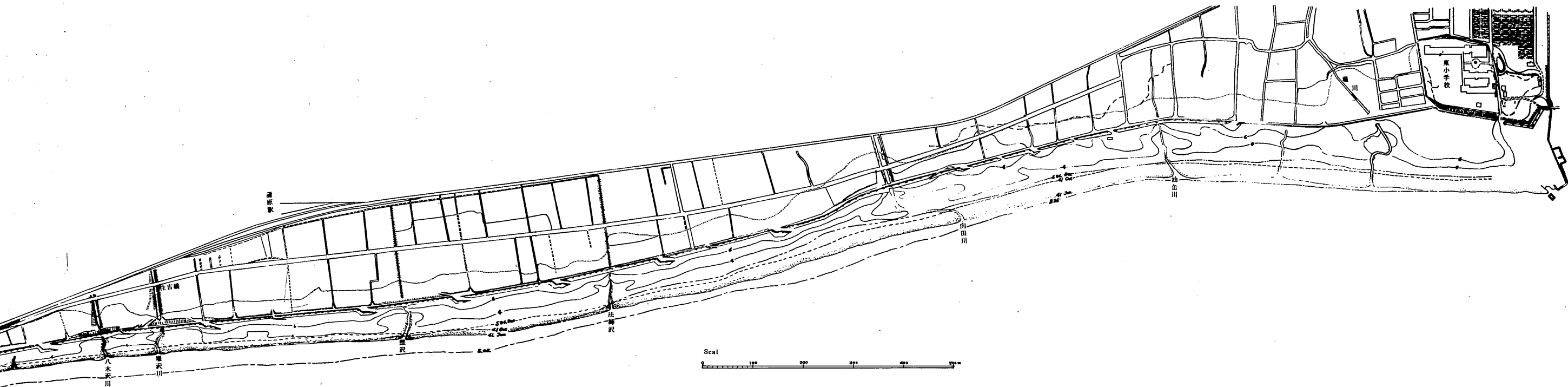


図 2-3 汀 線 変 動

凡	例
——	昭和25年海岸堤防施工時の汀線
---	昭和34年12月 測量の汀線
---	昭和41年6月 測量の汀線
---	昭和41年10月 実測測量の汀線
---	昭和41年26号台風時の越波による浸水区域

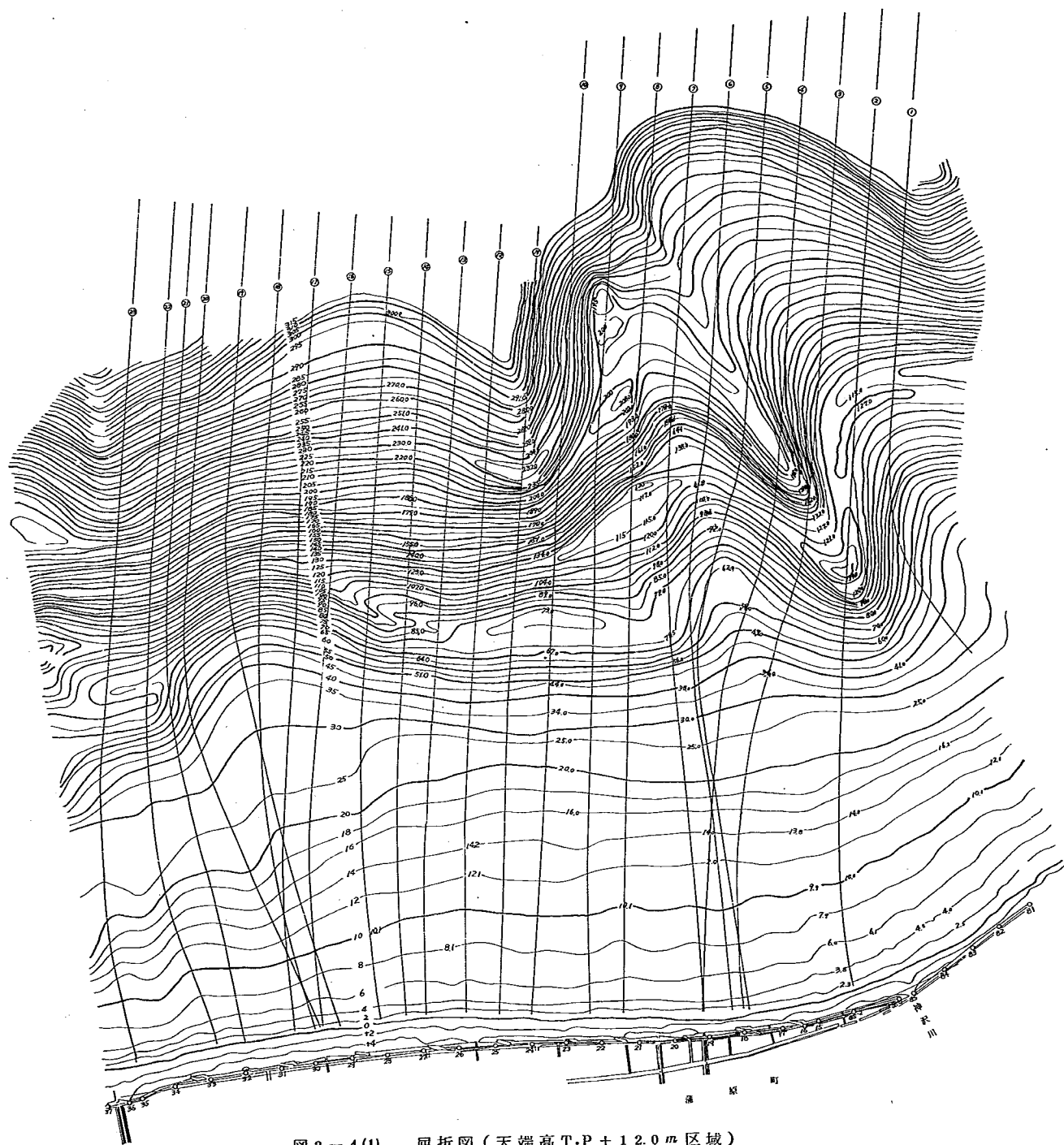


图 2-4 (I) 屈折图 (天端高 T.P. + 12.0 m 区域)

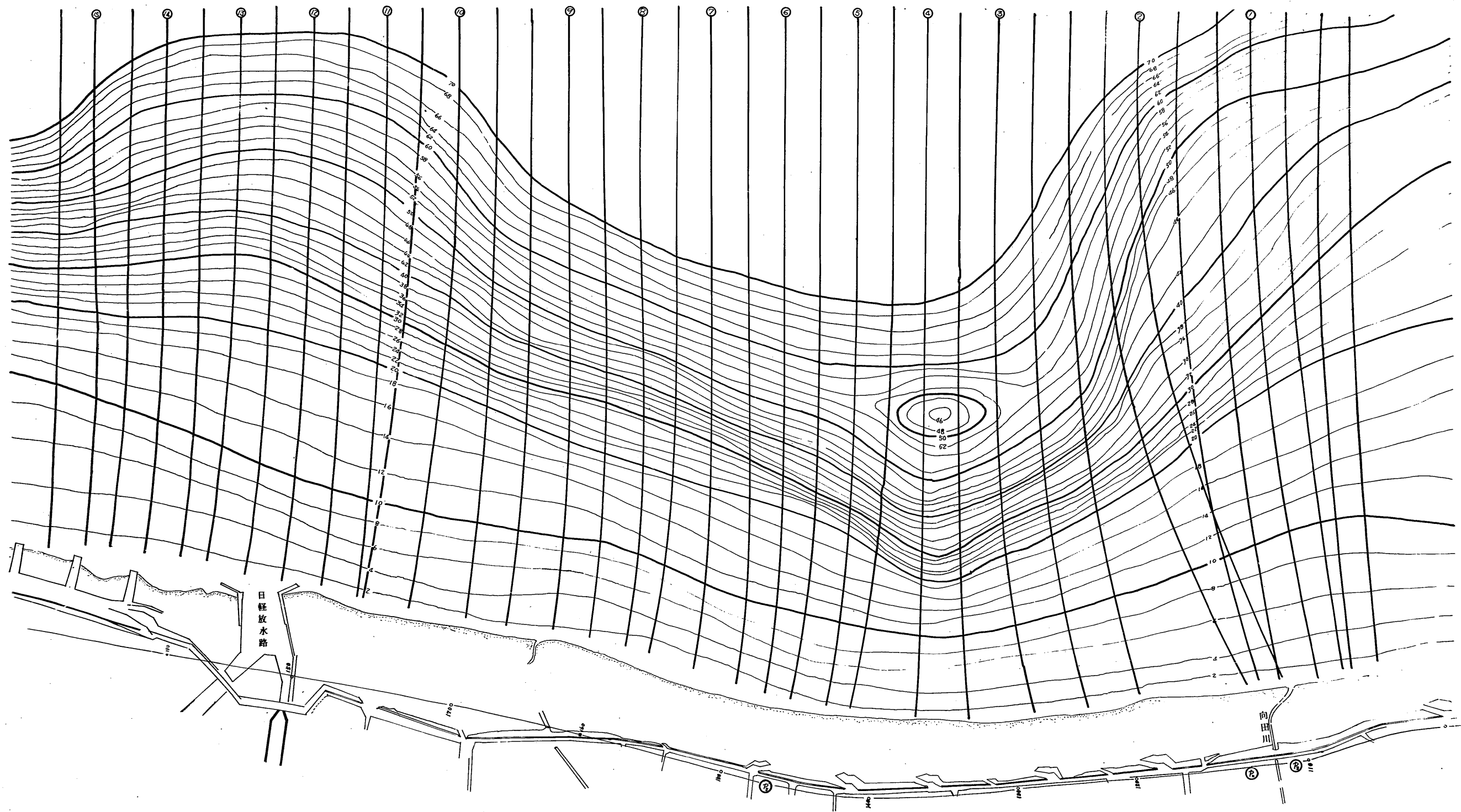


图 2-4(2) 屈折图

ある。それぞれ堤防天端高 $T.P+12.0$ 、および 15.0 m の区域について書いたものである。手持の資料の関係から、 $T.P+15.0\text{ m}$ の部分については、浅海領域全体にわたり書くことはできなかったが、これらの図から、波の集中状況や分散状況は、概略知ることができるであろう。水深 20 m における屈折係数は、ところにより、 20 ぐらいにもなる。

26号台風の被災状況を調べると、向田川河口付近および、東小学校西寄りが大きかったようである。これは、図2-4の波の集中性と良く一致している。

図2-5の各図は、図2-4の屈折図から、波の進行方向に沿って、海床のこう配を調べたものである。これによると、堤防高 $T.P+12.0\text{ m}$ の区域の海床は、水深 25 m までは、ほぼ一様に $1/30$ で、それより深い部分は $1/10$ ぐらいである。一方 $T.P+15.0\text{ m}$ の区域では、海床は場所により異なり、道路測点No130付近がもっとも急で水深 20 m までは $1/10$ で、それより深い部分は、 $1/8\sim 1/9$ である。富士川河口付近になると、 $1/20$ ぐらいになる。

図2-5にこれら海岸こう配とともに、汀線から堤防に至る間の前浜の状況を示したが、これは、昭和42年測量の図面を整理したものである。

これらの図から知れるように、由比海岸寄の前浜は低く且つ短い。測点No30付近では、堤防法尻で $T.P+2.0\text{ m}$ でしかも汀線までの長さは $20\sim 25\text{ m}$ である。堤防の天端高が変わるNo120付近では、法尻で $T.P+3.5\sim 4.0\text{ m}$ 、長さは $60\sim 80\text{ m}$ ぐらいある。これが日軽金の放水路西側あたりでは、法尻付近の砂浜は、現在の堤防のバラベットのたちあがり近くまで堆積しており、しかも汀線までの距離は 100 m 以上もある。放水路の東側は、これとは逆に低くなっているが、富士川河口に近づくにしたがって、浜の巾は徐々に広がっている。

2-2 海象条件

(1) 潮位

この付近一帯の海岸構造物に用いる計画潮位は、 $T.P+1.60\text{ m}$ と決められている。これは、清水港の朔望平均満潮位に最大偏差を加えた値である。清水港の朔望平均満潮位は、 $T.P+0.73\text{ m}$ であり、最大偏差は1953年の13号台風による 0.84 m である。駿河湾沿岸の各地における過去の主要な高潮位の記録*4)を巻末に示した。

これによると各地の最高潮位は、清水港、内浦で'53年、13号台風のときにそれぞれ $T.P+1.16\text{ m}$ 、 $T.P+1.25\text{ m}$ となっており、田子の浦では、26号台風時に $T.P+1.37\text{ m}$ となっている。

一般に計画潮位は、過去の最高潮位か、朔望平均満潮位+最大偏差のいずれかをとっているのであるが、過去の最高潮位からみて、 $T.P1.6\text{ m}$ はとくに大きな値ではないので、計画潮位としてはほぼ妥当の値と思われる。

