

土研資料第1242号

土木研究所資料

富士海岸模型実験報告書(その2)

昭和52年3月

建設省土木研究所
河川部海岸研究室

ま え が き

四方が海に囲まれて山地部が海岸近くまで狭っている日本では、古来から海岸と密接なかわり合いをもって生活してきた。近年、狭い平野部から臨海へと活動スペースが広がり、その重要性も再考されている。国土保全の立場から、台風、波浪、津波、海岸侵食等の災害から国民の生命・財産を守るという海岸行政の役割は、年々その重要性を増している。

駿河湾の湾奥に位置する富士海岸は、富山湾とならんで日本有数の激浪が来襲する地域である。また近年、治山、治水の徹底化によると考えられる河口からの土砂供給量減少等によって、海岸侵食が進行し、前浜の狭小化が著るしい地区でもある。同地区背後には、太平洋ベルト工業地帯の一環をなす東駿河工業地帯や、東西日本を結ぶ幹線路等がある重要地区である。また、堤防背後には人家が密集しているために、過去、幾多の死者を含む災害にみまわれてきた。

建設省中部地方建設局沼津工事々務所では、富士海岸の侵食に伴ない前浜の狭小化した現在、堤防背後への越波を防止し、海浜の安定化を計ろうと種々の検討を重ねてきたが、離岸堤を設置することによって波浪減殺を計り、越波防止効果とあわせて海浜に砂を積極的に堆積させて侵食対策も計るという方策が検討されている。

本報告は中部地方建設局沼津工事々務所の依頼によって上記の離岸堤の機能と安定性を明らかにするために行なった水理模型実験の結果をまとめて報告するものである。

富士海岸模型実験報告書（その2）

海岸研究室 室長 橋 本 宏
川 村 公 一

目 次

まえがき	
第1章 実験対象地点の自然条件	3
1.1 地形条件	3
1.2 気 象	6
1.3 海 象	6
第2章 計画諸元	8
2.1 過去の災害	8
2.2 現在までの検討経過	8
2.3 計画諸元	13
第3章 模型実験	17
3.1 実験目的	17
3.2 実験条件	17
3.3 実験装置	19
3.4 実験方法	26
3.5 相似則	27
第4章 実験結果	30
4.1 固定床模型実験	30
4.2 移動床模型実験	47
4.3 現地への適用	65
あとがき	68
参考文献	68

第1章 実験対象地点の自然条件

富士海岸とは、図-1、2に示すように駿河湾奥に位置し、静岡県沼津市千本から同県庵原郡蒲町神沢まで延長約25kmの海岸をいう。本実験の対象とする区間はその中の富士地区海岸で、富士川河口部から田子の浦西防波堤までの延長4,297mである。同地区海岸は、富士川河口からの流出土砂量供給量の減少等によって近年侵食が激しく、その対策が早期に望まれている。ここでは富士海岸の自然条件について、地象・気象・海象の3つについて簡単に述べる。

1.1 地形条件

1. 地 形

駿河湾は、東の伊豆半島から西の御前崎によって囲まれ、湾口はほぼ南に開け太平洋に面している。湾内の水深は湾口で3,000m、湾中央部で1,000m、平均水深は約550mとなっており、T.P.-5.0mの等深線が海岸線近くまでせまっており非常に急深である。富士海岸は、富士山の溶岩流出の急斜面に堆積した富士川からの流出土砂により形成されたものであり、背後地よりも小高い弓状の砂丘となっている。この海岸の砂丘と愛鷹山袖野にはさまれた地帯は低く湿地帯となっており、通称“浮島ヶ原”とも呼ばれている。昔の人々はこの湿地帯を避け、海岸近くに住居をかまえ、現在でも、三四軒屋では堤防背後にまで住居が密集している状況にある。

2. 地 質

昭和50年1月に沼津工事々務所では海底地質調査を実施した。これによればボーリング結果から、地下地質は-100m前後の深度に富士火山活動の生産物である溶岩または火山砂礫層が分布し、その上を厚く堆積物が被覆している。

堆積物は下位より粘土層、砂礫、粘土互層（礫がち）、砂層および粘土層の順序に累積している。海岸侵食の対象は、上位の砂層および粘土層と考えられる。

3. 海浜形状

実験対象の富士海岸では、既設堤防法尻からT.P.±0mまでの前浜は図-3に示すようになっている。また、富士地区海岸の前浜長と海底勾配の関係を表-1に示した。前浜の狭い区間は、0～10mまでは緩やかな勾配である。また前浜の長い区間は0～10mまでは比較的急な勾配であり、-20m以深からはどちらの場合も急勾配となっている。

4. 底質粒度分布

昭和49年3月と49年12月の調査資料によれば、前者は富士地区海岸において海底-5～-10mは0.47mm以下の細砂であり、田子の浦西防波堤から新浜にかけては粗砂および細砂が分布している。一方、汀線付近は新浜から五軒屋にかけては細砂であるが、その他の地区は粗砂および礫が分布している。後者では、汀線から陸上部は10mm～20mmの礫となっており、汀線

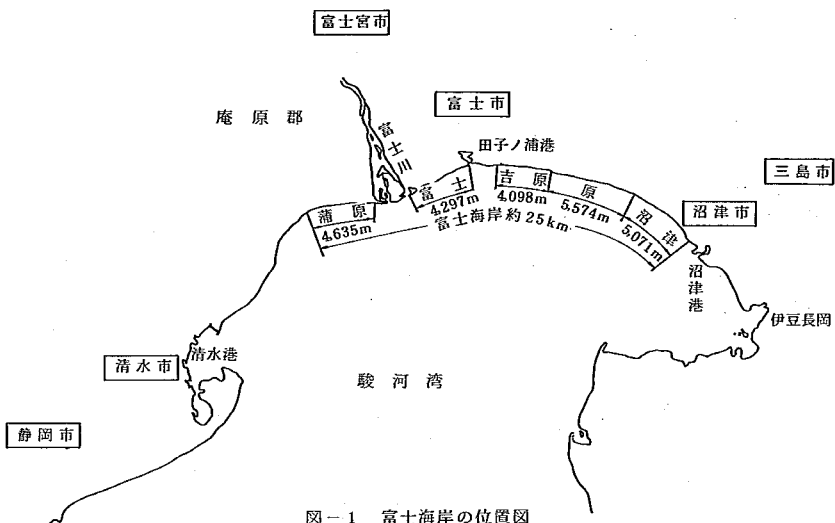


図-1 富士海岸の位置図

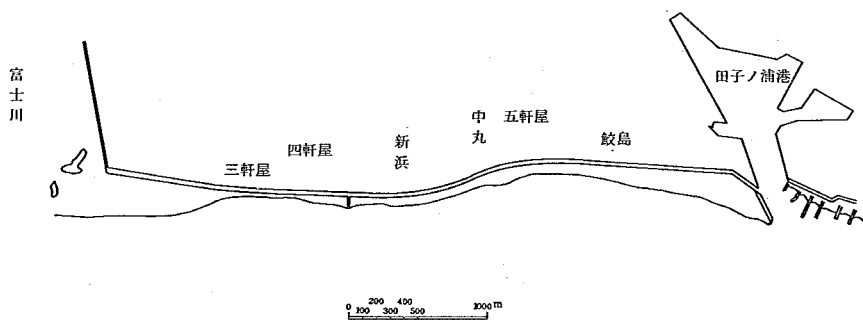


図-2 富士地区海岸の概略図

表-1. 富士地区海岸の海浜形状

測点番号	海浜幅	海 底 勾 配		
		0~10m	10~20m	20m以深
Na 82	320 m	1 : 27	1 : 9	1 : 3
81	269	1 : 26	1 : 6	1 : 9
80	219	1 : 23	1 : 5	1 : 4
79	119	1 : 19	1 : 8	1 : 6
78	20	1 : 14	1 : 9	1 : 11
77	45	1 : 14	1 : 12	1 : 5
76	62	1 : 11	1 : 13	1 : 13
75	62	1 : 17	1 : 11	1 : 8
74	62	1 : 12	1 : 10	1 : 8
73	53	1 : 12	1 : 7	1 : 7
72	68	1 : 7	1 : 7	1 : 5
71	88	1 : 11	1 : 5	1 : 9
70	80	1 : 11	1 : 10	1 : 5
69	81	1 : 9	1 : 10	1 : 7
68	99	1 : 8	1 : 12	1 : 4
67	129	1 : 7	1 : 10	1 : 8
66	150	1 : 6	1 : 8	1 : 5
65	210	1 : 8	1 : 4	1 : 2
64	274	1 : 5	1 : 4	1 : 3

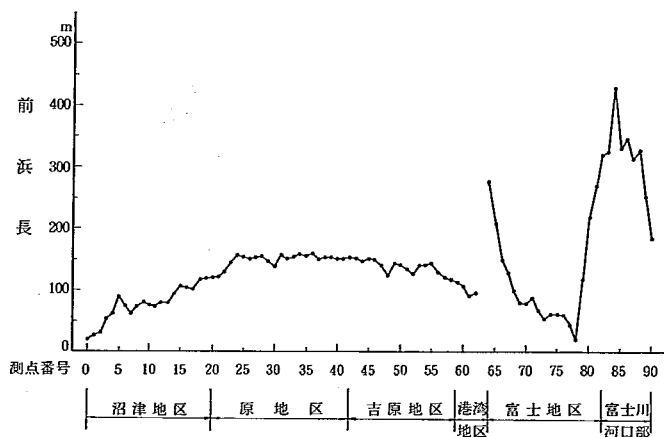


図-3 富士海岸の前浜長

から-4 m までは4mm~13mmの粗砂および礫の混在、-6 m 以深は0.42 mm以下の細砂と急激に粒径が小さくなっており、-20 m 以深は0.3 mm以下の粒径である。

1.2 気 象

1. 風 向

田子の浦港の風記録が昭和35年7月~36年6月までの期間で整理されている。これを見ると、風向はN~NNW が卓越しており、それに次いでS~SWの海風が多くなっている。また、原地区は昭和43年8月から観測が開始されているが、これによるとNE~ENEの陸風およびSW~WSWの海風が支配的となっており、いずれも20%強の率である。

2. 風 速

田子の浦港の観測所は、D.L上21 mの地点で地上より13.0 mの鉄塔上である。また、原地区の観測所は地上より9.2 mの鉄塔上である。これらの風速記録を見ると、田子の浦では8 m/sec以上の強風回数は、全体の14.5%を占めており、そのうち86%が海風である。また、20 m/sec以上の風速は秋に集中している。

3. 台 風

原地区の観測記録で風速20 m/sec 以上が秋に集中しているというのは台風の影響である。駿河湾の湾口が南に開けているために、台風の進路が秋季、この湾口の太平洋沿岸上を通過するコースをとることが多い。従って、そこを通過した場合には、吹送距離が大きくなり、巨大な波浪が減衰することなく海岸線まで達することとなる。昭和41年9月26日の台風26号(6626号)は瞬間最大風速58 m/sec、10分間平均最大風速でも40 m/secを記録している。また、この時の波浪は、 $H_{1/3}=10\text{ m}\sim 11\text{ m}$ 、 $H_{\max}=17\text{ m}$ 、 $T=20\text{ sec}$ と推算されている。また、伊勢湾台風の余波(昭和34年 5913号)の波浪記録は、 $H_{1/3}=8.0\text{ m}$ 、 $H_{\max}=14.0\text{ m}$ 、 $T=17\text{ sec}$ となっている。

1.3 海 象

1. 波 浪

富士海岸での波浪観測は、田子の浦港と原地区に設置した波高計によって行なわれている。ここでは田子の浦港の波浪観測を見る。波高計は、昭和45年までは水圧式波高計、46年からは超音波式波高計(水深-17 mに設置)である。波高観測記録の測得率の良好な昭和33年から38年の6年間のまとめた記録を見ると次のようになっている。

- ① 波高0.5 m以下の発生確率は70%
- ② 周期は6~7 secが最も多い。
- ③ 波高が3 m以上は全体の0.8%
- ④ 周期が10 sec 以上は全体の9%

となっている。また、波向について見ると、湾軸と一致するS~SSWが最も多く全体の80%を占めている。

当地区海岸は、海岸線まで急深となっており、風波によるうねりが支配的と考えられる。最大波高は台風時に発生する。台風6626号による波浪は、沼津港の波高記録から推算すると $H_{1/3}=11\text{ m}$, $H_{\max}=17\text{ m}$, $T=20\text{ sec}$ 程度となっている。

2. 潮 位

潮位観測は田子の浦港で行なわれてきた。この記録によると既往の最高潮位は、6626号台風でD.L上2.65m, T.P + 1.62mとなっている。富士海岸での海岸保全の設計条件では潮位は

既往最大潮位	T.P + 1.60 m
朔望平均満潮位	T.P + 0.628 m
朔望平均干潮位	T.P + 1.04 m

となっている。

3. 漂 砂

海岸に大規模な構造物を建設すると沿岸流等の方向を変化させ、現在の海岸地形を変化させることとなる。従って潮流や漂砂の調査も重要となる。潮流については、今井地区において昭和50年9, 10, 11月観測したが、この結果を見ると東向きの流れが出現しやすく、流速は10 cm/sec~30 cm/sec程度である。

富士海岸の沿岸漂砂は富士川からの流出土砂の影響を大きく受けている。富士川の河川改修が進められているが、最近の流出土砂量の平均は160万 m^3 /年程度であり、そのうち0.09mm以上の粒径の砂は25万 m^3 /年と推定されている。沿岸漂砂量は、昭和44年から49年までの波のエネルギー量から算出した平均値12万 m^3 /年程度と考えられる。

第2章 計画諸元

海岸に大規模な構造物を建設する場合、その計画している地点の地形条件、気象条件、海象条件等から計画諸元を決めなければならない。前章で富士海岸の自然条件について簡単に述べたが、これらを参考にしながら計画諸元についてその考え方を説明する。その前に、富士海岸での過去の災害はどうであったか、また、当海岸についてのさまざまな研究がなされているが、それらの経過についても述べる。

2.1 過去の災害

郷土史や町誌あるいは理科年表等から、富士海岸で過去どの程度の災害であったのか調べると次のようになる。災害を大別して、①地震の際津波による被災、②台風の高潮による被災、③大暴風雨の大波による被災からなり、いずれの場合でも多くの人命を失う災害をもたらしている。

最近の災害では、1899年（明治32年）10月7日東南烈風により標高10～20mの砂丘を越して波が来襲し、三四軒屋、中丸、鮫島地区の殆んどが浸水し、家屋の倒壊や死者55名、負傷者162名の災害をもたらした。昭和34年9月26～27日の伊勢湾台風（5913号）の余波により鮫島地区から吉原地区にかけて階段式堤防228m、蛇籠式堤防3,660mが破堤し、田子の浦付近の民家20戸が破壊されている。また、昭和41年9月25日の台風26号（6626号）によって吉原地区の堤防（T.P. + 13m）から最大波2～3波が越波し、死者13名を含む家屋倒壊が起こった。また、三四軒屋地区では堤防基礎部が洗掘され、堤防本体200mの崩壊が起こった。

現在は、富士川から田子の浦港にかけて全般的に侵食され、昭和43年から昭和49年までの間に延長1kmにわたって最大50m程度汀線が後退している。

2.2 現在までの検討経過

1. 富士吉原海岸模型実験¹⁾

富士海岸の堤防高は、5913号台風の余波により、階段式・蛇籠式堤防が破堤したために、その後T.P. + 13.0mとして建設された。しかし、6626号台風によって最大波の2～3波が越波し、災害をもたらしたので、昭和41年度建設省土木研究所で水理模型実験を実施した。同資料によると実験条件は、

潮位 T.P. + 1.50m

波浪 $H_0 = 14 \sim 22$ m

富士地区海岸での前浜 $\ell = 48.5$ m（堤防法尻からT.P. + 1.50mの汀線まで）

吉原地区海岸での前浜 $\ell = 98.1$ m, $\ell = 104.6$ m

となっている。これによれば富士地区海岸ではおおそ堤防天端高 $H_c = T.P. + 15.0$ m, $T = 17$ sec で $H_0 = 12 \sim 13$ m で越波が発生し, $H_0 = 15$ m で越波量 $Q = 2$ m³/m.T, $H_0 = 18$ m で

$Q = 3.5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, $H_0 = 20 \text{ m}$ で $16 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, 周期 $T = 20 \text{ sec}$ については, $H_0 = 15 \text{ m}$ で $Q = 7 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, $H_0 = 18 \text{ m}$ で $Q = 10 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$ となっている。また, $H_c = T.P + 17.0 \text{ m}$, $T = 20 \text{ sec}$ では $H_0 = 10 \sim 11 \text{ m}$ で越波が発生し, $H_0 = 15 \text{ m}$ で $Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, $H_0 = 18 \text{ m}$ で $Q = 6 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$ となっている。

一方, 吉原海岸では, $H_c = T.P + 13.0 \text{ m}$, $T = 17 \text{ sec}$, $\ell = 98.1 \text{ m}$ のとき, $H_0 = 12 \text{ m}$ で越波が発生し, $H_0 = 15 \text{ m}$ で $Q = 1 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, $H_0 = 18 \text{ m}$ で $Q = 3 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, また $H_c = T.P + 15 \text{ m}$ に上げ, $T = 17 \text{ sec}$, $\ell = 98.1 \text{ m}$ のとき, $H_0 = 18 \text{ m}$ で $Q = 0.07 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$, $H_0 = 20 \text{ m}$ で $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{m} \cdot T$ となっている。

この実験での代表的海浜形状を図-4に示した。またこの模型実験によって, 原, 吉原地区の海岸堤防の天端高を $T.P + 17.0 \text{ m}$ に嵩上げすることを検討している。

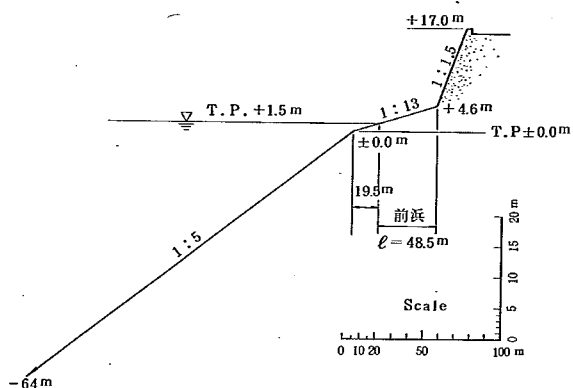


図-4 富士地区海岸の海浜断面

2. 吉原海岸模型実験²⁾

また, 前述の模型実験にひきつづき, 吉原海岸の堤防天端高を決定するために実験を行なっている。この実験条件は,

模型縮尺 1/40

潮位 $T.P + 1.50 \text{ m}$, $+2.5 \text{ m}$, $+3.5 \text{ m}$

波浪 $H_0 = 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5 \text{ m}$, $T = 17, 20 \text{ sec}$

海浜幅 143 m (堤防法尻から T.P ± 0 m まで) 前浜 $\ell = 123.5$ m

海浜形状 堤防法尻から T.P ± 0 m まで 1:13, T.P ± 0 m 以深 1:5

この実験では, $H_c = T.P + 17.0$ m に嵩上げし, $T = 20$ sec, 潮位は T.P + 1.50 m, 前浜 $\ell = 123.5$ m で $H_0 = 18$ m で $0.8 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{T}$, $H_0 = 20$ m で $Q = 3 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{T}$, $H_0 = 26$ m で $Q = 20 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{T}$ となり, 波は旧堤内に侵入しない。

吉原海岸の堤防背後地の地形形状は, 砂丘があり, 約 150 m 離れた地点に旧堤があり, 旧堤まで水が侵水しても差し支えないとしている。そして, 旧堤を越える越波量としては, $Q = 20 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{T}$ (実験は $H_c = T.P + 13$ m の場合で潮位が T.P + 1.5 m, $H_0 = 18$ m, $T = 20$ sec で生ずる) 以上であることを確認し, 6626 号台風, 伊勢湾規模の台風が最悪のコースを通った場合の波浪 $H_{\max} = 26$ m, $T = 20$ sec (推定値) でも越波量が $20 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{T}$ を越えないように堤防天端高 $H_c = T.P + 17.0$ m と決定した。なお, この実験での海浜形状を図-5 に示した。また, これらの実験の, 波高と越波量の関係を図-6 に参考までに示した。

3. 田子の浦港海岸侵食対策模型実験³⁾

静岡県では, 田子の浦港の防波堤を建設したために, 海岸侵食が起こり, それに伴ない模型実験を実施した。田子の浦港海岸侵食対策の中で離岸堤を設置した場合の検討を行なっている。これによると,

実験条件は,

通常の時	$T = 12 \text{ sec}$, $H_0 = 3 \text{ m}$, M.W.L D.L + 0.97 m
暴風時	$T = 12 \text{ sec}$, $H_0 = 6 \text{ m}$, M.W.L D.L + 0.97 m
	$T = 17 \text{ sec}$, $H_0 = 10 \text{ m}$, M.W.L D.L + 0.97 m
離岸堤設置位置	D.L - 2.0 ~ - 3.0 m (離岸堤中心)
離岸堤断面	図-7
作用時間	240 分
底質	$d_{50} = 0.18 \text{ mm}$

となっている。この結果から, $T = 12$ sec で $H_0 = 3$ m のとき, 離岸堤がない場合, 汀線は 5 m 後退, $H_0 = 6$ m では 15 m となっている。一方, 離岸堤を設置すると $H_0 = 6$ m でも汀線の後退は認められない。また, $T = 17$ sec のとき離岸堤がない場合, $H_0 = 10$ m では波の作用時間 $t = 240$ 分で前浜は欠損し, 護岸法尻の侵食も認められる。また, 同一条件で離岸堤を設置すると 15 ~ 20 m の後退量となっている。従って, 現地観測記録および実験結果から, 離岸堤を設置した場合の激浪時には, 離岸堤背後の海浜の後退量は 20 m 程度見込まれるとなっている。

4. 富士海岸模型実験⁴⁾

昭和 50 年度に土木研究所では三四軒屋地区の海岸侵食を防止するための各種工法を模型実験によって検討している。この報告書の概要は次のとおりである。

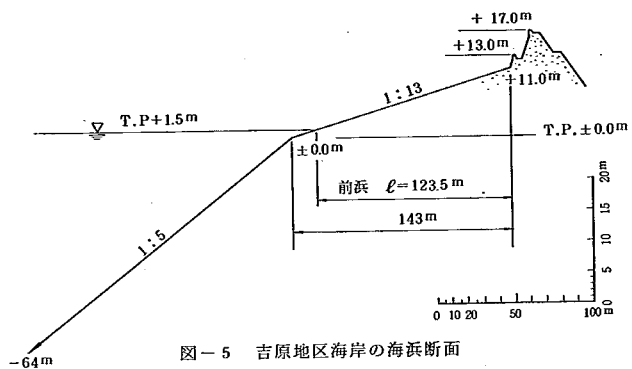


図-5 吉原地区海岸の海浜断面

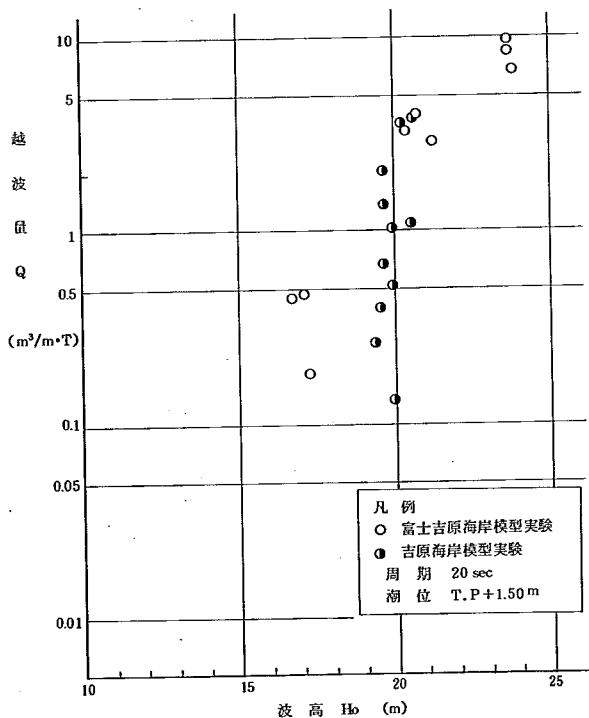


図-6 波高と越波量の関係

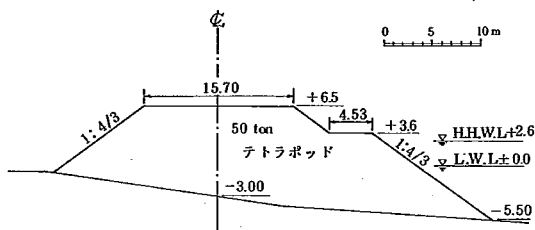


図-7 田子の浦港実験における離岸堤断面

実験条件は、

模型縮尺 1/100 三次元移動床

波 浪 $H_0 = 3\text{ m}$, $T = 11\text{ sec}$

作用時間 25時間

底 質 $d_{50} = 0.22\text{ mm}$

となっている。これによると、離岸堤および防砂突堤の沿岸漂砂を阻止する効果については、連続離岸堤で前面水深が5 mの場合75%、不連続の離岸堤で前面水深が2 mの場合70%、前面水深が7.5 mの場合90%であり、また防砂突堤については先端水深が6 mの場合に80%である。

離岸堤の長さ100 m、間隔50 mの不連続離岸堤の場合には、波の入射方向が場所によって変化しても沿岸漂砂量はほぼ一定している。防砂突堤は、沖への砂移動が生ずる場合があり、特に海岸線が凸形になっている場所ではこの動きを助長し、突堤先端より沖側に砂が堆積する。突堤を長く大規模にすると海岸の侵食、堆積の汀線変化を起こす要因となり避けた方が良いとされている。

5. 富士海岸保全対策調査報告書⁵⁾

沼津工事々務所では離岸堤の設置位置について検討を行なっている。

これによると、吉原海岸の堤防天端高の決定の条件から判断すると、富士海岸では、背後地形の条件から考えて吉原海岸の実験に用いた前浜長を143 m (T.P. $\pm 0\text{ m}$ から、汀線からは $\ell = 123.5\text{ m}$) 以上が必要であると考えられる。また、6626号台風の最大波 $H_{\max} = 17\text{ m}$, $T = 20\text{ sec}$ 程度の条件に対しては、富士海岸では越波量は堤防天端高 $H_c = 17\text{ m}$ で $Q = 4\text{ m}^3/\text{m} \cdot T$ 程度と考えられ、この条件で許容出来ると考えれば前浜長は最低50 mは確保しなければならないとされている。

以上のことから暴風時の前浜長は最低50 mは確保するものとし、暴風時離岸堤を設置した場合にも後退する可能性のある前浜長20 mの余裕長さをとり、必要な最低限の前浜長は70 mとす

ることが検討されている。

また、サビールの仮想勾配法によって波の打上げ高さを海底勾配の急な区間の平均断面を用いて、6626号台風の波浪 $H_0=11\text{m}$, $H_{\max}=17\text{m}$, $T=20\text{ sec}$ を対象として求めると、 $H_0=11\text{m}$ で波の打上高 R は $T.P+12.6\text{m}$, $H_{\max}=17\text{m}$ で R は $T.P+16.9\text{m}$ となっている。

2.3 計画諸元

1. 波 浪

その海岸にどの程度の波浪が来襲するというのは、構造物の規模、強度等を決定するための目安となる主要な項目である。波浪が大きい程一般には構造物も高く頑強なものでなければならないが、海底地形等にもかなり左右される。

富士海岸での大きな波浪は台風時に起こり、過去幾多の災害にみまわれている。計画波浪がどのような経緯により決定されたのか、その概略について述べる。

5913号伊勢湾台風の余波により富士海岸も少なからぬ被害を受けている。この台風が富士海岸に来襲したときの波浪観測記録はないが、昭和37年9月土木研究所海岸研究室⁶⁾では波浪推算を行ない、波高14m, 周期17.9 secという結果を得ている。また、日本建設コンサルタント⁷⁾では由比海岸にバイパスを建設するに際して昭和37年2月にやはり波浪推算を行なっている。これによると波高9m, 周期15 secとなっている。両者ともS.M.B法と推算方法は同じであるが、風のとり方で差が出ている。従って、来襲波は両者の中間の波高10~11m, 周期15~18 sec程度と推定される。また、5913号伊勢湾台風が富士海岸に大きな影響を与えるコース、すなわち伊勢湾台風と同規模なものが約200 km東寄りに通過する仮想伊勢湾台風(最悪のコースはS10°W)では、 $H_{1/3}=14.5\text{m}$, $T=18\text{ sec}$ となっている。この推算は過小に評価しているものと思われ、11m/9m(11m:伊勢湾台風時に来襲したと考えられる波, 9m:推算値)をかけて補正すると $H_{1/3}=14.5\text{m} \times 11/9 \approx 18\text{m}$, 周期も大きめの $T=20\text{ sec}$ と決めている。

6626号台風での沼津港での観測記録から求めた推算値⁷⁾は、 $H_{1/3}=10\sim 11\text{m}$, $H_{\max}=17\text{m}$, $T=20\text{ sec}$ となっており、最大波を考え、波高を5割増しにすると伊勢湾台風が最悪のコースを通過した場合の $H_{\max}=26\text{m}$ と一致する。

以上が計画波浪として決定された経緯であり、計画波浪として

$$H_{1/3}=17\text{m}, \quad H_{\max}=26\text{m}, \quad T=20\text{ sec}$$

が使用されている。

2. 潮 位

計画潮位を決めるには一般に①既往の最高潮位、②朔望平均満潮位に既往の最大偏差を加えた高さ、③朔望平均満潮位に推算を用いて計算された潮位偏差を加えた高さのいずれかによって決定される。田子の浦港で観測された最高潮位は、6626号台風時にD.L上2.65m, T.P

に換算して T.P + 1.62 m となっている。従って、計画潮位として既往の最高潮位から

H. H. W. L T. P + 1.60 m

を現在のところ一応の基準としている。

3. 許容越波量

海岸堤防の許容越波量をどの程度の基準にするかは、堤防の構造や天端高、消波構造の断面等を決定する際に大きな影響を及ぼす。この許容越波量は、堤防の構造がどのようになっているのか、堤防背後地の地形状態および利用範囲たとえば田畑などの耕作地帯、住宅地帯、道路などの交通運輸地帯等によってその基準が決まるが、許容越波量をどの程度にすれば良いかは明確な基準は示されていない、その地区での目的に応じて決めている。

ここでは富士地区海岸での許容越波量をどの程度に設定するのかについて若干の検討を加える。その前に、現在までの基準について述べると、構造物が安全であるための被災限界としての越波量⁸⁾は表-2のように港湾構造物設計基準の中に示されている。構造物が安全であってもその背後地の利用状況によって異なるが、それについては永井⁹⁾が表-3のように提案している。また、海岸堤防を越える波の状況とそれに対応した越波量がどの程度であるかは白石・遠藤¹⁰⁾が述べている。また現地での観測記録では庄内海岸¹¹⁾で海岸道路への越波量を調べている。これによれば堤防から1~2mのしぶきが上があればそのときの越波量は $1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 程度になっている。また、福田¹²⁾らは越波状況を8mmフィルムに撮影し、多くの人に見てそれを判断してもらい安全かどうかを判定している。これによると、護岸のすぐ背後を人が危険なく歩行する場合越波量 $Q = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下であれば50%の人が安全と判定し、 $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下で90%の人が安全であると考えた。また護岸背後を高速で自動車が通過する際には Q が 2×10^{-5} 以下であれば50%の人が、 $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下では90%の人が安全であると判定している。一方、すぐ背後に家屋がある場合には Q が $7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下で50%、 $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ で90%の人が大丈夫であると判定している。また、護岸から10m程度離れた地点では上記の越波量より1桁大きくしても良いという結果になっている。

具体的に許容越波量を考慮に入れて設計した例としては、庄内海岸背後を道路として機能させるために $Q = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ を設定し、護岸天端高を決めている。由比海岸でも護岸背後を高速道路として使用する場合に、 $Q = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下とし、別大国道¹³⁾では道路として機能させるために $Q = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下としている。

