

土木研究所資料

太田川高潮堤防水理模型実験
(その 2)

昭和 57 年 3 月

建設省土木研究所
河川部海岸研究室

Copyright © 1982 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

広島市は太田川によって形成された河口デルタに発達した都市であり、現在では市内を太田川の派川である天満川、旧太田川、元安川などが流れている。一方、広島湾においては、過去昭和29年9月の洞爺丸台風および昭和30年9月のルイズ台風によって高潮による浸水被害を受けてきた。これらの災害を防止するための高潮対策事業が港湾区域および市内派川の河口部において実施されているが、堤防はまだ完成に至っていない。河口部の計画堤防高や堤防構造は一応決定はしているものの、河岸が公園として利用されている場所もあり、都市河川として環境の整備についても配慮する必要性が生じており、これらについての見直しも行なわれている。

土木研究所海岸研究室においては、中国地方建設局太田川工事々務所の依頼によって昭和53年度から55年度にかけて市内派川の一つである天満川について高潮時において河道内に侵入する波の変形実験を行なった。河道内に侵入した波は屈折、回折、海底摩擦等の影響を受けて変形し、堤防にうちあげ越波する。昭和56年度においては堤防に入射する波と越波量や反射率の関係、また越波した波による天端や裏のり被覆工の安定性について水理模型実験による検討を行なった。本報告は昭和56年度に検討を行なった項目について報告するものである。

昭和57年3月

海岸研究室長	橋 本 宏
研究員	田 中 茂 信
	弘 田 英 人

太田川高潮堤防水理模型実験（その2）

海岸研究室長 橋 本 宏
研究員 田 中 茂 信
弘 田 英 人

目 次

まえがき

1. 目 的	1
2. 越波量実験	2
2.1 実験目的	2
2.2 相 似 則	2
2.3 実験方法	3
2.4 実験条件	5
2.5 実験結果	14
2.6 ま と め	22
3. 被覆工の安定性実験	24
3.1 目 的	24
3.2 相 似 則	24
3.3 実験方法	25
3.4 実験条件	28
3.5 実験結果	30
3.6 ま と め	50
4. 結 果	54
付 表	55

1. 目 的

太田川河口部における高潮計画の問題としては、すでに昭和56年3月の「高潮堤防模型実験報告書」において述べたように、当初計画では湾岸道路の第1橋梁による波高の減衰を考慮していたが、現在では高架にする計画となっていること、また都市域に天端の高い堤防を造ることは都市景観のうえから問題のあることなどがあげられる。このために河道内に侵入する波の変形、消波構造物の効果、入射波高と堤防を越波する水量の関係、堤防の被覆工の越波に対する安定性などの問題について水理模型実験によって検討を行なうこととした。

河道内に侵入する波の変形と消波構造物の効果に関してはすでに前年度までに規則波および不規則波によって天満川で検討を行なっている。その結果によれば現在の計画堤防高は第1橋梁による波浪減衰の効果を検討しているために、橋梁のない場合には当然波のうちあげ高は計画堤防高より高くなる。また消波構造物として直立消波護岸や傾斜型消波工について検討を行なった。直立消波護岸はうちあげを低くするが上流へ侵入する波のエネルギー損失はあまりなく有効な工法と考えられなかった。また傾斜型消波護岸についてはうちあげ高を低くするとともに反射波を少なくするために構造物の設置されていない上流に対しても効果のあることが明らかになった。

河口部の波の変形やうちあげ高については平面実験によって検討を行なったが、入射波と越波量との関係や越波に対する被覆工の安定性について次に水路実験によって検討することとした。堤防の高さは計画潮位にうちあげ高を加えた高さ、または越波を防止するのに必要な高さとするところになっている。したがって入射波高と越波量の関係および消波ブロック等の効果を検討する必要がある。また越波を許容する場合には、越波に対して天端や裏のりが安全である必要がある。特に太田川およびその派川の河岸は公園となっている場所もあり、コンクリートやアスファルトで被覆するのは望ましくない場所もある。したがって実物に近い規模で実験を行ない、越波や波力に対する安定性について検討を行なった。

2. 越波量実験

2-1 実験目的

高潮堤防は、堤内地を高潮から安全に守るための施設である。この実験は、どのような様式の堤防が、最も効果的に高潮の被害を防止することができるかを調べるものである。波の反射率の大小は、堤防への波のうち上げ、越波と密接に関係しているとともに、河道内の波高分布や、上流部への波浪の侵入などとも関係する重要な要素である。また、越波量は、堤内地への水の侵入というだけでなく、堤防の天端、裏法さらには、堤防自体の構造安全上、最も重要視しなければならない項目である。

この2次元小型模型実験では、現在の計画波浪を含む5種類の波高に対して、各種の消波工および堤体について、反射率と越波量を測定し、高潮対策において最も有効な堤防構造の資料を得ることを目的としている。

2-2 相似則

現地で起る現象を、模型実験によって検証する場合、最も重要なのは、模型における現象と現地におけるそれとの間に、力学的相似関係が成立していることである。

実物模型の場合は問題とならないが、縮尺した模型実験を行なう場合、全てを力学的に相似にして実験を行なうことは非常に困難である。そこで、一般的には、注目する現象について、最も支配的な要素を模型と実物の間で相似にして実験を行なう。

固定床における波浪実験では、一般的に重力と慣性力が支配的であるため、これらの比を模型と実物の間で等しくして実験する必要がある。これをフルードの相似則と呼び、今、長さの代表値を L 、時間、速度の代表値をそれぞれ、 T 、 U 、重力の加速度を g とし、添字 p および m でそれぞれ実物および模型の量を表わせば、次の式で表わされる。

$$\frac{U_m / \sqrt{g_m \cdot L_m}}{U_p / \sqrt{g_p \cdot L_p}} = 1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

模型と実物において重力の加速度は等しい ($g_m = g_p$) ので、長さの比を $L_m / L_p = 1/S$ とすると、(1)式が満足されるためには、他の物理量の間に次の関係がなくてはならない。

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{U_m}{U_p} = \frac{1}{\sqrt{S}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

実際には模型実験において現象を支配している力は、重力と慣性力だけではなく、水の粘性力や表面張力などが考えられる。これらの縮尺効果については、前報に詳しく報告されているが、表面張力についてはさらに、越波時における、水の飛沫の大きさなどに影響を与えと考えられる。

模型の縮尺は、相似率、実験に使用する施設の規模や能力等によって決められる。相似率については上述したが、なるべく大縮尺の模型を用いたい。実験に使用する施設は、土木研究所海洋水理実験棟内の不規則波造波水路 (長さ 150 m, 幅 60 cm, 高さ 1.5 m) である。造波機の能力は、発生波周期 0.3~5.0 sec, 最大波高 30 cm (周期 1.5~2 sec) であるが、観測位置と造波板がかなり離れているため、観測位置における波高は、水路壁面の摩擦等により造波板直前の波高の約 60% 程度に減衰してしまう。

これらの諸条件を考慮して、長さの比が $1/25$ の模型を採用した。フルードの相似則から他の物理量の縮尺は表-1のようになる。

表-1 各物理量の縮尺

物理量	縮 尺
距離, 波高	$1/S = 1/25$
時間, 周期	$1/\sqrt{S} = 1/5$
越波量	$1/S\sqrt{S} = 1/125$

2-3 実験方法

2-3-1 実験装置

図-1に実験装置の概要を示す。長さ150mの水路の1端にフラップ型の造波板が設置されている。造波板から72.4mの位置から $1/75$ 勾配で30m, さらに $1/100$ 勾配で20m, 滑面となるように耐

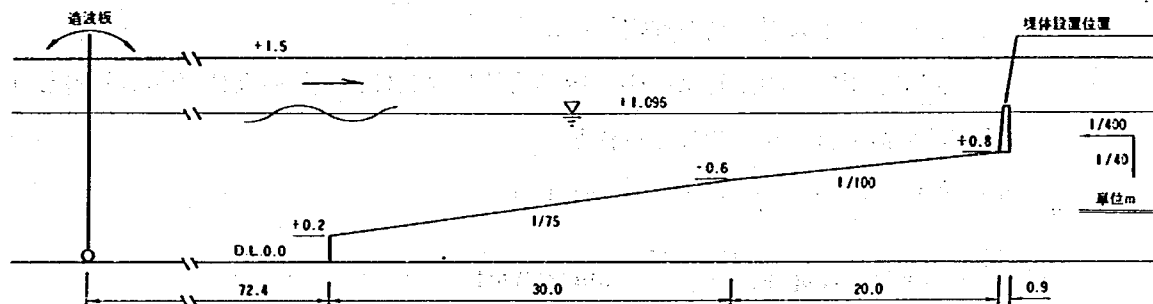


図-1 実験水路概要図

水ベニヤ板上に塩化ビニル板を張り合わせたマウンドを設置した。マウンドと水路壁の間は防水処理を施した。マウンドの後端には、種々の堤体が設置される。

図-2は、越波量測定用の分流板であり、越波した水のうち、幅30cmの部分のみ取り出して、受水ますに導くものである。

2-3-2 測定方法

実験は、予備実験と本実験に分けられる。

予備実験は、本実験において、堤体位置での波高を検定するものである。堤体を設置せずに図-3に示す4点において容量式波高計を設置した。記録にはペン書きオシログラフを用いた。造波板の振幅を

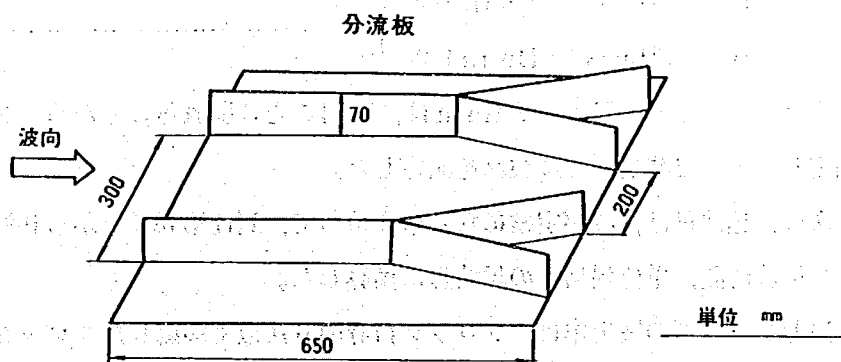


図-2 越波量分流板

変えて、各測定点における波高を記録し、本実験のための資料とした。

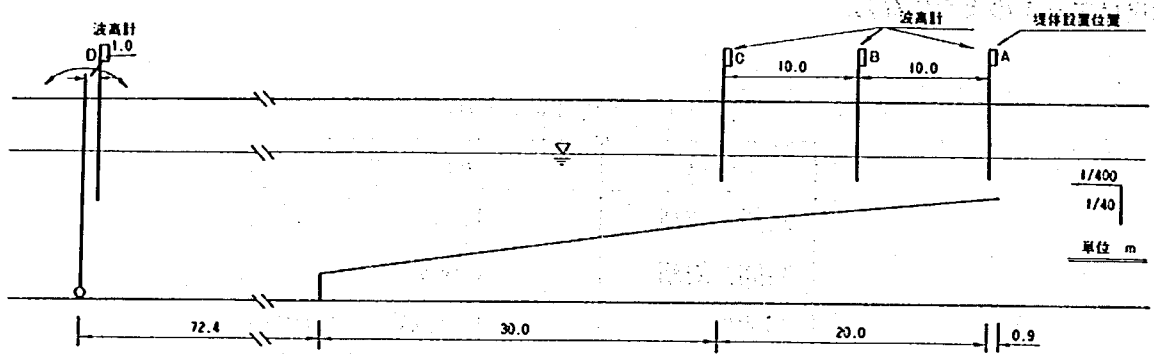


図-3 波高計設置位置

本実験は、各種の堤体を設置した状態で、波高、反射率、越波量および異形消波ブロックを設置した場合の被災率を測定した。測定は各ケースともに同一条件で3回づつ行なった。

波高は、造波板前面1 mの位置（図-3のD点）において測定し、予備実験における同一測点での波高記録から堤体設置（A点）での入射波高を推定した。

反射率は、Healyの方法を用いて測定した。Healyの方法によれば、入射波高 H_I の波と波高 H_R の反射波から成る部分重複波の波形は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} &= \frac{H_I}{2} \cos(kx - \omega t) + \frac{H_R}{2} \cos(kx + \omega t) \\ &= \frac{H_I + H_R}{2} \cos kx \cos \omega t + \frac{H_I - H_R}{2} \sin kx \sin \omega t \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここに x : 入射波の進行方向を正とする水平軸, t : 時間, k : 波数 ($= 2\pi/L$, L : 波長), ω : 角周波数 ($= 2\pi/T$, T : 周期) である。

上式で与えられる波高の場所的分布は、極大値 $H_{\max}$ と極小値 $H_{\min}$ が

$$\left. \begin{aligned} H_{\max} &= H_I + H_R \\ H_{\min} &= H_I - H_R \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、これより H_I , H_R が算出でき、反射率 $K_r = H_R/H_I$ が求められる。

$$\left. \begin{aligned} H_I &= (H_{\max} + H_{\min})/2 \\ H_R &= (H_{\max} - H_{\min})/2 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

(3)式の関係より、 $H_{\max}$ と $H_{\min}$ は、 $L/4$ ごとに現れることから、2本の波高計を50 cm間隔で台車に固定し、 $1/32$ 波長ごとに波高を測定した。

次に、越波量は、波が定常になるのを待って、到達第18波目から10波分の越波水をメスシリンダーで計り単位時間、単位幅当りの越波量に換算した。

異形ブロックの被災率は、ブロック自身の寸法以上移動したブロックの個数の総設置個数に対する割合として定義した。測定は、造波板による再反射の影響を除くため、5分間の造波を1サイクルとして、3サイクル15分間の記録をとった。

2-4 実験条件

前報で明らかにされたように、河口から上流へ進むにつれて、一般的に、河道内の波高は小さくなるので、高潮堤防の天端高も同様に低くすることができる。従って、本実験においても、いくつかの天端高について検討する必要がある。また、堤体の形状や、消波工の有無および種類、波返しの有無などによる越波量、反射率の違いも検討する必要がある。そこで下記の条件を組み合わせ、表-2に示す22種類の堤体について実験を行なった。図-4は堤体の断面図を表わしている。

表-2 実験ケース

ケース	潮位	波 浪		堤防断面	対 策 工	天 端 高	模 型 図
		H	T				
A-1	T. P. +4.4 m	1.0m	5.5 sec	B 型	—	T. P. + 5.4 m	図-4 (1)
A-2				"	—	" + 6.0 m	" (2)
A-3				"	—	" + 6.5 m	" (3)
A-4				"	波 返 し	" + 5.4 m	" (4)
A-5				"	"	" + 6.0 m	" (5)
A-6				"	テトラポッド	" + 5.4 m	" (6)
A-7				"	六脚ブロック	" "	" (7)
A-8		1.5		"	トライアン	" "	" (8)
A-9		2.0		C 型	—	" + 5.4 m	" (9)
A-10		2.25		"	—	" + 6.0 m	" (10)
A-11		2.5		"	—	" + 6.5 m	" (11)
A-12				"	波 返 し	" + 5.4 m	" (12)
A-13				"	"	" + 6.0 m	" (13)
A-14				"	テトラポッド	" + 5.4 m	" (14)
A-15				"	六脚ブロック	" "	" (15)
A-16				"	波返し+ テトラポッド	" "	" (16)
A-17				"	"	" + 6.0 m	" (17)
A-18				直立型	クロスホロー	" + 5.4 m	" (18)
A-19				傾斜型	階 段	" "	" (19)
A-20				小段型 (I)	—	" + 6.0 m	" (20)
A-21				小段型 (II)	—	" + 6.0 m	" (21)
A-22				"	—	" + 7.0 m	" (22)

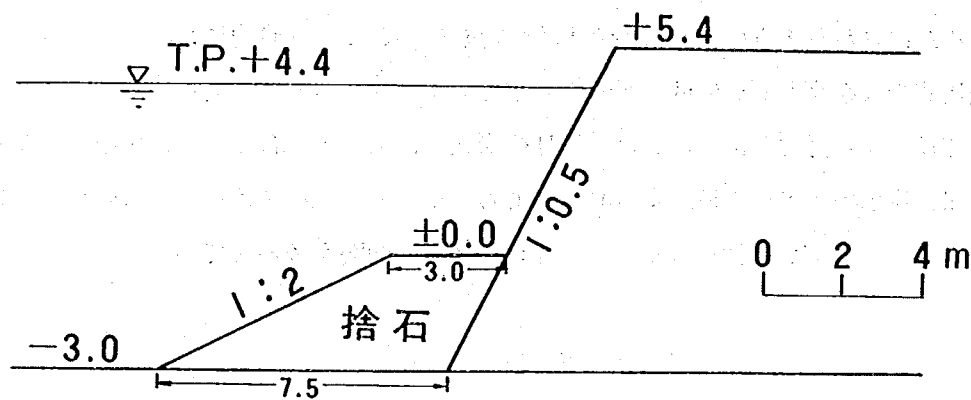
注) H: 堤体設置位置における通過波高

・堤体形状 B型堤防 (1:0.5)

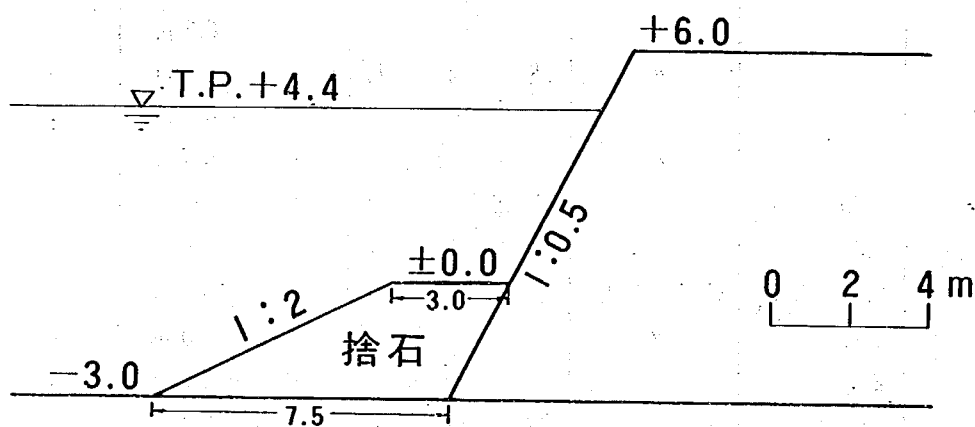
C型堤防 (1:1)

傾斜型堤防 (1:2)

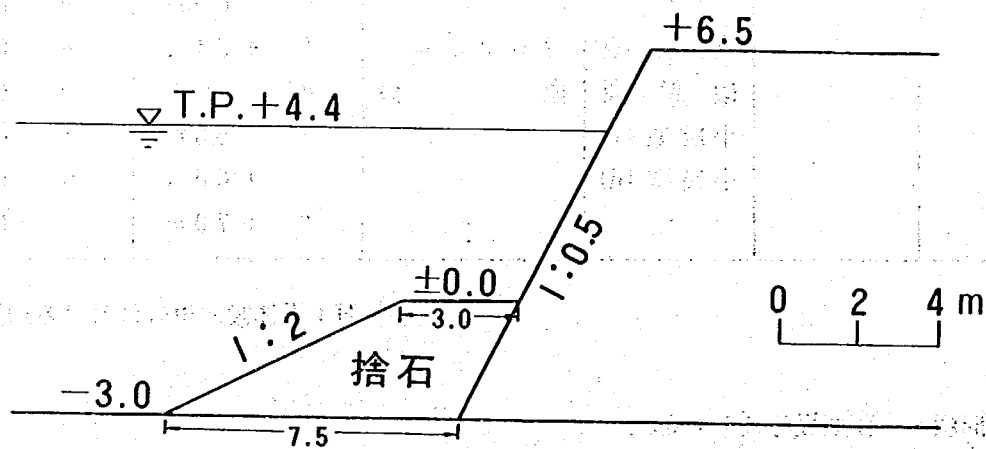
小段型堤防



(1) B型(T.P.+5.4m)

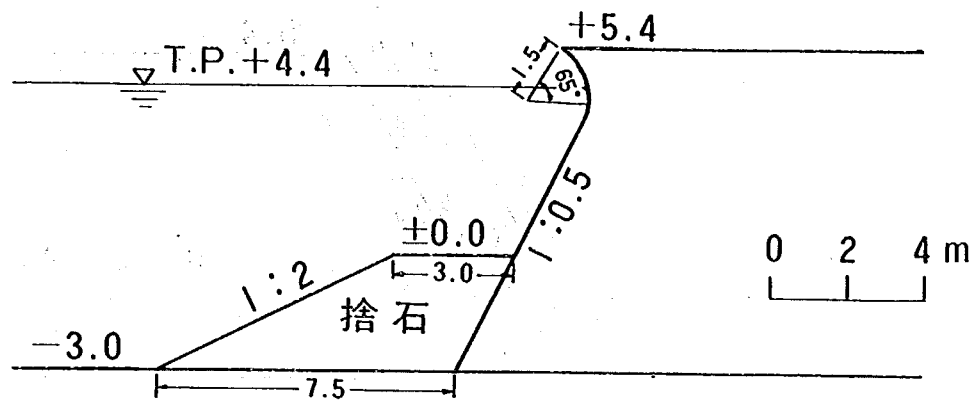


(2) B型(T.P.+6.0m)

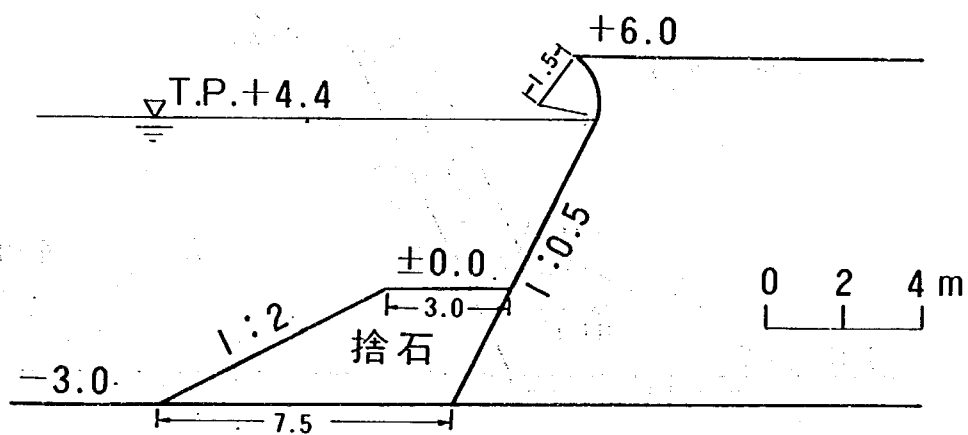


(3) B型(T.P.+6.5m)

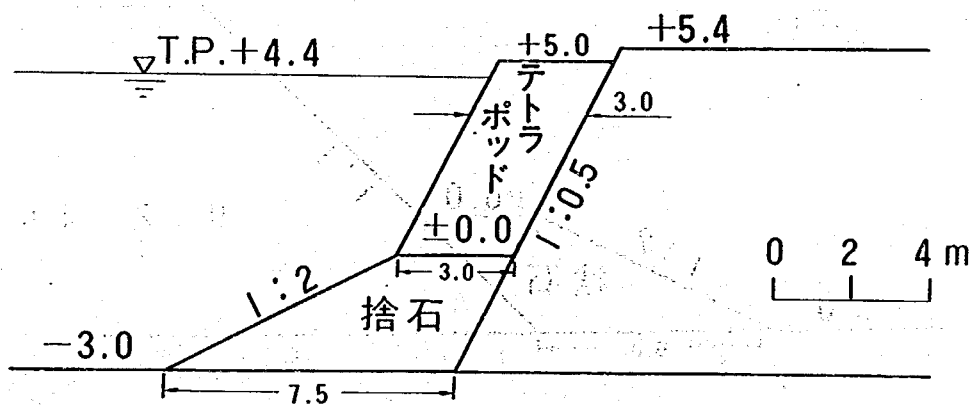
图-4(1) 堤体断面图



(4) B型(T.P.+5.4m, 波返し)

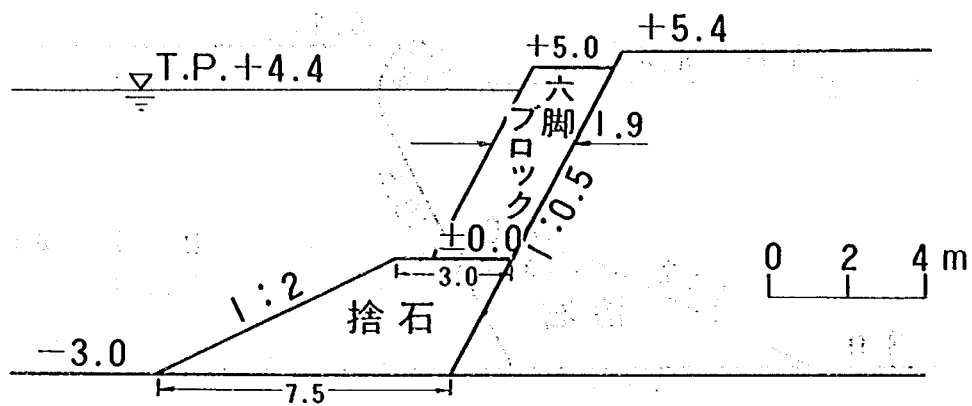


(5) B型(T.P.+6.0m, 波返し)

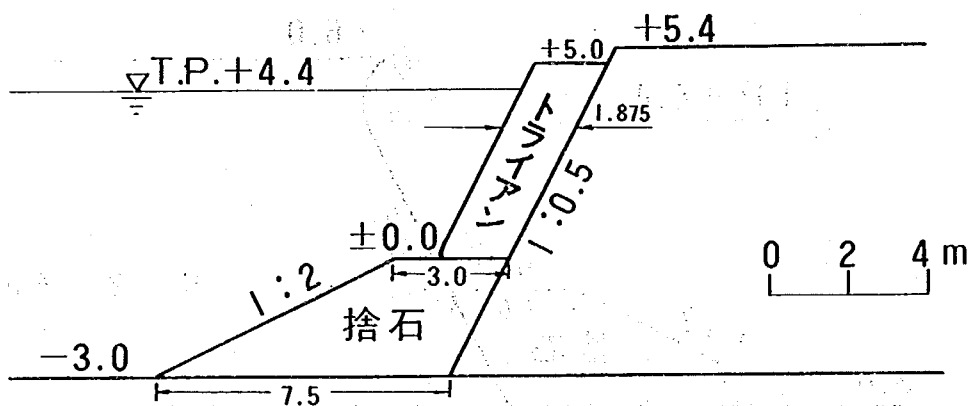


(6) B型(T.P.+5.4m, テトラポッド)

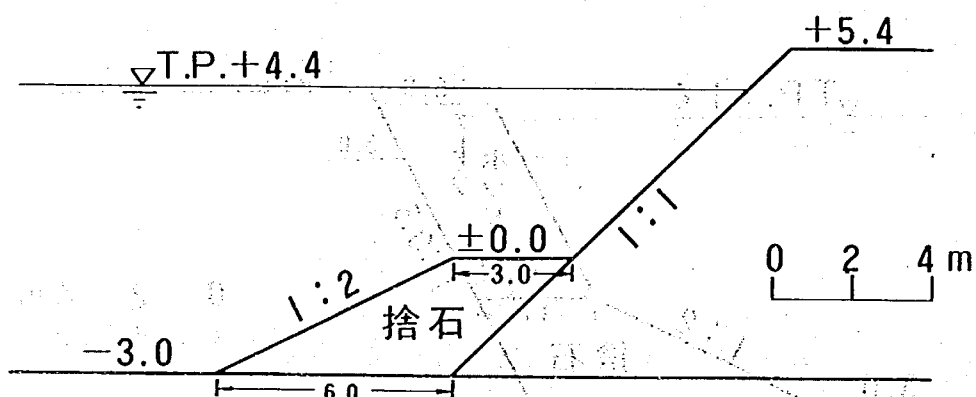
図-4(2) 堤体断面図



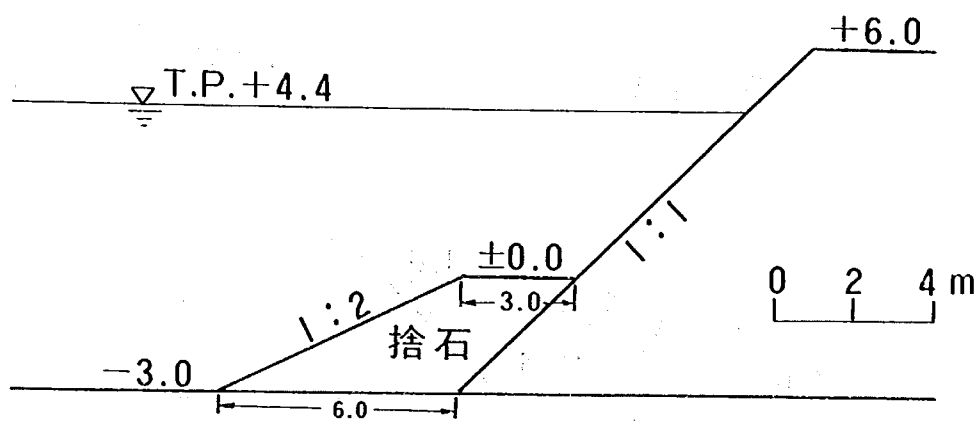
(7) B 型(T.P.+5.4m, 六角ブロック)



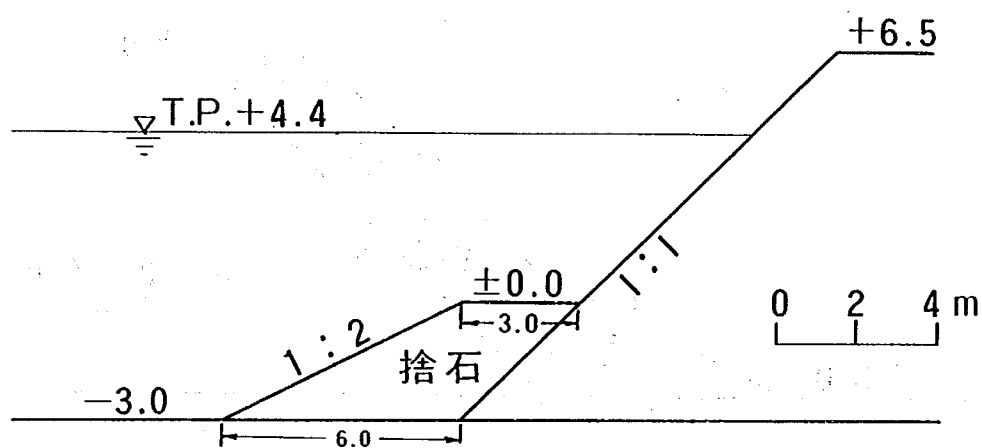
(8) B 型(T.P.+5.4m, トライアン)



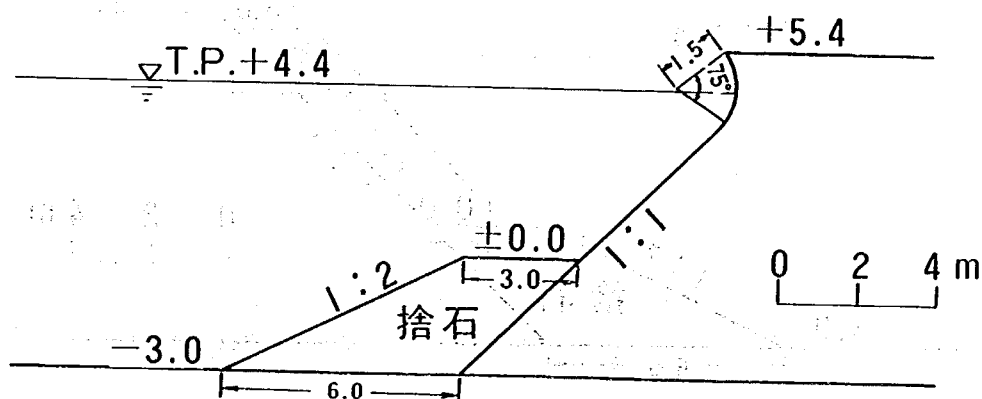
(9) C 型(T.P.+5.4m)



(10) C 型 (T.P. +6.0m)

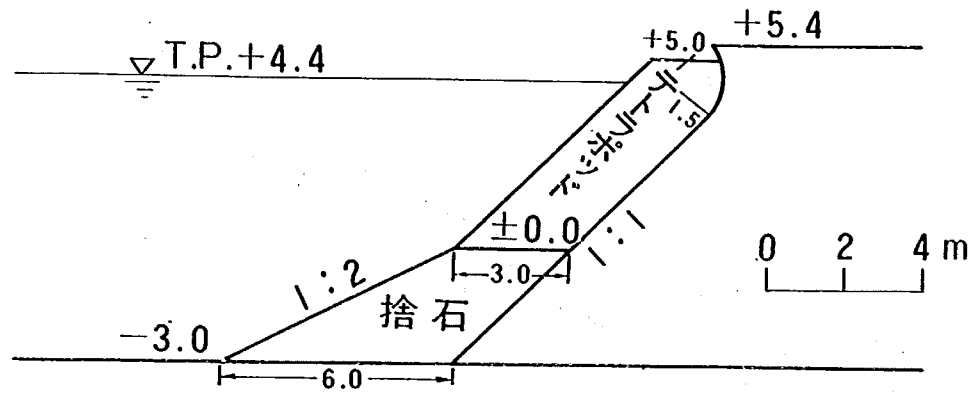


(11) C 型 (T.P. +6.5 m)