*4) 静岡地方気象台資料による。

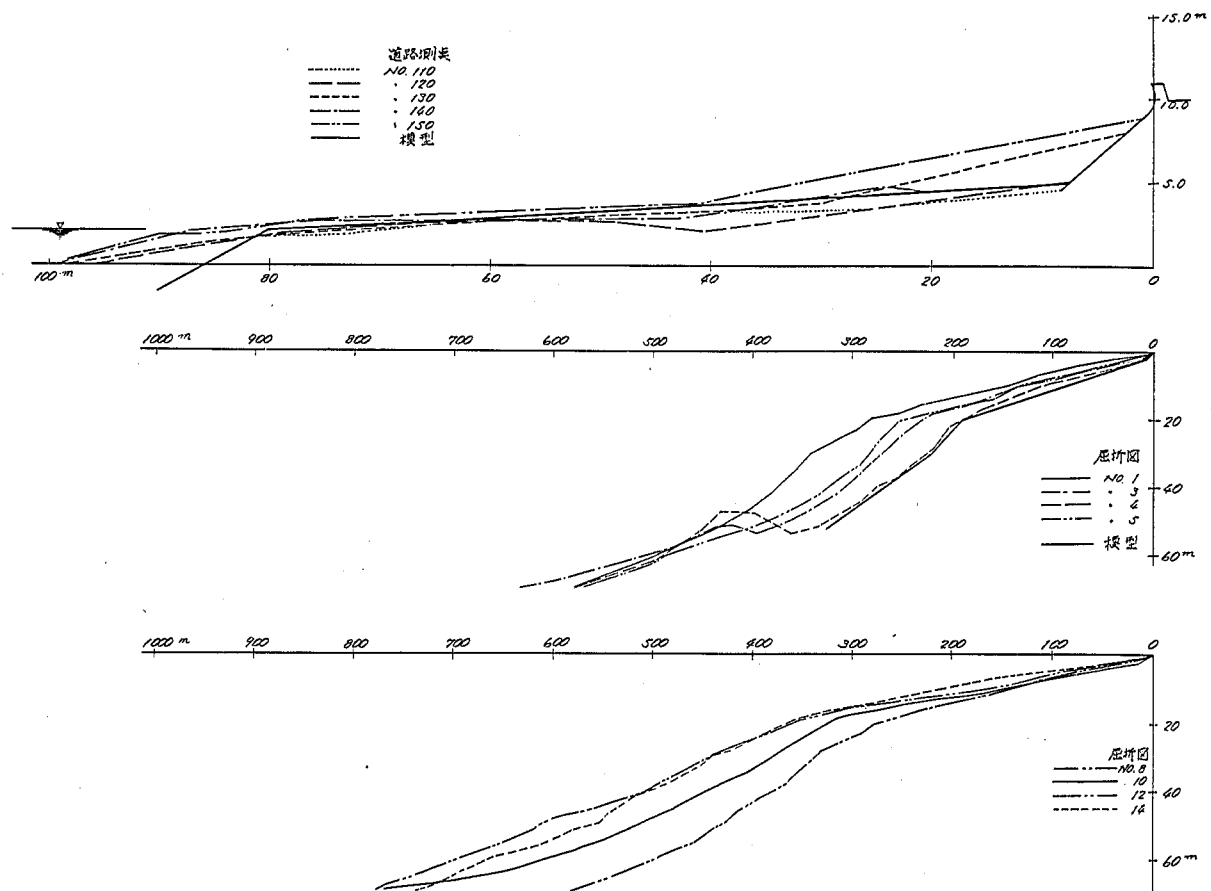


图 2-5-1 横 断 图

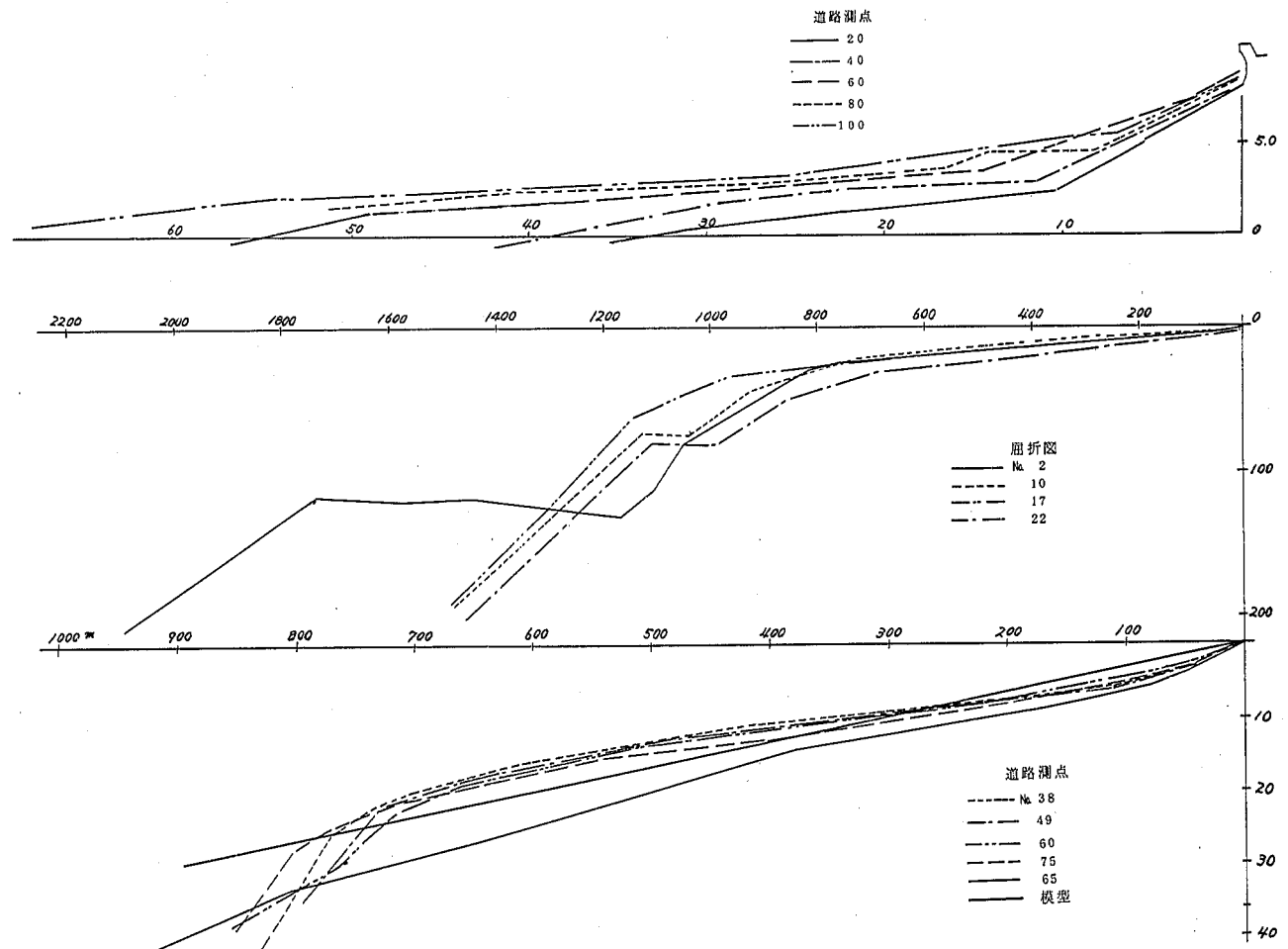


图 2-5-2 横 断 图

台風26号の際この付近の海域では、顕しい副振動がみられた。図2-6は、この副振動の状況を、清水港および田子の浦港について示したものである。

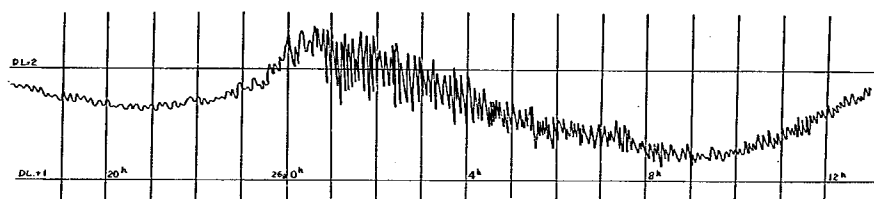


図2-6(1) 清水港検潮所 '66.9.25~26 潮位記録

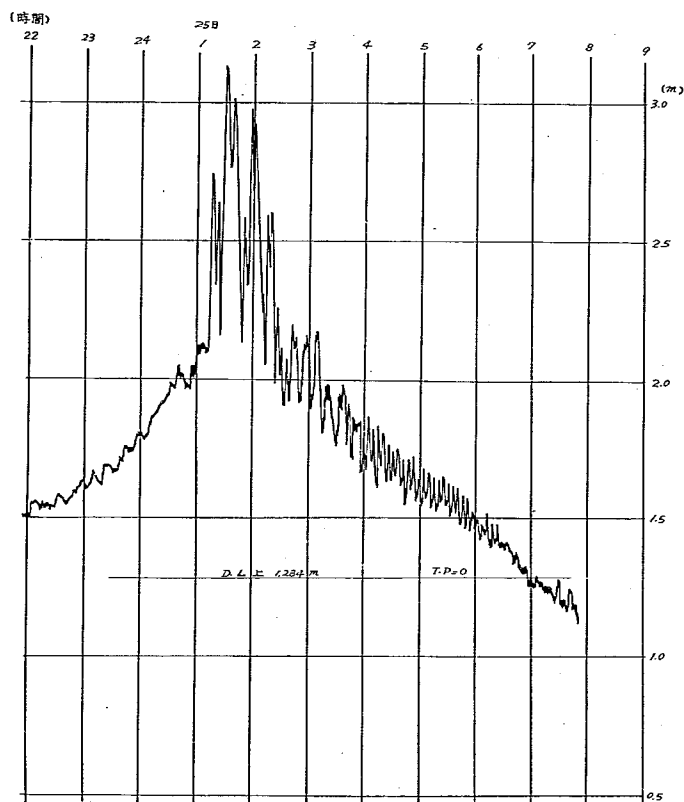


図2-6(2) 台風26号による田子の浦の潮位変化

これらの図からもわかるように、副振動は、周期10～20分、振巾は田子の浦港で1.0m、清水港で0.6～0.7mであった。このような副振動が、湾や港湾内の特有の振動なのか、波の来襲や風の吹き寄せによって生ずるものか、明らかではないが、模型実験を行なうと、いわゆるwave set-upによりかなりの平均水位の上昇がみられるので、ここでは副振動については考慮しなかった。

(2) 波 浪

この海域での波浪観測は、数年前まで由比海岸事業にともない、神沢川河口地先、および漁港先の2個所で階段抵抗線式波高計で行なわれてきたのであるが、41年以後は、波高計の故障で観測は中止されている。静岡県が、田子の浦港、沼津海岸の2個所で水圧式の波高計および測桿などで観測を続けている。建設省沼津工事事務所が43年度に原海岸へパイプロトロン波高計を設置し、波浪観測を行って来たのであるが、いずれの場所でも、いまだ大きな波の記録はとれていない。過去大きな波の記録としては、田子の浦港の水圧式波高計が、'59年狩野川台風の際の波浪を記録している。26号台風の際は、この田子の浦の波高計は、破損し、沼津港の波高計が記録したのみであった。

このように、日本でも有数の大きな波の来襲地でありながら、観測施設の不備のため過去の資料は少なく、台風の来襲毎に波の推算を行なっているのが現状であり、来襲波の特性は十分に解明されていない。

表2-1は、過去これらの場所で得られた実測波浪を示したものである。

表2-1 実 測 波 浪 一 覧

台風名	実測場所	実 測 値
狩 野 川	田 子 の 浦	$H1/3=8.0m$ $T1/3=16\sim18sec.$ $H1/10=10.5m$ $T1/10=18sec.$
2 6 号	沼 津 港	$H1/3=2.86m$ $T1/3=17.7sec$

フーリエ解析値

エネルギー法 $H1/3 = 3.67m$, $T1/3 = 17.7sec.$

最小・最大法 $H1/3 = 3.90m$, $T1/3 = 17.7sec.$

橋本^{*1)}は、26号台風時の沼津港の実測値から、富士吉原海岸に來襲した波を、屈折係数、方向分散係数などを考慮し、 $T1/3=16sec$, $H1/3=8.0m$, $Tm=17.0sec$, $Hm=18.0m$ と推定した。また、伊勢湾台風の際に蒲原海岸に來襲した波を、同様の方法で推定し、 $Hm=22m$, $Tm=20sec$ という値を得た。

*1) 前出

3 模 型 実 験

3-1 実験条件および相似則

(1) 実験条件

各種の実験条件は、前節で検討した結果にもとづき、次のように決定した。

〔前浜および海床〕

前浜および海床は、堤防天端高 $T.P+15.0m$ と $12.0m$ の区域に分け、それぞれ図 2-5 にもとづいて、図 3-1 の通りとした。天端高 $T.P+15.0m$ の堤防の海床は、測点 No.135 付近の海床に、堤防法尻から汀線にいたる前浜は、No.140 付近に類似させた。一方 $T.P+12.0m$ の堤防の海床は、No.30~90 の間、水深 $25m$ までほとんど一様に $1/30$ である。それより沖合はほぼ $1/15$ で深くなっている。模型ではこれを $1/30$ の一様な海床とした。前浜は、波打ち際がわずかな区間 $1/10$ で他は $1/30$ なのでこれも同様に $1/30$ の斜面とした。

特に $1/10$ の斜面を用いて鉛直壁の実験を行なったのは、後述するように前浜の効果を調べるために用いたものである。

〔潮 位〕

模型実験に用いる潮位は、この付近の海岸構造物の計画潮位が $T.P+1.60^m$ で、この値はすでに述べたように妥当な値と思われるのでこれを用いることにした。なおこの潮位以外に、前浜の欠陥、および地盤沈下などを考慮し、 $T.P+2.0m \sim 3.0m$ などについても若干実験を行なった。

〔波 浪〕

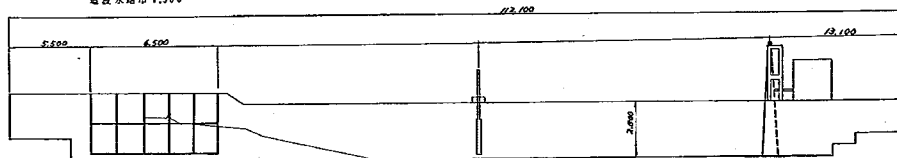
伊勢湾台風（コースを西寄りにした場合）および 26 号台風により発生した波は土木研究所の推定によると前記のようにこの付近一帯の海岸へ、有義波で波高 $H_{1/3}=11 \sim 12m$ 、周期 $T_{1/3}=17.0 \text{ sec}$ 、最大波で波高 $H_m=20 \sim 22m$ 、 $T_m=20 \text{ sec}$ であった。

一方、この海岸の屈折係数はすでに述べたように、水深 $20 \sim 25m$ ぐらいの所で、場所によって 2.0 近くになるところもあるが、このように波の集中するところは、神沢川河口付近と向田川河口の西寄りの一角である。この辺りは、比較的なだらかな海底であり、ある程度の波の集中があっても、沖で波は砕け、あまり問題ないであろう。

海床のこう配の最も急な No.130~145 付近では、海底の状況から発散の傾向にあり問題ない。東小学校地先に一個所波の集中するところがあるが、ここは、海床が実験に用いたこう配より緩らかになるので、あまり問題はないであろう。そこで、屈折係数は考慮しなかった。

実験には、堤防背後に民家がせまっていることと、構造の設計に用いる荷重を調査することが目的なので、有義波より最大波を採用すべきだと考え、伊勢湾台風のときの最大波

造波水路巾 1,500



模型設置図

天端部 TP-120mm の埋防

單位	mm
寸法	換型值

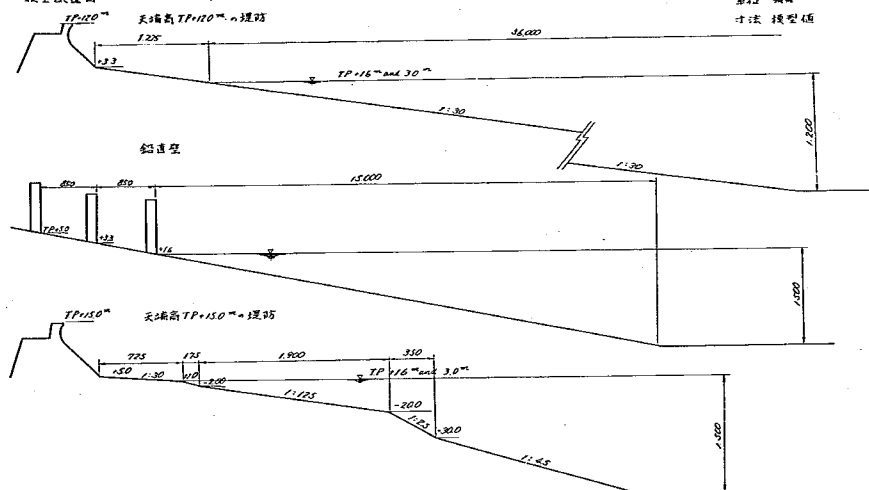


図 3-1 大型二次元水路概要および模型配置図

が、波高 2.20 m, 周期 2.0 sec と推定されているので、この値を最大波とした。また、26号台風時の実測値によると、 $T_{1/3} = 1.6 \sim 1.8$ sec であり、この程度の波の発生頻度はそうとう高いものと考え、 $T = 1.7$ sec と 1.4 sec を合せて考慮した。

そこで、実験に用いた波浪は、波高 (H_o) 6~8 m から 2 m 間隔で、2.2~2.4 m まで、周期 (T) 1.4, 1.7, 2.0 sec の三種とした。

(2) 相 似 則

当実験は、水の粘性による摩擦抵抗は無視できるものとして、Froude の相似則を適用した。

Froude の相似則は、現物の Froude Number と模型の Froude Number を一致させることにより成り立つ。模型の縮尺は、 $1/40$ ($T.P + 12.0$ の堤防のみ) および $1/50$ である。

これら、Froude の相似則および縮尺から、各種の物理量の模型値を求めると、次のようになる。

$$\text{Froude No} \quad Fr = \frac{u_p}{\sqrt{g L_p}} = \frac{u_m}{\sqrt{g L_m}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

u 速度 [LT^{-1}]

L 長さ [L]

g 重力の加速度 [LT^{-2}]

p, m は、それぞれ実物、模型を示す。[] 内は、Dimension である。

模型の縮尺を $1/40$ とすると、

長さの相似は、

$$\frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{40} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり

速度は(1), (2)から

$$\frac{u_m}{u_p} = \frac{\sqrt{g L_m}}{\sqrt{g L_p}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{40} L_p \cdot g}}{\sqrt{L_p g}} = \sqrt{\frac{1}{40}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。

同様に時間 (T) は、 $T = \frac{L}{u}$ であるから、

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{L_m / u_m}{L_p / u_p} = \frac{L_m}{L_p} \times \frac{u_p}{u_m} = \frac{1}{40} \times \sqrt{40} = \sqrt{\frac{1}{40}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。

容積 (V) は、長さの 3 乗だから、

$$\frac{V_m}{u_p} = \frac{L_m^3}{L_p^3} = \left(\frac{1}{40}\right)^3 \dots\dots\dots (5)$$

重量は、容積に単位重量を乗じたものであり、水の場合は $w_w = 1$ (ton/m³ or gr/cc) であるから容積の相似と同一である。

単位面積当りの圧力 (Intensity of Pressure) の Dimension は、質量を M で表わすと、

$$p = [M L^{-1} T^{-2}] \dots\dots\dots (6)$$

となる。

一方水の単位単積重量は、

$$w = M g L^{-3} = M L^{-2} T^{-2} \dots\dots\dots (7)$$

となる。

$$\text{よつて、} M = \frac{w}{L^{-2} T^{-2}} = w L^2 T^2 \dots\dots\dots (7)'$$

となり、単位面積当りの圧力は、(6)および(7)'より

$$\frac{p_m}{p_p} = \frac{w_w \{L_m^2 T_m^2 L_m^{-1} T_m^{-2}\}}{w_w \{L_p^2 T_p^2 L_p^{-1} T_p^{-2}\}} = \frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{40} \dots\dots\dots (8)$$

となる。

以上の物理量を、実物および模型で対比して示すと表 3-1 のようになる。

表 3-1 実験諸元一覧および縮尺

物 理 量 (Dimension)	実 物	模 型		実 物 換 算 値	
		1/40	1/50	1/40	1/50
計画堤防高 (L)	TP+12.0 and 15.0 m	+30 cm	+30 cm	×40	×50
法 尻 高 (L)	TP+3.0 and 5.0 m	+10	+10	"	"
堤防直高 (L)	9 10 m	20	20	"	"
計画潮位 (L)	TP+1.6 m	4	3.2	×40	×50
	+2.0 "	5	4.0	"	"
波 浪					
周 期 (T)	14 sec	2.21 sec	1.98 sec	×√40	×√50
	17 "	2.68	2.41	"	"
	20 "	3.16	2.83	"	"
波 高 (L)	6 m 6 m	15 cm	12 cm	×40	×50
	1 1	1		"	"
	20m 24m	50	48	"	"
速 度 (LT ⁻¹)				×√40	×√50
圧力強度 (ML ⁻¹ T ⁻²)				C.G.S ×40	×50
				M.T.S ×0.4	×0.5
容 積 (L ³)				×40 ³	×50 ³

3-2 実験施設および方法

実験を行なった水槽は、土木研究所赤羽支所内の大型二次元水路で、その諸元は図3-1に示すように長さ約11.2m、巾1.5m、深さ2.5m（水路水深は1.50mである）のコンクリート製の水槽で、観測部の一部はガラス張りである。

水路の一端には、造波装置があり、頂部支持のペンデュラム型の造波板、および安川電機製のVSモーターを備えたものである。波高はこの造波板の振巾を変えることにより、周期はモーターの回転速度を変えることにより、任意に得られる。

水路の他端のガラス張の部分に、図3-1に示すように各種の模型を据え付けた。海床および前浜はモルタル製の固定床とし、その上にやはりモルタル製の堤防を配置した。

波高記録には集電式波高計を用いた。集電式波高計は、波の来襲につれて水中に没する接点数を積分することによって波高を求める形式のものである。この波高計からの入力を増巾器で増巾し、ペンオシログラフで記録した。一般に造波水路内で起波された波は、波を起し始めた初めの方の波は、波高の小さい波で徐々に大きくなり、数波後に安定した一定の波高の波となる。この安定した波10波をとり、平均して入射波の波高、周期とした。

また、他の総ての水量もこの波高が定常状態になったところで測定した。

波圧の測定にはストレーンゲージを使用したダイアフラム型の定格値 100 gr/cm^2 の波圧計を用い、この波圧計からの入力を増巾器で増巾し、電磁オシログラフで記録した。この波圧計の判別誤差は、定格値の1~2%である。

このほかに、堤防付近の平均水面の上昇、前浜上をそ上する波の波速および暗渠内の波圧、越波量なども測定したのであるが、これらの測定方法は、それぞれ次節の各項で詳しく述べる。

3-3 実験および実験結果の検討

(1) 堤防の法面およびバラベットに作用する波力

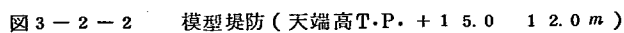
図3-2に波圧の測定に用いた堤防の模型を示す。波圧計の受圧面が $\phi 30\text{ mm}$ の平面なので、半円のバラベット部を図に示すような連続した直線で代用した。波圧計は、この堤防の法面の形状と同一の鋼鉄製の取り付け板を作り、これに波圧計をネジ込み、モルタル製の堤防の法面に埋設した。波圧の測定箇所は、図に示すように1/2の斜面上3箇所、バラベット部分4箇所の計7箇所である。