参考に、図-6での前浜の短い区間、富士吉原海岸模型実験での越波状況を見ると表-5のようになる。

以上の結果を富士海岸に適用して考えてみると、堤防背後には10m程度離れた場所に家屋があるために、 $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ となろう。これは一群の波が来襲したときの平均的な越波量であるが、昭和41年の台風26号による災害の例では、非常に大きな波が数波越波したた

表-2 構造物被災限界の越波流量

種 別	被 覆 工	越波流量 (m ³ /m ² ・sec)
堤 防	天端・裏のり被覆工なし	0.005
	天端被覆工あり・裏のり被覆工なし	0.02
	三面巻き構造	0.05
護 岸	天端被覆工なし	0.05
	天端被覆工あり	0.2

表-3 越波流量決定の目安

要 件	期待越波流量 q (m ³ /m ² ・sec)
背後に人家・公共施設等が密集しており、特に越波、しぶき等の侵入により重大な被害が予想される地区。	0.01 程 度
その他重要な地区	0.02 程 度
その他の地区	0.02 ~ 0.06

表-4 越波の状況と相対越波量

越 波 の 状 況	相対越波量 $\frac{Q}{Q_0} = \frac{2\pi Q}{H_0 L_0}$
飛沫がわずかに越える。	0 ~ 10 ⁻³
かなりの飛沫が越え、波の実質部分がわずかに越える。	10 ⁻³ ~ 5×10 ⁻³
飛沫が激しく越え、波の実質部分もかなり越える。	5×10 ⁻³ ~ 10 ⁻²
波の実質部分が激しく越える。	10 ⁻² ~ 10 ⁻¹

表-5 富士地区海岸での相対越波量

波 高 (H ₀)	周 期 (T)	波 長 (L ₀)	$Q_0 = \frac{H_0 L_0}{2\pi}$ (m ³ /m ² ・T)	Q' (m ³ /m ² ・T)	相対越波量 Q'/Q ₀
H _{1/3} = 17 m	T=20 sec	624 m	1688	0.5	296×10 ⁻⁴
H _{1/10} = 22 m	T=20 sec	624 m	2185	5.5	252×10 ⁻³
H _{max} = 26 m	T=20 sec	624 m	2582	14	542×10 ⁻³

めに被害を生じている。したがって平均値ではなく、1波による越波量を問題にする必要があらう。しかしこれについての基準値は現在のところ十分調べられておらず、今後の検討する必要があるあらう。

許容越波量が非常に小さい場合には、模型実験では測定の精度の関係で、信頼できる数値を得ることが困難である。したがってこのような場合には最大うちあげ高が堤防高以下となるようにならう。

第3章 模 型 実 験

3.1 実験目的

富士海岸の侵食を防止し、合せて越波を防止するために、昭和50年度の「富士海岸保全対策検討会」において離岸堤工法が提案された。その際に、離岸堤の越波防止効果と離岸堤に使用するブロックの安定性などについて検討する必要があることが指摘された。この実験は、したがって、各種の離岸堤形状、位置などを変えて、越波量やうちあげ高を測定し越波防止効果を調べるとともに、ブロックの安定性および沈下量、洗掘量の測定を行ない構造物の安定性を検討した。なお実験は、固定床および移動床で行なっている。

1. 固定床模型実験

海浜形状、離岸堤の設置位置、離岸堤の断面形状、法先水深等は打上高、越波量、波高減衰、ブロックの安定性に与える影響が大きい。固定床模型実験では離岸堤と越波の相互関係を明らかにするために行なった。そのために越波量（越波のない場合には堤防への打上高を測定）、離岸堤背後の平均水面上昇量、ブロックの安定性等を波高を変化させて測定した。

2. 移動床模型実験

固定床模型実験によって離岸堤の断面形状、設置位置について検討したが、海浜変形、離岸堤の沈下なども合せて調べておく必要があり、砂を使用した移動床模型実験によって、これらの項目について測定を行なった。

3.2 実験条件

駿河湾の自然条件および計画諸元から、実験は下記の条件で行なった。

固定床模型実験	模型縮尺	1/50	
	潮 位	H. H. W. L.	T. P. + 1.60 m
	波 高	10 ~ 26 m	
	周 期	20 sec	
	離岸堤ブロック重量	50 ton	
	海浜形状	三四軒屋地区断面 鮫島地区断面	
移動床模型実験	堤 防 高	T. P. + 17.0 m	
	模型縮尺	1/50	
	潮 位	H. H. W. L.	T. P. + 1.60 m
		M. H. W. L.	T. P. + 0.63 m
	波浪条件	$H_o = 5.0 \text{ m}, \quad T = 10 \text{ sec}$ $H_o = 10 \text{ m}, \quad T = 14 \text{ sec}$	

$$H_o = 17 \text{ m}, \quad T = 20 \text{ sec}$$

離岸堤ブロック重量 50 ton

波の作用時間 2時間～10時間

底 質 砂, 粒径 $d_{50} = 0.22 \text{ mm}$

海浜形状 三四軒屋地区断面

岐島地区断面

なお海岸堤防の形状、海浜形状、離岸堤の構造等は次の通りである。

1. 海岸堤防

5913号伊勢湾台風の余波による災害を受けて、階段式、蛇笥式堤防はT.P.+13.0mの天端高を持つ堤防に改修された。しかし、6626号台風によって吉原地区では最大波が越波したため、天端高がT.P.+17.0mに嵩上げされた。堤防はアスファルトによって舗装された三面張り構造となっている。図-8には堤防断面図を示しておいた。堤防模型は外面が現地と合うよう仕上げ、T.P.+13.0mの天端から水路底までは止水および砂の吸い出し防止のため長くともある。材質は厚さ8mmの硬質塩化ビニール板であり、堤防天端下水平部はモルタル製である。縮尺1/50で図-8のように製作した。

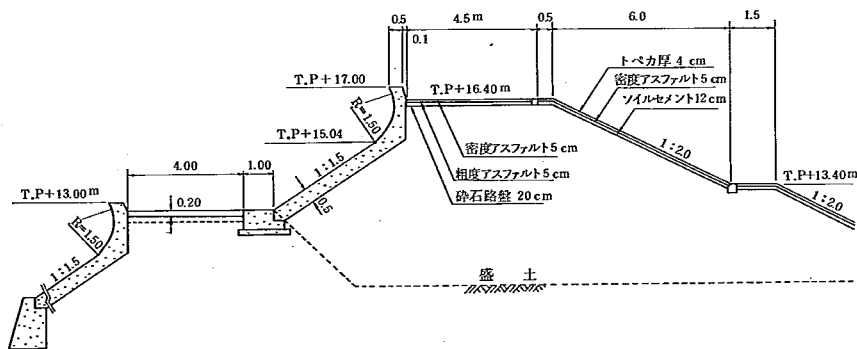


図-8 堤防断面図

2. 海床勾配や前浜の長さは、波浪による海浜変形や越波量におよぼす影響が非常に大きい。富士地区の各海浜断面での実験による検討をするのが理想的であるが、表-1からわかるようにここでは2つの断面について考えた。その1つは前浜が長く、水深の浅い区間で海底勾配が急な場合、あと1つは前浜が短かく水深の浅い区間で海底勾配が緩やかな区間である。前者は

中丸、鮫島地区の平均的な断面であり、代表断面として図-9のような海床とした。この断面を鮫島地区断面と呼ぶ。また後者は防災対策から問題のある断面であり、三四軒屋地区がこれに相当する。この断面としては測点No. 77の最も前浜の短い断面を代表断面とし、図-10に示した。この断面を三四軒屋地区断面と呼ぶ。

海床は図-9、10に示すような断面を砂によって整形し、その上に厚さ5 cmのモルタルで仕上げた。これが固定床の海床であり、移動床模型実験ではモルタルを取り除き砂のみで整形した。

3. 離岸堤

本実験での離岸堤は波高を減衰させて前浜の侵食防止、越波防止を目的として設置した。この離岸堤の代表的な断面形状は図-11に示した。各実験ケースごとの断面形状については後で詳しく述べる。離岸堤のブロックとして、テトラポッド50 ton、六脚ブロック50 tonを使用した。実験でのブロックの積み方は次のとおりである。

A. テトラポッド

離岸堤を本堤部と根固部にわけた。本堤部は各タイプとも2段層積みであり、根固部は2段積みの場合は層積みであり、3段積みでは乱積みとした。また本堤根固部の接続は段差がつくので適度な空隙を持つようにブロックを補充した。図-12、写真-1~9にはブロックの積み方を示した。

実験に使用したブロックの個数は、たとえば図-11での本堤部5列2段、根固部6列3段では、実験水路幅1.5 mに全個数が438個あり、1 mあたり5.84個で実施している。現地に建設された場合の同一断面での合計個数は5.78個/mであり、実験でのブロックの空隙率は現地の断面とはほぼ一致している。ブロックは海底勾配のある斜面上に置かれるので、ずり落ちないように固定床模型実験では離岸堤法先にストッパーを付けてある。

B. 六脚ブロック

標準断面と同一規模の断面とするために六脚ブロックは本堤部は2段層積みとし、根固部も乱積みにすると断面積が大きくなるので2段層積みの直線型配列とした。標準断面と同規模な六脚ブロックの使用個数は全体で378個で5.04個/mとテトラポッドよりも少なくなっている。ブロックの積み方は堤防へ平行には『突き合せ』、堤防と直角方向には『重ね合せ』として行なった。このブロックの積み方は図-13と写真10~14に示しておいた。

3.3 実験装置

実験に使用した水路は図-14に示すような水路で、その諸元は次の通りである。

水路：長さ112 m、幅1.5 m、深さ2.5 m、水深1.5 m コンクリート製 観測部は一部ガラス張り

造波機：ベンデュラム型、電動機容量20 kw、モーターの回転数と造波板の振幅により波高

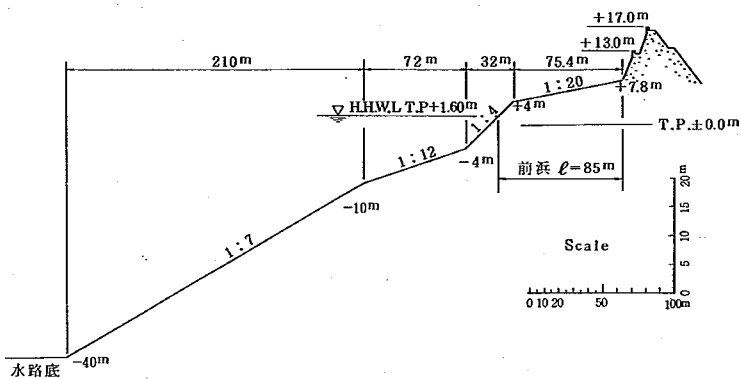


图-9 蛟岛地区海滨断面

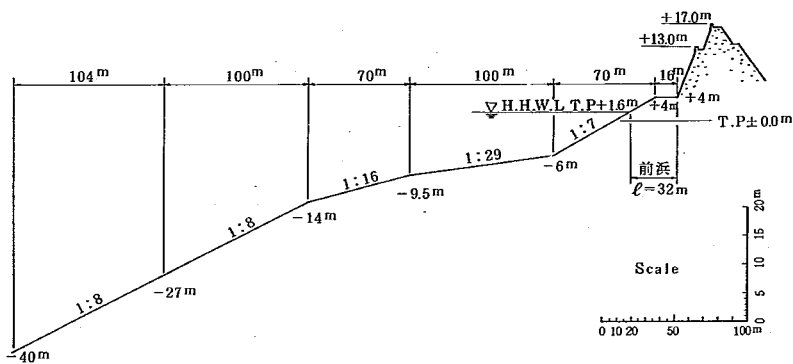


图-10 三四軒屋地区海滨断面

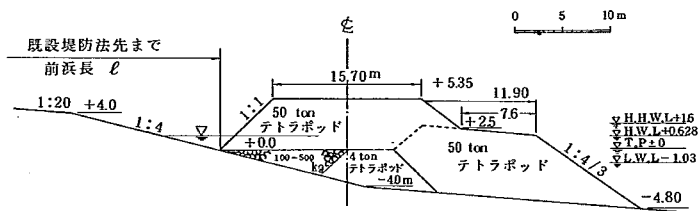


図-11 離岸堤標準断面

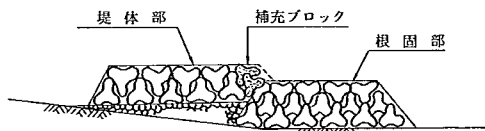


図-12 テトラポッドの積み方の模式図

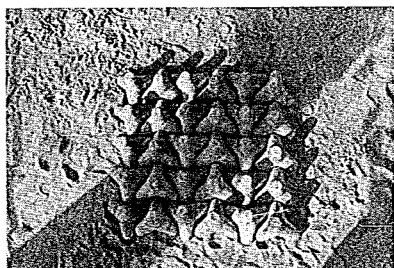


写真1 堤体部 下段

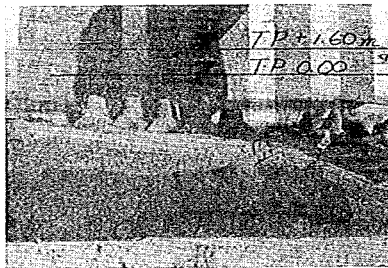


写真2 堤体部 下段

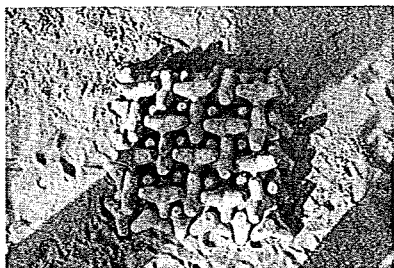


写真3 堤体部 上段

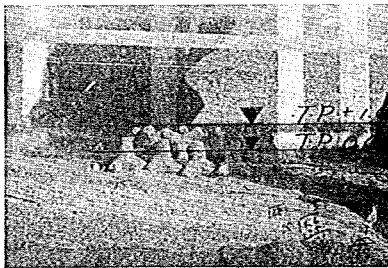


写真4 堤体部 上段

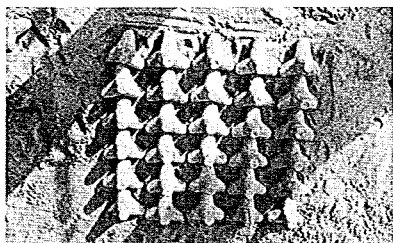


写真5 根固部 下段

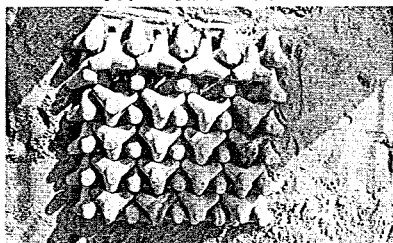


写真6 根固部 中段

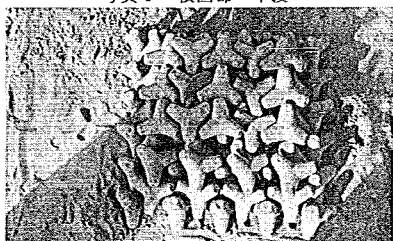


写真8 根固部 上段

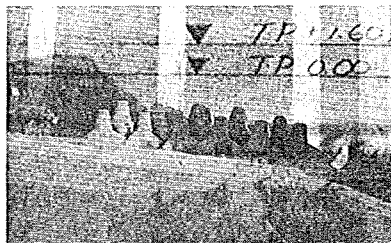


写真7 根固部 中段



写真9 根固部 上段

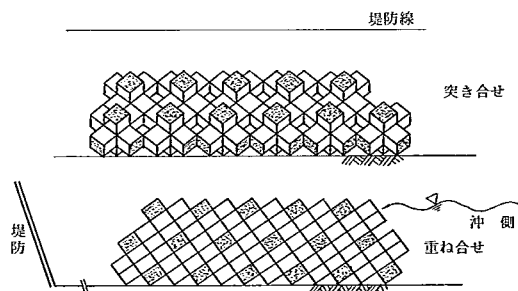


図-13 六脚ブロックの積み方の模式図

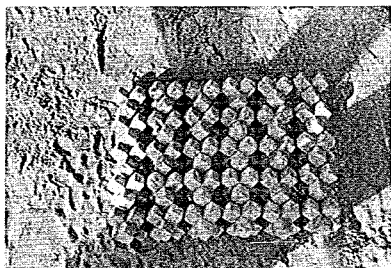


写真10 下段

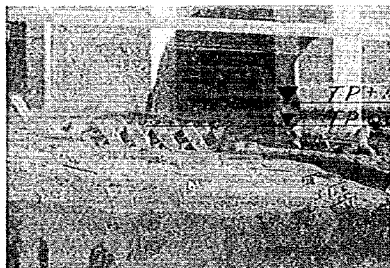


写真11 下段

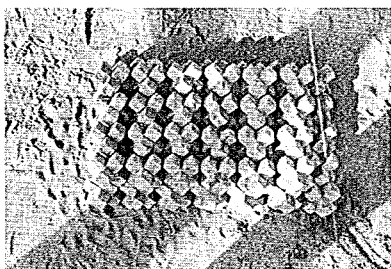


写真12 上段

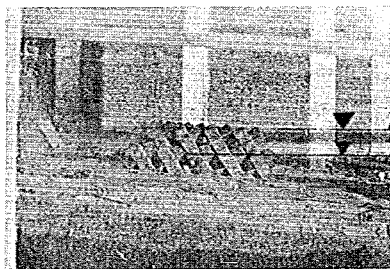


写真13 上段



写真14 上段

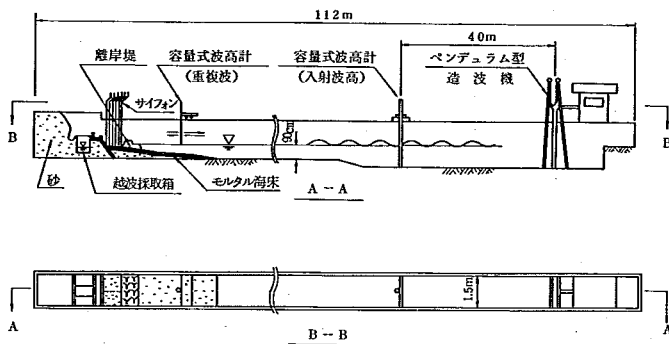


図-14 造波水路及装置の概略図

と周期は連続的に変化出来る。

測定に使用した器具は次のとおりである。

波高計：沖 波 容量式波高計 CM-2000 計測技研

重複波 容量式波高計 D-1000 計測技研

オシログラフ：FR-102型 三栄測器

水位増幅器：CA-503型 計測技研

レベル：オートレベル ニコン

1. 越波採取箱

堤防を越える越波量を測定するために堤防背後に幅37.5cm、深さ72cm、長さ89cmのモルタル製の箱を埋めこんであり、測定箱に所定以外の波が入らないように天端と同じ高さの立上りを付けている。越波量の測定は6～14波の10波を採取するが、その測定時のみプラスチック製の蓋を開き、そのほかは波の侵入防止のため蓋を閉じている。越波量測定以外の越波は堤防背後に半円形の集水用の穴を埋り込みモルタルで表面処理し、この水は水中ポンプによって水路に還元した。

2. 平均水面上昇量測定装置

堤防と離岸堤間の平均水面の上昇量を測定するため、汀線と堤防間をほぼ等間隔に6箇所の地点を設定した。鮫島地区、三四軒屋地区のこの測定点の位置および高さを図-15、16および写真-15に示した。この平均水面上昇量はサイフォンの原理によって海床の底から透明なビニールチューブ管（径9mmφ）長さ4mを水路外側の直径90φmmのガラス管に接続し、

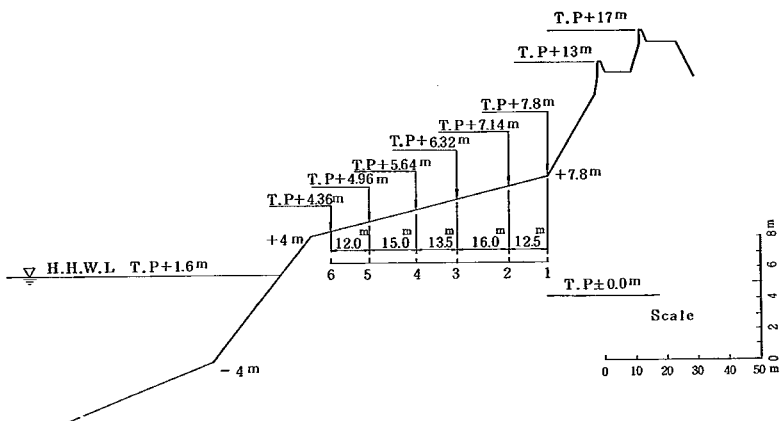


図 - 15 鮫島地区の平均水面上昇量の測定位置

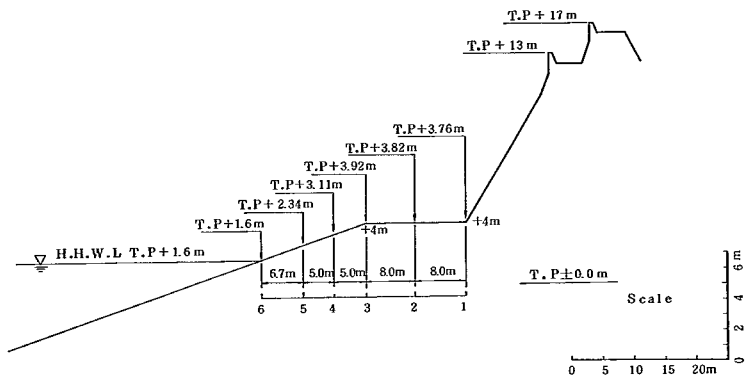


図 - 16 三四軒屋地区の平均水面上昇量の測定位置

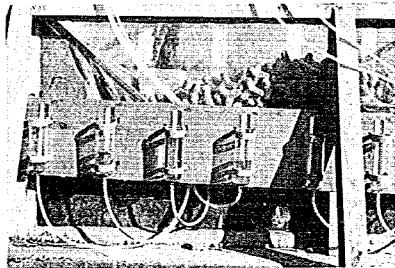


写真 - 15 平均水面上昇量測定装置

このガラス管の水位上昇量を読み取る装置である。

3.4 実験方法

1. 一般事項

赤羽支所内の屋外大型水路（第2号造波水路）を使用し、観測部のガラス張り部分に1/50の縮尺の模型を設置した。（図-14） 模型実験は、造波機から40m離れた地点に沖波測定用の波高計を取り付け、造波機から90m離れた地点に堤防の模型があり、所定の位置に離岸堤を設置し、これに同一の正弦波を3回作用させて次の測定を行なった。

固定床模型実験

沖波波高・周期、反射率、砕波後の波高、堤防への打上高、越波量、堤防～離岸堤間の平均水面上昇量、ブロックの安定性

移動床模型実験

沖波波高・周期、地形変化、ブロックの沈下および離岸堤前面の局所的洗掘、砕波位置、砕波水深

2. 測定方法

1) 沖波波高・周期

図-14に示す位置に長さ2mの容量式波高計を取り付け、その出力を増幅し、電磁シンロググラフによって記録した。波高・周期は造波板が定常状態になって反射波の影響が入らない6波～15波の10波中、平均と思われる連続5波を記録紙から読み取りそれを平均して求めた。

2) 反射率

造波水路の上にレールが設置されており、そのレール上に測定台車が走れるようになっている。この測定台車に長さ1mの容量式波高計を取り付け、台車をゆっくり移動して、記録された波高の最大と最小からHealeyの方法で反射率を求めた。

3) 砕波後の波高

また、反射率を測定しない場合には、堤防から3m（現地に換算して150m）沖側の地点に波高計を設置し、砕波後の波高を求めた。

4) 堤防への打上高

堤防の斜面上にプラスチック製のスケールをそれぞれ2本貼付し、沖波測定時の6波目までの15波目から20波目までの15波を目視によって観測記録した。

5) 越波量

打上高測定時に堤防を越えた波は堤防背後に埋め込まれた幅37.5cmのモルタル製の越波採取箱に入るようになっている。また、越波は何波がしたのかを記録した。越波採取箱に入った水量の水位をポイントゲージによって読み取り、あらかじめ作成しておいた水位—越

波量曲線からその量を求めた。実験では入射後6波から15波までの10波より越波量を測定し、16波以降については蓋をして必要のない波の侵入を防いだ。

6) 平均水面上昇量

離岸堤を設置することによって離岸堤と堤防間の平均水面は上昇する。これを測定するためにサイフォンの原理によってビニールチューブとガラス管(管径比 $90\phi/10\phi=10$)でガラス管の水位が一定になるまで約3分間待ってガラス管取り付け板に貼付したスケールによってその上昇量を求め、T.P. に換算した。

7) ブロック安定性

離岸堤ブロックの安定性は、入射波から15波後と、造波板を停止した後初期断面から離脱したブロックの個数および状況を目視によって観察記録した。ブロックの被災は離岸堤断面から落ちたものをいう。なお、造波板を停止するとその時実験水槽特有の周期が大きく、波高が大きな波が作用するので、それを防ぐために波止めゲートを設けてその波を止めた。

8) 地形変化の測定

移動床実験では、波浪を作用させて各時間ごとの海浜変形がどの程度であるかを知るためにレベルとスタフによって海浜2断面(水路側壁から各50cm内側)を10cm間隔で測量して求めた。

9) ブロックの沈下および離岸堤前面の局所的洗堀

地形変化の測定の際にレベルとスタフで測定した。

10) 碎波位置および碎波水深

水路の観測部がガラス張りであり、砕破の状況がわかるので目視によってその位置を求め、またスケールによって碎波水深を記録した。

3.5 相似則

模型実験を行なう場合、実物と模型との間には必ず相似則が成立していなければならない。この相似則には幾何学的な形状、運動、力学的なものが考えられる。模型実験においてはいうまでもなく力学的相似則が成立していることが望ましいが、流体の粘性力、慣性力、重力を同時に相似にすることは出来ないが、この3つのうち少なくとも2つを同時に相似させることは出来る。水理模型実験の場合、粘性が支配的であるのか、慣性力が支配的であるのか、あるいはこの両者が支配的であるのかその代表値を決めなければならない。海岸の水理模型実験は、粘性力よりもむしろ水の動きを対象としているので慣性力が大きく作用する。また、粘性力は慣性力に比べて極めて小さな値となる。

速度を V 、長さを L 、重力加速度を g 、時間を T 、水の密度を ρ とする。重力場の中でNewtonの運動法則に従う場合

$$\text{重力} \quad F_g = \rho g L^3 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{慣性力} \quad F_i = \rho L^3 \frac{\partial V}{\partial T} = \rho L^2 V^2 \dots\dots\dots (2)$$

となる。(1), (2)から

$$F_r = \sqrt{\frac{F_i}{F_g}} = \frac{V}{\sqrt{g L}} \dots\dots\dots (3)$$

となる。この F_r が Froude 数である。従って本水理模型実験は Froude の相似則に従うものである。模型を m , 原型を p の添字で表わすと

$$\frac{V_m}{\sqrt{g_m L_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g_p L_p}} \dots\dots\dots (4)$$

となる。(4)式で $g_m = g_m$ であり、長さを L , 時間 T , 速度 V , 単位時間単位幅あたりの越波量を Q , 重量を W とし, $L_p/L_m = S$ としてそれぞれの量についての縮尺を求めると式(5)のようになる。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{長さ} & L_p/L_m = S \\ \text{時間} & T_p/T_m = \sqrt{L_p/L_m} = \sqrt{S} \\ \text{速度} & V_p/V_m = \sqrt{g_p L_p/g_m L_m} = \sqrt{S} \\ \text{越波量} & \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{(L_p^2 \cdot V_p)/L_p}{(L_m^2 \cdot V_m)/L_m} = S\sqrt{S} \\ \text{重量} & W_p/W_m = L_p^3/L_m^3 = S^3 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

本模型実験は縮尺 $1/50$ で行なっているので、各量についての縮尺は次のようになる。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{長さ} & \frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{50} \\ \text{時間} & \frac{T_m}{T_p} = \frac{1}{\sqrt{50}} = \frac{1}{7.07} \\ \text{速度} & \frac{V_m}{V_p} = \frac{1}{\sqrt{50}} = \frac{1}{7.07} \\ \text{越波量} & \frac{Q_m}{Q_p} = \frac{1}{50 \sqrt{50}} = \frac{1}{353.5} \\ \text{重量} & \frac{W_m}{W_p} = \frac{1}{50^3} = \frac{1}{125,000} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

固定床模型実験は相似についてはこれで問題がないが、移動床模型実験では、波、流れ、砂の移動、摩擦、砕波現象等さまざまな現象が相互にからみ合い、今まで明確な相似則は確立されていない。縮尺効果や相似性については実験結果の考察で詳しく述べるが、基本的な考え方として、波浪を作用させた時、海浜変形が現地と同一条件（たとえば前浜が侵食傾向にある）であり、汀線付近の勾配が現地と一致すること、砕波帯で深堀れしないことを基本として、底質や波浪条件を選定した。

なお、模型の縮尺をどの位にするかは、水路諸元、造波能力、測定精度、対象とする構造の大きさおよびどの程度の力が作用するのか等によって決まるが、これらを総合的に考慮して縮尺は $1/50$ とした。

第4章 実験結果

4.1 固定床模型実験

表-6には固定床の実験ケース一覧表を示しておいた。本実験で対象とした海浜でMODEL:Aとは前浜の長い鰹島地区、MODEL:Bとは前浜の短い三四軒屋地区である。離岸堤断面形状、設置位置等を変化させ実験を行なったが、これらを一括して表示したのが表-6である。本実験では主として離岸堤が越波防止機能を果たすための深水波波高 H_o に対する越波量 Q とブロックの安定性を主として検討した。

実験で求めた測定沖波波高 H 、周期 T から海底摩擦の影響を無視すると(7)式から

$$\left. \begin{aligned} H_o &= \frac{H}{K_s} \quad , \quad K_s = \sqrt{\frac{1}{2n} \frac{C_o}{C}} \quad , \quad n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \\ C_o &= \frac{gT}{2\pi} \quad , \quad C = \frac{L}{T} \quad , \quad L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi}{L} h \quad , \\ L_o &= \frac{gT^2}{2\pi} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

深水波波高 H_o が求められる。ここで h は波高測定地点の水深、 L は波高測定地点の波長、 k は波数($2\pi/L$)、 L_o は深水波波長である。

また、現地での越波量 Q は模型実験で求めた越波量 Q_1 から(8)式によって求められる。

模型実験越波量：

単位幅、一波あたりの越波量：

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{1}{0.375 \text{ m} \times 10 \text{ 波}} \times 10^{-6} \quad (\text{m}^3 / \text{m} \cdot \text{波})$$

単位幅、単位時間あたりの越波量：

$$Q_3 = Q_2 / T \quad (\text{m}^3 / \text{m} \cdot \text{sec})$$

単位幅、単位時間あたりの現地での越波量：

$$Q = 50 \sqrt{50} \quad Q_3$$

これらの計算結果は付録の実験資料に一括して示しておいた。また、離岸堤の設置位置、断面形状は図-17、18に示した。この断面でのブロックの積み方の模式図および該当実験ケースは図-19、20の通りである。