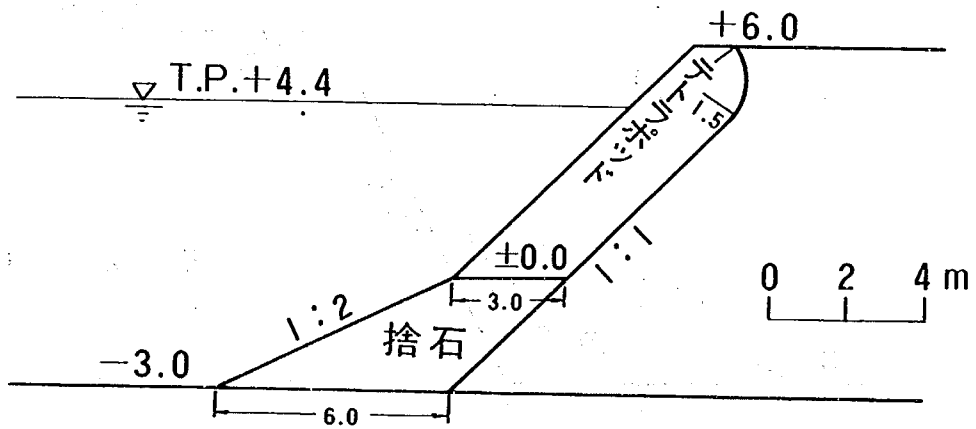


(12) C 型 (T.P. +5.4m, 波返 L)

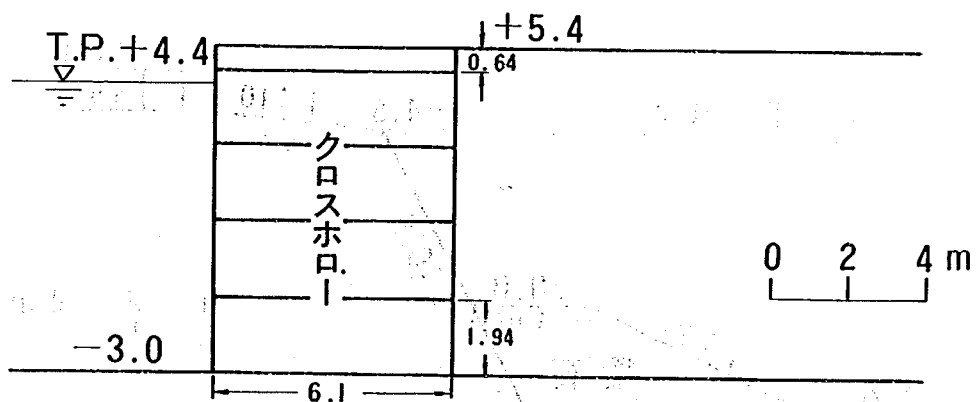
图-4(4) 堤体断面图



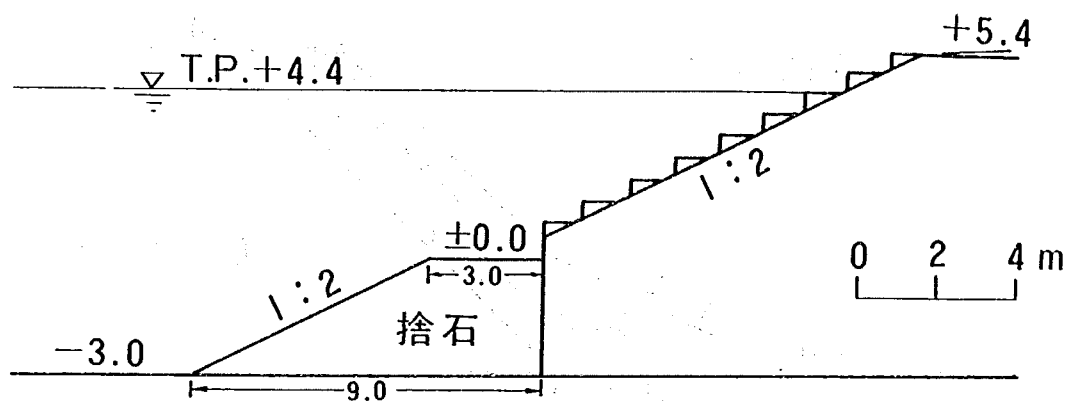
(16) C 型(T.P.+5.4m, テトラポッド, 波返し)



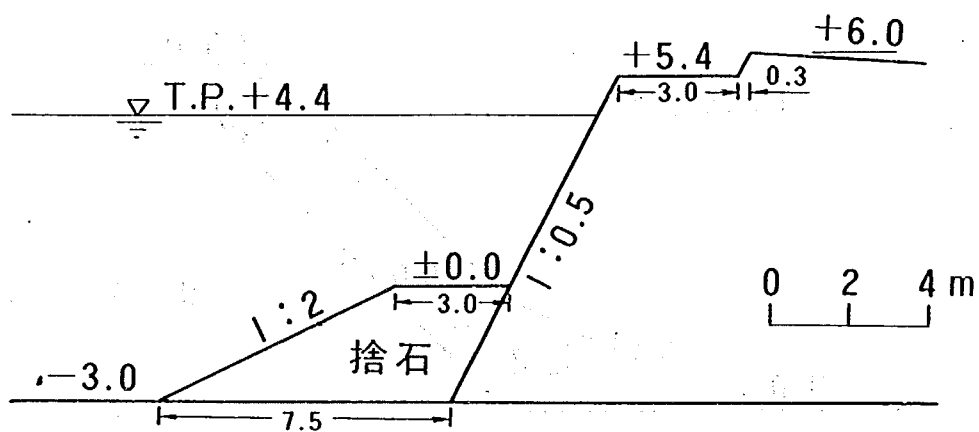
(17) C 型(T.P.+6.0m, テトラポッド, 波返し)



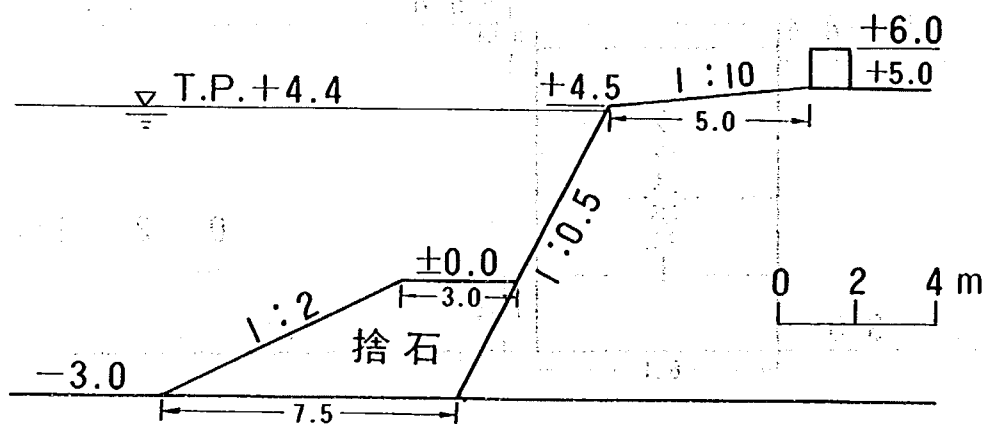
(18) 直立型(T.P.+5.4m, クロスホロー)



(19) 傾斜堤(T.P.+5.4m, 階段)

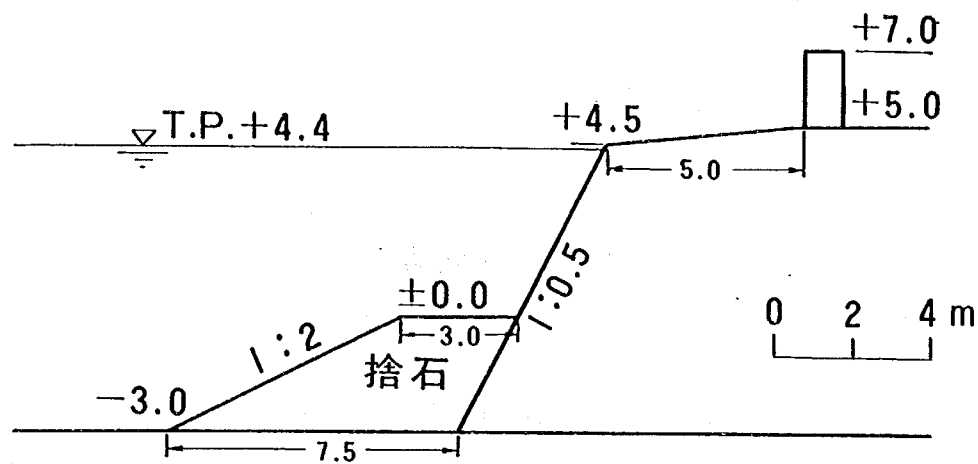


(20) 小段型(I) (T.P.+6.0m)



(21) 小段型(II) (T.P.+6.0m)

図-4(7) 堤体断面図



(22) 小段型(II) (T.P.+7.0m)

図-4(8) 堤体断面図

直立型堤防

- 波返しの有無
- 天端高 T.P. 5.4 m, 6.0 m, 6.5 m, 7.0 m
- 異形消波ブロック

テトラポッド 4t 型 2 層乱積み

六脚ブロック A 0.6×0.6 型 3.4t 1 層整積み

4t 型トライアン

40t 型クロスホロー

波浪条件は、波高 $H_o = 1.0, 1.5, 2.0, 2.25, 2.5 \text{ m}$

(模型: 4.0, 6.0, 8.0, 9.0, 10.0 cm)

周期 $T = 5.5 \text{ sec}$ (模型: 1.1 sec)

潮位 T.P. + 4.4 m (模型: 17.6 cm) で行なった。

2-5 実験結果

2-5-1 予備実験の結果

周期 1.1 sec において、造波機のアッテネーターの値と 4 つの測定点における波高の関係を表-3 と図-5 に示す。アッテネーターの値が 250 までは、造波機で発生させられた波は堤体設置位置まで碎波せずに到達しているが、それを越えると、D 点と C 点の間で碎波し、アッテネーターの値の増加に比べて、A 点での波高はそれほど増加しなくなる。図-5 の結果を用いて、A 点で所定の波高が得られるように、アッテネーター値を選んで再び造波して検定した結果を表-4 に示す。本実験はこのアッテネーター値を使用した。

表-3 波高測定値

周期 $T = 1.1 \text{ sec}$

ATT	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)
50	2.0	1.5	1.9	3.0
100	3.8	3.5	4.4	6.4
150	5.4	5.6	6.2	9.6
200	7.0	7.4	8.2	12.4
250	8.8	10.4	10.0	16.0
350	9.6	10.2	10.6	22.2
400	10.0	11.4	11.2	23.0

表-4 実験波の ATT 値

H_p (m)	H_m (cm)	ATT
1.0	4.0	105
1.5	6.0	160
2.0	8.0	220
2.25	9.0	251
2.5	10.0	400

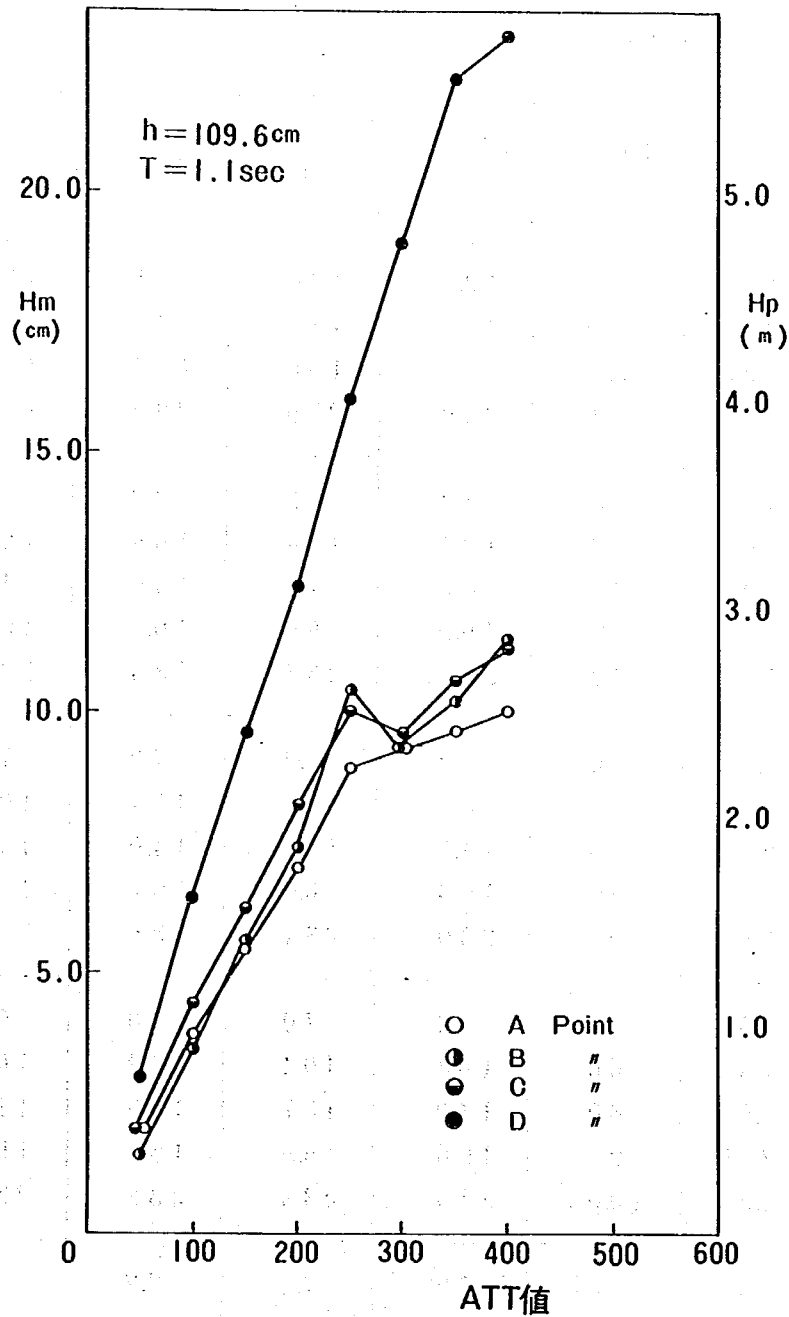


図-5 造波特性曲線

2-5-2 本実験の結果

表-5は、造波板前面での波高を予備実験の値と比べたものである。表中、 H_p 、 H_m はそれぞれ現地、模型での設定波高、 H_b^* は予備実験で検定された造波板前面での波高、 H_b は、本実験での造波板前面での波高であり、 H_b^* と H_b は良く一致しており、堤体位置へ所定の入射波が到達したものと考えられる。なお、波高が2.5mの場合は、砕波により変動が激しいので平均する波の数を20波程度とした。

(反射率)

付表1から22は、堤体前面における最大波高と最小波高、および反射率を示す。また付図1から22は、横軸に波高、縦軸に反射率をとって、3回の測定値の変動幅と平均値を示している。

表-5 (I) 波高測定値

ケース	Hp (m)	Hm (cm)	H* (cm)	H (cm)		
				1	2	3
A-1	1.0	4.0	7.2	7.0	7.0	6.9
	1.5	6.0	10.4	10.0	10.1	10.3
	2.0	8.0	14.0	13.4	13.5	13.6
	2.25	9.0	16.0	15.6	15.4	15.6
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.6	23.5
A-2	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A-3	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.4	23.5	23.5
A-4	1.0	4.0	7.2	7.0	7.0	6.8
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.2	10.3
	2.0	8.0	14.0	13.7	13.5	11.1
	2.25	9.0	16.0	15.5	15.2	15.5
	2.5	10.0	23.0	23.2	23.2	23.5
A-5	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A-6	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.2	23.4

表 - 5 (2) 波高測定値

ケース	Hp (m)	Hm (cm)	H* (cm)	H (cm)		
				1	2	3
A - 7	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.1	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.2
	2.5	10.0	23.0	23.0	23.5	23.2
A - 8	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.1
	1.5	6.0	10.4	10.3	10.5	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.3	14.2	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A - 9	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.3
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.7
	2.0	8.0	14.0	13.8	14.2	14.2
	2.25	9.0	16.0	15.7	16.2	16.2
	2.5	10.0	23.0	24.0	24.0	24.5
A - 10	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.1
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	15.9	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.3	23.5	23.5
A - 11	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.5	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A - 12	1.0	4.0	7.2	7.3	7.6	7.1
	1.5	6.0	10.4	10.8	11.0	10.5
	2.0	8.0	14.0	14.2	14.6	13.8
	2.25	9.0	16.0	15.8	16.2	15.7
	2.5	10.0	23.0	23.0	23.2	23.2

表-5 (3) 波高測定値

ケース	Hp (m)	Hm (cm)	H* (cm)	H (cm)		
				1	2	3
A-13	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A-14	1.0	4.0	7.2	7.0	7.2	7.4
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.2
	2.0	8.0	14.0	13.8	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	15.8	15.5	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.2	23.2	23.0
A-15	1.0	4.0	7.2	7.0	7.2	7.3
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.5
	2.0	8.0	14.0	13.8	13.8	13.8
	2.25	9.0	16.0	15.3	15.8	15.8
	2.5	10.0	23.0	23.0	23.2	23.2
A-16	1.0	4.0	7.2	7.2	7.0	7.0
	1.5	6.0	10.4	10.8	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.1	14.2	14.2
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.0	23.0	23.0
A-17	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.2
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	24.0	24.0	24.0
A-18	1.0	4.0	7.2	7.2	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.6

表-5 (4) 波高測定値

ケース	Hp (m)	Hm (cm)	H* (cm)	H (cm)		
				1	2	3
A-19	1.0	4.0	7.2	7.1	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.2	14.1	14.1
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A-20	1.0	4.0	7.2	7.0	7.2	7.0
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.6	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.2	14.3
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.4	23.4	23.4
A-21	1.0	4.0	7.2	7.0	7.2	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.4	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5
A-22	1.0	4.0	7.2	7.1	7.1	7.2
	1.5	6.0	10.4	10.4	10.3	10.4
	2.0	8.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	2.25	9.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	2.5	10.0	23.0	23.5	23.5	23.5

一般に反射率は、波形勾配 H/L の増加につれて小さくなるが、ケースA-18については、この傾向が見られない。図-6は、B型堤防について、消波ブロック、波返し等の影響を調べるため、ケースA-1~8の結果を示したもので、消波ブロックを有するケースA-6, 7, 8は、他のブロックの無い場合に比べ反射率が小さくなっている。波返しの有るケースA-4, 5と波返しの無いケースA-1, 2, 3を比べると、波返しの有る方が少し反射率が小さい傾向にあることがわかる。波高が2m以

CASE	堤防天端高	消波ブロック	波返し
○ A-1	T.P. 5.4m	なし	なし
● A-2	T.P. 6.0m	なし	なし
△ A-3	T.P. 6.5m	なし	なし
▲ A-4	T.P. 5.4m	なし	あり
□ A-5	T.P. 6.0m	なし	あり
■ A-6	T.P. 5.4m	テトラポッド	あり
◇ A-7	T.P. 5.4m	六脚	なし
◆ A-8	T.P. 5.4m	トライアン	なし

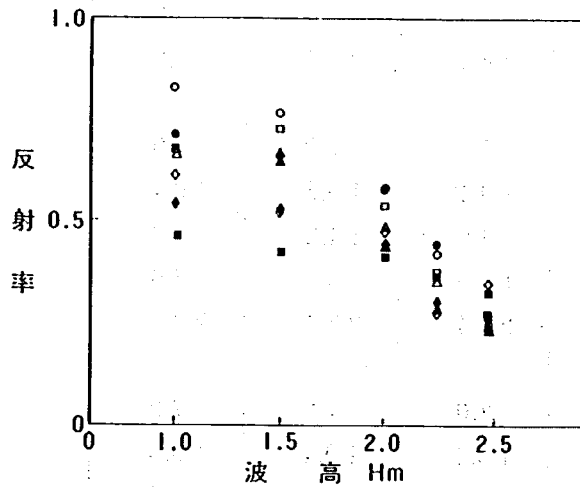


図-6 B型堤防

CASE	堤防天端高	消波ブロック	波返し
○ A-9	T.P. 5.4m	なし	なし
● A-10	T.P. 6.0m	なし	なし
△ A-11	T.P. 6.5m	なし	なし
▲ A-12	T.P. 5.4m	なし	あり
□ A-13	T.P. 6.0m	なし	あり
■ A-14	T.P. 5.4m	テトラ	あり
◇ A-15	T.P. 5.4m	六脚	なし
◆ A-16	T.P. 5.4m	テトラ	あり
▲ A-17	T.P. 6.0m	テトラ	あり

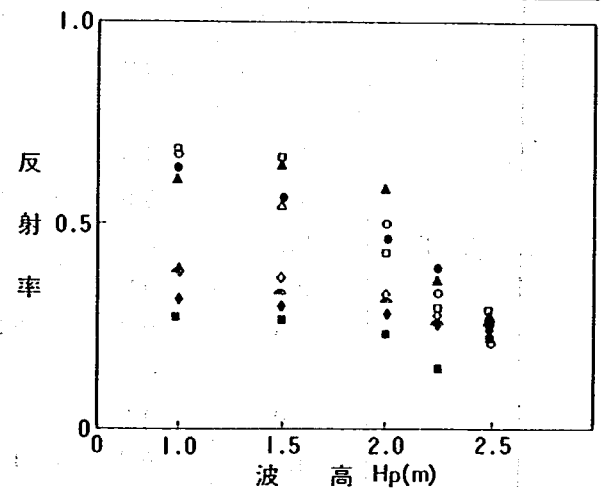


図-7 C型堤防

CASE	堤防天端高	消波ブロック	波返し
○ A-18	T.P. 5.4m	クロスホロー	なし
● A-19	T.P. 5.4m	なし(傾斜)	なし
△ A-20	T.P. 6.0m	なし	なし
▲ A-21	T.P. 6.0m	なし	なし
□ A-22	T.P. 7.0m	なし	なし

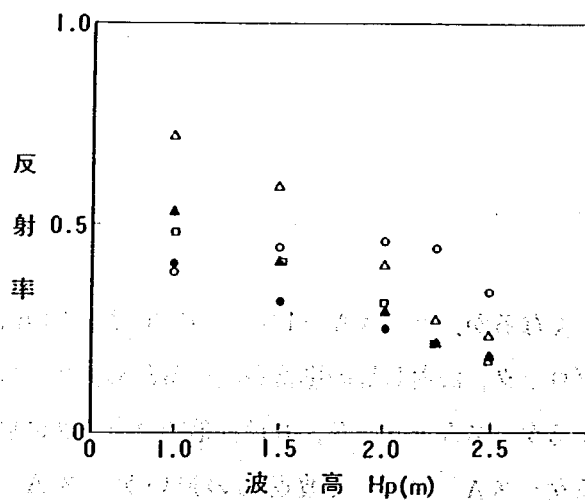


図-8 直立, 傾斜, 小段

B 型	C 型	消波ブロック
CASE	CASE	
● A-1	▲ A-9	なし
▲ A-6	■ A-14	テトラポッド
△ A-7	□ A-15	六脚ブロック

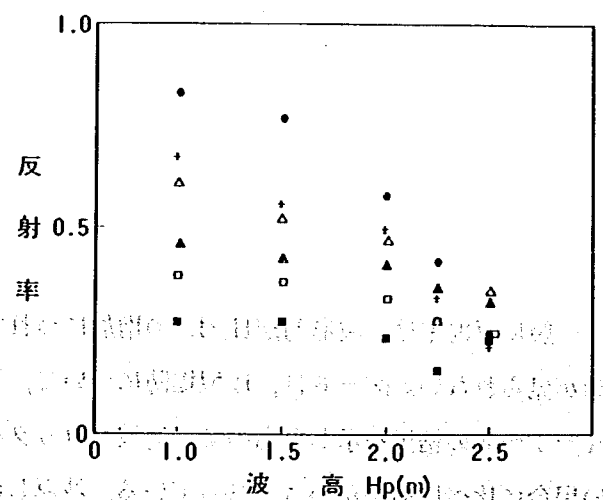


図-9 堤体と消波工の種類による反射率の変化

B 型 堤防天端高 (T.P. + 5.4 m)

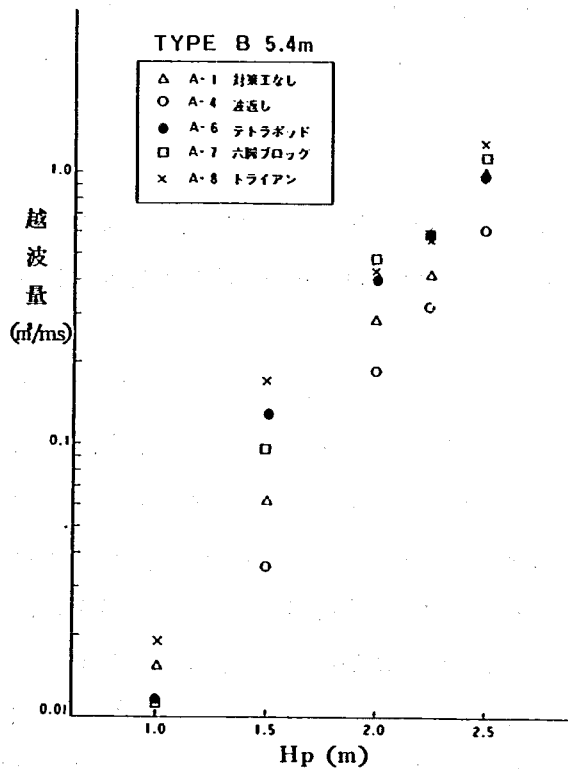


図-10 越波量 (B 型堤防)

C 型, 直立型, 傾斜型

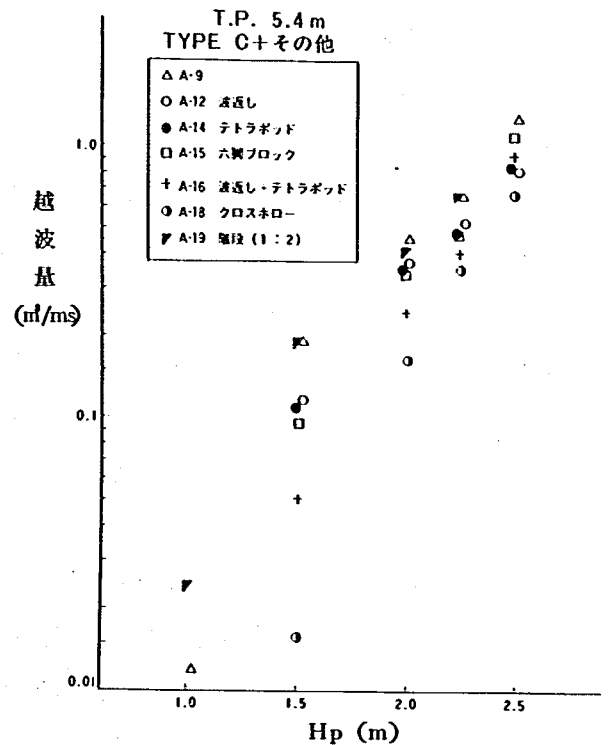


図-11 越波量 (C 型堤防, 直立堤, 傾斜堤)

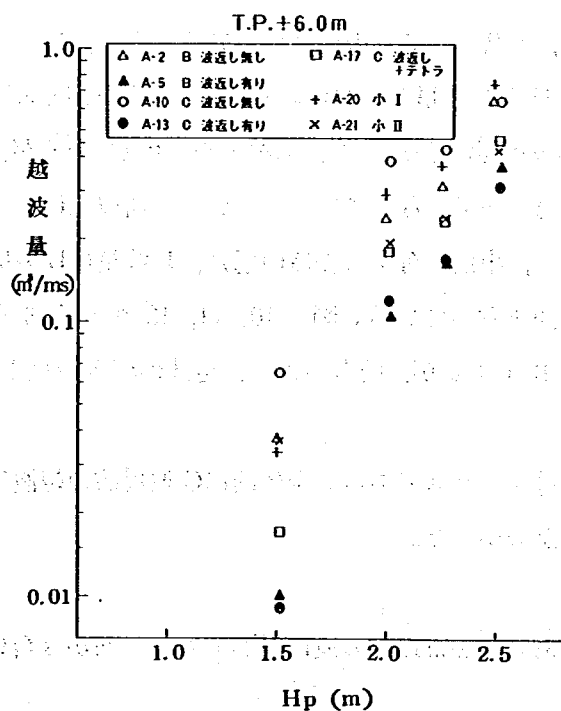


図-12 越波量 (T.P. + 6.0 m)

下の場合は、ケース A-6 のテトラポッドによる消波工を設置した方が最も反射率が小さい。

図-7 は、C 型堤防について図-6 と同様に反射率を比べたものである。消波工の無いケース A-9 ~ 13 と消波工を設置したケース A-14 ~ 17 を比べると、波高 2 m 以下においては、反射率は倍近く異なり、消波工の効果が著しく現れている。波返しの反射率に与える影響は、図-7 からは判別できず、波返しは反射率に影響が無いと考えられる。また、B 型堤防と同じように、C 型においても、消波工の中では、テトラポッドが、反射率の抑制に最も寄与しているようである。図-8 は、ケース A-18 ~ 22 について反射率を整理したものである。1:2 勾配の傾斜型堤防 (ケース A-19) の反射率が、どの波高においても小さい値を示している。ケース A-20, 21, 22 は、小段を有する堤防である

が、表法勾配はB型と同じ1:0.5であり、反射率は少し大きい。図-9は、ケースA-1, 6, 7, 9, 14, 15の反射率を示す。B型のケースA-1, 6, 7に対するのがC型のケースA-9, 14, 15であり、全ての波高において、表法勾配のゆるいC型の方が反射率が小さくなっている。さらに、消波工を加えれば、反射率も小さくなる。

(越波量)

越波量については実験の結果はまとめて付表及び付図に示してあり、各ケースの越波量を現地スケールに換算して表わしている。同図は横軸に波高、縦軸に単位幅、単位時間当りの越波量の対数をとっており、図中には、3回の平均値と変動幅が示されている。

越波量は、天端高と密接な関係があると思われるので天端高を一定にして、堤防形状の違いによる越波量の変化を考えてみる。図-10は、B型堤防の天端高T.P. + 5.4 mのタイプについて、比較したものであり、図中の値は3回の平均値を用いている。図-10より、テトラポッド、六脚ブロックおよびトライアンを用いた消波工を設置したケースより、消波工を設置しないケースA-1の方が、波高1.5 m以上において、越波量が少ないという結果になっている。一方、波返しのみを追加したケース4では、全波高にわたって、越波量が小さく、波返しが有効である。同様にC型堤防について、天端高T.P. + 5.4 mの堤防について比較したのが図-11で、同時に、クロスホローを用いた直立堤と傾斜堤防も比較されている。図-11に示すようにC型堤防では、消波工や波返しを施工しない場合、施工した場合に比べ、越波量が多くなっている。C型堤防の中で最も効果的な対策工はケースA-16で示されるように、テトラポッド+波返しの場合である。波高2.5 mの場合を除けば、テトラポッドの効果と波返しの効果が重ね合わされている。ケースA-19の傾斜堤は、反射率は小さかったが、越波量は、対策工なしのC型堤防より若干多い。一方、クロスホローは、越波に対して、かなり効果があるようで、天端高T.P. + 5.4 mのケース中で最も越波量が少ない。次に、天端高、T.P. + 6.0 mの場合についてみると、図-12より、B型、C型ともに、波返しのためのケースA-5, 13が越波量が少ない。しかし、対策工なしの場合に比べて、消波工の効果は現れている。ケースA-17の場合、波返しと、消波工を併用しているが、消波工を設置したことにより、波返し工だけの場合より悪い結果となっている。これは、消波工により乱された波が不規則に越波するためだと考えられる。また、小段を有する堤体の場合、越波量はB型堤防と似た傾向であるが、ケースA-21の方が、良好な結果となっている。図-10, 11, 12から全波高にわたって、最も越波量の少ないのは、ケースA-5と13であるが、両者の差は、越波の測定精度上、有意なものではない。

B型堤防においては、消波工の効果は越波量についてはマイナスである。全体的にC型堤防の越波量が多く、B型、直立堤の順に少なくなる傾向があることが分かった。

(消波ブロックの被災率)

実験波に対して、各ブロックの安定性は非常に良好であり、2 m以上の波に対しても、一部かみ合いの悪いブロックが若干動く程度で被災はしなかった。

一方、捨石部分は、消波ブロックを設置しない場合に法肩部の数個が波の進行、反射方向に移動した。

2-6 まとめ

22種類の高潮堤防案について、反射率、越波量、被災率を検討した。

被災率については、上述したように、実験に用いたブロックで十分な安定性を持っていることがわかった。

反射率と越波は、堤体に作用する波高を考えると、分離して考えることはできない。たとえば、傾斜堤防のように、反射率は小さくても、越波量が多く、採用するには、問題が残る。逆に、クロスホローは、越波量が少ないが、高波浪時の反射率が大きく、河道内の波高を高くする危険性があり、堤防に作用する波高の上昇や、上流部への波の侵入などの問題を残す。またB型堤防に消波工を用いたものは、用いないものより越波量が多く、効果的ではない。一方C型堤防に、消波工および波返しを設置した場合は、反射率が今回の実験の中で最も小さいものの1つであり、天端高T.P. + 5.4 mの中で、クロスホロー、対策工無しのB型堤防+波返しのケースに次いで越波量が少なく、全体的にバランスのとれた形状であると考えられる。T.P. + 6.0 mの場合は、B、C型堤防の波返し工付きの場合より、C型堤防+波返し+消波工の方が全体的に効果的であると考えられる。