なお、波圧と堤防前面の水位との関係を調べるために、手製の抵抗線式水位計を、波圧計I（法尻に設置したもの、波圧計の順序は下からI~Ⅶとする）上にとりつけ、波圧計Iに作用する波圧と同時に波圧計上の水位も記録した。

また、前浜斜面上をそ上する波の波速と波圧との関係を調べるために、前浜上に1cm間隔に目盛を設け、この目盛上をすぎる波を高速度16mm撮影機で追跡し、後日これを解析機にかけ読み取った。



图 3-2-1 模型堤防 (天端高 T.P. + 1 5.0 1 2.0 m)



実験は、これらの装置を前記の海底斜面の上に設置し、各水理条件ごとに全く同一の実験を3回行なった。各実験ごとに、波高が一定となった部分で、5～6波について資料をとり、そのうちの15波について整理した。

実験に用いた水理条件は、次の通りである。

潮 位 $T.P+1.6, 2.0, 3.0\text{ m}$ (特に天端高 $T.P+1.2.0$ の堤防のみ)

波 浪 $T=14, 17, 20\text{ sec.}$

$H=8\sim 24\text{ m}$

図3-3は、7個所の波圧と水位の時間変化の一例を示したものである。まず、この記録から各位置の波圧を見ると、上部の天端に近い所の波圧は、波の衝突初期の値が大きい、下部の法尻近くになると、堤防前面の水位が高くなったとき、波圧も大きくなっている。

これは、堤防の上部はパラベットにより法面が徐々にきつくなるので、波が垂直なおり面に激しく衝突する形になり、波圧は衝突時にピークに達する。一方底部では波が斜面をそ上する形となり、水脈の厚さによ

り波圧が決まる様になるので、波圧計上の水位がもつとも高くなった時に圧力が大きくなるものと思われる。

写真3-1は、堤防前面の水位が最も高くなったときの状況を示したものである。

この写真からも推察されるように、堤防前面の水位が高くなるのは前浜斜面上をそ上してきた波が、堤防に衝突しパラベットによって海側に打ち返えされ、後続の進行波と重複し水面がもりあがるときである。このときの水面は、写真にも見られるように、パラベットの天端より高くなることがしばしばある。

表3-2は、各位置の波圧と波圧計上の水位から求めた水深との関係を調べたものである。

潮位 $T.P+1.6\text{ m}$ 周期 $T=20.0$

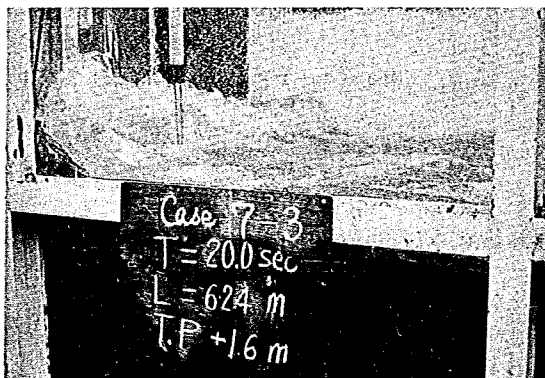


写真3-1 (1)

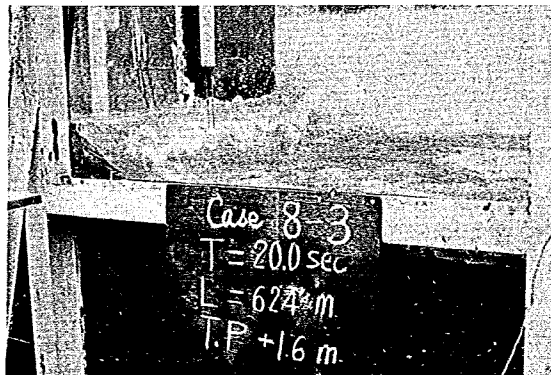


写真3-1 (2)

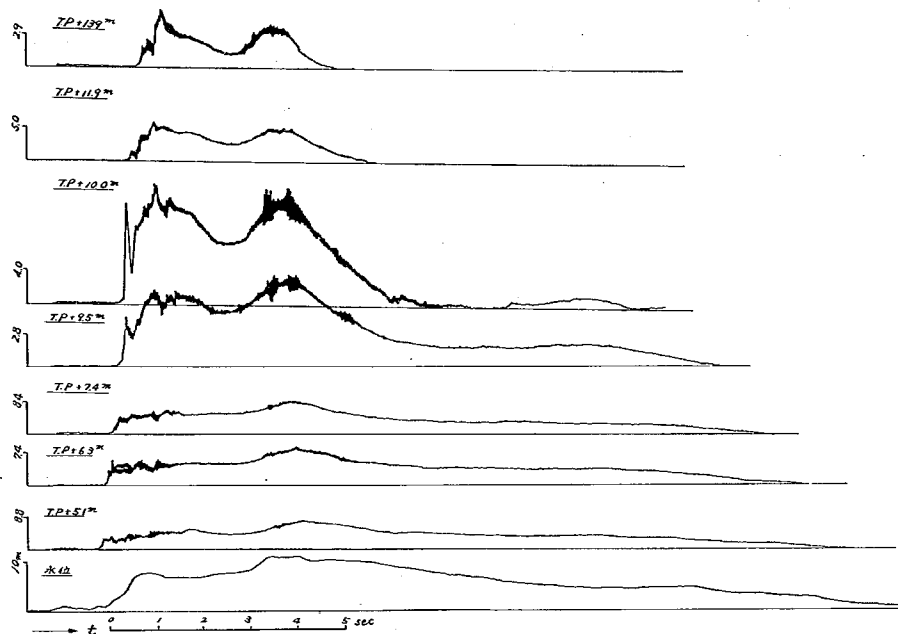


図 3 - 3 波圧および水位の現象記録例

sec の場合である。

表 3 - 2 波圧と水深との関係

No.	H_0	P_1/wh_1	P_2/wh_2	P_3/wh_3	P_4/wh_4	P_5/wh_5	P_6/wh_6	P_7/wh_7
5	15.45m	0.42	0.48	0.48	0.51	0.46	0.36	0
7	23.75	0.57	0.63	0.61	0.69	0.73	0.94	1.36

$h_1 \dots h_7$: 波圧計受圧面より水脈天端

w : 水の単位体積重量

この表からもわかるように、各位置の波圧は、進行波と反射波とが重なり合った水脈による静水圧より小さい。

しかも、水深が深い所の波圧ほど、波圧の水位に対する比は小さいようである。

これは図 3 - 4 に示すように、パラベットによって打ちかえされた反射波が後続の進行波に重なる境界に空気泡を含み、反射波の静水圧を完全に伝達しないのが、原因ではなかろうか。水位計は水中に没した部分を記録するので、波圧と対比するのにこの水位を用いること

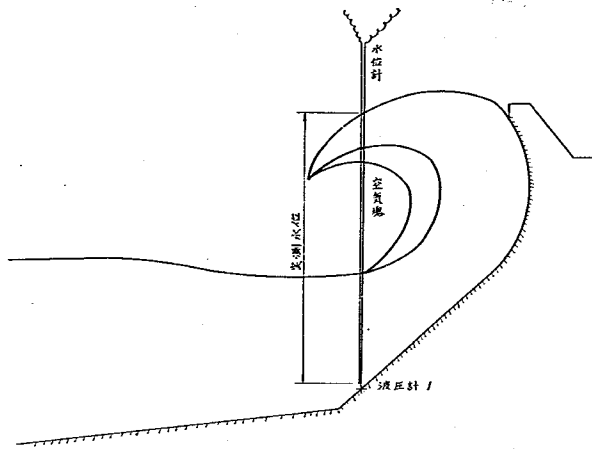


図 3-4 波の衝突状況

は適当でなく、反射波の水位と進行波の水位とを分割して考えなければならないのであるが、実際に必要な値は、波圧の最大値と他の水理量との関係なので、水理的な意味のつながりは稀薄であるが、波圧の最大値と、この水位との関係を求めた。これによると、堤防の下部に作用する波圧は、堤防の前面に生ずる水位から推定される静水圧の5割前後であった。

また、前浜斜面上を段波状になってそ上する波の波速と、 P_1 （堤防の最下部法尻に取りつけた波圧計）および P_0 （パラベットの中間で波の衝突角度が鉛直に近い）との関係を調べたのが、図 3-5 および表 3-3 である。波速は堤防に衝突する直前の波

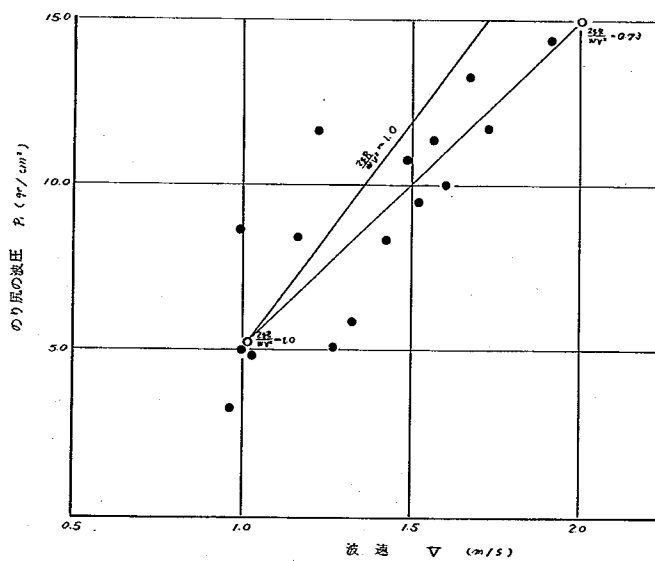


図 3-5 波圧と波速の関係

表 3-3 波圧と波速との関係(模型値)

h	T(sec)	H ₀ (cm)	P ₁ (gr/cm ²)	V(m/s)	$\frac{2gP}{wv^2}$	P ₀ (gr/cm ²)	$\frac{2gP_0}{wv^2}$
T.P+1.0 m	2.80	17.90	10.89	1.48	0.986	3.48	0.316
	2.94	21.90	11.37	1.56	0.970	3.21	0.262
	3.06	24.20	11.78	1.73	0.770	5.05	0.334
	2.07	20.30	3.25	0.97	0.665	0	0
T.P+1.6 m	2.08	21.70	5.02	1.27	0.611	0	0
	2.36	15.40	5.88	1.32	0.665	0.52	0.050
	2.50	19.50	8.28	1.42	0.805	0.75	0.098
	2.33	23.30	8.45	1.16	1.255	0.81	0.120
	2.40	24.20	10.45	1.60	0.832	4.21	0.120
	2.71	10.95	4.87	1.03	0.900	0	0.326
	2.74	15.45	8.08	0.99	1.615	1.16	0
	2.76	19.40	9.44	1.52	0.800	3.21	0.034
	2.78	23.75	13.44	1.67	0.945	7.61	0.278
T.P+2.0 m	2.88	21.20	11.71	1.22	1.550	4.35	0.541
	2.78	24.20	14.38	1.91	0.764	8.08	

平均0.85

速であり、波圧は、それぞれの位置の最大値をとった。

波圧は厳密には最大値をとるより、衝突初期の値を用いなければならないのかも知れないが、一般に衝突初期の波圧現象は複雑であり、どの位置を読み取るかが問題となる。また、初期の現象は波によりそれぞれ変わるので、特にここでは、最大値を用いることにした。

P₁ は2割こう配上で測定したものであり、P₀ は堤防の上部で測定したものであるが、P₁ の場合、波圧の波速に対する比は、0.6~1.6で平均値は0.85であった。P₀ の場合はこれより小さくほとんど0.5以下であった。P₀ の場合は、前浜をそ上して来た波が直接波圧計に衝突するのではなく、一担堤防に衝突した波が、堤防の法面に沿ってそ上して波圧計に作用するのである。P₁ は2割の斜面上で測定したのであるから、波速に対してこのよう配ないしは入射角を考慮して計算する必要があるとも考えられるが、その点については、現在鉛直堤防を用いて実験中である。

なお、堤防直前の段波状の波速は、周期20 secの波で約10 m/sであった。

以上は、法面上の各位置に作用する波圧と、他の水理量との関係を述べたものであるが、ではこのような波圧を堤防の設計に際しどのように用いるかが問題となる。

まず第一に各位置に作用する最大値を用いて単位巾当りに作用する全波圧を計算する方法が考えられる。次に、これら7個所で得られる時々刻々変わる測定値を用いて、堤防の単位巾当りに作用する全

波圧を波が衝突してから引きあげるまでの間の微小時間毎に計算しその最大値をとることも、一つの方法として考えられる。ここでは前者を最大波圧と呼び、後者を最大同時波圧と呼ぶ。これらの全波圧は次式で計算される。

天端高 $T \cdot P + 1.5.0 \text{ m}$ の堤防

$$\begin{aligned} \text{法面全体 } P = & p_1 \left(\ell_0 + \frac{\ell_1}{2} \right) + p_2 \left(\frac{\ell_1 + \ell_2}{2} \right) + p_3 \left(\frac{\ell_2 + \ell_3}{2} \right) + p_4 \left(\frac{\ell_3 + \ell_4}{2} \right) + p_5 \left(\frac{\ell_4 + \ell_5}{2} \right) \\ & + p_6 \left(\frac{\ell_5 + \ell_6}{2} \right) + p_7 \left(\frac{\ell_6}{2} + \ell_7 \right) \dots\dots\dots (1.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{バラベツト部 } P = & \frac{p_3 + p_4}{2} \left(\frac{\ell_3}{2} \right) + p_4 \left(\frac{\ell_3 + \ell_4}{2} \right) + p_5 \left(\frac{\ell_4 + \ell_5}{2} \right) + p_6 \left(\frac{\ell_5 + \ell_6}{2} \right) \\ & + p_7 \left(\frac{\ell_6}{2} + \ell_7 \right) \dots\dots\dots (1.2) \end{aligned}$$

天端高 $T \cdot P + 1.2.0 \text{ m}$ の堤防

$$\text{法面全体 } P = p_1 \left(\ell_0 + \frac{\ell_1}{2} \right) + p_2 \left(\frac{\ell_1 + \ell_2}{2} \right) + p_3 \left(\frac{\ell_2 + \ell_3}{2} \right) + p_4 \left(\frac{\ell_3 + \ell_4}{2} \right) \dots\dots (1.3)$$

$$\text{バラベツト部 } P = \text{波圧の作用なし。} \dots\dots\dots (1.4)$$

$p_1 \sim p_7$: 各位置に生ずる波圧。

$\ell_0 \sim \ell_7$: 波圧計の取り付け間隔。

最大波・最大同時波圧とも上記の計算式を用い、単位巾当りの波圧を計算したのであるが、同時波圧の計算は、非常に手間がかかるので、各水理条件毎に、得られた資料の中から最も大きいと思われるもの一波を選びだし計算した。最大波圧は15波の平均値を用い、そのうちの最大のものを、絶対最大波圧と呼ぶことにした。

図3-6は、図3-3にもとづき、式(1.1)、(1.2)により同時波圧～時間曲線を求めたものである。最大同時波圧は、図中に示したように、同時波圧～時間曲線中の最大値である。

最大波圧、最大同時波圧のいずれを設計波圧として用いる

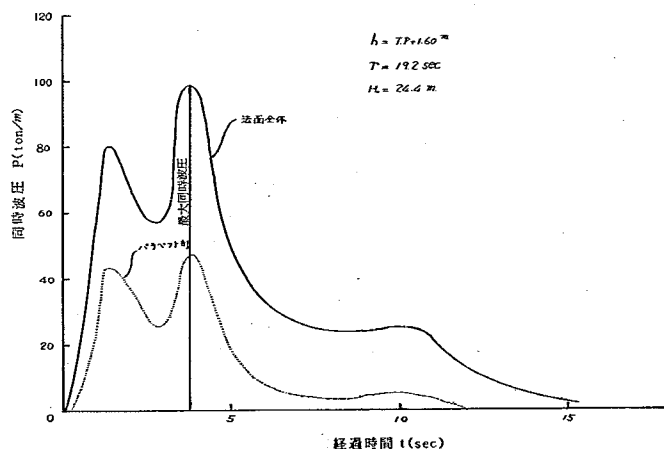


図3-6 全波圧～時間曲線

のが妥当であろうか。

各位置の最大圧の発生時刻は、図3-3に見られるように、堤防上部から下部に向うにしたがって逐次遅れていく。このため各位置に作用する波圧は、最大同時波圧のときに、各位置で得られる波圧より大きいことがしばしばある。したがって、バラベットの滑動や転倒に対して、最大同時波圧をとることは、妥当であつても、バラベットの頂部や法面の局所的な強度計算に対しては、最大波圧をとることがのぞましい。

バラベットは、 $T.P+7.88m$ のところが2割堤防との接続点となつてゐる。この接続点、バラベットの回転の中心および、滑動の支点となるので、この点にかかる力の計算には、バラベット全体にかかる最大同時波圧を採るべきである。一方、バラベットの頂部や法面の局所的破壊には、最大値をとるのであるが、最大値のうちの最大値（絶対最大値）をとるのがのぞましいと考える。

表3-4、図3-7は、これら最大値、最大同時波圧、絶対最大波圧の関係を示したものである。最大同時波圧は最大波圧の1.65倍、絶対最大波圧は2.0倍となる。

最大同時波圧、絶対最大波圧は各水理条件について、一波のみ整理したのであり、精度がおちるので、今後は15波を平均して求めた最大波について述べる。

図3-8は、最大波圧の法面上の分布を示したものである。

潮位および周期毎に波高をパラメーターとして、各位置に生

ずる波圧を示したが、これによると、のり面上の波圧分布は、一般に下部が大きく、上部に行くにしたがつて小さくなる。しかし、特に波が大きく、バラベット頂部まで波が到達するような場合には、バラベット部の波力が、かなり大きくなることもある。

波高2.3~2.4mになると、バラベットの下部で7~7.5 ton/m^2 、頂部で4~4.5 ton/m^2 ぐらいになる。また、波高1.0m以下では、ほとんどバラベットに波がかからなかった。

天端高 $T.P+12.0m$ の場合は、実験を行なつた範囲内では、いずれの場合も堤防天端まで水のかかることはなく、波圧も小さな値で、問題になるような値ではなかった。