表-6 固定床実験条件の組合せ

MODEL	海浜断面 (府浜長)	TYPE	離岸距離	離岸堤 の断面	ブロック の種類	ブロック の個数	法先水深	波 高	周 期	潮 位	備 考
A 蛟島地区	$\ell = 85 \text{ m}$ 図-9 参照	1	なし	——	——	——	——	11m, 14m, 17m, 22m, 26m	20 sec	H.H.W.L T.P+1.60m	1波高につき 3回波を作用
		2	85.0 m	5列2段 6列3段	テトラポッド 50 ton	438 個 5.84個/m	6.40 m	"	"	"	
		3	85.0	5列2段 6列2段	六脚ブロック 50 ton	378 個 5.04個/m	6.00	11m	"	"	
		4	72.0	5列2段 6列2段	"	378 個 5.04個/m	5.70	11m, 14m	"	"	
		5	42.8	5列2段 6列2段	"	378 個 5.04個/m	0.00	14m	"	"	
		6	52.0	6列2段 なし	"	198 個 2.64個/m	T.P+4.0m に離岸堤法況	17m, 22m, 26m	"	"	
		7	72.5	4列2段 4列2段	テトラポッド 50 ton	329 個 4.39個/m	4.54	11m, 14m, 17m, 22m, 26m	"	"	
		8	57.5	4列2段 4列2段	"	329 個 4.39個/m	0.00	"	"	"	
B 三四軒屋 地区	$\ell = 32 \text{ m}$ 図-10 参照	1	70.0 m	5列2段 6列3段	テトラポッド 50 ton	441 個 5.88個/m	8.40 m	11m, 14m, 17m, 22m, 26m	20 sec	H.H.W.L T.P+1.60m	1波高につき 3回波を作用
		2	60.0	5列2段 6列3段	"	441 個 5.88個/m	8.00	"	"	"	
		3	50.0	5列2段 6列3段	"	441 個 5.88個/m	7.80	"	"	"	
		4	50.0	4列2段 4列3段	"	327 個 4.36個/m	7.05	"	"	"	
		5	なし					"	"	"	
MEMO	汀線から堤 防法先まで	図-17 から参照	離岸堤法況 から堤防法先	上:堤体部 下:根固部	ブロックの 実験重量 400 g	上:全個数 下:1m当り	現地換算	実験値:22cm 28cm, 34cm 44cm, 52cm	実験値 2.83 sec		

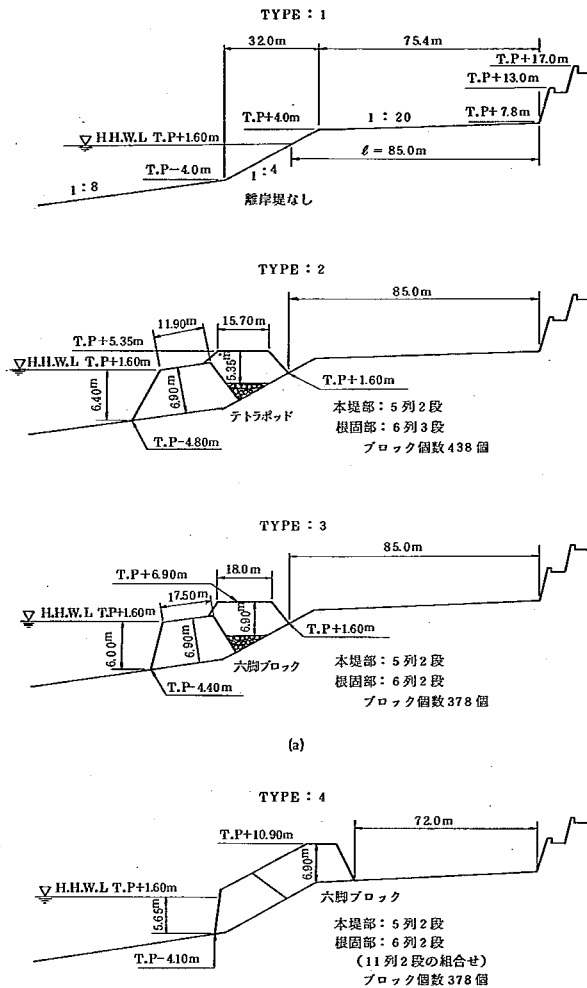
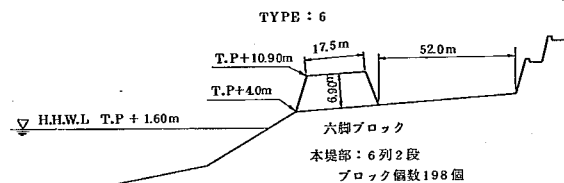
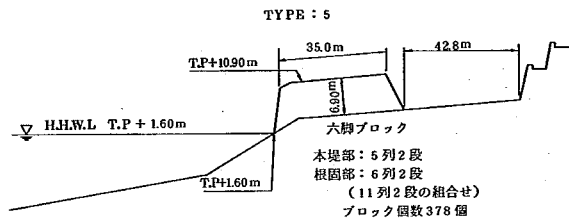
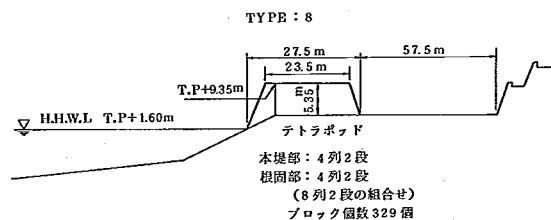
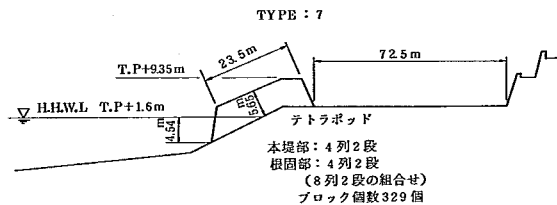


図-17 (a)~(c) 鉾島地区断面 (MODEL : A) の離岸堤模式図



(b)



(c)

図-17 (a)~(c) 岐島地区断面 (MODEL : A) の離岸堤模式図

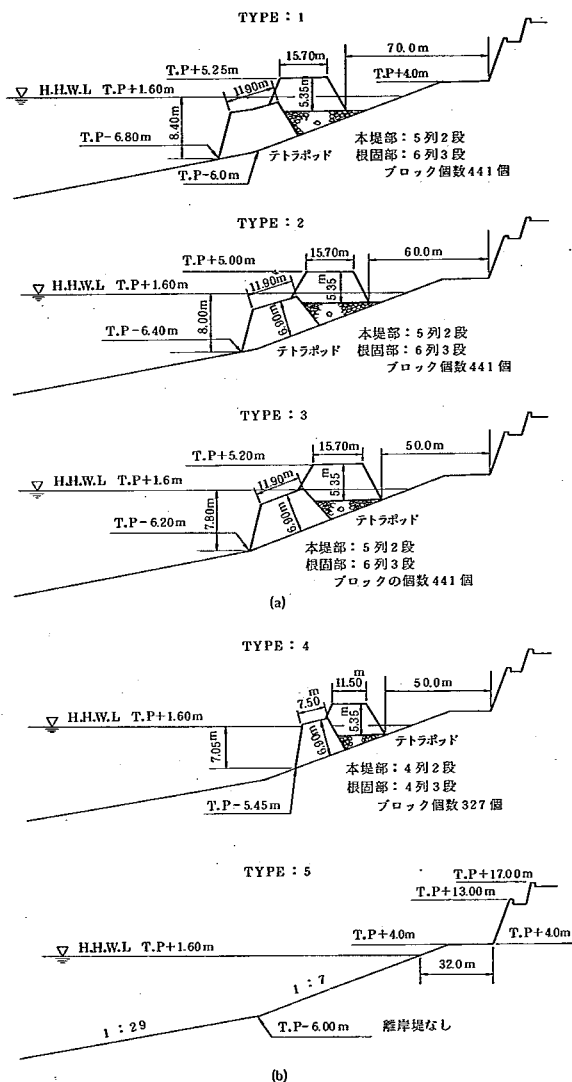


図-18 (a)~(b) 三四軒屋地区断面 (MODEL : B) の離岸堤模式図

離岸堤断面	ブロックの積み方	該当 TYPE
本堤部 5列2段 根固部 6列3段		MODEL:A TYPE:2
		MODEL:B TYPE:1
		" : 2
		" : 3
		MODEL:C TYPE:2
本堤部 4列2段 根固部 4列2段		" : 3
		" : 4
		" : 5
		MODEL:D TYPE:5
本堤部 6列2段		MODEL:A TYPE:7
		" : 8
本堤部 6列2段		MODEL:D TYPE:1
		" : 2
		" : 3
本堤部 4列2段 根固部 4列3段		MODEL:B TYPE:4

図-19 テトラポットの積み方

離岸堤断面	ブロックの積み方	該当 TYPE
本堤部 5列2段 根固部 6列2段		MODEL:A TYPE:3
本堤部 5列2段 根固部 6列2段		MODEL:A TYPE:4
本堤部 6列2段		" : 5
本堤部 6列2段		MODEL:A TYPE:6

図-20 六脚ブロックの積み方

4.1.1. 反射率

自然海岸に構造物を建設すると、入射波とは反対方向に反射波として沖側に進行してゆき、この反射波は無視できなくなる。構造物の前面で入射波と反射波が重なり、重複波を形成し、海浜変形や越波量への影響が大きくなる。

反射率はHealeyの方法で求めたが、いうまでもなく反射率は小さい方がよい。護岸の各断面形状、設置位置と反射率の関係は図-21、22のとうりである。離岸堤を設置しない自然海浜のとき、鮫島地区断面では0.08~0.14 三四軒屋地区断面では0.08~0.15となっている。離岸堤を設置することによって反射率は増加するが、離岸堤の断面形状や設置位置による差はあまり認められない。それよりも波浪条件によって反射率の大小が生ずる。鮫島地区では三四軒屋地区よりも一般に大きい。この理由は汀線付近の海底勾配が急で波が減衰しないで直接離岸堤に衝突し、これが反射波となるためである。また、波高の小さな10~17mに顕著に認められることからそれがいえるだろう。実験時の状況観察では重複波の波頂となる位置に離岸堤を設置するとブロックの安定性が悪く、また離岸堤と堤防間の平均水面も上昇するのでそのような位置に設置するのは避けた方がよい。

4.1.2. 波高と打上高の関係

打上高のデータは6波目から20波目までを整理した。その平均打上高 R_{mean} と最大打上高 R_{max} を図示したのが図-23、24である。同図で越波したときのその波高に対応させて↓印で越波を示した。

鮫島地区断面では、無堤時と比較してTYPE 2~7は波高が20mまでは離岸堤の波高減殺効果が有効に働いて堤防への打上高は低くなっているがTYPE 8ではその波高が15mまでとなっている。しかし、それ以上の波高になると波が離岸堤の天端を越え、むしろ無堤時よりも高くなっている。三四軒屋地区では離岸堤を設置してもしなくても明確な差は認められないが、TYPE 3とTYPE 5(無堤時)は同程度であるが、無堤時と比較してTYPE 1, 2, 4はむしろ若干大きな傾向を示している。

これらの結果から一般的には、堤防法先から離岸堤法尻までの離岸距離が大きくなると堤防への打上高は大きくなり、また離岸堤断面の小さな時にも同様である。海浜との関係でいえば、鮫島地区と三四軒屋地区と比較すると波高の小さな時には後者が打上高が小さく、波高17mで同程度、それより大きくなると急激に後者は大きい。

波高の増大とともに R_{mean} は増加し直線的な関係がある。 R_{mean} が堤防天端高 $T.P+17.0$ mになると越波するが、 R_{max} が $T.P+17.0$ mとなっても波返しが有効に働いて越波するとは限らず、このような場合には波の実質部分は越波しておらず、しぶき程度であった。

4.1.3. 波高と越波量の関係

前節で堤防への打上高を記述したが、堤防を越える波の越波量について述べる。図-25、図26には、鮫島地区、三四軒屋地区のそれぞれの海浜での各TYPEをパラメーターとした波

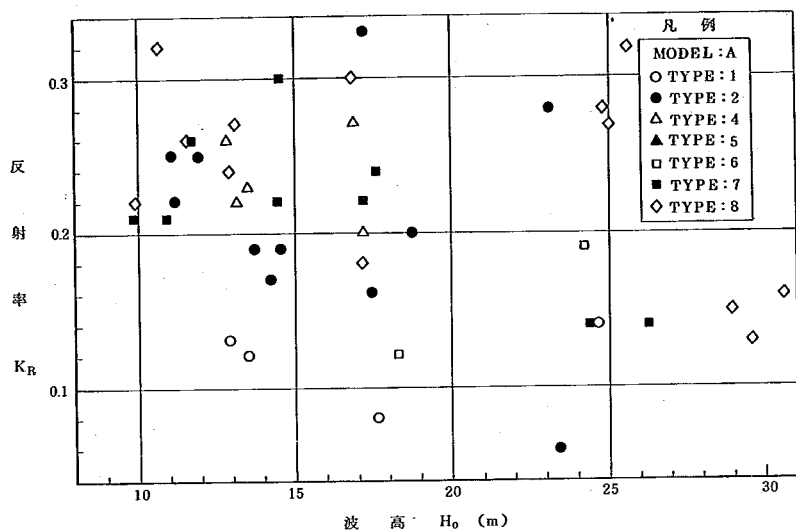


図-21 駿島地区の反射率

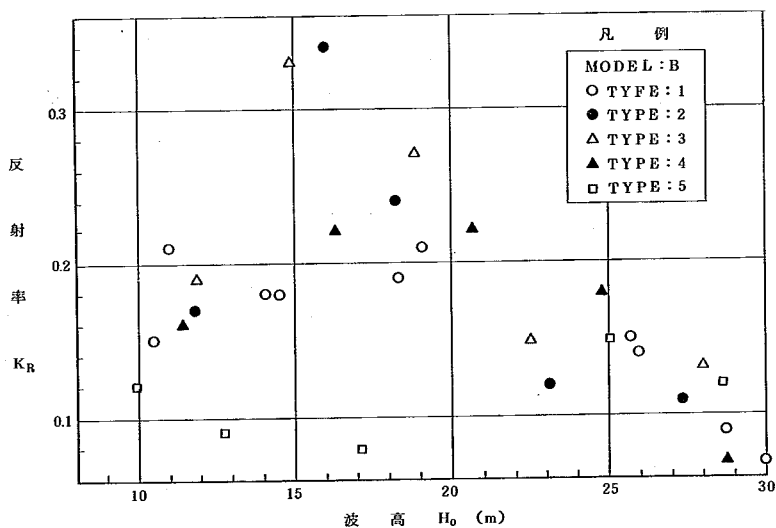
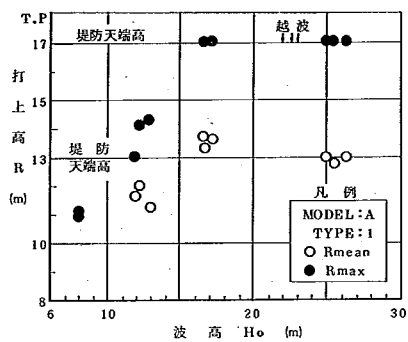
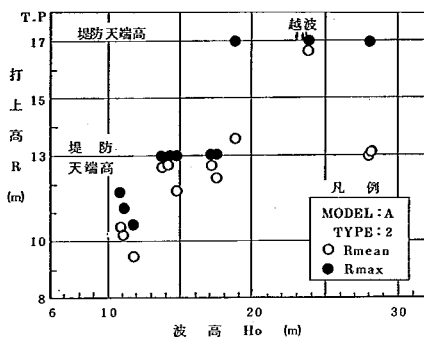


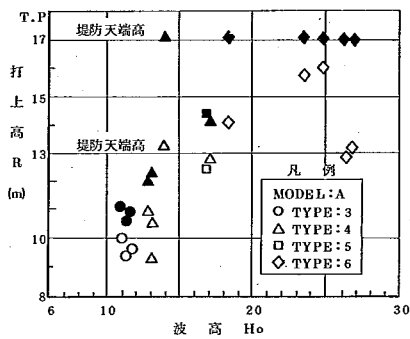
図-22 三四軒屋地区の反射率



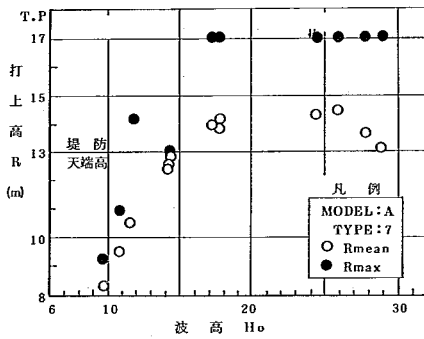
(a)



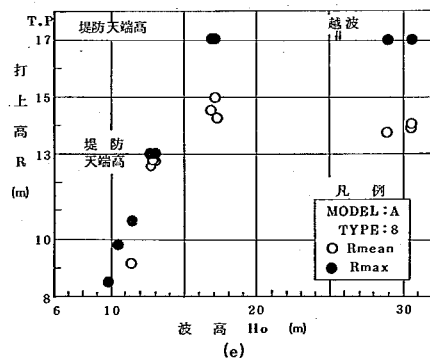
(b)



(c)

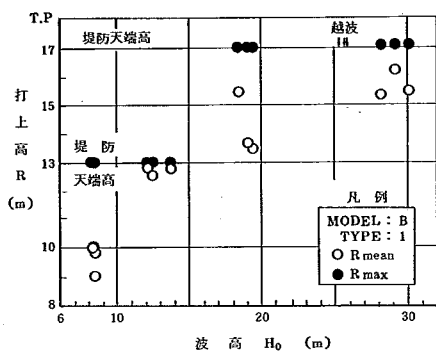


(d)

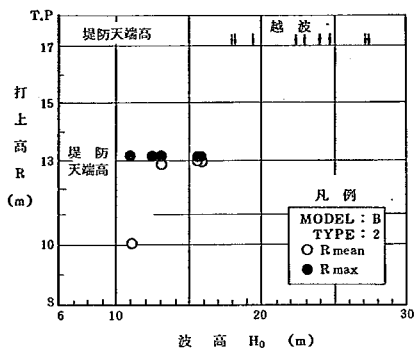


(e)

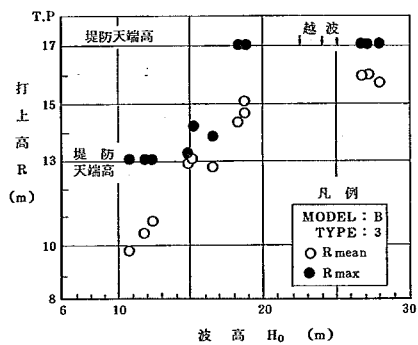
図-23 (a)~(e) 鼓島地区の波高と打上高の関係



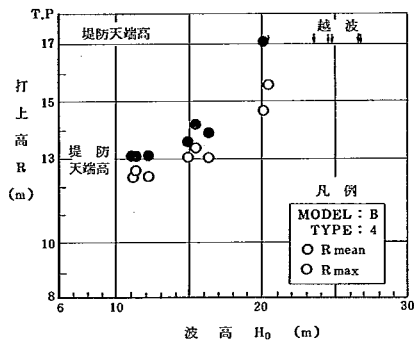
(a)



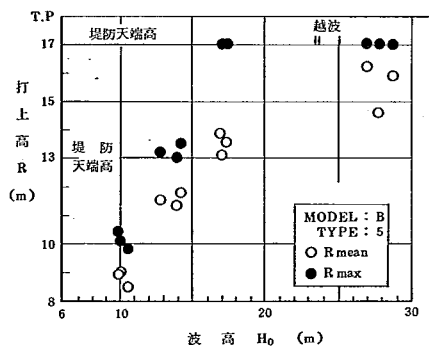
(b)



(c)



(d)



(e)

図-24 (a)~(e) 三四軒屋地区の波高と打上高の関係

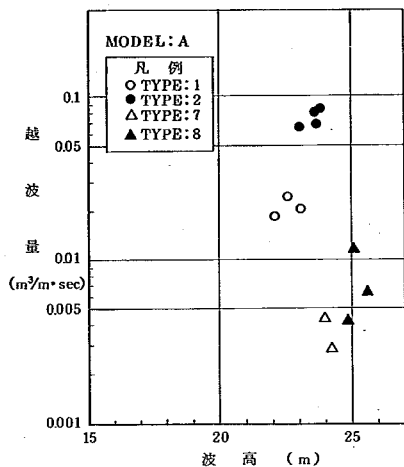


図-25 鉾島地区の波高と越波量の関係

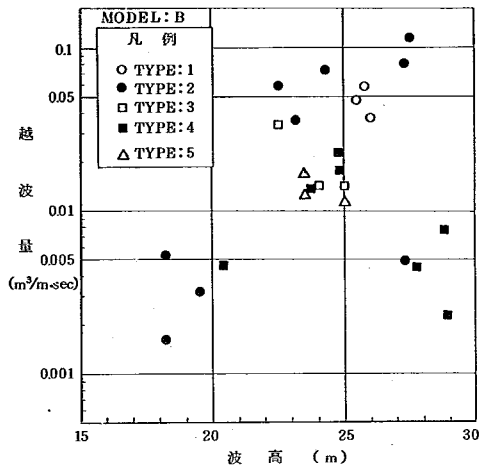


図-26 三軒屋地区の波高と越波量の関係

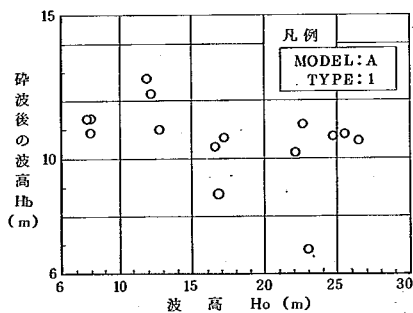


図-27 鉾島地区の碎波後の波高

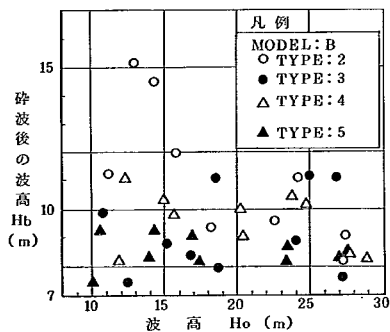


図-28 三軒屋地区の碎波後の波高

高と越波量の関係図である。

その前に堤防から 150 m (現地換算) 離れた地点での砕波後の波高を図-27, 28 に示した。これからわかるように、鉾島地区の海浜は水深の浅い区間で海底勾配が急であり、沖波波高 H_o が 12 m 前後で砕波し、 H_o が増大しても砕波後の波高 H_b は 11 m 前後である。一方、三四軒屋地区は水深が浅い区間で海底勾配が緩やかであり、 H_o が増大しても H_b は 8~11 m 程度と一般に小さくなっている。しかし TYPE 2 では波高計の設置点が砕波点となる場合もあり大きくなっている。このように H_o が増大しても海底地形の影響によって砕波し、ある一定の波高になる。

前浜長 l が 85 m ある鉾島地区の越波発生波高は 22 m 程度からである。無堤時には H_o が 22~23 m で $0.02 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 程度あり、TYPE 2 では $H_o = 22\sim 24 \text{ m}$ で $0.07\sim 0.085 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ となっている。TYPE 7, TYPE 8 の離岸堤は越波の防止に有効な働きを示している。計画最大波高 $H_{\text{max}} = 26 \text{ m}$ では砕波によって波がエネルギーを失ない、また離岸堤の波高減殺効果によって越波量は多くない。

前浜長 l が 32 m と短い三四軒屋地区では越波発生波高が 18 m 程度のものもある。無堤時には H_o が 23~25 m で Q が $0.012\sim 0.017 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ と鉾島地区よりも大きな波高で越波量は少なくなっている。しかし、離岸堤を設置すると H_o が大きい 26~29 m では、砕波点が沖に移動し、水位上昇量が増加するために越波量は多くなっている。鉾島地区では波高の増加に伴う水位の上昇は三四軒屋地区より大きくない。

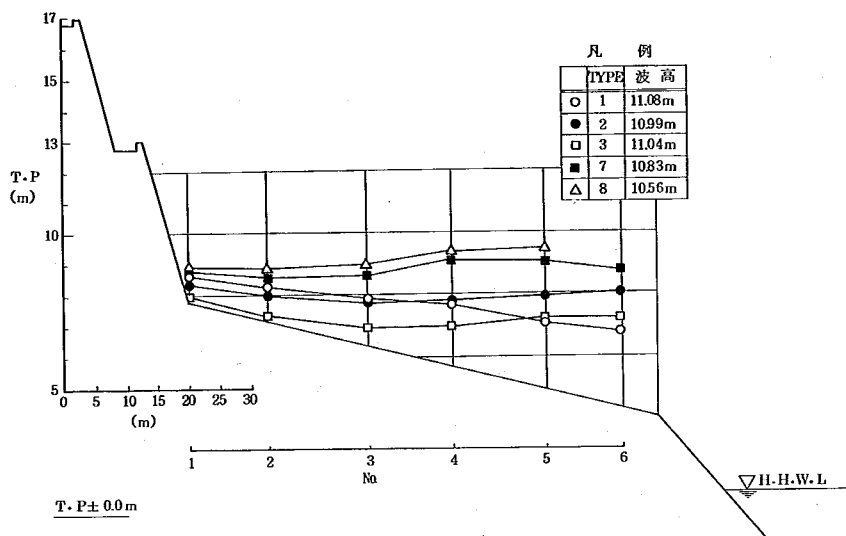
4.1.4. 平均水面上昇量

波高と、堤防法先と離岸堤法尻間の平均水面上昇量はどう関係しているかを図-29, 30 に示した。

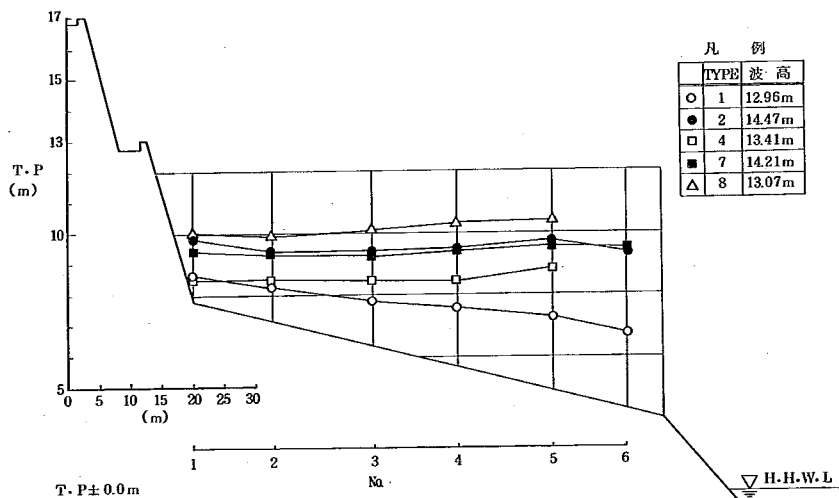
鉾島地区の海浜では離岸堤を設置することによって無堤時よりも 2~3 m 程度の水位上昇がある。無堤時には堤防法先が一番水位が高く、堤防から離れるにしたがって波高は大きくなるが、平均水面は低くなっている。これは離岸堤を設置しても同様な傾向にある。一般的には堤防法先から離岸堤法尻までの離岸距離が小さい時、離岸堤の天端高が高い時、波高が大きくなるにしたがい平均水面上昇量は大きい。これから、波高の小さいうちは離岸堤の法先水深や断面幅による波浪減殺効果はある程度見込れるが、波高が大きくなると離岸堤の天端高さが堤内の滞水を助長し、平均水面の上昇量は大きい。

三四軒屋地区は前浜が短かいために、鉾島地区と比較すると平均水面上昇量は比較的水平となっており、同時に低くなっているが、同様な傾向にある。また、離岸堤の設置位置や断面形状には影響されず、ほぼ同程度の上昇量であるが、波高の小さい時には、離岸堤断面幅が小さい場合に波浪の透過性が良いために水面は上昇する傾向にある。

平均水面の上昇量は、打上高さや越波への影響への一つの指標となるものであるが、一般に鉾島地区の方が三四軒屋地区よりも大きい。この理由は鉾島地区が汀線から 10 m 付近で海

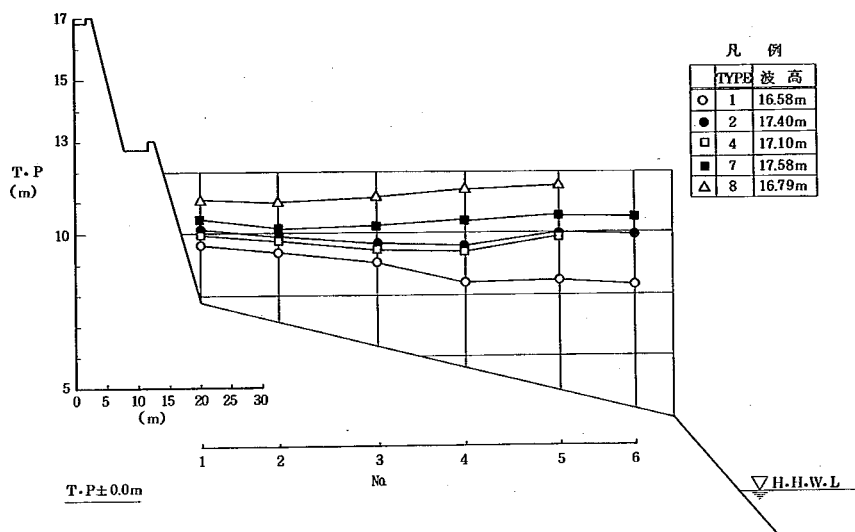


(a)

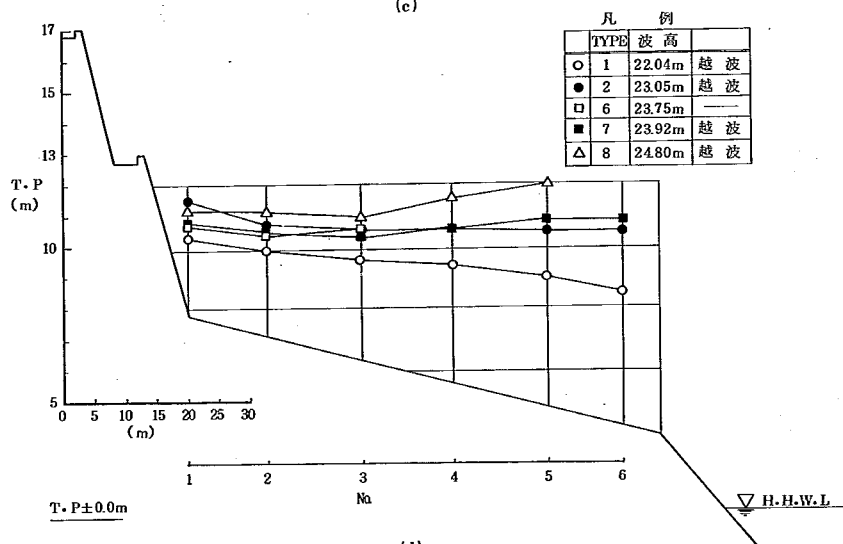


(b)

図-29(a)~(b) 駿島地区の平均水面上昇量



(c)



(d)

