

土 木 研 究 所 資 料

第 2 6 6 号

富士・吉原海岸模型実験報告書

昭和 4 2 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

富士・吉原海岸模型実験報告書

河川部海岸研究室 室長 富永正照
研究員 橋本宏
技官 中村隆

目次

I ま え が き	1
II 災 害 状 況 調 査	2
2.1 吉 原 海 岸	2
2.2 富 士 海 岸	11
III 潮 位 と 波 浪	21
3.1 潮 位	21
3.2 波 浪	21
3.3 S M B 法による波の推算	29
IV 富士・吉原海岸模型実験	45
4.1 実 験 条 件	45
4.2 実 験 方 法	46
4.3 実験結果及びその検討	50
V 結 論	56

目 次

1. 富士・吉原海岸位置図	2
2. 吉原海岸における波の侵入状況	5
3. 吉原海岸における波の屈折	8
4. 三四軒屋地先汀線の変化状況	15
5. 富士海岸三四軒屋海岸堤防標準断面図	15
6. 五軒屋地先防砂突堤及び汀線の変化状況	16
7. 突堤の災害状況	18 ~ 20
8. 台風 6626 号における内浦の潮位変化	21
9. 台風 6626 号における田子浦の潮位変化	22
10. 沼津港波高計位置	23
11. 波のスペクトル	24
12. 沼津港波浪記録	26
13. 沼津港屈折係数	26
14. 方向分散	27
15. エネルギー減衰係数	28
16. 富士・吉原海岸の波のスペクトル	28
17. 波の推算結果	30
18. 波高・波速の増加	31
19. 台風 6626 号の経路図	33
20. 台風 6626 号の気圧分布	34
21. 台風 6626 号の風速分布	34
22. Fetch 方向の風速分布	34
23. 波の進行曲線	36
24. 富士・吉原海岸平面図	45
25. 横断図	45
26. 実験水路一般図	47
27. 模型の形状	48 ~ 49
28.~31. 沖波と越波量との関係	51 ~ 52

表 目 次

1. 台風 6626 号による沼津港の波 (1)	24
2. スペクトル解析の際の定数	24
3. 台風 6626 号による沼津港の波 (2)	25
4. 沼津港屈折係数	26
5. エネルギー減衰係数	27
6. 富士・吉原海岸の波	28
7. 気圧・風の観測記録	37
8. 台風 6626 号の気圧と経路	35
9. 波の計算の際の定数	35
10. 波の推算結果	36
11. 実験に使用した消波工の諸元	50
付表 1. 吉原海岸実験データ	58
2. 富士海岸 "	60

写 真 目 次

1. 吉原海岸航空写真	3 ~ 4
2. 1 元吉原小学校東側，水みちとなつた凹地	9
2. 2 元吉原小学校東側，水みち末端部におけるのり崩れ	9
3. 元吉原小学校西側家屋流出跡	10
4. 1 保育園の被害状況	10
4. 2 元吉原小学校の被害状況	11
5. 富士海岸三四軒屋海岸堤防の被災状況	13
6. 富士海岸防砂突堤	17
7. 越波状況	53
8. ブロックの移動状況	55

I ま え が き

昭和41年9月25日午前1時頃、台風26号により発生した高波によつて、駿河湾沿岸一帯はかなりの被害を受けた。とくに湾奥(図-1参照)の富士海岸では、三四軒屋地先の海岸堤防が長さ200mにわたつて欠壊し、また吉原海岸では波が海岸堤防を越波して背後地に流入し、一部の人家等を破壊したため、13名の人命を失うに至つた。

駿河湾は1,000mの等深線が湾奥部まで深く入りこんでいる非常に深い湾で、富士・吉原海岸の海底こう配は、 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 程度の急こう配をなしている。したがつて波は海岸線のすぐ近くまでエネルギーを失うことなく来襲するので、海岸へのそ上も非常に大きい。

このような海岸地形のため、台風季には毎年のようにかなりの高波が来襲するので、過去においても高波により大きな災害を受けたことが記録されている。とくに延宝8年と明治32年の災害が大きかつたようである。

今回の災害の特性は、富士海岸等の一部を除いて、堤防自体にあまり大きな被害はなく、2回程度の大きな越波により背後地が災害を受けたことである。

従来の海岸堤防の設計基準では、事実上ある程度の越波は止むを得ないものと考えられてきたが、今回のように堤防自体が安全でも、その機能が不十分ではやはり問題であつて、駿河湾のような特殊な場所では、越波も十分に考慮して堤防の高さを決めることが必要となる。

海岸研究室では、静岡県依託により、今回の災害の特性、波と堤高と越波量の関係等を、現地調査、計算及び模型実験により調査したので、以下にそれらの結果を報告する。

Ⅱ 災 害 状 況 調 査

2.1 吉原海岸

吉原海岸は富士海岸とともに駿河湾の湾奥（図-1参照）にあつて、その海底こう配は $\frac{1}{13}$ 、浜こう配は $\frac{1}{13}$ 程度である。汀線より120~150m離れて天ば高がT.P.13mの海岸堤防がある。堤防の背後は比較的平坦な砂丘で、その陸側に古い堤防が残っている。この旧堤付近が一般に砂丘の頂上にあたる部分で、その高さはだいたいT.P.13~18mである。旧堤付近は松林となつており、その背後の傾斜地に、写真-1に示すように民家がかなり密集している。現在の海岸堤防は砂丘の前斜面につくられており、旧堤との距離は150m前後である。

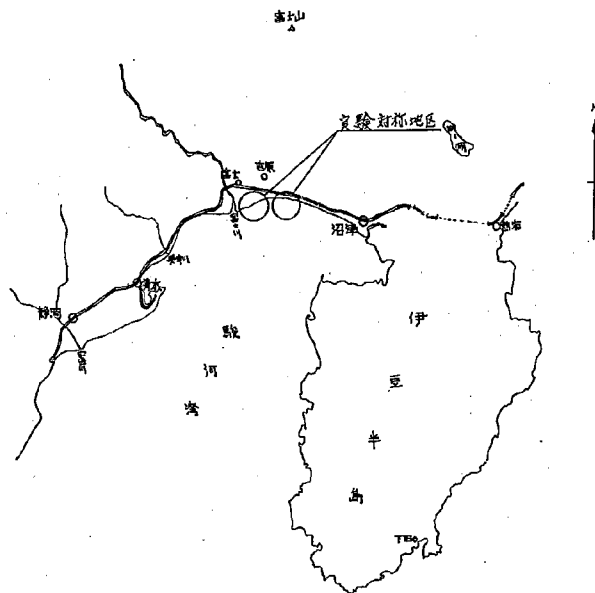


図-1 富士・吉原海岸位置図

図-2は波の侵入状況、家屋の被害状況を調査した結果である。

波の侵入限界高は一般に西側が高く、東側が低い。すなわち、西側ではT.P.16~17mに達しているが、東側ではT.P.14m前後である。

波の侵入により大きな被害を受けたのは元吉原小学校付近で、冠水水深が1mと推定される線が陸側に深く入りこんでいる。侵入した海水は砂丘を乗り越え、背後の斜面を流れて低地に湛水した。そのため一部では斜面にのり崩れを生じた。この小学校付近を除いては、波の侵入はほぼ旧堤で止まっているか、それより奥に入つても量的にごくわずかで、大きな被害を与えていない。

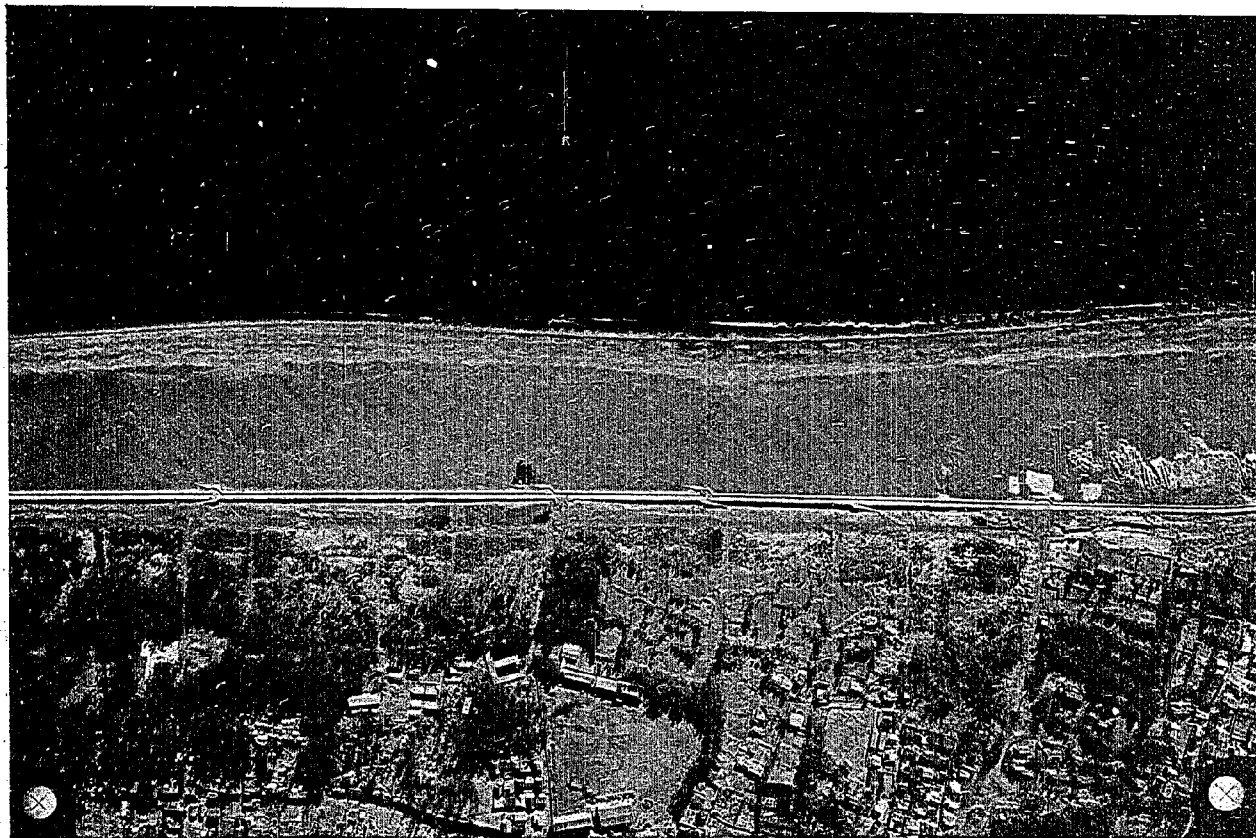


写真-1.1 吉原海岸元吉原小学校付近の航空写真(防災センター撮影)

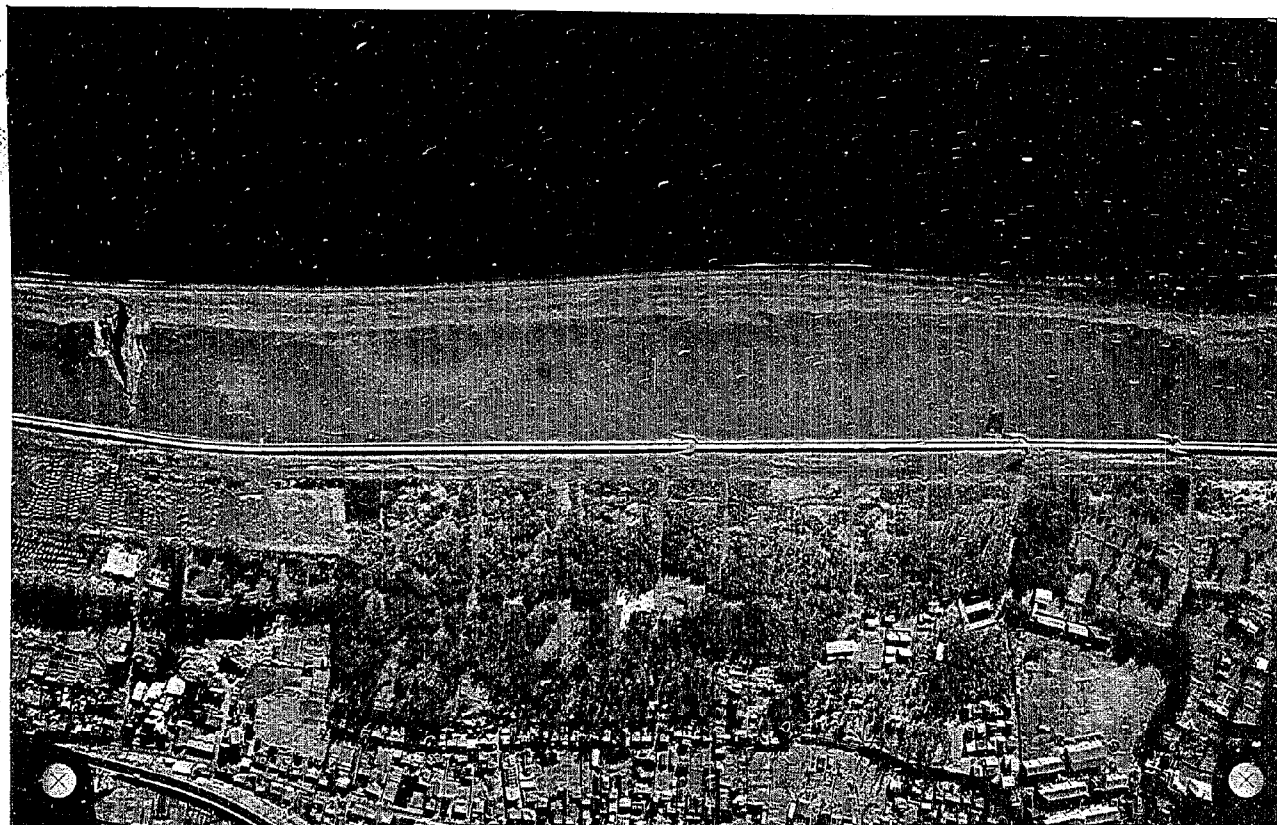


写真-1.2 吉原海岸元吉原小学校付近(東側)の航空写真(防災センター撮影)



図-2 吉原海岸における波の侵入状況

上述のように比較的狭い範囲でありながら、場所により波の侵入高、被害状況が異なる原因としては、海底地形による波の収れん、発散、背後地の地形の差異等が考えられる。

図-3は吉原海岸前面における波の屈折状況を示したものである。波の周期は17 secであるが、海底が急こう配のため、屈折による波の収れん・発散は比較的少ないが、元吉原小学校付近の海岸（ $\Delta 146 \sim 149$ ）に波が集中する可能性は多少認められるようである。また $\Delta 150$ 付近では若干の発散がみられる。

背後地の地形の差異としてまず目につくことは、元吉原小学校付近から西側は一般に背後地が高く、東側は低いことである。海岸堤防の裏側は一般に凹地をなしているが、この凹地の規模が西側と東側とでは相当に異なっており、東側の方がはるかに大きい。等高線で比較しても西側は最低12mであり、東側は10mとなつてゐる。

元吉原小学校より西側ではT.P.18mに達する高い砂丘により波の侵入が止められたことは明瞭であるが、東側において波の侵入限界をなしている旧堤は、一部高いところもあるが、一般的には小学校付近の旧堤高と大差はないにもかかわらず、波の侵入に大きな差があることを考えると、背後の地盤の高低差も相当に影響したように思われる。

元吉原小学校付近では、その東側と西側とで旧堤内の家屋が流出しているが、地形をさらに詳細に調べてみると、いずれも流出家屋の前面で旧堤が低く、しかも旧堤に続く背後地が細長い凹地を形成しており、水が集中して流れ易くなつてゐるのが認められる。

まず東側についてみると、波の痕跡高は15.5m前後で、旧堤の高さは低いところで13.5m位であつたので、この付近の最大水深は2m程度と推定される。背後地の地盤高は大部分14~15mであるが、その中に13m以下の細長い低地があり、そこに越波した海水がある程度集中して流れたため、その水みちに当る人家が流出等の被害を受けたものと推定される。写真-2は水みちとなつた凹地及び水みちの末端で、水流の落下により崩れした箇所を示したものである。

つぎに西側の災害地点は、旧堤の高さが13mで、しかも全体的に細長い低地を形成しているのがわかる。この部分もやはり水が集中して流れたようで、家屋が数軒流失した。写真-3は旧堤及び家屋の流失跡を示す。旧堤に近い2軒のみ流失し、その他は半壊程度で流失をまぬがれた。

写真-4は元吉原小学校の校舎とその校庭の海側端にある保育園の被害状況を示したものである。海側の保育園では、窓ガラスが半分程割れており、椅子、机等も中庭に流失していて、相当の水勢があつたことを示している。一方校庭をへだてた小学校の校舎では、窓ガラスの破損もなく、多少浸水した程度で被害が小さかつたことがわかる。このようにわずか100m程度の距離の差により、被害状況が著しく異なつてゐる事実は、波が津波のような長周期のものでなく、比較的短周期のもつと推定し得る一つの例証とみてよいであらう。また海岸堤防と旧堤との間にあつた飯場等は例外なく流失したが、これはこの区域全般にわたつて、堤防に近いところでは流勢が相当に強かつたことを物語るものと思われる。