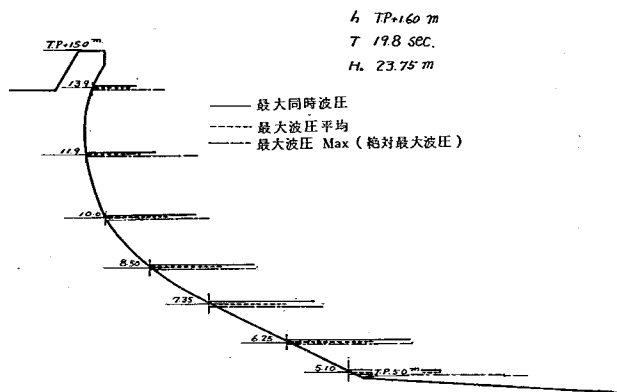


図3-7 最大同時波圧、最大波圧、絶対最大波圧

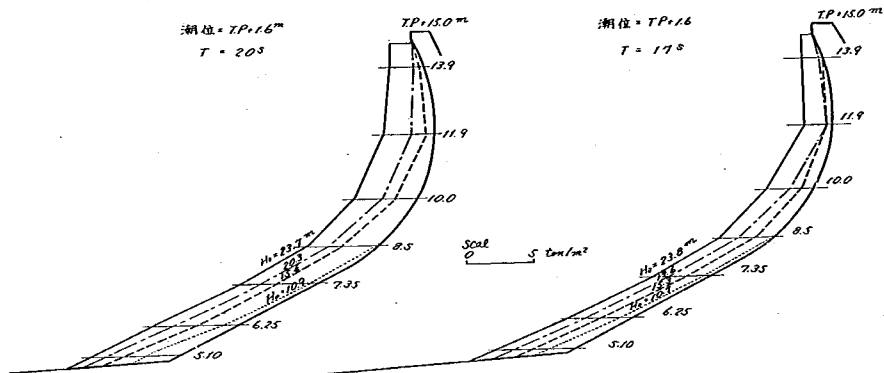


図 3-8-1 法面上の最大波圧分布

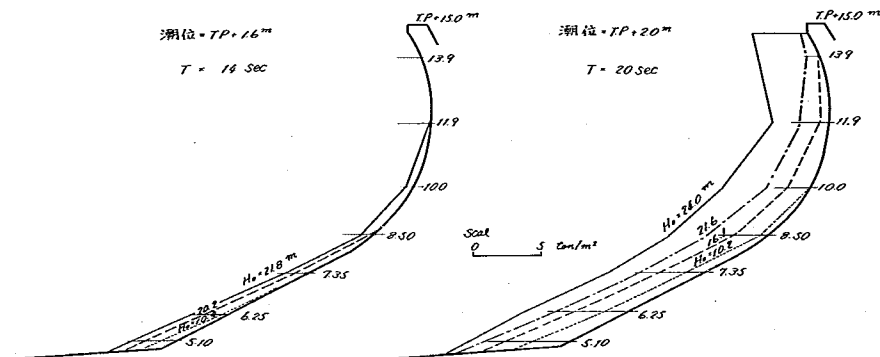


図 3-8-2 法面上の最大波圧分布

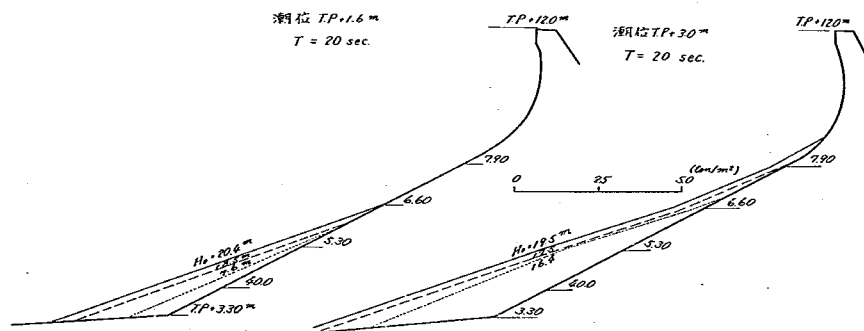


図 3-8-3 法面上の最大波圧分布

表 3 - 4

天端高 T. P + 15.0 m の堤防

No	潮 位	波 高 (H ₀) m	周 期 (T) sec	全 波 圧			同時波圧	絶対最大波圧
				同時波圧	最大波圧	絶対最大波圧	最大波圧	最大波圧
3	T. P+1.6 ^m	8.27	1937	8.43	3.87	9.55	2.18	2.47
4		10.93	1916	12.48	9.25	17.05	1.35	1.84
5		15.45	1937	35.90	32.72	43.83	1.10	1.34
6		19.42	1952	46.90	40.20	67.39	1.17	1.68
7		23.75	1966	97.50	70.70	118.67	1.38	1.68
8		20.35	1916	58.40	45.60	71.40	1.28	1.57
9		6.88	1867	波 圧 の 作 用 な し				
10		8.30	1824	3.55	1.80	4.07	1.97	2.26
11		10.78	1747	6.99	5.65	10.05	1.24	1.78
12		15.37	1669	29.03	18.99	36.46	1.53	1.92
13		19.57	1768	39.93	30.93	52.87	1.29	1.71
14		23.27	1648	43.63	32.45	52.87	1.44	1.63
15		23.80	1697	71.02	54.23	109.48	1.31	2.02
16				波 圧 の 作 用 な し				
17		8.33	1457	波 圧 の 作 用 な し				
18		10.40	1457	3.69	1.15	4.32	3.21	3.76
19		13.65	1471	6.18	1.13	8.57	△ 5.47	△ 7.58
20		20.22	1464	13.36	6.62	18.28	2.07	2.76
21		21.73	1464	26.96	11.70	28.55	2.30	2.44
22		21.97	1478	11.43	9.03	17.74	1.27	1.96
23	T. P+2.0 ^m	6.53	1973	6.35	3.06	6.63	2.08	2.17
24		8.67	1966	7.94	5.53	10.86	1.44	1.96
25		10.30	2001	21.55	14.35	23.06	1.50	1.61
26		16.07	2015	44.49	31.62	45.56	1.41	1.44
27		18.43	1952	56.07	52.72	63.79	1.06	1.21
28		21.17	2036	57.21	53.90	66.66	1.06	1.24
29		24.20	1973	94.53	89.38	117.64	1.05	1.32
30	T. P+1.0 ^m	6.52	1987	波 圧 の 作 用 な し				
31		8.62	1987	4.66	1.78	5.60	2.62	3.15
32		10.23	2029	9.00	4.34	9.54	2.07	2.20
33		14.77	2015	41.56	34.57	47.24	1.20	1.37
34		17.98	1959	47.46	45.44	70.87	1.04	1.56
35		21.90	2079	59.60	50.82	70.12	1.17	1.38
36		24.20	2171	95.19	71.73	116.80	1.33	1.63

天端高 T.P + 1.20 m の堤防

No	潮 位	波 高 (H ₀) m	周 期 (T) sec	全 波 圧			同時波圧 最大波圧	絶対最大波圧 最大波圧
				同時波圧	最大波圧	絶対最大波圧		
1	T.P+1.6 ^m	17.60	18.77	t/m 5.14	t/m 2.16	t/m 4.80	2.38	2.22
2		13.80	19.34	3.48	1.33	3.71	2.62	2.79
3		9.68	20.48	1.89	1.26	1.89	1.50	1.50
4		18.50	20.35	8.66	5.68	8.83	1.52	1.47
5		20.40	19.91	8.69	6.83	9.23	1.27	1.35
6		16.20	19.40	6.09	1.95	6.29	3.12	3.23
7	T.P+3.0 ^m	19.50	20.35	21.70	19.04	28.11	1.14	1.48
8		16.40	19.02	12.96	11.81	14.93	1.10	1.26
9		17.50	19.59	24.14	17.36	27.64	1.39	1.59
10		17.70	19.72	22.11	17.82	25.29	1.24	1.42

図 3-9, 3-10 は, 法面全体およびバラベツト部分に作用する全波圧と他の水理量との関係を調べたものである。

図 3-9 は, 天端高 T.P + 1.5 m の堤防のみにつき, 各潮位毎に, 周期をパラメーターとして, 図 3-10 は; 周期を一定にし, 潮位をパラメーターとして, それぞれ, 縦軸に全波圧を, 横軸に波高をとり, 全波圧と波高の関係を示したものである。

これらの図から, 堤防の法面およびバラベツト部に作用する全波圧の一般的な傾向は次のようになる。

- ① 全波圧は, 波高が大きくなるにつれて, ほぼ直線的に増大する。
- ② 増大する割合は, 同一潮位のもとでは, 周期の長いものほど大きく, 周期 20 sec の波は, 17 sec, 14 の波の 1.5 および 3.0 倍となる。
- ③ 潮位による影響は, 周期による影響より小さく, 潮位の高いものの方が大きいようであるが, 潮位が T.P + 1.0 と 2.0 m を比較しても, さほど大きな差はない。
- ④ 天端高 T.P + 1.20 m の堤防に作用する波圧は, 潮位 T.P + 1.6 m の場合, 最大波で単位幅当り 10 ton 程度であり, ほとんど問題になるような値ではなかった。
- ⑤ 天端高 T.P + 1.50 m のバラベツト部の受ける全波圧は, 潮位 T.P + 1.6 m, 周期 20 sec, 波高 2.3 ~ 4 m の場合に 3.5 ~ 4.0 ton/m であるから, 仮りに 37.5 ton/m をとって, バラベツトの曲面に沿った長さ 8.20 m で割ると, 単位面積当り 4.6 ton となる。

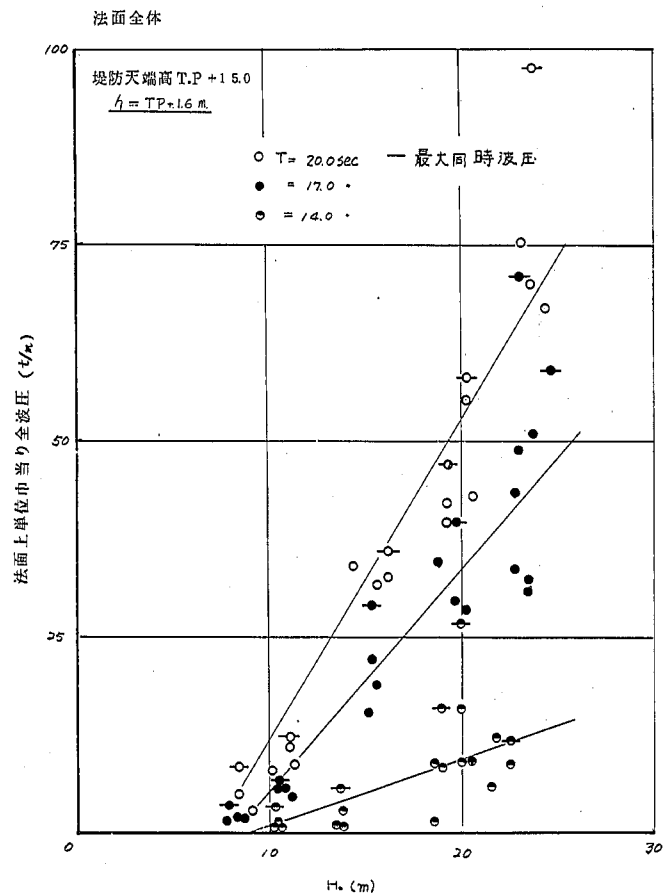


図 3-9-1 全波圧と沖波々高 (周期をパラメーター)

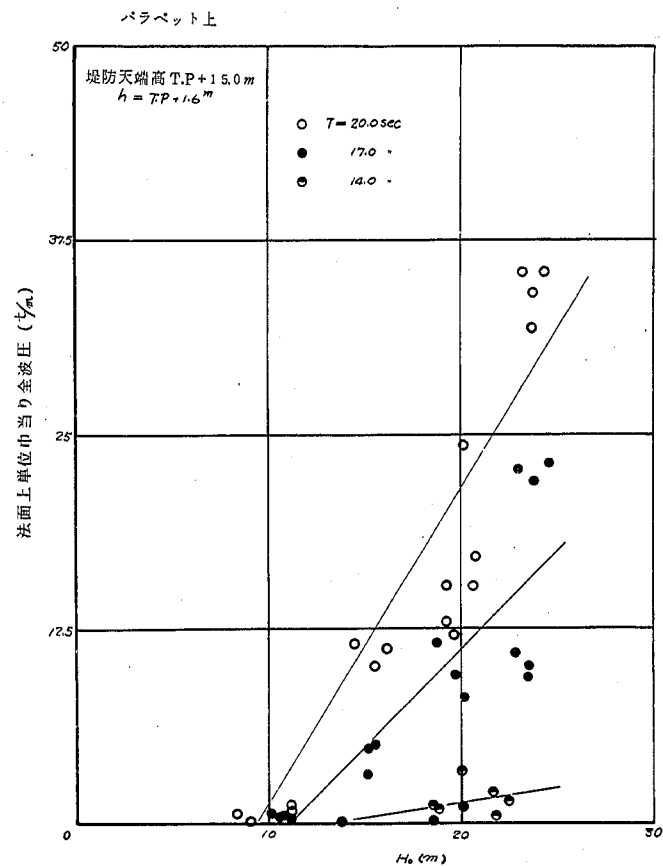


図 3-9-2 全波圧と沖波々高 (周期をパラメーター)

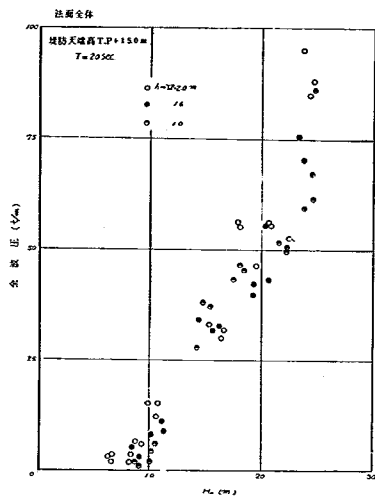


図 3-10-1

全波圧と沖波々高 (潮位をパラメーター)

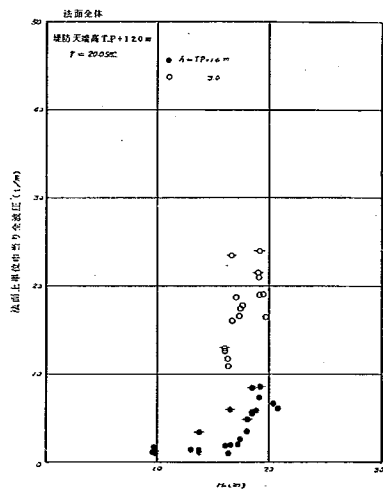


図 3-10-3

全波圧と沖波々高 (潮位をパラメーター)

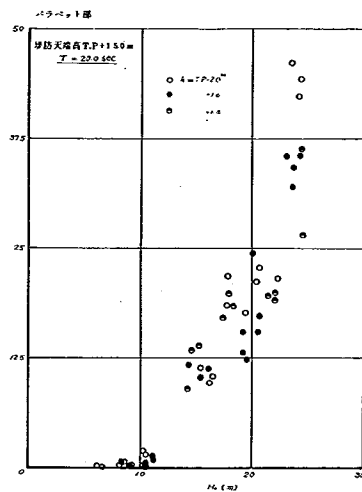


図 3-10-2

全波圧と沖波々高 (潮位をパラメーター)

(2) 天端高 T.P + 1 5.0 m の堤防の越波量

堤防天端高 T.P + 1 2.0 m 区間では、この堤防高で波は完全にしゃ断され、堤防背後への越波はなかったが、T.P + 1 5.0 m の堤防の場合、周期 2.0 sec の波で、波高 2.0 m 以上になると越波した。越波量としては、それほど多いものではなかったが、この付近は堤防背後に民家がせまり、越波に対しては非常に危険度が高いので、再度（前出）越波量の実験を行った。

また、この付近の海は、車エビの漁場で、堤防には船の揚げ下げ、および漁民の浜への昇り降りのために、堤防の法線に沿い一定間隔で昇降路が設けられている。昇降路の一基当りの長さは約 7.0 m ぐらいあり、そのうちバラベットの不連続部分が約 1.8 m ほどある。このバラベットの不連続部分からの越波量は他の場所に比べかなりの量になるものと予想されたので、その点を模型実験により調べた。

越波量の実験に用いた堤防は、波圧の実験に用いた堤防と同一のもので、この堤防の天端にトタン板を張り、越波する波を後方に導き出し、集水枡に受け、メスシリンダーで計量した。

昇降路地点の越波量は、この堤防の前面に昇降路部分を、図 3-11 のようにつけ加え、同様に集水枡に受けメスシリンダーで計った。しかしながら、昇降路一基を縮尺 $1/50$ で水槽に配置すると長さ 1.40 m となり、水槽の巾一ぱいとなる。

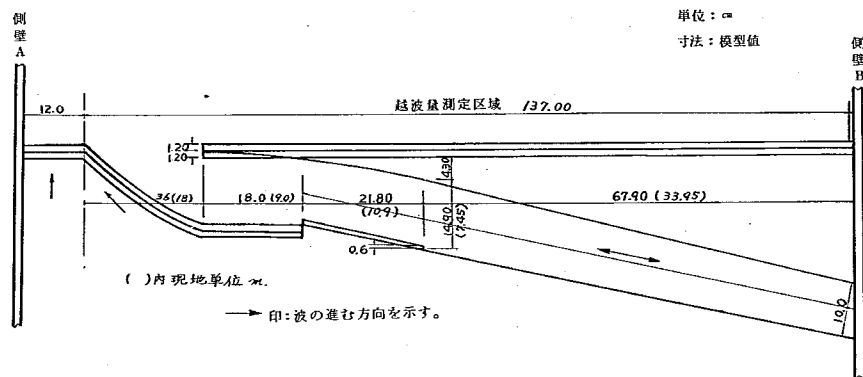


図 3-11 昇降路模型水路内配置図

昇降路斜面は堤防の法線に沿って約 $1/5$ ぐらいのこう配がついており、この斜面を波の進行とともに上下する波は、側壁(B)に衝突し、後続の進行波と重なりあって、この付近に波の集中が見られる。また一方、昇降路が海側へ突き出る部分では、堤防の法線が昇降路の巾の

部分だけ、前方に突き出た複雑な形状となり、しかも、やはりすぐわきには、水路の側壁(A)がせまり、この部分にも波の集中が見られ、特にこれらの部分からの越波量は多かった。