図-29(c)~(d) 鯨島地区の平均水面上昇量

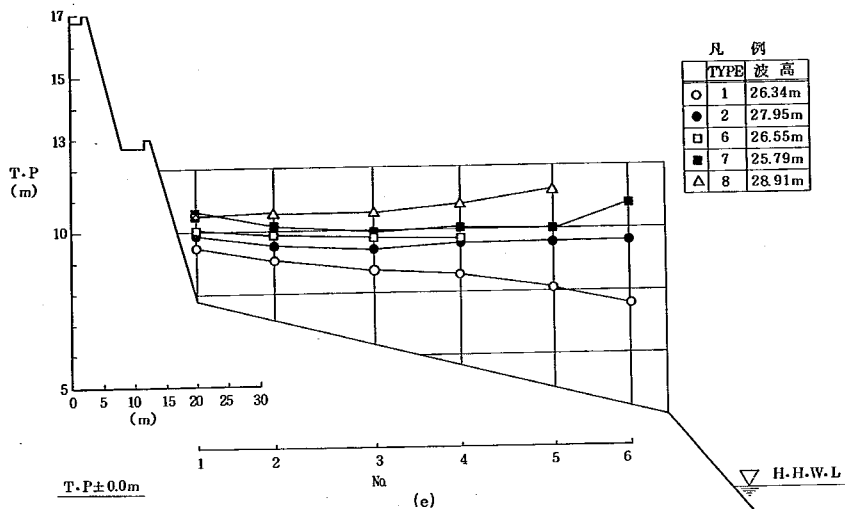


図 - 29 (e) 岐島地区の平均水面上昇量

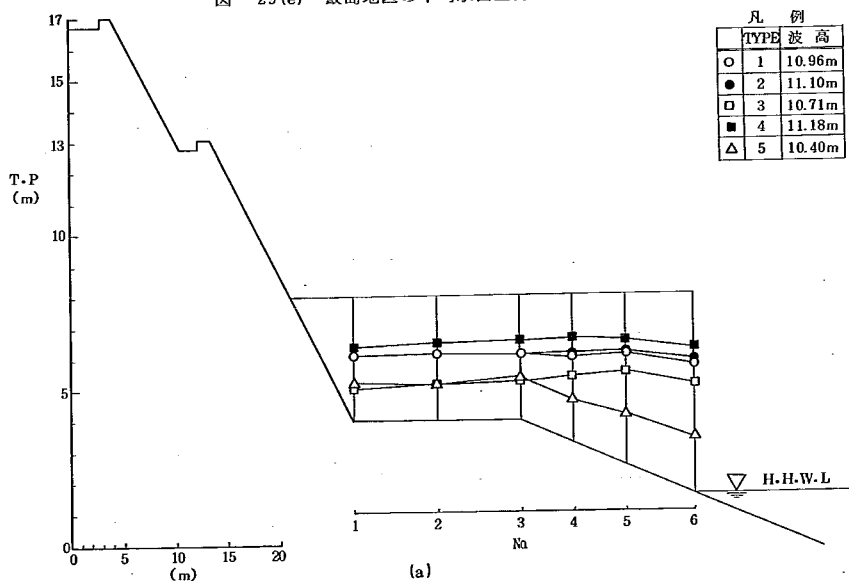
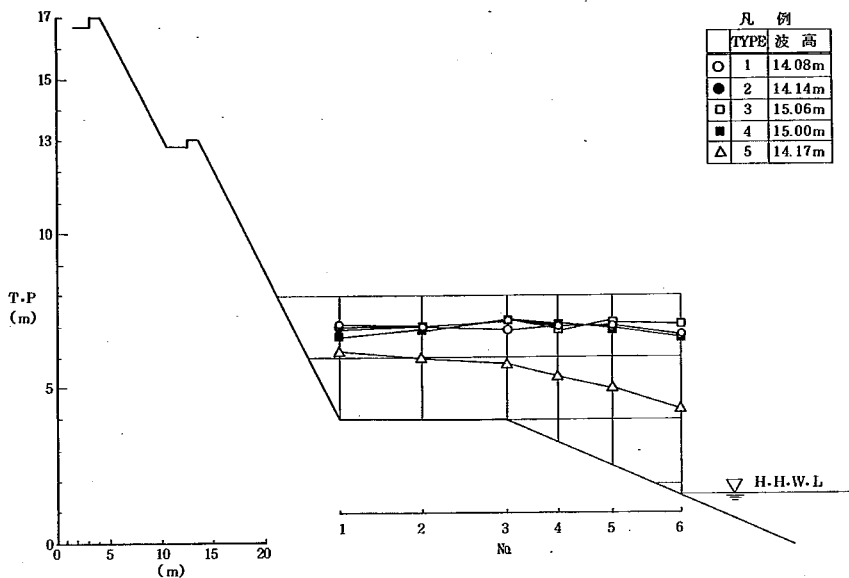


図 - 30 (a) 三四軒屋地区の平均水面上昇量



(b)

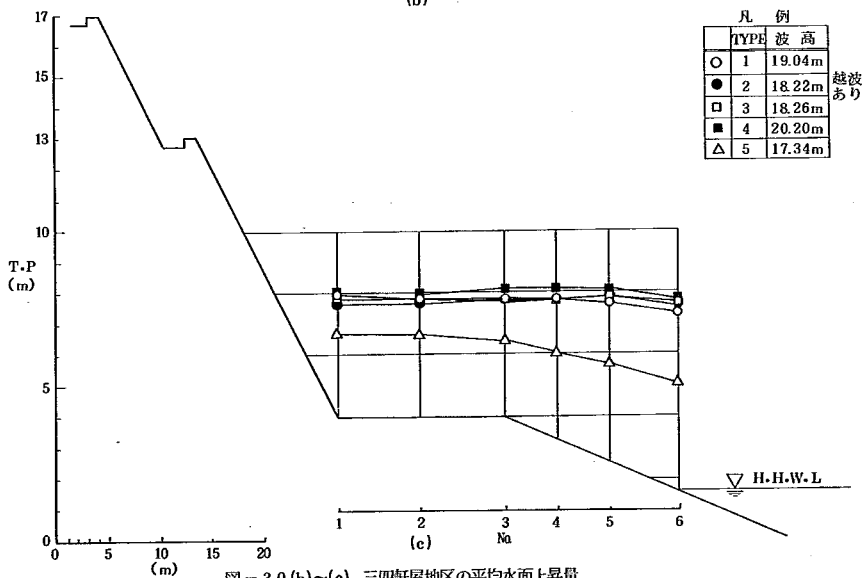
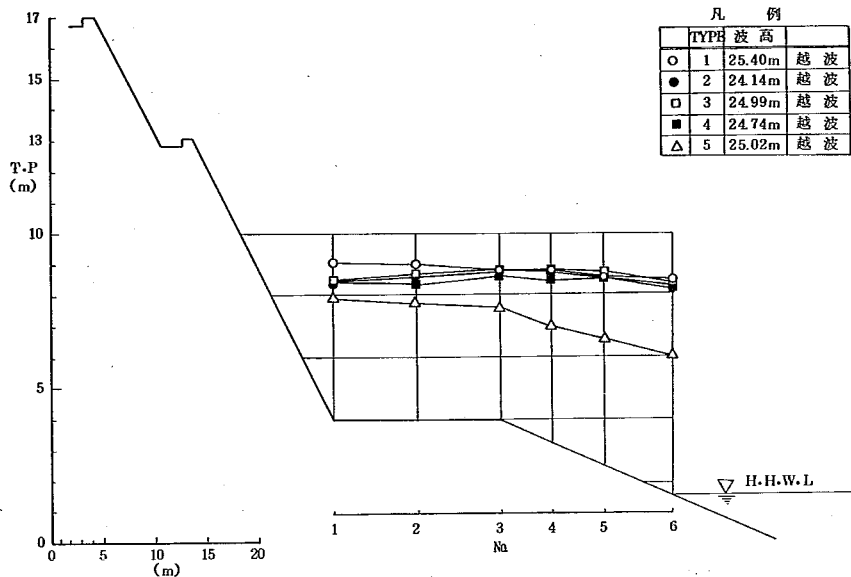
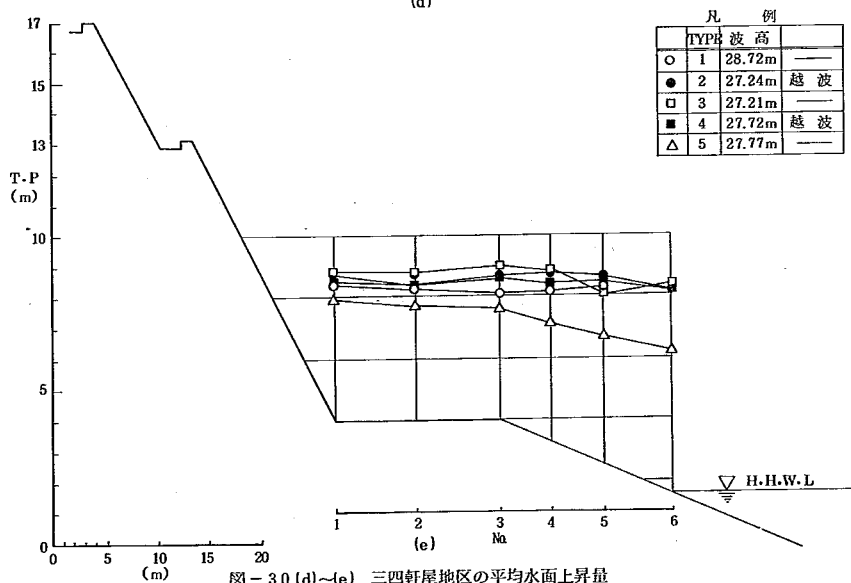


図-30 (b)~(c) 三四軒屋地区の平均水面上昇量



(d)



(e)

図-30 (d)~(e) 三四軒屋地区の平均水面上昇量

底勾配が急であり、波が海底摩擦の影響でそれ程減衰することなく汀線に到達し、また離岸堤内に入りやすいと思われる。しかし、三四軒屋地区は前浜が短かいために、平均水面は鮫島地区に比べて大きくはないが、堤防への打上高が大きくなり越波しやすい状態にあり図-25, 26 からわかるように、波高が22~27 mでも越波が発生している。

4.1.5. ブロックの安定性

富士海岸は、激浪が来襲する地区であり離岸堤を設置しても波浪に耐え得る安定性がなければならない。ブロックの安定重量は Hudson 公式や Iribarren の改良公式によってある程度の目安とはなるが、定数のとり方や勾配のとり方によってかなり変動するものである。したがって模型実験によってその安定を確かめるのが本実験の一つの目的である。

波高とブロックの被災率の関係を鮫島地区、三四軒屋地区のそれぞれの海浜モデルについて各 TYPE ごとに示したのが図-31, 32 である。使用したブロックは現地で公称 50 ton といわれるテトラポッド、六脚ブロックである。また、ここでいう被災率とは、離岸堤断面から脱落離散した個数を実験で使用した全個数で割った百分率で表わしたものであり、50 ~ 100 波を作用させたときの最終波数のときの被災率である。

実験時の状況観察では、離岸堤の被災箇所は沖側法面部分が圧倒的に多く見られ、本堤部と根固部の間に乱積み補充したブロックが脱落するというケースもまれに見られた。

鮫島地区では、テトラポッド、六脚ブロックについて実験を行なった。図-31 より TYPE : 2 が被災率が約 30 % になっているが、この時は波止めゲートを使用していないために造波停止直後の長周期波が作用したためにこの波浪によってかなり被災したためである。TYPE : 3 の H_o が 11 m で被災率 25 % に達した。TYPE : 4, 5, 6 は六脚ブロックであるが、被災個数が多いため、法先あるいは断面を変化させて行なったものであるが、被災率にかなりの変動があった。TYPE : 7 では H_o が 24~25 m で 36~38 % に達しているが、これは堤防からの反射波がちょうどブロック法先部分で衝突し、激しい水流となったためにブロックが脱落したものである。

三四軒屋地区の海浜では、 H_o が 20 m 程度まではどの TYPE も被災率は 3 % 以内にある。それ以上の波高でも TYPE : 4 が他に比べ単位幅堤体重量が小さいために、 H_o が 27 m で 25 % の被災を受けているが、TYPE : 1, 2, 3 は 10 % 以下である。

以上のことから、離岸堤のブロックの被災率は波高が増大するにしたがい大きくなる。また、離岸堤の法先水深が大きいとき、離岸堤前面の海底勾配が急なとき、重複波の腹となる地点では被災率が大きくなっている。

4.2. 移動床模型実験

前浜の狭小化は堤防背後地への越波量の増大をもたらす。海浜上に離岸堤を設置した場合に堤体下部の吸い出しや法先部の局所的な洗掘によって堤体は沈下する。堤体の沈下は、波浪減殺機

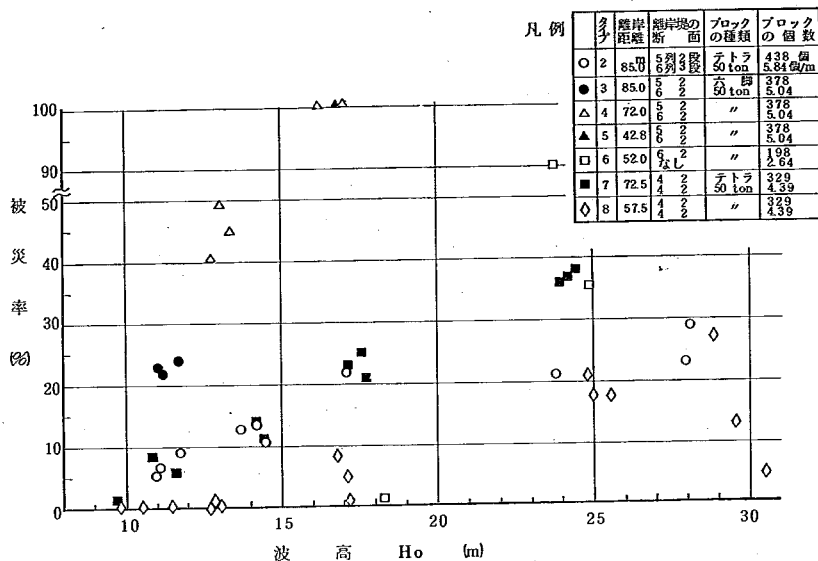


図-31 新潟地区での離岸堤ブロックの被災

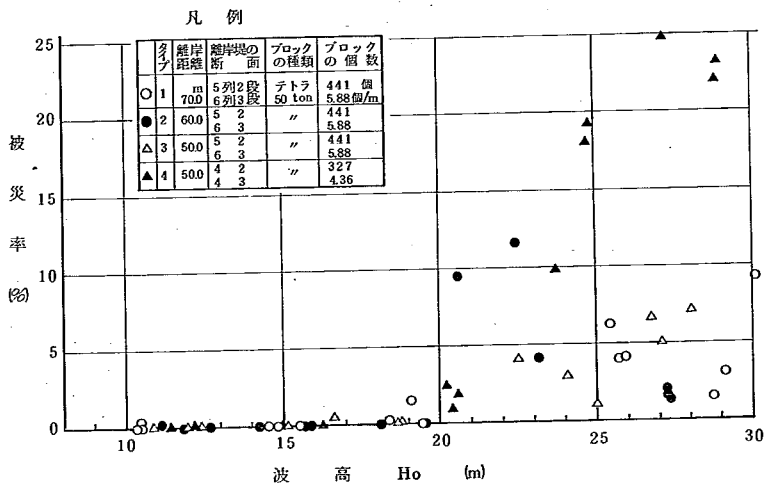


図-32 三軒屋地区での離岸堤ブロックの被災

能を弱め、経年的な前浜の欠壊を生じる原因ともなる。これらのことから、離岸堤の沈下、洗掘を模型実験で検討しようとするものである。

表-7には移動床の実験ケース一覧表を示しておいた。MODEL:Cとは三四軒屋地区の海浜断面であり、MODEL:Dは鮫島地区海浜断面である。また、図-33, 34には実験を行なったときの離岸堤断面の模式図を示した。

4.2.1 移動床模型実験の縮尺効果に対する考案

移動床模型実験での底質の選定には、現地海岸の海浜変化と実験での海浜変化が出来る限り一致するようにしなければならない。

本実験では海浜の定性的な把握に主眼をおいたものであるから、従来の二次元実験の結果と波高が海岸線にはほぼ直交すると考えられる原型実測値の結果を利用して、本実験模型と現地原型との比較を試みる。

堀川¹⁴⁾らは、汀線変化に関与すると考えられる波・底質粒径・海底勾配の3要因間についての関係で汀線が前進あるいは後退が生ずるのかマクロ的に考察している。それによれば汀線の前進後退の境界は(9)式で表わされる。

$$\frac{H_o}{L_o} = C (\tan \beta)^{-0.27} \left(\frac{d}{L_o} \right)^{0.67} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで H_o : 沖波波高, L_o : 沖波波長, $\tan \beta$: 初期勾配, d : 底質粒径, C : 定数で

$$\left. \begin{array}{l} C \geq 10 \quad \text{ならば後退} \\ 3 \leq C \leq 10 \quad \text{ならば前進あるいは後退} \\ C \leq 3 \quad \text{ならば前進} \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

という関係式を得ている。この式を参考にして、原型での実測値をもとにして作成した基準と実験値をもとに作成した基準に、富士海岸の現地と本移動床模型実験の条件をもとに作成したのが図-35, 36である。これらの結果から、現地海岸、模型実験条件とも侵食傾向にあることがわかる。したがって、模型実験の結果は現地海岸断面のパターンに似通っていることが期待出来る。なお、底質粒径として、現地の場合 $d = 5 \text{ mm}$ 、模型では $d = 0.22 \text{ mm}$ とした。また、沖波波長は現地で $H_o = 5 \text{ m}$ 、沖波周期 $T = 10 \text{ sec}$ として計算した。

表-7 移動床実験条件の組合せ

MODEL	海浜断面 (前浜長)	TYPE	波 浪 の 作用時間	離岸距離	離岸堤 断 面	ブロック の 種 類	ブロック の 個 数	離岸堤 法先水深	波 高	周 期	潮 位	備 考
C 三四軒屋 地 区	$\ell=32\text{m}$ 図 - 10 参 照	1	10 hr	——	——	——	——	——	5.0 m	10 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
		2	10 hr	50.0 m	5列2段 6列3段	テトラポット 50 ton	439 個 5.85 個/m	6.53 m	5.0 m	10 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
		3	5 hr	50.0 m	"	"	439 個 5.85 個/m	6.83 m	10.0 m	14 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 0.5, 1, 2.5, 5 hr
		4	2 hr	49.0 m	"	"	439 個 5.85 個/m	7.40 m	17.0 m	20 sec	H.H.W.L TP+0.63m	0, 10, 30, 60, 120, min
		5	10 hr	50.0 m	" (捨石なし)	"	412 個 5.49 個/m	7.03 m	5.0 m	10 sec	H.W.L.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
D 鉾島地区	$\ell=85\text{m}$ 図 - 9 参 照	1	10 hr	58.0 m	6列2段 な し	テトラポット 50 ton	249 個 3.32 個/m	離岸堤法先 T.P+1.60m	5.0 m	10 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
		2	5 hr	60.0 m	"	"	249 個 3.32 個/m	0.63 m	10.0 m	14 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 0.5, 1, 2.5, 5 hr
		3	2 hr	60.0 m	"	"	249 個 3.32 個/m	1.60 m	17.0 m	20 sec	H.H.W.L TP+0.63m	0, 10, 30, 60, 120, min
		4	10 hr	53.0 m	4列2段 4列2段	"	331 個 4.41 個/m	離岸堤法先 T.P+1.60m	5.0 m	10 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
		5	10 hr	70.0 m	5列2段 6列3段	"	422 個 5.89 個/m	5.50 m	5.0 m	10 sec	H.W.L TP+0.63m	0, 1, 2, 5, 10 hr
MEMO		図 - 33 から34 まで参照	実験値	離岸堤法尻 から堤防法先	上: 本堤部 下: 根固部	ブロックの 実験重量 400 g	上: 全個数 下: 1m当り	現地換算	実験値: 10 cm 20 cm, 34 cm	実験値: 1.41 sec, 2.00 sec 2.83 sec		海浜測定 時 間

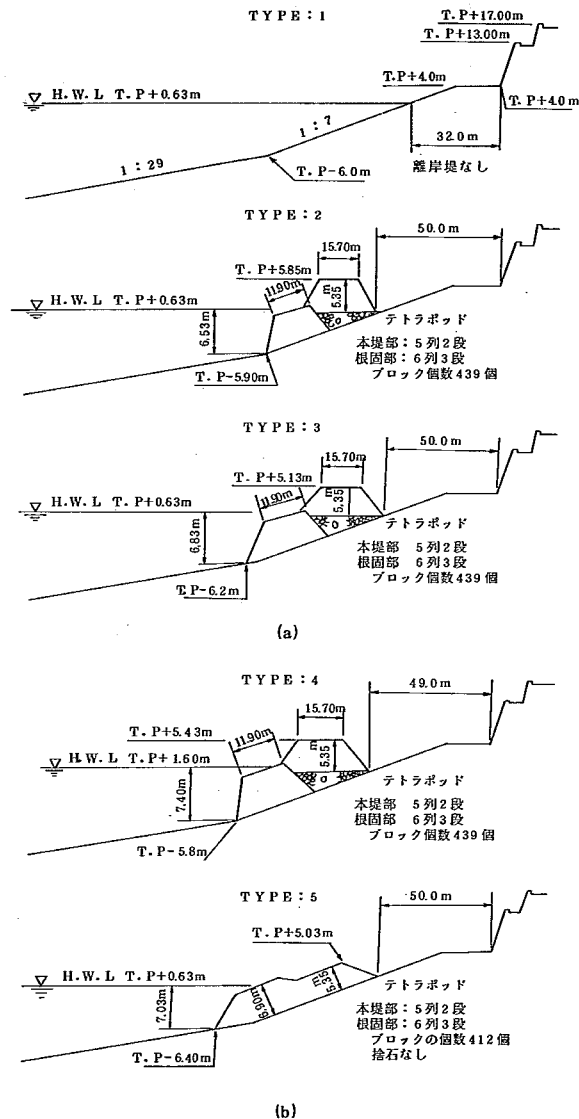
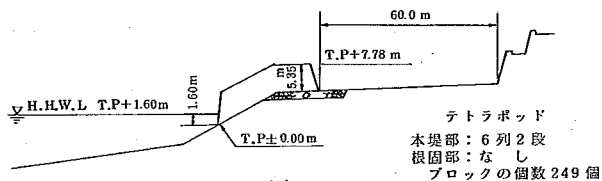
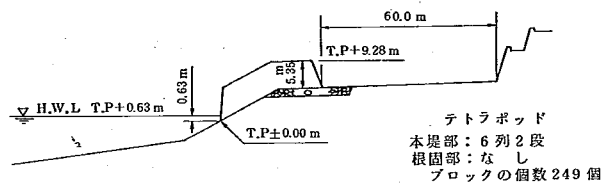
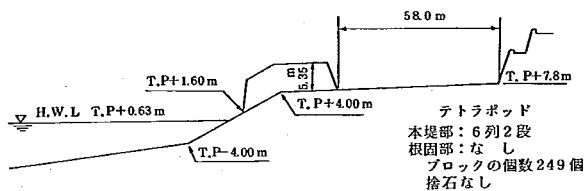
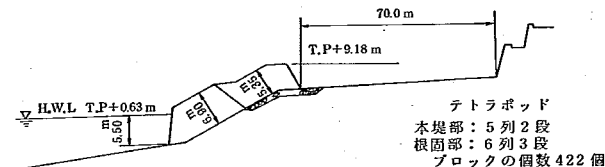
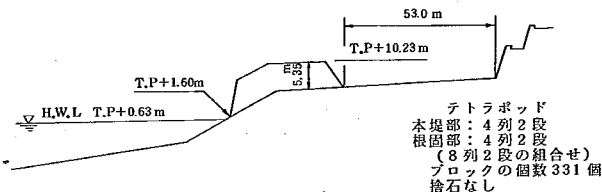


図-33 (a)~(b) 三四軒屋地区 (MODEL : C) の離岸堤模式図



(a)



(b)

図-34 (a)~(b) 鮫島地区 (MODEL:D) の離岸堤模式図

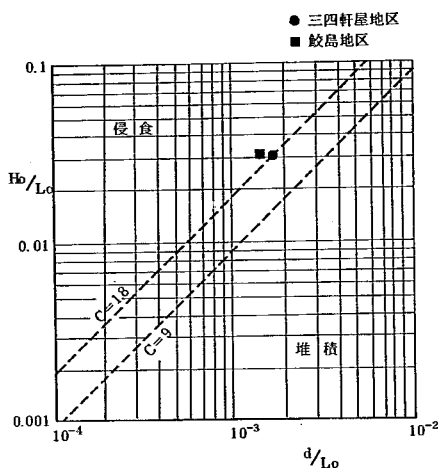


図-35 現地での観測資料

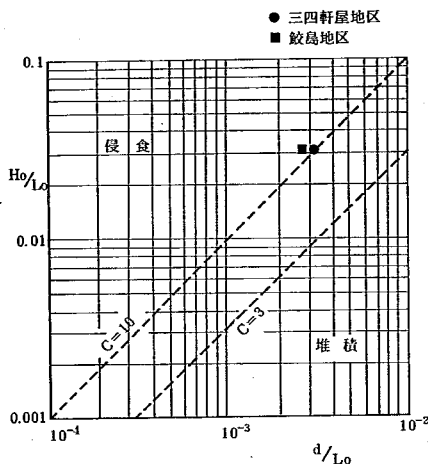


図-36 模型実験での資料

4.2.2 検討項目

移動床模型実験によって、離岸堤の沈下とその前面の洗掘を調べる場合にまず問題になるのは、沈下の機構である。海岸構造物の沈下現象を大きく分類すると、三つに分類できる。第1は地盤全体が沈下する場合で、地盤沈下や、地震による地形変化がこれにあたる。第2は構造物周辺の海底全体が、波の作用によって低下する場合であり、構造物の影響よりは、波浪条件や海底地形に大きく支配されている。第3はいわゆる沈下であって、構造物を設けたために、その周辺での水の乱れが大きくなり、構造物を支持している海底の砂が移動するために、構造物が沈下する現象である。ここで検討を行なうのは主として、構造物を設けたために生じる沈下である。

構造物の沈下およびその周囲の洗掘は構造物の形状、海底の底質、波浪条件などによって変化する。また構造物の影響のみを明らかにしようとする場合には、与えられた波浪条件に対して、海底は安定な形状をしていなければならない。しかし一般の海岸では、常に同じ波が来襲しているわけではなく、海底は変動をしている。したがって、波高が大きい場合の沈下の状況を調べようとする場合には、構造物の影響ばかりでなく、海底全体の変化もある程度考慮に入れる必要があろう。

この模型実験においても、さきに示したように $H_0 = 5\text{ m}$ 、 $T = 10\text{ sec}$ の波が来襲する場合に、海岸は安定からやや侵食の傾向を示すように底質を選定している。したがって、波浪条

件がこれよりきびしくなる場合には、当然汀線付近では侵食され、沖では堆積の傾向を示す。その量については、実物と模型の関係が明らかでないために確定したものは得られないが、定性的な傾向はつかめるものと考えられる。

模型実験によって検討を行なったのは、したがって、構造物がない場合に $H_0 = 5 \text{ m}$ 、 $T = 10 \text{ sec}$ の波を作用させると海底がどう変化するか、波浪条件を変化させた場合の構造物の沈下とその周辺の海底形状の変化、構造物の型式による沈下状況の変化などである。

4.2.3 海底地形変化

海底形状として、三四軒屋地区の代表断面をとり、これに波高 5 m 、周期 10 sec の波を作用させた場合の、海底形状の時間的変化を図-37に示す。海底は初めの2時間でかなり変化し、それ以後は大きな変化を示していない。初期形状と波を10時間作用させた後の形状を比較すると、汀線付近が侵食され、砕波点より沖側に堆積している。また海底には沿岸砂州などは表われていない。この海浜形状では、いく分侵食の傾向を示しているが、それは大きなものではなく、ほぼ安定であるといえよう。

三四軒屋地区において根固を有する離岸堤を設けて、 $H_0 = 5 \text{ m}$ 、 $T = 10 \text{ sec}$ の波を作用させた場合 (TYPE 2) の海底地形変化を図-38に示す。離岸堤およびそれより岸側の砂が沖へ移動しており、沖側では全面的に堆積をしている。離岸堤の根固部は捨石をせず、直接砂の上に置かれているためか、かなり沈下している。この波浪条件では、のり先付近が砕波点になっており、洗堀に対してはかなり悪い条件である。

波浪条件として $H_0 = 10 \text{ m}$ 、 $T = 14 \text{ sec}$ として、TYPE 2 と同じ離岸堤を設けた場合 (TYPE 3) の海底地形変化を図-39に示す。波高が増加したために、砕波点の位置は沖へ移動し、また砂は巻き上げられやすくなったために、砕波した波が落下する場所では深堀れを、その沖側では堆積を生じている。離岸堤は沈下し、その前面では洗堀の傾向を示すが、その量はあまり大きくない。

波浪条件をさらにきびしくし、 $H_0 = 17 \text{ m}$ 、 $T = 20 \text{ sec}$ として TYPE 2、3 と同じ構造の離岸堤を設けた場合 (TYPE 4) の海底地形変化を図-40に示す。波高が大きくなったために、砕波点はさらに沖へ移動し、沿岸砂州を形成している。また離岸堤前面の海底洗堀も大きくなっている。

離岸堤の構造として、捨石を設けず、規模および設置位置を TYPE 2~4 と同じとし、 $H_0 = 5 \text{ m}$ 、 $T = 10 \text{ sec}$ とした場合 (TYPE 5) の海底地形変化を図-41に示す。地形の変化状況は TYPE 2 とあまり違いはないが、離岸堤は沈下している。

これまでに述べたのは、三四軒屋地区を対象としたものであるが、鰹島地区を対象とした場合を次に述べる。鰹島地区は、堤防から汀線までの距離は長い、汀線付近の海底勾配はかなりきつくなっている。したがって、三四軒屋地区と同じ波浪条件でも、堤防付近の土砂は沖へ移動する傾向を示す。