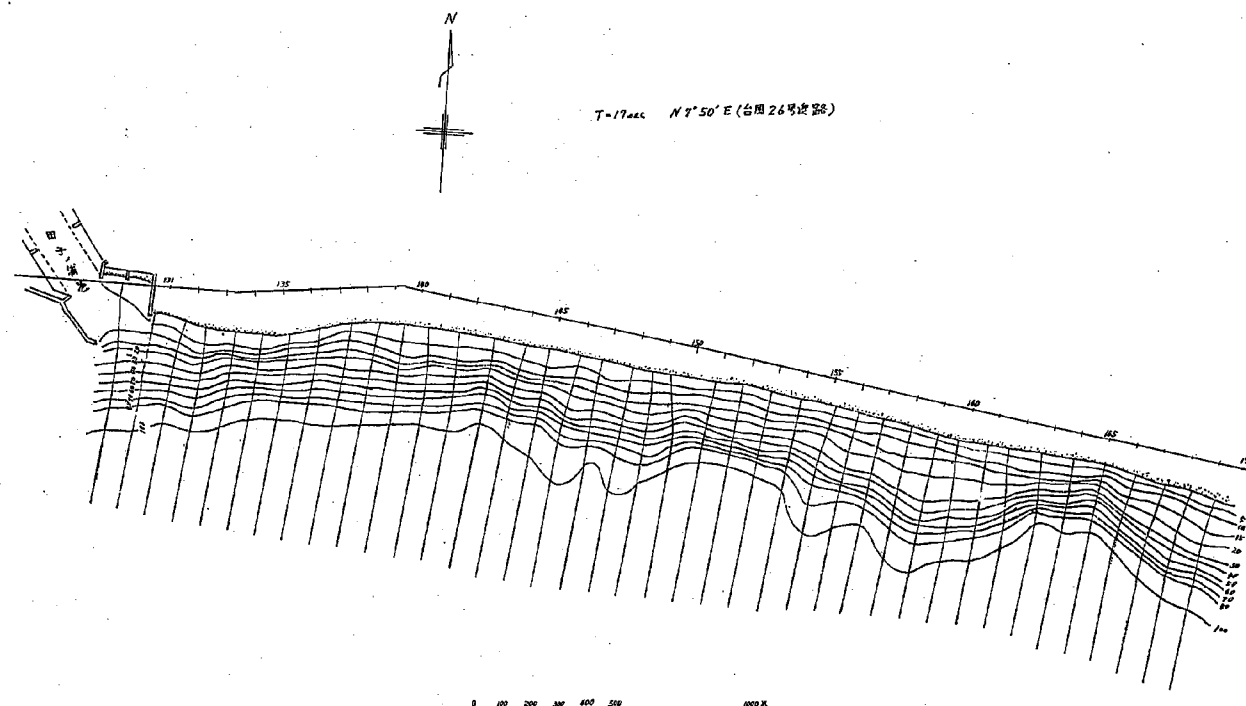


図-3 吉原海岸における波の屈折

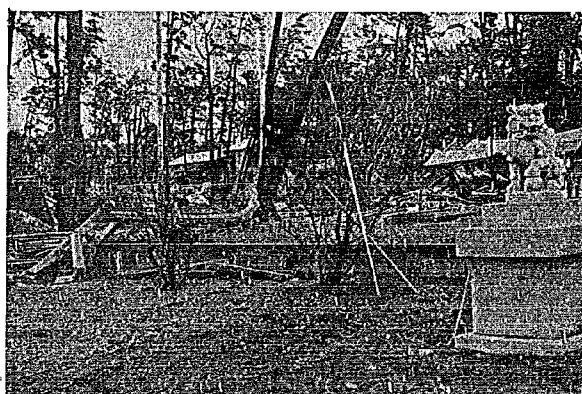


写真-2.1 元吉原小学校東側一水みちとなつた凹地

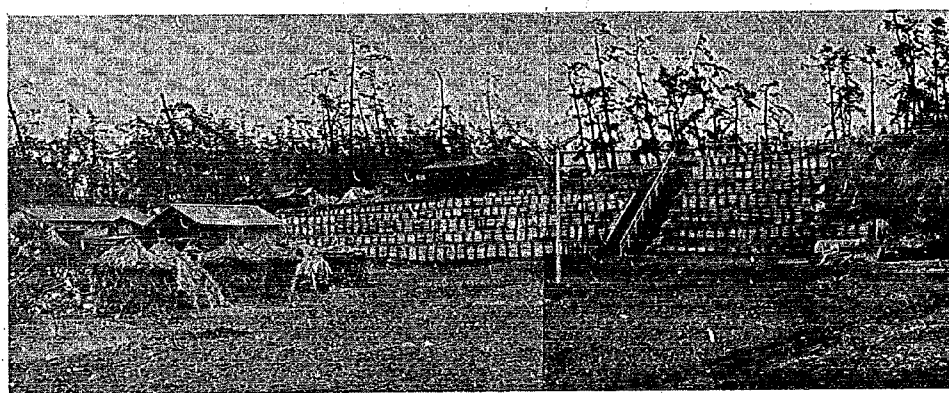


写真-2.2 元吉原小学校東側一水みちの末端部におけるのり崩れ



写真-3 元吉原小学校運動場西側一家庭流失跡
(前方に見えるのは旧堤)

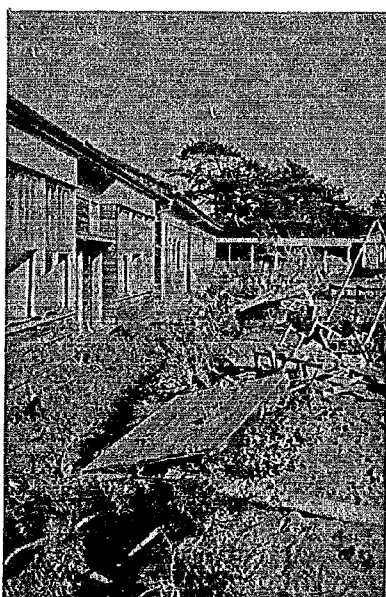


写真-4.1 保育園の被害状況
(元吉原小学校職員撮影)



写真-4.2 元吉原小学校の被害状況
(元吉原小学校職員撮影)

2.2 富士海岸

富士海岸の三四軒屋地先では、写真-5に示すように、海岸堤防が被災した。堤防建設当時は、図-4に示すように約70mの前浜があつたが、浸食が著しく進み、41年8月の測量では、汀線と堤防との距離は約30mに減少した。

堤防の断面は図-5に示すとおりで、一部には基礎を保護するため、5トンの6脚ブロックが投入されていた。被害原因は前面洗掘によるものと思われる。

図-4からもわかるように、この被災個所の堤防は、その左右のものに比して若干凸出している。このような法線形状が浸食を促進させたか否か明瞭でないが、一つの要因とはなり得ると思われるので、今後十分に注意すべきであろう。

図-6及び写真-6は五軒屋地先海岸前面の防砂突堤を示すものである。写真ではこの突堤が災害を受けたか否か明瞭ではないが、富士土木事務所の調査によると、図-7に示すように、1号突堤から6号突堤まで程度の差はあるが、いずれも先端部のブロックが流失していることが認められた。流失の程度は号数の若い突堤、すなわち田子の浦側のもの程大きく、1号突堤で53個、2号突堤で47個、3号突堤で41個等となつている。ブロックは6脚ブロックで重量は8トンである。

汀線からブロックが流失せずに残つたところまでの距離を調べてみると40m程度であるが、このブロックの流出状態からみて、この区間で砂の移動がとくに激しかつたものと思われる。

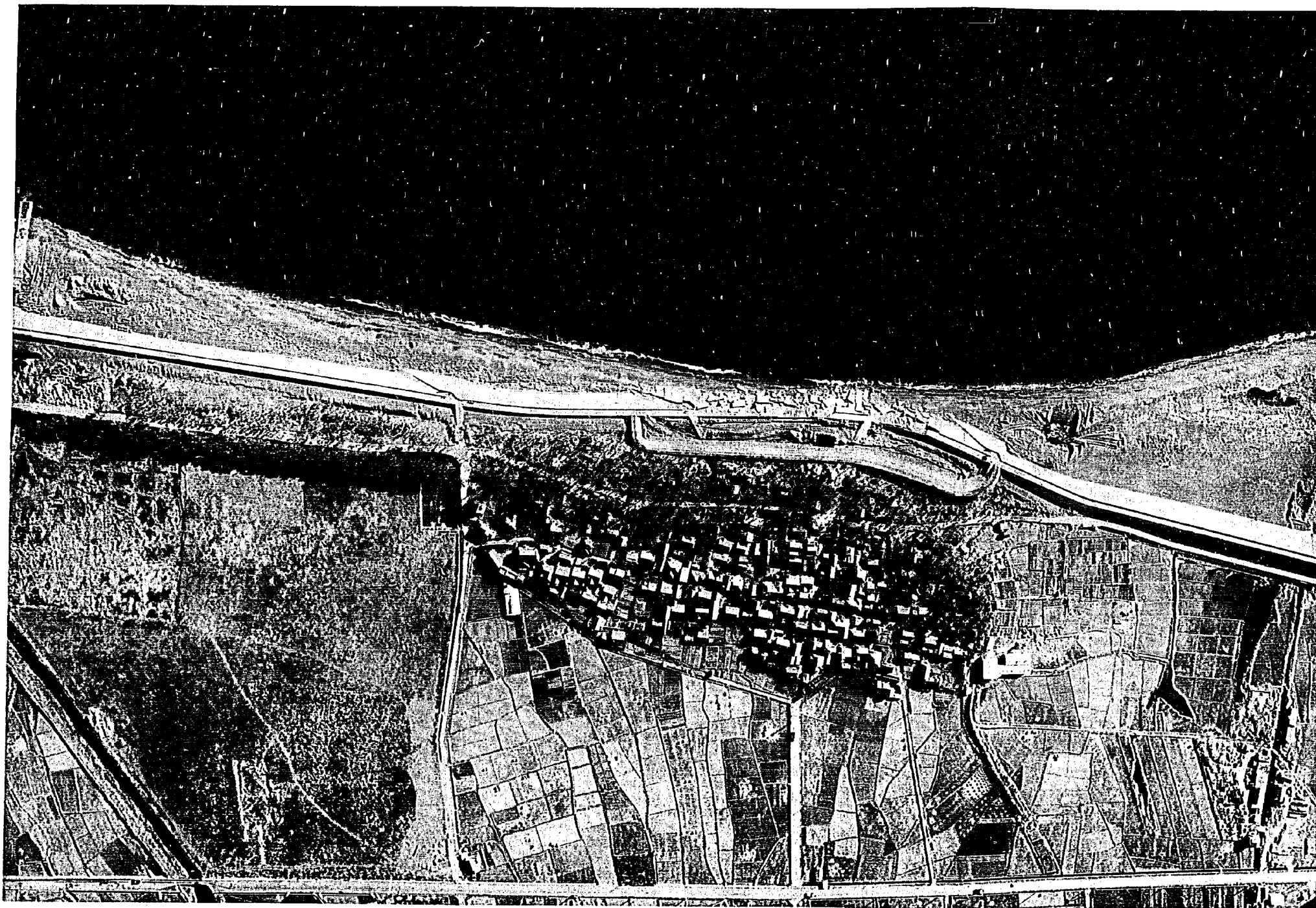


写真-5 富士海岸三四軒屋海岸堤防の被災状況(防災センター撮影)*:

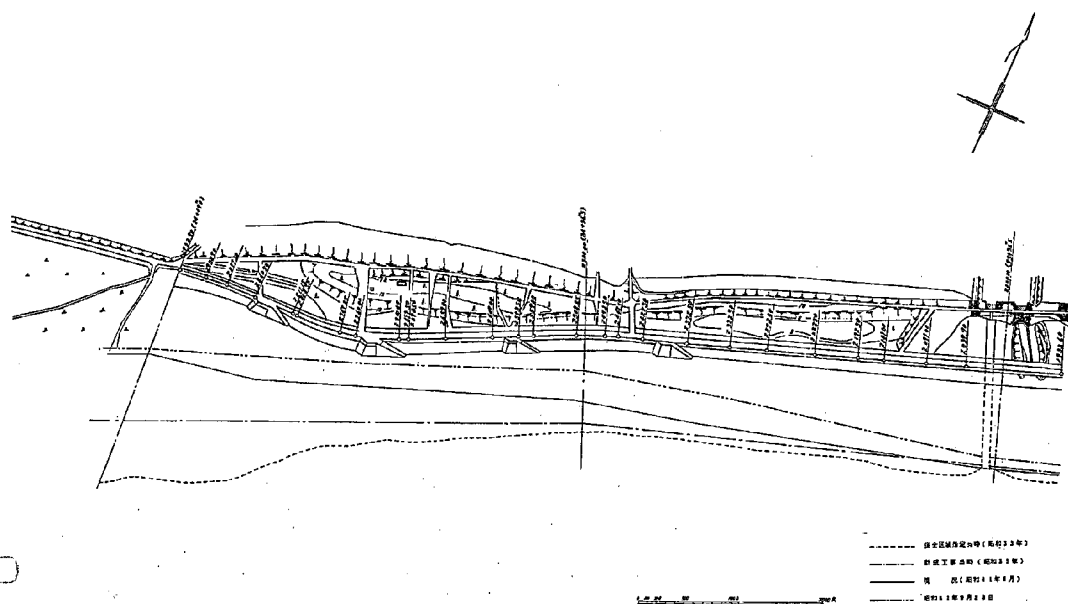


図-4 三四軒屋地先汀線の変化状況

先にのべたように、三四軒屋地先の堤防のり先と汀線までの距離は30mであるから、上述の推定と併せて考えてみると、堤防のり先の海浜は相当に大きく洗掘され、堤防の被災を招いたものと推定してよいであろう。