実物は、無限に長い堤防の法線に沿って所々にこれらの構造物があるのであり、このように昇降路の両端に特に沼の集中があるとは考えられない。したがって実験ではこの部分からの越波量は除いて測定した。

越波量の実験に用いた水理条件は、次の通りである。

潮 位 (h)	T.P + 1.6	, 2.0 m
周 期 (T)	1.7 sec	, 2.0 sec
波 高 (H_0)	1.5	~ 2.5 m

T.P + 1.6 m の場合の越波量は非常に少なく、越波量と他の水理量との一般的な傾向を把握することが困難だったので、特に潮位 + 2.0 m についても実験を行なった。

また、越波量を生じないような、波高の小さい波については、うちあげ高を調べた。うちあげ高は堤防の法面に沿って、鉛直高 1 cm の目盛を設け、波が堤防に衝突し最上部に達したときの高さを、この目盛を基準に目測した。

越波量、およびうちあげ高を測定した波は、波高の整理に用いたのと同様波高が一定となったところ 10 波である。この 10 波の平均をそれぞれ越波量およびうちあげ高とした。

図 3-12, 3-13 の各図は、縦軸にうちあげ高を横軸に沖波々高をとり、それぞれ周期および潮位をパラメーターとして、うちあげ高と他の水理量との関係を示したものである。

これによると、うちあげ高の傾向もよく波圧の場合と類似しており、波高が大きくなればうちあげ高もほぼ直線的に高くなる。うちあげ高が高くなる割合は、周期の長い波ほど大きく同一周期のもとでは、潮位の高いものほどうちあげ高も高くなっているようである。

うちあげ高は、潮位 + 1.60 m, 周期(T) 2.0 sec の場合波高 1.9 ~ 2.0 m で、T.P + 1.3 ~ 1.4 m となり、波高がこれ以上大きくなると、越波する。周期 1.4, 1.7 sec の波は、波高 2.4 ~ 2.5 m ぐらいになっても越波しなかった。また、潮位(h) + 2.00 m の場合は、波高 1.6 m で T.P + 1.23 m となり、これ以上波高が大きくなると、やはり越波した。

この越波する部分については、越波量を測定した。測定値は、それぞれ同一水理条件のもとで 3 回の実験を行い、10 波測定値の平均値を用いたのであるが、越波量は、他のうちあげ高や波圧と異なり、一波一波のバラツキが大きい。図 3-12 は、測定した 10 波の越波量を一波毎に示したものである。この図からも知れるように条件によっては、10 倍ぐらいのバラツキがあり、しかも越波量の多いものほど、バラツキも大きい。前述したように、実験は波高、周期とも連続して一定の規則波で行なっており、波の不規則性は考慮されていない。したがって、波の不規則性を考えると、このバラツキはもっと大きくなるものと思われる。

図 3-15 は、10 波の平均値を用い沖波々高と越波量の関係を示したものである。また、図 3-16 は、昇降路地点と他の場所との越波量を比較したものである。

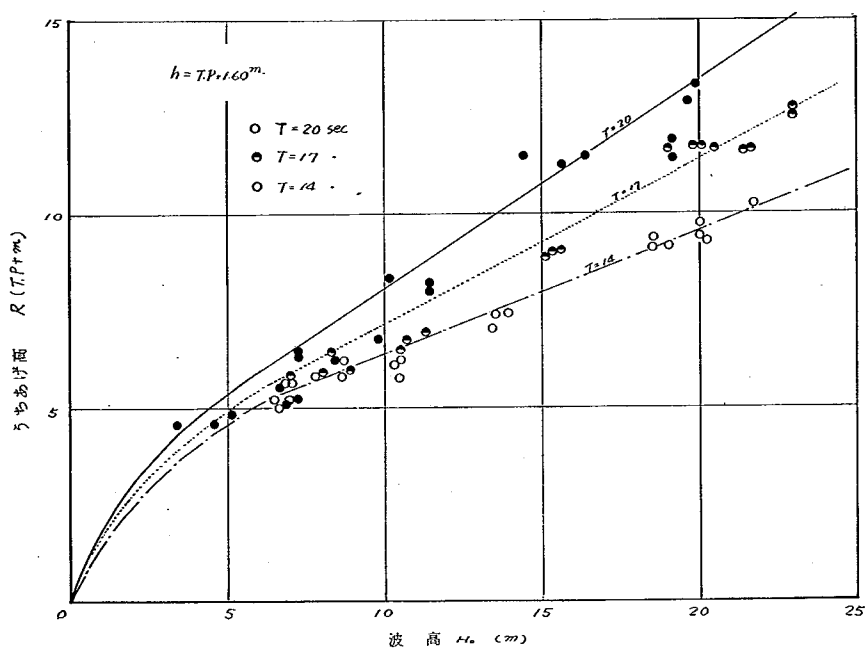


図 3-12 うちあげ高と沖波々高 (周期をパラメーター)

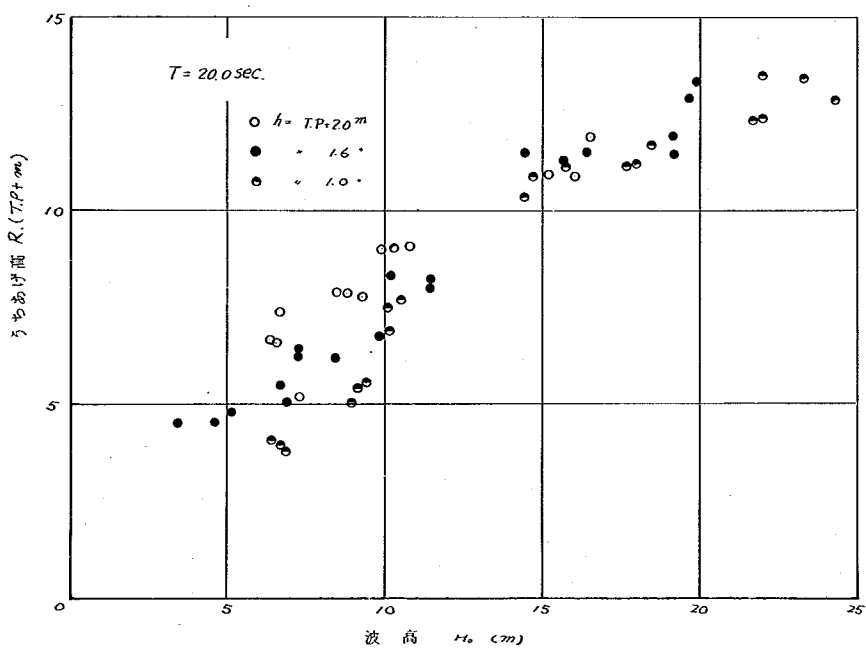


図 3-13 うちあげ高と沖波々高 (潮位をパラメーター)

これらの図から、越波量は波高が大きくなれば、ほぼ直線的に多くなることがわかる。

さらに、周期 $T = 20 \text{ sec}$ 、 $H_0 = 2.20 \text{ m}$ の越波量を算出すると、潮位 $T.P + 1.6 \text{ m}$ の場合 $0.3 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{波}$ となり、前回の実験値より若干少なめである。この様な結果から判断すると、仮想伊勢湾台風による波を考慮しても、越波量は $1 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{波}$ 以下と推定されるので、堤防高が $T.P + 1.5 \text{ m}$ であれば一応十分であると判断してよいであろう。

昇降路地点の越波量は、他の場所の越波量に比べ、1.5

～2.0 倍ぐらいになると推定される。上の場合と同じ条件で越波量を計算すると、1 基当り $3.0 \text{ m}^3/\text{波}$ となる。

増大分をバラベットの不連続部分から侵入する越波量として計算すると、約 $1.0 \text{ m}^3/\text{波}$ となるが、昇降路のためにバラベットを切断した部分の幅が、 1.8 m あるので 1 m 当りの越波量は $0.3 + \frac{1.0}{1.8} = 0.86 \text{ m}^3/\text{波}$ となる。この値は先の越波量の3倍程度となる。

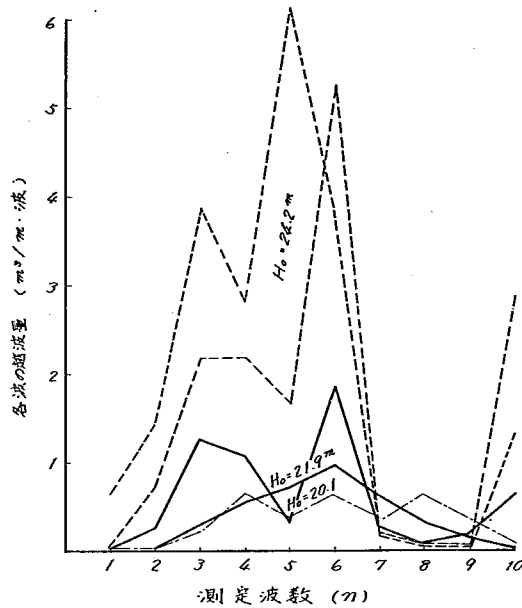


図 3-14 越波量の変化状況

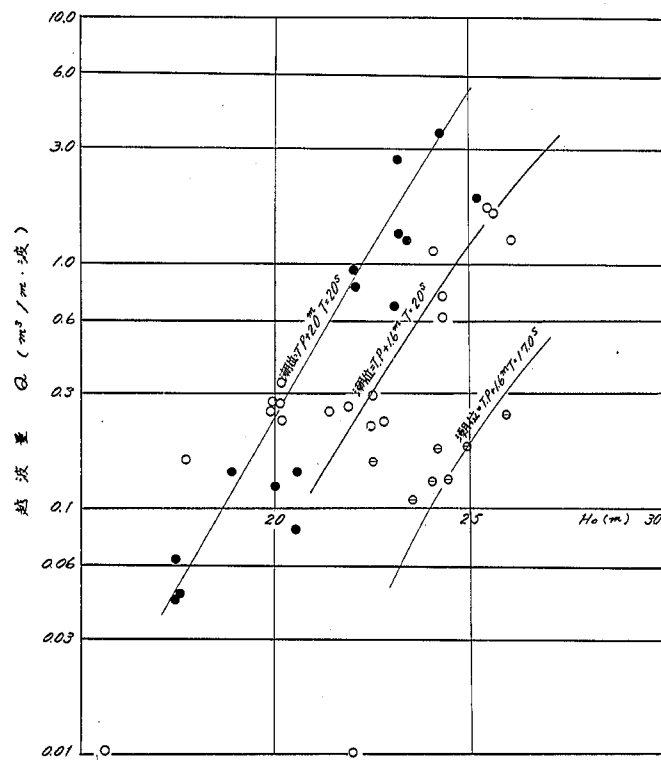


図 3-15 越波量と沖波々高

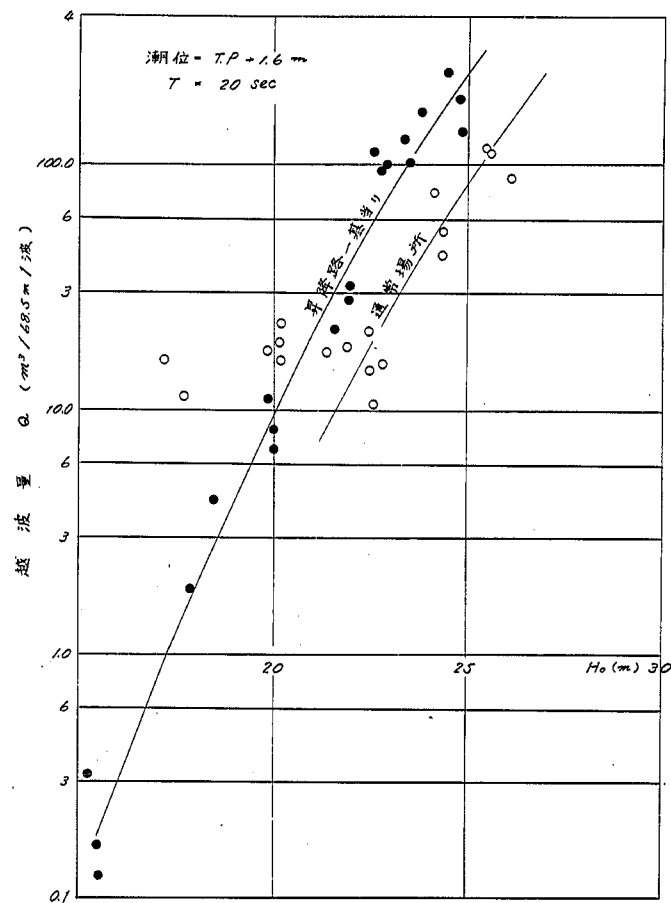


図 3-16 昇降路地点と他の場所の越波量

(3) 放水暗渠内に作用する波圧

神沢川から日軽金放水路の間で、西から八木沢川、堰沢川、向田川等の数本の小さな河川が、蒲原町背後を取り囲む山々の沢の水を集め、駿河湾に注いでいる。川の規模としては小さいものであるが、この川の排水のために堤防を切断することはできず、堤体内に暗渠を作らねばならない。暗渠の堤内側には水門を設け、一旦海が荒れ高砂や高波の来襲が予想されるようになると、水門の門扉を閉じ海水の堤内地への逆流を防がねばならないのであるが、水門が閉じられると暗渠内は密封された長筒となり、ここに海側の排水口より波が侵入すると、暗渠内に大きな爆発的な衝撃圧が生ずるのではないかと予想されたので、この有無について実験を行なった。

実験に用いた模型は、図 3-17 および写真 3-2、3-3 に示す通りである。暗渠内の

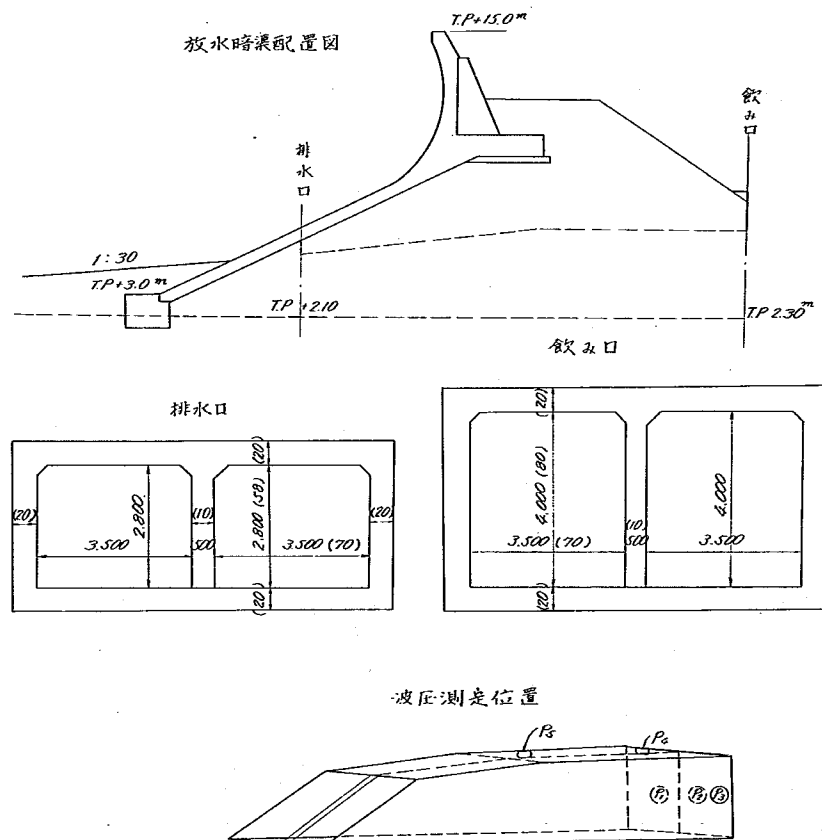


図 3-17 放水暗渠配置および模型図

波圧は、写真3-2に示すように水門の門扉で2カ所、堤内地側の上版および側版、それに暗渠中央部の上版の5カ所で測定した。

放水暗渠の模型は、厚さ20mmのラワン材を用い、波圧計はこのラワン材にネジ込み、しかも合成ゴム質の接着剤を充填し強固にとりつけた。

実験を行なった水理条件は、次の通りである。

潮位 $TP+0.5+2.0m$

波高 10~22m

周期 20 sec

図3-18に実験で得られた暗渠内の波圧資料の一例を示した。この図に見られるように、第一波と二波目以下の波圧現象は明らかに異なり、第一波は複雑な振動現象を呈しているが、二波目以下は、波の衝突当初に1~2サイクルの振動があるのみで、それ以後はほとんど滑らかとなる。

これは、第一波目は密封された長筒の空洞の中へ波が侵入衝突するが、第二波目以下は前の波が完全に引きさらないで、暗渠内に海水が残っている所へ次の波が侵入する。したがって、第一波目のときに見られるような複雑な振動現象は現われないのであろう。