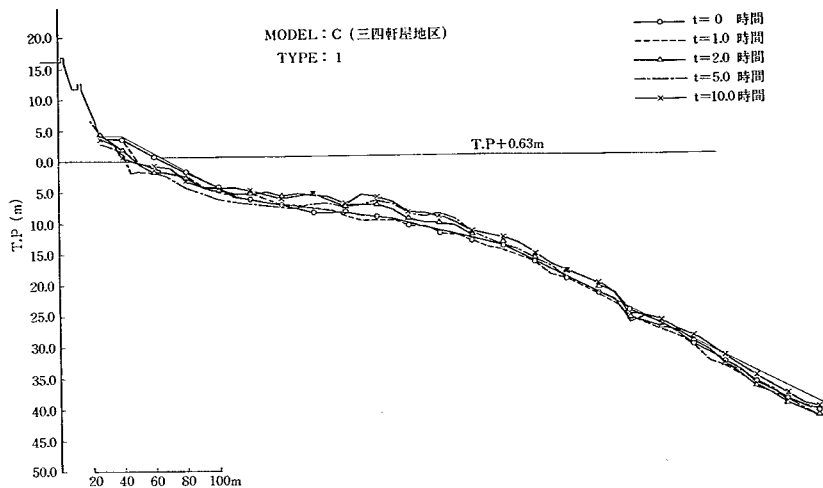


図-37 地形変化

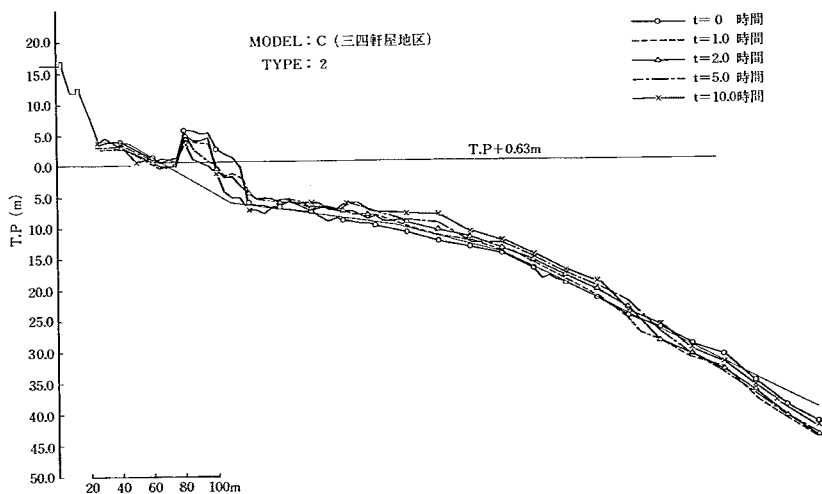


図-38 地形変化

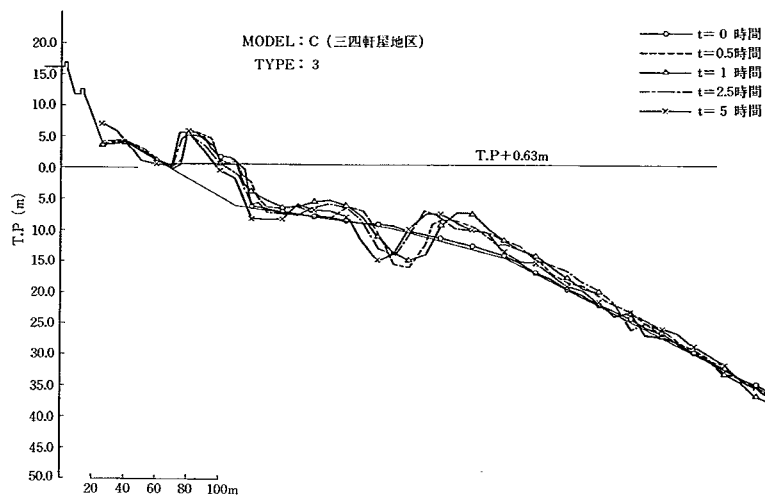


図-39 地形変化

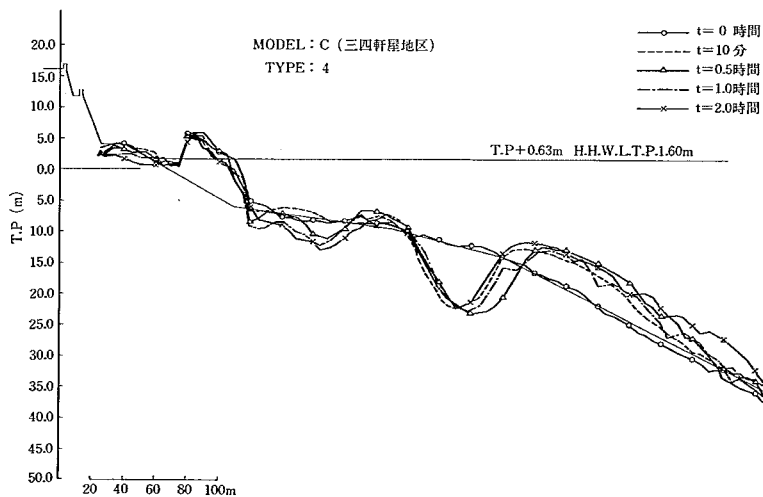


図-40 地形変化

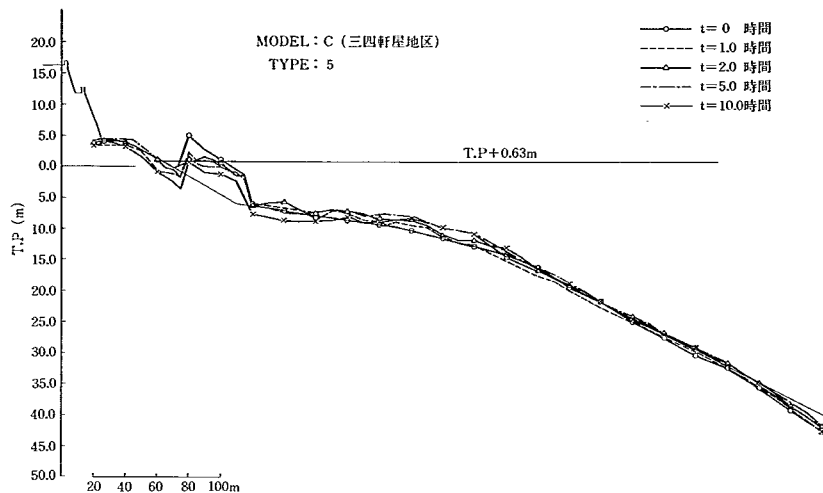


図-41 地形変化

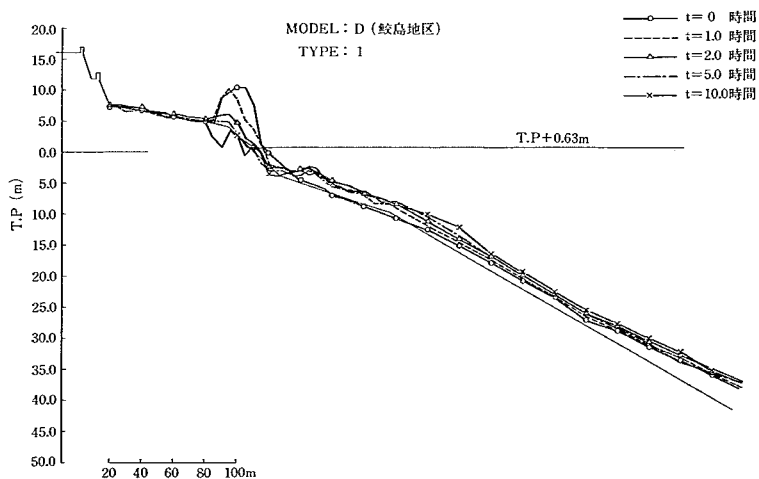


図-42 地形変化

離岸堤ののり先地盤高をT.P. +1.6 mとして、6列2段のテトラポッドを並べた場合 (TYPE 1) の地形変化を図-42に示す。なおこの場合の波浪条件は $H_o = 5$ m, $T = 10$ secであり、また潮位は+0.63 mである。砂は砕波点より沖側に堆積し、離岸堤は沈下している。沈下の状況は、まずのり先から沈下し、それが時間の経過とともに岸側に移行している。波が10時間作用した後では、離岸堤の天端は初期の海底高とほぼ同じ高さまで沈下した。

離岸堤ののり先地盤高をT.P. 0 mとし、6列2層のテトラポッドで造り、潮位T.P.+0.63 m, $H_o = 10$ m, $T = 14$ secとした場合 (TYPE 2) の海底地形変化を図-43に示す。波高が大きくなったために地形変化も大きく、離岸堤前面より40 mほど沖側に砕波した波が落下するために、その付近の海底が掘れており、その沖側で堆積を生じている。離岸堤は30分ほどで沈下し、その後はあまり移動していない。

離岸堤としてTYPE 2と同じ構造のものを使用し、潮位T.P. +1.6 m, $H_o = 17$ m, $T = 20$ secとした場合 (TYPE 3) の海底地形変化を図-44に示す。海底が来襲する波に対して安定な形状でないために、全体として砂は沖へ移動している。砕波点付近の砂が岸側から沖側へ移動するばかりでなく、汀線付近の砂も沖へ移動している。三四軒屋地区の海底形状に比較して、鮫島地区では汀線付近の海底勾配がきついたために、沖への砂の移動は大きくなっている。離岸堤は、海底地形の変化にともなって大きく沈下している。

離岸堤の長さを長くし、8列2段のブロックを用いた場合 (TYPE 4) の地形変化を図-45に示す。潮位はT.P. +0.63 m, $H_o = 5$ m, $T = 10$ secで行なった。離岸堤ののり先付近の砂が沖へ移動し、また離岸堤は沈下している。

離岸堤の、のり先地盤高をT.P. -5.5 mとした場合 (TYPE 5) の海底地形変化を図-46に示す。波浪条件はTYPE 4と同じである。海底の地形変化はTYPE 1やTYPE 4とあまり違いはないが、離岸堤は沖に設けられているにもかかわらず沈下が少ない。これは、離岸堤の本堤部下部に捨石をしたためとも考えられるが、TYPE 1や4ではのり先から洗掘及び沈下が岸側に進んでいるために、単に捨石の有無でこの違いが生じたとは考えられない。

これまでに波浪条件および離岸堤の構造を変えて、海底地形の変化を実験的に調べた。三四軒屋地区で、波高5 m, 周期10 secではほぼ安定な海底形状が得られるという条件で実験を行なったために、この条件のときには構造物による影響が明らかになった。一方、暴風時を対象とした波浪条件では、海底の砂が岸から沖へ移動し、構造物自体の影響のみならず、海底全体が変化するために構造物が沈下する現象が見られた。これは特に鮫島地区でいちじるしい。鮫島地区は、三四軒屋地区に比較して海底勾配がきついたために、沿岸方向の漂砂の供給が少ない場合には、汀線付近に侵食を生じる。

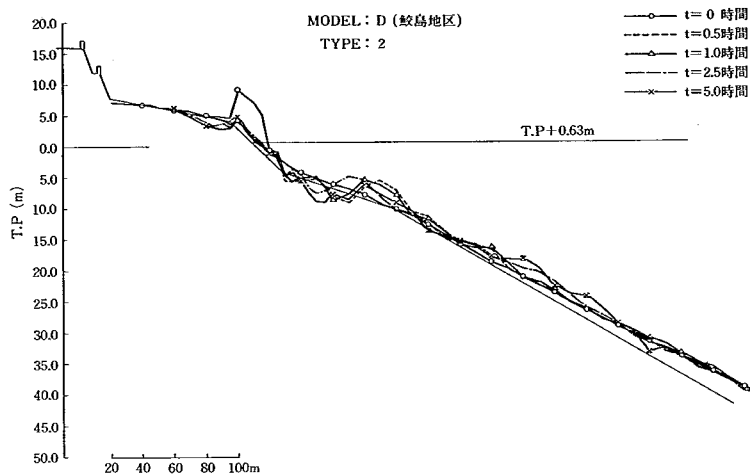


図-43 地形変化

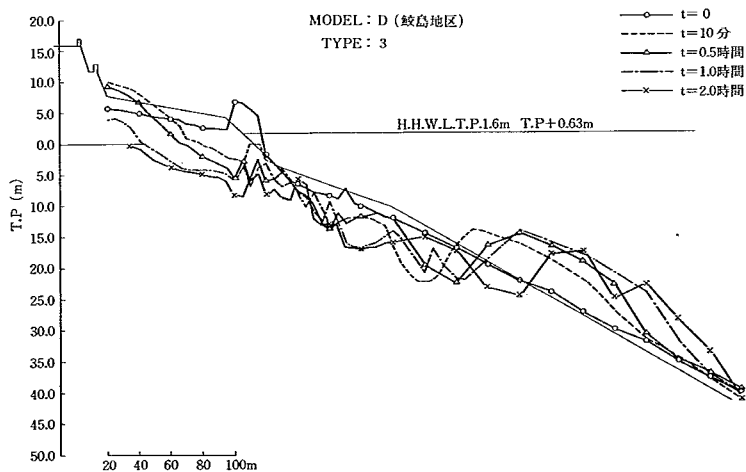


図-44 地形変化

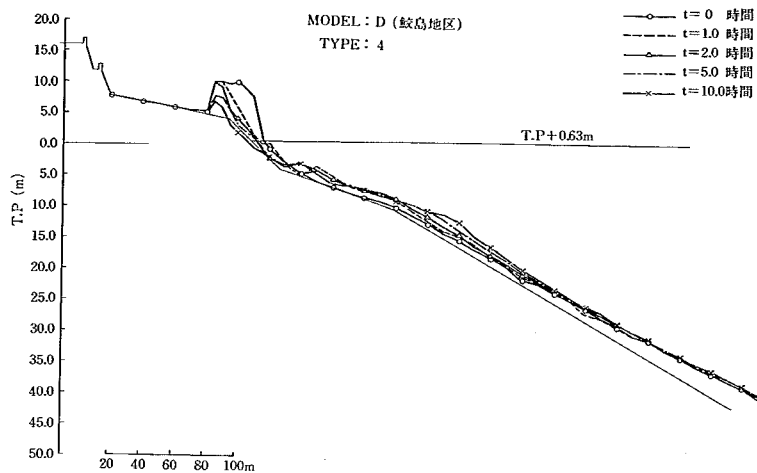


図-45 地形変化

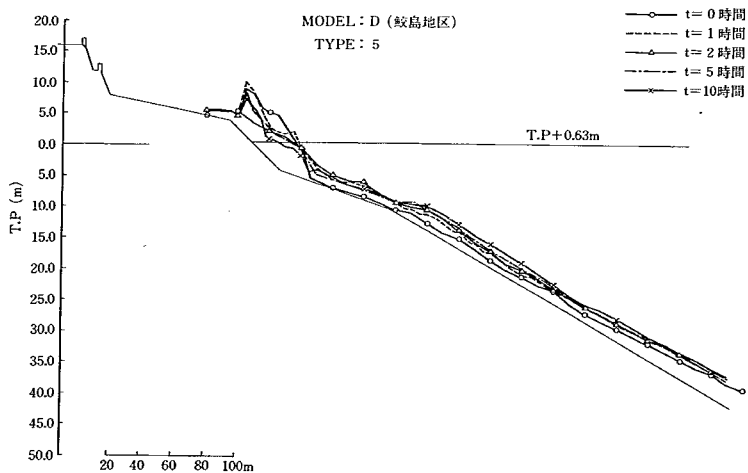


図-46 地形変化

4.2.4 離岸堤の沈下と前面の洗掘

離岸堤は沈下や前面の洗掘を生じない構造のものが望ましい。三四軒屋地区における、離岸堤本堤部の天端高の時間的変化を示したのが図-47である。天端高としては、天端中央の

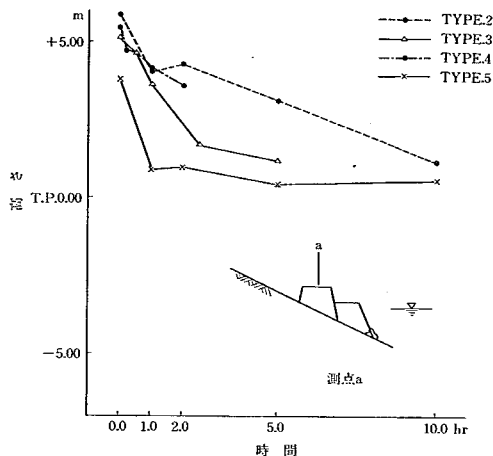


図-47 離岸堤の沈下 (三四軒屋地区)

高さで表わしてある。最終的な高さとしては、波浪条件や構造が少し変化しても、あまり大きな変化はせずT.P. 0.5~1.0 m 程度になっている。しかし、時間的変化については、本堤部に捨石のあるTYPE 2 が、捨石のないTYPE 5 に比較すると沈下の速度が遅い。

根固部の天端の沈下状況を示したものが図-48であり、またその先端のブロックの沈下状況と前面の海底地盤高の時間的変化を示したのが図-49と図-50である。

根固部の沈下は、波高が1.7 mの波浪条件が最もきびしいときに大きい。洗掘についてもほぼ同様の傾向を示すが、洗掘量は沈下量よりも小さい。捨石のあるTYPE 2はTYPE 5に比較すると根固部の沈下は大きくなっている。TYPE 2は、まず根固部の沖側が沈下し、それがしだいに本堤部に及んでおり、捨石が沈下に対して抵抗している。しかし、このために乱れも増加し、根固部の沈下は大きくなっている。TYPE 5では、全体が一時に沈下し、それ以後はあまり変化していない。

鮫島地区について、本堤部の天端の沈下状況を示したのが図-51である。この場合は波浪条件によって沈下の状況が異なり、波高が大きいほど沈下も大きくなっている。また規模の大きいTYPE 4と5では、沈下は幾分減少の傾向を示している。根固部についての沈下の状況

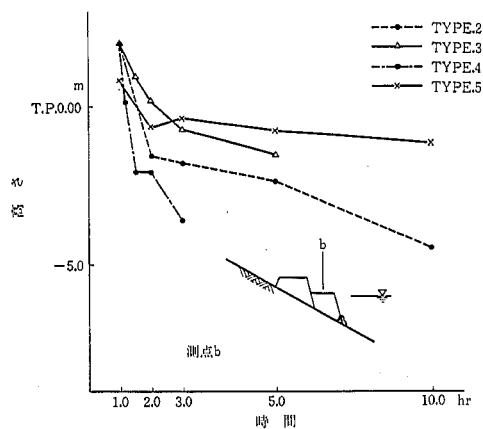


図-48 離岸堤根固部の沈下 (三四軒屋地区)

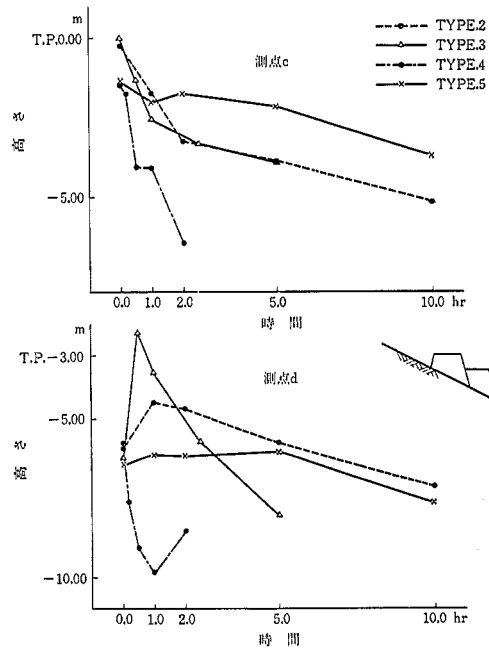


図-49 離岸堤先端部の沈下 (三四軒屋地区)

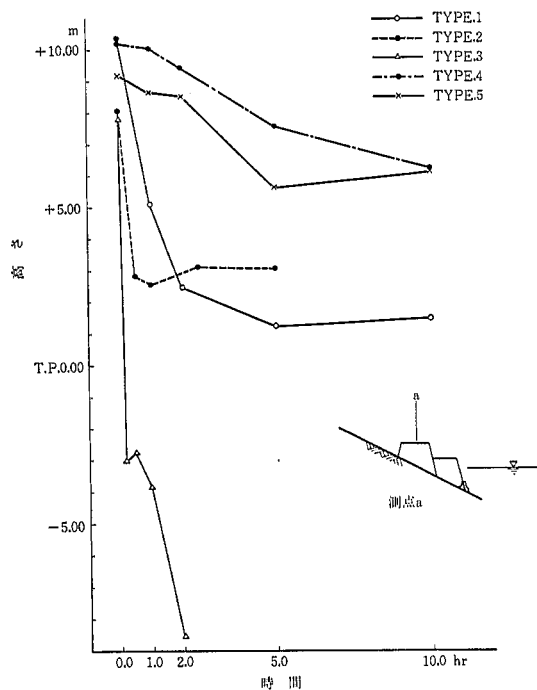


図-50 離岸堤の沈下 (鯉島地区)

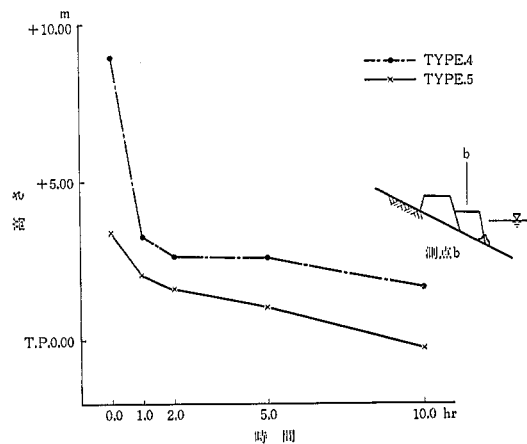


図-51 離岸堤根固部の沈下 (鯉島地区)

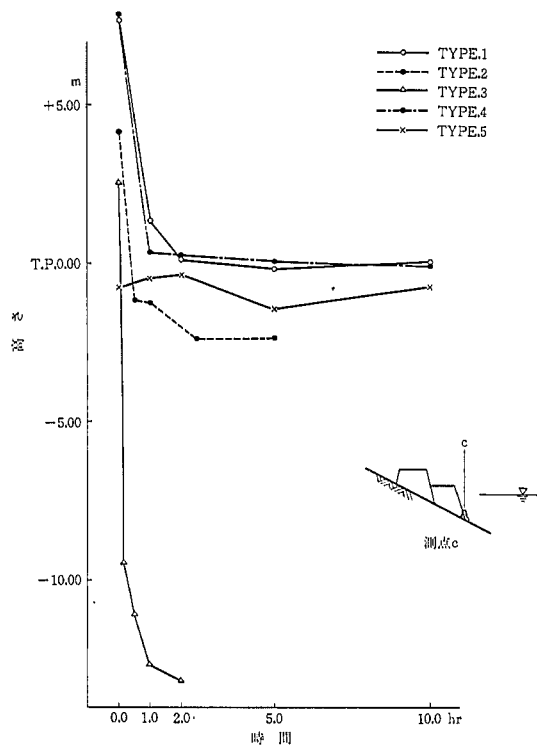


図-52 離岸堤先端部の沈下 (鯉島地区)

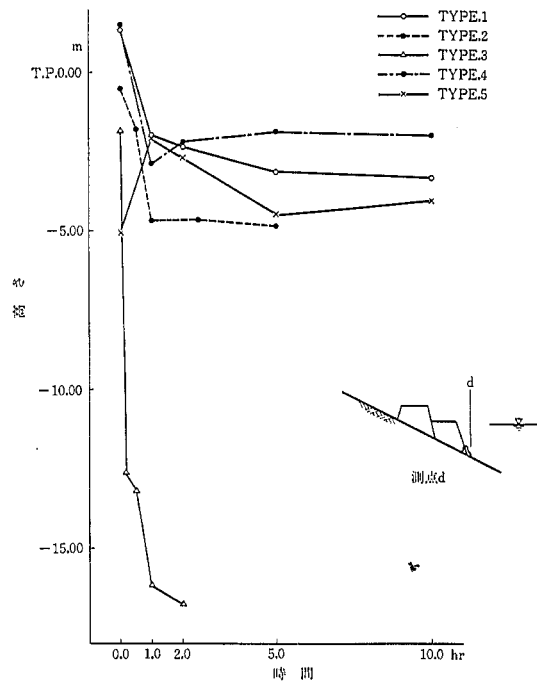


図-53 離岸堤前面の洗掘 (鯉島地区)

を図-52から図-53に示す。初めの1~2時間で急速に沈下し、それ以後はほぼ一定値をとっている。沈下は沖側から岸側に進んでいる。離岸堤ののり先水深が深いTYPE 5 については、のり先地盤高が高いTYPE 1 や 4 に比較すると前面の洗掘も根固め前面ブロックの沈下も少ない。沈下量についてはいずれの場合も同じ程度の高さまで変化している。のり先の地盤高が浅い場合には、離岸堤前面での反射波による乱れによって洗掘されるために、ある程度の深さまでは沈下することになる。

鉾田地区については、さきにも述べたように海浜形状と波浪条件の関係で侵食の傾向を示しているために、沈下には地形変化の影響も含まれていると考えられる。

ブロックの安定性については、斜面上のブロックが抜け出ることにはなかった。写真 16 から写真 21 に実験前後の状況を示すが、沈下にもなってブロックのかみ合いは悪くなり、散乱した状況になる。

これまでの検討結果をもとに、離岸堤の沈下状況をまとめると次のようになる。来襲する波に対して比較的安定な三四軒屋地区においては、本堤部に捨石を有する場合は根固部から、捨石のない場合は全体的に離岸堤が沈下する。10 時間波を作用させた後の沈下量については、本堤部では大きな違いはないが、根固部では捨石のある場合の沈下量が大きい傾向を有する。

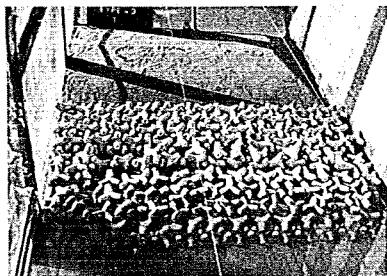
鉾田地区については、海底形状が安定でなく沖へ砂が移動するために、構造物自体の影響の他に地形変化も含まれるが、波浪条件がきびしくなるほど沈下は大きくなっている。またのり先の地盤高がT.P. 0 又は1.6 m 高い場合には、先端からの洗掘および沈下が始まる。のり先地盤高が深い場合に比較して、その沈下量はほぼ同じとなっている。

ブロックの安定については沈下にもなって全体の形状は崩れるが、抜け出すような場合はなかった。

4.3. 現地への適用

富士海岸の侵食対策および越波防止を行なうためには、離岸堤を設けるのがよいという結論が昭和50年度の「富士海岸保全対策検討会」において得られている。その際に、離岸堤の越波防止効果、離岸堤に使用されるブロックの安定性と沈下、離岸堤を連続堤にするか不連続堤にするかなどの問題点については今後検討することの必要性が指摘された。この模型実験は、上記の越波防止効果と安定性を検討するために行なったものである。

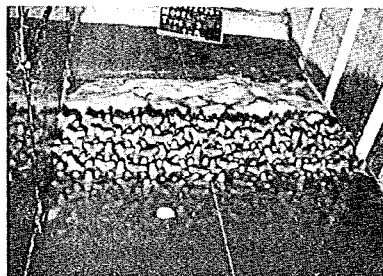
離岸堤の位置や構造などを決定する際には、侵食防止効果、越波防止効果、離岸堤に使用するブロックの安定性、沈下の防止、維持管理、施工性、工費、景観などを考慮しなければならない。この実験の結果によれば、離岸堤による越波防止効果は、あまり期待できない。これは離岸堤によって波高が減少しても、堤防と離岸堤間の平均水位が上昇するために、堤防前面での波高は減衰せずに越波量も減少しないという結果になった。したがって離岸堤に越波防止効果を期待するのは、ここで行なった規模では困難と考えられる。ブロックによる消波はできるだけ陸上で行な



実験前

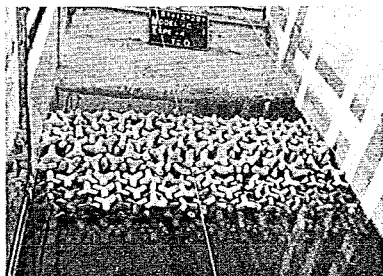
写真-16

離岸堤の散乱状況



5 時間 後

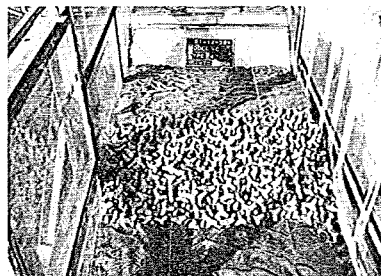
三四軒屋地区 Type 3



実験前

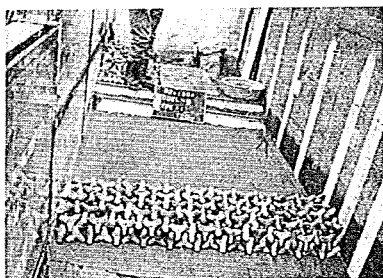
写真-17

離岸堤の散乱状況



2 時間 後

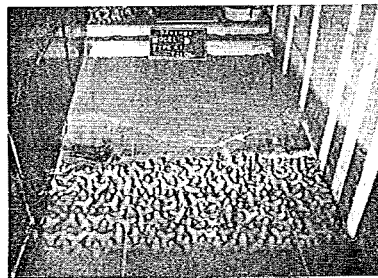
三四軒屋地区 Type 4



実験前

写真-18

離岸堤の散乱状況



10 時間 後

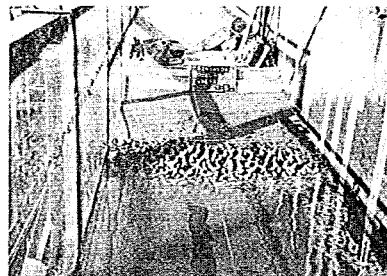
鮫島地区 Type 1



実験前

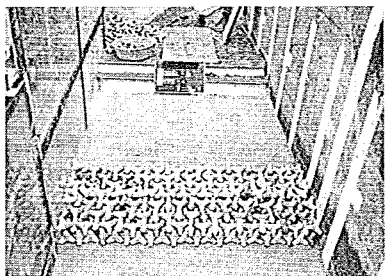
写真-19

離岸堤の散乱状況



5時間後

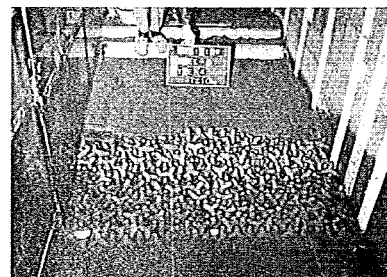
鉸島地区 Type 2



実験前

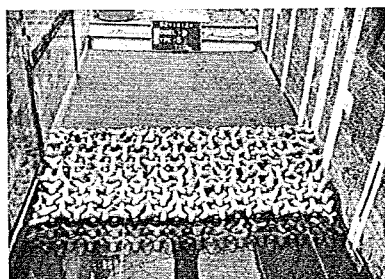
写真-20

離岸堤の散乱状況



10時間後

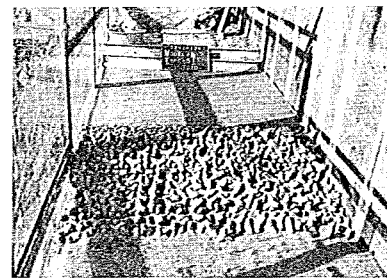
鉸島地区 Type 4



実験前

写真-21

離岸堤の散乱状況



10時間後

鉸島地区 Type 5

うのが効果が大きいと考えられ、現在でも一部施工されている六脚ブロックによる堤防前面の根固工によって消波することもできよう。この点については、さらに実験的に検討する必要があるだろう。

離岸堤背後の水位上昇を減少させる方法としては、離岸堤を不連続にすることで可能となる。離岸堤背後に砂を堆積させる場合も、また沿岸漂砂量を減少させる場合も不連続の離岸堤が望ましい。したがって、この点についても実験によって検討するのが望ましい。

離岸堤に使用するブロックの重量については、海底勾配のきつい鮫島地区が三四軒屋地区よりも重いものを必要とするという結果が得られているが、移動床による実験では散乱することがなかったために、ある程度沈下すれば安定になると考えられる。

あ と が き

本実験を行なうにあたり、現地資料の提供を受けた沼津工事々務所の方々に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 富士・吉原海岸模型実験報告書 昭和42年3月 土木研究所資料第266号 建設省土木研究所 富永正照・橋本宏・中村隆
- 2) 吉原海岸模型実験報告書 昭和43年3月 土木研究所資料第369号 建設省土木研究所 富永正照・橋本宏・中村隆
- 3) 田子の浦海岸侵食対策調査報告書 昭和47年3月 静岡県
- 4) 富士海岸模型実験報告書 昭和51年3月 土木研究所資料第1126号 建設省土木研究所鹿島試験所 橋本宏・馬場亨・林敏夫
- 5) 富士海岸保全対策調査報告書 昭和51年3月 建設省中部地方建設局沼津工事事務所 社団法人 全国海岸協会
- 6) 富士・沼津間の海岸堤防の高さについて 昭和37年9月 建設省土木研究所海岸研究室
- 7) 由比海岸に於ける波浪の計算 昭和37年2月 日本建設コンサルタント

- 8) 越波による被災限界の越波流量 昭和45年 港湾構造物設計基準 日本港湾協会
- 9) 海岸保全施設築造上の技術的留意について 昭和49年 日本港湾協会 港湾行政(技術)研究会資料 永井康平
- 10) On the effect of the armour block facing on the quantity of wave overtopping. 1968 Proc of 11th Conf on Coastal Eng. N. Shiraishi, A. Numata and T. Endou
- 11) 庄内海岸波浪調査報告書 昭和40年8月 建設工学研究振興会 岩崎敏夫・三浦晃
- 12) 防波護岸の越波に関する現地観測(第2報) 1973年 第20回海岸工学講演会論文集 土木学会 福田伸男・宇野俊泰・入江功
- 13) 別大国道消波護岸の水理的特性 昭和50年6月 土木技術資料 Vol. 17 No 6 土木研究会 橋本宏・川村公一
- 14) 波による二次元汀線変化に関する一考案 昭和50年11月 第22回海岸工学講演会論文集 土木学会 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田滋