3. 被覆工の安定性実験

3-1 目的

堤防を越波した波は堤内に入ってくるが、天端や裏のりの構造によっては、越波した水によって破壊されてしまう。堤防が破壊しない許容越波量としては表のり、天端、裏のりがコンクリートやアスファルトで被覆されている場合、すなわち三面張りの場合には $0.05 \text{ m}^3/\text{m sec}$ 程度であるといわれている。また裏のりの被覆のない場合には許容量は $0.005 \text{ m}^3/\text{m sec}$ と減少する。

堤防の天端や裏のりを張ブロックや芝で被覆する場合にどの程度の越波によって破壊するかを明らかにする必要がある。したがって堤防の天端および裏のりを数種類の被覆工によって覆い、その安定性を検討した。

3-2 相似則

模型実験を行なう場合には実物と模型の相似性が保たれていなければならない。波浪現象についての相似性については重力と慣性力が支配的であると考えられ、その比を実物と模型で同一とするとフルードの相似則が得られる。これは次のように表わされる。

$$Fr = \frac{V_p}{\sqrt{gh_p}} = \frac{V_m}{\sqrt{gh_m}} \dots\dots\dots (6)$$

ここで Fr : フルード数, V : 速度, g : 重力の加速度, h : 長さ, 添字 p と m で実物と模型を表わす。

被覆工の破壊についての相似性についてはどのような現象が支配的であるかによって変わる。破壊の形態としては被覆材料が砂や捨石の場合には越波した水によってこれらの材料に剪断力または抗力が働き、それによって移動する形態が考えられる。次はコンクリートやアスファルトによって全面が被覆されている場合に、波による圧力または揚圧力によって被覆していたコンクリート等が破壊する現象が考えられる。また堤体内に水が滲透して堤体を構成している土砂の強度が低下してすべりによる破壊が生じる場合も考えられる。したがってこれらの現象に関する相似率に関しては実物でどのような現象が生じるかをまず明らかにして、それにもとづいて支配的物理量を調べ相似性を検討するということになる。しかし実際に生じる破壊現象については常に生じるものでもなく、また同じ形態の破壊が生じるのでもないために、模型実験においてどのような破壊形態が生じるのかについても検討する必要がある。したがって相似性については破壊の形態にもとづいて検討する必要もある。

揚圧力、剪断力、抗力によって捨石の破壊や被覆土が移動する現象については重力とこれらの力が支配的と考えられる。揚圧力、剪断力、抗力は一般的に次のように表わすことができる。

$$\tau = \frac{1}{2} \rho C V^2 \ell^2 \dots\dots\dots (7)$$

ここで τ は剪断力等を表わし、 ρ は海水の密度, C : 摩擦係数, V : 速度, ℓ : 代表長さである。揚圧力の場合には C は揚力係数、抗力の場合は抗力係数に対応する。この場合の相似則については重力とこれらの力の比が実物と模型で相似でなければならないということから次のような関係が導かれる。

$$\frac{\frac{1}{2} \rho C_f V_p^2 \ell_p^2}{\rho g \ell_p^3} = \frac{\frac{1}{2} \rho C_f V_m^2 \ell_m^2}{\rho g \ell_m^3} \dots\dots\dots (8)$$

したがって密度、重力の加速度、摩擦係数等が実物と模型で同じであればさきに述べたフルードの相似則に帰着する。この場合水やブロックの密度は実物、模型ともに同じであると考えている。

構造物の種々の破壊形態すべてについて相似性を保つことは困難であると考えて、ここではできるだけ

できるだけ実物に近い規模で実験を行なうこととした。模型の縮尺は利用できる施設の規模、実験の目的、測定の精度、相似則、実験に要する費用等を考慮して決定されるが、ここでは土木研究所の有

表-6 漂砂水路諸元

1.諸 元	長さ 154 m, 幅 2.0 m, 高さ 5 m, 常用水深 3.0 m, 観測部片面ガラス張り (延長 30 m)
2.造波装置	ペンジュラム型, 周期 0.6~6.0 sec, 最大波高 1.0 m (周期 3.0 sec)

する漂砂水路を使用して実験を行なうこととした。漂砂水路は大規模な実験を行なうために造られた水路でその諸元は表-6に示す通りであるが水路水深 3 mで最大波高 1 mの波を発生することができる。

太田川の高潮計画においては計画潮位 T.P. 4.4 m, 計画波高 2.5 m, 周期 5.5 sec, 堤防天端高 T.P. + 5.4 mとなっており、これらの値および堤防の諸元を考慮すると模型縮尺としては 1/3 ~ 1/4 とすることができる。ここでは模型から実物への換算の容易さ、実験の容易さ等を考慮して縮尺は 1/4 とすることにした。フルードの相似則に従うと

各物理量の縮尺は表-7のようになる。

表-7 各物理量の縮尺

越波量については実物の 1/8 となりほぼ実物に近い規模で実験を行なうことができると考えられる。

物 理 量	縮 尺
距離, 波高	$1/S = 1/4$
時間, 周期	$1/\sqrt{S} = 1/2$
越波量	$1/S\sqrt{S} = 1/8$

3.-3 実験方法

模型実験は水路一端に堤防を設置し、

それに波を作用させて入射波高、反射率、被覆工の安定性等についての測定を行なった。また予備実験として天端および裏のりのコンクリートで被覆した堤防を製作し、入射波高と越波量の関係を調べた。これによって越波量を設定し、本実験においてはその量に対応する波浪条件で行なった。

実験に使用した水路についてはすでに表-6に示したが、その中に図-13に示すような配置で図-14に示す堤防を設置した。堤防前面の海底は水路水深を 3.75 m (模型値) とし、そこより 1/20 の勾配を持つ海底を砂によって延長 43 m 造り、それより岸側は水平な海底とした。水平部は地盤高 T.P. -2.0 m, 水深 6.4 m (模型値 1.6 m), 延長 15.25 m (模型値) である。

予備実験においては入射波高と越波量の関係を求めることを目的として入射波高、堤防前面での波高および越波量の測定を行なった。堤防前面の波高は堤防から 3.73 m および 7.23 m 離れた位置で反射率を求めるために測定した。なお波高計の間隔は 3.50 m である。本実験においては入射波高、被覆工の被災状況、海底の地形変化の測定を行なった。また堤防前面には重複波が形成されて実験を続けると波

高が増大し且つ越波量も増加するために、堤防の波返し上に越波防止板を取付け2分間越波させた後は

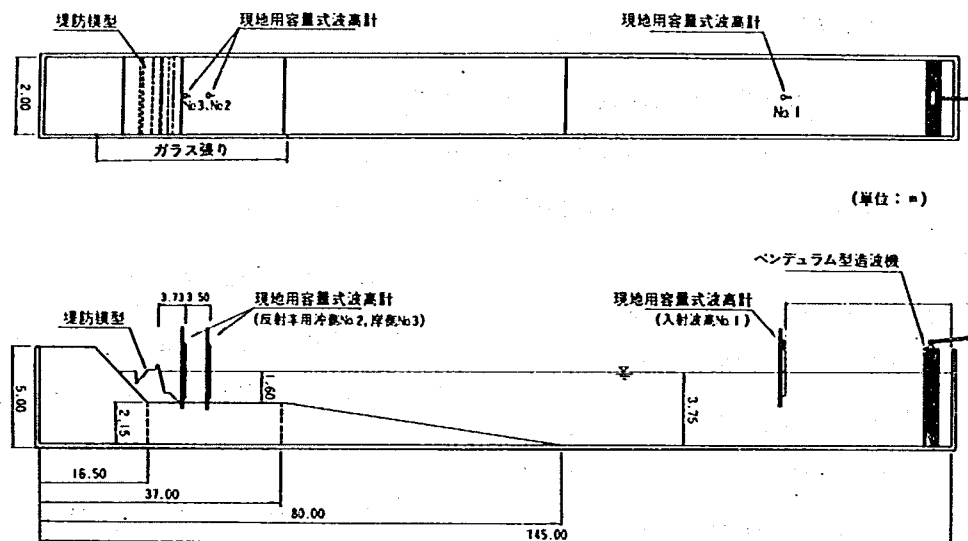


図-13 漂砂水路概要図

越波をしないように防止板を下し、波が静まるのを待って再び越波させるという方法を繰返し、必要とする時間越波させた。

波高の測定は測定範囲 2.6 m の容量式波高計を用い、その出力を 100 msec 間隔で A-D 変換し、このデータを利用して平均波高、周期、反射率等の計算を行なった。平均波高及び周期はゼロアップクロス法で一波を定義し、10 波の平均値で表示した。反射率については 2 台の波高計の記録に正弦波の波形をあてはめ両者の位相差を考慮して入射波および反射波の波高を計算し、その結果から求めた。

越波量の測定は裏のりのり尻に幅 0.91 m、高さ 0.4 m、長さ 2.0 m の U 字溝を設置しその中に入った越波量を水位上昇量から読み取り、堤体幅当り、単位時間当りの越波量を求めた。

堤防の表のりおよび天端に作用する波圧の測定も試みたが波圧計の容量および精度が適当でないために信頼できる値は得られなかった。

海底形状については堤防前面の海底を粒径 $d_{50} = 0.3 \text{ mm}$ の砂を用いて製作しているために各ケースの実験を行なう前と波を作用した後の形状を測定した。測定断面は水路中央とし、50 cm 間隔 (模型値) で堤防のり先から沖へ 12 m の間とした。これは波による海底地形変化はあまりないと考えられたが一応検証のために行なったものである。

被災状況については実験中はビデオカメラと 35 mm のカメラを用いて撮影を行ない、実験終了後はレベルによる変形状況の測定を行なった。測定間隔は水路方向 15 cm (模型値)、直角方向 25 cm とし、3~5 断面について測定した。

模型海浜および堤防の製作はまず砂によって海浜の整形を行ない、その上に防水シートを敷設して堤防を製作した。防水シート上に模型で平均重量 5 kg の基礎捨石を設置し次に表のりおよび裏のりの基礎工を打設しその間をレキ質土によって盛った。締固めは 20 cm ごとに転圧機によって行なった。次に U 字溝を設置し、表のり裏込の 4 号碎石を入れ表のりおよび波返しのコンクリートを打設した。その後に

图-14 堤防模型断面图 (单位m)

天端および裏のりの施工を行なった。消波工として六脚ブロックを、また被覆工として張ブロックおよび法枠ブロックを使用した。これらの諸元は図-15に示す。

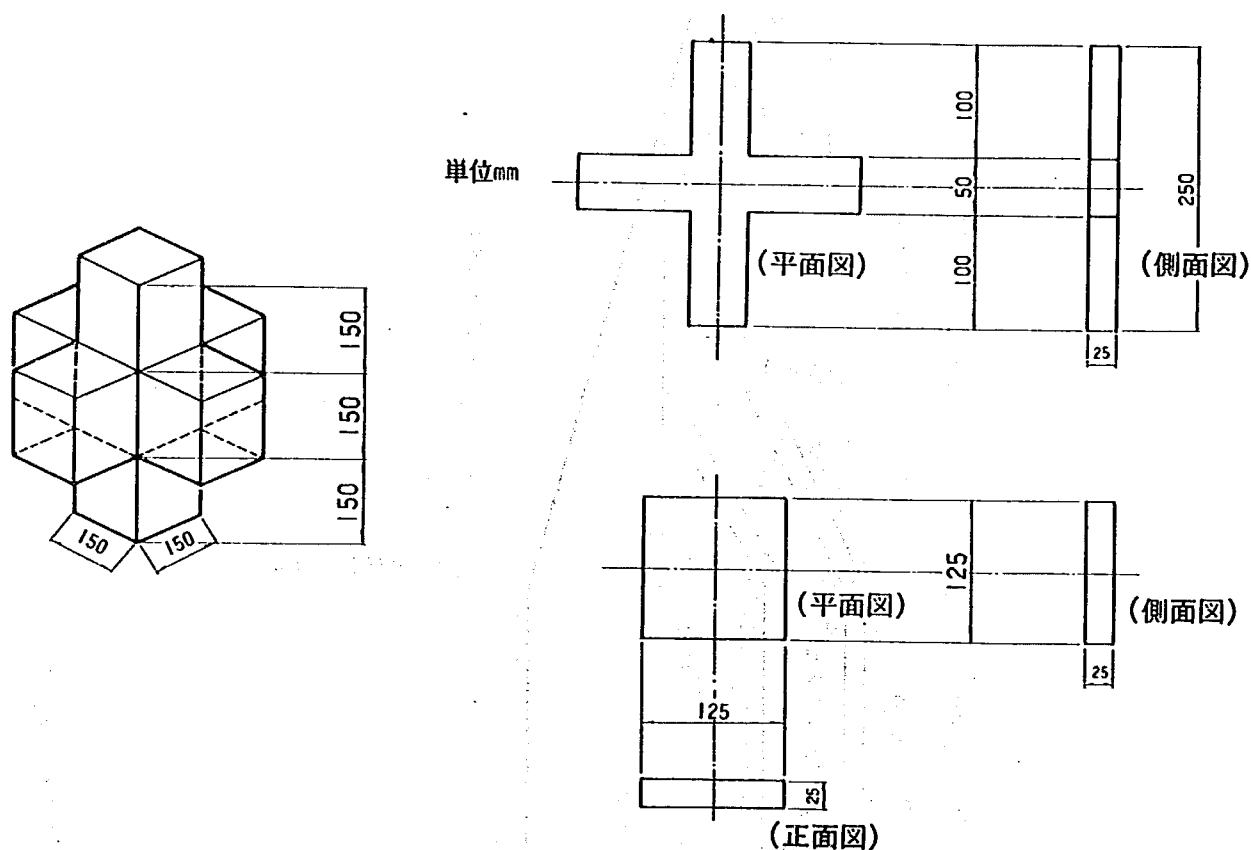


図-15 六脚ブロック、法枠用ブロック、張ブロックの概要

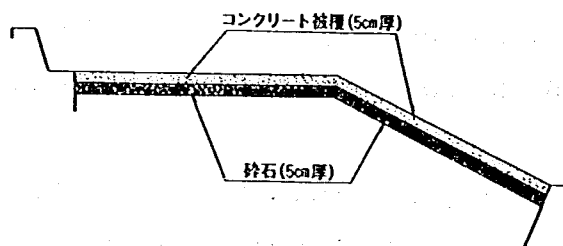
3-4 実験条件

潮位および波浪については高潮計画の諸元を参考とし、潮位としては計画潮位のT.P. + 4.4 m、周期は5.5 secとし波高は予備実験においては1.0~2.5 mとした。また被覆工の安定性を調べる本実験においては破壊の生じるような越波量を各被覆工の種類ごとに設定した。被覆工の種類としてはコンクリー

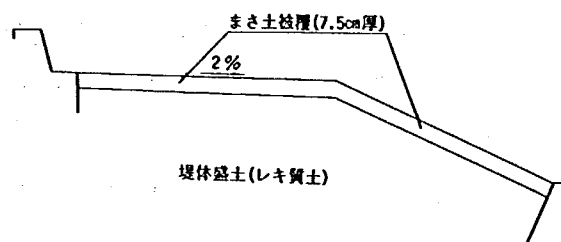
表-8 実験条件

実験 ケース	天端被覆工	裏のり 被覆工	消波ブロック の有無	入射波高	設定越波量 波作用時間 m ³ /m sec	備考
B-1	コンクリート	コンクリート	無	8種類		予備実験
B-2	"	"	有	8種類		"
B-3	"	"	"	1.86 m	0.05 2時間	本実験
B-4	マサ土	マサ土	"	1.21	0.01 10分	"
B-5	"	"	"	1.48	0.02 8分	"
B-6	アスファルト	張ブロック	"	1.48	0.02 2時間	"
B-7	"	"	"	2.18	0.08 12分	"
B-8	"	法枠ブロック	"	1.48	0.02 22分	"
B-9	"	"	"	2.18	0.08 10分	"
B-10	"	芝	"	1.48	0.02 10分	"
B-11	"	"	"	2.18	0.08 8分	"

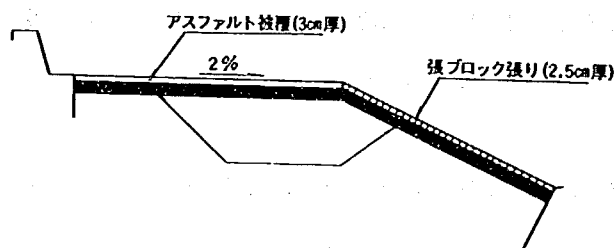
i) 実験ケースB-1,2,3



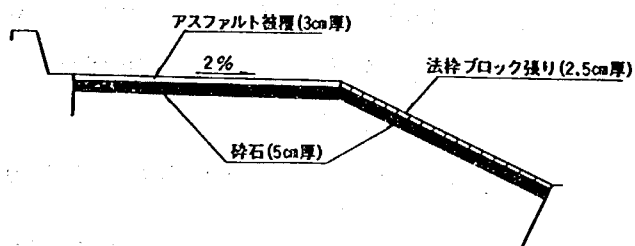
ii) 実験ケースB-4,5



iii) 実験ケースB-6,7



iv) 実験ケースB-8,9



v) 実験ケースB-10,11

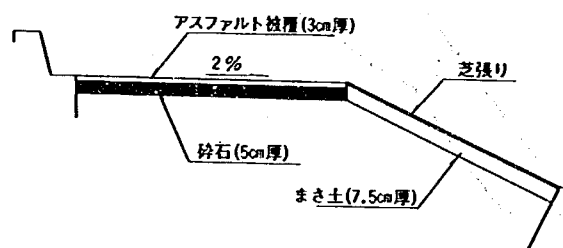


図-16 被覆工概要図

トで被覆した場合、アスファルトで被覆した場合、なにも被覆しない場合、法枠ブロック、張ブロック、張芝とした場合に分けられこれらの構造を図-16に示す。また実験条件は表-8に示す。

実験ケースB-1, B-2は入射波高と越波量の関係を調べる予備実験で、天端および裏のりを厚さ5 cm (模型値) のコンクリートで被覆したものである。ケースB-1は堤防前面に消波工を設置せずに越波量の測定を行なったものでケースB-2は堤防前面に3.4 tonの六脚ブロックによる消波工を設置して越波量の測定を行なったものである。またケースB-3は越波に対するコンクリート被覆の安定性を調べたものである。

ケースB-4, 5は被覆は設けずにマサ土のみとしたもので、それぞれ越波量を変えて実験を行なった。ケースB-6, 7は天端は厚さ3 cmのアスファルトとし、裏のりは厚さ2.5 cm、長さ12.5 cmの正方形の張ブロックを張ったものである。またケースB-8, 9は天端をアスファルトとし裏のりを法枠ブロックとしたものであり、ケース10, 11は裏のりを張芝としたものである。なお上記の数値は模型値で示してある。越波量としては破壊の始まる条件と大きく破壊する場合の両者を調べる目的で設定した。

堤防の構造としてはすでに図-14に示してあるが、天端高T.P. +5.4 m、表のり勾配1割、堤脚地盤高T.P. -2.0 m、天端幅5.0 m、裏のり幅4.0 m、のり勾配2割のものを使用した。また消波工については少ない越波量での実験を行なうために本実験においてはすべて六脚ブロックによる消波工を設置した条件で実験を行なっている。被災状況を測定した位置を付図-45に示す。

3-5 実験結果

実験ケースB-1, B-2は入射波と越波量の関係を求めるものであり、越波量および反射率の測定を行

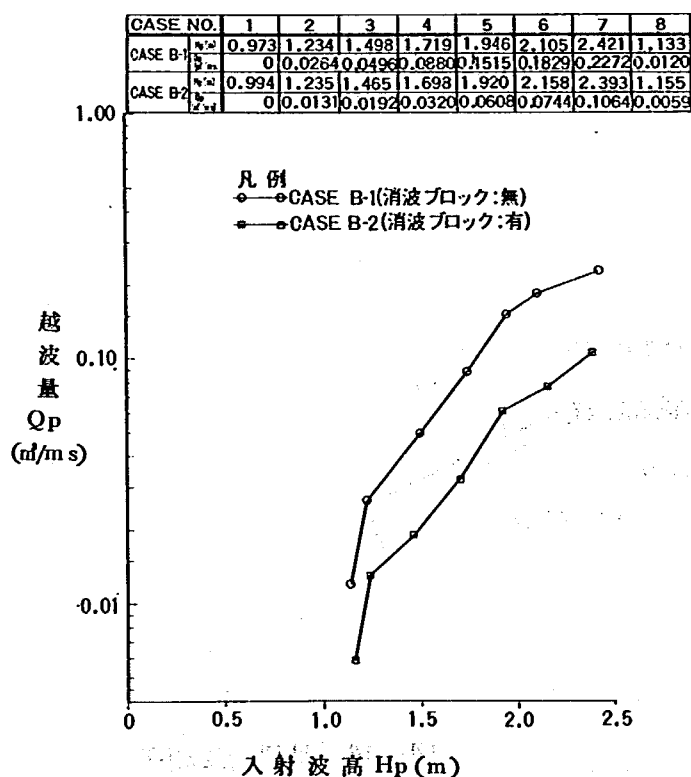


図-17 入射波高と越波量の関係

なった。図-17は入射波高と越波量の関係を示すもので、入射波高 H_p としては水深3.75m（模型値）で測定した値を用いている。波高が1.0mの場合には越波を生じないが、 $H_p=1.25m$ で越波を始める。越波の少ない場合には越波量は一定ではなく変動をしている。波高 $H_p=2.0m$ までは同じ程度の越波を生じ、その量は波高の増加に伴ない増加している。波高がそれ以上になると波返しにより水塊が沖へもどるようになり効果を発揮し越波量の増加はあまり大きくない。

消波工の設けられているケースB-2の場合には消波工のない場合に比較して越波量は約1/2に減少している。また越波する水は気泡を含んでいる。

越波の状況を示したのが写真-1から写真-3である。消波工のない場合には堤防前面の水塊は一体となって越波しているが、消波工を設けた場合には写真-2に示すように気泡を含んでいる。また波高が大きくなった場合には写真-3に示すようにかなり高くまでうちあげるが波返しの効果もあり越波量としてそれほど多くなっていない。しかし実際には風の影響によって堤防天端より高く上がった水塊は堤防を越えて入ってくる可能性はある。

越波量に関する実験の結果と比較すると図-18のようになる。対応するケースとしてはB-1に対してはA-12、B-2に対してはA-16である。両者を比較すると同じ波高に対応する越波量がケースAの場合の方が多くなっている。またケースAでは波高の大きい場合に消波工の効果が表われていないが、ケースBについては常に消波工のある場合には越波量が少なくなっている。

実験ケースBの越波量がケースBに比較して少ない理由としては種々の項目が考えられる。まず入射波高についてであるがケースAの場合には海底が徐々に浅くなっており、堤防前面でも1/100の勾配を有しているために入射波高の減衰が少ないと考えられる。一方ケースBについては堤防前面の海底が水平であるために波高が大きくなりえない可能性がある。すなわち海底形状および水路内での波高の減衰が異なるために入射波高は対応していても堤防前面の波高は異なっている可能性がある。一方、波高と越波量の関係を見ると、ケースAの場合は入射波高の増加に伴なって越波量も増加

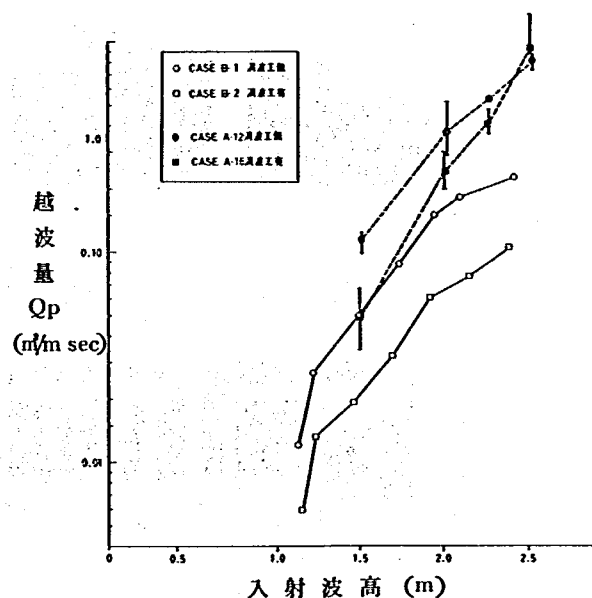


図-18 越波量の比較

しているが、ケースBでは波高2.0m付近で増加の割合が減少している。これは越波の状況を調べるとケースBの場合には波返しが効果を発揮していると考えられ、模型の規模、すなわち縮尺の違いが表われている可能性もある。特に消波工を設置した場合にはケースBの場合に気泡等が含まれており、縮尺の大きい場合ほど効果が発揮される可能性もある。越波量はうちあげ高と異なり波浪条件の変化に対応して急激に変化するために測定精度の問題も関係しよう。以上に述べたようにケースAとBの違いにつ

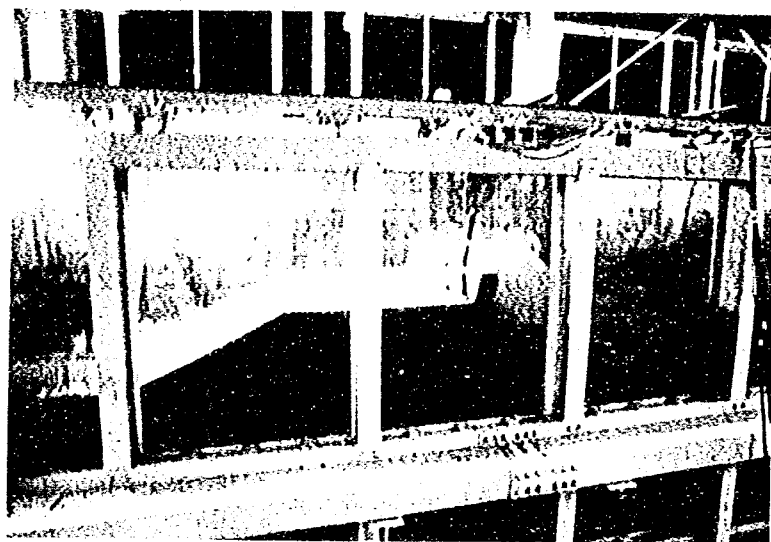


写真- 1 越波状況 (B - 1, $H_1 = 1.75 \text{ m}$)

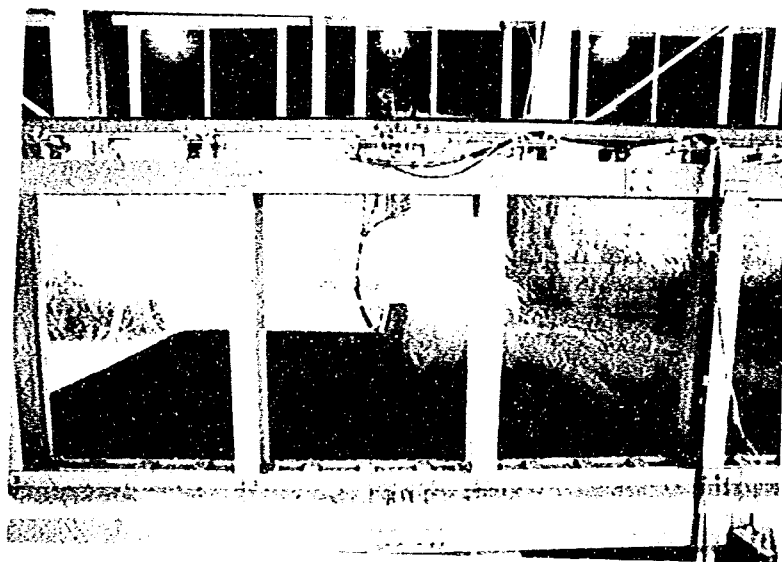


写真- 2 " (B - 2, $H_1 = 1.75 \text{ m}$)

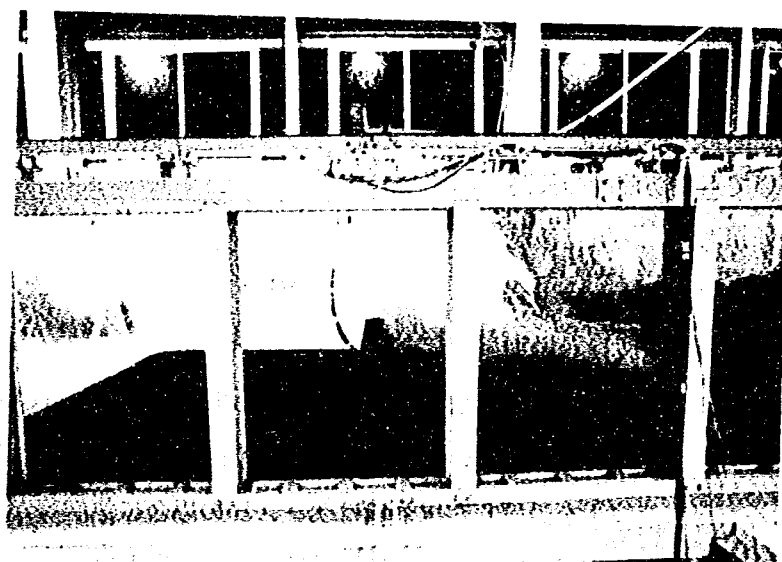


写真- 3 " (B - 2, $H_1 = 2.5 \text{ m}$)

いては種々の原因が考えられるが明確な結論は得られておらず、今後検討すべき項目の一つであろう。

反射率に関しては図-19 に測定結果を示すように、ケースB-1の場合には60%～80%と大きく、一方消波工を設置したケースB-2の場合には20～30%に減少している。これによれば消波工の効果がいちじるしいことが明らかである。ここで用いた傾斜型の消波工は越波を防ぐとともに反射も減らすために、河口部に設置すると上流に対する効果はいちじるしいと考えられる。

天端および裏のりをコンクリートで被覆したケースB-3の場合には越波量を $0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ として2時間作用させた。コンクリートの被覆には裏のりの法肩付近に、横断方向にクラックが生じたが被覆工全体の沈下や破損は見られなかった。全面をコンクリート等で被覆した場合には、越波による破壊の形態として水塊が被覆工に当たり圧力が作用して破壊する場合が考えられるが、実験においては相似性を保つようにコンクリートの強度を模型において低下させていないためにこのような形態の破壊は生じにくいと考えられる。一

般には目地やクラック等から越波した水が堤体に入り、それが堤体土の流失や強度低下に結びついて破壊に至ると考えられる。

実験では堤体の表のりを通して水が堤体内に入るのを防止はしたが水路ガラス面と堤体コンクリートのすき間から水が堤体内に滲透し、潮位を常に計画潮位に保っているために裏のりにまで滲透する傾向を示した。実験ではこれらの滲透を防ぐために堤体内に止水のためのコンクリートを打設して実験を行っている。

実験ケースB-4、B-5は天端裏のりをマサ土としたものである。越波量を $0.01\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ としたケースB-4の場合には、2波ごとに1波越波する程度であったが越波した水が流れるために水みちが出来て裏のり斜面が徐々に流出した。写真-4に波を作用させてから2分後の状況および写真-6に波を作用させてから10分後の状況を示すが、これらの写真でも明らかなように天端は中央部が洗われ、また裏のりは2つの水みちが形成されている。堤体土砂の変化状況を調べた結果を図-20に示すが洗掘された場所では厚さ7.5cmのマサ土が流出しそれがU字溝内およびのり尻に堆積している。洗掘の生じた場所では下部のレキ質土が表面に表われている。

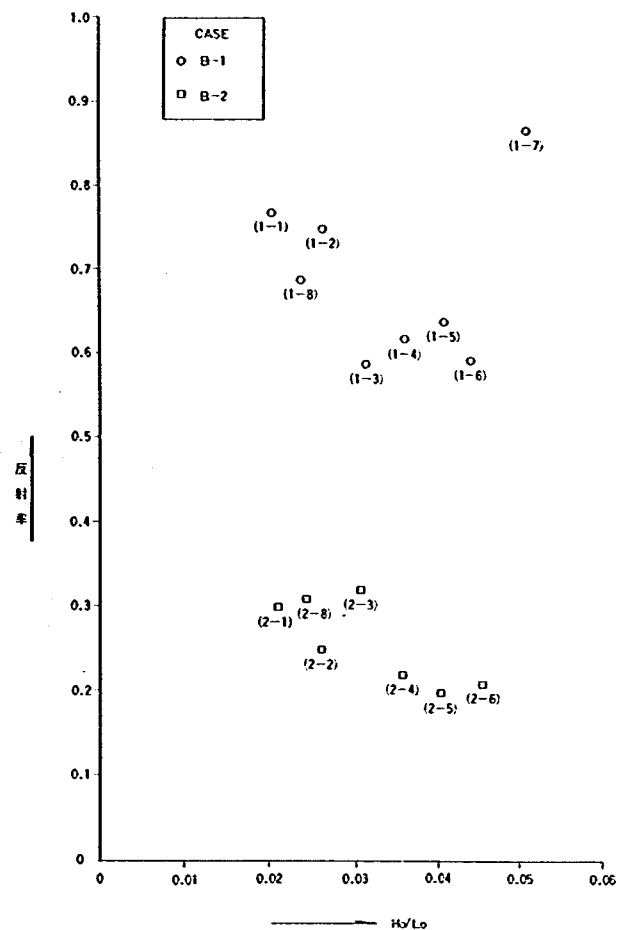


図-19 反射率 (B-1, B-2)