第一波がはげしく振動しているのは、つぎのような現象によるものと思われる。

- ① 前浜をを上してきた波が、排水口を密封するとともに、暗渠中へ侵入する。
- ② 暗渠内の空気は、波の侵入につれて徐々に圧縮され圧力が高くなる。

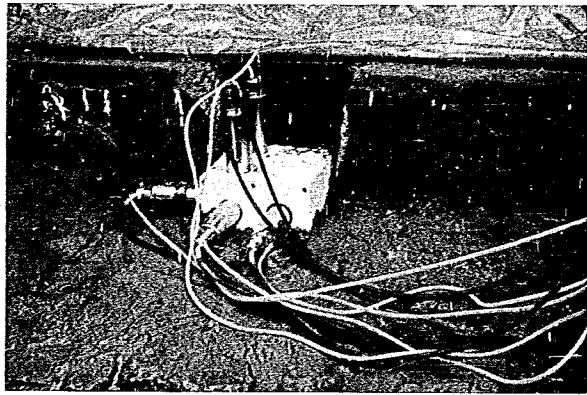


写真 3 - 2

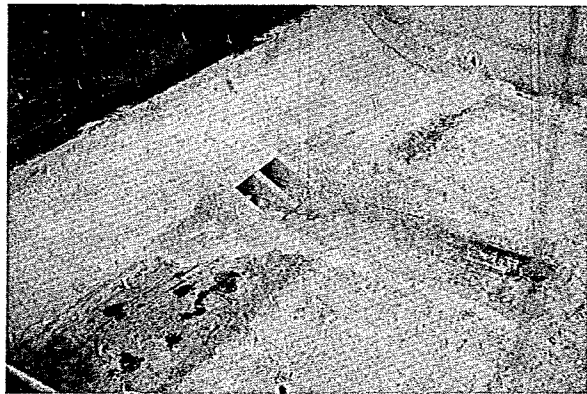


写真 3 - 3

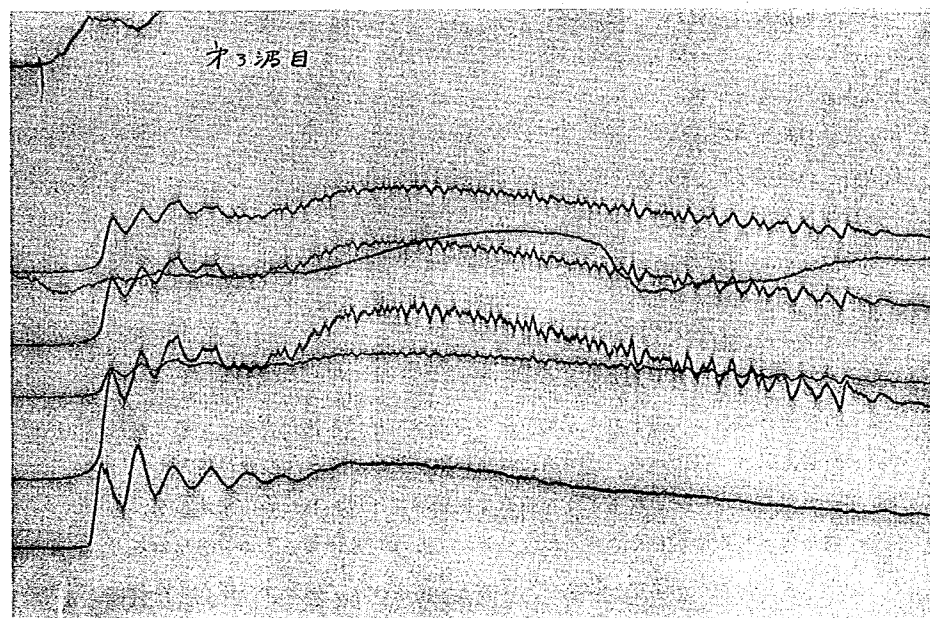
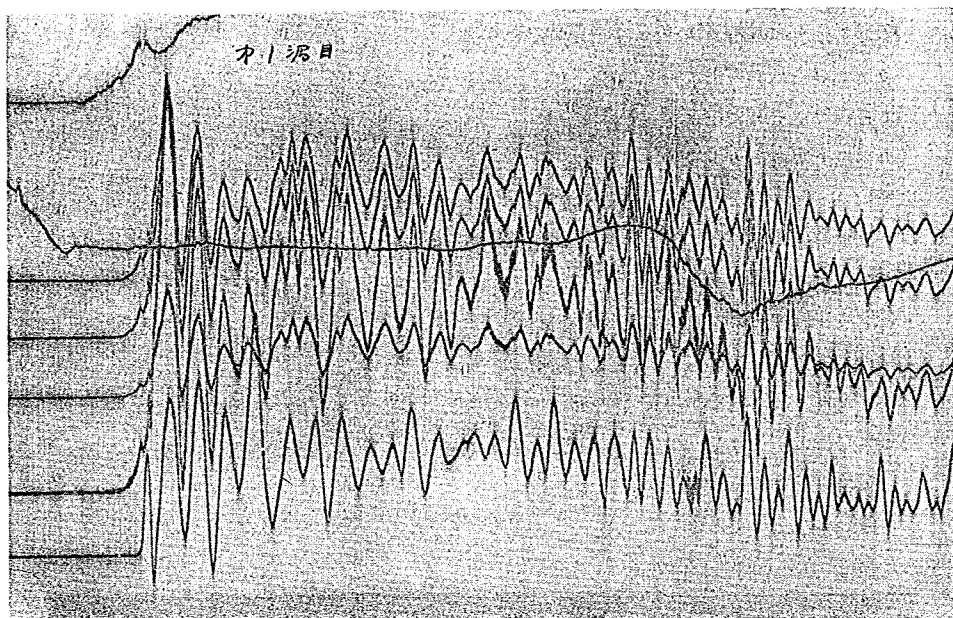


图 3-18 波压现象记录例

③ 圧力の高くなり耐え切れなくなった空気は、侵入してきた波をつき破って一部外へ流出する。

④ すると、その分だけ空気圧は低くなり再び波の侵入をゆるす。

⑤ 再び空気圧は高くなる。

このような現象をくり返すことにより、複雑な振動現象を呈するのであろう。

実験を観察すると、この間海側の排水口から大小の気泡が断続的に無数に現われた。

このことから、波を起しはじめて波高が一定になるまでの数波は、堤防に到達する以前に遮断し、一定の大きさになってはじめて門を開け波を侵入させた。

また、この資料の解析にあたっては、第一波と二波目以下は別の現象と考え、暗渠の設計に用いる設計圧としては、第一波目の波圧を採ることとした。それは模型実験では波高、周期とも一定の連続した規則波により行なっているのであるが、波の不規則性を考慮すると、常に暗渠内が海水により充されているとは限らず、むしろ、空洞のところへ波が来襲する度合の方が大きい。

読みとった波圧は、この反復荷重のうちの絶対値の大きいものであるが、20サイクル程度の振動数を有するので、ゲートの設計に当ってはこの点に注意する必要がある。

図3-19は潮位ごとにこの第一波目の各位置における波圧と、波高の関係を示したものである。縦軸に各位置の単位巾当りの波圧を横軸に波高をとり、それぞれ5カ所の測定位置をパラメーターとした。

この図からも知れるように、暗渠内に生ずる波圧の大きさは、ほとんどいずれの場所でも等しく、単位面積当りの圧力は、10~20 ton の間にばらついている。

以上のことから、放水暗渠内に作用する波圧としては、この場合20 ton/m²をとればよいと考えられる。

なお、底版の敷高がT.P+2.1 mなのに比べ、向田川付近の砂浜は法尻でT.P 3.5~4.0 m程あるので、河川流量が小さい場合は、暗渠内および排水口付近に砂が堆積することも予想されるのでこの点に注意すべきである。

(4) 波圧におよぼす前浜の効果

すでに述べたように、前浜は徐々に侵食されている。また、一時的にしろ大きな波が来襲したときに、前浜の砂は沖へ持ち去られることが予想される。このような場合に対しても、模型実験によって得られた値をそのまま用いて良いものかどうか、あるいは、模型実験によって得られた値を使用した場合に、前浜がどの程度になったら、その対策を考えねばならないか、その目安として、前浜の波圧におよぼす効果を調べた。

本来ならば、数年先の前浜や海底こう配を推定し、模型を製作しなければならないのであるが、過去の資料もなく、推定する方法もないので、前浜ならびに海床は1/10の様な斜面とした。これは、現在の海床がほぼ1/10であり、仮に前浜が侵食された場合にも、ほぼこのこう配で平行に後退してくるのではないかと考え定めたのである。また堤防につい

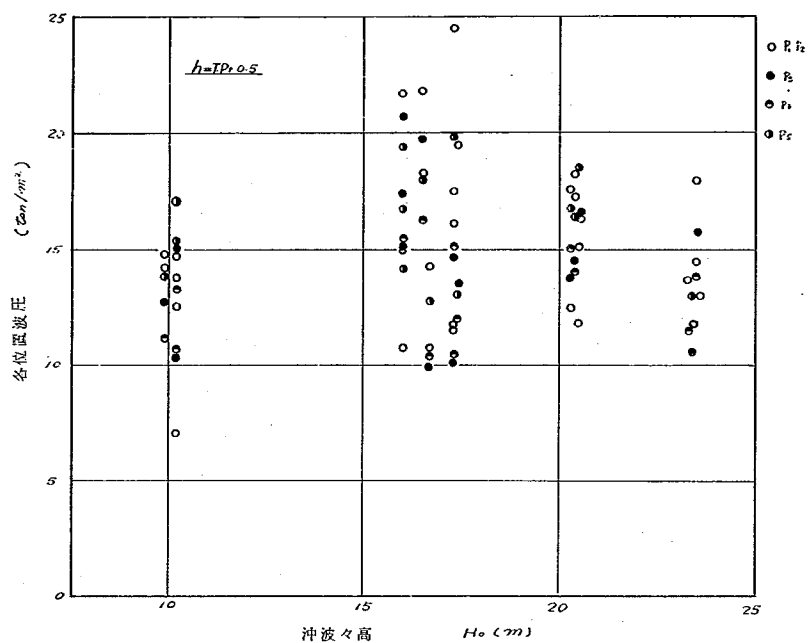


図 3-19(1) 暗渠内の各位置の波圧

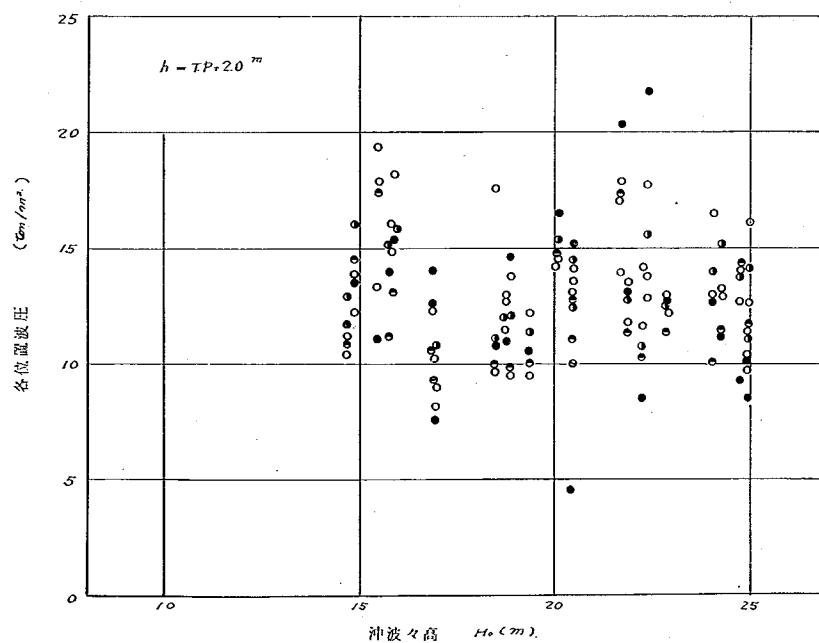
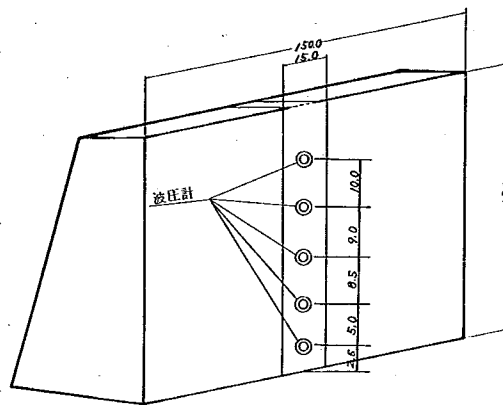


図 3-19(2) 暗渠内の各位置の波圧

でも、いっちバフベツつき
の堤防をモルタルで製作するこ
とは、時間的に困難だったので
鉛直の木製の堤防を用いた。波
圧計は前の実験と同様鋼鉄製の
取り付け板にネジ込み、これを
木製の堤防の法面に木ネジで取
り付けた。堤防の裏側には土砂
を充填し、波の衝突とともに後
方にづれることのないようにし
た。



寸法：模型値
単位：cm

図 3-20 鉛直堤防模型図

汀線と前浜までの距離は、水
路の水深を変えることによって

求め、堤防の据えつけ位置は潮位とのかねあいで、それぞれ法尻の高さで $T.P + 1.6$, 3.3 , 5.0 m とした。 $T.P + 5.0$ m は、天端高 $T.P + 15.0$ m の堤防と比較するために用いたものである。一方、 $T.P + 1.6$ m は堤防が汀線に設置されたものと同じ条件であり、 $T.P + 3.3$ m はこれら 2 つの中間である。

波圧を測定したのは、図 3-20 に示す 5 か所で、この位置に作用する波圧を (I) 節と同様の方法で解析した。

全波圧は、模型値を用い次式で計算される。

$$P = p_1 \times 5.0 + p_2 \times (2.5 + 4.25) + p_3 (4.25 + 4.50) + p_4 (4.50 + 5.0) + p_5 \times 5.0$$

..... (4.1)

実験方法および資料整理解析等はすべて (I) 節と全く同じ方法で行なった。

実験に用いた水利条件は潮位 $T.P + 1.6$ m の一定とし、周期 (T) 14 および 20 sec の二種類を用い、波高は 6 ~ 24 m の範囲内である。

なお、波の来襲にともなう上昇する堤防前面の平均水位を、手製のサイホン式水位計で読み取った。サイホン式水位計の原理は、模型上の水位をビニール管で水槽外に導き出し、ガラス管に接続し、ガラス管の目盛ないしは、抵抗線式水位計を用い電磁オシログラフなどに自記させるものである。ビニール管が長い (約 10 m) に周期の短い波高などの変動は減衰し、周期の長い変動 (平均水位) のみ導き出せるのである。

図 3-21 は、周期 20 sec (模型では 3.0 sec) の波につき、各位置におかれた鉛直壁に作用する全波圧と、天端高 $T.P + 15.0$ m の堤防法面に作用する全波圧を示したものである。図に示した点は全て模型値である。

この図からもわかるように、同じ位置におかれた鉛直壁と、天端高 $T.P + 15.0$ m の堤防

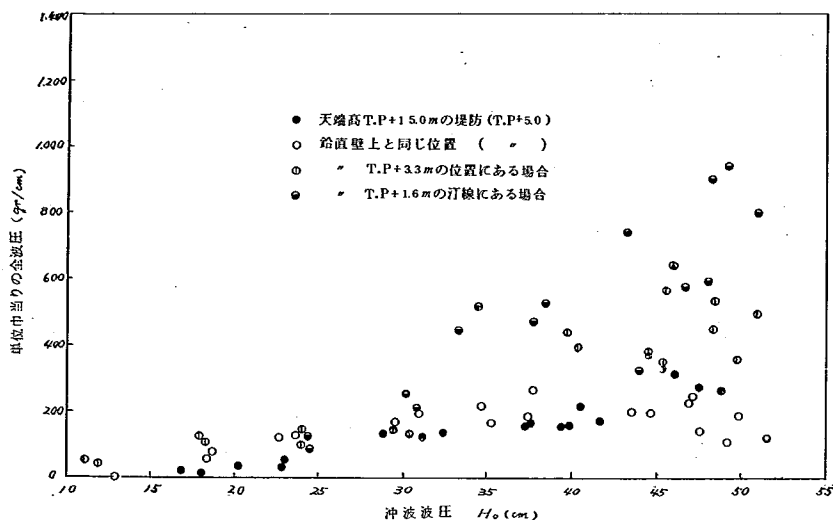


図 3-21 堤防位置と全波圧

に作用する波圧は単位巾当りに作用する全波圧としては、ほとんど同じであつた。

しかるに堤防が汀線近くになると、波高の小さいうちには測点もかたまり、しかも堤防に作用する全波圧も前浜の長い場合とそれほど変わらないが、波高 3.0 cm 以上になると急激に大きくなるとともに、点のバラツキも大きくなる。

この図のみでは点のバラツキが大きくしかも測点も少ないので余り正確なことは言えないが、およ次のことが言える。

波高 3.0 cm 以上になると、汀線に近い堤防に作用する全波圧は急激に大きくなり、また堤防が汀線より遠くなるにしたがつて、波圧は小さくなるようである。最大波に相当する波高 (H_0) = 4.5 cm で、これら 3 地点に設置された堤防のうける波圧を比較すると、汀線から堤防までの距離が現在の半分になると、堤防のうける波圧は現在の 2 ~ 2.5 倍ぐらゐになり、汀線が堤防法尻まで後退すると、3 ~ 3.5 倍になる。

図 3-22 は、堤防前面の平均上昇水位と波高の關係を示したものである。

これによると、斜面上の平均水位の上昇は波高とともに大きくなり、1/10 の斜面上で周期 $T_m = 3.0$ sec の波では、およ波高の 2 割ぐらゐの上昇がある。周期が短くなると、およ相対的に小さくなるようである。

1/30 の斜面上の平均上昇水位を、周期 $T_m = 3.3$ sec の波のみについて示したが、これによると過去の通念とは異なり、水位の上昇率は 1/10 の斜面の場合より小さかった。また波高とともに上昇する割合も小さく、波高 4.0 cm 以上ではおよ一定の値を示

した。

これは、波高が大きくなれば、はるか沖合で砕波し、堤防前面における波のエネルギーがほとんど一定になるからであろう。

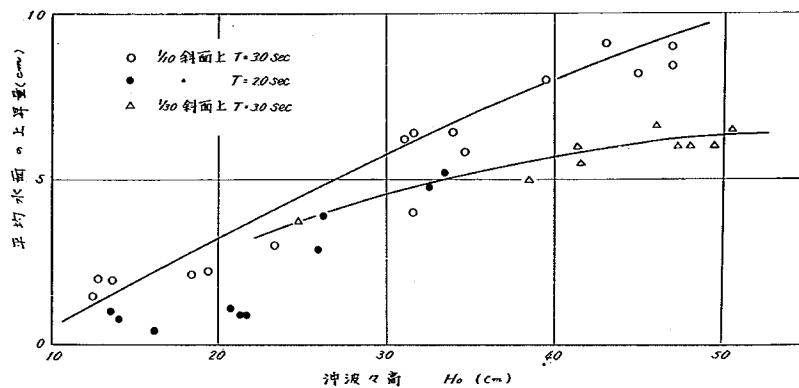


図 3-2-2 堤防のり法尻における平均水面の上昇量

4 結 論

以上述べてきたことを要約すると次のようになる。

(1) 堤防ののり面に作用する波圧としては、次のことが言える。

- ① 天端高 $T.P + 1.5\text{ m}$ の堤防に作用する設計対称波 ($H_0 = 2.20\text{ m}$, $T = 2.0\text{ sec}$) の波圧分布は図 4-1 のようになる。