実 験 数 値 表

MODEL: A TYPE: 1

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
H	cm	14.18	14.42	14.42	21.60	23.20	22.16	31.32	30.16	31.42	42.16	41.32	40.34	45.46	46.54	48.16	上段実験値
	m	7.09	7.21	7.21	10.80	11.60	11.08	15.16	15.08	15.71	21.08	20.66	20.17	22.73	23.27	24.08	下段: 現地値
Ho	m	7.75	7.87	7.88	11.81	12.69	12.11	16.58	16.49	17.18	23.06	22.60	22.04	24.86	25.46	26.34	現地値
T	sec	2.87	2.90	2.85	2.84	2.83	2.85	2.84	2.84	2.84	2.82	2.81	2.86	2.83	2.79	2.82	実験値
To	sec	20.30	20.51	20.16	20.09	20.02	20.16	20.09	20.09	20.09	19.95	19.88	20.23	20.02	19.73	19.95	現地値
L	m	10.21	10.36	10.11	10.06	10.01	10.11	10.06	10.06	10.06	9.97	9.92	10.16	10.01	9.83	9.97	実験値
Lo	m	642.86	656.23	634.02	629.63	625.25	634.02	629.63	629.63	629.63	620.88	616.53	638.43	625.25	607.27	620.88	現地値
Ho / Lo		0.012	0.012	0.011	0.019	0.020	0.019	0.026	0.026	0.027	0.037	0.037	0.035	0.040	0.042	0.042	
d / Lo		0.137	0.134	0.139	0.140	0.141	0.139	0.140	0.140	0.140	0.142	0.143	0.138	0.141	0.145	0.142	
d / Ho		11.35	11.18	11.17	7.45	6.93	7.27	5.31	5.34	5.12	3.82	3.89	3.99	3.54	3.46	3.34	
Q ₁	cm ³										6.08×10 ⁻²	7.36×10 ⁻²	5.60×10 ⁻²				
Q ₂	m ³ /m・波										1.621×10 ⁻⁴	1.962×10 ⁻⁴	1.493×10 ⁻⁴				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.579×10 ⁻⁴	0.698×10 ⁻⁴	0.522×10 ⁻⁴				
99Q ₄	m ³ /m・sec										204.7×10 ⁻⁴	246.7×10 ⁻⁴	184.5×10 ⁻⁴				
2πQ ₂ /Ho・Lo											1.778×10 ⁻⁴	2.211×10 ⁻⁴	1.666×10 ⁻⁴				
Hmax	cm																
Hmin	cm																
Ri																	反射率
Sh ₁	set-up T・P m	0.35 8.10	0.30 8.05	0.25 8.05	0.80 8.60	0.80 8.60	0.80 8.60	2.10 9.90	2.20 10.00	1.90 9.70	2.40 10.20	2.55 10.35	2.50 10.30	1.90 9.70	1.75 9.55	1.70 9.50	
	set-up T・P m	0.55 7.64	0.70 7.79	0.50 7.59	1.15 8.24	1.15 8.24	1.05 8.14	2.40 9.54	2.45 9.54	2.30 9.39	2.75 9.84	2.85 9.94	2.80 9.94	2.25 9.34	2.00 9.09	1.90 9.04	
Sh ₃	set-up T・P m	0.90 7.17	1.00 7.27	0.80 7.07	1.60 7.87	1.55 7.82	1.50 7.77	3.00 9.27	3.00 9.27	2.80 9.07	3.25 9.52	3.30 9.57	3.25 9.52	2.75 9.02	2.50 8.77	2.45 8.72	
	set-up T・P m	1.30 6.89	1.30 6.89	1.20 6.79	2.05 7.64	2.00 7.64	2.00 7.64	3.50 9.09	3.50 9.14	3.40 8.39	3.70 9.29	3.90 9.54	3.75 9.39	3.00 8.64	2.85 8.49	2.95 8.54	
Sh ₅	set-up T・P m	1.65 6.50	1.75 6.66	2.50 7.46	2.15 7.11	2.25 7.21	2.35 7.26	3.65 8.61	3.65 8.61	3.55 8.51	3.95 8.91	4.05 9.01	4.10 9.01	3.45 8.36	3.25 8.16	3.20 8.11	
	set-up T・P m	1.85 6.06	1.90 6.11	1.55 5.76	2.55 6.76	2.50 6.71	2.50 6.71	4.05 8.26	4.25 8.46	4.10 8.31	4.20 8.41	4.45 8.66	4.35 8.56	3.40 7.61	3.25 7.46	3.35 7.56	

MODEL: A TYPE: 1

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	7.09	7.21	7.21	10.80	11.60	11.08	15.16	15.08	15.71	21.08	20.66	20.17	22.73	23.27	24.08	
Ho m	7.75	7.87	7.88	11.81	12.69	12.11	16.68	16.49	17.18	23.05	22.60	22.04	24.86	25.46	26.34	現 地 値
T sec	2.87	2.90	2.85	2.84	2.83	2.85	2.84	2.84	2.84	2.82	2.81	2.86	2.83	2.79	2.82	
To sec	20.30	20.51	20.16	20.09	20.02	20.16	20.09	20.09	20.09	19.95	19.88	20.23	20.02	19.73	19.95	現 地 値
L m	10.21	10.36	10.11	10.06	10.01	10.11	10.06	10.06	10.06	9.97	9.92	10.16	10.01	9.83	9.97	
Lo m	642.86	656.23	634.02	629.63	625.25	634.02	629.63	629.63	629.63	620.88	616.53	638.43	625.25	607.27	620.88	現 地 値
Ho / Lo	0.012	0.012	0.011	0.019	0.020	0.019	0.026	0.026	0.027	0.037	0.037	0.035	0.040	0.042	0.042	
打ち上げ高さ (m)	6 波	9.5	8.4	—	8.6	11.1	13.0'	17.0'	17.0'	17.0'	17.0'	—	—	17.0'	14.1	13.0'
	7 波	—	9.2	11.1	13.0'	14.3	11.1	12.4	12.0	13.8	12.0	8.9	11.1	9.7	10.6	11.1
	8 波	8.6	8.1	—	13.0'	10.6	14.1	12.4	13.0	12.7	17.0'	—	14.3	13.0'	13.0'	13.0'
	9 波	8.9	8.4	10.0	9.5	13.0'	10.6	13.8	13.5	13.0'	11.4	12.0	14.3	10.9	12.4	"
	10 波	9.2	10.3	—	12.0	10.3	12.4	14.3	13.5	13.0	—	13.0'	11.7	13.0'	13.0'	"
	11 波	9.2	8.9	9.7	13.0'	12.0	9.5	13.0'	13.0'	13.0'	—	12.4	12.7	"	13.0'	12.4
	12 波	8.1	8.9	8.9	10.6	11.1	12.0	11.7	"	11.7	13.5	—	12.4	12.4	12.4	12.0
	13 波	8.6	8.6	8.1	13.0'	11.7	10.9	13.0'	"	13.0'	13.8	14.3	13.2	13.0'	13.0'	11.7
	14 波	8.9	8.1	8.1	13.0'	11.4	12.0	13.0'	12.4	13.5	13.0	17.0'シ	17.0'	"	12.4	13.0'
	15 波	9.5	9.5	8.9	12.0	12.0	10.6	13.8	13.5	14.1	14.3	"	—	12.0	13.0'	"
	16 波	9.5	8.9	9.5	11.1	9.5	13.0'	13.2	14.3	17.0'	17.0'	13.0'	12.4	10.6	11.1	12.4
	17 波	—	10.9	9.7	10.6	13.0'	"	11.7	13.0'	12.0	—	—	—	12.4	14.1	12.4
	18 波	10.9	—	9.5	10.9	9.2	"	14.3	14.1	13.8	—	17.0'	—	13.8	12.0	17.0'
	19 波	—	11.7	8.1	12.2	8.1	"	11.4	13.0	12.0	11.7	—	13.5	13.0	13.5	13.0'
	20 波	9.7	—	8.6	11.7	10.9	10.9	13.8	17.0'	14.1	—	9.5	10.6	—	12.7	13.0'
	波数 (個数)															"
	波 災 率															
	波数 (個数)															
	波 災 率															
	堤防法面 よりの距離 m															現 地
	波 水 深 m															"
	砕波後波高 m	11.40	10.90	11.40	12.85	11.05	12.25	8.75	10.40	10.75	6.80	11.20	10.20	10.75	10.85	10.65

注: 'はその値より高くうちあげたことを示す。
シはその値を示す。

MODEL: A TYPE: 2

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN		①			②			③			④			⑤			MEMO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	20.12	20.34	21.54	26.46	25.92	26.02	31.24	31.84	34.22	43.20	42.14	43.06	43.48	51.08	51.28	上段実験値
	m	10.06	10.17	10.77	13.23	12.96	12.51	15.62	15.92	17.11	21.60	21.07	21.53	21.74	25.54	25.64	下段・現地値
Ho	m	10.99	11.11	11.78	14.47	14.17	13.67	17.08	17.40	18.72	23.62	23.05	23.54	23.77	27.95	28.07	現地値
T	sec	2.89	2.90	2.84	2.83	2.85	2.86	2.83	2.85	2.82	2.83	2.82	2.84	2.84	2.78	2.75	実験値
To	sec	20.44	20.51	20.08	20.01	20.15	20.22	20.01	20.15	19.94	20.01	19.94	20.08	20.08	19.66	19.45	現地値
L	m	10.30	10.36	10.06	10.01	10.11	10.16	10.01	10.11	9.97	10.01	9.97	10.06	10.06	9.78	9.64	実験値
Lo	m	651.76	656.23	629.00	624.62	633.40	637.80	624.62	633.40	620.26	624.62	620.26	629.00	629.00	602.96	590.15	現地値
Ho/Lo		0.017	0.017	0.018	0.023	0.022	0.021	0.027	0.027	0.030	0.038	0.037	0.034	0.038	0.046	0.048	
d/Lo		0.135	0.134	0.140	0.141	0.139	0.138	0.141	0.139	0.142	0.141	0.142	0.140	0.140	0.146	0.149	
d/Ho		8.01	7.92	7.47	6.08	6.21	6.44	5.15	5.06	4.70	3.73	3.82	3.74	3.70	3.15	3.14	
Q ₁	cm ³										2.43×10 ³	1.96×10 ³	2.09×10 ³	2.56×10 ³			
Q ₂	m ³ /m・sec										0.648×10 ⁻³	0.523×10 ⁻³	0.557×10 ⁻³	0.683×10 ⁻³			
Q ₃	m ³ /m・sec										0.229×10 ⁻³	0.186×10 ⁻³	0.196×10 ⁻³	0.240×10 ⁻³			
20Q ₄	m ³ /m・sec										80.1×10 ⁻³	65.8×10 ⁻³	69.3×10 ⁻³	84.8×10 ⁻³			
2πQ ₁ /HoLo											0.690×10 ⁻³	0.574×10 ⁻³	0.591×10 ⁻³	0.717×10 ⁻³			
Hmax	cm	28.70	26.30	27.40	28.30	34.10	35.80	49.30	39.40	47.70	56.00	60.00	52.20				
Hmin	cm	17.40	16.90	16.40	19.40	24.20	24.50	25.10	28.60	31.50	49.90	34.00	48.70				
Rt		0.25	0.22	0.25	0.19	0.17	0.19	0.33	0.16	0.20	0.06	0.28	0.03				
Sh ₁	set-up m	0.70	0.53	0.38	2.00	1.90	2.00	2.38	2.30	3.15	4.00	3.95	4.00	4.20	2.30	2.10	
	T・P m	8.35	8.28	8.13	9.75	9.65	9.75	10.18	10.10	10.75	11.65	11.50	11.55	11.75	9.85	9.85	
Sh ₂	set-up m	0.95	0.75	0.85	2.30	2.40	2.55	2.80	2.65	3.45	3.70	3.80	3.85	3.90	2.85	2.45	
	T・P m	7.94	7.74	7.89	9.34	9.49	9.59	9.84	9.74	10.29	10.64	10.74	10.79	10.79	9.74	9.59	
Sh ₃	set-up m	1.50	1.43	1.48				3.45	3.45	3.70	4.60	4.50	4.60	4.65	3.20	3.05	
	T・P m	7.72	7.70	7.75				9.67	9.72	9.82	10.72	10.67	10.72	10.92	9.47	9.37	
Sh ₄	set-up m	2.40	2.13	2.43	3.90	4.00	4.20	4.05	3.95	4.20	5.05	5.15	4.95	5.15	3.90	3.95	
	T・P m	7.89	7.72	8.02	8.49	9.59	9.79	9.59	9.54	9.79	10.64	10.64	10.44	10.64	9.44	9.54	
Sh ₅	set-up m	3.13	3.45	3.40	4.80	4.70	4.75	5.00	4.80	5.20	5.45	5.55	5.70	5.80	4.55	4.60	
	T・P m	7.94	8.31	8.31	9.71	9.61	9.66	9.91	9.71	10.11	10.41	10.51	10.61	10.76	9.51	9.56	
Sh ₆	set-up m	3.88	3.88	3.86	5.03	5.25	5.45	5.75	5.55	5.95	6.20	6.20	5.95	6.35	5.15	5.30	
	T・P m	8.04	8.09	8.19	9.34	9.61	9.71	9.91	9.76	10.26	10.51	10.51	10.26	10.71	9.51	9.61	

MODEL: A TYPE: 2

RUN		①			②			③			④			⑤			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	m	10.06	10.17	10.77	13.23	12.96	12.51	15.62	15.92	17.11	21.60	21.07	21.53	21.74	25.54	25.64	
Ho	m	10.99	11.11	11.78	14.47	14.17	13.67	17.08	17.40	18.72	23.62	23.05	23.54	23.77	27.95	28.07	
T	sec	2.89	2.90	2.84	2.83	2.85	2.86	2.83	2.85	2.82	2.83	2.82	2.84	2.84	2.78	2.75	
To	sec	20.44	20.51	20.08	20.01	20.15	20.22	20.01	20.15	19.94	20.01	19.94	20.08	20.08	19.66	19.45	
L	m	10.30	10.36	10.06	10.01	10.11	10.16	10.01	10.11	9.97	10.01	9.97	10.06	10.06	9.78	9.64	
Lo	m	651.76	656.23	629.00	624.62	633.40	637.80	624.62	633.40	620.26	624.62	620.26	629.00	629.00	602.96	590.15	
Ho/Lo		0.017	0.017	0.019	0.023	0.022	0.021	0.027	0.027	0.039	0.038	0.037	0.034	0.038	0.046	0.048	
打ち上り高さ	6 波	10.9	11.1	8.6	12.0	11.4	11.4	13.2	14.3	13.0'	-	-	-	-	13.2	12.4	
	7 波	10.0	10.3	10.6	13.0'	11.4	13.0'	13.0	13.0'	12.4	-	-	-	-	13.0'	13.0'	
	8 波	10.9	10.3	8.4	12.0	13.0'	"	13.0'	12.4	13.0	-	-	-	-	"	"	
	9 波	9.5	9.2	10.9	13.0'	"	"	12.4	8.4	14.3	-	-	-	13.2	12.4	"	
	10 波	11.7	11.1	8.6	11.1	"	"	12.4	10.0	13.2	17.0'	14.3	17.0'	-	"	"	
	11 波	10.6	10.0	9.2	13.0'	"	"	13.0	12.4	17.0'	-	-	-	-	"	12.4	
	12 波	10.6	9.7	10.3	11.1	"	12.0	12.4	13.0'	14.3	-	-	-	17.0'	"	"	
	13 波	9.7	9.7	10.9	10.6	12.4	13.0'	"	"	14.1	17.0'	-	-	-	"	"	
	14 波	10.6	10.3	10.0	10.6	13.0'	"	"	12.4	13.0	17.0'シ	17.0'シ	17.0'シ	17.0'	12.0	13.0'	
	15 波	10.9	11.1	10.3	12.0	"	"	"	13.0	13.0	"	"	17.0'	17.0'	13.0'	"	
	16 波	9.7	9.5	8.4	13.0'	"	"	13.5	12.4	12.4	17.0'	17.0'	17.0'	-	12.4	12.7	
	17 波	11.7	10.3	8.6	11.7	"	12.4	13.0	13.0	12.4	-	-	-	-	13.8	17.0'	
	18 波	11.7	9.7	9.2	13.0'	12.4	11.4	12.4	12.4	17.0'	14.1	17.0'シ	17.0'シ	13.8	17.0'	12.4	
	19 波	9.5	10.9	8.6	10.0	13.0'	12.4	11.7	10.9	12.4	14.1	"	17.0'シ	17.0'	12.4	13.0'	
	20 波	8.4	9.5	9.2	9.7	11.7	"	12.0	11.7	11.7	17.0'	17.0'	17.0'	-	13.0	13.2	
波数(個数)		15 (4)	15 (8)	15 (6)	15(15-20)	15(15-20)	15(15-20)	15(20近<)	15(25-30)	15(25-30)	15(25-30)	15(25-30)	15(25-30)	15(25-30)	15(35-40)	15(40近<)	15(40近<)
波 災 率		0.9	1.8	1.4	4.6	4.6	4.6	4.6	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	9.1	9.1	9.1	
波数(個数)		100 (23)	85 (29)	90 (40)	87 (46)	90 (58)	92 (56)	80 (96)						62 (92)	67 (100)	69 (127)	
波 災 率		5.3	6.6	9.1	10.5	13.2	12.8	21.9						21.0	22.8	29.00	
堤防法よりの高さm		206.25			215.75					228.00	767.50				865.00		現 地
波 水 深 m		15.70			17.20					19.00	42.50				42.50		"
波 後 波 高 m																	"

MODEL: A TYPE: 3

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	20.18	20.52	21.34												上段: 実地値
	m	10.09	10.26	10.67												下段: 現地値
Ho	m	11.04	11.21	11.66												現地値
T	sec	2.81	2.87	2.85												実地値
Te	sec	19.88	20.30	20.16												現地値
L	m	9.92	10.21	10.11												実地値
Lo	m	616.53	642.86	634.02												現地値
Ho / Lo		0.018	0.017	0.018												
d / Lo		0.143	0.137	0.139												
d / Ho		7.97	7.85	7.55												
Q ₁	cm ³															
Q ₂	m ³ /m・波															
Q ₃	m ³ /m・sec															
Q ₄	m ³ /m・sec															
2πQ ₂ /HoLo																
Hmax	cm															
Hmin	cm															
R ₁																
Sh ₁	set-up m	0.25	0.50	0.25												
	T・P m	8.05	8.35	8.10												
Sh ₂	set-up m	0.30	1.10	1.15												
	T・P m	7.34	8.19	8.24												
Sh ₃	set-up m	0.75	1.75	1.75												
	T・P m	6.92	7.92	8.89												
Sh ₄	set-up m	1.50	2.50	2.60												
	T・P m	6.94	8.09	8.14												
Sh ₅	set-up m	2.35	3.35	3.35												
	T・P m	7.21	8.26	8.26												
Sh ₆	set-up m	3.00	3.95	3.95												
	T・P m	7.21	8.16	8.16												

MODEL: A TYPE: 3

RUN		①			②			③			④			⑤			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	m	10.09	10.26	10.67													
Ho	m	11.04	11.21	11.66													
T	sec	2.81	2.87	2.85													
To	sec	19.88	20.30	20.16													
L	m	9.92	10.21	10.11													
Lo	m	616.53	642.86	634.02													
Ho / Lo		0.018	0.017	0.018													
打ち上げ高さ	6 波	9.2	11.1	10.6													
	7 波	8.1	8.4	8.4													
	8 波	10.0	11.4	10.9													
	9 波	8.1	11.4	8.1													
	10 波	9.7	11.1	10.9													
	11 波	10.0	10.3	8.9													
	12 波	8.4	9.2	9.2													
	13 波	9.5	9.2	9.7													
	14 波	9.5	9.5	10.0													
	15 波	9.7	9.5	8.9													
	16 波	8.9	9.7	10.6													
	17 波	10.6	10.0	9.7													
	18 波	10.3	10.9	9.7													
	19 波	9.5	10.0	9.5													
	20 波	9.5	8.9	9.2													
	波数 (個数)	15 (40 近く)	15 (30 近く)	15 (40 近く)													
	波 災 率	10.6	7.9	10.6													
	波数 (個数)	80 (86)	73 (82)	92 (91)													
	波 災 率	22.8	21.7	24.1													
砕波助成定 よりの水深 m		176.00															現 地
砕 水 深 m		11.50															"
砕波後水深 m		23.85	11.25	12.80													"

MODEL: A TYPE: 4

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H cm				24.52	23.36	23.98	31.28	29.60								上段: 実験値
m				12.26	11.68	11.99	15.64	14.80								下段: 現地値
Ho m				13.41	12.78	13.11	17.10	16.19								現地値
T sec				2.82	2.81	2.85	2.83	2.79								実験値
To sec				19.95	19.88	20.16	20.02	19.74								現地値
L m				9.97	9.92	10.11	10.01	9.83								実験値
Lo m				620.88	616.53	634.02	625.25	607.88								現地値
Ho / Lo				0.022	0.021	0.021	0.027	0.027								
d / Lo				0.142	0.143	0.139	0.141	0.145								
d / Ho				6.56	6.89	6.71	5.15	5.44								
Q ₁ cm ³																
Q ₂ m ³ /m・sec																
Q ₃ m ³ /m・sec																
Q ₄ m ³ /m・sec																
2πQ ₂ /Ho Lo																
Hmax cm				28.70	28.60	38.60	39.20									
Hmin cm				18.30	17.00	24.70	25.90									
Rt				0.22	0.25	0.22	0.20									
Sh ₁	set-up m			0.70	0.65	0.80	2.10	2.25								
	T・P m			8.50	8.45	8.60	9.90	10.05								
Sh ₂	set-up m			1.35	1.40	1.55	2.70	2.75								
	T・P m			8.39	8.44	8.50	9.79	9.84								
Sh ₃	set-up m			2.20	2.10	2.55	3.30	3.55								
	T・P m			8.42	8.32	8.77	9.52	9.77								
Sh ₄	set-up m			2.85	3.00	3.35	3.80	4.00								
	T・P m			8.44	8.59	8.94	9.39	9.59								
Sh ₅	set-up m			3.90	3.90	4.10	5.05									
	T・P m			8.81	8.81	9.01	9.91									
Sh ₆	set-up m															
	T・P m															

MODEL: A TYPE: 4

RUN		①			②			③			④			⑤			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	m				12.26	11.68	11.99	15.64	14.80								
Ho	m				13.41	12.78	13.11	17.10	16.19								
T	sec				2.82	2.81	2.85	2.83	2.79								
To	sec				19.95	19.88	20.16	20.02	19.74								
L	m				9.97	9.92	10.11	10.01	9.83								
Lo	m				620.88	616.53	634.02	625.25	607.88								
Ho / Lo					0.022	0.021	0.021	0.027	0.027								
打ち上げ高さ	6 波				8.4	10.0	10.9	13.0'	13.0'								
	7 波				8.9	9.5	10.0	12.4	12.4								
	8 波				8.4	10.9	10.3	"	14.1								
	9 波				9.5	10.3	9.7	"	12.4								
	10 波				"	11.1	12.0	13.0	13.8								
	11 波				8.9	11.4	9.5	14.1	13.0'								
	12 波				9.7	12.0	8.9	12.7	12.4								
	13 波				9.5	11.1	10.3	12.4	12.7								
	14 波				"	11.1	10.6	12.4	12.4								
	15 波				9.7	10.6	10.6	13.0'	13.0'								
	16 波				9.5	12.0	12.3	12.4	13.5								
	17 波				8.4	11.7	11.1	13.2	12.4								
	18 波				10.6	11.7	11.1	13.8	17.0'								
	19 波				8.9	11.1	10.6	11.7	13.0								
	20 波				8.6	9.7	9.7	12.4	12.7								
ブレイク波数 (個数)					15(20近く)	15(20-30)	15(20近く)	15(35-40)	15(35-40)								
ブレイク波 災 率					5.3	7.9	5.3	10.6	10.6								
ブレイク波数 (個数)					70(170)	70(153)	80(186)	全メツ	全メツ								
ブレイク波 災 率					45.0	40.5	40.2	100.0	100.0								
砕波前水深 よりの距離 m					182.00			212.00									現 地
砕波 水 深 m					12.20			16.70									"
砕波後水深 m																	"

MODEL:A TYPE:5

d=1.76 m (現地:88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H cm							30.82									上段表位値
m							15.41									下段表位値
Ho m							16.85									現 地 値
T sec							2.85									実 験 値
To sec							20.16									現 地 値
L m							10.11									実 験 値
Lo m							634.02									現 地 値
Ho / Lo							0.027									
d / Lo							0.139									
d / Ho							5.22									
Q ₁ cm ³																
Q ₂ m ³ /m・波																
Q ₃ m ³ /m・sec																
④Q ₄ m ³ /m・sec																
2πQ ₂ /Ho Lo																
Hmax cm							38.80									
Hmin cm							22.30									
Rt							0.27									
Sh ₁	set-up						1.56									
	T.P						9.45									
Sh ₂	set-up						2.00									
	T.P						9.04									
Sh ₃	set-up						2.70									
	T.P						8.97									
Sh ₄	set-up						3.25									
	T.P						8.84									
Sh ₅	set-up						4.20									
	T.P						9.06									
Sh ₆	set-up															
	T.P															

MODEL:A TYPE:5

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	m						15.41									
Ho	m						16.85									
T	sec						2.85									
To	sec						20.16									
L	m						10.11									
Lo	m						634.02									
Ho / Lo							0.027									
打ち上げ高さ	6 波						13.0'									
	7 波						12.4									
	8 波						11.4									
	9 波						9.5									
	10 波						12.4									
	11 波						13.8									
	12 波						11.7									
	13 波						11.7									
	14 波						13.0'									
	15 波						13.0'									
	16 波						11.7									
	17 波						14.3									
	18 波						14.3									
	19 波						13.5									
	20 波						11.1									
ブ	波数 (個数)								15(70近<)							
ロ	波 災 率								18.5							
ン	波数 (個数)								30(大半)							
ク	波 災 率															
砕	堤防基盤 上りの波高 m						225.00									堤 地
波	水 深 m						18.60									"
砕	波後波高 m															"

MODEL:A TYPE:6

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H cm							33.54			43.40	45.40		48.58	48.98		上段: 実験値
m										21.70	22.70		24.29	24.49		下段: 現地値
Ho m							18.33			23.75	24.85		26.55	26.79		現地値
T sec							2.85			2.79	2.79		2.85	2.80		実験値
To sec							20.16			19.74	19.74		20.16	19.81		現地値
L m							10.11			9.69	9.69		10.11	9.87		実験値
Lo m							634.02			607.88	607.88		634.02	612.20		現地値
Ho / Lo							0.029			0.039	0.041		0.042	0.044		
d / Lo							0.139			0.148	0.148		0.139	0.144		
d / Ho							4.80			3.71	3.54		3.31	3.28		
Q ₁ cm ³													0.40 × 10 ³			
Q ₂ m ³ /m. 波																
Q ₃ m ³ /m. sec																
99Q ₄ m ³ /m. sec																
2πQ ₄ /Ho Lo																
Hmax cm							63.40									
Hmin cm							49.60									
Rt							0.12									
Sh ₁	set-up						1.45			2.95	3.40		2.10	2.55		
	T.P						9.25			10.70	11.20		9.90	10.35		
Sh ₂	set-up						2.20			3.30	4.00		2.75	3.35		
	T.P						9.24			10.39	11.09		9.84	10.44		
Sh ₃	set-up						3.60			4.25	4.70		3.50	4.20		
	T.P						9.87			10.57	10.97		9.82	10.47		
Sh ₄	set-up						4.35			5.05	5.35		4.05	4.65		
	T.P						9.94			10.64	10.94		9.69	10.29		
Sh ₅	set-up															
	T.P															
Sh ₆	set-up															
	T.P															

MODEL: A TYPE: 6

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m							16.77			21.70	22.70		24.29	24.49		
Ho m							18.33			23.75	24.85		26.55	26.79		
T sec							2.85			2.79	2.79		2.85	2.80		
To sec							20.16			19.74	19.74		20.16	19.81		
L m							10.11			9.69	9.69		10.11	9.87		
Lo m							634.02			607.88	607.88		634.02	612.20		
Ho / Lo							0.029			0.039	0.041		0.042	0.044		
打ち上げ高さ	6 波						13.0'			12.4	17.0'		14.1	13.0'		
	7 波						13.2			13.5	14.1		12.0	"		
	8 波						13.0'			14.3	17.0'		13.0'	12.0		
	9 波						14.3			17.0'	12.4		13.0'	13.0'		
	10 波						13.0'			-	14.1		8.6	14.1		
	11 波						13.2			13.2	17.0'シ		8.9	12.7		
	12 波						14.3			-	14.1		13.0'	13.8		
	13 波						17.0'			17.0'	14.1		12.0	13.2		
	14 波						"			-	17.0'シ		13.0'	13.0		
	15 波						12.0			17.0'	17.0'		8.4	12.4		
	16 波						13.8			-	17.0'		17.0'	13.8		
	17 波						12.4			-	-		-	14.1		
	18 波						17.0'			12.4	-		12.4	12.0		
	19 波						13.8			-	13.0		17.0'	13.5		
	20 波						13.0			-	-		13.0'	13.2		
	波数 (個数)								15 (0)	15 (1)		15 (1)				
	被災率								0.0	0.5			0.5			
	波数 (個数)								32 (3)	38 (大破)		45 (1/2 破)				
	被災率								1.5	90%		33.3				
	堤防正面 より距離 m												850.00			現 地
	水深 m												42.50			"
	砕波後水深 m															"

MODEL:A TYPE:7

d = 1.76 m (現地: 880 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
H	cm	17.86	19.82	21.26	26.00	26.40	26.34	32.14	31.36	32.42	43.76	44.44	44.30	50.74	47.20	48.02	上段実験値
	m	8.93	9.91	10.63	13.00	13.20	13.17	16.07	15.68	16.21	21.88	22.22	22.15	25.37	23.60	24.01	下段現地値
H ₀	m	9.75	10.83	11.62	14.21	14.43	14.40	17.58	17.15	17.73	23.92	24.30	24.19	27.77	26.79	26.28	現地値
T	sec	2.90	2.86	2.86	2.85	2.86	2.83	2.82	2.82	2.82	2.84	2.83	2.89	2.78	2.86	2.76	実験値
T ₀	sec	20.51	20.23	20.23	20.16	20.23	20.02	19.95	19.95	19.95	20.09	20.02	20.44	19.66	20.23	19.52	現地値
L	m	10.36	10.16	10.16	10.11	10.16	10.01	9.97	9.97	9.97	10.06	10.01	10.30	9.78	10.16	9.69	実験値
L ₀	m	656.23	638.43	638.43	634.02	638.43	626.25	620.88	620.88	620.88	629.63	625.25	651.76	602.96	638.43	594.41	現地値
H ₀ / L ₀		0.015	0.012	0.018	0.022	0.023	0.023	0.028	0.028	0.029	0.038	0.039	0.037	0.046	0.043	0.044	
d / L ₀		0.134	0.138	0.138	0.132	0.138	0.141	0.142	0.142	0.142	0.140	0.141	0.135	0.146	0.130	0.148	
d / H ₀		9.03	8.13	7.57	6.19	6.10	6.11	5.01	5.13	4.96	3.68	3.62	3.64	3.17	3.41	3.35	
Q ₁	cm ³										1.28 × 10 ²		0.87 × 10 ²				
Q ₂	m ³ /m・sec										0.341 × 10 ⁻⁴		0.232 × 10 ⁻⁴				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.120 × 10 ⁻⁴		0.080 × 10 ⁻⁴				
100Q ₄	m ³ /m・sec										42.4 × 10 ⁻⁴		28.3 × 10 ⁻⁴				
2πQ ₂ /H ₀ L ₀											0.335 × 10 ⁻⁴		0.231 × 10 ⁻⁴				
H _{max}	cm	26.9	26.9	28.6		42.0	35.2	46.8	45.8			59.9	50.8			62.1	
H _{min}	cm		17.7	16.8		22.4	22.3	28.5	29.0			45.0	34.6			46.9	
R ₁		0.21	0.21	0.26		0.30	0.22	0.24	0.22			0.14	0.19			0.14	
Sh ₁	sol-up	0.20	0.95	1.10	1.60	2.05	2.00	2.75	2.65	2.65	3.10	3.00	3.05	2.60	2.80	2.80	
	T・P	8.00	8.75	8.90	9.40	9.80	9.75	10.55	10.45	10.45	10.85	10.80	10.85	10.40	10.60	10.55	
Sh ₂	sol-up	0.80	1.45	1.65	2.15	1.95	2.25	2.95	3.05	3.10	3.50	3.15	3.45	2.80	3.05	3.00	
	T・P	7.94	8.59	8.74	9.24	9.09	9.39	10.09	10.14	10.19	10.59	10.29	10.59	9.94	10.14	10.04	
Sh ₃	sol-up	1.80	2.40	2.50	2.95	3.29	3.25	3.80	4.00	3.90	4.10	3.90	4.00	3.55	3.65	3.75	
	T・P	8.07	8.67	8.77	9.27	9.52	9.52	10.07	10.22	10.17	10.37	10.17	10.27	9.82	9.92	9.97	
Sh ₄	sol-up	2.65	3.40	3.45	3.80	4.10	4.00				5.05	4.85	4.86	4.30	4.50	4.60	
	T・P	8.29	8.99	9.09	9.44	9.69	9.59				10.69	10.49	10.45	9.89	10.09	10.19	
Sh ₅	sol-up	3.15	4.05	4.20	4.70	4.90	4.90	5.50	5.60	5.60	5.86	5.70	5.60	4.85	5.00	5.45	
	T・P	8.06	9.01	9.16	9.66	9.86	9.86	10.41	10.51	10.56	10.82	10.66	10.56	9.81	9.96	10.41	
Sh ₆	sol-up	4.70	4.50	4.70	5.15	5.90	5.65		6.20	6.30	6.70	6.60	6.65	6.10	6.65	6.15	
	T・P	8.91	8.76	8.96	9.41	10.06	9.81		10.41	10.51	10.86	10.76	10.86	10.31	10.86	10.36	