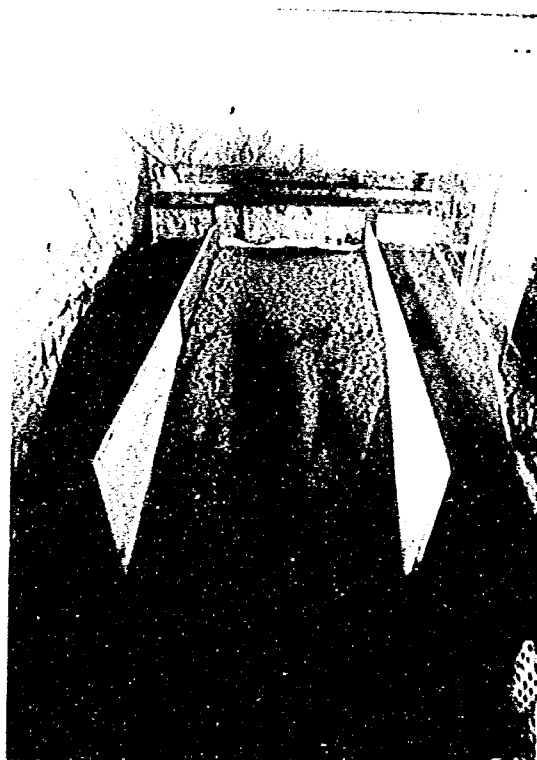


写真- 4 破壊状況 (B - 4, 2分後)

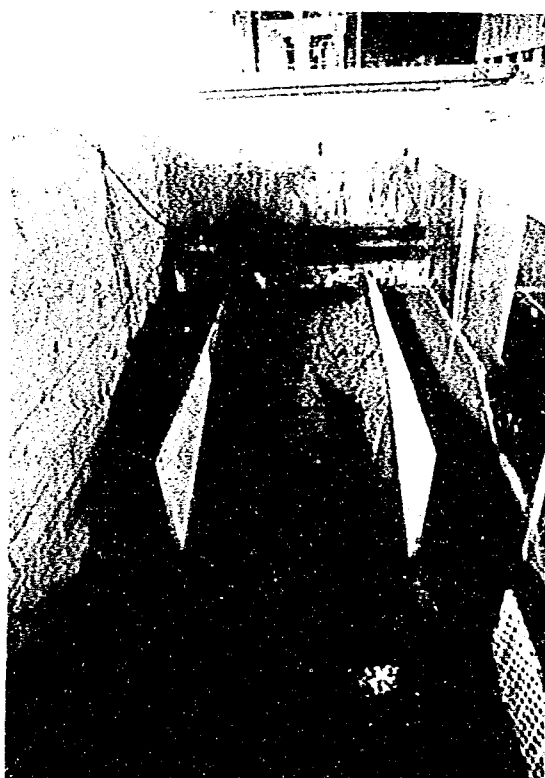


写真- 5 " (B - 4, 4分後)

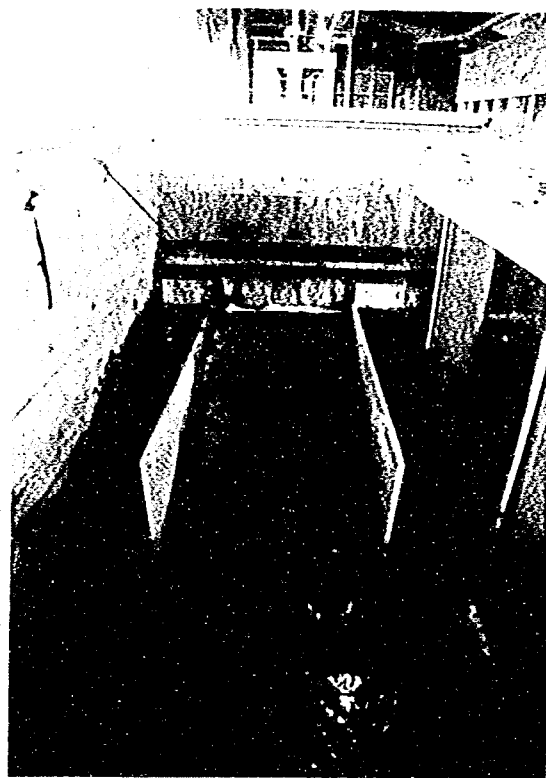


写真- 6 " (B - 4, 10分後)

越波量を $0.02 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ に増やしたケース B-5 では各波ごとに越波を生じ、ほぼ中央の断面で 2 分後には下部のレキ質土が表われる状況となった。写真-7~12 に、その状況を示す。また図-21 には

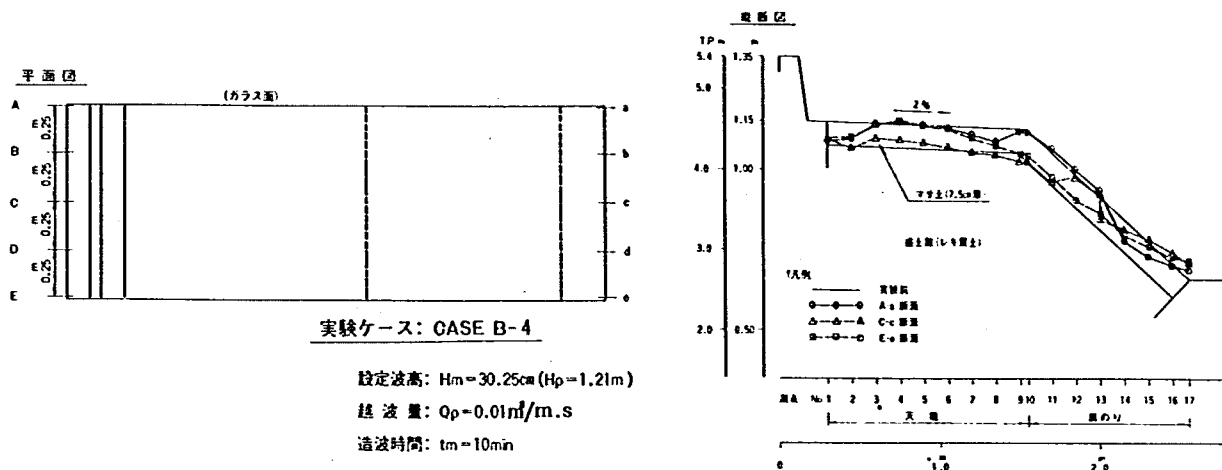


図-20 堤体変化図 CASE B-4

堤体の断面変化を示す。ケース B-4 に比較すると越波量が多いために全体としてマサ土が流ししている。また天端ののり肩では下部のレキ質土が表面に表われており、のり肩の侵食がはげしいことを示している。

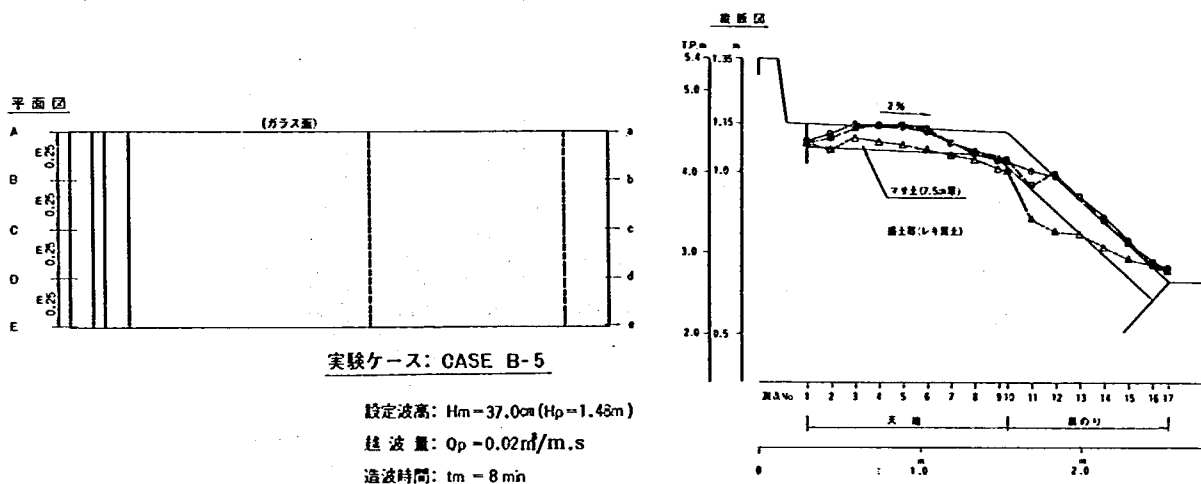
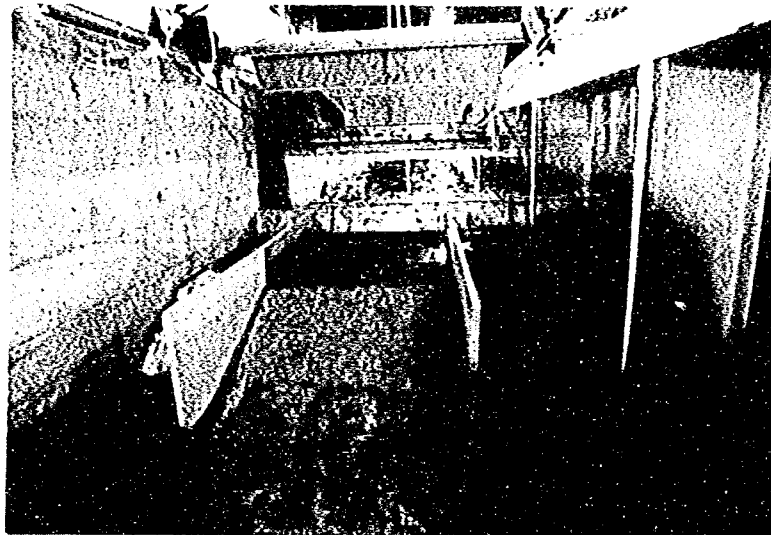


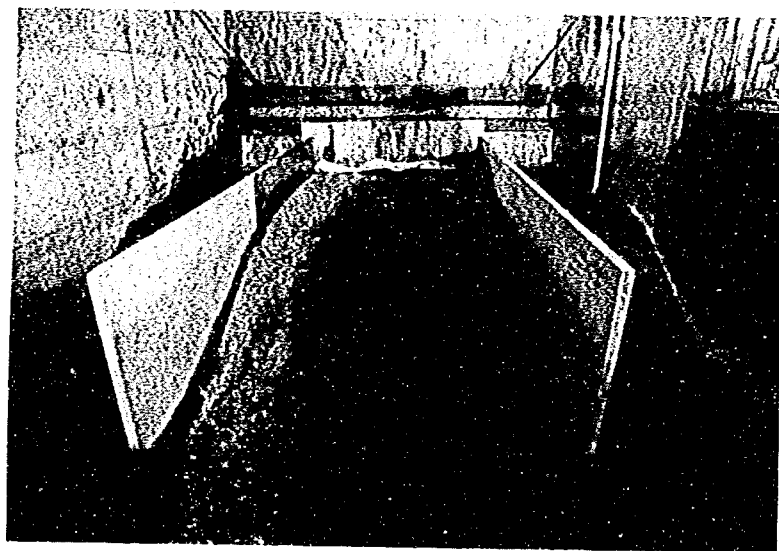
図-21 堤体変化図 CASE B-5

裏のりを張ブロックによって被覆した場合についてはケース B-6 で越波量を $0.02 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ とし、ケース B-7 で越波量を $0.08 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ として実験を行なった。ケース B-6 については空積ではあるがブロックを密に並べたためにブロック間の間隙を通して下部に滲透する水は少なく土砂のすい出し等はほとんどなかった。1 時間後に天端近くのブロックが一枚抜け、2 時間後には合計 3 枚のブロックが写真 13~16 に示すように流出した。天端のアスファルト被覆には影響はないが、アスファルトとブロックの境界が弱点となって水が入りブロックの移動が生じた。なお流出しないブロックの下のマサ土はほとんど移動していない。ブロックの流出状況を図-22 に示す。

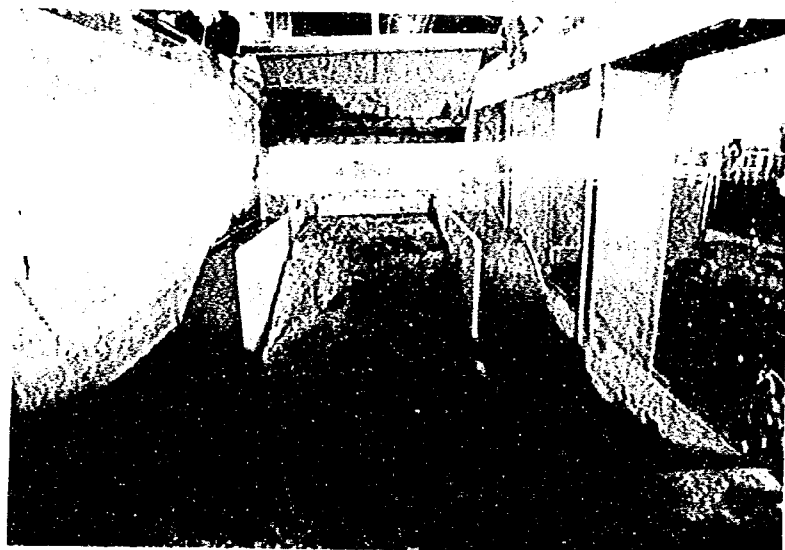
ケース 7 は越波量を $0.08 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ に増やすとともにブロック間にある程度の間隙を設けて設置し



写真－ 7 越波状況 (B－5, 2分後)



写真－ 8 破壊状況 (B－5, 2分後)



写真－ 9 “ (B－5, 4分後)



写真-10 越波状況 (B-5, 8分後)

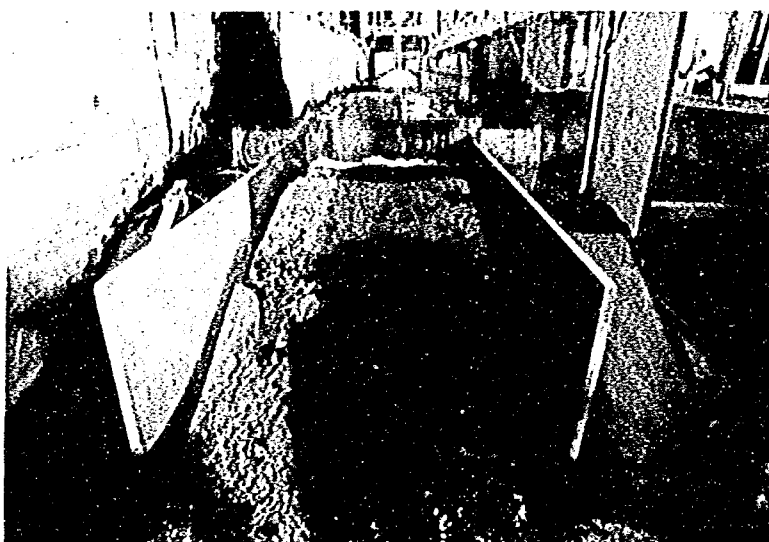


写真-11 破壊状況 (B-5, 8分後)

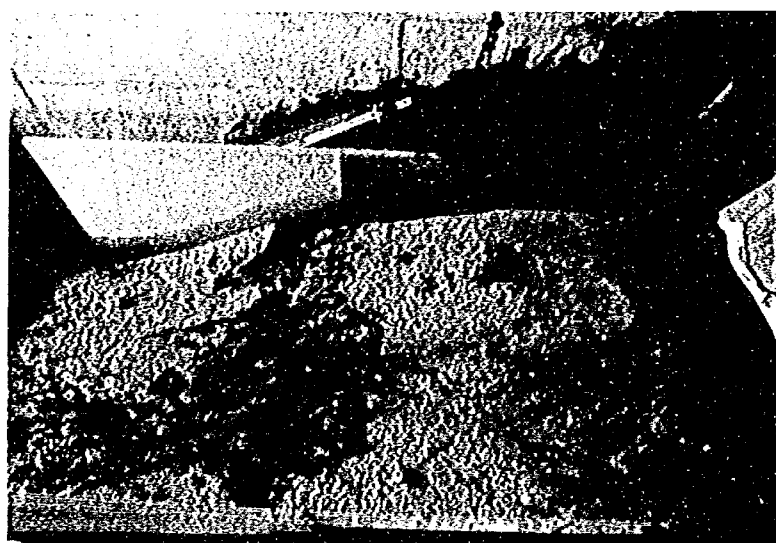


写真-12 " (B-5, 8分後)

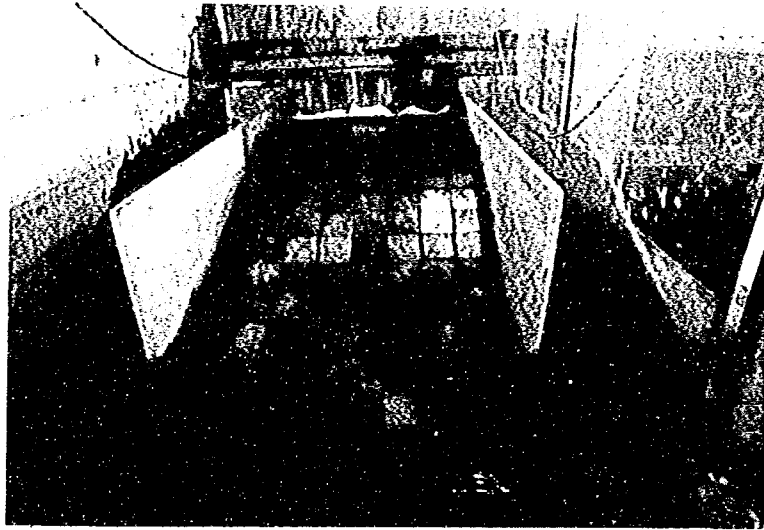


写真-13 " (B-6, 30分後)

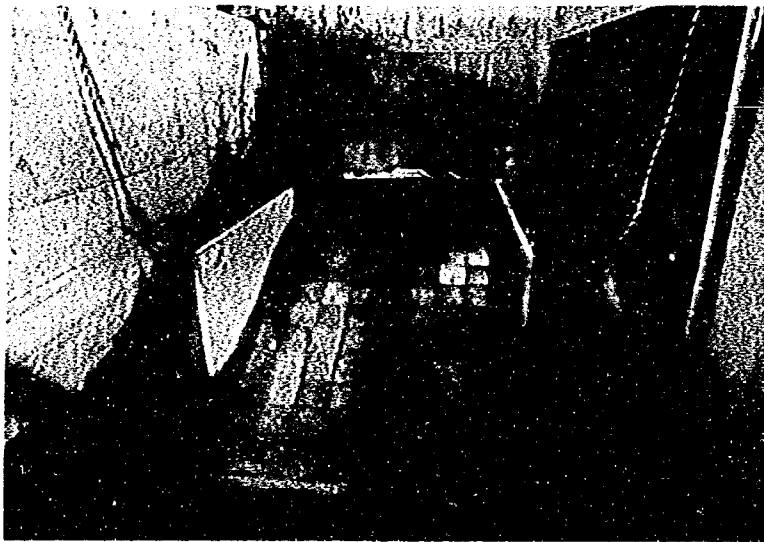


写真-14 " (B-6, 1時間後)

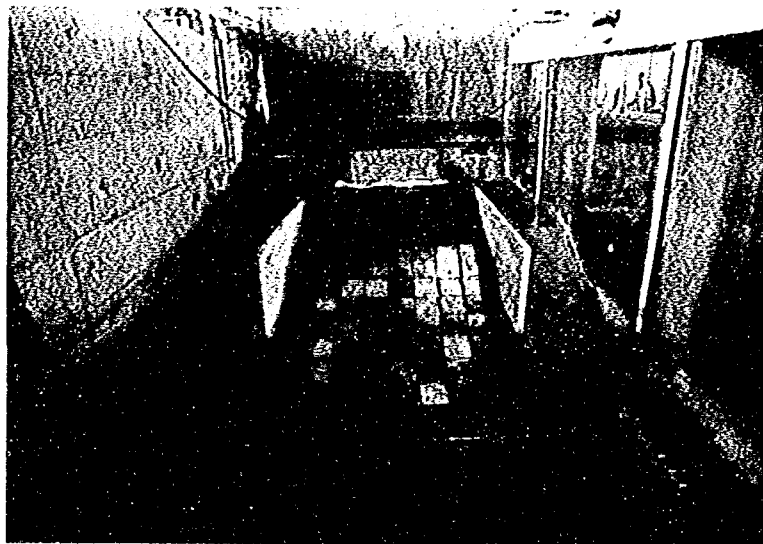


写真-15 " (B-6, 2時間後)

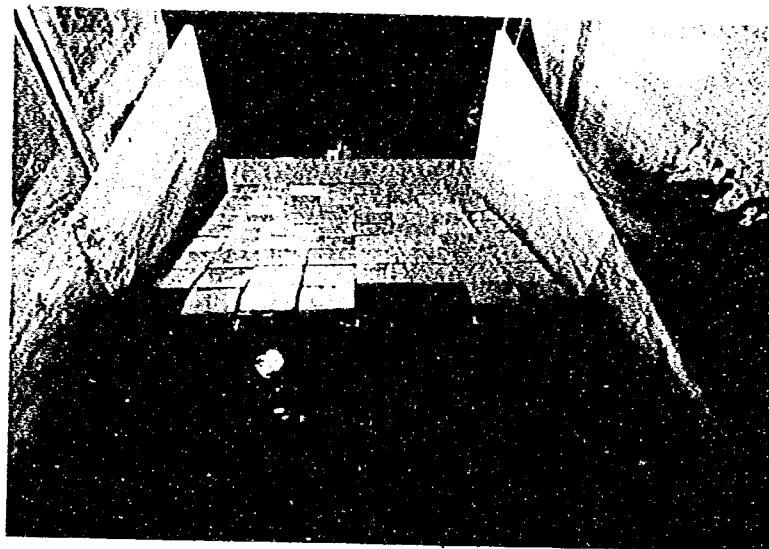


写真-16 " (B-6, 2時間後)

た。越波した水が裏のりを流れる状況を写真-17から写真-22に示す。越波した水はブロック表面を流れるとともにブロック間の間隙からブロック下部に入り、下のマサ土を流失させる。このためにブロックの形状変化が生じて天端および裏のり尻のブロックが流出し、それがさらに拡大するという状況と

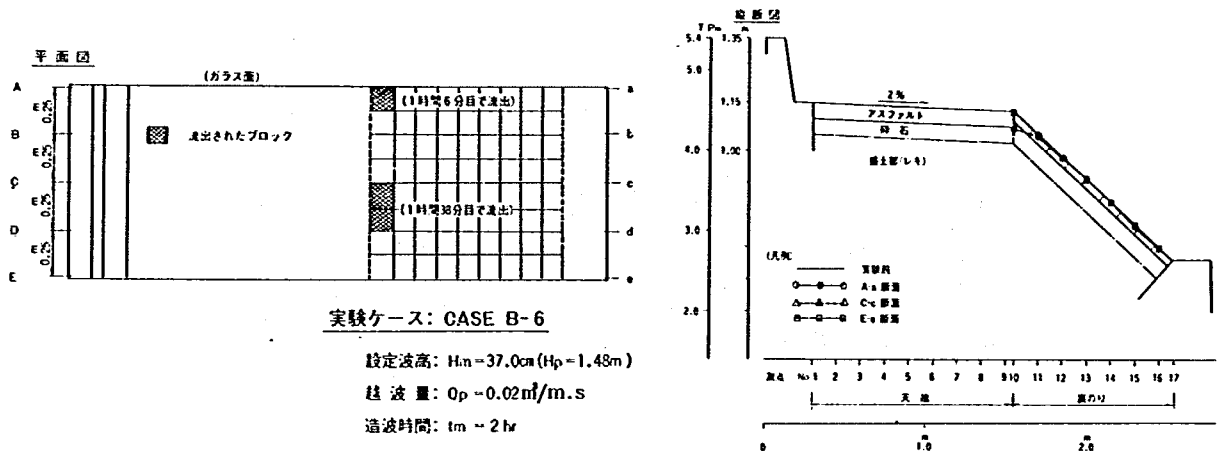


図-22 堤体変化図 CASE B-6

なった。12分後にはかなりのブロックが流失したがその状況を図-23に示す。この破壊の形態をみると初めは間隙から入った水がブロック下部のマサ土を流出させそれがブロックの流出に結びついている。

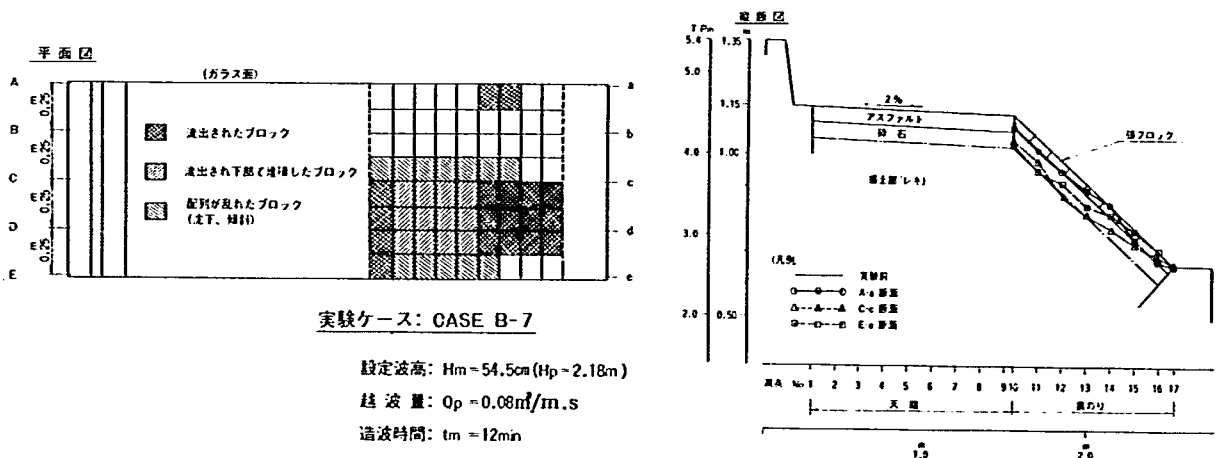


図-23 堤体変化図 CASE B-7

したがってブロック単独では越波した流水に抵抗できないことは明らかである。

実験ケースB-8, B-9は法枠ブロックで裏のりを被覆したもので枠の内部にはマサ土を敷いた。ケースB-8は越波量を $0.02\text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ としたものである。実験の状況を写真-23から写真-28に示す。越波した水はマサ土を流すがブロックによってさえぎられU字溝までは流出せず堆積している。また上部では下部のレキ質土が表われた。時間が経つとマサ土は流出してしまいレキ質土も移動するためにブロック自体が移動したが流出するには至らなかった。変形状況を図-24に示す。

ケースB-9は越波量を $0.08\text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ と多くした場合であるが2分間でマサ土は流失してしまい、10分間でブロックが移動を始めた。越波状況およびブロックの変形状況を写真-29から写真-34に

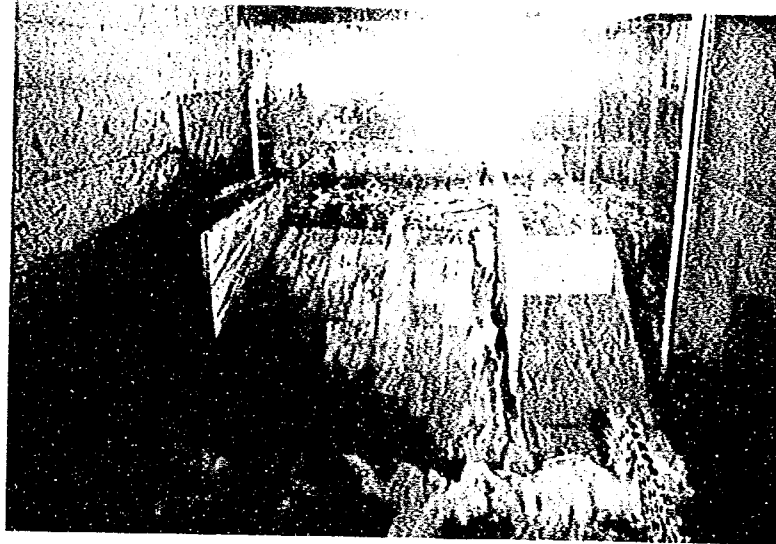


写真-17 越波状況 (B-7, 2分後)

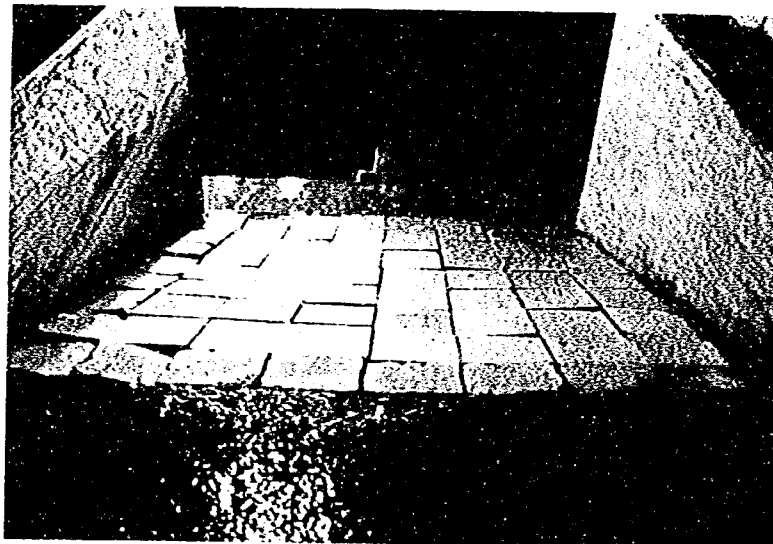


写真-18 破壊状況 (B-7, 2分後)

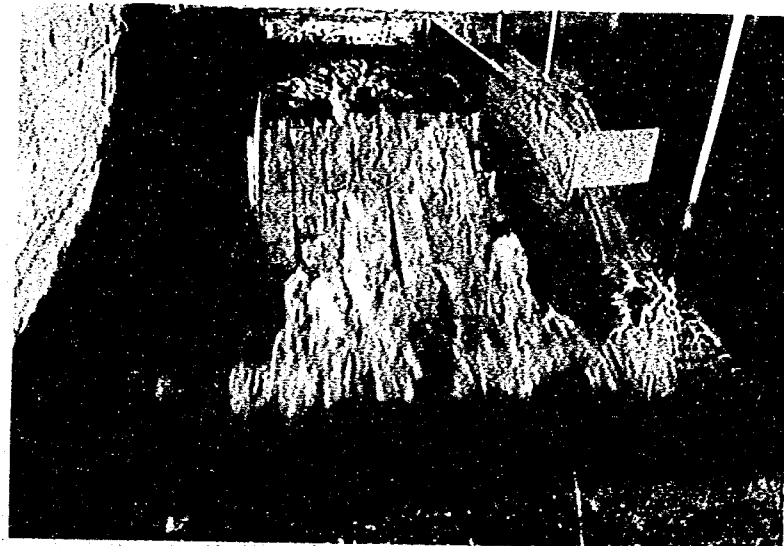


写真-19 越波状況 (B-7, 6分後)

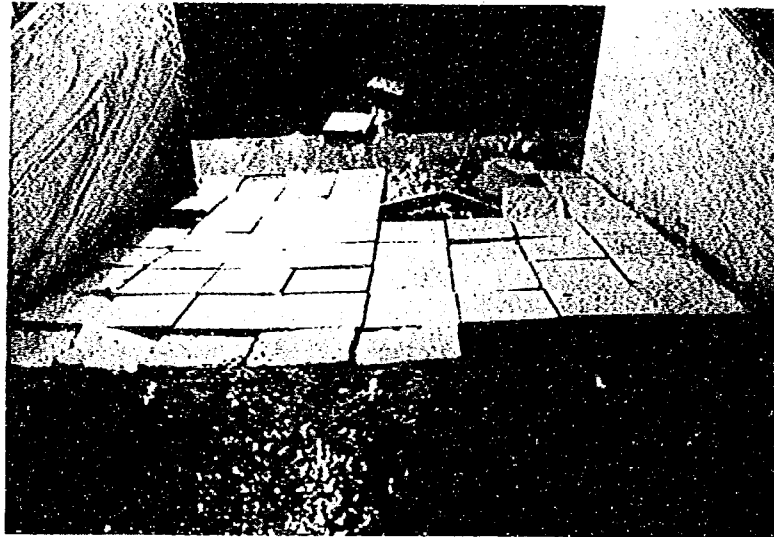


写真-20 破壊状況 (B-7, 6分後)

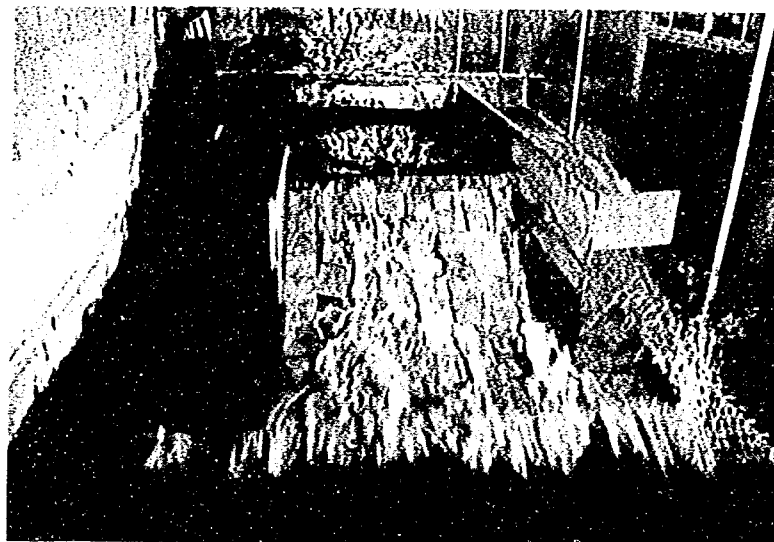


写真-21 越波状況 (B-7, 10分後)