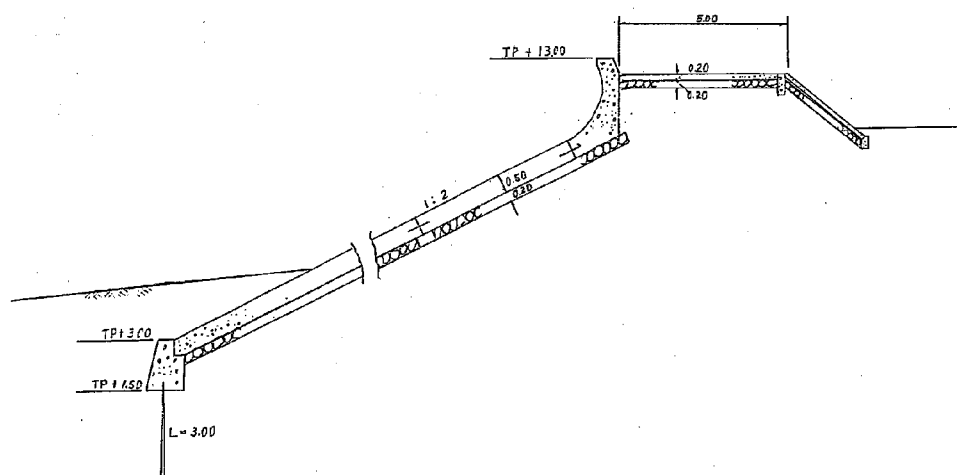


図-5 富士海岸三四軒屋海岸堤防標準断面図

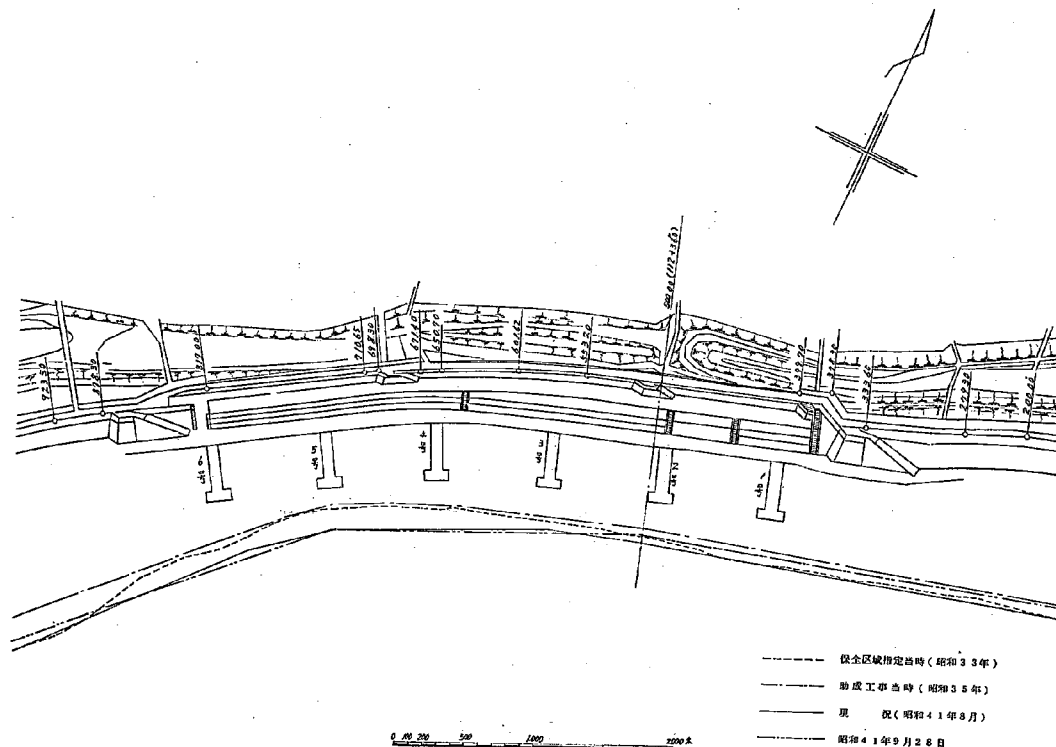
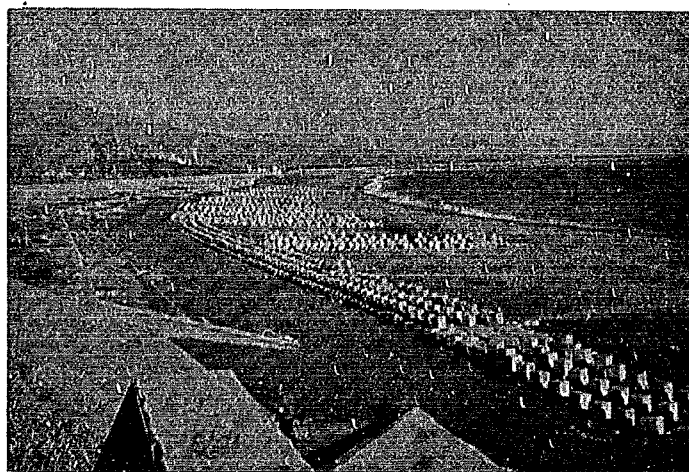
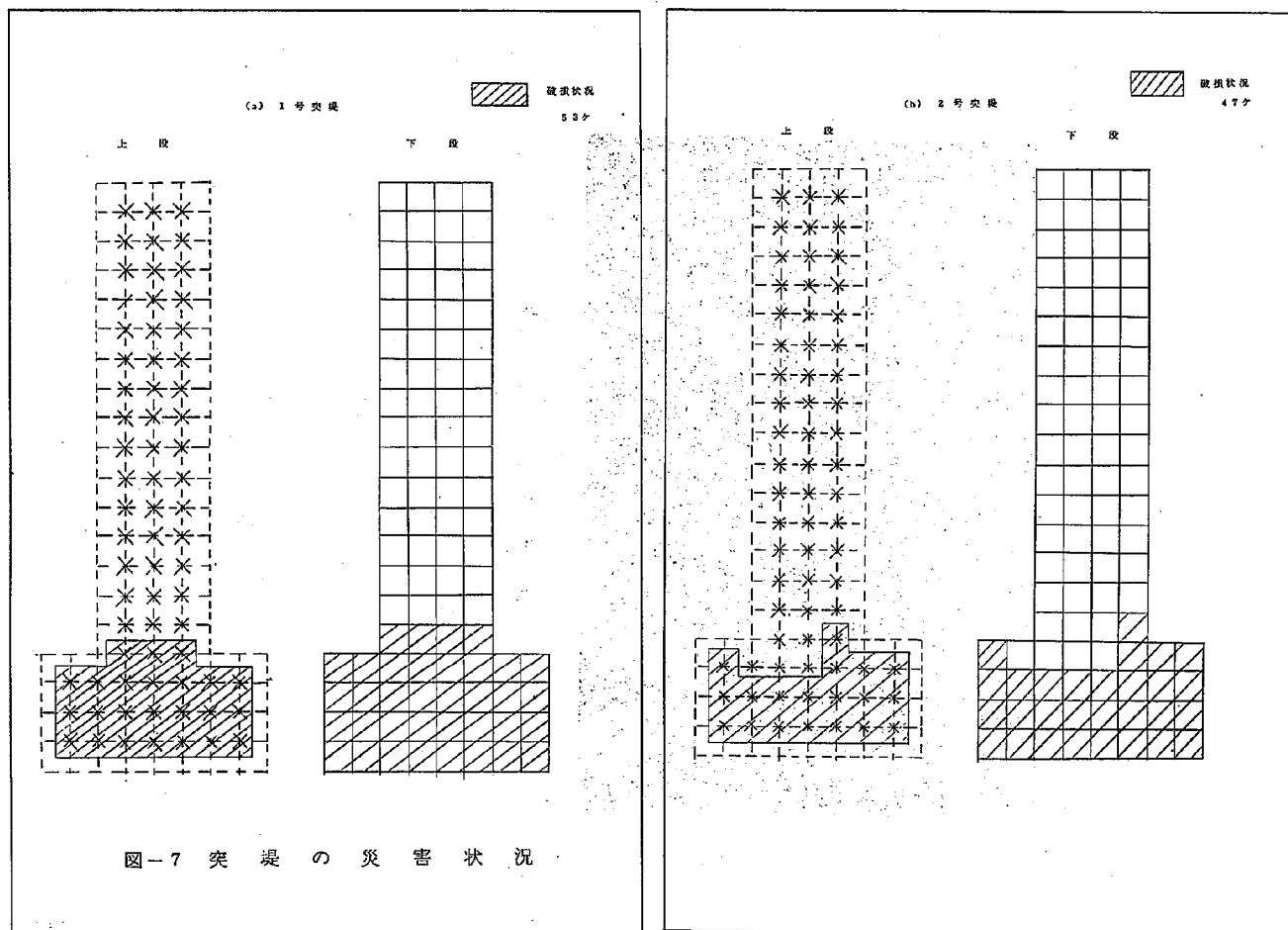
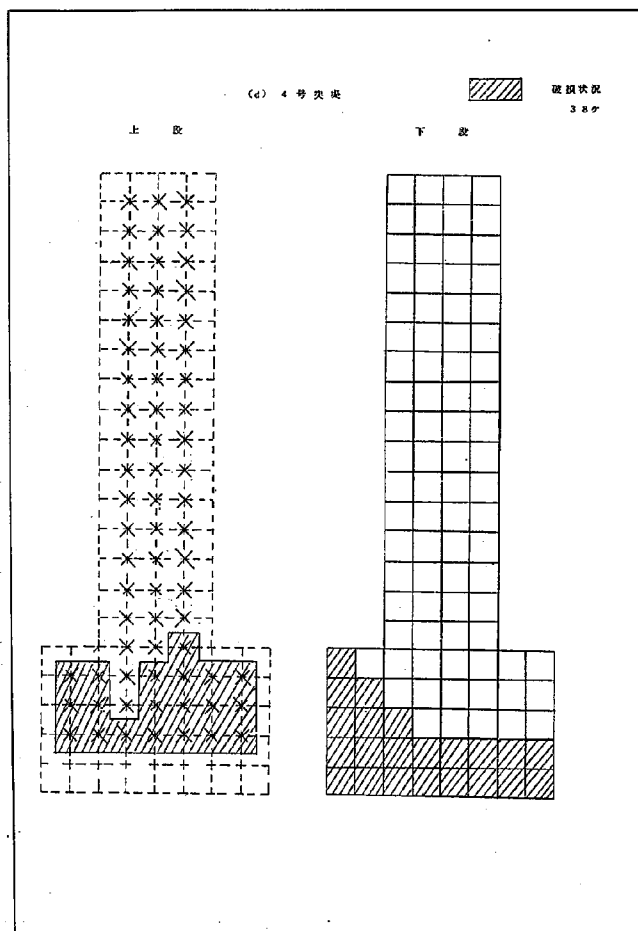
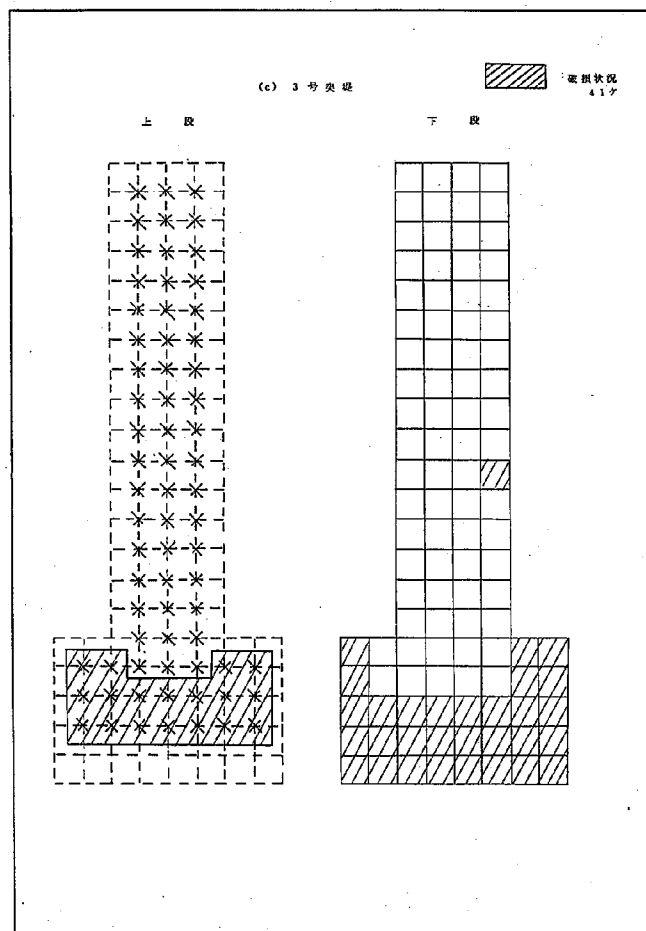


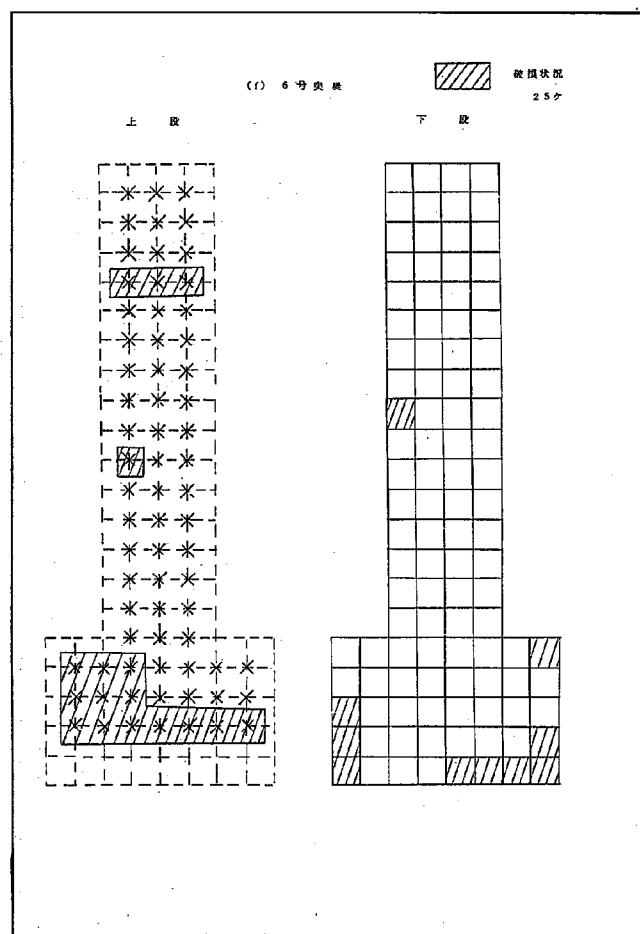
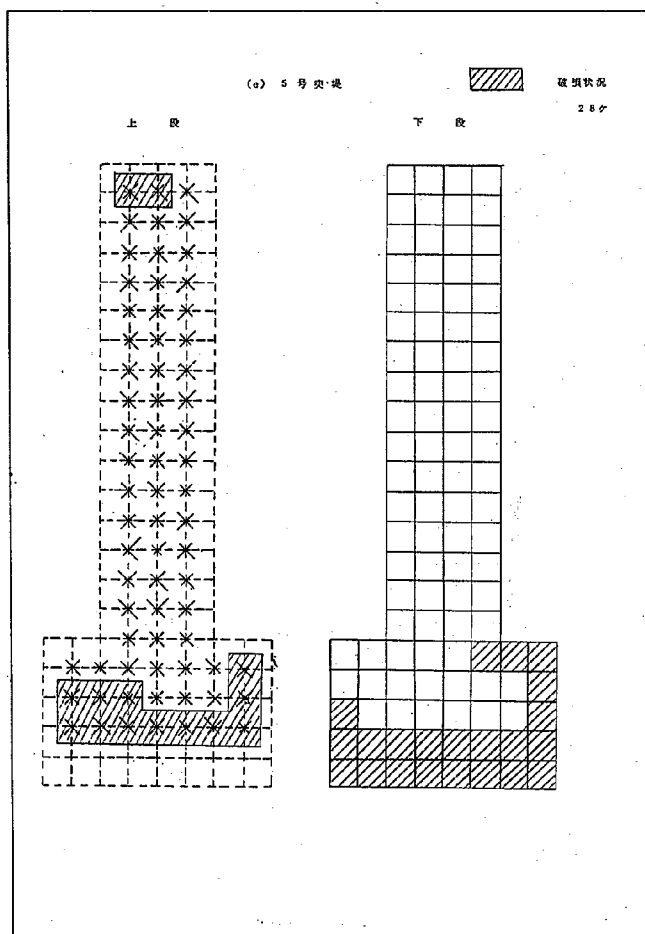
図-6 五軒屋地先防砂突堤及び汀線の変化状況



写真—6 富士海岸防砂突堤







Ⅲ 潮 位 と 波 浪

3.1 潮位

昭和41年台風26号の際の潮位記録は駿河湾内では内浦検潮所（気象庁），田子ノ浦検潮所（静岡県），清水港検潮所（気象庁）において記録されている。内浦，および田子ノ浦における記録を図-8，9に示す。この記録によれば内浦においては最高潮位は0.6m，田子ノ浦では1.3mを記録しており，また副振動がいちじるしく表れている。この副振動は5～20分の周期をもち1時30分頃から表れている。

3.2 波浪

台風26号による波浪記録は沼津港において得られている。この記録を使用し富士，吉原海岸に來襲した波を推定する。

沼津港の波高計位置は図-10に示す通り海岸堤防から約350m沖の設置位置水深14m，設置水深12m（工事基準面下，工事基準面＝T.P.－0.723m）の位置に置かれている。波浪記録から有義波高を沼津土木事務所において計算した結果は表-1のように示される。これによれば1時30分頃最大となつている。

波浪記録をスペクトル解析したものが図-11である。波は急激に発達し，また減衰しているために定常状態とはなっていないが計算には20分間の記録を使用している。解析に使用した定数は表-2の通りであり図-11に示したものは

$$\bar{\eta}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \eta^2(t) dt$$

とすると，

$$\bar{\eta}^2 = 2 \int_0^\infty s(f) df$$

である。

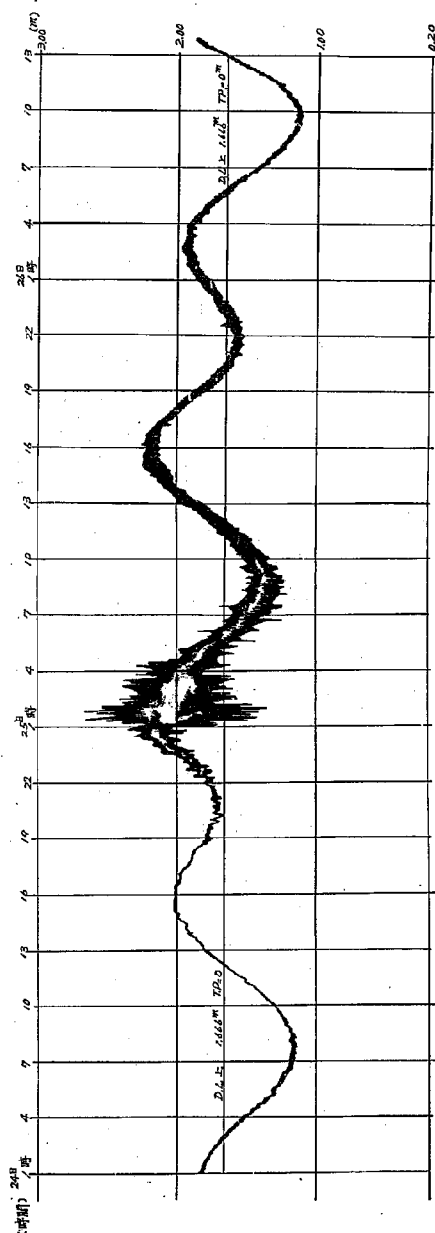


図-8 台風26号による内浦の潮位変化

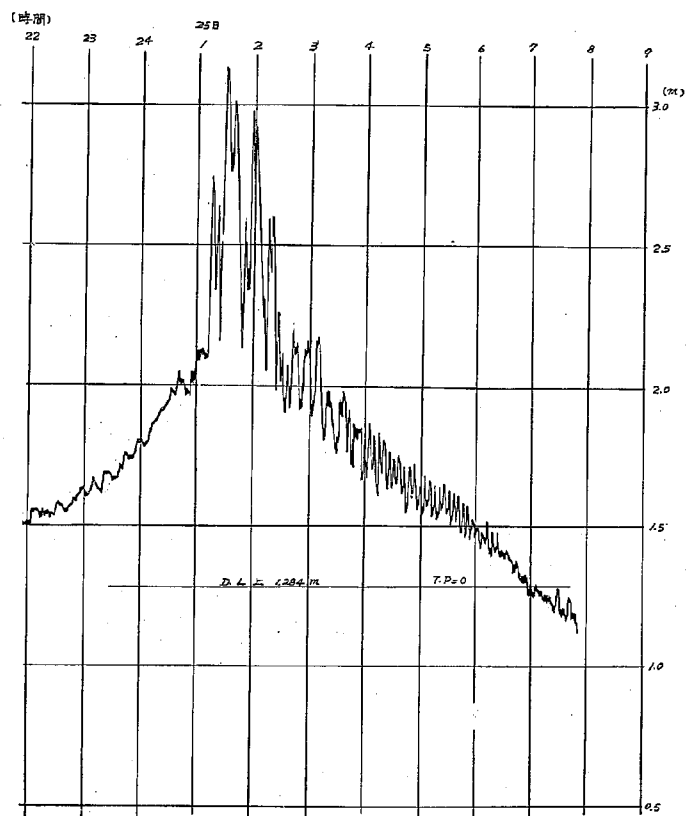


図-9 台風26号による田子浦の潮位変化

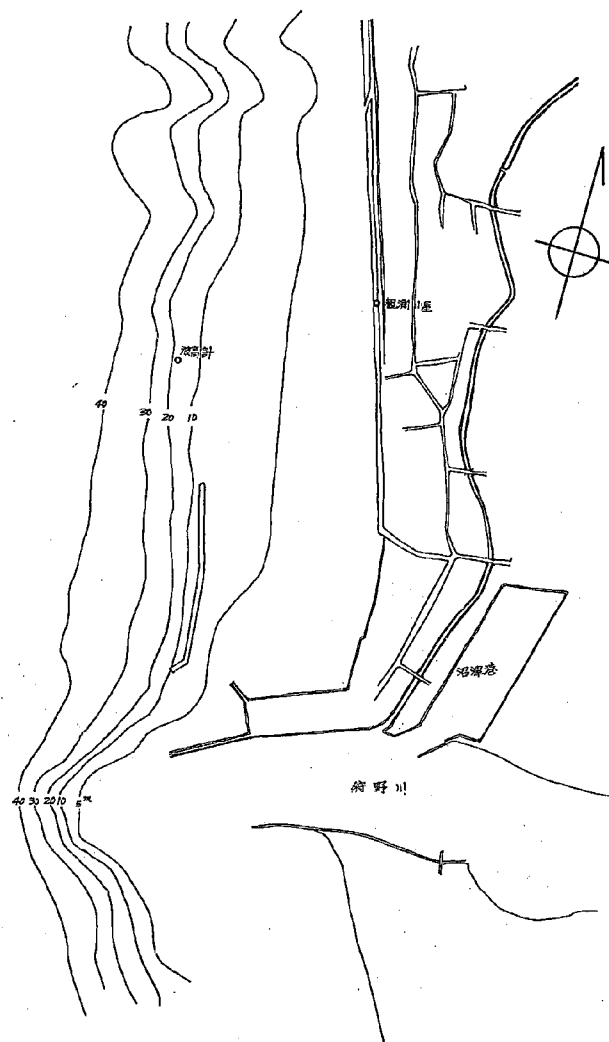


図-10 沼津港波高計位置図

表-1 台風6626号による沼津港の波(1)