MODEL: A TYPE: 7

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	8.93	9.91	10.63	13.00	13.20	13.17	16.07	15.08	16.21	21.88	22.22	22.15	25.37	23.60	24.01	
Ho m	9.75	10.83	11.02	14.21	14.43	14.40	17.58	17.15	17.73	23.92	24.30	24.19	27.77	26.79	26.28	
T sec	2.90	2.86	2.86	2.85	2.86	2.83	2.82	2.82	2.82	2.84	2.83	2.89	2.78	2.86	2.76	
To sec	20.51	20.23	20.23	20.16	20.23	20.02	19.95	19.95	19.95	20.09	20.02	20.44	19.66	20.23	19.52	
L m	10.36	10.16	10.16	10.11	10.16	10.01	9.97	9.37	9.97	10.96	10.01	10.30	9.78	10.16	9.69	
Lo m	656.23	638.43	638.43	634.02	638.43	625.25	620.88	620.88	620.88	629.63	625.25	661.76	602.96	638.43	594.41	
Ho / Lo	0.015	0.012	0.019	0.022	0.023	0.023	0.028	0.028	0.029	0.038	0.039	0.037	0.046	0.040	0.044	
打ち上げ高さ	6 波	—	8.9	14.1	11.4	13.0'	13.0'	13.2	12.4	13.0'	13.0	12.4	17.0'	12.4	12.4	13.0'
	7 波	8.6	8.1	9.2	11.7	12.0	—	13.0'	—	14.3	14.3	13.5	17.0'	13.0'	13.0	12.4
	8 波	8.1	9.5	9.5	13.0'	12.4	—	13.5	13.2	13.0	14.1	13.2	—	14.3	14.1	—
	9 波	9.2	9.2	10.0	—	11.4	—	13.0'	13.8	14.1	17.0'	12.4	—	11.4	14.3	13.0'
	10 波	8.4	8.1	8.4	—	13.0'	12.4	17.0'	13.5	12.7	13.8	14.1	17.0'	12.4	—	—
	11 波	—	10.0	10.3	11.4	—	12.0	12.4	14.1	14.3	17.0'	17.0'	17.0'	—	—	12.4
	12 波	—	9.5	10.0	13.0'	—	11.7	13.0'	13.2	12.4	—	14.3	17.0'	13.0'	14.1	—
	13 波	8.6	9.7	9.5	—	—	13.0'	13.6	—	—	—	12.7	—	12.4	17.0'	—
	14 波	8.9	9.2	10.0	—	—	—	13.5	14.3	—	—	17.0'	—	—	—	13.0'
	15 波	8.6	10.9	11.1	—	—	—	17.0'	—	13.8	—	14.3	—	—	13.5	13.0
	16 波	8.4	9.5	10.3	12.4	—	11.7	—	17.0'	13.2	—	13.0	—	14.1	13.0	13.5
	17 波	8.6	10.3	12.3	8.6	—	13.0'	14.1	14.3	17.0'	12.4	—	13.5	17.0'	—	17.0'
	18 波	8.9	10.3	11.4	13.0'	12.4	14.1'	13.0'	12.4	12.4	17.0'	14.1	—	—	—	12.4
	19 波	—	9.2	10.6	—	11.7	13.0'	—	17.0'	17.0'	—	17.0'	—	17.0'	12.4	14.1
	20 波	8.1	9.5	10.0	—	11.4	—	13.5	14.3	—	17.0'	17.0'	17.0'	13.0'	13.2	12.4
ブレイク数 (個数)	15 (0)	15 (4)	15 (6)	15 (20~30)	15 (21)	15 (18)	15 (30近<)	15 (30近<)	15 (30近<)	15 (30近<)	15 (20~30)	15 (20~30)	15 (40近<)			
ブレイク率	0.1	1.2	1.8	9.1	6.4	5.5	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	12.2			
ブレイク数 (個数)	52 (4)	50 (28)	56 (19)	60 (45)	64 (36)	61 (39)	63 (82)	67 (76)	71 (69)	53 (118)	59 (126)	56 (121)				
ブレイク率	1.2	8.5	5.8	13.7	10.9	11.9	24.9	23.1	21.0	35.9	38.3	36.8				
砕波初深 m		197.50		220.00			227.50			795.00						現地
砕波水深 m		14.50		17.70			18.80			42.50						—
砕波後水深 m																—

MODEL: A TYPE: 8

d = 1.76 m (現地: 88.0 m)

RUN		①			②			③			④			⑤			MEMO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	19.94	18.04	21.04	23.32	23.92	23.48	31.50	30.72	31.34	46.74	45.70	45.36	55.70	54.02	52.86	上段: 実験値
	m	9.67	9.02	10.52	11.66	11.96	11.74	15.75	15.36	15.67	23.37	22.85	22.68	27.85	27.01	26.43	下段: 現地値
Ho	m	10.56	9.85	11.49	12.75	13.07	12.84	17.21	16.79	17.12	25.54	24.98	24.80	30.46	29.54	28.91	現地値
T	sec	2.85	2.88	2.90	2.85	2.88	2.83	2.88	2.84	2.88	2.88	2.85	2.83	2.82	2.83	2.80	実験値
To	sec	20.16	20.37	20.51	20.16	20.37	20.02	20.37	20.09	20.37	20.23	20.16	20.02	19.94	20.02	19.80	現地値
L	m	10.16	10.26	10.36	10.11	10.26	10.01	10.26	10.06	10.26	10.16	10.11	10.01	9.97	10.01	9.87	実験値
Lo	m	634.02	647.30	656.23	634.02	647.30	625.25	647.30	628.63	627.30	638.43	634.02	625.25	620.26	625.25	611.58	現地値
Ho / Lo		0.017	0.015	0.018	0.020	0.020	0.021	0.027	0.027	0.020	0.040	0.039	0.040	0.049	0.047	0.047	
d / Lo		0.138	0.136	0.134	0.139	0.136	0.141	0.136	0.140	0.136	0.138	0.139	0.141	0.142	0.141	0.144	
d / Ho		8.33	8.93	7.66	6.90	6.73	6.85	5.11	5.24	5.14	3.45	3.52	3.55	2.89	2.98	3.04	
Q ₁	cm ³										1.92×10 ²	3.52×10 ²	1.28×10 ²				
Q ₂	m ³ /m・波										0.512×10 ⁻⁴	0.939×10 ⁻⁴	0.341×10 ⁻⁴				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.179×10 ⁻⁴	0.329×10 ⁻⁴	0.120×10 ⁻⁴				
Q ₄	m ³ /m・sec										63.3×10 ⁻⁴	116.3×10 ⁻⁴	42.4×10 ⁻⁴				
2πQ ₄ /HoLo											0.493×10 ⁻⁴	0.931×10 ⁻⁴	0.345×10 ⁻⁴				
Hmax	cm	25.00	24.30	27.30		36.30	34.40		46.90	40.20	69.20	69.00	66.20	70.70	68.60	67.50	
Hmin	cm	12.90	15.70	15.90		20.70	21.30		25.30	27.80	33.50	40.00	37.50	51.20	52.30	50.10	
Rt		0.32	0.22	0.26		0.27	0.24		0.30	0.18	0.32	0.27	0.28	0.16	0.13	0.15	
Sh ₁	set-up m	1.10	0.25	1.00	1.30	2.15	2.60	3.40	3.35	3.30	3.60	3.40	3.35	2.85	2.80	2.80	
	T・P m	8.85	8.00	8.75	9.10	9.95	10.40	11.20	11.15	11.10	11.40	11.20	11.15	10.65	10.60	10.60	
Sh ₂	set-up m	1.75	0.65	1.70	2.70	2.80	3.22	4.05	4.05	3.95	4.15	4.00	4.10	3.65	3.60	3.50	
	T・P m	8.84	7.74	8.74	9.84	9.99	10.31	11.14	11.19	11.04	11.24	11.04	11.14	10.69	10.64	10.54	
Sh ₃	set-up m	2.75	1.45	2.65	3.15	3.75	4.20	5.00	4.90	4.90	4.85	4.85	4.75	4.40	4.45	4.40	
	T・P m	8.97	7.67	8.87	9.42	10.02	11.27	11.22	11.12	11.17	11.17	11.07	10.97	10.72	10.72	10.67	
Sh ₄	set-up m	3.75	2.50	3.60	4.20	4.65	5.15	5.70	5.65	5.80	5.65	5.70	6.05	5.30	5.25	5.25	
	T・P m	9.34	8.00	9.19	9.79	10.24	10.74	11.20	11.24	11.39	11.29	11.34	11.64	10.89	10.84	10.84	
Sh ₅	set-up m	4.50	3.30	4.25	4.95	5.45	5.80	6.60	6.70	6.60	6.70	6.75	7.05	6.20	6.30	6.35	
	T・P m	9.41	8.26	9.21	9.86	10.36	10.76	11.56	11.66	11.51	11.61	11.56	12.01	11.11	11.21	11.26	
Sh ₆	set-up m																
	T・P m																

MODEL: A TYPE: 8

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	9.67	9.02	10.52	11.06	11.96	11.74	15.75	15.36	15.67	23.37	22.85	22.08	27.85	27.01	26.43	
Ho m	10.56	9.85	11.49	12.75	13.07	12.84	17.21	16.79	17.12	25.54	24.98	24.80	30.46	29.54	28.91	
T sec	2.85	2.88	2.90	2.86	2.88	2.83	2.88	2.84	2.88	2.86	2.85	2.83	2.82	2.83	2.80	
To sec	20.16	20.37	20.51	20.16	20.37	20.02	20.37	20.09	20.37	20.23	20.16	20.02	19.94	20.02	19.80	
L m	10.16	10.26	10.36	10.11	10.26	10.01	10.26	10.06	10.26	10.16	10.11	10.01	9.97	10.01	9.87	
Lo m	634.02	647.30	656.23	634.02	647.30	625.25	647.30	629.63	647.30	638.43	634.02	625.25	620.26	625.25	611.58	
Ho / Lo	0.017	0.015	0.018	0.020	0.020	0.021	0.027	0.027	0.026	0.040	0.039	0.040	0.049	0.047	0.047	
打ち上げ高さ	6 波	9.8		8.4	10.6	11.1	13.0'	13.0'	17.0' 1/2	12.4	17.0' 1/2	17.0' 1/2	17.0' 1/2	12.7	12.4	12.4
	7 波			8.4	11.4	13.0'	"	17.0'	12.4	17.0'	"	"	"	12.4	13.0'	13.0'
	8 波		7.8	8.1	13.0'	"	11.7	13.0'	17.0'	13.0' 1/2	"	17.0' 1/2	"	"	"	"
	9 波		7.8	"	12.0	"	12.0	14.3	13.0	14.3	14.1	17.0'	"	13.0'	13.0	13.0
	10 波			8.4	13.0'	"	13.0'	12.7	17.0' 1/2	13.0'	17.0' 1/2	"	17.0' 1/2	"	13.2	12.7
	11 波		8.1	8.6	"	"	"	"	13.0	13.8	17.0'	17.0' 1/2	"	13.0	14.1	"
	12 波		8.1	8.6	12.0	"	"	17.0'	13.0	17.0'	"	"	"	13.8	13.0	"
	13 波	8.1	7.8	9.5	13.0'	"	"	13.0'	14.3	"	17.0' 1/2	"	17.0' 1/2	17.0'	14.3	"
	14 波	7.8		9.2	"	"	"	13.0	17.0' 1/2	14.1	"	17.0'	17.0'	12.4	13.2	13.0
	15 波	"	7.8	10.0	12.4	12.4	12.4	12.7	"	14.3	"	"	"	13.2	14.1	12.4
	16 波	"	8.1	9.7	13.0' 1/2	"	13.0'	17.0' 1/2	13.0	"	"	"	"	14.1	17.0'	13.5
	17 波		8.1	10.6	13.0'	13.0'	"	17.0'	13.5	17.0'	17.0' 1/2	"	17.0' 1/2	"	14.3	17.0'
	18 波	8.1	8.4	10.0	"	12.4	"	14.3	13.8	13.0	"	13.0'	"	17.0'	17.0'	17.0' 1/2
	19 波	8.1	8.1	8.9	13.0' 1/2	13.0'	"	13.0	12.4	17.0'	"	"	"	13.0	14.1	17.0'
	20 波			10.3	13.0'	"	11.7	14.3	13.8	"	13.0	"	17.0'	13.0	14.3	14.1
波数 (個数)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (1)	15 (1)	15 (1)	15 (3)	15 (1)	15 (20近)	15 (25-30)	15 (15-20)				
波長 率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.9	0.3	6.1	9.1	6.1				
波数 (個数)	67 (1)	58 (1)	62 (1)	55 (0)	56 (1)	48 (3)	54 (3)	52 (28)	58 (16)	52 (58)	58 (90)	59 (68)	54 (16)	60 (43)	68 (89)	
波長 率	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.9	0.9	8.5	4.9	17.6	17.6	20.7	4.9	13.1	27.1	
堤防法 上の距離 m	192.50			207.50			242.50			680.00			838.0			
波水 深 m	13.80			16.00			21.10			42.50			42.50			現 地
砕波後波高 m																"

MODEL: A TYPE: 1'

d = 1.77 m (現地: 88.0 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	23.70	21.54		24.64	24.86		32.00	32.18		38.90	39.24		45.50	44.50	上段: 実験値
	m	12.85	10.77		12.34	12.43		16.00	16.09		19.45	19.62		22.75	22.25	下段: 現地値
Ho	m	14.01	11.75		13.47	13.58		17.51	17.60		21.25	21.43		24.87	24.31	現地値
T	sec	2.95	2.92		2.92	2.88		2.80	2.80		2.88	2.88	2.88	2.84	2.88	実験値
To	sec	20.86	20.65		20.65	20.36		19.80	19.80		20.36	20.36		20.08	20.36	現地値
L	m	10.63	10.52		10.52	10.31		9.93	9.93		10.31	10.31		10.12	10.31	実験値
Lo	m	078.82	665.22		665.22	646.67		611.58	611.58		646.67	646.67		629.00	646.67	現地値
Ho / Lo		0.021	0.018		0.020	0.021		0.029	0.029		0.033	0.033		0.040	0.038	
d / Lo		0.130	0.132		0.132	0.136		0.144	0.144		0.136	0.136		0.140	0.136	
d / Ho		6.28	7.49		6.53	6.48		5.03	5.00		4.14	4.11		3.54	3.62	
Q ₁	cm ³										0.65 × 10 ⁻³	0.30 × 10 ⁻³	0.35 × 10 ⁻³	しおき	しおき	
Q ₂	m ³ /m・波										0.173 × 10 ⁻³	0.080 × 10 ⁻³	0.093 × 10 ⁻³			
Q ₃	m ³ /m・sec										0.060 × 10 ⁻³	0.028 × 10 ⁻³	0.032 × 10 ⁻³			
現Q ₄	m ³ /m・sec										21.24 × 10 ⁻³	9.82 × 10 ⁻³	11.42 × 10 ⁻³			
2πQ ₂ /HoLo											0.198 × 10 ⁻³	0.091 × 10 ⁻³				
Hmax	cm			25.5			33.3			36.0						45.4
Hmin	cm			19.5			26.4			30.5						34.9
Rt				0.13			0.12			0.08						0.14
Sh ₁	set-up m T, P															
Sh ₂	set-up m T, P															
Sh ₃	set-up m T, P															
Sh ₄	set-up m T, P															
Sh ₅	set-up m T, P															
Sh ₆	set-up m T, P															

MODEL: A TYPE: 1'

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	1285	10.77		12.34	12.43		16.00	18.09		19.45	19.62		22.75	22.25		
Ho m	14.01	11.75		13.47	13.58		17.51	17.60		21.25	21.43		24.87	24.31		
T sec	2.95	2.92		2.92	2.88		2.80	2.80		2.98	2.88		2.84	2.88		
To sec	20.86	20.65		20.55	20.36		19.80	19.80		20.36	20.36		20.08	20.36		
L m	10.63	10.52		10.52	10.31		9.93	9.93		10.31	10.31		10.12	10.31		
Lo m	078.82	665.22		665.22	646.67		611.58	611.58		646.67	646.67		629.00	646.67		
Ho / Lo	0.021	0.018		0.020	0.021		0.029	0.029		0.033	0.033		0.040	0.038		
打ち上げ高さ	6 波															
	7 波															
	8 波															
	9 波															
	10 波															
	11 波															
	12 波															
	13 波															
	14 波															
	15 波															
	16 波															
	17 波															
	18 波															
	19 波															
	20 波															
	波数 (個数)															
	波 災 率															
	波数 (個数)															
	波 災 率															
砕波	堤防法面 よりの距離 m	167.50		166.00			224.50			243.50			684.50			現 地
波 水 深 m	11.4			11.0			18.9			21.7			45.0			"
砕波後波高 m																"

MODEL: B TYPE: 1

d = 1.77 m (現地: 88.5 m)

RUN		①			②			③			④			⑤			MEMO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	19.16	19.22	20.06	26.54	28.30	25.76	35.52	34.84	33.80	47.40	46.42	46.06	55.04	52.50	53.18	上段: 実験値
	m	9.58	9.61	10.03	13.27	14.15	12.88	17.76	17.42	16.80	23.70	23.21	23.48	27.52	26.25	26.59	下段: 現地値
Ho	m	10.46	10.49	10.96	14.50	15.47	14.08	19.40	19.04	18.38	25.93	25.40	25.09	30.11	28.72	29.10	現地値
T	sec	2.91	2.92	2.89	2.87	2.84	2.87	2.86	2.86	2.83	2.82	2.80	2.82	2.80	2.87	2.89	実験値
To	sec	20.58	20.65	20.44	20.30	20.09	20.30	20.23	20.23	20.02	19.95	19.81	19.95	19.81	20.30	19.81	現地値
L	m	10.42	10.47	10.31	10.21	10.07	10.21	10.17	10.17	10.02	9.98	9.88	9.98	9.88	10.21	9.88	実験値
Lo	m	660.72	665.32	651.76	642.86	629.63	642.86	638.43	638.43	625.25	620.88	612.20	620.88	612.20	642.86	612.20	現地値
Ho / Lo		0.016	0.016	0.017	0.023	0.025	0.022	0.030	0.029	0.029	0.042	0.041	0.041	0.049	0.045	0.048	
d / Lo		0.134	0.133	0.136	0.138	0.141	0.138	0.139	0.139	0.142	0.143	0.145	0.143	0.145	0.138	0.145	
d / Ho		8.46	8.44	8.07	6.10	5.72	6.29	4.56	4.65	4.82	3.41	3.48	3.44	2.94	3.08	3.04	
Q ₁	cm ³										1.13 × 10 ³	1.41 × 10 ³	1.71 × 10 ³				
Q ₂	m ³ /m・sec										0.301 × 10 ⁻³	0.376 × 10 ⁻³	0.456 × 10 ⁻³				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.107 × 10 ⁻³	0.134 × 10 ⁻³	0.162 × 10 ⁻³				
現Q ₄	m ³ /m・sec										37.8 × 10 ⁻³	47.4 × 10 ⁻³	57.3 × 10 ⁻³				
2πQ ₂ /HoLo											0.294 × 10 ⁻³	0.380 × 10 ⁻³	0.449 × 10 ⁻³				
Hmax	cm	22.20		23.40	30.80		32.60		40.90	39.90	53.50		54.80	60.00	58.30		
Hmin	cm	16.40		15.40	22.50		22.50		26.80	26.90	40.40		40.20	51.80	48.30		
Rt		0.15		0.21	0.18		0.18		0.21	0.19	0.14		0.04	0.07	0.09		
Sh ₁	set-up m	2.30	2.25	2.50	3.55	3.50	3.45	4.30	4.35		5.35	5.45	5.25	4.60	4.80	4.90	
	T・P m	5.86	5.81	6.06	7.11	7.06	7.01	7.86	7.91		8.91	9.01	8.81	8.16	8.36	8.16	
Sh ₂	set-up m	2.05	2.00	2.30	3.25	3.25	3.20	3.95	3.95		5.00	5.15	4.95	4.35	4.45	4.45	
	T・P m	5.87	5.82	6.12	7.07	7.07	7.02	7.77	7.77		8.82	8.97	8.67	8.17	8.27	8.27	
Sh ₃	set-up m	0.95	0.85	2.20	3.10	3.10	3.00	3.90	3.85		4.95	4.85	4.70	4.10	4.10	3.95	
	T・P m	4.92	4.82	6.17	7.07	7.07	6.97	7.81	7.82		8.92	8.82	8.67	8.07	8.07	7.92	
Sh ₄	set-up m	2.75	2.80	2.95	4.00	3.95	3.95	4.60	4.70		5.55	5.65	5.50	5.00	5.00	5.15	
	T・P m	5.86	5.91	6.06	7.11	7.06	7.06	7.71	7.81		8.66	8.76	8.61	8.11	8.11	8.26	
Sh ₅	set-up m	3.55	3.45	3.80	4.80	4.75	4.75	5.20	5.30		6.15	6.25	6.10	5.90	5.90	5.90	
	T・P m	5.89	5.79	6.14	7.14	7.09	7.09	7.54	7.64		8.49	8.59	8.44	8.24	8.24	8.24	
Sh ₆	set-up m	4.05	3.95	4.20	5.25	5.30	5.25	5.65	5.75		6.55	6.90	6.60			6.55	
	T・P m	5.65	5.55	6.80	6.85	6.90	6.85	7.25	7.35		8.15	8.50	8.20				

MODEL: B TYPE: 1

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	9.58	9.61	10.03	13.27	14.15	12.88	17.76	17.42	16.80	23.70	23.21	23.48	27.52	26.25	26.59	
Ho m	10.42	10.47	10.31	14.50	15.47	14.08	19.40	19.04	18.38	25.93	25.40	25.69	30.11	28.72	29.10	
T sec	2.91	2.92	2.89	2.87	2.84	2.87	2.86	2.80	2.83	2.82	2.80	2.82	2.80	2.87	2.80	
To sec	20.58	20.65	20.44	20.30	20.09	20.30	20.23	20.23	20.02	19.95	19.81	19.95	19.81	20.30	19.81	
L m	10.42	10.47	10.31	10.21	10.07	10.21	10.17	10.17	10.02	9.98	9.88	9.98	9.88	10.21	9.88	
Lo m	661.36	665.86	651.76	642.86	629.63	642.86	638.43	638.43	625.25	620.88	612.20	620.88	612.20	642.86	612.20	
Ho / Lo	0.016	0.016	0.017	0.023	0.025	0.022	0.030	0.029	0.029	0.042	0.041	0.041	0.049	0.045	0.048	
打ち上げ高さ	6 波	9.3	8.4	9.8	13.0'	13.0'	13.0'	13.5	17.0'	-	17.0'	17.0'	17.0'	17.0'	17.0'	
	7 波	9.0	8.7	8.7	"	12.4	"	17.0'	14.1'	"	17.0'〃	-	17.0'〃	13.0	13.0	"
	8 波	8.2	9.3	10.4	"	13.0'	"	14.3	14.3	"	-	-	-	14.1	12.4	"
	9 波	8.7	8.4	10.4	9.8	"	"	"	14.3	"	-	-	17.0'	"	14.3	"
	10 波	9.0	9.0	9.6	13.0'	"	"	17.0'	13.8	"	-	-	-	17.0'	17.0'	"
	11 波	9.3	10.1	9.8	"	10.4	"	"	17.0'	"	-	-	-	14.3	17.0'〃	"
	12 波	8.7	10.1	"	"	13.0'	"	14.3	"	13.2	-	-	17.0'〃	"	14.3	"
	13 波	8.7	9.0	"	10.1	"	"	"	14.3	13.5	17.0'〃	-	"	"	13.5	13.8
	14 波	9.0	9.6	8.7	13.0'	"	"	"	14.1	14.3	17.0'	17.0'	-	"	13.2	13.2
	15 波	9.6	10.4	9.6	"	"	"	13.8	13.8	17.0'	-	-	-	17.0'	14.3	"
	16 波	9.6	13.0'	10.4	"	"	"	14.1	17.0'	"	-	-	-	"	17.0'	17.0'
	17 波	8.7	"	13.0'	12.4	"	12.4	13.5	"	13.5	-	14.3	-	-	17.0'〃	17.0'〃
	18 波	10.1	9.0	10.4	13.0'	12.7	13.0'	"	12.7	14.1	17.0'	-	-	-	14.3	17.0'
	19 波	9.3	9.8	10.4	13.0'	12.4	10.4	13.8	13.8	13.5	-	-	-	14.3	17.0'	13.0'
	20 波	8.4	9.8	9.0	12.4	13.0'	13.0'	12.4	12.4	13.2	13.2	17.0'	13.8	17.0'	17.0'〃	17.0'
波数 (個数)	15 (1)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (2)	15 (0)	15 (3)	15 (2)	15 (4)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	
被災率	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.7	0.5	0.9	0.0	0.0	0.0	
波数 (個数)	59 (2)	62 (0)	66 (0)	68 (0)	69 (0)	79 (0)	67 (0)	70 (7)	74 (1)	70 (18)	68 (28)	67 (17)	65 (41)	67 (7)	65 (14)	
被災率	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.2	4.1	6.3	3.9	9.3	1.6	3.2	
堤防高さ よりの距離 m	215.00			250.00			285.00			630.00			770.00			現 地
水深 m	13.00			15.20			19.50			43.00			43.00			"
砕波後水深 m																"

MODEL: B TYPE: 2

d = 1.77 m (現地: 88.5 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
H	cm	20.28	23.18	21.56	25.86	28.78	29.08	35.66	33.14	33.32	41.14	44.12	42.28	49.80	49.80	50.02	上段:実験値
	m	10.14	11.59	10.78	12.93	14.39	14.54	17.83	16.57	16.66	20.57	22.06	21.14	24.90	24.90	25.01	下段:現地値
Ho	m	11.10	12.67	11.78	14.12	15.74	15.90	19.50	18.11	18.22	22.48	24.14	23.12	27.24	27.22	27.34	現地値
T	sec	2.73	2.84	2.87	2.90	2.83	2.85	2.84	2.87	2.84	2.88	2.81	2.84	2.83	2.86	2.86	実験値
To	sec	19.31	20.09	20.30	20.51	20.02	20.16	20.09	20.30	20.09	20.37	19.88	20.09	20.02	20.23	20.23	現地値
L	m	9.57	10.07	10.21	10.36	10.02	10.12	10.07	10.21	10.07	10.27	9.93	10.07	10.02	10.17	10.17	実験値
Lo	m	581.69	629.63	642.86	656.23	625.25	634.02	629.63	642.86	629.63	647.30	616.53	629.63	625.25	638.43	638.43	現地値
Ho / Lo		0.019	0.020	0.018	0.022	0.025	0.025	0.031	0.028	0.029	0.035	0.039	0.037	0.044	0.043	0.039	
d / Lo		0.152	0.141	0.138	0.135	0.142	0.140	0.141	0.138	0.141	0.137	0.144	0.141	0.142	0.139	0.139	
d / Ho		7.97	6.99	7.51	6.27	5.62	5.57	4.54	4.89	4.86	3.94	3.67	3.83	3.25	3.25	3.24	
Q ₁	cm ³							0.096×10 ³	0.160×10 ³	0.048×10 ³	1.78 ×10 ³	2.14 ×10 ³	1.06 ×10 ³	0.144×10 ³	2.43 ×10 ³	3.62 ×10 ³	
Q ₂	m ³ m・sec							0.026×10 ⁻³	0.043×10 ⁻³	0.013×10 ⁻³	0.475×10 ⁻³	0.571×10 ⁻³	0.283×10 ⁻³	0.038×10 ⁻³	0.648×10 ⁻³	0.995×10 ⁻³	
Q ₃	m ³ m・sec							0.009×10 ⁻³	0.015×10 ⁻³	0.005×10 ⁻³	0.165×10 ⁻³	0.203×10 ⁻³	0.100×10 ⁻³	0.013×10 ⁻³	0.227×10 ⁻³	0.337×10 ⁻³	
100Q ₄	m ³ m・sec							3.2 ×10 ⁻³	5.3 ×10 ⁻³	1.8 ×10 ⁻³	58.3 ×10 ⁻³	71.8 ×10 ⁻³	35.4 ×10 ⁻³	4.6 ×10 ⁻³	80.2 ×10 ⁻³	118.1×10 ⁻³	
2πQ ₁ /HoLo								0.033×10 ⁻³	0.058×10 ⁻³	0.018×10 ⁻³	0.512×10 ⁻³	0.602×10 ⁻³	23.12×10 ⁻³	0.035×10 ⁻³	0.585×10 ⁻³	0.868×10 ⁻³	
Hmax	cm			25.30			42.90				40.10			53.30			63.10
Hmin	cm			17.90			21.20				24.40			41.60			50.80
Rt				0.17			0.34				0.24			0.12			0.11
Sh ₁	set-up m	2.55	2.80	2.60	3.30	2.95	3.15	4.00	4.40	4.05	5.20	4.80	5.35	4.85	4.90	5.05	
	T・P m	6.11	6.35	6.16	6.86	6.51	6.71	7.56	7.96	7.61	8.76	8.36	8.91	8.41	8.46	8.61	
Sh ₂	set-up m	2.30	2.60	2.45	3.05	2.85	3.00	3.80	4.15	3.85	4.90	4.70	5.05	4.65	4.75	4.80	
	T・P m	6.12	6.42	6.27	6.87	6.67	6.82	7.62	7.97	7.67	8.72	8.52	8.87	8.67	8.57	8.62	
Sh ₃	set-up m	2.20	2.65	2.45	3.15	2.70	2.95	3.90	4.15	3.90	5.05	4.70	5.25	4.70	4.75	4.85	
	T・P m	6.17	6.62	6.42	7.12	6.67	6.92	7.87	8.12	7.87	9.02	8.67	9.22	8.67	8.72	8.82	
Sh ₄	set-up m	3.10	3.55	3.30	4.00	3.55	3.85		5.00	4.80	5.90	5.55	5.80	5.55	5.60	5.70	
	T・P m	6.21	6.66	6.41	7.11	6.66	6.96		8.11	7.91	9.01	8.66	8.91	8.66	8.71	8.81	
Sh ₅	set-up m	3.85	4.30	4.05	4.75	4.25	4.55	4.95	5.75	5.55	6.50	6.25	6.45	6.25	6.40	6.35	
	T・P m	6.19	6.64	6.39	7.09	6.59	6.89	7.29	8.09	7.89	8.84	8.59	8.79	8.59	8.74	8.69	
Sh ₆	set-up m	4.35	4.75	4.50	5.25	4.85	5.05	5.85	6.25	6.00	7.05	6.75	6.95	6.60	6.85	6.95	
	T・P m	5.95	6.35	6.10	6.85	6.43	6.65	7.45	7.85	7.60	8.65	8.35	8.55	8.20	8.45	8.55	