写真-22 破壊状況 (B-7, 10分後)

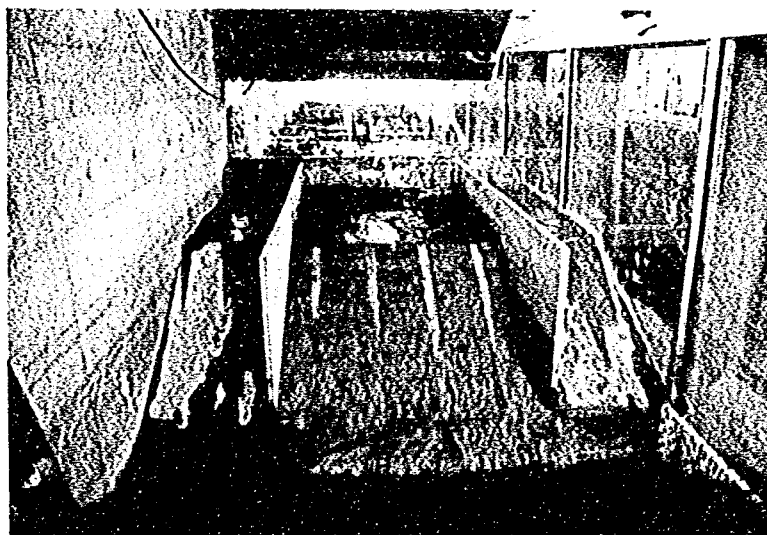


写真-23 越波状況 (B-8, 2分後)

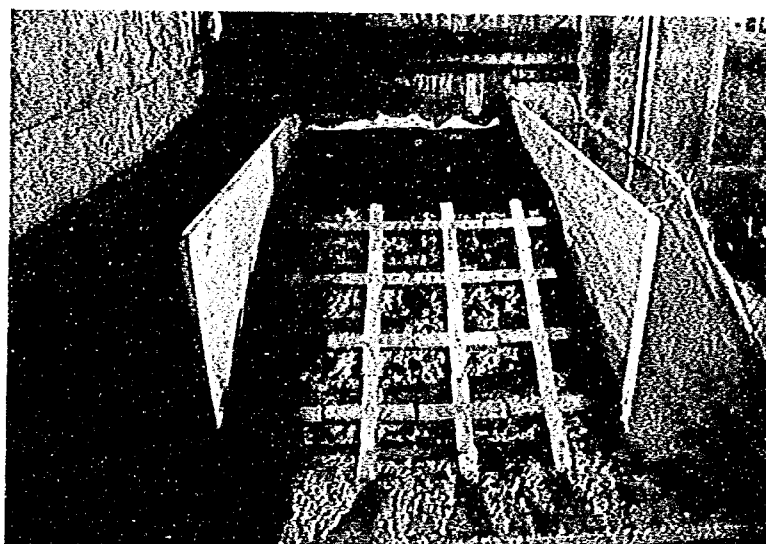


写真-24 破壊状況 (B-8, 2分後)

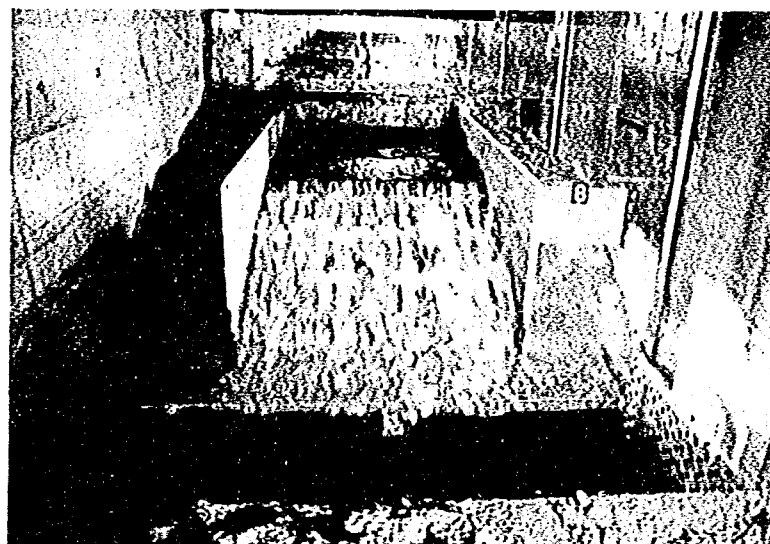


写真-25 越波状況 (B-8, 4分後)

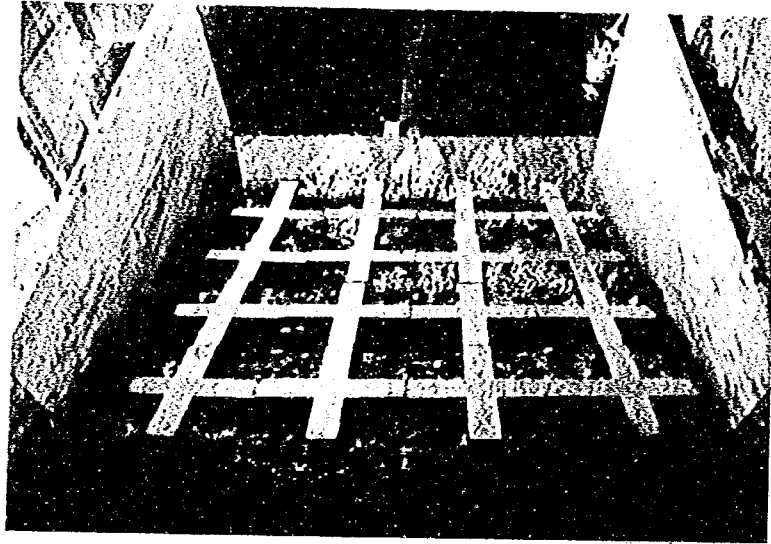


写真-26 破壊状況 (B-8, 4分後)

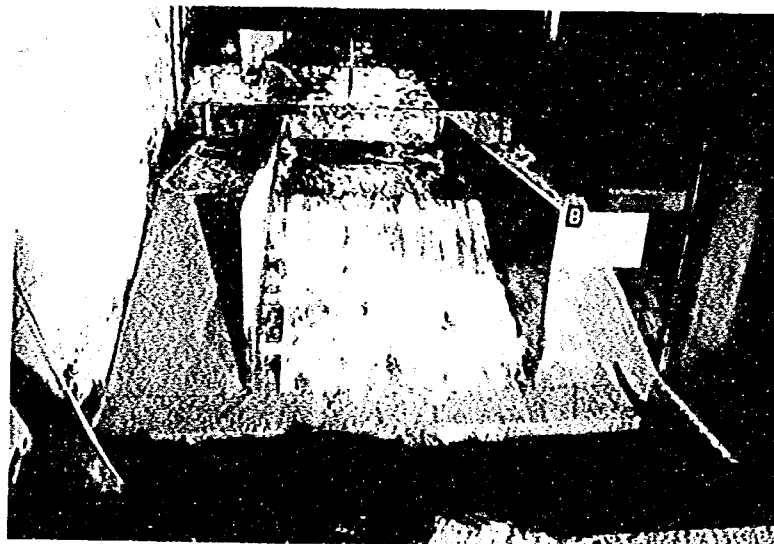


写真-27 越波状況 (B-8, 22分後)

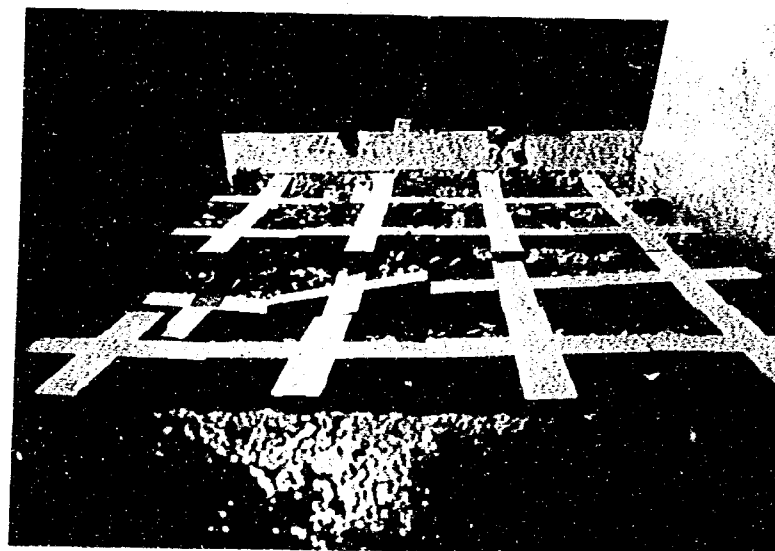


写真-28 破壊状況 (B-8, 22分後)

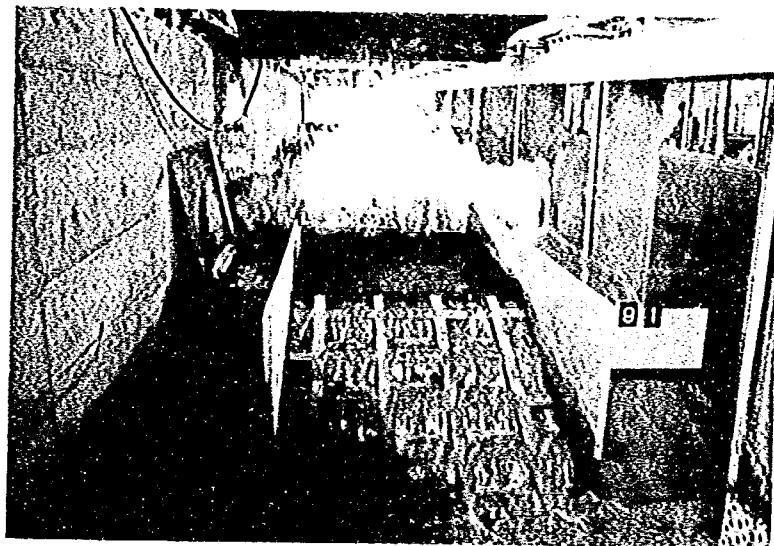


写真-29 越波状況 (B-9, 2分後)

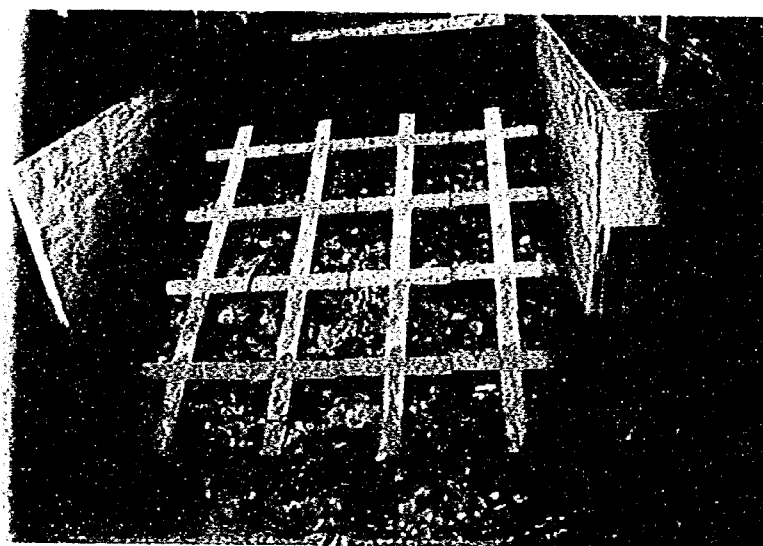


写真-30 破壊状況 (B-9, 2分後)

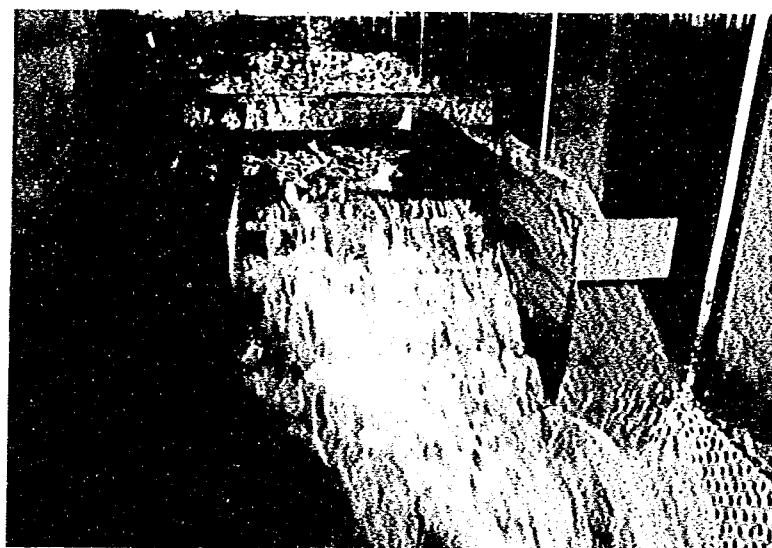


写真-31 越波状況 (B-9, 6分後)

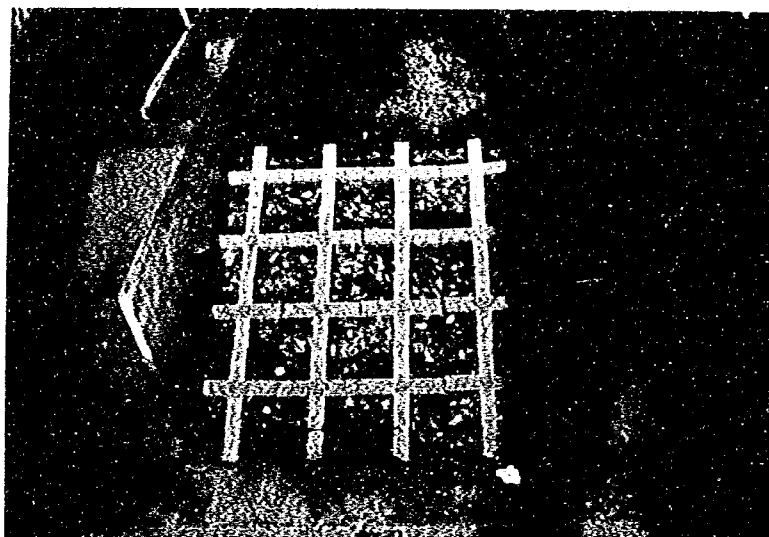


写真-32 破壊状況 (B-9, 6分後)

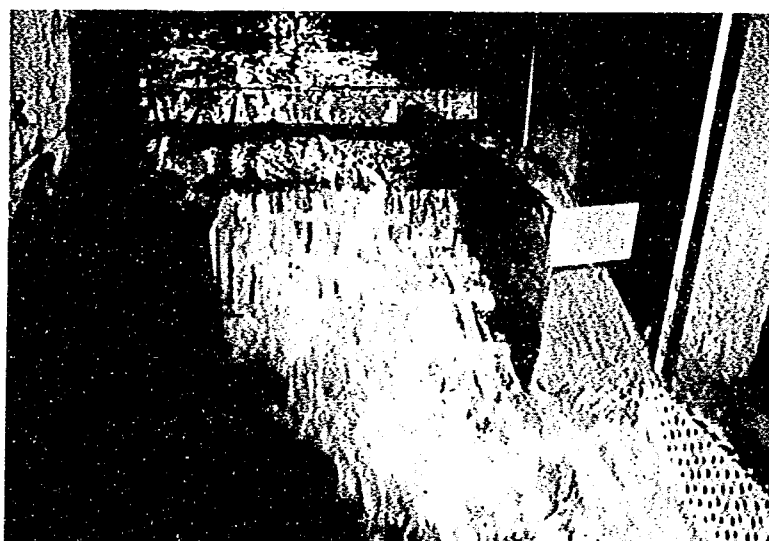


写真-33 越波状況 (B-9, 10分後)

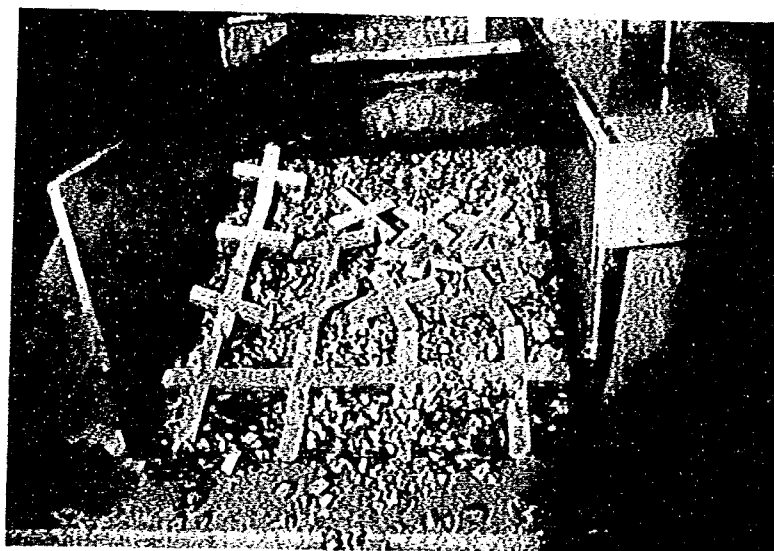


写真-34 破壊状況 (B-9, 10分後)

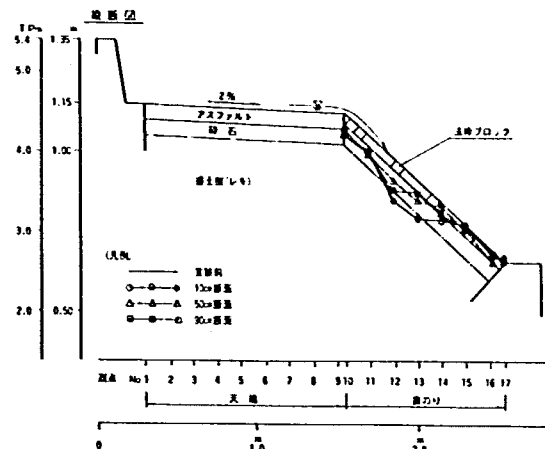
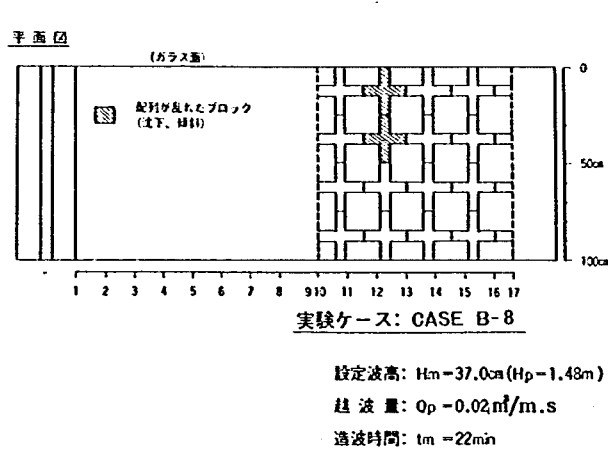


図-24 堤体変化図 CASE B-8

示す。またブロックの散乱状況を図-25に示す。

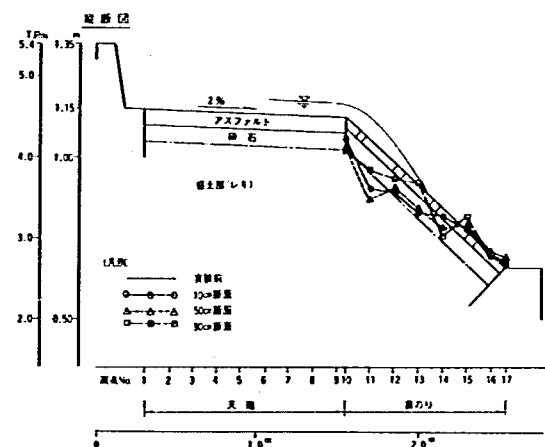
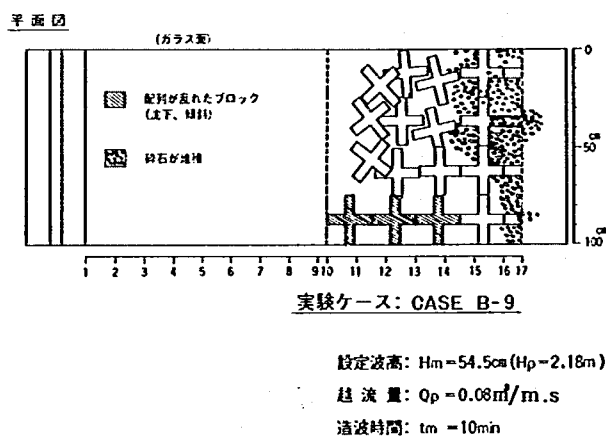


図-25 堤体変化図 CASE B-9

このブロックはマサ土が流水しても形状を保っており、また法枠が裏のりの越流水の流速を低下させるためにある程度の時間は形を保っている。

実験ケースB-10とB-11は裏のりを芝で被覆したものである。養生する期間をとれなかったために裏のり全体を覆う一枚の芝を用いた。また芝の下部はレキ質土の上にマサ土を置いてある。実験の状況を写真-35から写真-38に示す。また芝の変形状態を図-26に示す。

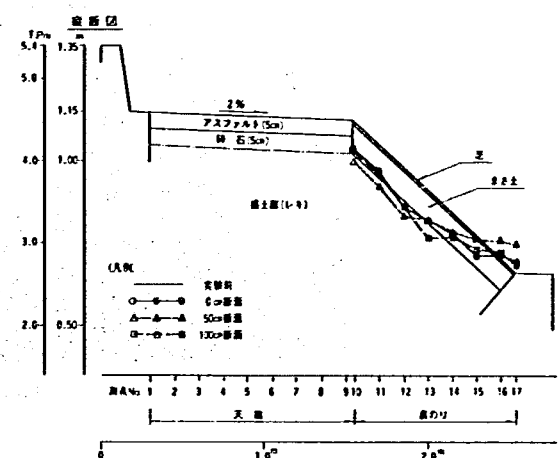
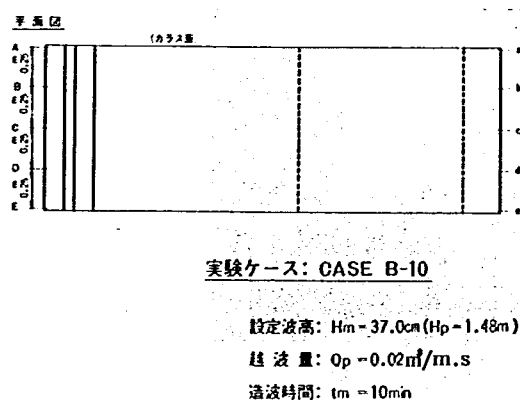


図-26 堤体変化図 CASE B-10

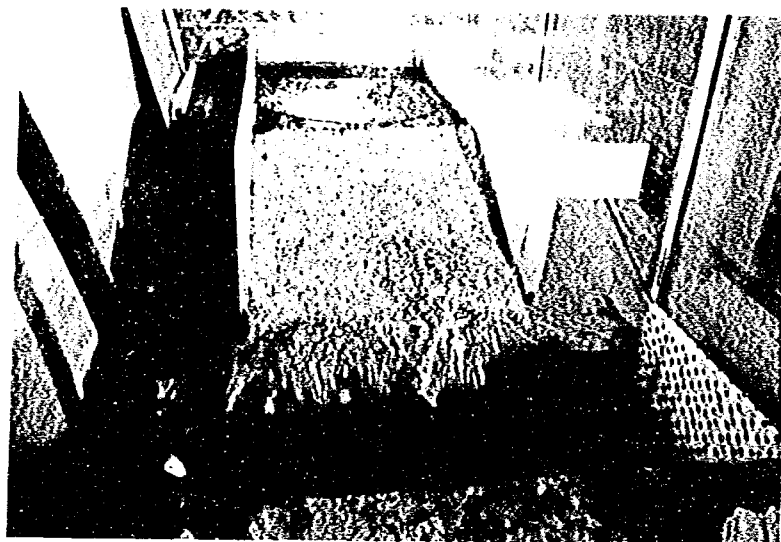


写真-35 越波状況 (B-10, 2分後)



写真-36 変形状況 (B-10, 2分後)

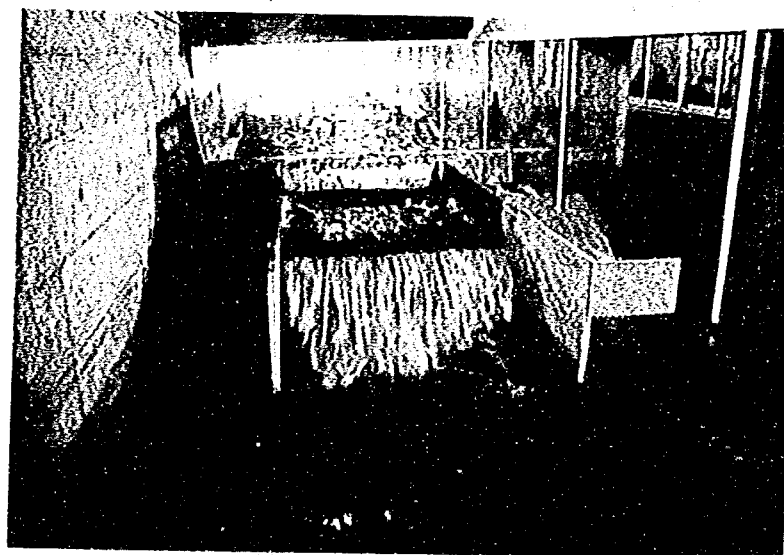


写真-37 越波状況 (B-10, 10分後)

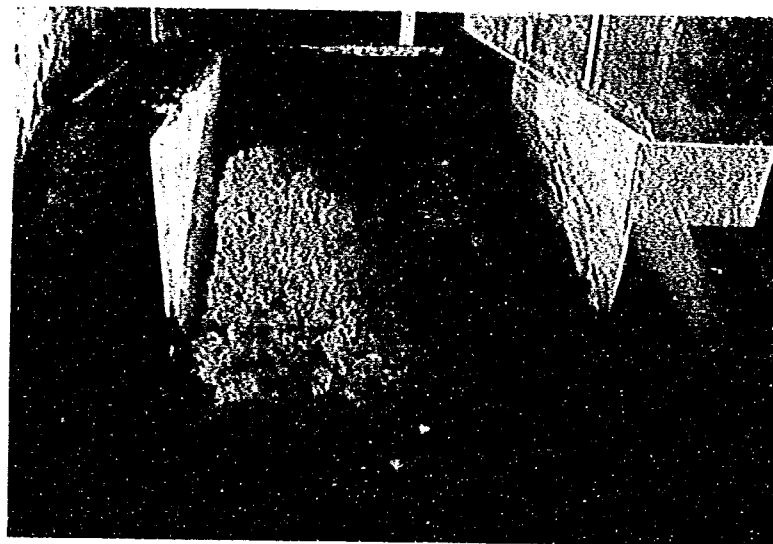


写真-38 変形状況 (B-10, 10分後)

越波した水は天端アスファルトを越えると芝の抵抗が大きいために流速が弱まり芝の中に滲透してしまった。このために芝下部のマサ土が流出したが芝自体は芝串で固定しているために沈下はするものの流出することにはなかった。時間が経過するとマサ土の他にその下部にあるレキ質土も流出し始めた。

ケースB-11は越波量を $0.08 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ とした場合であり、越波の状況および芝の移動状況を写真-39から写真-42に示す。また芝の変形状況を図-27に示す。越波量が増加したために越波した水は芝に滲透するとともに芝の表面に沿っても流下する。ケースB-10と同様に芝の下部にあるマサ土

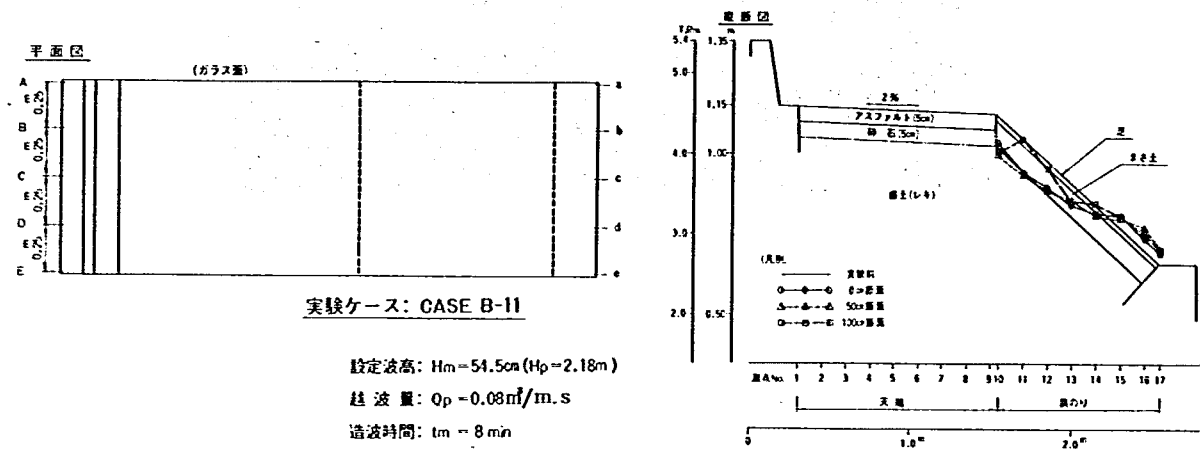


図-27 堤体変化図 CASE B-11

およびレキ質土が流出して芝自体が沈下してしまった。芝の上をかなりの流速で越波した水は流れたが、芝自体の破損はなかった。ここで使用したのは一枚の芝であり、現地では植えてから数年を経過したものに对应していると考えられる。

海底の変動については測定は行なったが変動がみられなかったので測定結果を付図46(1)~(3)に示す。

3-6 まとめ

越波に対する天端および裏のり被覆工の安定性について縮尺 $1/4$ の模型によって検討を行なったが、その結果次のような結果が得られた。

天端および裏のりがコンクリートで被覆されている場合には実物でこの場合の許容越波量とされている $0.05 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ の越波量を与えても破壊に至ることはなかった。これは被覆コンクリートの強度に関して相似性が成立しておらず模型の強度が強いこともあろうが、弱点がなければかなり強いことを示していよう。一方表面を被覆せずマサ土とした場合には越波した水によって流され、裏のりには水みちが出来、下層のレキが短時間で表われた。

天端はアスファルトで被覆し、裏のりを張ブロックで被覆した場合には、ブロック間が密に詰っていれば越波量 $0.02 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ でかなりの時間安定であった。間隔が広くなればブロック下部の土砂が流失し、ブロックの流失につながる。法枠ブロックで裏のりを被覆し、ブロック間をマサ土で被覆した場合には短時間でマサ土は流失するもののブロックはかなりの時間安定で、下部のレキ質土が流失した後にはブロックが移動した。また法枠ブロックは裏のりに沿う流水を減勢する働きをしている。

裏のりを芝で被覆した場合には、越波した水が芝の中に滲透し芝の下に土砂を洗い出すという現象が



写真-39 越波状況 (B-11, 2分後)

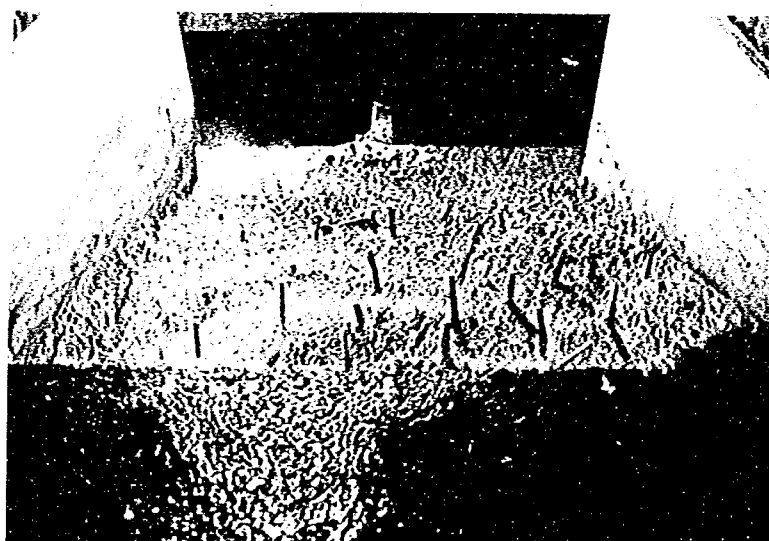


写真-40 変形状況 (B-11, 2分後)

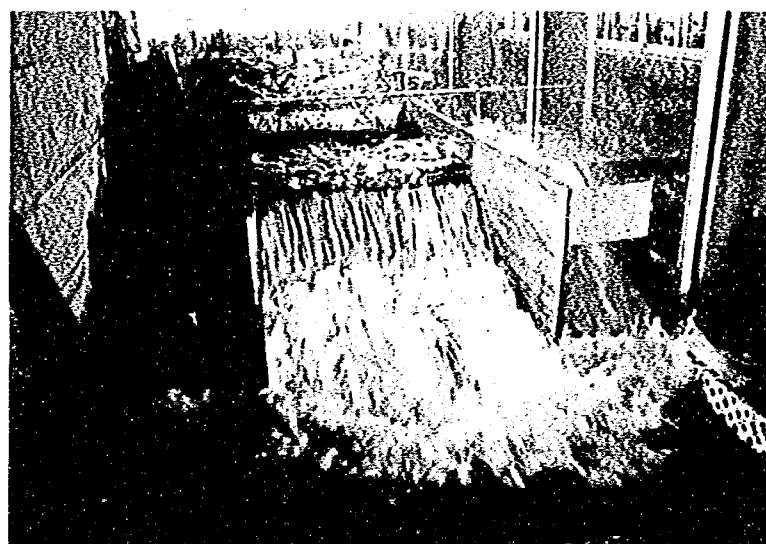


写真-41 越波状況 (B-11, 10分後)