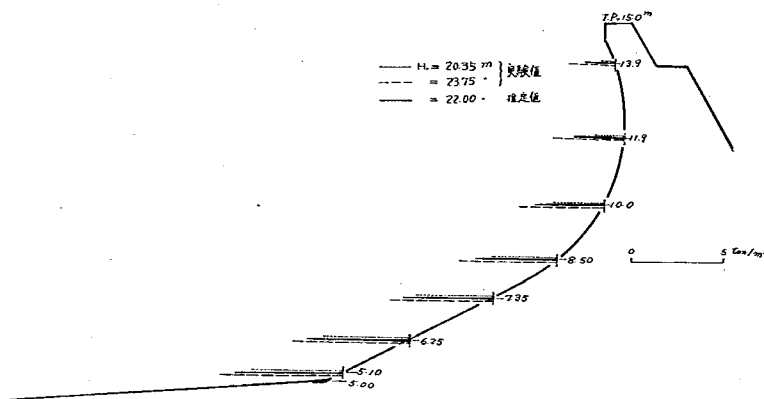


図 4-1 設計対称波 $T = 2.0.0\text{ sec}$, $H_0 = 2.2.0\text{ m}$ の波圧分布

- ② これをバラベット部分のみについてみると、単位巾当りの全波圧で $3.2.0\text{ ton/m}$ となる。
- ③ バラベットの法面に沿った等分布荷重に換算すると、 $3.2.0\text{ ton/m} / 8.2.0\text{ m} = 3.9\text{ ton/m}^2$ となる。
- ④ しかしながら、最大同時波圧は、同一条件のもとでこの値の $1.6.5$ 倍、最大波圧の最高値は 2.0 倍程度となる。
- ⑤ 単位巾当りに作用する全波圧は、波高の大きくなるにつれて、ほぼ直線的に増大する。
- ⑥ 増大する割合は、周期の長いもの程大きい。
- ⑦ 天端高 $T.P + 1.2.0\text{ m}$ の堤防に作用する波圧は、 $T.P + 1.5.0\text{ m}$ の場合に比べ非常に小さいものであった。

波がバラベット部分にまで到達することはほとんどなく、法面全体に作用する波圧は、潮位 $T.P + 1.6$ ，周期 $T = 2.0\text{ sec}$ ，波高 (H_0) $= 2.0\text{ m}$ で 8 ton/m 程度であった。

(2) 越波量に関しては次のようになる。

- ① 天端高 $T \cdot P + 15.0 \text{ m}$ の堤防については、潮位 $T \cdot P + 1.6 \text{ m}$ の場合、周期 $(T) = 20 \text{ sec}$ 、波高 $(H_0) = 20 \text{ m}$ 以上となると越波する。波高 $(H_0) = 22 \text{ m}$ の波の越波量は、 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{波程度}$ であった。
- ② 越波量と他の水理量との関係は、波圧の場合とは、傾向が似ており、波高が大きくなれば越波量も直線的に増大する。
- ③ 天端高 $T \cdot P + 12.0 \text{ m}$ の堤防については、実験結果から仮りに潮位が $T \cdot P + 2.0 \text{ m}$ になっても越波は生じないであろう。
- ④ 昇降路のバラベット不連続部分からの越波量は、単位長さ当り 0.86 m^3 となり、他の場所のは、 3.0 倍程度となる。

(3) 放水暗渠内に作用する波圧としては、次のことがわかった。

- ① 暗渠内が海水によって充されている場合と、空洞の場合とでは暗渠内に生ずる波圧は、その現象を極端に異にし、前者は後者の半分程度であった。
- ② 設計には、空洞のところへ波が侵入する場合の波圧をとるのが適当と考えられる。
- ③ この場合の波圧は、暗渠内いずれの場所でも、ほとんど同一の値を示し、しかもその値が潮位や波高によって変わることなく $10 \sim 20 \text{ ton/m}^2$ であった。
- ④ 設計にあたっては 20 ton/m^2 をとれば十分であるが、波圧の現象は 20 サイクル程度の振動数を有するので、この点も考慮する必要がある。

(4) 前浜の波圧に対する効果は、次の通りであった。

- ① 前浜の効果は、波高が小さい場合には現れないが、波高が大きくなると顕著となる。
- ② 仮りに現在の浜が半分になると、堤防に作用する波圧は 2.5 倍程度になる。
- ③ 波の采襲にともなって上昇する堤防直前の平均水平の上昇は、 $1/30$ の場合より $1/10$ の場合の方が大きく、前者は波高がある程度以上になると一定値に近づくが、後者は波高が大きくなれば平均水位も逐次上昇し、その値は、 2.0 割程度に達する。

5 あ と が き

以上、蒲原海岸の堤防に対する波圧、越波量などについて一通り明らかにすることができたが、問題が非常に多くこれらの問題全てについてより深く検討することはできなかった。特に前浜上を段波状になってそ上する波と、波力の関係はもう少しきつめて検討したかったのであるが、時間的に無理であった。現在この問題については、検討中なので今後機会があったら明らかにしたい。

なお、この実験の資料整理には、当研究室の末吉技官の多大な助力を得たことを附記し感謝するしだいである。

附表-1 静岡県内検潮所 主要高潮記録

表 1

(潮位は1967年1月1日現在のT.P.上cmで記す)

検 潮 所 (※静岡県管)	舞 阪	御前崎	清水港	内 浦	伊 東	※ 焼 津	※ 田子浦	※ 沼 津	備 考
1912年 (大正元年) 9月22~23日 台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	浜名湖 23日0.3 より高潮 0.6h. 2 m以上 潮 東岸 被害	静岡付 近でも 被害発 生						
1934年 (昭和9年) 9月20~21日 室戸台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	122 75					波高 9 m		駿河湾 内波高 5 m
1935年 (昭和10年) 8月27~29日 台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	浜名湖 高潮 沿岸被 害							沿 岸 高 波
1948年 (昭和23年) 9月15~16日 台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事				104				沿 岸 高 波
1949年 (昭和24年) 8月31~9月1日 キティ台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事				100 52				熱海海 岸沿岸 波高0.6 m、T.P 上4.75 mの埋立 地被害
1951年 (昭和26年) 10月13~16日 ルース台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	71 86		109 43	119 136 54				伊豆海岸 波高6 m
1953年 (昭和28年) 9月25~26日 台風13号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	195 225 139 53 浸水床上 90cm		116 151 45 78 98	125 163 59 32	95 104 33			沿岸高 波被害 大、高 潮顕著
1954年 (昭和29年) 8月18~19日 台風05号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	106 89		96 111 49 57 38	104 52 16	92 39 10			各地溝 潮時に 高波に より浸 水し被 害

静岡地方気象台 1967年10月25日作製

検 潮 所 (※静岡県営)	舞 阪	御前崎	清水港	内 浦	伊 東	※ 焼 津	※ 田子浦	※ 沼 津	備 考
1954年 (昭和29年) 9月17~18日 台風14号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	124 135 89	82 97 38 52 91 低地浸水	72 102 35 49	75 36 25	高波150戸 浸水			用宗・ 焼津高 波被害
1954年 (昭和29年) 9月25~26日 洞爺丸台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	83 56	88 104 36 50 46	109 116 48 55 23	69 26 11				
1956年 (昭和31年) 9月26~27日 台風15号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	79 75	79 99 54 65	62 35 6	51 33 25				伊豆南 部海岸 高波に より防 波堤破 損
1958年 (昭和33年) 9月15~18日 台風21号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	60 75 92	72 75 70 84 69 高波	84 112 66 84 69 防波堤破損	74 32 42 37	88 42 37			清水・ 用宗・ 地頭方・ 浜名湖 高波に よる被 害
1958年 (昭和33年) 9月26~27日 狩野川台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	92 115 78	107 130 67 54 78	83 117 36 64 78 82	45 90 86 50	$H_{1/3} 45m$	$H_{1/3} 80m$ $H_{max} 109m$		
1959年 (昭和34年) 8月8~9日 台風06号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	57 80	77 91 25 46 33	78 96 36 46 37	96 27 16				
1959年 (昭和34年) 8月14日 台風07号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	27 56	61 66 31 98 51 高波	(27)55 (53) 72 98 77 高波	57 32 26 48	49 27 48			三保海 水浴場 高波で 流失
1959年 (昭和34年) 9月26日 伊勢湾台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	128 143 125 140	51 99 31 104 高波浸水	63 93 30 72 43m 5.0m	67 112 49 80	53 24	$H_{1/3} 85m$ $H_{1/10} 11.1m$		各地高 波・高 潮，由 比駅波 に洗わ れる

検 潮 所 (※静岡県営)	舞 阪	御前崎	清水港	内 浦	伊 東	※ 焼 津	※ 田子浦	※ 沼 津	備 考
1959年 (昭和34年) 9月14~16日 第2室戸台風	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	83 52 71 10 59 高潮浸水	64 79 22 31	80 61 40 78	51 61 11		$H_{\frac{1}{3}} 4.0m$ $H_{10} 5.1m$		沿 岸 高 波 被 害
1961年 (昭和36年) 10月9~10日 台風24号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	82 113 93 56 37	107 127 42 68 53 低地浸水	111 142 58 63	102 113 40 29				沿 岸 高 潮 高 波
1964年 (昭和39年) 9月22~25日 台風20号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		88 93 36 20	85 34 20			95 39		
1965年 (昭和40年) 5月26~31日 台風通過後 前線停滞	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		100 100 44 44 16 NE風 18.0m/s	92 50 16			97 52 11		清水港 外,他 の各港 で被害
1965年 (昭和40年) 6月2~4日 台風08号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		95 98 46 7	88		107 113 74 20	97 59 3		
1965年 (昭和40年) 8月21~23日 台風17号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	(19) (26) 21	74 88 26 $H_{\frac{1}{3}} 4.5m$	56 70 43 32	42 45 33 38	57 58 4 $H_{\frac{1}{3}} 4.5m$	85 122 59 72		沿岸高 波被害 山下海 岸潮上 波高 7~8m
1965年 (昭和40年) 9月10~11日 台風23号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		75 91 25 37 28	71 52		91 119 42 50	89 31 15		
1965年 (昭和40年) 9月15~18日 台風24号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	107 123 116 37 $H_{max} 7m$	79 114 38 111 $H_{max} 5m$	75 88 35 51 53 大被害	65 99 38 96 102	71 72 34 5	115 135 74 98 80 $H_{\frac{1}{3}} 9.22m$ $H_{max} 12.62m$	82 103 85 127 70 $H_{\frac{1}{3}} 5.0m$ $H_{max} 9.4m$ 長津呂 $H_{max} 5m$	沿岸各 地高波 被害 山下海 岸及び 原町国 道高波 交通止め

検 潮 所 (※静岡県営)	舞 阪	御前崎	清水港	内 浦	伊 東	※ 焼 津	※ 田子浦	※ 沼 津	備 考
1966年 (昭和41年) 6月27~28日 台風04号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	48 60 35 $H\frac{1}{3}40m$	64 77 34 52 35	50 63 24 44	62 66	75 44	67 38 $H\frac{1}{3}458m$ $H\frac{1}{10}668m$ $H_{max}80m$	$H\frac{1}{3}1.5m$	長津呂 $H\frac{1}{3}50m$
1966年 (昭和41年) 8月12~15日 前線停滞	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		100 39						
1966年 (昭和41年) 9月24~25日 台風26号	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	68 93 78 103 46	83 97 56 72 64	54 105 36 87 140	52 55 31 34	120 137 95 112 70 目視 $H_{max}50m$	137 186 116 165 100 推定 $H_{max}400m$	$H\frac{1}{3}2.9m$ $H_{max}5.2m$	沿岸高 波被害 田子浦 及び焼 津で潮 位急上 昇
1966年 (昭和41年) 10月11~18日 前線および 低気圧	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事		107 48 沿岸低地 帯で浸水						潮位高 く、山下 海岸で 潮上波 高10m 交通止 め
1949年 (昭和24年) 1月1~2日 低気圧	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	123 70							
1949年 (昭和24年) 2月12~14日 低気圧	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	114 52							
1949年 (昭和24年) 11月24日 台風アレン	最 高 潮 位 瞬間最高潮位 最 大 偏 差 瞬間最大偏差 副 振 動 振 巾 記 事	142 65							

附表-2 実験データ一覧表

天端高 T.P+150

潮位 T.P+1.60m d=1.51m (水槽水深)

$T_p = 20 \text{ sec}$ $T_m = 28 \text{ sec}$ $L_{om} = 12.2 \text{ m}$ $h/L_o = 0.1235$ $H/H_o = 0.919$ $H_{op} = \frac{H_m}{H/H_o} \times 50$
 $-17 \text{ \#}$ $-24 \text{ \#}$ $-9.0 \text{ \#}$ -0.1630 -0.913
 $-14 \text{ \#}$ $-2.0 \text{ \#}$ $-6.2 \text{ \#}$ -0.2420 -0.923

各位波高 $P_{ip} = P_{im} \times 0.5 (\text{ton/m}^2)$ 全波高 $P_o = P_m \times 0.25 (\text{ton/m}^2)$

全波高 (法面全体) $\Sigma P_{oi} = 25 P_1 + 5.0 P_2 + 4.75 P_3 + 4.25 P_4 + 4.0 (P_5 + P_6) + 4.4 P_7$
 全波高 (バレット) $\Sigma P_{oi} = P_1 + 3.0 P_2 + 4.0 P_3 + 4.0 P_4 + 4.4 P_7$

Run	潮位	実験値		計算値		同時波圧(法面全体)								(バレット)								最大波圧(法面全体)								バレット 全波圧 (kg/cm)			
		H cm	T sec	H_{op} m	L_{op} m	全波圧 (kg/cm)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 #	P_3 #	P_4 #	P_5 #	P_6 #	P_7 #	全波圧 (kg/cm)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 #	P_3 #	P_4 #	P_5 #	P_6 #	P_7 #	全波圧 (kg/cm)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 #	P_3 #	P_4 #	P_5 #	P_6 #	P_7 #				
1	h=T.P	13.5	2.68	7.35																													
2	+1.60m	15.4	2.76	8.40		33.72	2.79	2.64	2.05	0.09				4.11	1.02	1.03							19.95	2.74	2.10	0.96	0.41	0					242
3	d=1.51m	16.6	2.58	9.05		38.21																	10.97	2.12	1.05	0.10	0					0.10	
平		15.2	2.61	8.27			(3.81)	2.84	2.19	0.96													15.46	2.43	1.58	0.53	0.20	0				1.26	
現						ton/m	ton/m ²	#	#	#	#	#	#	1/m	1/m ²	#	#	#	#	#	#	1/m	1/m ²	#	#	#	#	#	#	#	0.32		
						8.43	1.40	1.32	1.03	0.05	0			1.03	0.51	0.52	0						3.87	1.22	0.79	0.27	0.10	0					
1		18.5	2.80	10.10																			32.50	3.97	2.70	1.47	0.30	0				238	
2		20.8	2.64	11.35		49.91	4.67	4.25	3.18	0.47	0												34.80	5.05	2.56	1.43	0.62	0				329	
4		20.8	2.68	11.35																			43.96	5.60	2.90	1.91	0.99	0				488	
3		20.5	2.71	10.93		68.20	(9.00)	4.39	3.21	2.00	0												37.11	4.87	2.75	1.60	0.64	0				352	
平						12.48	2.31	2.13	1.59	0.24	0												9.25	2.44	1.38	0.80	0.32	0				0.88	
現																																	
1		29.8	2.72	16.25		143.6	7.33	7.42	7.18	6.79	5.02	1.29	0	69.36	7.18	6.66	5.37	1.85	0				131.2	8.38	7.19	6.12	5.20	4.17	1.52	0.10	44.88		
2		28.7	2.76	15.65																			12.73	7.53	7.18	6.44	6.07	2.88	0.51	0	40.73		
5		26.5	2.74	14.45																			136.3	8.32	7.76	6.25	5.41	4.01	1.46	0.48	46.50		
3		28.3	2.74	15.45		175.32	(10.15)	9.29	7.65	7.25	5.43	3.14	0.47										131.6	8.63	7.38	6.27	5.56	3.69	1.16	0.19	44.03		
平						35.90	3.67	3.71	3.59	3.40	2.51	0.65	0	17.34	3.59	3.33	2.69	0.93	0				32.72	4.04	3.69	3.14	2.78	1.85	0.58	0.10	11.01		
現																																	
1		36.2	2.80	19.70																			155.82	9.54	8.27	7.67	6.24	4.22	2.64	1.85	48.88		
2		35.4	2.72	19.30		187.4	8.48	10.20	10.14	9.07	6.18	0.43	0.56	66.45	10.14	9.07	6.18	0.43	0.56				168.3	9.18	9.13	8.02	6.87	5.36	4.00	1.29	61.57		
6		35.3	2.76	19.25																			156.0	9.59	8.74	8.08	6.57	4.90	3.00	0.34	51.60		
3		35.6	2.76	19.42		269.57	(10.32)	11.60	10.92	10.89	8.45	7.90	5.05										160.7	9.44	8.71	7.59	6.56	4.83	3.21	1.16	54.06		
平						40.90	4.24	5.10	5.07	4.54	3.09	0.22	5.28	16.61	5.07	4.54	3.09	0.22	0.28	4.02			47.2	4.36	3.80	3.28	2.32	1.61	0.58	13.50			
現																																	
1		42.4	2.80	23.15																			301.2	15.10	13.03	11.40	11.04	9.91	8.84	5.01	141.6		
2		44.8	2.71	24.40																			267.1	12.45	12.10	10.88	10.32	8.36	6.12	4.99	141.6		
7		43.5	2.84	23.70		39.0	13.74	18.38	15.57	15.54	13.37	10.26	6.18	183.90	15.57	15.54	13.37	10.26	6.18				279.9	12.78	13.32	11.39	11.04	9.34	7.87	5.35	126.9		
3		43.6	2.78	23.75		474.65	(26.44)	18.40	16.74	15.54	15.01	16.43	10.28										282.7	13.44	12.82	11.22	10.80	9.20	7.61	5.12	136.7		
平						97.50	6.87	9.19	7.79	7.77	6.69	5.23	3.09	45.98	7.79	7.77	6.69	5.13	3.09	70.70			67.2	6.41	5.61	5.40	4.60	3.81	2.56	44.20			
現																																	
1		38.3	2.72	20.85																			171.5	9.74	8.91	8.38	7.54	4.59	2.94	1.17	68.2		
2		37.0	2.72	20.15		233.6	12.07	12.08	11.88	10.10	6.91	3.65	0.32	103.03	10.56	9.99	8.41	5.29	1.75				220.3	11.69	10.58	9.20	8.62	6.68	4.50	3.08	97.1		
8		36.6	2.68	20.05																			155.2	10.18	9.01	8.00	6.55	5.04	2.62	0.61	60.98		
3		37.3	2.71	20.35		285.61	(14.42)	12.22	12.02	10.80	8.40	5.97	6.36										182.3	10.54	9.50	8.53	7.57	5.44	3.35	1.62	75.4		
平						58.40	6.04	6.04	5.94	5.05	3.46	1.83	0.16	25.78	5.28	5.00	4.21	2.65	0.88				45.6	5.27	4.75	4.27	3.78	2.72	1.68	0.81	18.88		
現																																	
1		12.8	2.70	7.00																													
2		12.7	2.58	6.95																													
9		12.2	2.64	6.70																													
平																																	
現		12.6	2.64	6.88																													