MODEL: B TYPE: 2

RUN	①			②			③			④			⑤			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H m	10.14	11.59	10.78	12.93	14.39	14.54	17.83	16.57	16.66	20.57	22.06	21.14	24.90	24.90	25.01	
Ho m	11.10	12.67	11.78	14.12	15.74	15.90	19.50	18.11	18.22	22.48	24.14	23.12	27.24	27.22	27.34	
T sec	2.73	2.84	2.87	2.90	2.83	2.85	2.84	2.87	2.84	2.88	2.81	2.84	2.83	2.86	2.86	
To sec	19.31	20.09	20.30	20.51	20.02	20.16	20.09	20.30	20.09	20.37	19.88	20.09	20.02	20.23	20.23	
L m	9.57	10.07	10.21	10.36	10.02	10.12	10.07	10.21	10.07	10.27	9.93	10.07	10.02	10.17	10.17	
Lo m	581.69	629.63	642.86	656.23	625.25	634.92	629.63	642.86	629.63	647.30	616.53	629.63	625.25	638.43	638.43	
Ho / Lo	0.019	0.020	0.018	0.022	0.025	0.025	0.031	0.028	0.029	0.035	0.039	0.037	0.044	0.043	0.039	
打ち上げ高さ	6 波	9.6	8.4	13.0'	13.0'	13.0'	—	14.3	17.0'	17.0' 1/2	—	—	17.0'	—	17.0'	
	7 波	9.3	9.8	—	—	12.4	—	17.0' 1/2	—	—	—	17.0' 1/2	—	17.0'	—	
	8 波	10.1	9.6	—	12.4	—	13.0'	—	—	—	—	—	—	12.4	17.0'	12.4
	9 波	9.6	—	10.1	13.0'	12.4	—	—	14.3	—	—	—	17.0' 1/2	17.0'	13.0	17.0'
	10 波	9.8	—	8.4	—	12.4	—	—	14.3	—	—	—	—	—	13.2	—
	11 波	10.4	—	9.8	—	13.0'	12.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12 波	13.0'	10.4	10.4	12.4	12.4	13.0'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13 波	9.8	—	13.0'	—	13.0'	—	—	17.0'	17.0'	—	17.0' 1/2	—	—	17.0'	—
	14 波	10.1	—	13.0'	13.0'	—	—	13.0	—	17.0' 1/2	17.0' 1/2	—	17.0' 1/2	—	—	17.0' 1/2
	15 波	9.8	—	13.0'	—	—	12.4	14.3	—	—	—	—	—	—	—	—
	16 波	10.1	—	9.8	—	—	13.0'	13.0'	14.3	17.0'	—	—	—	—	14.1	—
	17 波	9.3	—	10.1	12.4	—	12.4	14.1	17.0'	—	—	—	17.0' 1/2	—	13.0	—
	18 波	—	—	13.0'	—	—	—	14.3	13.8	13.8	—	—	17.0'	17.0'	—	—
	19 波	9.8	—	—	—	12.4	13.0'	—	14.3	14.1	—	14.3	—	—	12.4	17.0'
	20 波	9.0	13.0'	—	—	—	—	—	14.1	17.0'	17.0' 1/2	14.1	14.1	—	14.1	17.0'
ブレイク波数 (個数)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (2)	15 (4)	15 (2)	15 (3)	15 (1)	15 (1)	
ブレイク波数 (個数)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.5	0.7	0.2	0.2	
ブレイク波数 (個数)	59 (1)	57 (0)	62 (0)	57 (0)	59 (0)	59 (0)	55 (0)	60 (0)	63 (0)	64 (42)	70 (51)	65 (18)	61 (7)	60 (9)	56 (6)	
ブレイク波数 (個数)	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	11.6	4.1	1.6	2.0	1.4	
堤防高さより距離 m	240.00	—	—	257.50	—	—	276.50	—	—	302.50	—	700.00	738.00	—	—	現地
水深 m	14.60	—	—	16.10	—	—	18.50	—	—	21.80	—	43.00	43.00	—	—	—
砂波後波高 m	11.25	15.15	—	14.50	12.00	—	—	9.35	—	9.55	11.10	—	9.65	8.15	—	—

704

MODEL:B TYPE:3

d = 1.77 m (現地: 88.5 m)

MODEL: B TYPE 5																	
RUN		①			②			③			④			⑤			MEMO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
H	cm	15.58	22.70	21.78	27.58	30.46	27.10	34.14	33.44	34.32	45.68	43.90	41.16	49.80	49.92	51.20	上段実験値
	m	9.79	11.35	10.89	13.79	15.23	13.55	17.07	16.72	17.16	22.84	21.95	20.58	24.90	24.46	25.60	下段: 現地値
H ₀	m	10.71	12.40	11.89	15.06	16.65	14.82	18.66	18.26	18.77	24.99	24.02	22.50	27.21	26.76	28.00	現地値
T	sec	2.83	2.88	2.91	2.90	2.85	2.85	2.87	2.90	2.84	2.81	2.80	2.86	2.87	2.80	2.84	実験値
T ₀	sec	20.02	20.37	20.59	20.51	20.16	20.16	20.30	20.51	20.09	19.88	19.81	20.23	20.30	19.81	20.09	現地値
L	m	10.02	10.27	10.42	10.36	10.12	10.12	10.21	10.36	10.07	9.93	9.88	10.17	10.21	9.88	10.07	実験値
L ₀	m	625.25	647.30	661.36	656.23	634.02	634.02	642.86	656.23	629.63	616.53	612.20	638.43	642.86	612.20	629.63	現地値
H ₀ /L ₀		0.017	0.019	0.018	0.023	0.026	0.023	0.029	0.028	0.030	0.041	0.039	0.035	0.042	0.044	0.044	
d/L ₀		0.142	0.137	0.134	0.135	0.140	0.140	0.138	0.135	0.141	0.144	0.145	0.139	0.138	0.143	0.141	
d/H ₀		8.26	7.14	7.44	5.88	5.32	5.97	4.74	4.85	4.71	3.54	3.68	3.93	3.25	3.31	3.16	
Q ₁	cm ³										0.417×10 ⁻³	0.417×10 ⁻³	1.03×10 ⁻³				
Q ₂	m ³ /m・sec										0.111×10 ⁻³	0.111×10 ⁻³	0.275×10 ⁻³				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.040×10 ⁻³	0.040×10 ⁻³	0.096×10 ⁻³				
100Q ₄	m ³ /m・sec										14.1×10 ⁻³	14.1×10 ⁻³	33.9×10 ⁻³				
2πQ ₂ /H ₀ L ₀											0.113×10 ⁻³	0.119×10 ⁻³	0.301×10 ⁻³				
H _{max}	cm			25.90		38.50				40.10			50.30			58.80	
H _{min}	cm			17.70			19.20			23.10			37.50			45.10	
R ₁				0.19		0.33				0.27			0.15			0.13	
Sh ₁	sei-up m	1.45	2.80	2.50	3.35	3.80	3.25	4.45	4.20	4.70	4.90	4.85	5.35	5.20	5.35	5.05	
	T・P m	5.01	6.36	6.06	6.91	7.30	6.81	8.01	7.76	8.26	8.46	8.41	8.91	8.76	8.91	8.61	
Sh ₂	sei-up m	1.35	1.65	2.35	3.15	3.50	3.05	4.20	3.95	4.45	4.85	4.75	5.05	4.90	5.25	4.80	
	T・P m	5.17	5.47	6.17	6.97	7.32	6.87	8.02	7.77	8.27	8.67	8.57	8.87	8.72	9.07	8.62	
Sh ₃	sei-up m	1.25	2.55	2.35	3.20	3.45	3.05	4.15	3.80	4.30	4.85	4.65	5.00	4.95		4.85	
	T・P m	5.22	6.52	6.32	7.17	7.42	7.02	8.12	7.77	8.27	8.82	8.62	8.97	8.92		8.82	
Sh ₄	sei-up m	2.35	3.45	3.25	4.10	4.30	3.85	5.00	4.70	5.25	5.75	5.60	5.80	5.70	6.00	5.50	
	T・P m	5.46	6.56	6.36	7.21	7.41	6.96	8.11	7.81	8.36	8.86	8.71	8.91	8.81	9.11	8.61	
Sh ₅	sei-up m	3.25	4.15	4.05	4.90	5.10	4.75	5.75	5.55	6.00	6.45	6.30	6.45	5.75	6.75	6.25	
	T・P m	5.59	6.49	6.39	7.24	7.44	7.09	8.09	7.89	8.34	8.79	8.64	8.79	8.09	9.09	8.59	
Sh ₆	sei-up m	3.55	4.60		5.55	5.55	5.40	6.25	6.05	6.50	6.85	6.80	6.90	6.75	6.75	6.65	
	T・P m	5.15	6.20		7.15	7.15	7.00	7.85	7.65	8.10	8.45	8.40	8.90	8.35	8.35	8.25	

MODEL: B TYPE: 3

RUN		①			②			③			④			⑤		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H	m	9.79	11.35	10.89	13.79	15.23	13.55	17.07	16.72	17.16	22.84	21.95	20.58	24.90	24.46	25.60
Ho	m	10.71	12.40	11.89	15.06	16.55	14.82	18.66	18.26	18.77	24.99	24.02	22.50	27.21	26.76	28.00
T	sec	2.83	2.88	2.91	2.90	2.85	2.85	2.87	2.90	2.84	2.81	2.80	2.86	2.87	2.80	2.84
To	sec	20.02	20.37	20.59	20.51	20.16	20.16	20.30	20.51	20.09	19.88	19.81	20.23	20.30	19.81	20.09
L	m	10.02	10.27	10.42	10.36	10.12	10.12	10.21	10.36	10.07	9.93	9.88	10.17	10.21	9.88	10.07
Lo	m	625.25	647.30	661.36	656.23	634.02	634.02	642.86	656.23	628.63	616.53	612.20	638.43	642.86	612.20	628.63
Ho / Lo		0.017	0.019	0.018	0.023	0.026	0.023	0.029	0.028	0.030	0.041	0.039	0.035	0.042	0.044	0.044
打ち上げ高さ	6 波	6.8	9.8	8.7	13.0'	13.0	13.0'	10.4	13.0'	13.0'	17.0'	17.0'〃	17.0'	—	17.0'	14.3
	7 波	7.9	9.3	9.3	12.4	9.6	13.0	14.1	14.3	17.0'	17.0'	—	—	14.3	14.3	14.3
	8 波	8.2	—	8.7	13.0'	13.0'	13.0'	13.5	14.3	14.3	17.0'〃	17.0'〃	17.0'	17.0'	—	—
	9 波	9.6	9.6	9.8	—	13.0'	13.0'	14.3	13.5	14.1	—	—	—	13.0	17.0'	14.1
	10 波	9.8	10.4	—	—	12.7	12.7	14.3	13.2	13.5	—	17.0'〃	—	17.0'	13.0'	17.0'〃
	11 波	—	—	10.4	12.4	12.7	12.7	14.3	17.0'	17.0'	—	14.3	—	17.0'〃	13.5	17.0'
	12 波	—	10.1	13.0'	—	13.2	12.4	12.4	13.5	13.5	17.0'〃	17.0'〃	17.0'	—	—	14.3
	13 波	10.1	13.0'	9.6	13.2	12.4	13.0'	13.2	13.5	13.5	—	—	17.0'〃	—	—	17.0'〃
	14 波	10.4	10.4	10.4	13.5	13.0'	12.4	17.0'	13.8	13.8	—	17.0'〃	17.0'〃	—	14.3	14.3
	15 波	9.0	9.6	9.0	14.1	12.4	13.0'	17.0'	17.0'	17.0'	—	—	—	—	—	—
波高	16 波	9.8	13.0'	10.4	12.7	13.0	12.4	17.0'〃	14.1	17.0'	—	—	—	17.0'	—	—
	17 波	10.1	—	10.1	13.0	13.0'	13.0	—	17.0'	14.3	—	—	—	—	17.0'	—
	18 波	13.0'	10.4	13.0'	13.0'	13.0	13.2	13.0	13.0	13.0'	—	—	13.8	14.3	—	13.0'
	19 波	13.0'	13.0'	13.0'〃	13.0'	13.8	12.7	13.8	14.1	17.0'	13.5	—	14.1	14.1	13.2	17.0'
	20 波	9.6	10.4	10.1	13.5	12.7	13.0'	17.0'	13.0	17.0'	17.0'〃	14.3	17.0'	13.0	17.0'〃	13.8
	波数 (個数)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (3)	15 (0)	15 (4)
	被災率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.9
	波数 (個数)	52 (0)	59 (0)	55 (0)	55 (0)	59 (2)	70 (0)	63 (0)	61 (0)	60 (0)	68 (5)	66 (13)	64 (18)	66 (22)	60 (29)	65 (31)
	被災率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.9	4.1	5.0	6.6	7.0
	砂堤防建免 よりの高さ m															
砂 波 水 深 m																—
砂堤後放高 m		9.90	7.45		8.80	8.45		8.00	11.10		11.20	8.90		7.65	11.20	—

MODEL: B TYPE: 4

d = 1.77 m (坝地: 88.5 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
H	cm	21.61	22.36	20.80	27.44	28.46	29.72	37.22	36.96	37.64	43.38	45.32	45.30	52.82	50.68	52.52	上段:実験値
	m	10.81	11.18	10.40	13.72	14.23	14.86	18.61	18.48	18.82	21.69	22.66	22.65	26.41	25.34	26.26	下段:現地値
Ho	m	11.81	12.22	11.37	15.00	15.56	16.24	20.36	20.20	20.57	23.73	24.78	24.76	28.89	27.72	28.72	現地値
T	sec	2.88	2.88	2.87	2.35	2.86	2.88	2.83	2.87	2.86	2.81	2.84	2.86	2.83	2.82	2.82	実験値
To	sec	20.37	20.37	20.30	20.16	20.23	20.37	20.02	20.30	20.23	19.88	20.09	20.23	20.02	19.95	19.95	現地値
L	m	10.27	10.27	10.21	10.12	10.17	10.27	10.02	10.21	10.17	9.93	10.07	10.17	10.02	9.98	9.98	実験値
Lo	m	647.30	647.30	642.86	634.02	638.43	647.30	625.25	642.86	638.43	616.53	626.63	638.43	625.25	620.88	620.88	現地値
Ho / Lo		0.018	0.019	0.018	0.024	0.024	0.025	0.033	0.031	0.032	0.038	0.039	0.039	0.046	0.045	0.046	
d / Lo		0.137	0.137	0.138	0.140	0.139	0.137	0.142	0.138	0.139	0.144	0.141	0.139	0.142	0.143	0.143	
d / Ho		7.49	7.24	7.78	5.92	5.69	5.45	4.35	4.38	4.30	3.73	3.57	3.57	3.06	3.19	3.08	
Q ₁	cm ³							1.33 × 10 ²			4.00 × 10 ²	5.17 × 10 ²	6.83 × 10 ²	0.833 × 10 ²	1.33 × 10 ²	2.17 × 10 ²	
Q ₂	m ³ /m・sec							0.355 × 10 ⁻⁴			1.067 × 10 ⁻⁴	1.379 × 10 ⁻⁴	1.821 × 10 ⁻⁴	0.222 × 10 ⁻⁴	0.355 × 10 ⁻⁴	0.579 × 10 ⁻⁴	
Q ₃	m ³ /m・sec							0.125 × 10 ⁻⁴			0.380 × 10 ⁻⁴	0.486 × 10 ⁻⁴	0.637 × 10 ⁻⁴	0.078 × 10 ⁻⁴	0.126 × 10 ⁻⁴	0.205 × 10 ⁻⁴	
1/2 Q ₄	m ³ /m・sec							44.2 × 10 ⁻⁴			134.3 × 10 ⁻⁴	171.8 × 10 ⁻⁴	225.2 × 10 ⁻⁴	27.6 × 10 ⁻⁴	44.5 × 10 ⁻⁴	72.5 × 10 ⁻⁴	
2πQ ₂ /HoLo								0.438 × 10 ⁻⁴			1.145 × 10 ⁻⁴	1.388 × 10 ⁻⁴	1.809 × 10 ⁻⁴	0.193 × 10 ⁻⁴	0.324 × 10 ⁻⁴	0.510 × 10 ⁻⁴	
Hmax	cm			24.40		32.80				41.50		53.30				58.70	
Hmin	cm			17.60		20.90				26.50		37.40				50.80	
Rt				0.16		0.22				0.22		0.18				0.07	
Sh ₁	set-up T・P m	2.80	2.70	2.80	3.10	3.30	3.50	3.85	4.45	4.50	4.70	4.80	5.20	4.45	5.00	4.85	
	T・P m	0.36	0.26	0.36	0.66	0.66	0.66	1.06	1.41	1.06	1.26	1.36	1.76	1.06	1.56	1.41	
Sh ₂	set-up T・P m	2.60	2.50	2.25	3.00	3.10	3.20	3.55	4.10	4.15	4.50	4.60	4.90	4.25	4.50	4.45	
	T・P m	0.42	0.32	0.07	0.82	0.82	0.92	1.02	1.37	1.02	1.32	1.42	1.72	1.07	1.32	1.27	
Sh ₃	set-up T・P m	2.60	2.60	2.30	2.95	3.15	3.20	3.80	4.15	4.05	4.45	4.60	4.85	4.20	4.60	4.40	
	T・P m	0.57	0.47	0.27	0.92	1.12	1.17	1.77	2.12	2.02	2.42	2.57	2.82	1.17	1.57	1.37	
Sh ₄	set-up T・P m	3.55	3.50	3.55	3.85	4.05	4.05	4.45	5.00	5.00	5.35	5.45		4.95	5.30	5.25	
	T・P m	0.66	0.61	0.66	0.96	1.16	1.16	1.56	2.11	2.11	2.46	2.56		2.06	2.41	2.36	
Sh ₅	set-up T・P m	4.30	4.20		4.65	4.85	4.85	5.25	5.75	5.65	6.10	6.25	6.35	5.75	6.15	6.15	
	T・P m	0.64	0.54		0.99	1.19	1.19	1.59	2.09	1.99	2.44	2.59	2.69	2.09	2.49	2.49	
Sh ₆	set-up T・P m	4.75	4.75	4.60	5.15	5.25	5.25	5.65	6.25	6.10	6.40	6.60	6.55		6.60	6.50	
	T・P m	0.65	0.65	0.20	0.75	0.85	0.85	1.25	1.85	1.70	2.00	2.20	2.15		2.20	2.10	

MODEL: B TYPE: 4

RUN		①			②			③			④			⑤		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H	m	10.81	11.18	10.40	13.72	14.23	14.86	18.61	18.48	18.82	21.69	22.66	22.65	26.41	25.94	26.26
Ho	m	11.81	12.22	11.37	15.00	15.56	16.24	20.36	20.20	20.57	23.73	24.78	24.76	28.89	27.72	28.72
T	sec	2.88	2.88	2.87	2.85	2.86	2.88	2.83	2.87	2.86	2.81	2.84	2.86	2.83	2.82	2.82
Te	sec	20.37	20.37	20.30	20.16	20.23	20.37	20.02	20.30	20.23	19.86	20.09	20.23	20.02	19.95	19.95
L	m	10.27	10.27	10.21	10.12	10.17	10.27	10.02	10.21	10.17	9.93	10.07	10.17	10.02	9.98	9.98
Lo	m	647.30	647.30	642.86	634.02	638.43	647.30	625.25	642.86	638.43	616.53	629.63	638.43	625.25	620.88	620.88
Ho / Lo		0.018	0.019	0.018	0.024	0.024	0.025	0.033	0.031	0.032	0.038	0.039	0.039	0.046	0.045	0.046
打ち上げ高さ	6 波	13.0'	13.0'	13.0'	13.0'	12.4	13.0'	13.0'	13.2	13.8	17.0'	17.0'	—	14.3	17.0'	13.5
	7 波	"	10.1	10.4	13.0	14.1	13.0	14.1	17.0'シ	17.0'シ	17.0'シ	17.0'シ	17.0'	12.4	—	14.3
	8 波	10.1	10.4	13.0'	12.7	13.0'	13.0'	14.3	13.8	12.4	—	"	17.0'	—	17.0'シ	17.0'シ
	9 波	13.0'	13.0'	"	12.4	13.2	12.4	17.0'	14.3	17.0'シ	17.0'シ	—	—	10.4	17.0'	12.4
	10 波	13.0'シ	10.4	10.4	13.0'	13.0'	13.0'	14.3	17.0'シ	17.0'シ	—	—	—	—	—	—
	11 波	13.0'	"	13.0'	12.7	13.0	13.0	—	13.5	13.2	—	—	—	17.0'シ	14.3	17.0'シ
	12 波	"	13.0'	"	"	14.1	13.5	13.8	13.8	17.0'シ	—	17.0'シ	17.0'シ	"	17.0'シ	"
	13 波	"	"	"	13.0'	13.8	13.0'	17.0'シ	14.3	"	17.0'シ	"	"	"	"	"
	14 波	"	"	"	"	14.1	12.4	"	14.1	"	"	—	—	17.0'	14.1	"
	15 波	"	"	"	13.2	13.0	13.0	17.0'	17.0'	"	17.0'	—	—	14.3	14.3	—
	16 波	"	"	"	12.7	12.7	12.4	17.0'シ	13.0	13.8	17.0'シ	—	—	17.0'シ	17.0'	—
	17 波	10.1	"	"	13.5	13.2	13.2	"	17.0'シ	17.0'	—	—	17.0'	—	"	13.0
	18 波	10.4	"	"	13.0'	13.8	13.8	13.8	13.8	"	17.0'	17.0'シ	17.0'	—	"	13.0
	19 波	13.0'	"	10.4	13.0	13.0	13.2	17.0'	"	13.2	"	—	17.0'シ	12.4	17.0'シ	17.0'
	20 波	10.4	"	13.0'	13.0'	13.0'	12.4	13.5	13.0'	13.0'	13.2	17.0'	"	14.3	13.5	—
ブレイクポイント数	波数 (個数)	15 (0)	15	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (3)	15 (3)	15 (3)	15 (5)	15 (15-20)	15 (15-20)	15 (10 近)	15 (15-20)	15 (15-20)
	被災率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	1.5	6.1	6.1	3.1	6.1	6.1
	波数 (個数)	67 (0)	65 (0)	66 (0)	68 (0)	64 (0)	67 (0)	58 (3)	59 (8)	58 (6)	64 (32)	67 (63)	66 (59)	63 (76)	61 (81)	65 (72)
砕波状況	被災率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.4	1.8	9.8	19.3	18.0	23.2	24.8	22.0
	堤防頂上からの距離 m	225.00			255.00			278.50				681.00		710.00		現地
	水深 m	13.60			15.60			18.80				43.00		43.00		"
砕波後	水深 m	8.20	11.10		10.35	9.80		9.05	10.05		10.45		10.20	9.30	8.40	"
	砕波後水深 m	8.20	11.10		10.35	9.80		9.05	10.05		10.45		10.20	9.30	8.40	"

MODEL: B TYPE: 5

d = 1.77 m (現地: 88.5 m)

RUN	①			②			③			④			⑤			MEMO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
H	cm	19.02	18.28	18.18	25.36	25.94	23.32	31.70	30.82	31.24	42.96	42.84	45.76	49.24	50.80	52.34	上段実験値
	m	9.51	9.14	9.09	12.68	12.97	11.66	15.85	15.41	15.62	21.48	21.42	22.88	24.62	25.40	26.17	下段現地値
Ho	m	10.40	9.99	9.93	13.86	14.17	12.74	17.34	16.85	17.07	23.50	23.44	25.02	26.90	27.77	28.61	現地値
T	sec	2.85	2.87	2.87	2.85	2.87	2.89	2.83	2.84	2.86	2.82	2.81	2.84	2.88	2.85	2.85	実験値
To	sec	20.16	20.30	20.30	20.16	20.30	20.44	20.02	20.09	20.23	19.95	19.88	20.04	20.37	20.16	20.16	現地値
L	m	10.12	10.21	10.21	10.12	10.21	10.31	10.02	10.07	10.17	9.98	9.93	10.07	10.27	10.12	10.12	実験値
Lo	m	634.02	642.86	642.86	634.02	642.86	651.76	625.25	629.63	638.43	620.88	616.53	626.50	647.30	634.02	634.02	現地値
Ho / Lo		0.016	0.016	0.015	0.022	0.022	0.020	0.028	0.027	0.027	0.038	0.038	0.040	0.042	0.044	0.045	
d / Lo		0.140	0.138	0.138	0.140	0.138	0.136	0.142	0.141	0.139	0.143	0.144	0.141	0.137	0.140	0.140	
d / Ho		8.51	8.86	8.91	6.39	6.25	6.95	5.10	5.25	5.18	3.77	3.78	3.54	3.29	3.19	3.09	
Q ₁	cm ³										3.67 × 10 ²	5.00 × 10 ²	3.50 × 10 ²				
Q ₂	m ³ /m・sec										0.979 × 10 ⁻⁴	1.333 × 10 ⁻⁴	0.933 × 10 ⁻⁴				
Q ₃	m ³ /m・sec										0.347 × 10 ⁻⁴	0.474 × 10 ⁻⁴	0.329 × 10 ⁻⁴				
Q ₄	m ³ /m・sec										122.7 × 10 ⁻⁴	167.6 × 10 ⁻⁴	116.3 × 10 ⁻⁴				
2πQ ₂ /HoLo											1.053 × 10 ⁻⁴	1.448 × 10 ⁻⁴	0.934 × 10 ⁻⁴				
Hmax	cm			24.20		31.50			36.00				50.00			53.70	
Hmin	cm			19.00		26.30			30.60				36.80			42.00	
Rt				0.12		0.09			0.08				0.15			0.12	
Sh ₁	set-up m	1.55	1.55	1.55	2.35	2.55	2.55	3.10	3.05	3.05	4.30	4.35	4.40	4.30	4.30	4.10	
	T・P m	5.11	5.11	5.11	5.91	6.11	6.11	6.66	6.61	6.61	7.86	7.91	7.96	7.86	7.86	7.66	
Sh ₂	set-up m	1.30	1.35	1.30	2.00	2.15	2.20	2.80	2.70	2.65	3.95	3.90	3.90	4.00	3.80	3.70	
	T・P m	5.12	5.17	5.12	5.82	5.97	6.02	6.62	6.52	6.47	7.77	7.72	7.72	7.82	7.62	7.52	
Sh ₃	set-up m	1.20	1.25	1.15	1.80	1.80	1.95	2.45	2.40	2.35	3.70	3.60	3.65	3.85	3.60	3.50	
	T・P m	5.17	5.22	5.12	5.77	5.77	5.92	6.42	6.37	6.32	7.67	7.57	7.62	7.82	7.57	7.52	
Sh ₄	set-up m	1.50	1.55	1.50	2.05	2.30	2.35	2.95	2.85	2.85	4.05	4.00	3.95	4.20	3.95	3.80	
	T・P m	4.61	4.66	4.61	5.16	5.41	5.46	6.06	5.96	5.96	7.16	7.11	7.06	7.31	7.06	6.81	
Sh ₅	set-up m	1.80	1.80	1.75	2.50	2.75	2.75	3.30	3.25	3.25	4.40	4.40	4.30	4.55	4.30	4.25	
	T・P m	4.14	4.14	4.09	4.84	5.09	5.09	5.64	5.59	5.59	6.74	6.74	6.64	6.89	6.64	6.59	
Sh ₆	set-up m	1.85	1.90	1.90	2.55	2.75	2.80	3.40	3.25	3.35	4.35	4.50	4.45	4.50	4.55	4.45	
	T・P m	3.45	3.50	3.50	4.15	4.35	4.40	5.00	4.85	4.95	5.95	6.10	6.05	6.10	6.15	6.05	

MODEL: B TYPE: 5

RUN		①			②			③			④			⑤		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H	m	9.51	9.14	9.09	12.98	12.97	11.66	15.85	15.41	15.62	21.49	21.42	22.98	24.92	25.40	26.17
Ho	m	10.40	9.99	9.93	13.86	14.17	12.74	17.34	16.85	17.07	23.50	23.44	25.02	26.90	27.77	28.61
T	sec	2.85	2.87	2.87	2.85	2.87	2.89	2.83	2.84	2.86	2.82	2.81	2.84	2.88	2.85	2.85
To	sec	20.16	20.30	20.30	20.16	20.30	20.44	20.02	20.09	20.23	19.95	19.88	20.04	20.37	20.16	20.16
L	m	10.12	10.21	10.21	10.12	10.21	10.31	10.02	10.07	10.17	9.98	9.93	10.07	10.27	10.12	10.12
Lo	m	634.02	642.86	642.86	634.02	642.86	651.76	625.25	629.63	638.43	620.89	616.53	626.50	647.30	634.02	634.02
Ho / Lo		0.016	0.016	0.015	0.022	0.022	0.020	0.028	0.027	0.027	0.038	0.038	0.040	0.042	0.044	0.045
打ち上げ高さ	6 波	6.5	10.4	7.6	8.2	13.0'	10.4	9.8	13.0'	9.8	14.3	14.1	17.0'	13.0'	8.2	—
	7 波	7.3	"	10.1	10.1	13.8	13.2	12.4	"	12.4	—	—	—	—	17.0'	—
	8 波	7.9	7.9	9.8	13.2	10.1	10.4	14.1	17.0' ∨	13.8	14.1	14.3	—	17.0'	13.0'	13.0'
	9 波	8.4	10.1	7.3	10.4	12.4	10.4	12.4	13.0	10.4	17.0' ∨	—	17.0' ∨	"	17.0'	17.0'
	10 波	9.8	8.7	10.4	12.4	10.1	9.5	17.0' ∨	14.3	14.3	—	17.0' ∨	17.0'	"	13.0'	13.0'
	11 波	8.4	7.1	9.6	10.4	12.4	13.0'	13.0	12.4	12.4	14.3	13.8	17.0' ∨	"	12.4	17.0'
	12 波	7.6	9.6	8.7	9.8	"	"	12.7	13.2	13.5	—	17.0' ∨	"	"	13.0	12.4
	13 波	9.8	10.1	10.4	13.0'	"	10.4	14.3 ∨	13.0'	13.8	—	—	17.0'	"	17.0'	17.0'
	14 波	9.3	7.6	8.7	10.1	13.0'	13.0'	13.8	13.0	14.3	17.0'	—	—	17.0' ∨	14.1	"
	15 波	"	8.4	9.3	"	12.7	9.6	13.0'	14.3	13.6	"	—	17.0' ∨	12.4	12.4	"
	16 波	7.9	9.8	7.1	13.0'	13.5	13.0	"	14.1	14.1	"	17.0'	—	13.5	14.3	"
	17 波	9.6	8.7	7.1	"	13.0'	"	13.2	17.0'	17.0'	—	—	—	—	17.0'	"
	18 波	"	9.8	9.6	"	8.4	10.1	17.0'	"	13.8	—	—	17.0'	—	17.0'	—
	19 波	8.4	9.0	8.8	10.4	10.4	13.0'	13.5	10.4	10.1	17.0'	—	—	—	—	—
	20 波	7.6	7.6	9.0	13.0'	8.2	10.4	13.8	13.0	13.0	14.3	12.7	14.1	17.0'	—	13.0'
	波数 (個数)															
	波 長 率															
	波数 (個数)															
	波 長 率															
砂	埋 込 深 度 m	225.00			250.00			292.50			590.00			710.00		現 地
波	水 深 m	13.60			15.20			20.50			43.00			43.00		"
砂	埋 込 深 度 m	9.25	7.50		8.35	9.30		8.20	9.10		8.70	8.20		8.35	8.60	"