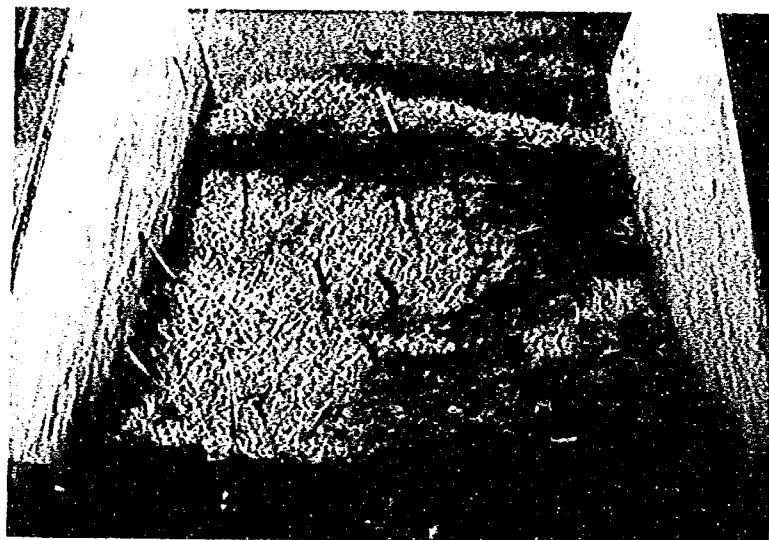


写真-42 変形状況 (B-11, 10分後)

生じた。芝は芝串で押えられていたために沈下するのみであり、破損することはなかった。

これらの結果によれば表面をコンクリートやアスファルトで被覆すればかなりの越波量に対して抵抗することができるが、ブロックや芝で被覆した場合には、それらの被覆工の下部に越波した水が滲透し、下部のマサ土を洗い流すために被覆工の形状が崩れ、流出につながっている。したがって被覆工の下部を流失しにくいものにすれば簡易な被覆工でもかなりの越波に対して安全であると考えられる。

4. 結 語

広島市を流れる太田川およびその派川の高潮対策を検討するための資料とするために堤防への入射波高と越波量の関係および越波に対する天端、裏のり被覆工の安定性に関して水理模型実験による検討を行なった。入射波高と越波量の関係については縮尺 1/25 の模型によって 22 種類の構造案について検討を行なった。

越波量は堤防前面水深が深いために直立型堤防で、前面に重複波が形成される場合に少なく、のり勾配が 1 割と緩くなると碎波も生じるようになり反射率は減少するが越波量は増加する。また堤防前面に消波工を設置した場合は反射率は減少するものの 5 分ののり勾配を持つ堤防の前面に消波工を置くと越波量は増加する傾向を示し碎波が生じるためにうちあげ高も増加し越波しやすくなると考えられる。堤防のり勾配が 1 割の場合には消波工は効果のあることが明らかである。また波返しについてはかなりの越波防止効果がある。河道内の堤防形式を考える場合には単に越波防止効果のみでなく、反射率が低いことが望ましい。これは上流への侵入波を小さくするためである。このような観点から考えれば、越波量とともに反射率についても考慮して堤防断面を決める必要があり、下流部では堤防のり勾配の緩い構造が望ましい。また計画堤防高 T.P. + 5.4 m では計画波高 2.5m の波が来襲した場合に越波量が $0.05 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下となる構造はなかった。このことは何らかの方法で河道内に侵入する波高を減衰する必要があることを示している。

天端および裏のり被覆工の越波に対する安定性については縮尺 1/4 の模型によって 5 種類の被覆構造について検討を行なった。その結果天端および裏のりをコンクリートやアスファルトで被覆した構造はかなりの越波量に対して抵抗することができる。表面を何も被覆しない場合には越波した水によって表面のマサ土が流失して短時間で下部のレキ質土が表われた。また裏のりをブロックや芝で被覆した場合には、それらの被覆工の下部に越波した水が滲透し、下部のマサ土を洗い流すために被覆工の形状が崩れ、その流出につながっている。したがって被覆工の下部を流失しにくいものにすれば簡易な被覆工でもかなりの越波に対して安全であると考えられる。

終りに本模型実験を行なうに際して中国地方建設局河川計画課ならびに太田川工事々務所には資料の提供、その他に関して大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表します。また越波量に関する実験に際しては、海岸研究室山口修前研究員が計画および指導を行なったものである。ここに記して感謝の意を表します。

付表-1 波高と越波量の関係
(予備実験)

堤体施工法：天 端……コンクリート
裏のり……コンクリート

CASEB-1 (消波ブロック：無)					
CASE		入 射 波 高		越 波 量	
No		H _m (cm)	H _p (m)	Q _m (m ³ /m・s)	Q _p (m ³ /m・s)
1-1	1	24.65	0.986	0	0
	2	24.17	0.967	0	0
	3	24.17	0.967	0	0
	平	24.33	0.973	0	0
1-2	1	30.84	1.234	0.0036	0.0288
	2	30.42	1.217	0.0033	0.0264
	3	31.26	1.250	0.0031	0.0248
	平	30.84	1.234	0.0033	0.0264
1-3	1	36.72	1.469	0.0061	0.0488
	2	36.94	1.478	0.0052	0.0416
	3	38.67	1.547	0.0073	0.0584
	平	37.44	1.498	0.0062	0.0496
1-4	1	43.09	1.724	0.0114	0.0912
	2	42.85	1.714	0.0093	0.0744
	3	-	-	0.0123	0.0984
	平	42.97	1.719	0.0110	0.0880
1-5	1	47.89	1.916	0.0182	0.1456
	2	49.17	1.967	0.0203	0.1624
	3	48.92	1.957	0.0183	0.1464
	平	48.66	1.946	0.0189	0.1515
1-6	1	51.07	2.043	0.0190	0.1520
	2	52.83	2.113	0.0222	0.1776
	3	53.98	2.159	0.0274	0.2192
	平	52.63	2.105	0.0229	0.1829
1-7	1	60.31	2.412	0.0283	0.2260
	2	60.74	2.430	0.0285	0.2276
	3	-	-	-	-
	平	60.53	2.421	0.0284	0.2272
1-8	1	27.80	1.112	0.0015	0.0120
	2	28.91	1.156	0.0019	0.0152
	3	28.28	1.131	0.0012	0.0096
	平	28.33	1.133	0.0015	0.0120

CASEB-2 (消波ブロック：有)					
CASE		入 射 波 高		越 波 量	
No		H _m (cm)	H _p (m)	Q _m (m ³ /m・s)	Q _p (m ³ /m・s)
2-1	1	24.45	0.978	0	0
	2	24.90	0.996	0	0
	3	25.21	1.008	0	0
	平	24.85	0.994	0	0
2-2	1	30.85	1.234	0.0016	0.0129
	2	30.80	1.232	0.0017	0.0132
	3	30.99	1.240	0.0017	0.0132
	平	30.88	1.235	0.0017	0.0131
2-3	1	35.90	1.436	0.0022	0.0176
	2	37.05	1.482	0.0021	0.0171
	3	36.90	1.476	0.0028	0.0221
	平	36.62	1.465	0.0024	0.0192
2-4	1	43.61	1.744	0.0035	0.0280
	2	41.86	1.674	0.0040	0.0320
	3	41.89	1.676	0.0046	0.0368
	平	42.45	1.698	0.0040	0.0320
2-5	1	47.80	1.912	0.0076	0.0608
	2	48.02	1.921	0.0077	0.0616
	3	48.21	1.928	0.0075	0.0600
	平	48.01	1.920	0.0076	0.0608
2-6	1	54.05	2.162	0.0102	0.0816
	2	53.89	2.155	0.0092	0.0736
	3	53.89	2.155	0.0093	0.0744
	平	53.94	2.158	0.0096	0.0765
2-7	1	59.31	2.372	0.0130	0.1040
	2	60.33	2.413	0.0136	0.1088
	3	-	-	-	-
	平	59.82	2.393	0.0133	0.1064
2-8	1	28.81	1.153	0.0007	0.0056
	2	28.81	1.153	0.0006	0.0048
	3	28.98	1.159	0.0009	0.0072
	平	28.87	1.155	0.0007	0.0059

※ H_m, Q_m …… 模型値での波高及び越波量
H_p, Q_p …… 現地に換算した波高及び越波量

付表-2 波高及び反射率測定数値表

CASE B-1 (予備実験)

天 端……コンクリート

裏のり……コンクリート

CASE		設定波高	入射波高 No 1		沖側波高 No 2		岸側波高 No 3		反射率	Hm/Lo
No		(ストローク数)	Hm(cm)	Hp(m)	Hm(cm)	Hp(m)	Hm(cm)	Hp(m)		
1-1	1	Hp = 1.00 m Hm = 25.00 cm (75.6 波)	24.65	0.986	26.03	1.041	32.60	1.304	0.76	0.0210
	2		24.17	0.967	26.76	1.070	31.75	1.270	0.77	0.0205
	3		24.17	0.967	25.52	1.021	32.14	1.286	0.77	0.0205
	平		24.33	0.973	26.10	1.044	32.16	1.286	0.77	0.0206
1-2	1	Hp = 1.25 m Hm = 31.25 cm (93.8 波)	30.84	1.234	33.34	1.334	40.46	1.618	0.79	0.0261
	2		30.42	1.217	33.35	1.334	41.45	1.658	0.97	0.0258
	3		31.26	1.250	33.89	1.356	40.98	1.639	0.75	0.0265
	平		30.84	1.234	33.53	1.341	40.96	1.638	0.84	0.0261
1-3	1	Hp = 1.50 m Hm = 37.50 cm (112.1 波)	36.72	1.469	37.95	1.518	48.52	1.941	0.48	0.0311
	2		36.94	1.478	39.46	1.578	48.92	1.957	0.72	0.0313
	3		38.67	1.547	40.81	1.632	49.14	1.966	0.58	0.0328
	平		37.44	1.498	39.41	1.576	48.86	1.954	0.59	0.0317
1-4	1	Hp = 1.75 m Hm = 43.75 cm (130.4 波)	43.09	1.724	44.27	1.771	52.89	2.116	0.60	0.0365
	2		42.85	1.714	45.19	1.808	53.25	2.130	0.64	0.0363
	3		—	—	—	—	—	—	—	—
	平		42.97	1.719	44.73	1.789	53.07	2.123	0.62	0.0364
1-5	1	Hp = 2.00 m Hm = 50.00 cm (148.7 波)	47.89	1.916	52.96	2.118	60.91	2.436	0.62	0.0406
	2		49.17	1.967	53.23	2.129	58.26	2.330	0.52	0.0417
	3		48.92	1.957	55.51	2.220	60.17	2.407	0.77	0.0415
	平		48.66	1.946	53.90	2.156	59.78	2.391	0.64	0.0412
1-6	1	Hp = 2.25 m Hm = 56.25 cm (166.9 波)	51.07	2.043	51.55	2.062	64.03	2.561	0.36	0.0433
	2		52.83	2.113	57.42	2.297	57.67	2.307	0.52	0.0448
	3		53.98	2.159	55.39	2.216	63.17	2.527	0.88	0.0458
	平		52.63	2.105	54.79	2.192	61.62	2.465	0.59	0.0446
1-7	1	Hp = 2.50 m Hm = 62.50 cm (185.2 波)	60.31	2.412	58.44	2.338	67.28	2.691	0.81	0.0511
	2		60.74	2.430	57.79	2.312	66.21	2.648	0.93	0.0515
	3		—	—	—	—	—	—	—	—
	平		60.53	2.421	58.12	2.325	66.75	2.670	0.87	0.0513
1-8	1	Hp = 1.15 m Hm = 28.75 cm (87.0 波)	27.80	1.112	29.97	1.199	38.89	1.556	0.68	0.0236
	2		28.91	1.156	31.72	1.269	40.82	1.633	0.67	0.0245
	3		28.28	1.131	30.27	1.211	38.07	1.449	0.73	0.0240
	平		28.33	1.133	30.65	1.226	39.26	1.570	0.69	0.0240

付表-3 波高及び反射率測定数値表

CASE B-2 (予備実験)

天 端……コンクリート
裏のり……コンクリート

CASE		設定波高	入射波高 No 1		沖側波高 No 2		岸側波高 No 3		反射率	Hm/Lo
No		(ストローク数)	Hm(cm)	Hp (m)	Hm(cm)	Hp(m)	Hm(cm)	Hp (m)		
2 - 1	1	Hp = 1.00 m Hm = 25.00 cm (75.6 mm)	24.45	0.978	25.64	1.026	16.73	0.669	0.30	0.0207
	2		24.90	0.996	26.44	1.058	17.36	0.694	0.31	0.0211
	3		25.21	1.008	26.33	1.053	16.58	0.663	0.30	0.0214
	平		24.85	0.994	26.14	1.046	16.89	0.676	0.30	0.0211
2 - 2	1	Hp = 1.25 m Hm = 31.25 cm (93.8 mm)	30.85	1.234	31.73	1.269	21.74	0.870	0.27	0.0261
	2		30.80	1.232	30.72	1.229	21.88	0.875	0.28	0.0261
	3		30.99	1.240	30.08	1.203	22.36	0.894	0.21	0.0263
	平		30.88	1.235	30.84	1.234	21.99	0.880	0.25	0.0262
2 - 3	1	Hp = 1.50 m Hm = 37.50 cm (112.1 mm)	35.90	1.436	35.11	1.404	25.99	1.040	0.25	0.0304
	2		37.05	1.482	36.20	1.448	26.97	1.079	0.29	0.0314
	3		36.90	1.476	31.43	1.257	28.60	1.144	0.42	0.0313
	平		36.62	1.465	34.25	1.370	27.19	1.088	0.32	0.0310
2 - 4	1	Hp = 1.75 m Hm = 43.75 cm (130.4 mm)	43.61	1.744	42.30	1.692	29.46	1.178	0.26	0.0370
	2		41.86	1.674	41.08	1.643	28.29	1.132	0.21	0.0355
	3		41.89	1.676	42.03	1.681	29.81	1.192	0.19	0.0355
	平		42.45	1.698	41.80	1.672	29.19	1.168	0.22	0.0360
2 - 5	1	Hp = 2.00 m Hm = 50.00 cm (148.7 mm)	47.80	1.912	48.93	1.957	35.45	1.418	0.23	0.0405
	2		48.02	1.921	46.86	1.874	32.01	1.280	0.19	0.0407
	3		48.21	1.928	46.67	1.867	32.25	1.290	0.18	0.0409
	平		48.01	1.920	47.49	1.900	33.24	1.330	0.20	0.0407
2 - 6	1	Hp = 2.25 m Hm = 56.25 cm (166.9 mm)	54.05	2.162	52.37	2.095	34.65	1.386	0.22	0.0458
	2		53.89	2.155	50.66	2.026	34.45	1.378	0.25	0.0458
	3		53.89	2.155	52.70	2.108	34.83	1.393	0.15	0.0458
	平		53.94	2.158	51.91	2.076	34.64	1.386	0.21	0.0458
2 - 7	1	Hp = 2.50 m Hm = 62.50 cm (185.2 mm)	59.31	2.372	56.82	2.273	45.27	1.811	0.19	0.0503
	2		60.33	2.413	55.79	2.232	44.13	1.765	0.22	0.0511
	3		—	—	—	—	—	—	—	—
	平		59.82	2.393	56.31	2.252	44.70	1.788	0.21	0.0507
2 - 8	1	Hp = 1.15 m Hm = 28.75 cm (87.0 mm)	28.81	1.153	29.13	1.165	20.44	0.818	0.31	0.0244
	2		28.81	1.153	27.36	1.094	20.24	0.810	0.31	0.0244
	3		28.98	1.159	28.68	1.147	19.65	0.786	0.30	0.0246
	平		28.87	1.155	28.39	1.136	20.11	0.804	0.31	0.0245

付表－4 堤体被災状況測定数値表

実験ケース：CASE B－3

設定波高：Hp = 1.86m (Hm = 46.5cm)

越波量：Qp = 0.05 m³/m・S

波作用時間：t m = 2hr

	測点 No	A－a 断面				B－b 断面				C－c 断面			
		実験前		実験後		実験前		実験後		実験前		実験後	
		模型値	現地高	模型値	現地高	模型値	現地高	模型値	現地高	模型値	現地高	模型値	現地高
波返し	1	m 1.357	TPm 5.428	m 1.359	TPm 5.436	m 1.361	TPm 5.444	m 1.362	TPm 5.448	m 1.361	TPm 5.444	m 1.362	TPm 5.448
天 端	2	1.150	4.600	1.150	4.600	1.154	4.616	1.152	4.607	1.154	4.615	1.153	4.613
	3	1.150	4.600	1.150	4.601	1.152	4.607	1.150	4.600	1.153	4.610	1.153	4.610
	4	1.149	4.596	1.151	4.604	1.150	4.600	1.149	4.597	1.148	4.592	1.150	4.598
	5	1.153	4.612	1.154	4.616	1.151	4.604	1.152	4.608	1.150	4.598	1.150	4.600
	6	1.154	4.616	1.154	4.616	1.152	4.606	1.151	4.604	1.152	4.608	1.152	4.608
	7	1.155	4.620	1.155	4.620	1.153	4.612	1.151	4.604	1.154	4.614	1.152	4.608
	8	1.157	4.626	1.155	4.620	1.154	4.616	1.153	4.612	1.153	4.612	1.152	4.608
	9	1.158	4.632	1.156	4.624	1.155	4.620	1.153	4.612	1.156	4.622	1.153	4.612
	10	1.159	4.636	1.156	4.624	1.155	4.620	1.152	4.608	1.156	4.624	1.153	4.612
	11	1.160	4.638	1.156	4.624	1.156	4.624	1.152	4.608	1.157	4.628	1.154	4.616
裏 の り	12	1.158	4.632	1.153	4.612	1.159	4.636	1.154	4.618	1.159	4.634	1.154	4.618
	13	1.093	4.370	1.083	4.332	1.094	4.374	1.090	4.360	1.095	4.378	1.092	4.366
	14	1.028	4.110	1.025	4.100	1.026	4.104	1.023	4.092	1.029	4.114	1.027	4.108
	15	0.963	3.850	0.960	3.840	0.959	3.836	0.958	3.830	0.961	3.844	0.961	3.844
	16	0.897	3.588	0.895	3.580	0.895	3.580	0.895	3.578	0.896	3.584	0.896	3.584
	17	0.834	3.336	0.830	3.320	0.830	3.318	0.829	3.316	0.832	3.326	0.831	3.324
	18	0.768	3.070	0.769	3.076	0.765	3.060	0.766	3.062	0.769	3.076	0.768	3.072
	19	0.706	2.822	0.705	2.820	0.703	2.812	0.704	2.816	0.706	2.824	0.706	2.824
	20	0.658	2.632	0.658	2.632	0.661	2.642	0.658	2.630	0.663	2.652	0.664	2.654

付表－5 堤体被災状況測定数値表

実験ケース：CASE B－4

設定波高： $H_p = 1.48\text{ m}$, $H_m = 37.00\text{ cm}$

越波量： $Q_p = 0.02\text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$

波作用時間： $t_m = 10\text{ min}$

		実験前堤体高		A－a 断面		B－b 断面		C－c 断面		D－d 断面		E－e 断面	
		模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高
天 端	1	1.150	4.600	1.091	4.364	1.093	4.372	1.094	4.376	1.091	4.364	1.094	4.376
	2	1.147	4.588	1.094	4.376	1.084	4.336	1.065	4.260	1.080	4.320	1.097	4.388
	3	1.144	4.564	1.142	4.568	1.133	4.532	1.096	4.384	1.134	4.536	1.139	4.556
	4	1.141	4.564	1.145	4.580	1.128	4.512	1.092	4.368	1.128	4.512	1.149	4.596
	5	1.138	4.552	1.138	4.552	1.095	4.380	1.085	4.340	1.125	4.500	1.139	4.556
	6	1.135	4.540	1.129	4.516	1.075	4.300	1.070	4.280	1.090	4.360	1.124	4.496
	7	1.132	4.528	1.108	4.432	1.059	4.236	1.056	4.224	1.082	4.328	1.100	4.400
	8	1.129	4.516	1.086	4.344	1.041	4.164	1.044	4.176	1.108	4.432	1.076	4.304
	9	1.126	4.504	1.117	4.468	1.002	4.008	1.027	4.108	1.091	4.364	1.048	4.192
	10	1.125	4.500	1.116	4.464	0.966	3.864	1.025	4.100	1.082	4.328	1.046	4.184
裏 の り	11	1.054	4.216	1.065	4.260	0.922	3.688	0.966	3.864	1.050	4.200	0.978	3.912
	12	0.983	3.932	1.000	4.000	0.829	3.316	0.979	3.916	0.989	3.956	0.905	3.620
	13	0.911	3.644	0.937	3.748	0.760	3.040	0.925 0.845	3.700 3.380	0.882	3.528	0.862	3.448
	14	0.840	3.360	0.779	3.116	0.744	2.976	0.815	3.260	0.802	3.208	0.800	3.200
	15	0.769	3.076	0.728	2.912	0.733	2.932	0.785	3.140	0.759	3.036	0.761	3.044
	16	0.698	2.792	0.700	2.800	0.719	2.876	0.743	2.972	0.732	2.928	0.728	2.912
	17	0.658	2.632	0.689	2.756	0.701	2.804	0.712	2.848	0.713	2.852	0.715	2.860

付表－6 堤体被災状況数値表

実験ケース：CASE B－5

設定波高： $H_p = 2.18\text{ m}$, $H_m = 54.50\text{ cm}$

越波量： $Q_p = 0.08\text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$

波作用時間： $t_m = 8\text{ min}$

		実験前堤体高		A－a 断面		B－b 断面		C－c 断面		D－d 断面		E－e 断面	
		模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高	模型高	現地高
天 端	1	1.150	4.600	1.096	4.384	1.092	4.364	1.091	4.364	1.095	4.380	1.091	4.364
	2	1.147	4.588	1.117	4.468	1.100	4.400	1.071	4.284	1.091	4.364	1.106	4.424
	3	1.144	4.576	1.146	4.584	1.135	4.540	1.105	4.420	1.134	4.536	1.135	4.540
	4	1.141	4.564	1.146	4.584	1.104	4.416	1.095	4.380	1.131	4.524	1.145	4.580
	5	1.138	4.552	1.140	4.560	1.097	4.388	1.086	4.344	1.106	4.424	1.144	4.576
	6	1.135	4.540	1.126	4.504	1.084	4.336	1.069	4.276	1.108	4.432	1.137	4.548
	7	1.132	4.528	1.090	4.360	1.070	4.280	1.054	4.216	1.128 1.087	4.512 4.348	1.094	4.376
	8	1.129	4.516	1.066	4.264	1.050	4.200	1.041	4.164	1.067	4.268	1.061	4.244
	9	1.126	4.504	1.041	4.164	1.040	4.160	1.011	4.044	1.034	4.136	1.038	4.152
	10	1.125	4.500	1.036	4.144	1.005	4.020	1.005	4.020	1.025	4.100	1.040	4.160
裏 の り	11	1.054	4.216	1.005	4.020	0.902	3.608	0.857	3.428	0.950	3.800	0.960	3.840
	12	0.983	3.932	0.985	3.940	0.852	3.408	0.821	3.284	0.876	3.504	1.000	4.000
	13	0.911	3.644	0.925	3.700	0.809	3.236	0.810	3.240	0.841	3.364	0.925	3.700
	14	0.840	3.360	0.861	3.444	0.765	3.060	0.770	3.080	0.799	3.196	0.852	3.408
	15	0.769	3.076	0.790	3.160	0.735	2.940	0.734	2.936	0.768	3.072	0.785	3.140
	16	0.698	2.792	0.709	2.836	0.710	2.840	0.717	2.868	0.749	2.996	0.724	2.896
	17	0.658	2.632	0.705	2.820	0.699	2.796	0.701	2.804	0.723	2.892	0.700	2.800

付表-7 被災状況測定数値表 (CASE B-6)



上段……ブロック上

下段……ブロック下の砕石

		0 cm		10 cm		25 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		75 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天 端	1	115.5	115.5			115.2	115.1					115.0	115.0					115.0	114.7			115.0	114.8
	2	114.8	114.7			114.4	114.3					114.3	114.2					114.1	114.0			114.0	114.0
	3	114.1	114.1			113.9	113.9					113.8	113.8					113.7	113.6			113.7	113.6
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.5					113.4	113.5			113.5	113.5
	5	113.8	113.8			113.5	113.5					113.5	113.5					113.5	113.5			113.7	113.8
	6	113.5	113.5			113.3	113.8					113.4	113.3					113.5	113.6			114.0	113.9
	7	113.2	113.1			112.9	112.9					113.0	113.0					113.4	113.4			113.7	113.8
	8	112.7	112.8			112.5	112.4					112.5	112.5					112.9	113.0			113.3	113.2
	9	112.3	112.5			112.3	111.2					112.1	112.3					112.5	112.5			113.0	112.9
	10	112.4	112.1			112.0	112.0					112.2	112.0					112.3	112.2			112.8	112.8
裏 の り	10	112.4	106.8 (107.0)			112.0	111.3 (107.9)					112.3	112.2 (105.8)					112.3	108.0 (107.9)			112.8	112.8 (109.1)
	11	107.2	106.0 (104.0)			107.0	106.5 (104.0)					107.5	106.8 (104.2)					107.0	107.0 (104.6)			108.5	107.4 (105.5)
	12	99.9	99.3 (97.1)			100.3	99.8 (97.5)					101.2	100.0 (98.1)					101.5	100.6 (98.5)			101.5	101.3 (99.2)
	13	93.5	93.5 (91.4)			93.5	93.5 (91.2)					93.3	92.6 (91.0)					93.9	93.7 (91.8)			95.6	95.6 (91.5)
	14	86.5	86.3 (81.3)			86.8	86.3 (83.0)					87.4	86.8 (83.7)					87.0	86.9 (83.5)			88.9	87.6 (83.5)
	15	80.8	79.5 (76.7)			80.6	79.5 (75.1)					81.2	79.4 (74.2)					81.6	79.6 (75.8)			82.5	80.4 (75.9)
	16	74.7	72.1 (68.5)			74.5	71.5 (69.2)					73.1	72.9 (68.5)					74.0	73.0 (69.2)			74.5	73.9 (69.3)
	17		69.7 (65.5)				70.2 (66.4)						70.4 (66.2)						70.5 (66.8)				71.9 (67.2)

付表-8 被災状況測定数値表 (CASE B-7)

上
(下)

上段……ブロック上
下段……ブロック下の碎石

		0 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		80 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天 端	1	115.5	115.5			(25 cm) 115.2	115.1					115.0	115.0			(75 cm) 115.0	114.7					115.0	114.8
	2	114.8	114.7			114.4	114.3					114.3	114.2			114.1	114.0					114.0	114.0
	3	114.1	114.1			113.9	113.9					113.8	113.8			113.7	113.6					113.7	113.6
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.5			113.4	113.5					113.5	113.5
	5	113.9	113.8			113.5	113.5					113.5	113.5			113.5	113.5					113.7	113.8
	6	113.5	113.5			113.3	113.3					113.4	113.3			113.5	113.6					114.0	113.9
	7	113.2	113.1			112.9	112.9					113.0	113.0			113.4	113.4					113.7	113.8
	8	112.7	112.8			112.5	112.4					112.5	112.5			112.9	113.0					113.3	113.2
	9	112.3	112.5			112.3	112.2					112.1	112.3			112.5	112.5					113.0	112.9
	10	112.4	112.1			112.0	112.0					112.2	112.0			112.3	112.2					112.8	112.8
裏 の り	10	113.0 (107.3)		111.7 (108.4)		111.3 (106.1)		111.7 (106.8)		(105.8)		(104.7)		(103.8)		(104.1)		(103.7)		(103.5)		(106.5)	
	11	107.4 (101.7)		106.5 (101.5)		106.6 (100.8)		105.3 (100.3)		105.1 (98.5)		(98.0)		(97.5)		(91.4)		99.8 (93.8)		(95.0)		(96.5)	
	12	101.7 (96.3)		100.4 (95.2)		100.0 (94.3)		97.3 (91.8)		94.8 (90.5)		92.2 (87.7)		92.5 (85.2)		91.2 (85.8)		(88.1)		(89.6)		93.8 (94.9)	
	13	94.2 (86.9)		93.2 (89.5)		92.8 (90.0)		91.8 (85.0)		87.7 (82.6)		86.8 (81.9)		86.6 (80.4)		(81.0)		86.1 (82.4)		90.4 (84.5)		(88.8)	
	14	87.3 (77.6)		87.0 (80.3)		86.6 (83.1)		86.9 (80.8)		84.1 (80.4)		81.1 (77.4)		(80.2)		(77.7)		78.4 (78.4)		76.3 (81.9)		77.0	
	15	(73.3)		(75.0)		78.6 (74.5)		79.0 (74.5)		81.1 (73.3)		76.4 (72.6)		78.4 (74.4)		84.5 (80.2)		83.4 (83.4)		82.4 (76.7)		81.6 (77.3)	
	16	71.7 (68.0)		71.2 (67.6)		71.3 (68.5)		71.8 (69.3)		74.1 (69.9)		75.4 (68.8)		73.8 (69.2)		82.4 (69.5)		81.7 (66.5)		77.1 (70.5)		75.0 (71.2)	
	17	69.2 (67.2)		68.8 (66.0)		68.0 (65.5)		69.0 (65.5)		68.9 (66.6)		69.5 (66.8)		70.0 (69.7)		68.0 (68.5)		69.2 (68.4)		67.7 (66.7)		68.8 (66.7)	

付表-9 被災状況測定数値表 (CASE B-8)

		0 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		80 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天端	1	115.5	115.5			(25cm) 115.2	115.1					115.0	115.0			(75cm) 115.0	115.0					115.0	115.0
	2	114.8	114.7			114.4	114.3					114.3	114.3			114.1	114.1					114.0	114.2
	3	114.1	114.1			113.9	113.8					113.8	113.8			113.7	113.7					113.7	113.6
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.4			113.4	113.4					113.5	113.5
	5	113.8	113.8			113.5	113.4					113.5	113.5			113.5	113.5					113.7	113.8
	6	113.5	113.5			113.3	113.2					113.4	113.4			113.5	113.5					114.0	114.1
	7	113.2	113.1			112.9	112.9					113.0	113.0			113.4	113.4					113.7	113.6
	8	112.7	112.8			112.5	112.5					112.5	112.5			112.9	112.9					113.3	113.2
	9	112.3	112.5			112.3	112.2					112.1	112.1			112.5	112.4					113.0	113.1
	10	112.4	112.1			112.0	112.0					112.2	112.2			112.3	112.2					112.8	112.9
裏のり	10	111.9	105.9	111.5	106.2	111.4	107.2	111.2	106.2	111.4	106.4	111.3	105.8	111.4	108.0	111.6	106.5	111.5	106.6	111.3	107.1	112.0	107.0
	11	106.9	100.5	106.6	100.7	106.5	101.2	106.6	100.0	106.9	99.3	106.9	99.7	106.9	102.0	107.2	101.2	107.1	101.4	107.5	101.1	107.9	102.1
	12	100.1	85.3	100.0	87.7	99.8	85.9	99.9	88.8	100.3	90.8	100.2	91.4	100.5	91.0	101.0	89.8	101.1	88.5	101.2	88.6	101.5	87.0
	13	93.6	79.6	93.7	80.9	93.3	83.4	93.2	85.2	93.2	85.4	93.2	85.4	93.7	86.3	93.7	85.4	94.2	87.4	94.4	87.4	94.4	87.6
	14	85.0	79.0	84.4	78.0	83.9	77.0	84.0	80.6	83.6	84.0	84.6	83.7	84.2	81.4	84.9	81.3	84.8	79.5	85.3	81.1	85.6	81.8
	15	78.4	77.3	77.6	76.0	77.5	77.0	77.7	76.4	78.0	73.4	78.2	76.4	77.8	76.0	77.8	76.0	77.8	76.5	78.6	77.0	79.3	77.5
	16	72.4	68.0	72.2	67.0	71.5	66.0	71.8	66.9	71.7	66.3	71.2	66.0	71.5	67.7	71.5	66.2	71.6	67.7	71.8	68.9	71.7	68.0
	17	68.5	67.7	68.5	66.5	69.0	67.9	68.9	68.4	68.6	68.3	68.9	67.8	69.3	68.6	69.5	68.6	69.1	69.3	69.6	66.5	69.9	68.7

付表-10 被災状況測定数値表 (CASE B-9)