時刻		H 1/3 m	T 1/3 sec
時分	時分		
0.30	0.40	0.48	22.0
1.00	1.10	0.99	19.5
1.30	1.40	2.86	16.0
2.00	2.10	2.36	14.3
2.30	2.40	1.61	10.7
3.00	3.10	1.51	10.6
3.30	3.40	1.06	9.3
4.00	4.10	0.66	8.6

(沼津土木事務所)

表-2 スペクトル解析の際の定数

データ数	1,000
lagの数	50
読み取り時間間隔	1.2 sec
設置位置水深	15.1~15.3 m
設置水深	13.1~13.3 m

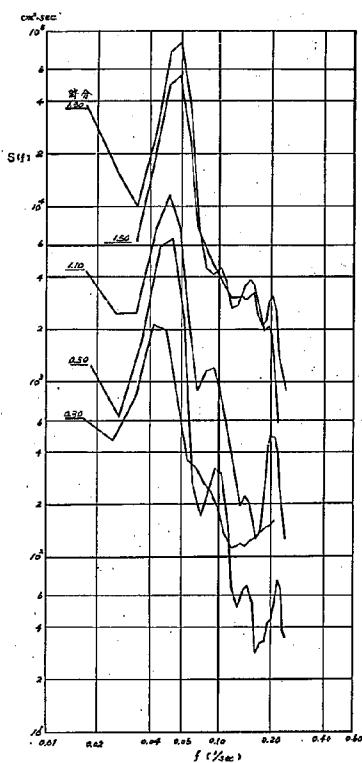


図-11-1 波のスペクトル(沼津港)

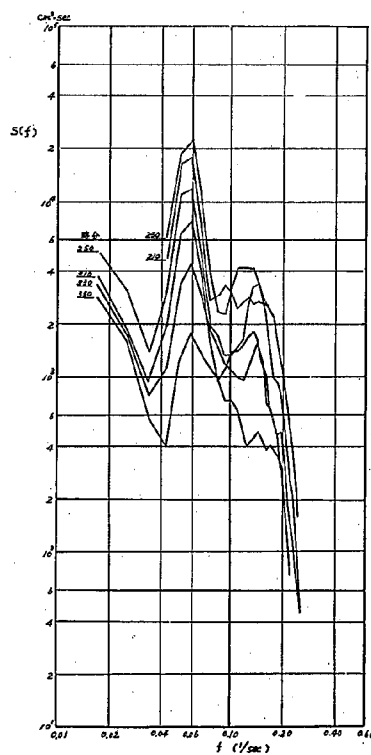


図-11-2 波のスペクトル(沼津港)

ここで $\eta(t)$ は平均水面から測つた波形であり $s(f)$ はエネルギースペクトルである。この図には表面波に換算した値を示しており $n=1.0$ (n : 波高補正係数) として計算を行なつた。周期が長いために水圧のスペクトルと表面波形のスペクトルはほとんど差がない。また全エネルギー $\overline{\eta^2}$ とスペクトルに最大を生ずる周期 $T_{\max}$ は表-3 のように示される。波のスペクトル図において最大となる周波数は 0 時 30 分から 1 時 50 分にいたる間に増加しており、またエネルギーも増加している。これは波の発生域を抜け出して進んできた速い波と考えられる。なおスペクトル図において $f=0.2$ ($1/\text{sec}$) 付近にも極大値が見られこれは近くで発生した波と考えられる。有義波高 $H_1/3$ をエネルギースペクトルから計算すると表-3、図-12 のようになる。なお、 $H_1/3=4\sqrt{\overline{\eta^2}}$ である。また図-12 には平均水面からの山の最大値と谷の最大値を求め、この和を H_1 とし、 $H_1/3=\alpha \cdot H_1$ から有義波を求める方法を用いて計算した結果も合せて示してある。ここで α は観測波数によつて異なる定数で 0.6~0.7 の値をとる。これらの有義波高を比較するとほぼ一致していると考えられる。しかし波の発達・減衰が急激であるために 20 分間の観測値を使用することはあまり適当でなく、有義波高が最大となるのは 1 時 40 分~50 分の間と考えられる。なおこの計算においては $n=1.3$ として計算を行なつてゐる。

表-3 台風 6.6.2.6 号による沼津港の波(2)

時 刻		エネルギー法				最大・最小法		
		水圧波形				P 1/3 m	H 1/3 m	T 1/3 sec
時 分	時 分	$\overline{\eta^2}$ m	P 1/3 m	H 1/3 m	$T_{\max}$ sec			
0.30	0.50	0.0129	0.45	0.62	22.2	0.40	0.56	22.3
0.50	1.10	0.0244	0.62	0.86	19.9	0.70	0.98	21.5
1.10	1.30	0.0525	1.00	1.39	19.7	1.15	1.60	19.7
1.30	1.50	0.4250	2.60	3.67	17.7	2.77	3.90	17.7
1.50	2.10	0.3000	2.20	3.10	18.1	2.36	3.34	17.2
2.10	2.30	0.1668	1.63	2.30	17.6	1.77	2.54	16.2
2.30	2.50	0.1148	1.36	1.92	17.8	1.24	1.81	14.7
2.50	3.10	0.0725	1.08	1.52	17.8	1.12	1.69	13.1
3.10	3.30	0.0568	0.95	1.34	17.5	1.07	1.61	13.2
3.30	3.50	0.0380	0.78	1.10	17.1	0.80	1.22	12.9
3.50	4.10	0.0226	0.60	0.86	16.7	0.65	0.96	13.8

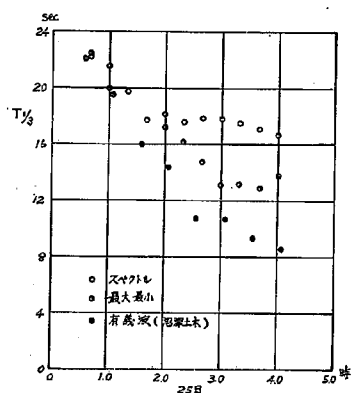


図-12-1 沼津港波浪記録

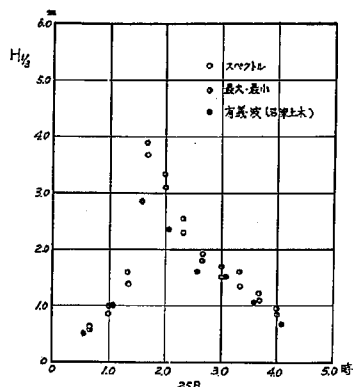


図-12-2 沼津港波浪記録

富士・吉原海岸の波を推定するには沼津港で観測される波の変形について知らなければならぬ。波の変形については屈折、回折、波が多数の成分波からなると考えると速度分散と方向分散などが生ずる。沼津港で観測される波は屈折と方向分散をうけていると考えられる。速度分散については富士・吉原海岸と大きな違いはないと考えられるために考慮しない。駿河湾に侵入してくる波は湾口幅が限られているために、ある限られた方向しか持たない。この大きさを二つの場合について推定を行つてみた。屈折については図-13、表-4に示すような値をとる。これは縮尺 $1/30,000$ の海図を使用しているために精度はよくないと考えられる。波の入射方向、周期ごとにそれぞれの値は異なっている。方向分散については各方向のエネルギーは $\cos^2 \theta$ に比例すると考える。ここで θ は波のエネルギー最大方向から測つた角度である。

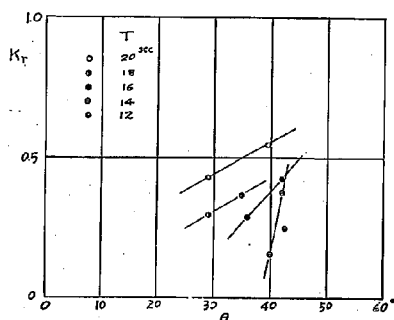


図-13 沼津港屈折係数

表-4 沼津港屈折係数

T sec	f 1/sec	入射角	Kr	入射角	Kr
20	0.0500	29°	0.43	39.5°	0.55
18	0.0555	29	0.30	35	0.37
16	0.0625	36	0.29	42	0.43
14	0.0715	40	0.16	42	0.38
12	0.0834			42.5	0.25

まず第1の場合 (Case 1) として湾口で図-14に示すような方向分散を行ない、この波が屈折して観測されるものとする。この際の波のエネルギー最大方向はSであるとする。それぞれの周期について方向分散の角度範囲とその範囲における平均の屈折係数は表-5のようになる。この場合にはS 18° W ~ S 45° Wの範囲の波しか観測されない。ここでS 18° Wは伊豆半島西海岸に沿う方向である。周期の短いものではS 18° W方向のものは屈折しないためほとんど観測されないであろう。方向分散係数 Kd と屈折係数 Kr からエネルギー減衰係数

Kを求めると表-5のようになる。

ここで $K = K_r^2 \cdot K_d$ とした。このKの値を周波数ごとに富士・吉原海岸との比で示したのが図-15である。富士・吉原海岸においては方向分散係数のみ考慮している。

第2の場合(Case 2)としては湾内においても各方向の成分波はエネルギーを持つているとして図-14に示すような方向分散を考える。この場合には $S45^\circ W$ より西のものではほとんど屈折せず、

東側のものが屈折する。屈折係数と分散係数を同時に考えることは手間に比較して精度がないため

$K_r = 0.5$ の方向まで有効と考える。この場合のエネルギー減衰係数を富士・吉原海岸との比で求めると図-15のようになる。実際の現象はこの両者の中間にあると考えられるため図-15に示すような平均曲線を推定することができる。

これを使用して沼津港において1時30分~50分の間に観測されたスペクトルを換算し、富士・吉原海岸のスペクトルを推定すると図-16のようになる。これから全エネルギーを求め有義波高を計算すると表-6のようになり有義波高は約8mになる。有義波を求める際には高周波数、低周波数のエネルギー成分は除いて計算しているために全体のエネルギーは相

当小さくなっている。同じ周波数範囲で沼津港での値を求めると $H_{1/3} = 2.7m$ となりこれはさきに求めた値 $H_{1/3} = 3.7$ に対応するものである。この比から富士・吉原海岸の値を推定すると1.0~1.1m程度となる。なお周期は1.7sec程度である。

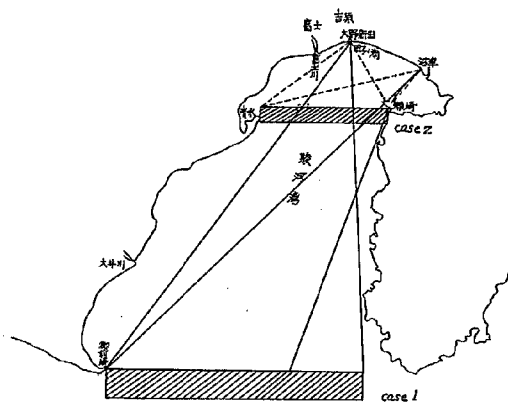


図-14 方向分散

表-5 エネルギー減衰係数 (Case 1)

T	K_r	θ_1	θ_2	K_d	K
30 sec	1.0	18°	43°	0.208	0.208
20	0.5	20	43	0.183	0.0457
18	0.35	25	43	0.138	0.0169
16	0.32	30	43	0.093	0.0095
14	0.30	40	43	0.018	0.00162
12	0.25	41	43	0.013	0.000813
富士・吉原海岸	1.0	2	32	0.36	0.36

表-5 エネルギー減衰係数 (Case 2)

T	f	θ_1	θ_2	K
20 sec	$0.0500 \frac{1}{\text{sec}}$	78.0°	35.0°	15.5%
18	0.0555	78.0	40.5	12.0
16	0.0625	78.0	43.0	10.0
14	0.0715	78.0	44.5	9.0
12	0.0835	78.0	45.0	9.0
富士・吉原海岸		52.0	34.0	7.8.0

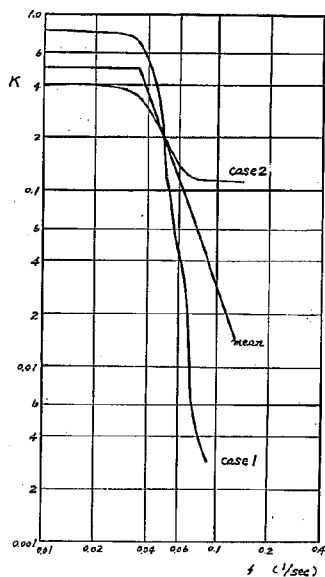


図-15 エネルギー減衰係数

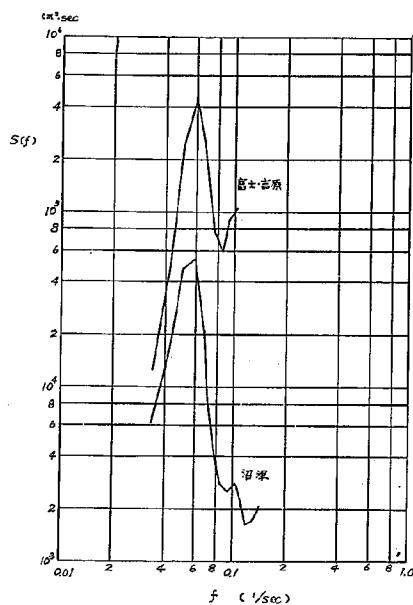


図-16 富士・吉原海岸の波スペクトル

表-6 富士・吉原海岸の波

沼 津 港			富士・吉原
$f \text{ 1/sec}$	$s(f) \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}$	K	$s(f)/K \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}$
0.0338	6.22×10^3	0.5	1.24×10^4
0.0423	1.58×10^4	0.31	5.10×10^4
0.0508	4.75 //	0.20	2.37×10^5
0.0592	5.43 //	0.12	4.53 //
0.0677	2.18 //	0.085	2.56 //
0.0761	4.45×10^3	0.060	7.46×10^4
0.0846	2.75 //	0.046	5.98 //
0.0931	2.55 //	0.035	8.92 //
0.102	2.85 //	0.028	1.02×10^5
$\bar{\eta}^2 (\text{cm}^2)$	2.62×10^3		2.21×10^4
$H \frac{1}{2} m$	2.67		7.74 (n=1.30)

3.3 SMB法による波の推算

(1) 風速分布

台風によつて生ずる波を推算するためには、まず台風域内の風速分布について知らなければならぬ。台風域内の風は一般に傾度風によるものと場の風との和であると考えられる。傾度風速は次式で表わされる。

$$V_{gr} = \frac{rf}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4}{\rho r f^2} \frac{\partial P}{\partial r}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで V_{gr} : 傾度風速, f : コリオリの定数 ($=\omega \sin \varphi$) ω : 地球自転の角速度 ($7.29 \times 10^{-5} \text{ 1/sec}$), φ : 緯度, ρ : 空気密度 ($1.000 \text{ mb, } 1.5^\circ \text{C}$ で $1.21 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$), r : 台風中心からの距離, $\partial P / \partial r$: 気圧傾度
気圧分布は藤田の式で表わされたとすると,

$$P = P_{\infty} - \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} \dots\dots\dots (2)$$

である。

P : 気圧, P_{∞} : 台風の影響のない地点の気圧, r : 台風中心からの距離, r_0, a : 台風によつて異なる定数, これより気圧傾度は,

$$\frac{\partial P}{\partial r} = \frac{a \cdot r \cdot r_0}{(r_0^2 + r^2)^{3/2}} \dots\dots\dots (3)$$

なお海上における実際の風は(1)式の値の0.5~0.7倍であるといわれている。このため実際の傾度風は $\alpha \cdot V_{gr}$ で表され则认为する (α : 定数)。傾度風の風向については等圧線に対して $20 \sim 30^\circ$ の角度をもつて吹き込むといわれている。

台風の進行にともなう風は次式で表わされ则认为する。

$$V_p r = b \cdot V_p \cdot e^{-cr} \dots\dots\dots (4)$$

ここで $V_p r$: 台風の進行にともなう風, V_p : 台風の進行速度, r : 台風中心からの距離, c, b : 定数。

以上述べた(1)式と(4)式から台風域内の風向, 風速が求まる。これを x, y 成分によつて表わすと次のようになる。

$$\begin{aligned} V_x &= \alpha \times V_{gr} \{ R_x \sin \beta + R_y \cos \beta \} + b \cdot V_p x \cdot e^{-cr} \dots\dots\dots (5) \\ V_y &= -\alpha \cdot V_{gr} \{ R_x \cos \beta - R_y \sin \beta \} + b \cdot V_p y \cdot e^{-cr} \end{aligned}$$

ここで β は傾度風の吹き込み角であり, R_x, R_y は台風中心までの距離 R の x, y 成分である。 $V_p x, V_p y$ は台風の進行速度の x, y 成分である。

(2) 波の推算方法

波の推算は S.M.B法によつて行なう。計算は電子計算機で行なつたためまず推算のための曲線を計算しやすい曲線で近似する必要がある。この近似にはいろいろの式があるが Wilson が 1961 年に発表したものは次の式である。

$$\frac{gH}{U^2} = 0.26 \tanh \left(10^{-2} \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{1/2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{C}{U} = 1.40 \tanh \left(\frac{4.36}{10^2} \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{1/2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

また1962年に観測値を海上10 mの風速に換算してデータをプロットし、次の式で近似できるとしている。

$$\frac{gH}{U^2} = \beta \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{0.4} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{C}{U} = \alpha \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{0.3} \dots\dots\dots (9)$$