波高の作用なし

Run	h-d	実験値				計算値		同時波圧 (法面全体)										(バラスト)						最大波圧 (法面全体)										バ ス ト 全 波 圧 (gr/cm)
		H cm	T sec	H ₀ m	L ₀ m	全波圧 (gr/cm)	P ₁ (gr/cm ²)	P ₂ #	P ₃ #	P ₄ #	P ₅ #	P ₆ #	P ₇ #	全波圧 (gr/cm)	P ₁ (gr/cm ²)	P ₂ #	P ₃ #	P ₄ #	P ₅ #	全波圧 (gr/cm)	P ₁ (gr/cm ²)	P ₂ #	P ₃ #	P ₄ #	P ₅ #	P ₆ #	P ₇ #							
10 3 平 現	1	15.1	2.60	8.25		14.21 16.30 3.65	(1.83 2.61 0.92	1.47 1.48 0.74	0.48 0.50 0.24	0	)			0.50 0 0.135	0.50 0.25	0					8.1 7.7 5.8 7.2	1.98 1.91 1.21 1.70	0.63 0.60 0.34 0.52	0 0 0.10 0.10	0 0 0 0									
	2	15.9	2.50	8.70																														
	3	14.5	2.58	7.95																														
	平	15.2		8.30																														
11 3 平 現	1	20.5	2.48	11.20		27.90	3.48	2.50	1.41					2.88	1.17	0.57					19.5 24.5 23.8 22.6 5.05	2.38 3.29 3.42 3.03 1.02	0.85 2.27 1.62 1.58 0.79	0.77 0.88 0.79 0.81 0.41	0.17 0.17 0.10 0.13 0.07									
	2	19.2	2.42	10.50																														
	3	19.5	2.52	10.65																														
	平	19.7	2.47	10.78																														
12 3 平 現	1	28.5	2.28	15.60		116.10	5.63	5.47	6.08	5.70	4.23	1.18	0	44.82	6.08	5.70	4.28	1.18	0		76.2 62.4 89.4 75.9 18.99	5.70 5.50 6.43 5.88 2.94	4.74 4.31 4.98 4.67 2.34	3.58 3.21 3.82 3.54 1.77	2.65 2.08 1.65 2.31 1.16	1.84 0.73 1.63 1.41 0.71	0.52 0.73 0.75 0.52 0.26	0.10 0 0 0.10 0.05	2.05 1.24 10.5 17.5 4.38					
	2	27.8	2.48	15.20																														
	3	28.0	2.32	15.30																														
	平	28.1	2.36	15.4																														
13 3 平 現	1	34.4	2.50	18.80		159.70	8.73	6.84	9.31	8.40	5.17	0.76	0	68.21	6.98	7.61	6.66	2.90	0		138.4 118.2 114.6 123.7 30.93	9.30 7.81 7.74 8.28 4.14	7.56 6.49 6.80 6.95 3.48	6.09 5.95 6.05 6.03 3.02	6.33 4.51 4.77 5.20 2.60	4.29 0.75 2.98 0.75 1.80	0.75 0.49 0 0.44 0.38	0.38 38.8 32.3 39.2 9.80						
	2	36.1	2.50	19.70																														
	3	36.7	2.50	20.20																														
	平	35.7	2.50	19.60																														
14 3 平 現	1	43.0	2.32	23.5		174.50	8.21	9.57	8.45	7.94	4.68	3.39	0	69.66	8.45	8.15	5.80	3.73	5.66		124.2 129.5 135.0 129.8 32.45	8.86 8.07 8.41 8.45 4.23	7.75 8.04 7.82 7.87 3.94	5.55 6.01 6.52 6.03 3.02	4.11 5.50 5.54 5.05 2.53	3.64 3.43 3.34 3.47 1.74	0.75 0.40 1.29 0.81 0.41	1.13 0 0.52 0.55 0.28	40.4 37.8 44.0 40.7 10.20					
	2	43.0	2.32	23.5																														
	3	41.7	2.36	22.8																														
	平	42.8	2.33	23.3																														
15 3 平 現	1		2.36	23.0		284.07	6.83	6.84	7.00	8.77	9.90	12.33	16.67	196.08	7.00	8.77	9.90	12.33	16.67		195.8 205.6 239.6 212.9	9.88 10.45 11.01 10.45	9.36 9.95 9.33 8.78	7.84 9.17 8.54 8.03	7.20 8.24 8.48 7.12	6.50 3.79 3.50 4.21	5.33 3.79 2.89	3.33 2.90 2.89	91.4 86.2 92.8 99.8					
	2	43.5	2.44	23.8																														
	3	45.0	3.40	24.6																														
	平		2.73	23.8																														
17 3 平 現	1		2.06	7.7			(0.98	0	)												0.94 0.98 1.20 1.04 0.29	0.34 0.39 0.47 0.40 0.20	0 0 0 0 0											
	2		2.06	8.7																														
	3		2.07	8.6																														
	平		2.06	6.3																														

潮位 = T.P + 1.0 m
T = 2.0 sec

Run	潮位	実 験 値		計 算 値		同 時 波 圧 (法面全体)										" (パラベット)							最 大 波 圧 (法面全体)										パ ラ ベ ッ ト 全 波 圧 (g/cm^2)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		H(cm)	T ₁ (sec)	H _{0p} (m)	L _{0p} (m)	全波圧 (g/cm^2)	P ₁ (g/cm^2)	P ₂ "	P ₃ "	P ₄ "	P ₅ "	P ₆ "	P ₇ "	全波圧 (g/cm^2)	P ₁ (g/cm^2)	P ₂ "	P ₃ "	P ₄ "	P ₅ "	P ₆ "	P ₇ "	全波圧 (g/cm^2)	P ₁ (g/cm^2)	P ₂ "	P ₃ "	P ₄ "	P ₅ "	P ₆ "	P ₇ "																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
30	1	TP+1.0	11.8	2.84	6.40	629																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

潮位 = T.P + 2.0 m
T = 20.0 sec

Run	測位 水準	実験値		計算値		同 時 波 圧 (法面全体)										" (バレット)						最 大 波 圧 (法面全体)										バ レ ッ ト 波 圧 ($\frac{kg}{cm^2}$)
		H(cm)	$\frac{P}{T}(\frac{sec}{m})$	H _{sp} (m)	L ₀₅ (m)	全波圧 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_1 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_2 "	P_3 "	P_4 "	P_5 "	P_6 "	P_7 "	全波圧 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_1 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_2 "	P_3 "	P_4 "	P_5 "	P_6 "	全波圧 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_1 ($\frac{kg}{cm^2}$)	P_2 "	P_3 "	P_4 "	P_5 "	P_6 "	P_7 "	P_8 "	P_9 "		
23	1	TP=	11.7	$\frac{19.4}{2.74}$	6.35	586	25.41	3.29	2.22	1.28	0			1.28	1.28	0					12.94	2.21	1.02	0.47	0							0.47
	2	+2.0m	12.2	$\frac{19.9}{2.82}$	6.65	620															15.46	2.87	1.64	0	0							0
	3	d=1.50m	12.1	$\frac{19.9}{2.82}$	6.60	620															8.28	2.14	0.59	0.12	0							0.12
	平 堤	12.0	$\frac{19.7}{2.79}$	6.53	609	26.50 ($\frac{1}{m}$)	(3.50 ($\frac{1}{m^2}$))	2.23	1.39	0											12.23	2.34	1.08	0.16	0							0.20
24	1		15.0	$\frac{21.6}{3.06}$	8.12	730								0.32	0.64						3.06	1.17	0.54	0.08	0							0.05
	2		17.0	$\frac{18.4}{2.60}$	9.25	503	31.76	4.27	2.79	1.50	0			1.50	0.49	0					14.64	2.65	1.22	0.12	0.31	0						1.08
	3		15.8	$\frac{19.0}{2.68}$	8.60	560															24.21	3.51	1.83	1.04	0.31	0						1.97
	平 堤	15.9	$\frac{19.7}{2.78}$	8.67	598	43.44	(4.76	2.74	2.36	1.56	0										2.754	3.53	1.92	1.64	0.43	0						2.84
25	1		18.0	$\frac{20.4}{2.88}$	10.35	647								0.742	0.75	0.25	0				5.53	1.78	0.83	0.45	0.18	0						1.96
	2		19.5	$\frac{19.8}{2.80}$	10.60	612	7.94	2.14	2.40	0.75	0										22.13	3.56	1.66	0.90	0.35	0						1.96
	3		18.3	$\frac{19.9}{2.82}$	9.95	620	86.20	5.68	4.09	5.10	4.58	0									5.53	1.78	0.83	0.45	0.18	0						0.49
	平 堤	18.9	$\frac{20.0}{2.83}$	10.3	626	92.22	(7.50	5.33	4.68	4.61	0										5.53	1.78	0.83	0.45	0.18	0						0.49
26	1		30.5	$\frac{20.6}{2.92}$	16.60	665	177.95	6.35	5.72	5.55	5.58	4.52	2.73	1.03	6.46	6.63	5.25	2.55	0		49.36	4.85	3.55	2.59	1.73	0						7.38
	2		29.9	$\frac{20.4}{2.88}$	16.30	647															61.57	4.75	3.33	2.00	1.30	0						5.91
	3		28.1	$\frac{19.5}{2.76}$	15.30	594	86.20	5.68	4.09	5.10	4.58	0									61.26	4.40	3.09	1.73	1.43	0						
	平 堤	29.5	$\frac{20.2}{2.85}$	16.07	635	182.26	(10.60	9.57	7.82	7.62	5.39	2.73	1.34								57.40	4.67	3.32	2.11	1.39	0						
27	1		33.0	$\frac{19.5}{2.76}$	17.95	594	224.28	10.58	10.88	10.61	9.65	7.32	4.35	1.44	9.39	9.48	7.71	5.02	2.13		14.35	2.34	1.66	1.06	1.20	0						
	2		32.8	$\frac{19.9}{2.82}$	17.85	620															12.72	8.05	7.51	6.48	5.18	3.34	1.23	0.53	42.56			
	3		35.8	$\frac{19.1}{2.70}$	19.50	569															11.98.9	8.42	7.12	5.59	4.35	3.19	1.18	0.16	36.81			
	平 堤	33.9	$\frac{19.5}{2.76}$	18.40	594	255.18	(13.53	11.46	10.64	10.10	8.43	5.29	3.57								13.290	9.34	7.92	6.62	5.83	3.80	1.16	0.12	45.22			
28	1		38.0	$\frac{21.5}{3.04}$	20.70	721															12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
	2		41.0	$\frac{19.1}{2.70}$	22.30	569															12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
	3		37.7	$\frac{20.5}{2.90}$	20.50	656	228.82	10.80	10.70	10.98	10.28	7.23	4.05	1.67							12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
	平 堤	38.9	$\frac{20.4}{2.88}$	21.17	649	266.64	(13.80	11.80	11.13	10.92	7.89	7.54	2.76								12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
29	1		43.5	$\frac{19.9}{2.82}$	24.40	620	378.12	18.14	16.20	16.53	15.86	12.26	6.82	6.72							31.62	4.43	3.76	3.12	2.56	1.72	0.60	0.14	10.38			
	2		44.5	$\frac{19.2}{2.72}$	24.50	577															12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
	3		43.5	$\frac{19.9}{2.82}$	23.70	620															12.667	8.86	7.52	6.23	5.12	3.44	1.19	0.27	41.53			
	平 堤	43.8	$\frac{19.7}{2.79}$	24.20	606	470.57	(16.90	17.76	16.85	18.39	17.58	13.00	13.41								31.62	4.43	3.76	3.12	2.56	1.72	0.60	0.14	10.38			

天淵高 $T P + 12.0 m$

各相似率各位置波圧 $P_0 = 0.4 P_m$
 全波圧 $P_2 = 0.16 P_m$
 全波圧 $P = 0.175 P_1 + 7.35 P_2 + 7.35 P_3 + 7.35 P_4$

Run	h-d	実 験 値		計 算 値		同 時 波 圧 (法面全体)										(パラベット)						最 大 波 圧 (法面全体)										パ ラ ベ ッ ト 全 波 圧 (gr/cm^2)	
		H(cm)	T(sec)	$H_{0.5}$ (m)	$L_{0.5}$ (m)	全波圧 (gr/cm^2)	P_1 (gr/cm^2)	P_2 (gr/cm^2)	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	全波圧 (gr/cm^2)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	全波圧 (gr/cm^2)		
TP+1.0 d=120cm 1	1	42.7	2.88	18.1	518	32.1	27.2	0.62	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	41.5	3.03	17.5	573	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	41.0	3.00	17.3	562	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	41.7	2.97	17.6	550	4.80 (l/m)	(2.73 (l/m^3)	0.67	"	"	"	"	"	"	"	"	13.5	14.0	0.09	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					4.73	1.09	0.85	0										0.70	0.05													
2	1	32.7	3.06	13.8	585	21.72	2.22	0.18	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	31.2	3.20	12.95	639	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	34.7	2.92	14.70	532	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	32.9	3.06	13.80	585	3.71	(2.26 (l/m^3)	0.33	"	"	"	"	"	"	"	"	8.29	0.93	0.04	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					3.48	0.89	0.08	0										0.47	0.02													
3	1	22.7	3.35	9.35	700	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	23.5	3.16	9.76	623	11.84	1.29	0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	23.8	3.20	9.90	639	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	23.3	3.24	9.68	655	11.84	(1.29 (l/m^3)	0	"	"	"	"	"	"	"	"	7.89	0.86	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					1.89	0.52	0	0										0.43														
4	1	43.6	3.22	18.2	647	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	44.5	3.24	18.5	655	54.11	4.70	1.50	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	45.6	3.20	18.9	639	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	44.6	3.22	18.5	647	55.16	(4.77 (l/m^3)	1.55	"	"	"	"	"	"	"	"	35.5	3.27	0.75	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					8.66	1.88	0.60	0										1.64	0.38													
5	1	46.3	3.22	19.2	647	54.30	4.29	2.04	0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	52.1	3.06	21.9	585	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	48.5	3.16	20.8	623	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	49.0	3.15	20.4	619	57.66	(4.57 (l/m^3)	2.14	"	"	"	"	"	"	"	"	42.7	3.67	1.23	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					8.69	1.72	0.82	0										1.84	0.62													
6	1	39.5	3.00	16.4	562	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	39.3	3.00	16.55	572	38.06	3.41	0.92	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	37.0	3.20	15.4	639	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	38.6	3.07	16.2	588	39.32	(3.46 (l/m^3)	1.03	"	"	"	"	"	"	"	"	12.2	1.21	0.15	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	現地					6.09	1.36	0.37	0										0.61	0.08													
TP+3.00 d=123cm 7	1	47.6	3.17	19.8	626	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	2	46.1	3.28	19.0	671	135.6	8.10	5.76	2.59	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	3	47.0	3.20	19.5	639	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	平均	46.9	3.22	19.5	647	175.68	(8.40 (l/m^3)	7.16	3.26	1.93	0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	現地					21.7	3.24	2.30	1.04	0									3.62	2.30	0.92	0.37											

Run	h=d	実験値		計算値		同 時 波 圧 (法面全体)										〃 (バレット)						最 大 波 圧 (法面全体)										バ レ ッ ト 全 波 圧 (kg/cm^2)					
		H(cm)	T(sec)	L_{ap} (m)	L_{op} (m)	全波圧 (kg/cm^2)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 〃	P_3 〃	P_4 〃	P_5 〃	P_6 〃	P_7 〃	全波圧 (kg/cm^2)	P_8 (kg/cm^2)	P_9 〃	P_{10} 〃	P_{11} 〃	P_{12} 〃	全波圧 (kg/cm^2)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 〃	P_3 〃	P_4 〃	P_5 〃	P_6 〃	P_7 〃	P_8 〃	P_9 〃	P_{10} 〃	P_{11} 〃		P_{12} 〃				
8	1	39.1	3.04	16.4	577															68.3	5.12	2.26	0.56	0.06													
	2	39.6	3.00	16.65	562																																
	3	38.3	3.00	16.1	562	80.98	5.86	3.54	0.16											79.1	5.20	3.66	0.56	0.06													
	平均	39.0	3.01	16.4	565	93.32 (kg/cm^2)	6.93 (kg/cm^2)	3.55 〃	1.11 〃	0.41	0									73.8	5.16	2.96	0.56	0.07													
	現地					12.96	2.34	1.42	0.06																												
9	1	40.7	3.06	17.1	584															117.1	7.07	4.42	1.99	0.69													
	2	43.6	3.04	18.4	577																																
	3	40.6	3.20	16.7	639	150.9	8.38	5.90	2.80	0.43										99.8	6.40	3.65	1.54	0.41													
	平均	41.6	3.10	17.5	600	172.76	8.59	5.90	3.58	2.04	0									108.5	6.74	4.04	1.77	0.55													
	現地					24.14	3.33	2.36	1.12	0.17	0																										
10	1	41.7	3.12	17.4	607															104.0	6.88	3.67	1.10	0.80													
	2	40.9	3.07	17.2	538																																
	3	46.3	3.16	19.2	623	138.2	7.99	5.66	4.80	0.12										118.5	7.04	4.44	1.99	0.92													
	平均	42.3	3.12	17.7	607	158.07	8.00	5.66	3.06	1.91	0									111.4	6.96	4.06	1.55	0.86													
	現地					22.11	3.20	2.26	1.92	0.46																											