		0 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		80 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天 端	1	115.5	115.4			(25cm) 115.2	115.1					115.0	114.9			(75cm) 115.0	115.0					115.0	115.0
	2	114.8	114.9			114.4	114.3					114.3	114.2			114.1	114.1					114.0	114.0
	3	114.1	114.2			113.9	113.9					113.8	113.8			113.7	113.6					113.7	113.6
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.4			113.4	113.5					113.5	113.4
	5	113.8	113.7			113.5	113.5					113.5	113.4			113.5	113.4					113.7	113.6
	6	113.5	113.4			113.3	113.4					113.4	113.4			113.5	113.4					114.0	113.8
	7	113.2	113.2			112.9	113.0					113.0	113.0			113.4	113.5					113.7	113.7
	8	112.7	112.6			112.5	112.4					112.5	112.4			112.9	112.8					113.3	113.2
	9	112.3	112.2			112.3	112.2					112.1	112.0			112.5	112.5					113.0	112.9
	10	112.4	112.3			112.0	112.0					112.2	112.0			112.3	112.1					112.8	112.7
裏 の り	10	111.6	105.7	111.2	106.0	111.2	106.9	111.3	106.8	111.4	105.9	111.4	103.1	111.6	103.3	111.7	104.8	111.9	106.8	111.9	111.7 (102.6)	111.6	105.4
	11	106.3	90.1	106.3	90.4	106.0	90.0	106.3	90.1	106.2	90.5	106.5	92.1 (87.4)	106.8	91.0	107.0	93.2	107.1	96.6	107.0	96.2	107.0	96.4
	12	99.5	88.4	99.8	89.5	99.7	93.0 (87.0)	100.3	86.0	100.4	86.9 (83.6)	100.5	91.1	100.7	95.0 (85.4)	100.3	88.7	100.5	87.0	101.4	93.7	101.0	94.4
	13	92.5	82.8	92.8	83.5	92.8	83.0	93.2	82.5	94.2	89.2 (84.6)	93.8	84.5	93.8	84.4	93.5	82.4	93.5	81.0	93.7	92.9	94.1	85.8
	14	87.4	79.8	87.1	82.2	86.7	84.4 (79.9)	86.8	83.4 (78.0)	86.4	80.0	87.1	84.8 (78.9)	87.3	87.0 (80.0)	87.0	83.0 (77.6)	87.5	79.5 (76.0)	87.5	85.9 (76.0)	87.6	99.3 (75.7)
	15	80.2	79.0	80.1	78.2	79.8	79.6	79.3	78.5	80.2	81.3	80.0	79.5	80.9	78.8	80.4	74.2	80.6	74.2	82.0	82.1	81.9	75.8
	16	73.5	70.0	73.9	69.8	73.8	74.4	73.2	74.2	74.0	72.5	74.2	71.4	75.2	75.0	74.0	69.8	75.3	72.4	76.0	75.0 (70.5)	75.7	70.3
	17	69.3	68.0	70.0	67.5	70.4	69.4	70.4	72.0	70.2	70.8	70.0	69.5	69.9	69.5	70.2	72.2	70.0	71.0	70.7	71.4 (68.0)	70.9	68.4

付表-11 被災状況測定数値表 (CASE B-10)

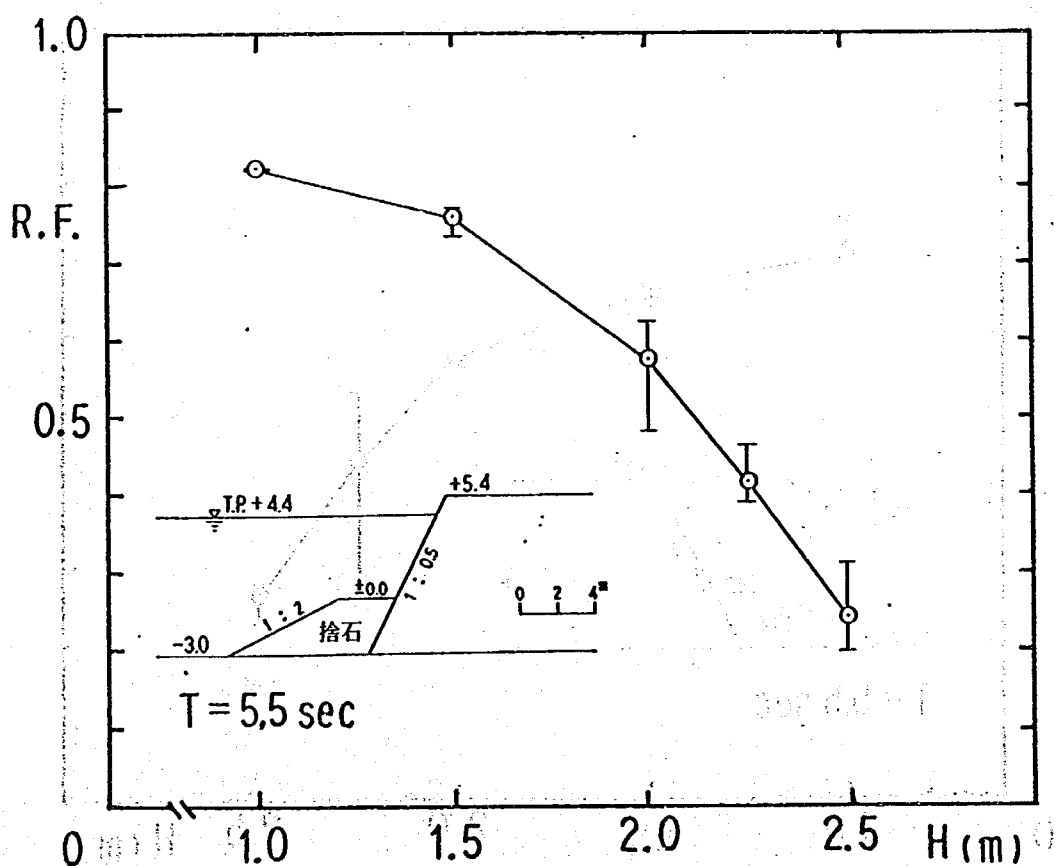
		0 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		80 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天 端	1	115.5	115.5			(25 cm) 115.2	115.1					115.0	115.0			(75 cm) 115.0	115.0					115.0	114.9
	2	114.8	114.7			114.4	114.3					114.3	114.2			114.1	114.0					114.0	114.0
	3	114.1	114.1			113.9	113.9					113.8	113.8			113.7	113.7					113.7	113.6
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.5			113.4	113.4					113.5	113.4
	5	113.8	113.8			113.5	113.5					113.5	113.5			113.5	113.5					113.7	113.6
	6	113.5	113.5			113.3	113.3					113.4	113.3			113.5	113.6					114.0	114.0
	7	113.2	113.1			112.9	112.9					113.0	113.1			113.4	113.4					113.7	113.7
	8	112.7	112.8			112.5	112.5					112.5	112.5			112.9	113.0					113.3	113.2
	9	112.3	112.5			112.3	112.4					112.1	112.1			112.5	112.5					113.0	112.9
	10	112.4	112.1			112.0	112.0					112.2	112.1			112.3	112.2					112.8	112.8
裏 の り	10	111.9	104.2	110.5	102.1	110.4	101.0	110.9	98.2	110.6	100.5	110.7	100.0	109.5	96.0	109.6	105.0	110.6	103.6	110.0	104.5	109.2	103.8
	11	105.8	97.5	104.4	95.5	105.6	93.6	106.3	94.8	106.0	94.0	106.0	92.6	106.6	91.6	106.4	95.6	106.5	99.4	105.7	98.5	105.5	96.4
	12	100.9	86.3	99.8	86.5	99.4	86.3	99.8	82.5	99.7	82.3	99.5	83.4	100.5	85.5	100.4	85.5	100.3	85.7	99.7	88.2	98.8	86.3
	13	94.0	82.0	93.5	82.1	94.3	81.0	94.5	80.3	94.6	81.9	96.1	82.3	95.0	82.4	94.6	81.6	93.7	79.9	93.2	79.1	92.8	77.0
	14	88.0	78.4	87.5	77.3	87.3	77.9	87.0	78.2	88.2	78.5	88.8	78.7	88.8	78.3	86.7	77.2	87.7	76.8	86.3	76.3	86.2	77.3
	15	78.0	71.4	79.5	75.0	80.5	78.2	80.8	78.6	81.8	77.8	80.9	76.6	79.0	75.0	79.5	74.6	81.5	75.5	80.0	74.8	80.1	73.6
	16	73.0	71.7	73.0	73.6	73.6	74.0	72.8	76.0	73.5	75.7	73.0	76.3	72.1	74.2	72.3	73.9	72.7	74.1	72.5	74.2	71.0	72.6
	17	68.5	69.6	68.5	71.7	68.8	72.5	68.9	71.5	68.5	75.2	68.4	75.0	69.4	73.0	69.0	73.1	69.0	72.3	68.9	72.5	67.6	68.7

付表-12 被災状況測定数値表(CASE B-11)

天 端：アスファルト 裏のり：芝張り
 $Q_p = 0.08 \text{ m}^2/\text{m} \cdot \text{s}$ $H_p = 2.18 \text{ m}$ $H_m = 54.5 \text{ cm}$

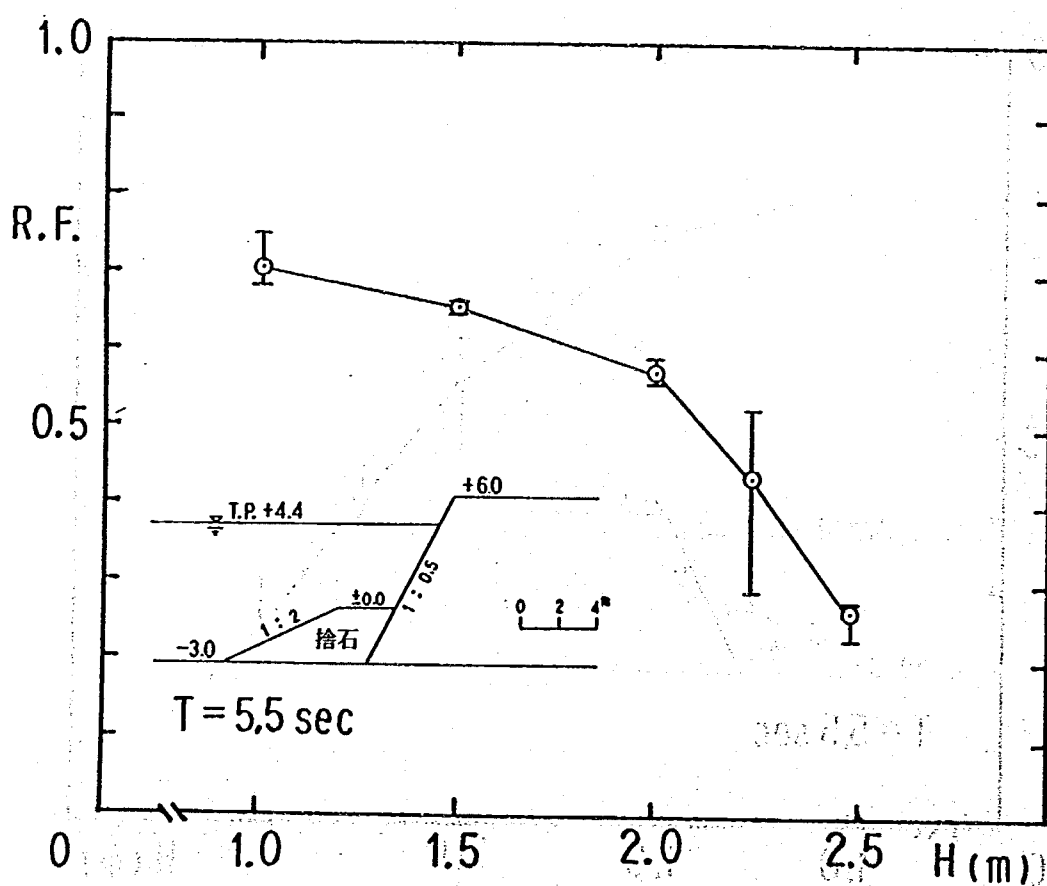
		0 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm		70 cm		80 cm		90 cm		100 cm	
		実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
天 端	1	115.5	115.4			(25 cm) 115.2	115.0					115.0	115.0			(75 cm) 115.0	115.0					115.0	115.0
	2	114.8	114.8			114.4	114.3					114.3	114.2			114.1	114.1					114.0	114.0
	3	114.1	114.1			113.9	113.8					113.8	113.8			113.7	113.7					113.7	113.7
	4	114.0	114.0			113.8	113.7					113.5	113.5			113.4	113.5					113.5	113.5
	5	113.8	113.8			113.5	113.4					113.5	113.4			113.5	113.6					113.7	113.6
	6	113.5	113.5			113.3	113.2					113.4	113.5			113.5	113.5					114.0	114.0
	7	113.2	113.1			112.9	113.0					113.0	113.0			113.4	113.4					113.7	113.7
	8	112.7	112.7			112.5	112.5					112.5	112.5			112.9	112.9					113.3	113.3
	9	112.3	112.2			112.3	112.4					112.1	112.1			112.5	112.5					113.0	113.0
	10	112.4	112.3			112.0	112.0					112.2	112.2			112.3	112.2					112.8	112.8
裏 の り	10	110.6	103.4	111.5	99.0	110.5	100.3	110.0	100.5	110.9	102.0	110.9	99.6	110.5	96.0	111.3	104.1	111.1	106.6	111.4	102.8	111.2	100.2
	11	105.9	93.8	105.8	94.0	105.2	93.0	106.0	94.5	106.2	94.3	106.3	93.5	105.9	92.6	105.9	95.9	105.9	97.0	105.5	98.5	106.5	104.5
	12	96.9	89.5	97.3	90.0	98.0	88.4	98.5	87.9	98.7	88.0	99.8	88.5	99.3	89.0	99.0	89.4	99.6	90.4	99.8	95.7	99.0	95.4
	13	92.0	84.4	91.3	84.4	90.6	85.0	91.4	84.0	92.6	85.3	92.6	85.8	92.6	86.5	92.5	86.5	92.5	85.0	92.1	83.5	92.4	85.1
	14	86.7	82.0	86.0	81.0	86.2	79.6	86.5	79.8	86.2	81.5	87.5	81.3	87.2	82.7	86.0	82.5	85.5	80.2	87.5	83.7	87.0	84.5
	15	78.8	80.5	79.5	79.3	78.6	79.0	78.5	79.3	79.5	81.1	79.5	80.1	80.7	80.6	81.0	82.5	80.6	83.7	80.8	84.7	79.5	81.0
	16	74.4	74.0	74.1	77.0	74.0	78.0	73.7	78.8	73.8	77.0	73.7	76.9	73.7	77.6	73.8	75.9	74.0	74.9	74.0	74.8	73.2	75.5
	17	71.0	69.5	70.5	70.0	70.9	72.0	70.7	73.8	71.0	73.0	70.0	70.6	70.0	72.8	71.2	72.3	71.0	71.0	71.3	71.0	70.0	70.0

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.			R.F. mean
	1	2	3			
1.0	1.80	0.823	1.80	0.823	1.83	0.824
	0.18		0.18		0.18	
1.5	2.35	0.774	2.35	0.774	2.33	0.762
	0.30		0.30		0.35	
2.0	2.85	0.629	3.03	0.624	2.95	0.579
	0.65		0.70		1.03	
2.25	3.45	0.468	3.05	0.386	3.40	0.419
	1.25		1.35		1.45	
2.5	3.13	0.316	3.00	0.200	3.25	0.246
	1.63		2.00		2.08	



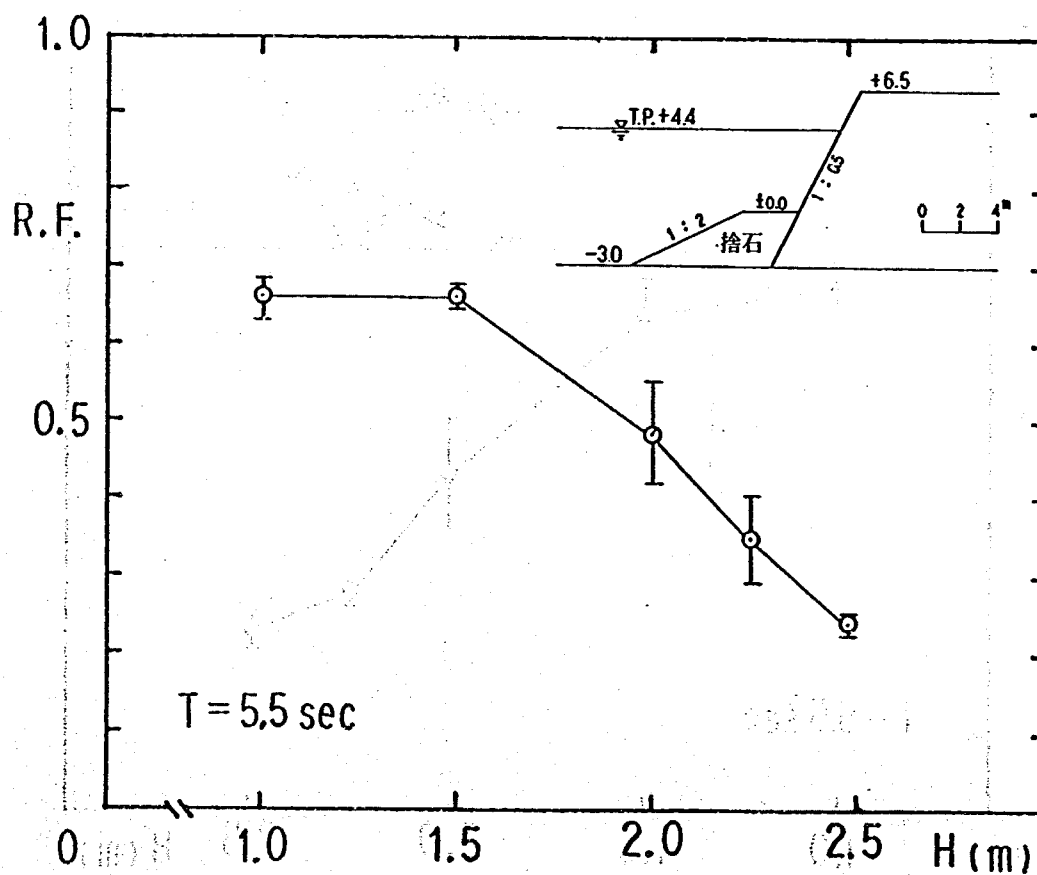
付図-1 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.			R. F. mean
	1	2	3			
1.0	1.75	0.750	1.78	0.690	1.85	0.707
	0.25		0.33		0.35	
1.5	2.70	0.662	2.80	0.659	2.70	0.657
	0.55		0.58		0.58	
2.0	3.75	0.579	3.63	0.559	3.60	0.576
	1.00		1.03		0.93	
2.25	3.75	0.500	3.28	0.291	4.13	0.440
	1.25		1.80		1.28	
2.5	3.50	0.279	3.75	0.230	3.88	0.267
	1.98		2.35		2.13	



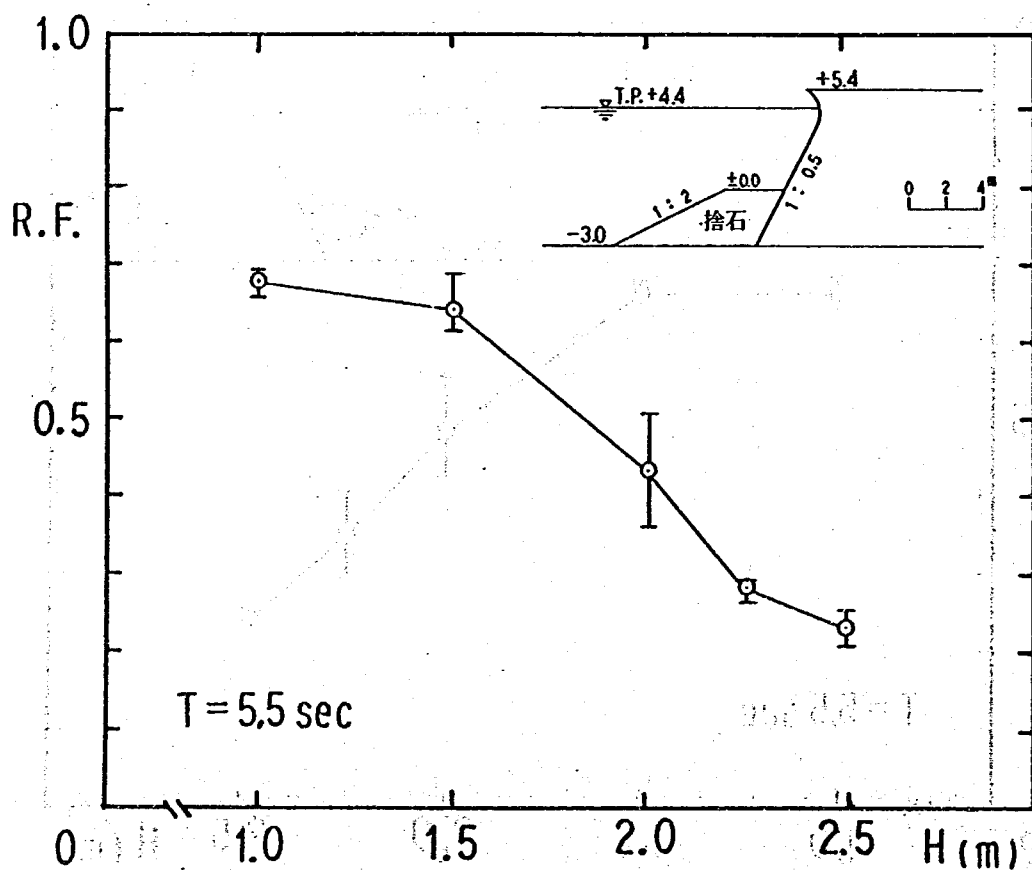
付図-2 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} \text{ (m)}}{H_{\min} \text{ (m)}}$		R. F.				R. F. mean
	1		2		3		
1.0	1.78	0.632	2.15	0.670	2.03	0.688	0.663
	0.40		0.43		0.38		
1.5	3.03	0.646	3.28	0.679	3.08	0.662	0.662
	0.65		0.63		0.63		
2.0	4.00	0.553	4.28	0.481	3.93	0.421	0.485
	1.15		1.50		1.60		
2.25	4.63	0.407	4.13	0.352	3.63	0.295	0.351
	1.95		1.98		1.98		
2.5	4.05	0.227	3.78	0.243	4.00	0.255	0.242
	2.55		2.30		3.38		



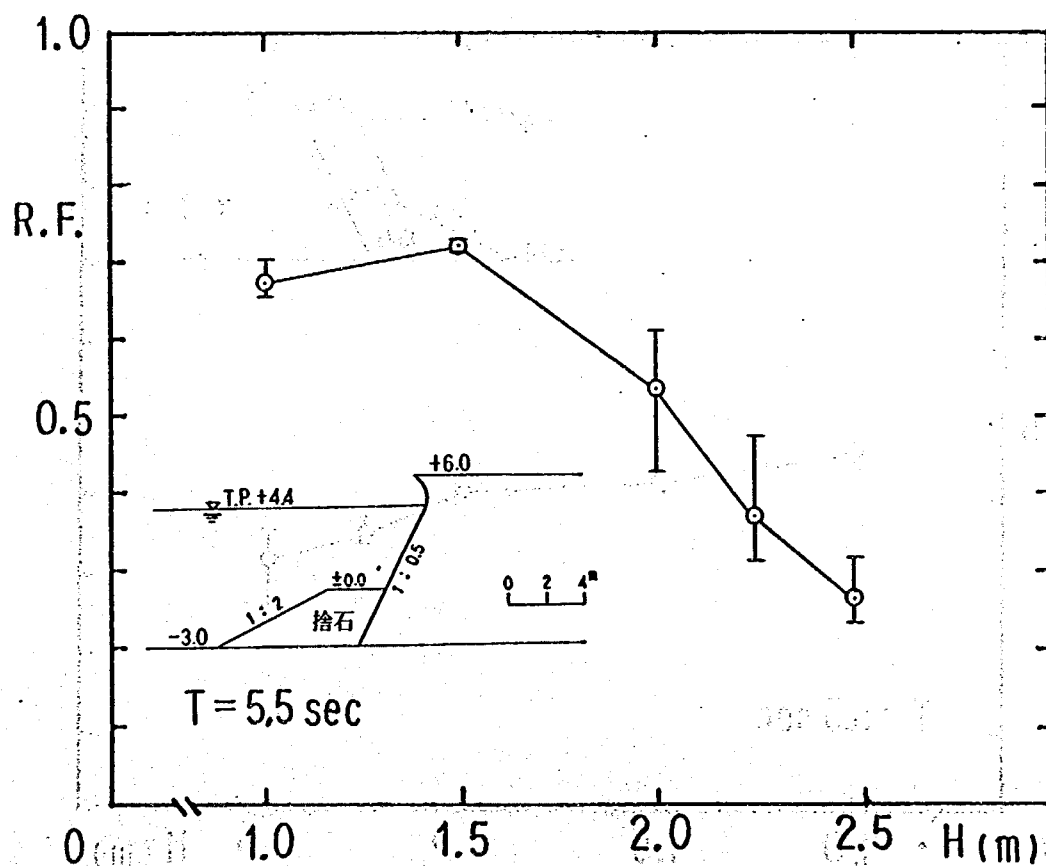
付図-3 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} (m)}{H_{min} (m)}$		R. F.			R. F. mean
	1	2	3			
1.0	1.75	0.687	1.70	0.659	1.68	0.681
	0.33		0.35		0.30	
1.5	2.45	0.690	2.30	0.614	2.40	0.644
	0.45		0.55		0.55	
2.0	3.08	0.509	3.20	0.362	3.35	0.437
	1.00		1.50		1.30	
2.25	3.25	0.268	3.20	0.293	3.45	0.284
	1.88		1.75		1.90	
2.5	3.45	0.238	3.45	0.255	3.38	0.235
	2.13		2.05		2.20	



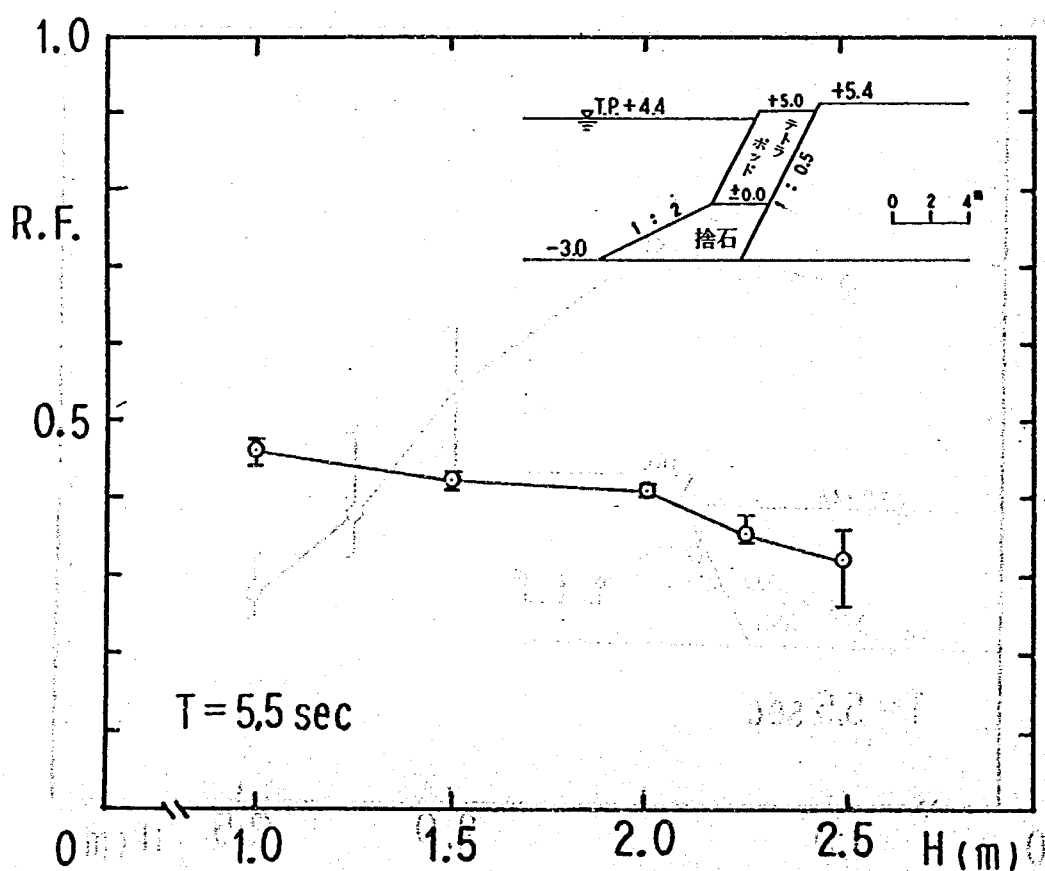
付図-4 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} (m)}{H_{min} (m)}$		R. F.			R.F. mean
	1	2	3			
1.0	1.88	0.705	2.03	0.670	2.05	0.677
	0.33		0.40		0.43	
1.5	3.00	0.714	3.20	0.730	3.23	0.721
	0.50		0.50		0.53	
2.0	4.05	0.612	4.25	0.572	3.78	0.538
	0.98		1.15		1.50	
2.25	4.03	0.477	4.25	0.313	3.88	0.372
	1.43		2.23		1.98	
2.5	4.00	0.236	4.80	0.320	4.25	0.266
	2.48		2.48		2.60	



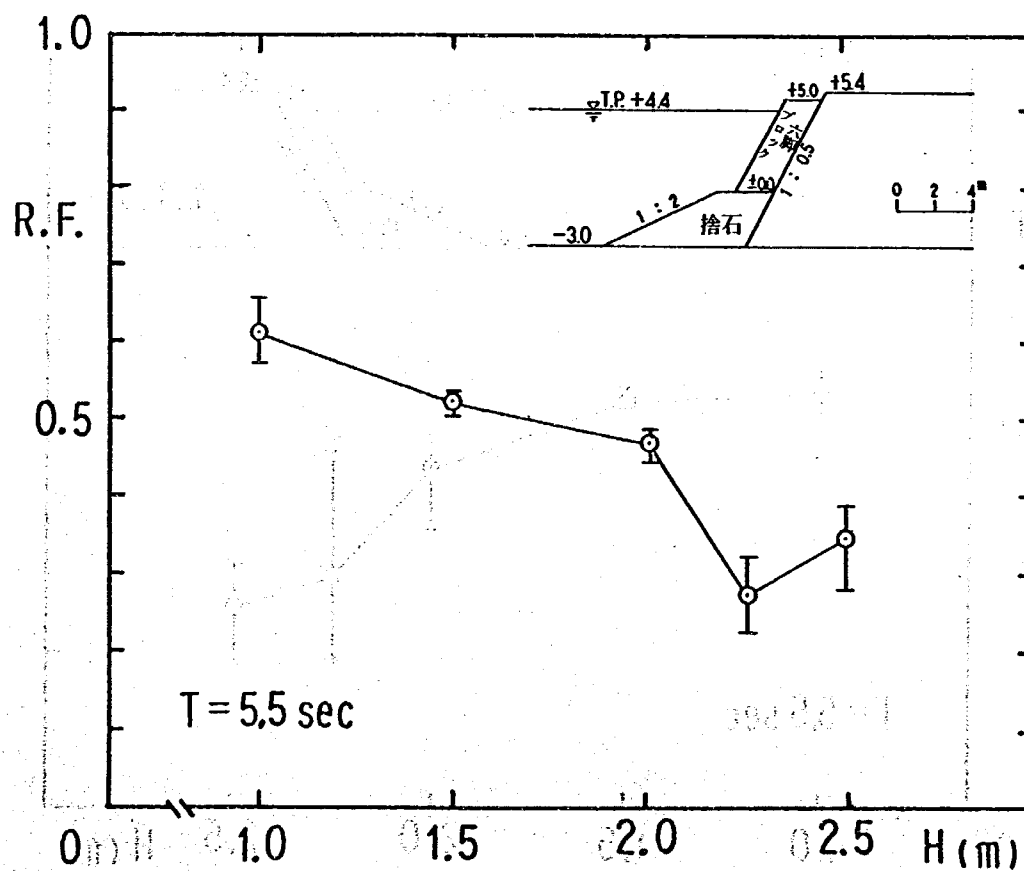
付図 5 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R.F. mean
	1	2	3				
1.0	1.63	0.444	1.73	0.468	1.70	0.478	0.473
	0.63		0.63		0.60		
1.5	2.28	0.411	2.35	0.435	2.35	0.435	0.427
	0.95		0.93		0.93		
2.0	3.05	0.419	3.03	0.415	3.00	0.404	0.413
	1.25		1.25		1.28		
2.25	3.45	0.380	3.30	0.354	3.28	0.344	0.359
	1.55		1.58		1.60		
2.5	3.38	0.262	3.90	0.345	3.20	0.362	0.323
	1.98		1.90		1.50		