ここで $\beta = 0.002 \sim 0.004$, $\alpha = 0.05 \sim 0.07$

また、Bretschneider の観測値を近似したものとしては、

$$\frac{gH}{U^2} = 0.0040 \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{0.40} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{C}{U} = 0.085 \left(\frac{g\alpha}{U^2} \right)^{0.26} \dots\dots\dots (11)$$

である。

これらの式を比較したものが図-17でありこれによれば用いる式によつて相当値が異なるものと思われる。ここではWilson (1961) による方法を用いる。

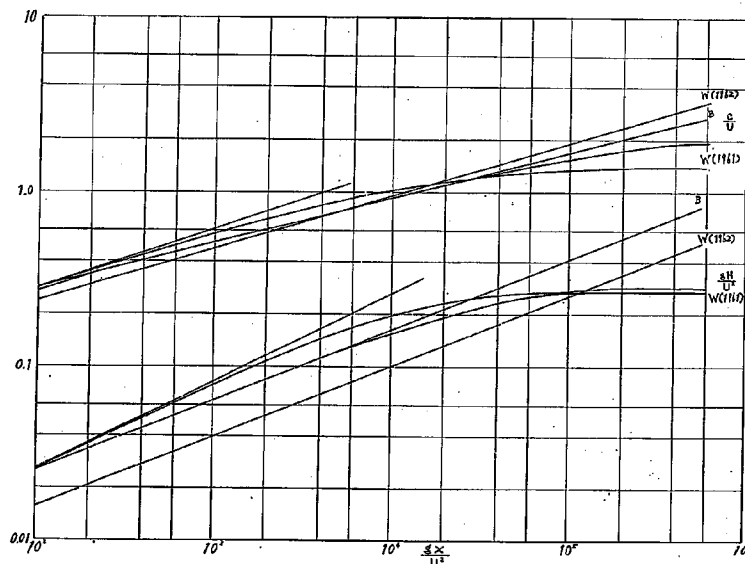


図-17 波の推算曲線

計算法はある時刻に波高H、波速Cであつた波が風速Uを風によつてΔt時間後にはH+ΔH、C+ΔCの波高と波速になると考える。このときのΔH、ΔCは風速U、波高H、波速C

のときの値を採用する。これを(6)式と(7)式から求めると、

$$\frac{\Delta H}{\Delta x} = 3.85 \times 10^{-4} \frac{(0.26+Y)(0.26-Y)}{\log(0.26+Y) - \log(0.26-Y)} \dots\dots\dots (12)$$

$$\frac{U}{g} \frac{dO}{dx} = 7.83 \times 10^{-5} \frac{(1.40+Z)(1.40-Z)}{\{\log(1.40+Z) - \log(1.40-Z)\}^2} \dots\dots\dots (13)$$

但し $Y = gH/U^2$, $Z = C/L$ である。これを示したのが図 - 18 である。なお波は群速度で進むものと考え、 $\Delta x = \frac{C}{g} \Delta t$

の関係がある。また計算開始の際には、

$$\frac{gH}{U^2} = 0.26 \times 10^{-2} \left(\frac{gx}{U^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{C}{U} = 6.10 \times 10^{-2} \left(\frac{g x}{U^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (15)$$

の両式を使用する。これも図-17に示してある。

(15)式より

$$\Delta t = \int \frac{\Delta x}{C} dx = 0.635 \left(\frac{\Delta x^2}{U} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

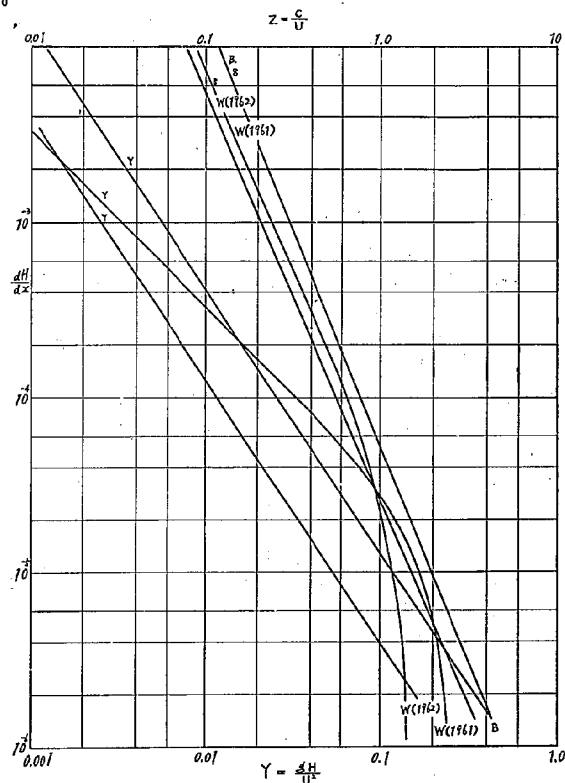


図-18 波高、波速の増加

但し, Δt : hr, Δx : Km, U : m/sec を用いる。

$$\left. \begin{aligned} \text{又, } \Delta x &= 1.97 \sqrt{U} \cdot \Delta t^{2/3} \\ C &= 1.64 \sqrt{\Delta t} \cdot \sqrt{U} \\ H &= 3.68 \times 10^{-2} \times U^{1.25} \Delta t^{0.75} \quad H : \text{m} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

である。

(2), (3)式を用いる際の誤差については次のようになると考えられる。ある関数 $y = f(x_1, x_2)$ の $x_1 = a_1 + h_1$, $x_2 = a_2 + h_2$ のときの値はテーラー展開を用いると次のように表わされる。

$$\begin{aligned} f(a_1 + h_1, a_2 + h_2) &= f(a_1, a_2) \\ &+ \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right) \cdot h_1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right) \cdot h_2 \right) + \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \right) h_1 \cdot h_1 \right. \\ &\quad \left. + 2 \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} \right) h_1 h_2 + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} \right) h_2 \cdot h_2 \right) + \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (8)$$

(6), (7)式は発達している領域では(4), (5)式のようにおくことができこれを次のようにかく。

$$\frac{gH}{U^2} = \alpha \cdot \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{1/2}, \quad \frac{C}{U} = \beta \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (9)$$

吹送距離が $x_1 + h_1$ に, また風速が $U_1 + h_2$ になつた後は,

$$\begin{aligned} H(x_1 + h_1, U_1 + h_2) &= H(x_1, U_1) \\ &+ \left(\frac{\alpha}{2} \left(\frac{U_1^2}{gx_1} \right)^{1/2} \times h_1 + \frac{\alpha}{g} \left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{1/2} \cdot h_2 \right) + \frac{1}{2} \left(-\frac{\alpha}{4} \frac{g}{U_1^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)} \cdot h_1^2 \right. \\ &\quad \left. + 2 \cdot \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{1/2}} \cdot h_1 \cdot h_2 \right) + \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (10)$$

となり(2)式は(10)式の右辺第3項以下を省略したことになる。ここで第2項と第3項の比をとると

$$|I_1| = \frac{\frac{\alpha}{2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{1/2}} \cdot h_1}{\frac{\alpha}{g} \left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{1/2} \cdot h_2} = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{U_1}{gx_1} \right) \cdot \frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \left(\frac{h_1}{x_1} \right) \dots\dots\dots (11)$$

また第4項と第2項の比をとると,

$$|I_2| = \frac{\frac{\alpha}{2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{1/2}} \cdot h_1}{\frac{\alpha}{8} \cdot \frac{g}{U_1^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{gx_1}{U_1^2} \right)^{3/2}} \cdot h_1^2} = 4 \left(\frac{x_1}{h_1} \right) \dots\dots\dots (12)$$

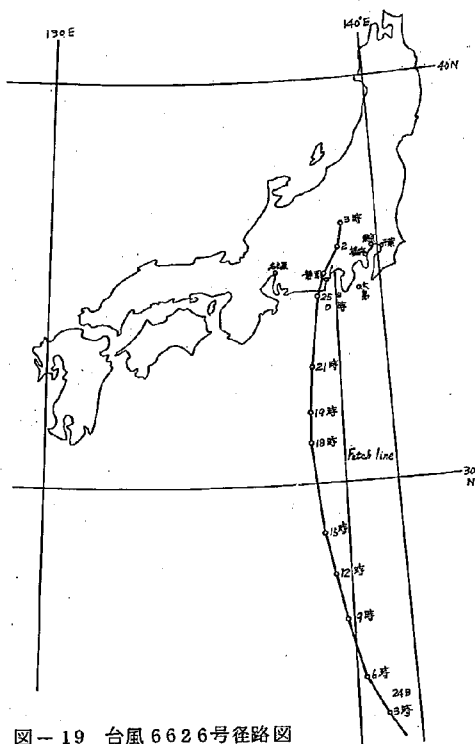
(5)式についても同様の計算を行なうと,

$$\begin{aligned} C(x_1 + h_1, U_1 + h_2) &= C(x_1, U_1) \\ &+ \left(\frac{\beta g}{3U} \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{-2/3} \cdot h_1 + \frac{\beta}{3} \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{1/3} \cdot h_2 \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(-\frac{2}{9} \beta \cdot \frac{g^2}{U^3} \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{-5/3} \cdot h_1^2 + 2 \left(\frac{gx_1}{U^2} \right)^{-2/3} \left(\frac{1}{9} \cdot \frac{\beta g}{U^2} \right) h_1 h_2 + \dots \right) + \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (13)$$

$$|I_3| = \frac{\frac{\beta g}{3U} \left(\frac{gx}{U^2}\right)^{-\frac{2}{3}} \cdot h_1}{\frac{\beta}{3} \left(\frac{gx}{U^2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot h_2} = \frac{g}{U} \cdot \left(\frac{gx}{U^2}\right)^{-1} \cdot \frac{h_1}{h_2} = \frac{\frac{h_1}{x_1}}{\frac{h_2}{U_1}} \dots\dots\dots (24)$$
$$|I_4| = \frac{\left(\frac{\beta g}{3U}\right) \cdot \left(\frac{gx}{U^2}\right)^{-2/3} \cdot h_1}{\frac{1}{9} \beta \cdot \frac{g^2}{U^3} \cdot \left(\frac{gx}{U^2}\right)^{5/3} \cdot h_1^2} = \frac{3x}{h_1} \dots \dots \dots (25)$$
$$\frac{\Delta x}{x} < 0.4, \quad \frac{\Delta U}{U} < \frac{1}{20} \frac{\Delta x}{x} \dots\dots\dots (20)$$
$$\frac{\Delta x}{x} < 0.3, \quad \frac{\Delta U}{U} < \frac{1}{10} \frac{\Delta x}{x} \dots\dots\dots (27)$$
$$\frac{\Delta x}{x} < 0.3, \quad \frac{\Delta U}{U} < \frac{1}{20} \frac{\Delta x}{x} \dots\dots\dots (28)$$

(3) 波の推算結果

気圧分布を調べるために千葉、勝浦、
富崎、大島、三宅島、八丈島、東京、横浜、網
代、長津呂、静岡、御前崎、浜松、伊
良湖、名古屋、津、尾鷲、三島、佐久
間、御殿場、銚子の各気象観測所にお
ける観測値を調べた。この結果は表一
に示されている。台風中心からの距



図一 19 台風 6626 号経路図

離 r と気圧の関係を示したものが図-20である。これより(2)式の係数を決定すると $r_0=40$ Km, $a=5.0$ mb となる。この値を用いて傾度風速を求め $\alpha=0.6$ として示したのが図-21である。これには各観測所における風速と台風中心からの距離の関係も示してある。風速の最大値近くではほぼ一致していると考えられる。台風の進行にともなう場の風を台風進行速度80 Km, $b=0.5$, $c=6.0 \times 10^{-3}$ ($1/\text{Km}$)とした場合について計算し、傾度風と合成した場合の最大値と最小値についても図-21に示してある。波の推算を行なうためにS方向にFetch lineを設定し、このFetch方向の風速を計算すると図-22のように示される。ここで台風的位置は表-8, 計算に使用した定数は表-9のようなものである。

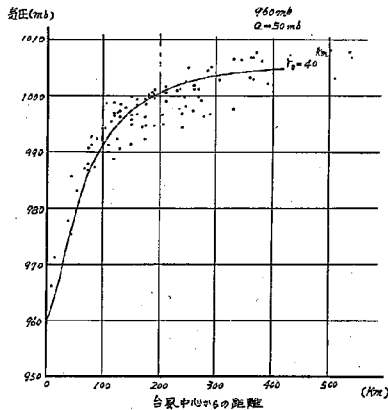


図-20 台風6626号気圧分布

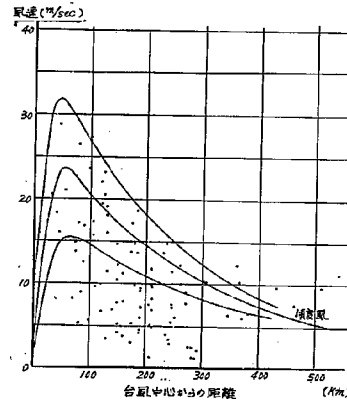


図-21 台風6626号風速分布

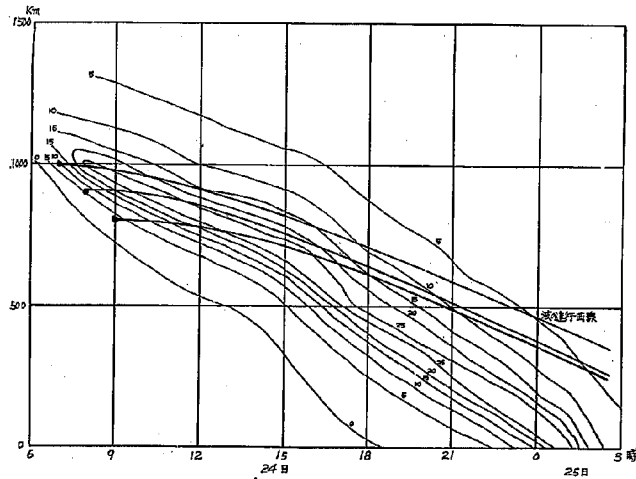


図-22 Fetch方向の風速分布

Fetch line を図-19に示すようにS方向にとつて波の推算を行なつた。計算方法はさきに述べた方法を使用し推算を行なつたが風速が減衰してしまう場合にはそれ以後うねりとなるものとして計算を行つている。計算条件は表-9に示す通りであり、表-10には計算結果を示す。波の発達状態を風速分布図上に示したのが図-22であつて、この結果によれば台風

の進行速度が速いために波の発

達には一部しか寄与しないこと

を示している。このために波の

到達時刻は実際よりも遅れてお

り、また波高も小さい。沼津港

での観測値と比較を行なうと推

算値は相当小さくなっている。

沼津港でのスペクトル解析の結

果からスペクトルの最大となる

周期を求めるとさきの表-3の

ようになる。この結果を用い、

この周期の波の進行曲線を群速

度で進むものとして風速分布図

上に描いたのが図-23である。

この結果によれば波の進行曲線

と風速の大きな領域は一致せず

台風の進行速度が波よりもさら

に速い。また沼津港で観測され

る波は周期の短い成分が含ま

れていないため駿河湾内に入つて

くる波はさらにエネルギー最大

となる周期が短く、台風の進行

速度との差は図-23より大き

くなるであろう。台風の進行と

波の進行のずれは時間では1~

2時間、距離では50~100

Kmほどある。この差がどのよう

な原因で生じたのかをさらにく

わしく検討する必要がある。

表-8 6.6.2.6号台風経路および気圧

昭和41年9月

日 時	気 圧	北 緯	東 経
日 時	mb	° /	° /
24 0	974	22 50	139 25
24 3	974	24 30	139 10
24 6	974	25 25	138 35
24 9	967	26 40	138 10
24 12	960	27 55	138 00
24 15	960	28 55	137 55
24 18	960	31 05	137 35
24 19		32 10	137 40
24 21	960	32 50	137 40
25 0	960	34 35	138 05
25 2		35 50	138 40
25 3	972	36 25	138 55
25 6	994	38 25	140 10
25 9	998	39 30	142 30

表-9 波の計算の際の定数

α :	0.6
f : コリオリの定数	3.86×10^{-5}
a : 台風により異なる定数	50 mb
r_0 :	40 Km
b :	0.6 m/sec
C :	6×10^{-3} Km

計算時間間隔

30分

富士・吉原海岸に来襲した波について検討した結果次のような結論が得られた。

来襲した波の大きさを沼津港の観測値を用いて推定した結果はH波=8 m, Tm=16 sec程度である。これに長周期の波を含めて考えるとH波=10~11 m程度になる。

台風による気圧と風速分布を求め波を推算するとH波=3.5 m, T波=15 secとなり実測値との差は大きい。これは台風の進行速度が波の進行速度よりも早く風が波の発達に有効に働いていないためである。もし台風の速度と同じ波が存在すればこの波に風からエネルギーが供給され発達する可能性がある。

表-10 波 の 推 算 結 果

始 点		風 波				富士・吉原海岸		
x_1 Km	t_1 時	x_2 Km	t_2 時	H $\frac{1}{2}$ m	T $\frac{1}{2}$ sec	H $\frac{1}{2}$ m	T $\frac{1}{2}$ sec	t_3 時
24日		24日				25日		
1000	7.0	786	16.0	6.0	11.1	2.2	14.4	11.5
1000	8.0	865	14.5	4.4	9.4	1.4	12.5	15.2
1000	9.0	908	14.5	2.9	7.6	0.7	11.4	18.9
900	8.0	686	17.0	8.1	12.6	3.4	15.9	8.4
900	9.0	719	16.5	7.4	12.0	3.0	15.5	9.1
900	10.0	757	16.5	5.5	10.3	2.1	13.2	13.0
800	9.0	631	17.5	7.9	12.2	3.5	15.0	8.5
800	10.0	636	17.5	7.9	12.2	3.5	15.0	8.6
800	11.0	651	17.5	7.4	11.8	3.2	14.8	9.2
700	10.0	572	18.5	6.2	10.7	2.9	12.8	10.4
700	11.0	574	18.5	6.3	10.7	2.9	12.8	10.5
700	12.0	579	18.5	6.3	10.7	2.9	12.8	10.6

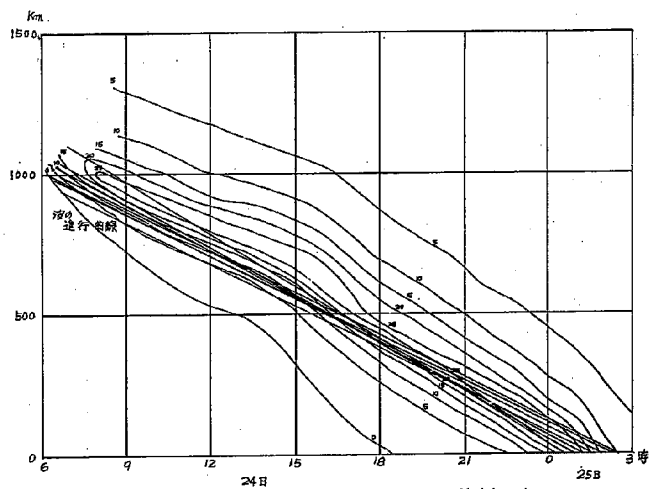


図-23 波 の 進 行 曲 線

観測された記録をスペクトル解析しエネルギー最大となる周期の波の進行曲線を描くと風速の大きな領域を通らず台風の進行速度が速いことを示している。

なおここでは述べなかつたが潮位曲線に表われている副振動がどのような原因によつて生ずるかを検討する必要がある。これが台風に伴なつて発生するものであるか又は波の beat に伴なつて生ずるものであるか等について検討することが必要である。

観測所名 千葉

41年9月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 9	1014.0	N	5.0	1,030 Km	
12	-	NNW	4.4	905	
15	1010.5	NNW	5.7	805	
18	-	NNE	3.8	665	
21	1006.2	W	6.7	380	
22	1005.6	WNW	7.6	324	
23	1004.2	NNE	3.2	267	
24	1001.6	SE	9.8	210	
25. 1	996.4	SE	14.7	175	
2	996.9	SSE	19.4	120	
3	997.4	"	19.1	130	
4	998.7	S	15.3		
5	1000.7	"	14.5		
6	1001.1	"	12.7		
9	1003.1	"	10.8		
12	-	"	11.8		
15	1001.4	SSW	14.9		

観測所名 東 京

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24 1	1014.9	N N W	3.5	Km	
2	1014.5	"	5.8		
3	1014.6	"	6.2	1,280	
4	1014.8	"	5.3		
5	1015.0	"	5.3		
6	1015.1	N	5.5	1,190	
7	1015.3	N N W	5.3		
8	1015.3	N	5.8		
9	1015.2	N N W	4.7	1,030	
10	1014.8	N	4.5		
11	1013.8	"	6.2		
12	1013.0	"	6.0	900	
13	1012.4	N N W	6.0		
14	1011.8	"	7.2		
15	1011.1	"	7.2	800	
16	1010.8	"	6.7		
17	1010.1	"	7.0		
18	1008.8	N	6.3	670	
19	1008.2	N N W	5.2	500	
20	1008.2	N W	4.2		
21	1007.6	W N W	6.0	370	
22	1006.9	N W	6.2	310	
23	1004.9	N	4.7	250	
24	1001.1	N E	6.0	190	
25 1	994.9	E S E	12.3	150	
2	992.1	S S E	16.8	90	
3	994.3	S	23.7	100	
4	997.3	"	20.8		
5	999.4	"	13.8		
6	1000.0	"	10.5		
7	1000.4	"	12.0		
8	1001.8	"	11.0		
9	1002.1	"	11.5		
10	1002.0	"	13.5		
11	1001.6	"	13.0		
12	1001.0	"	12.8		
13	1000.6	"	10.0		
14	1000.6	"	9.8		
15	1000.1	"	12.0		
16	1000.4	"	12.2		
17	1001.1	"	9.3		
18	1000.9	"	11.0		
19	1002.3	"	8.3		

観測所名 横浜

41年9月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 1		N N W	3.7		
2		N N W	4.7		
3	1013.6	N	6.5	1,260	
4		N	4.5		
5		N N W	4.5		
6	1014.2	N	7.0	1,160	
7		N	7.3		
8		N	7.7		
9	1014.2	N	8.0	1,000	
10		N	5.2		
11		N	6.0		
12	1012.6	N N W	5.8	880	
13		N	9.3		
14		N	7.5		
15	1010.5	N	6.7	770	
16		N	7.0		
17		N	7.5		
18	1008.3	N N W	5.0	630	
19		N N W	7.5	460	
20		N N W	7.8	410	
21	1006.9	N N W	7.0	360	
22		N N W	5.5	292	
23	1002.8	N	7.3	226	
24	999.5	N E	3.7	160	
25. 1	992.4	S E	23.2	125	
2	991.3	S S E	26.5	80	
3	995.5	S S W	19.5	115	
4	997.2	S W	15.8		
5	999.3	S S W	12.5		
6	999.9	S S W	11.0		
7		S S W	9.2		
8		S S W	10.5		
9	1002.1	S S W	11.0		
12	1001.3	S S W	9.7		
15	1000.1	S S W	10.5		
16		S S W	10.0		
17	1000.5	S W	10.0		
18	1000.8	S S W	9.3		
21	1001.9	S S W	8.8		
24	1001.7	S W	7.3		

観測所名 大 島

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 0	1013.8	N E	9.0		
1	13.6	E N E	9.7		
2	13.3	N E	8.7		
3	13.2	E N E	10.7	1,170	
4	13.0	N E	11.7		
5	13.2	"	11.7		
6	13.3	"	11.2	1,075	
7	13.4	"	12.0		
8	13.5	"	12.5		
9	13.6	"	11.3	910	
10	13.3	"	11.3		
11	12.7	"	10.8		
12	11.5	"	10.8	790	
13	10.9	"	11.5		
14	10.4	"	10.5		
15	09.8	"	11.3	680	
16	08.7	"	11.0		
17	1008.3	N E	11.2		
18	07.0	N E	11.2	540	
19	06.9	E N E	10.2	365	
20	06.6	N E	7.7	307	
21	05.0	E N E	6.0	250	
22	02.0	N N E	2.3	201	
23	997.5	E	8.3	153	
24	94.3	S S E	15.8	105	
25. 1	992.5	S	27.3	100	
2	96.6	S S W	22.0	120	
3	98.6	S S W	17.3	105	
4	99.5	"	14.2		
5	1000.7	"	14.0		
6	02.2	"	9.3		
7	02.3	"	12.5		
8	02.9	"	10.0		
9	03.6	"	8.8		

観測所名 八 丈 島

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24.18	10023	E N E	7.5	390	
19	13	E	10.0	260	
20	0.1	E N E	9.5		
21	999.5	E S E	7.3	190	
22	8.3	S W	11.7		
23	9.7	S S W	19.0		
24	10013	"	14.8	235	
25. 1	10018	S W	12.2	260	
2	2.8	"	10.2	305	
3	3.0	S S W	10.3	365	
4	3.7	"	9.8		
5	3.6	"	9.5		
6	4.2	"	10.3		
7	4.6	"	11.3		
8	5.3	"	8.7		
9	4.8	"	9.3		

観測所名 長 津 呂

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24.20	10030	E N E	12.0		
21	1001.0	E N E	13.7	230	
22	996.5	E N E	23.3	189	
23	992.6	E N E	23.7	127	
24	986.8	E S E	14.8	75	
25. 1	990.7	S	22.7	75	
2	997.0	S · S · W	20.5	125	
3	1000.2	S · W	9.5	190	
4	1001.4	S W	6.7		

観測所名 静岡

41年9月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 9	1011.5	E N E	4.7	940	
15	1007.1	N E	7.2	700	
18	-	E N E	6.8	550	
20	1004.3	N E	6.7		
21	1002.5	E N E	7.3	245	
22	999.6	E N E	6.8		
23	993.0	N E	11.2		
24	977.9	N E	18.3	40	
25. 1	971.3	S S W	12.0	15	
2	992.5	S W	12.7	90	
3	998.3	S W	7.8	160	
4	999.6	W S W	5.5	245	
5	1001.0	S	4.5		
6	1001.6	W S W	3.2		
9	1003.2	S	5.0		
10	2.9	"	3.2		
11	2.8	"	4.0		
12	2.4	"	5.3		
13	1.7	"	7.7		
14	1.5	"	5.0		
15	1.6	"	4.2		
16	2.2	"	3.7		
17	2.4	"	2.0		
18	3.0	"	2.3		

観測所名 三 島

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 9	10126	S	2.3	965	
15	10084	S S E	0.7	730	
18	-	S S E	1.7	585	
20	10058	E	2.2		
21	10045	E N E	1.2	285	
22	10014	E	8.2	224	
23	9947	E	14.7	162	
24	9920	E	13.7	100	
25. 1	983.1	S S E	21.0	55	
2	992.9	S W	17.2	80	
3	998.9	S W	10.0	120	
4	999.8	W S W	7.8		
5	1001.3	W	4.8		
6	-	W N W	4.2		
9	1003.4	S W	6.7		
12		S W	6.8		
15	1001.2	W S W	8.2		
16	1.9	"	6.7		
17	2.4	"	7.3		
18	3.3	"	5.5		
21	1004.2	"	5.3		

観測所 御 前 崎

4 1 年 9 月

日 時 分	気 圧	風 向	風 速	台風中心からの距離	備 考
24. 9	1010.6	N E	8.3	900	
15	1005.6	N E	10.0	670	
18	1003.2	N N E	9.7	510	
20	1001.6	N E	10.7		
21	998.8	N E	11.7	210	
22	993.2	N E	12.3	142	
23	976.5	E N E	19.8	76	
24	966.2	S E	15.8	10	
25. 1	985.8	-	28.8	45	
2	996.2	S W	18.0	130	
3	999.2	S W	9.2	190	
4	999.9	S S W	9.0	270	
5	1000.8	S S W	9.2		
6	1001.4	S	5.2		
9	1002.8	"	6.3		
10	2.7	"	4.3		
11	2.7	"	5.0		
12	2.2	S S W	8.5		
13	1.6	S	6.2		
14	0.5	S S E	6.7		
15	1.2	S	5.0		
16	1.8	"	3.5		
17	2.2	S S E	3.0		
18	2.9	"	2.5		
19	3.5	"	4.3		
20	4.0	S	5.5		
21	4.0	"	6.7		
22	3.8	"	7.0		
23	3.8	S S W	5.7		
24	3.7	"	5.0		

N 富士・吉原海岸模型実験

4.1 実験条件

実験の対象区域は図-24に示すとおりである。図-25は吉原及び富士海岸の代表的な海浜横断を示したもので、図-24に示す測線に沿って測量した結果である。

模型実験における横断形状はT.P.0 mより沖側は $\frac{1}{2}$ こう配とし、陸側は $\frac{1}{3}$ 。こう配とした。吉原海岸についてはT.P.0 mより120 m陸側に堤防を設置し、前浜長(堤脚より汀線まで)を98.1 m, 104.6 mとして、堤防天ば高はT.P.13 m及びT.P.15 mで行なった。

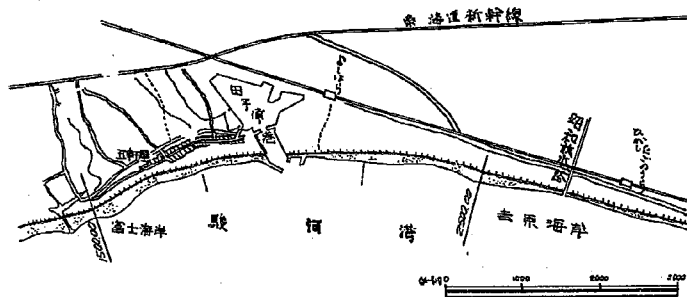


図-24 富士・吉原海岸平面図

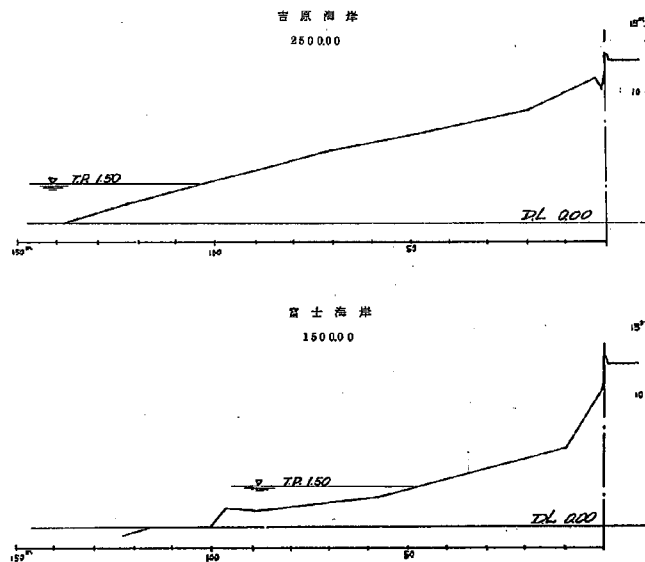


図-25 横断図

富士海岸においては海底こう配は吉原海岸と同じであるが、前浜長を48.5 mとし、堤防天
ば高をT.P. 1.5 m及び1.7 mで行なった。

実験に用いた波の諸元は、波高 $H_0 = 1.40 \sim 2.20$ m, 周期 $T = 1.6 \sim 2.0$ secである。

潮位はT.P. 1.5 m及び1.0 mの2種とした。

4.2 実験方法

模型実験は堤防のかさ上げ及び消波工によつて越波量がどのように変化するかという問題を
中心に行なわれた。当初移動床実験を計画し、2ケースについて予備実験を行なつたが、
実験に非常に時間がかかるので、以後の実験は固定床（モルタル張）で行なつた。

越波量は消波工の構造、それに使用される材料によつて変化すると考えられたが、この実験
では6脚ブロックによる消波工を用いた。実験は2次元水路で行ない、水路の一端で波を越し、
他端に設置した堤防に波を当て、これを越える水量を測定した。実験装置の関係で風の影響を
考慮することはできず、実験値はすべて無風の場合の値である。

模型の縮尺は水平、垂直とも $\frac{1}{40}$ とした。

(1) 相似律

一般にフルードの相似律に従うと考えると、実物と模型との関係はつぎのようになる。

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \ell_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g \ell_p}}$$

ここに、 V ：速度、 ℓ ：長さ、 g ：重力の加速度、 P ：実物、 m ：模型を表わす。

長さの縮尺を、

$$\frac{\ell_m}{\ell_p} = \frac{1}{S} = \frac{1}{40}$$

とすると、

$$\frac{t_m}{t_p} = \sqrt{\frac{\ell_m}{\ell_p}} = \frac{1}{\sqrt{S}} = \frac{1}{6.34} \quad (\text{時間})$$

$$\frac{W_m}{W_p} = \frac{r_m}{r_p} \cdot \frac{\ell_m^3}{\ell_p^3} = \frac{1}{S^3} = \frac{1}{64 \times 10^4} \quad (\text{重量})$$

r ：単位体積重量を示す。

また越波量については、単位幅、一波当りの量で表わすと、

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \frac{1}{S^2} = \frac{1}{1.6 \times 10^3}$$

Q_p にメートル、 Q_m にセンチメートル単位を用いると、

$$Q_p (m^3/m \cdot T) = Q_m \cdot S^2 \cdot 10^{-4} = 1.6 \times 10^{-1} Q_m (cm^3/cm \cdot T)$$

ここに T は一波当りの意味を表わす。

実験結果はすべてこの相似律によつて原型に換算してある。

(2) 実験装置

模型実験は建設省土木研究所赤羽分室内の海岸第3号大型水路で行なつた。この水路はコンクリート製で、延長112m、幅1.5m、高さ2.5mで、水路中に図-26のような模型をつくり、その上に堤防を設置した。水深は水路中央で1.6mとした。

造波機は pendulum 型で、造波板の振幅及びモーターの回転数を変化させることにより、種々の波を発生させることができる。

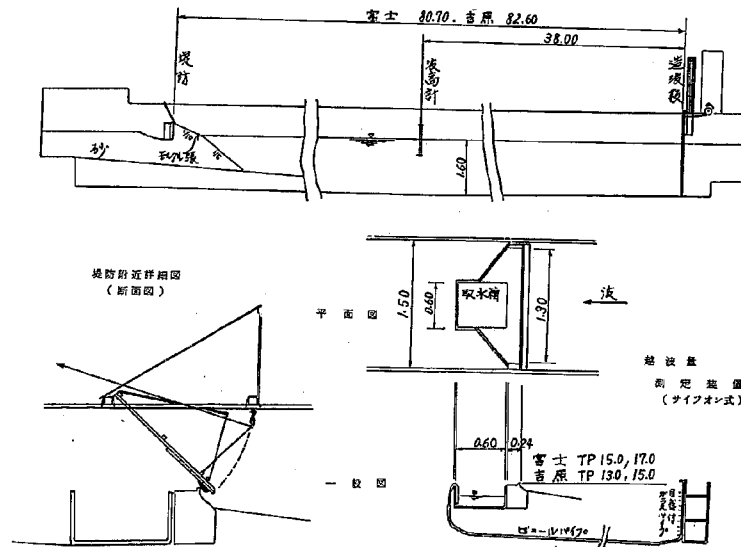


図-26 実験水路一般図

(3) 測定装置

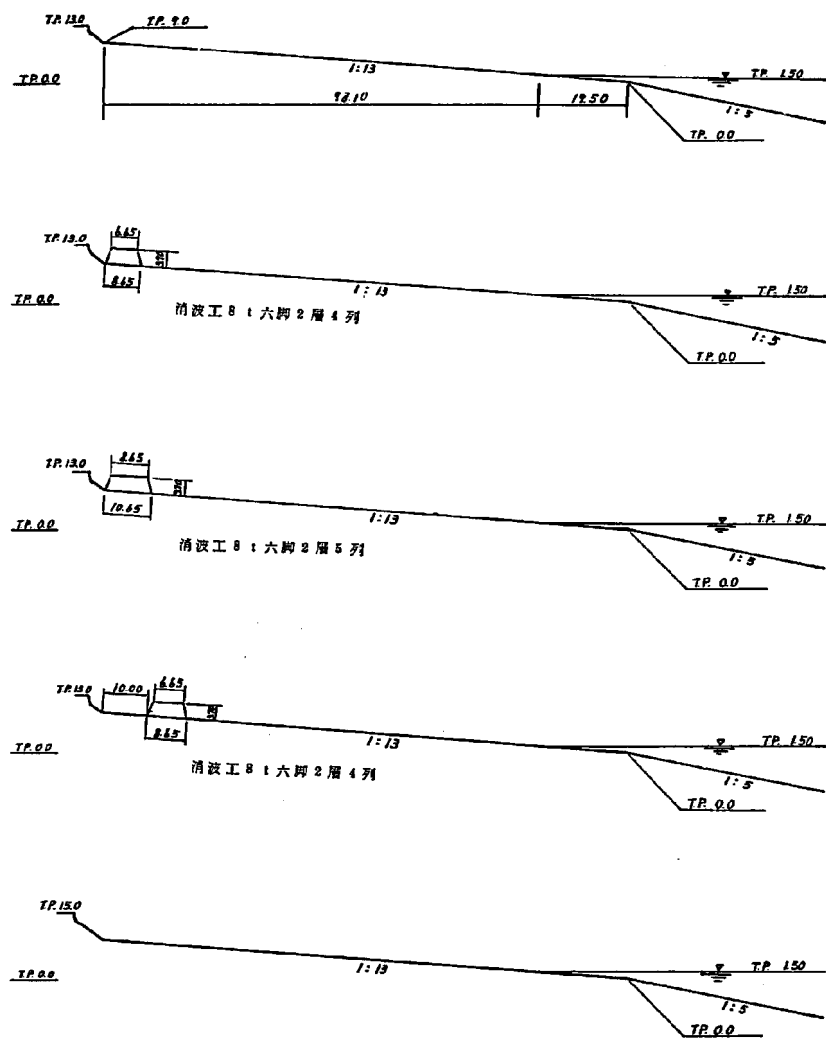
波の測定は水深が一定部分における値を測定間隔1cm、測定範囲1mの階段式波高計を用い、ペン書きオシログラフに自記させた。

越波量の測定装置を図-26に示す。堤防の背後に箱を置き、この中に越波した水を貯める。水位の変動をサイフォンとビニールパイプで外部のガラス管に導いて測定し、これに箱の表面積をかけて越波水量を求めた。箱の中に取り入れる越波の数をコントロールするため、堤防にシャッターを設置した。越波量は10波の平均値をとった。

(4) 堤防、消波工の形状

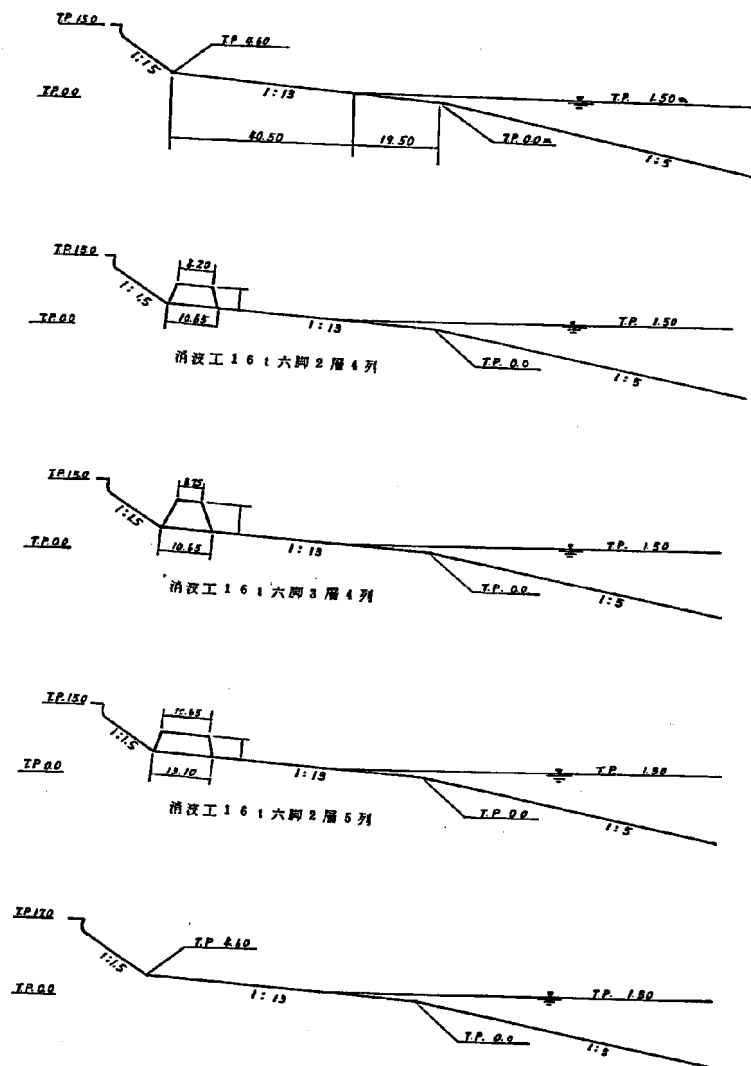
実験を行なつた堤防及び消波工の形状は図-27に示すように、吉原海岸、富士海岸とも5種類である。

吉原海岸は堤防天ば高T.P.13m、T.P.15mの2種、潮位T.P.1.5mとT.P.1.0mの2種、堤防のり先高T.P.9m、前浜長98.1m、消波工は8ton(模型125gr)の6脚ブロックを使用し、積み方は重ね合せ及び突き合せの2層積で、天ば幅6.65m、8.65mの2種、また天ば幅6.65mについては消波工位置をのり先より沖側に10m出したものも併せて行なつた。



単位 . m

図-27-1 模型の形状 (吉原海岸)



単位 . m

図-27-2 模型の形状 (富士海岸)

富士海岸は堤防天ば高T.P.15m及び17mの2種、潮位T.P.1.5m、堤防のり先高T.P.4.6m、前浜長48.5m、消波工は16ton(模型250gr)6脚ブロックを使用し、積み方は突合せ2層積を2種、3層積を1種、天ば幅5.75m、8.20m、10.65mの3種で行なった。

模型床はモルタルでつくられているため、のり先でブロックが滑り易いので木材でのり止めを行なった。またブロックの散乱を防ぐため、4個ずつ針金で連結した。

4.3 実験結果及びその検討

堤防高及び消波工の形状をパラメーターにして実験の結果をまとめると、図-28~31のように表わされる。これらの図は横軸に入射波の相当深海波高 H_0 をとり、縦軸に1波当り、単位幅当りの越波量 Q をとつて示してある。

各実験における測定値を付表1~5に示す。付表に用いられている記号の意味はつぎのとおりである。

T : 周期

L_0 : 相当深海波長

H_0 : 相当深海波高

Q : 単位幅、1波当りの越波量

HL : 堤防高と潮位との差

H_0 は微小振幅波理論を用いて計算した。また各消波工の形状寸法は表-11に示してある。

以下実験結果を吉原海岸と富士海岸とに分けて検討する。

表-11 実験に使用した消波工の諸元

	天端高 (m)	法先高 (m)	前浜(m) (堤脚より 汀線まで)	消波工(六脚ブロック)			潮位 (m)
				種類	天端幅 (m)	高さ (m)	
吉 原 海 岸	T.P.13.00	T.P. 9.05	98.10	根固めなし			T.P. 1.50
	"	"	104.60	"			T.P. 1.00
	"	"	98.10	重ね合せ2層4列	6.90	3.70	T.P. 1.50
	"	"	"	突き合せ2層4列	6.65	"	"
	"	"	"	" 2層5列	8.65	"	"
	"	"	"	法先より10m離し 突き合せ2層4列	6.65	"	"
富 士 海 岸	T.P.15.00	"	"	根固めなし			"
	T.P.15.00	T.P. 4.60	48.50	"			T.P. 1.50
	"	"	"	突き合せ2層4列	8.20	4.60	"
	"	"	"	" 3層4列	5.75	"	"
	"	"	"	" 2層5列	10.65	"	"
	T.P.17.00	"	"	根固めなし			"

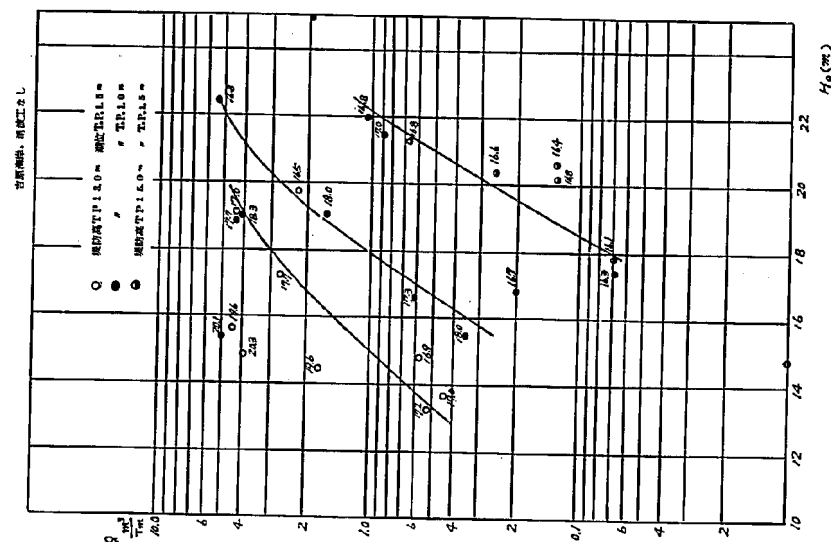


図-28 沖波と越波量との関係

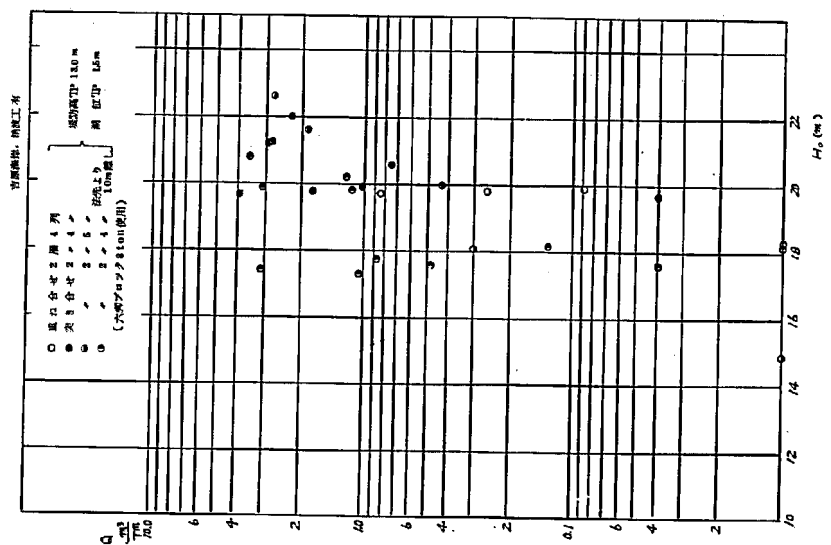


図-29 沖波と越波量との関係

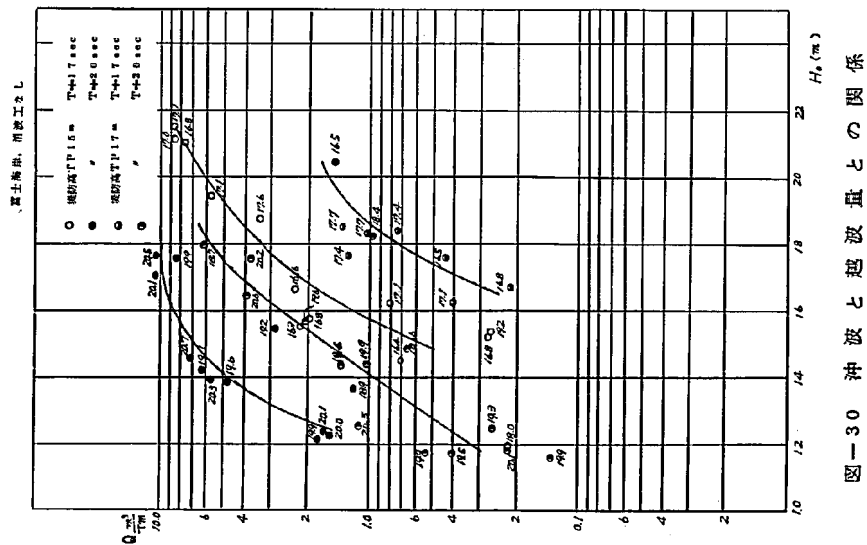


図-30 沖波と越波量との関係

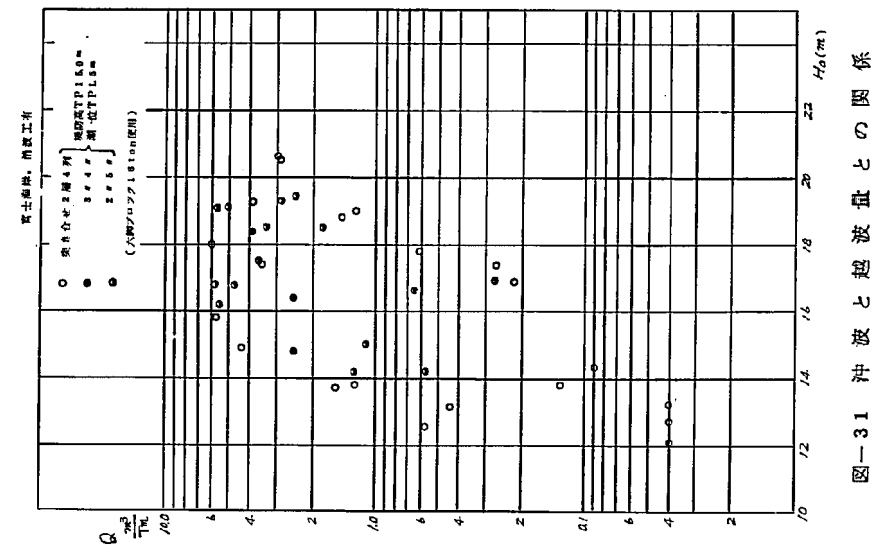


図-31 沖波と越波量との関係

(1) 吉原海岸

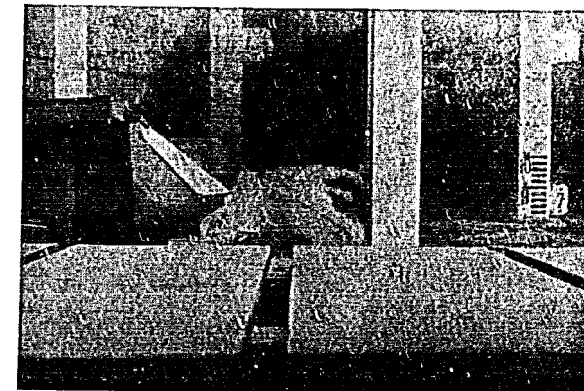
図-28は消波ブロックのない場合の実験結果を示したものである。

まず潮位が T.P. 1.5 m で，堤防の天ば高が T.P. 1.3 m の場合，波の周期が 1.7 sec 前後ならば，越波は波高が 1.2 m 以上になると起り始める。さらに波高が 1.5 m で 1 波当たり 1 t/m 程度，1.8 m で同じく 5 t/m 程度の越波量となる。周期の影響も相当に大きいようで，約 2.0 sec になると，1.7 sec の場合の 4 倍程度の越波量となつている。

潮位が T.P. 1 m の場合は実験値がかなりばらついているが，平均的に潮位の高い場合より相当に小さい。

堤防高が T.P. 1.5 m の場合は越波量がずっと小さくなり，越波が始まる波高も約 1.5 m となる。

さて越波量は 1 波当たり，単位幅当たり何トンということで表わされるが，参考のため，波が丁度堤防をこえるところをとらえた写真を示す。写真-7 は越波量が 4 トン程度の場合であるが，越流水深は約 2 m に達している。



堤防高 T.P. 1.30 m $H_0 = 1.49$ m
潮位 T.P. 1.5 m $T = 2.03$ 秒
根固めなし $Q = 3.98 \frac{m^3}{m \cdot T}$

写真-7 越波状況

この実験で得られた越波量は 5 ~ 10 波の平均値なので，一波一波の実際の越波量は，この値のまわりに相当分散しており，大きい場合には，この実験値の数倍程度に達すると推定されるので，この実験結果を利用する場合には十分注意すべきである。

つぎに図-29は消波工のある場合の結果を示したものである。実験値のばらつきが大きいので，細かく議論するまで至らないが，図-28と比較することにより，2層4列程度の消波

工は2 m位堤高を上げた程度の効果はあるようである。また実験結果からみて、この程度の消波工は堤体につけて設置した方が多少ではあるが効果的のよう考えられる。

(2) 富士海岸

図-30は消波工のない場合の結果を示したものである。吉原海岸の場合に比して一般に越波量が多いことが認められる。

越波が始まる波高は、波の周期、堤防高により異なるが、堤防高が15 mで周期が17 secの場合はほぼ12~13 m、同じ堤防高で、周期の長い場合は9~10 mと推定される。堤防高がT.P.17 mでも周期の長い場合は割合小さい波高、すなわち10~11 mで越波が起る。

周期が3 sec長くなると、越波量の小さいところで、周期の短い場合の10倍程度の越波がある。この差は越波量が大きくなると小さくなっている。

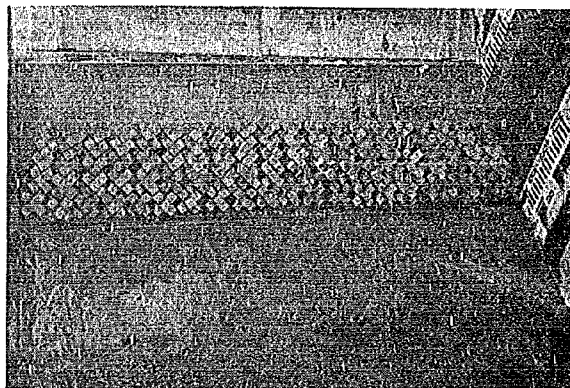
堤防高15 mの場合と17 mの場合との越波量の差を調べてみると、周期3 secの差によるものより小さく、越波量の小さいところでも両者の比は5程度である。

つぎに消波工(この場合には根固工としての機能が大きいのであるが、ここでは便宜的に消波工と呼ぶ。)の効果であるが、図-30と図-31とを比較すればわかるように、2層4列~5列程度の消波工では、その効果はほとんど期待できないと考えられる。これは堤防が汀線に近いために水脈が相当に厚いこと、高く跳ね上った水塊が直接堤防をこえること等の原因によるものと推定される。

消波工に用いたブロックの重量は16トンであつたが、波の大きい場合は相当の散乱がみられた。写真-8は各種の波に対するブロックの安定状態を示したものである。これによると、周期が17 sec程度の場合、波高が11 m位までは安定であるが、それ以上になるとしだいに散乱が大きくなる。この実験の場合、固定床でブロックが滑り易いので、消波の先端に板で滑り止めをつけて実験を行なつた。またブロックは4個づつ結んだものを2層積みした。

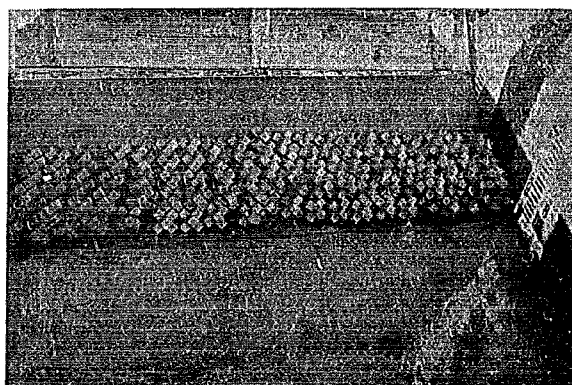
波の大きい場合は上の条件でも相当に移動したが、その場合でも、少数回波が当たただけではブロックは安定で、波数が多くなるにつれて、ブロックの移動がしだいに目立つようになる。

また3層積の場合も実施したが、あまり安定でなく、最上層のものが脱出し易い。



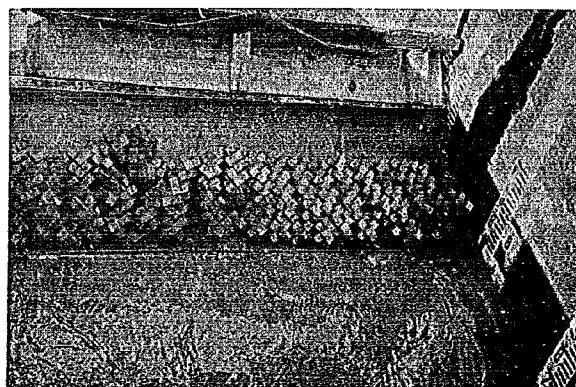
$H_0 = 10.6 \text{ m}$

$T = 16.8 \text{ 秒}$



$H_0 = 14.2 \text{ m}$

$T = 18.5 \text{ 秒}$



$H_0 = 16.9 \text{ m}$

$T = 17.1 \text{ 秒}$

写真-8 . ブロック移動状況

V 結 論

以上災害の状況、波、潮位等の水理条件、富士、吉原海岸の水理模型実験等についてのべてきたが、総合的に要約するとつぎのとおりである。

- (1) 今回の災害において、潮位、波等の水理条件がいかなるものであつたかは非常に重要な問題である。しかし潮位はともかく、波の記録が沼津を除いてほとんど取れなかつたために、適格な判断を下すことは困難であるが、実際の水理条件のモデルとして考えられるものをのべてみるとつぎのとおりである。
 - (a) 最高潮位は田子の浦の潮位記録程度、すなわち T.P. 1.3 m で、波は周期が 1.6 ~ 1.7 sec (沼津の記録より) で波高が非常に大きいと考える。この場合には模型実験からも明らかに、波高は少なくとも 1.5 m 程度は必要で、これから有義波を逆算すると約 1.0 m となる。
 - (b) 田子の浦港、内浦港の潮位記録中にみられる 5 ~ 6 分程度の振動が、外海にも存在すると考え、この振動により潮位が(a)にのべた平均的な最高潮位よりかなり上つたところに、有義波にして 8 m 程度の波が重なつたと考える。この場合には、最大波は 1.2 ~ 1.3 m と推定されるので、模型実験の結果及び災害調査の結果からみて、振動の半振幅は 2 ~ 3 m 必要と考えられる。どちらのモデルがより実際に近いかは今後の検討にまたねばならない。今後吉原海岸に関して波浪調査が実施される場合には、波高計のみでなく、津波計の設置も考慮されるべきである。
- (2) 波の周期は沼津の浪浪記録より 1.6 ~ 1.7 sec 前後と推定される。
- (3) 台風 26 号は速度が早く、波が後に取り残される状態となつたので、SMB 法による推算波高は、最大でも 3.5 m 程度で、非常に過小な値となつた。そこで P.N.J 法の角伝播の考え方をういて沼津の記録から推算したところ、有義波で 8 m 程度の値が得られた。周波数の範囲をさらに広くとるとこの値は 1.0 ~ 1.1 m になる。
- (4) 現地調査の結果より、吉原海岸の痕跡高は堤防より 1.50 m 陸側(地盤高約 1.35 m)で T.P. 15.5 m 前後と推定されるので、堤防の越波水深は 2 m 以上に達するものと考えられる。
- (5) 吉原海岸堤内地における災害は、堤内地の地形の影響が大きいと考えられる。地形的に水みちとなるようなところにあつた家屋が流失等の大きな被害を受けた。

また海底地形による波の収れん、発散も影響したように認められる。
- (6) 富士海岸三四軒屋地先海岸堤防の災害原因は前面洗堀によるものである。この堤防のやや東方にある防砂突堤の災害状況からみて、海浜の変形が大きかつた区域は汀線から約 40 m 以内と推定されるが、被災を受けた堤防ののり先と災害前の汀線との距離は約 30 m であつた。

このような海岸において、海浜変形の大きな区域内で構造物を安定に保つことは極めて困難であると考えられるので、災害復旧に当つてはこの点十分に留意すべきである。

(7) 三四軒屋地先堤防の根固ブロックとして、16トン相当の6脚ブロックを用いて模型実験を行なつたが、この重量であれば、少なくとも11m程度(周期17sec)の波までは安定と考えてよいであろう。またこれより波が大きくなつても、数波程度であれば安定と考えられる。以上は固定床実験の結果であるから、移動床の場合、とくに、海浜変形の大きいところにブロックを置く場合は、別途模型実験等による検討が必要である。

初めにのべたように、潮位、波等の推定が不確実なため、模型実験の当初の目的を十分に果たすまでに至らなかつたが、この調査により明らかとなつた面も相当にあり、また今後の問題点もはつきりしてきたと思われる。この報告が今後の災害発生の防止に多少でも役立てば幸いである。

なお災害調査、模型実験には、静岡県富士土木事務所、沼津土木事務所及び海岸研究室の池辺豪、折敷秀雄、堀内 章、及川直也、小林貞夫の各技官の御協力をいただいたことを付記し、深く感謝の意を表するしである。

付表一 吉原海岸実験データ

RUN	堤防	潮位	根固	T(sec)	Lo(m)	Ho(m)	Ho/L _o	Q (m ³ /T.m)
1	TP.13m	TP.15m	根固めなし	17.0	451	13.7	0.0305	0.44
2	"	"	"	17.2	460	13.3	0.0288	0.53
3	"	"	"	16.9	445	14.8	0.0333	0.57
4	"	"	"	16.5	424	19.8	0.0371	2.23
5	"	"	"	19.6	601	14.5	0.0243	1.79
6	"	"	"	17.7	488	17.3	0.0354	2.80
7	"	"	"	20.3	644	17.9	0.0232	3.98
8	"	"	"	19.6	601	15.7	0.0262	4.43
9	"	"	"	17.0	451	19.2	0.0430	4.29
10	"	TP.10m	"	18.0	507	15.5	0.0310	0.35
11	"	"	"	17.3	468	16.6	0.0358	0.62
12	"	"	"	16.7	435	16.8	0.0355	0.20
13	"	"	"	17.4	474	25.0	0.0530	1.97
14	"	"	"	20.1	633	15.3	0.0244	5.00
15	"	"	"	18.0	506	19.1	0.0380	1.65
16	"	"	"	17.7	488	18.9	0.0387	4.38
17	"	"	"	18.3	523	19.1	0.0363	4.08
18	"	"	"	16.3	414	24.2	0.0583	/
19	"	"	"	16.8	440	22.4	0.0506	
20	"	TP.15m	重ね合せ 2層 4列	15.9	395	18.3	0.0468	0.00
21	"	"	"	16.1	404	17.6	0.0437	0.04
22	"	"	"	16.1	404	18.2	0.0450	0.00
23	"	"	"	16.5	424	19.9	0.0470	0.09
24	"	"	"	16.6	429	19.8	0.0458	0.26
25	"	"	"	16.9	445	19.7	0.0444	0.84
26	"	"	突き合せ 2層 4列	16.4	420	19.7	0.0468	0.04
27	"	"	"	/	/	/	/	0.00
28	"	"	"					1.78
29	"	"	"	16.8	440	19.9	0.0456	1.01
30	"	"	"	16.5	424	22.0	0.0516	1.28
31	"	"	"	16.5	425	21.2	0.0502	2.93
32	"	"	"	17.3	468	19.7	0.0426	3.99
33	"	"	突き合せ 2層 5列	16.4	420	22.6	0.0540	2.76
34	"	"	"	16.6	429	21.6	0.0499	1.89
35	"	"	"	17.1	456	21.2	0.0469	2.93

RUN	堤防	潮位	根固	T(sec)	Lo(m)	Ho(m)	Ho/Lo	Q(m ³ /T.m)
36	TP.13m	TP.15m	突き合せ 2層5列	16.4	420	20.6	0.0489	0.75
37	//	//	//	18.7	546	18.1	0.0334	0.31
38	//	//	//	16.9	445	20.0	0.0452	0.44
39	//	//	10m離して突き 合せ2層4列	18.3	522	14.9	0.0284	0.00
40	//	//	//	16.6	429	17.3	0.0402	1.06
41	//	//	//	16.4	420	18.2	0.0433	0.13
42	//	//	//	16.4	420	17.6	0.0418	0.04
43	//	//	//	16.6	429	20.2	0.0468	1.21
44	//	//	//	18.3	522	17.8	0.0338	0.86
45	//	//	//	18.3	522	17.6	0.0338	0.48
46	//	//	//	18.3	522	19.9	0.0378	3.06
47	//	//	//	19.3	580	17.7	0.0300	3.08
48	//	//	//	17.7	488	19.9	0.0406	1.15
49	//	//	//	17.3	468	20.8	0.0448	3.54
50	TP.15m	//	根固めなし	16.8	440	21.3	0.0489	0.67
51	//	//	//	16.8	440	22.0	0.0498	1.06
52	//	//	//	17.0	451	21.5	0.0474	0.89
53	//	//	//	16.4	420	20.6	0.0490	0.13
54	//	//	//	16.6	429	20.4	0.0472	0.26
55	//	//	//	16.8	440	20.2	0.0345	0.13
56	//	//	//	17.4	474	14.8	0.0318	0.00
57	//	//	//	16.1	404	17.7	0.0439	0.07
58	//	//	//	16.3	414	17.8	0.0432	0.07

付表一 2 富士海岸実験データ

RUN	堤防	潮位	根固	T(sec)	Lo(m)	Ho(m)	Ho/Lo	Q(m ³ /T.m)
59	T.P.150m	T.P.15 m	なし	168	440.0	21.0	0.0480	7.89
60	"	"	"	171	456.0	21.5	0.0473	8.61
61	"	"	"	170	451.0	21.1	0.0467	8.56
62	"	"	"	192	574.0	15.4	0.0270	2.88
63	"	"	"	176	483.0	18.7	0.0390	3.37
64	"	"	"	171	456.0	19.4	0.0418	5.71
65	"	"	"	189	558.0	13.6	0.0244	1.19
66	"	"	"	166	430.0	16.6	0.0385	2.30
67	"	"	"	168	440.0	15.7	0.0360	1.99
68	"	"	"	169	445.0	15.5	0.0350	2.13
69	"	"	"	168	440.0	15.2	0.0392	0.27
70	"	"	"	164	419.0	14.5	0.0345	0.71
71	"	"	2層4列	163	414.0	16.9	0.0410	0.22
72	"	"	"	163	414.0	17.4	0.0422	0.27
73	"	"	"	164	419.0	17.8	0.0422	0.62
74	"	"	"	168	440.0	18.8	0.0431	1.46
75	"	"	"	169	445.0	19.0	0.0428	1.24
76	"	"	"	166	430.0	20.2	0.0468	0.00
77	"	"	"	178	495.0	20.6	0.0420	2.97
78	"	"	"	174	472.0	20.5	0.0434	2.88
79	"	"	"	197	605.0	15.8	0.0262	5.81
80	"	"	3層4列	184	528.0	18.3	0.0346	3.94
81	"	"	"	199	618.0	14.8	0.0238	2.49
82	"	"	"	187	545.0	16.4	0.0302	2.49
83	"	"	2層5列	188	551.0	16.8	0.0305	4.88
84	"	"	"	170	451.0	19.4	0.0428	2.44
85	"	"	"	182	516.0	17.5	0.0342	3.77
86	"	"	"	185	534.0	14.2	0.0266	0.58
87	"	"	"	183	523.0	14.2	0.0271	1.28
88	"	"	"	171	456.0	16.9	0.0372	1.27
89	"	"	"	177	488.0	19.3	0.0394	2.83
90	"	"	"	193	581.0	16.2	0.0280	5.49
91	"	"	"	190	564.0	16.8	0.0298	5.94
92	"	"	"	177	488.0	9.9	0.0202	0.00
93	"	"	"	168	440.0	10.6	0.0241	0.00
94	"	"	"	182	516.0	11.9	0.0228	0.00

RUN	堤防	潮位	根固	T(sec)	Lo (m)	Ho (m)	Ho/Lo	Q (m ³ /T.m)
95	T.P.15.0	T.P.15	2層5列	177	4880	122	0.0249	
96	//	//	//	182	5160	145	0.0276	
97	//	//	なし	171	4560	162	0.0356	0.80
98	//	//	//	180	5060	119	0.0234	0.22
99	//	//	2層5列	166	4290	166	0.0384	0.66
100	//	//	//	183	5230	150	0.0286	1.11
101	//	//	//	174	4720	185	0.0394	1.82
102	//	//	//	183	5230	185	0.0356	3.37
103	//	//	//	180	5060	191	0.0376	5.01
104	//	//	//	180	5060	191	0.0376	5.75
105	//	//	2層4列	174	4720	193	0.0409	3.92
106	//	//	//	190	5640	180	0.0322	6.66
107	//	//	//	193	5810	149	0.0258	4.39
108	//	//	//	177	4880	174	0.0357	3.54
109	//	//	//	189	5570	137	0.0246	1.57
110	//	//	//	190	5640	138	0.0246	1.27
111	//	//	//	165	4250	144	0.0344	0.09
112	//	//	//	174	4720	127	0.0270	0.04
113	//	//	//	171	4560	132	0.0290	0.04
114	//	//	//	177	4880	121	0.0247	0.04
115	//	//	//	179	5000	138	0.0274	0.13
116	//	//	//	189	5570	125	0.0226	0.58
117	//	//	//	187	5450	131	0.0239	0.44
118	//	//	なし	200	6250	122	0.0195	1.55
119	//	//	//	201	6320	123	0.0194	1.64
120	//	//	//	199	6180	121	0.0195	1.78
121	//	//	//	203	6420	139	0.0216	5.64
122	//	//	//	196	6000	138	0.0231	4.75
123	//	//	//	207	6690	145	0.0216	7.10
124	//	//	//	197	6050	141	0.0232	6.21
125	//	//	//	201	6320	170	0.0268	10.6
126	//	//	//	204	6490	177	0.0272	
127	//	//	//	199	6180	175	0.0284	8.23
128	//	//	//	205	6560	176	0.0266	10.50
129	TP17.0m	//	//	201	6320	118	0.0189	0.22
130	//	//	//	165	4240	176	0.0418	0.44
131	//	//	//	171	4560	162	0.0356	0.40
132	//	//	//	163	4400	167	0.0384	0.22

RUN	堤防	潮位	根固	T(sec)	Lo(m)	Ho(m)	Ho/Lo	Q (m ² T.m)
133	T.P.17.0	T.P.15	なし	165	425.0	20.4	0.0488	1.50
134	"	"	"	17.4	472.0	17.6	0.0368	1.29
135	"	"	"	17.4	472.0	18.4	0.0391	0.75
136	"	"	"	18.4	527.0	18.2	0.0348	0.98
137	"	"	"	19.6	600.0	15.6	0.0260	2.03
138	"	"	"	17.7	488.0	18.5	0.0380	1.37
139	"	"	"	17.7	488.0	18.3	0.0376	1.02
140	"	"	"	20.6	662.0	16.3	0.0247	3.87
141	"	"	"	18.7	545.0	17.9	0.0328	6.11
142	"	"	"	20.2	636.0	17.5	0.0274	3.69
143	"	"	"	19.9	618.0	14.3	0.0230	1.02
144	"	"	"	19.6	600.0	14.3	0.0238	1.38
145	"	"	"	19.6	600.0	14.8	0.0246	0.67
146	"	"	"	20.5	656.0	12.5	0.0204	1.11
147	"	"	"	19.9	618.0	11.6	0.0187	0.133
148	"	"	"	19.3	581.0	12.4	0.0214	0.266
149	"	"	"	19.9	618.0	11.7	0.0190	0.531
150	"	"	"	19.5	594.0	11.7	0.0197	0.399