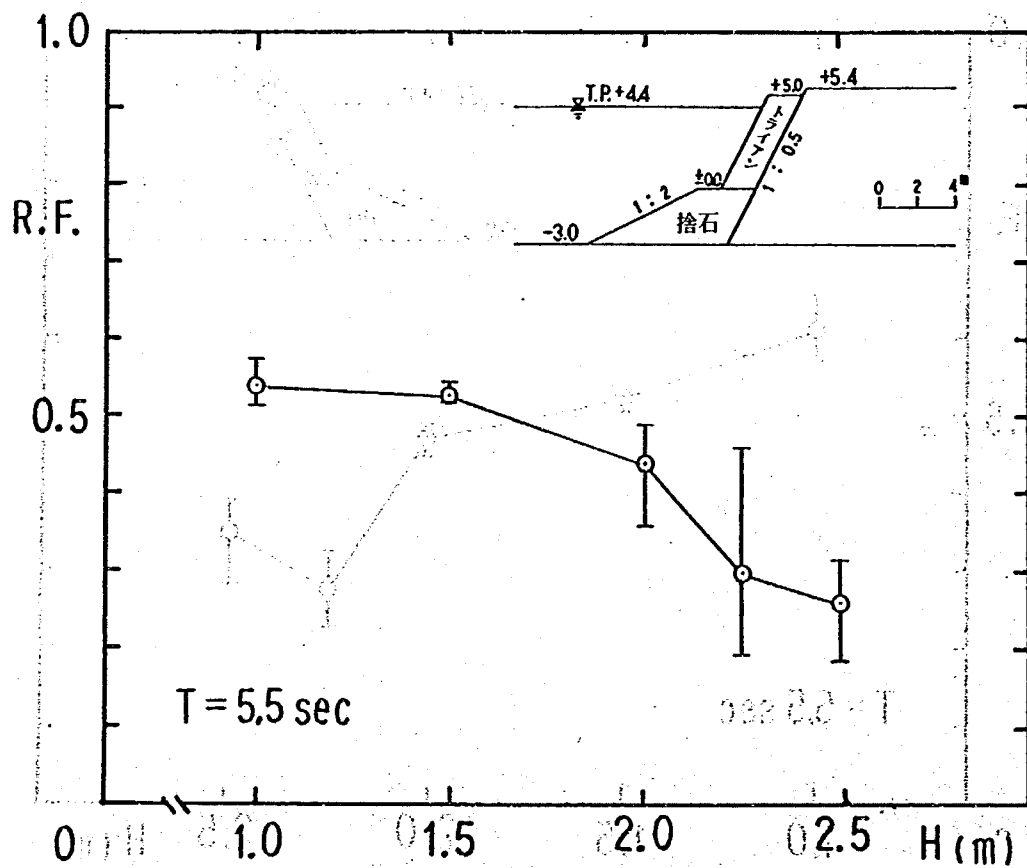
付図-6 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3	4	5	6	
1.0	1.53	0.605	1.65	0.571	1.83	0.659	0.612
	0.38		0.45		0.38		
1.5	2.35	0.504	2.33	0.537	2.43	0.528	0.523
	0.78		0.70		0.75		
2.0	2.73	0.444	3.18	0.485	3.13	0.488	0.472
	1.05		1.10		1.08		
2.25	3.03	0.280	3.38	0.324	3.20	0.225	0.276
	1.70		1.73		2.03		
2.5	3.25	0.281	3.98	0.377	3.98	0.389	0.349
	1.83		1.80		1.75		



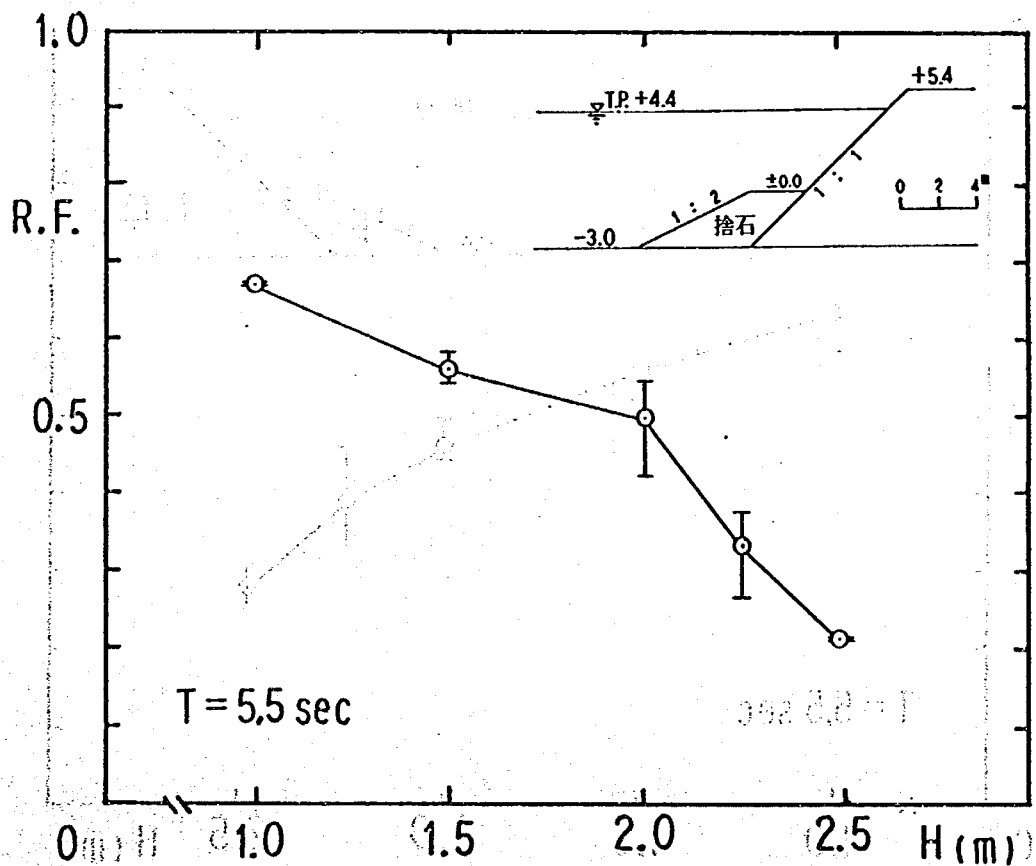
付図-7 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} \text{ (m)}}{H_{min} \text{ (m)}}$		R. F.				R.F. mean
	1		2		3		
1.0	1.85	0.574	1.88	0.531	1.73	0.516	0.540
	0.50		0.58		0.55		
1.5	2.55	0.522	2.68	0.518	2.63	0.544	0.528
	0.80		0.85		0.78		
2.0	3.45	0.468	3.28	0.358	3.20	0.488	0.438
	1.25		1.55		1.10		
2.25	3.63	0.245	2.95	0.192	3.45	0.460	0.299
	2.20		2.00		1.28		
2.5	3.63	0.278	3.45	0.185	3.75	0.316	0.260
	2.05		2.38		1.95		



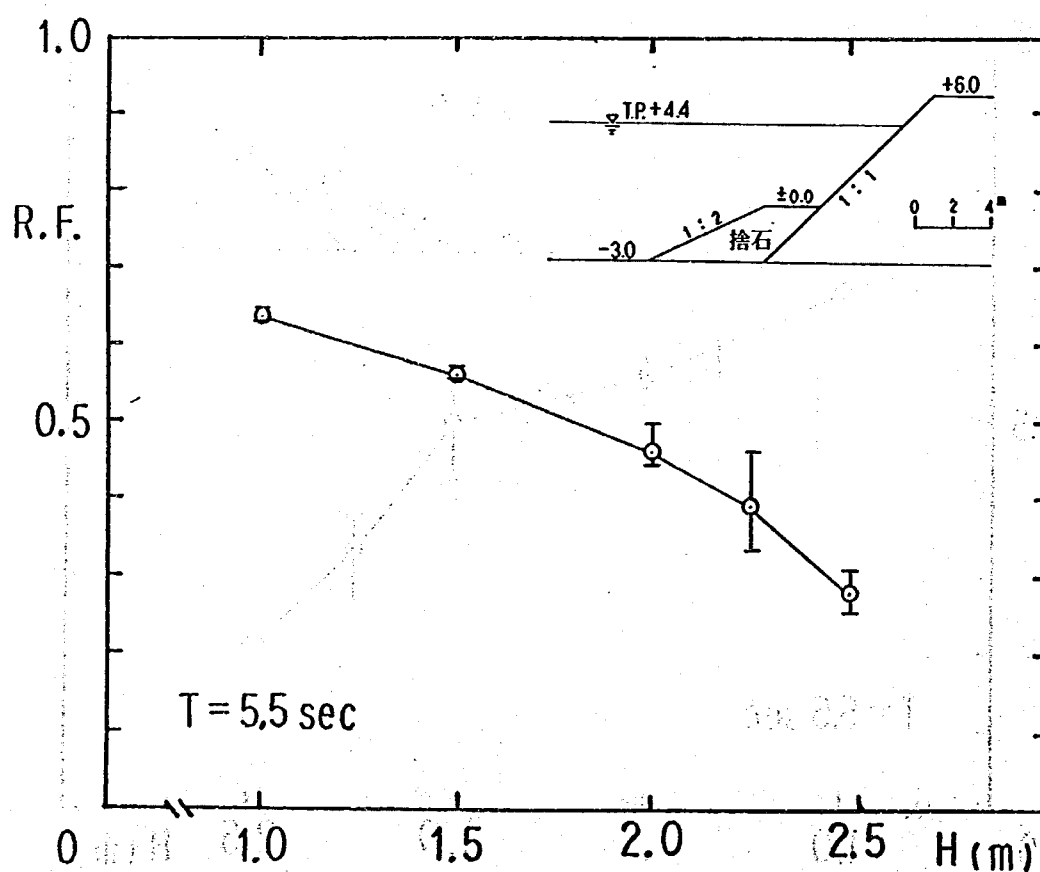
付図-8 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3				
1.0	1.55	0.676	1.55	0.676	1.65	0.671	0.674
	0.30		0.30		0.33		
1.5	2.48	0.584	2.38	0.545	2.45	0.556	0.562
	0.65		0.70		0.70		
2.0	2.98	0.425	3.08	0.528	3.18	0.549	0.501
	1.20		0.95		0.93		
2.25	3.25	0.368	3.00	0.263	3.88	0.378	0.336
	1.50		1.75		1.75		
2.5	3.40	0.214	3.30	0.217	3.55	0.214	0.215
	2.20		2.13		2.30		



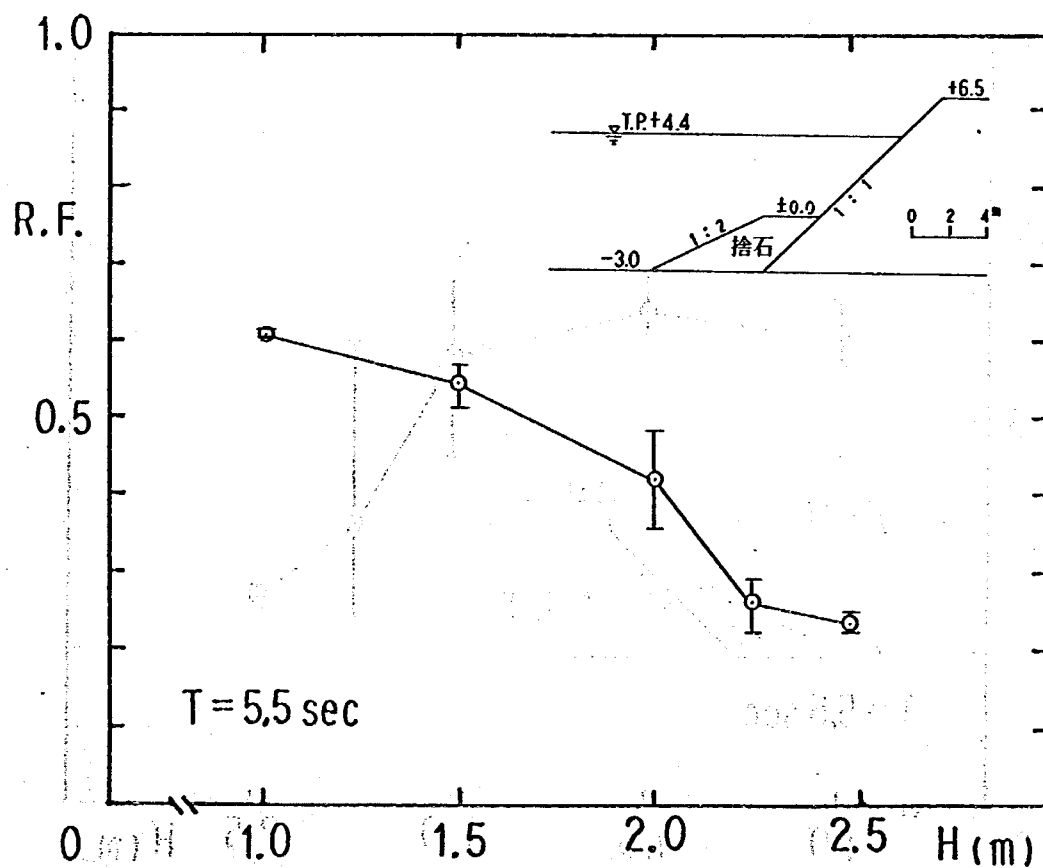
付図 9 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} \text{ (m)}}{H_{min} \text{ (m)}}$		R. F.				R.F mean
	1		2		3		
1.0	1.78	0.632	1.78	0.651	1.68	0.634	0.639
	0.40		0.38		0.38		
1.5	2.75	0.560	2.65	0.559	2.78	0.574	0.564
	0.78		0.75		0.75		
2.0	3.53	0.500	3.40	0.447	3.50	0.446	0.464
	1.18		1.30		1.35		
2.25	3.50	0.393	3.38	0.324	3.48	0.463	0.393
	1.53		1.73		1.28		
2.5	3.48	0.311	3.08	0.255	3.13	0.276	0.281
	1.83		1.83		1.78		



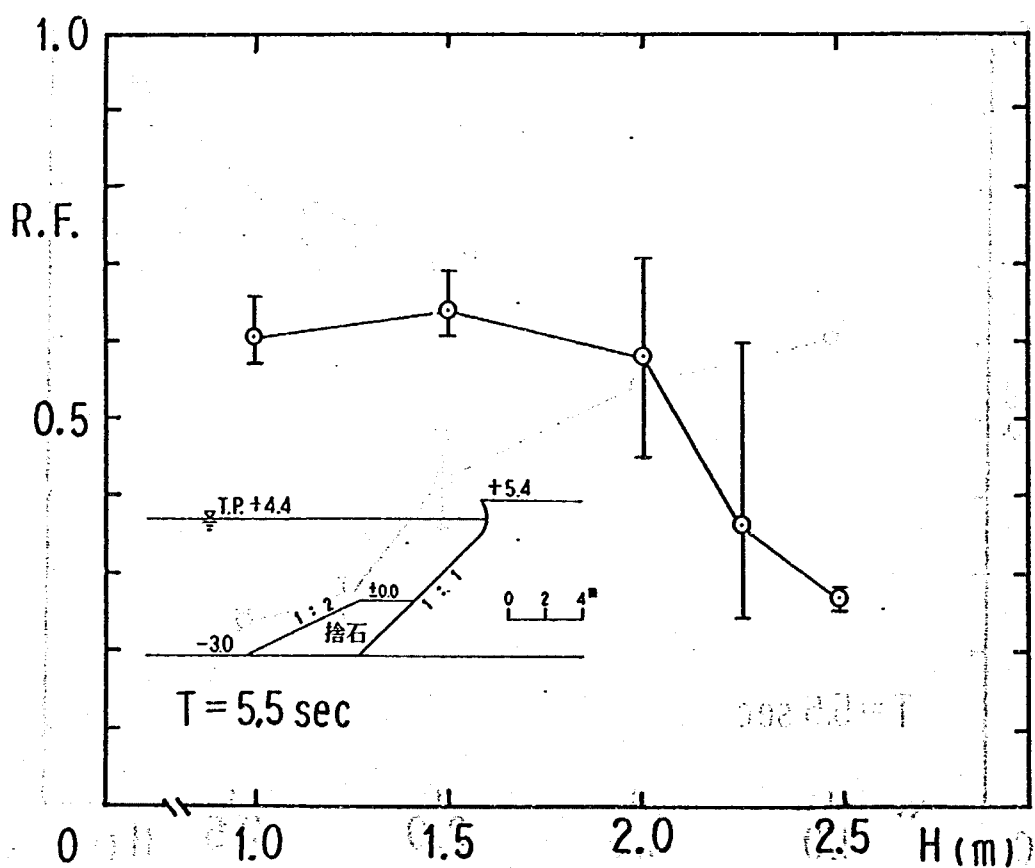
付図-10 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3				
1.0	1.73	0.605	1.78	0.614	1.73	0.605	0.608
	0.43		0.43		0.43		
1.5	2.80	0.556	2.83	0.570	2.65	0.514	0.547
	0.80		0.78		0.85		
2.0	3.70	0.358	3.40	0.486	3.08	0.422	0.422
	1.75		1.18		1.25		
2.25	2.90	0.268	3.13	0.295	3.13	0.225	0.263
	1.68		1.70		1.98		
2.5	3.25	0.250	3.23	0.234	2.88	0.234	0.236
	1.95		2.00		1.83		



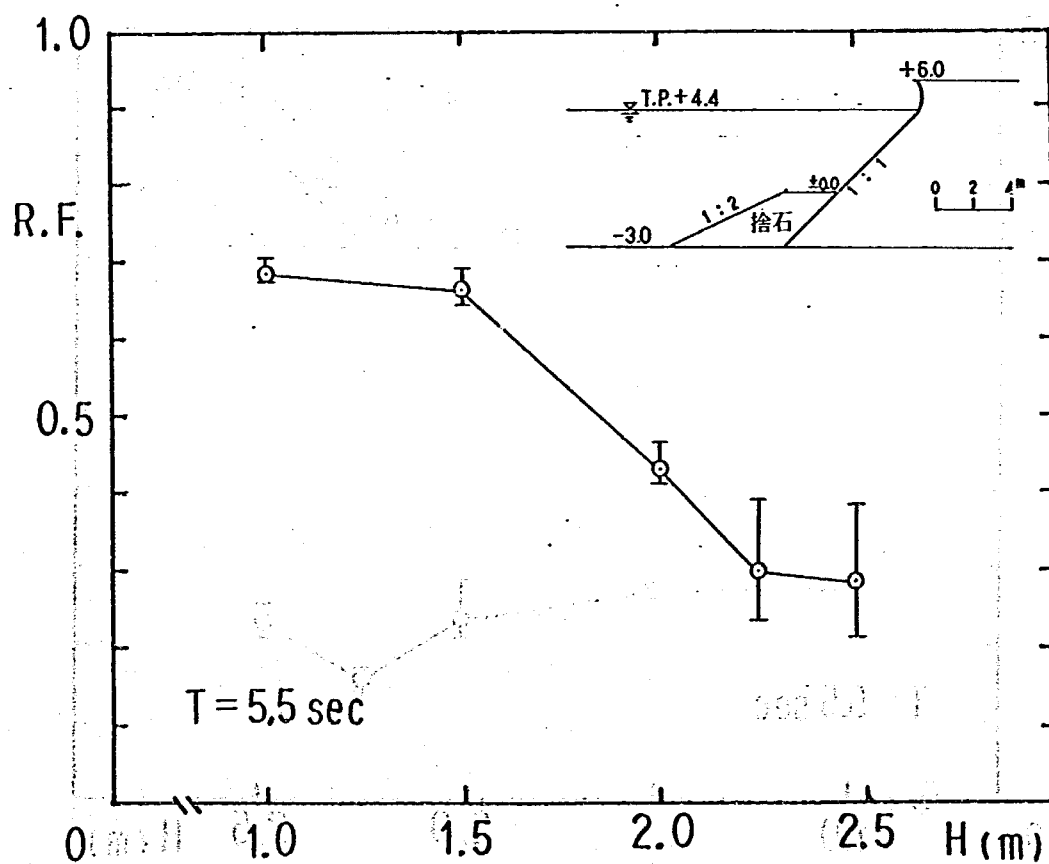
付図-11 反射率の実験結果

H (m)	Hmax (m) Hmin (m)		R. F.			R. F. mean
	1	2	3			
1.0	1.95	0.592	1.93	0.571	1.95	0.608
	0.50		0.53		0.40	
1.5	2.80	0.623	2.88	0.608	2.75	0.641
	0.65		0.70		0.50	
2.0	3.58	0.589	3.50	0.451	3.65	0.583
	0.93		1.33		0.63	
2.25	3.70	0.600	3.15	0.254	3.20	0.366
	0.93		1.88		1.95	
2.5	3.50	0.284	3.55	0.279	3.55	0.271
	1.95		2.00		2.13	



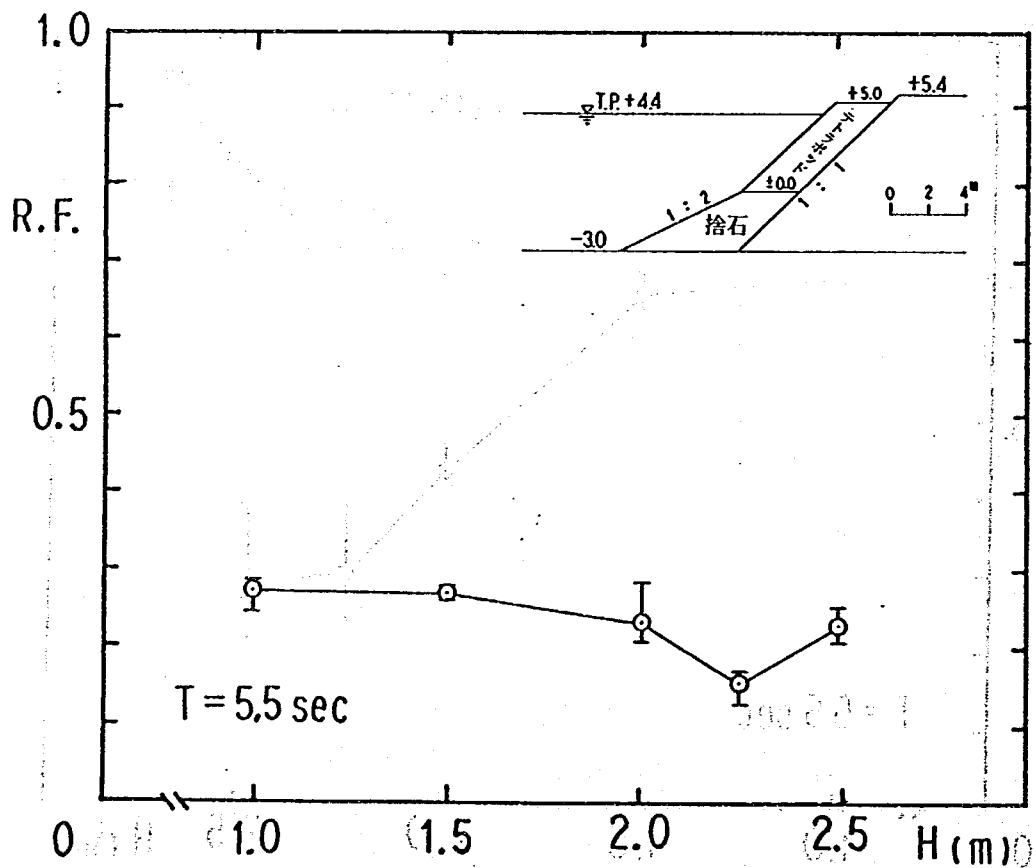
付図-12 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} (m)}{H_{min} (m)}$		R. F.				R.F. mean
	1	2	3	4	5	6	
1.0	1.68	0.675	1.73	0.683	1.75	0.707	0.688
	0.33		0.33		0.30		
1.5	2.20	0.645	2.55	0.659	2.60	0.691	0.665
	0.48		0.53		0.48		
2.0	3.00	0.412	2.90	0.468	3.25	0.413	0.431
	1.25		1.05		1.35		
2.25	2.63	0.391	3.38	0.274	3.03	0.235	0.300
	1.15		1.93		1.88		
2.5	3.00	0.270	3.30	0.211	3.38	0.385	0.289
	1.73		2.15		1.50		



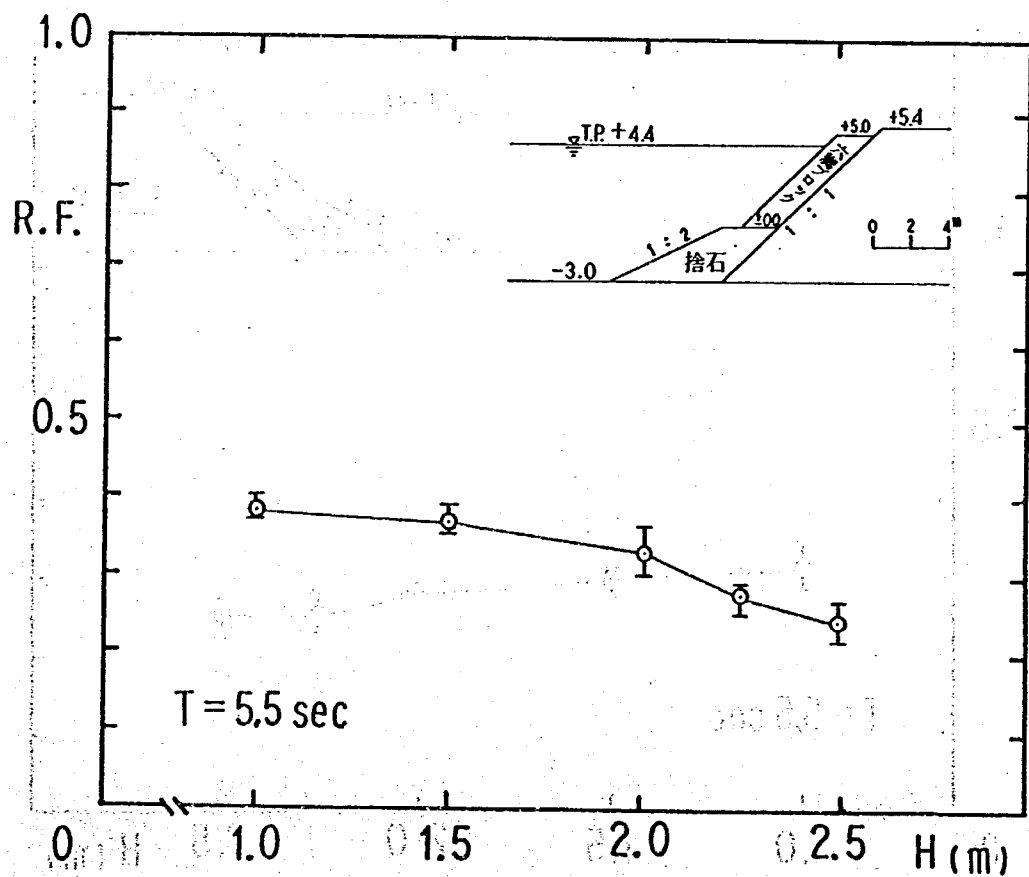
付図-13 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} \text{ (m)}}{H_{\min} \text{ (m)}}$		R. F.				R.F. mean
	1		2		3		
1.0	1.28	0.244	1.40	0.287	1.35	0.271	0.267
	0.78		0.78		0.78		
1.5	1.93	0.273	1.95	0.279	1.95	0.268	0.273
	1.10		1.10		1.13		
2.0	2.40	0.208	2.78	0.283	2.40	0.208	0.233
	1.58		1.55		1.58		
2.25	2.65	0.171	2.75	0.128	2.75	0.170	0.156
	1.88		2.13		1.95		
2.5	3.05	0.208	3.55	0.251	3.05	0.232	0.230
	2.00		2.13		1.90		



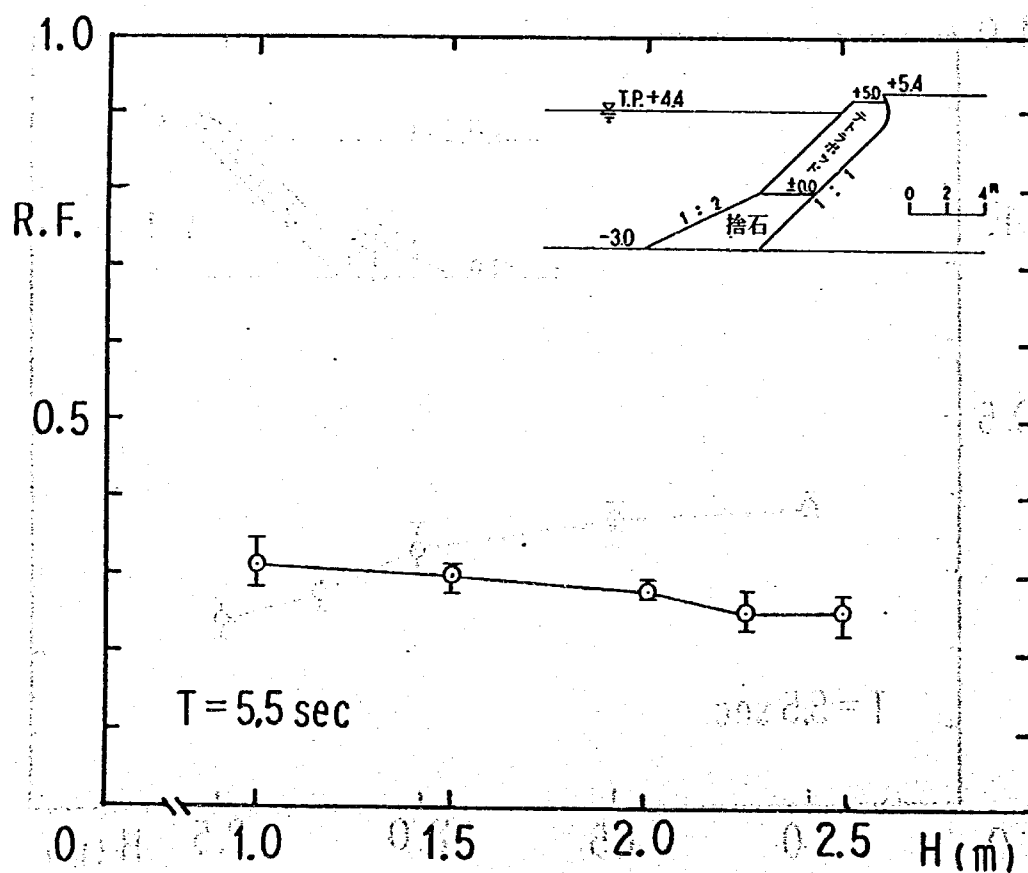
付図-14 C 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} (m)}{H_{min} (m)}$		R. F.				R.F. mean
	1		2		3		
1.0	1.43	0.373	1.30	0.405	1.33	0.377	0.385
	0.65		0.55		0.60		
1.5	2.23	0.391	2.00	0.368	2.00	0.356	0.372
	0.98		0.93		0.95		
2.0	2.88	0.369	2.75	0.325	2.73	0.305	0.333
	1.33		1.40		1.45		
2.25	3.03	0.294	3.20	0.286	2.95	0.255	0.278
	1.65		1.78		1.75		
2.5	3.13	0.220	3.40	0.271	3.25	0.238	0.243
	2.00		1.95		2.00		



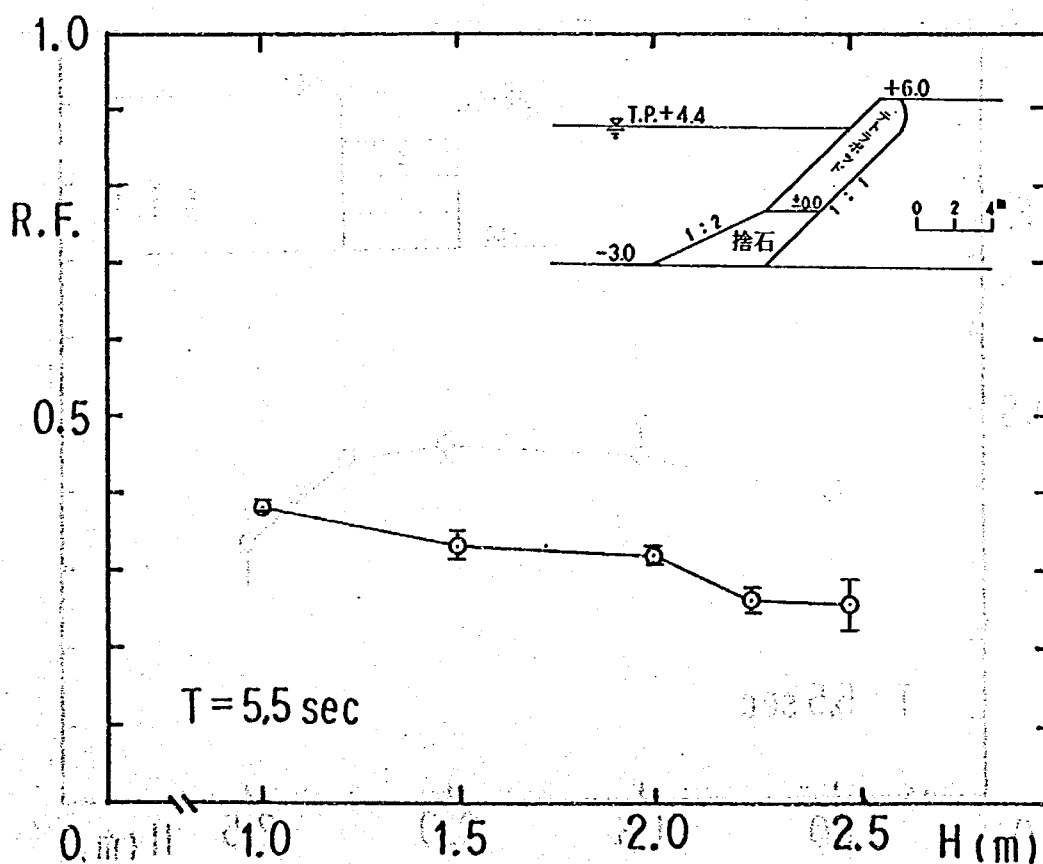
付図-15 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3				
1.0	1.35	0.286	1.45	0.303	1.55	0.348	0.312
	0.75		0.78		0.75		
1.5	2.03	0.317	2.18	0.308	2.18	0.279	0.301
	1.05		1.15		1.23		
2.0	2.78	0.298	2.68	0.274	2.75	0.272	0.281
	1.50		1.53		1.58		
2.25	3.15	0.254	3.13	0.282	3.00	0.231	0.256
	1.88		1.75		1.88		
2.5	3.25	0.226	3.50	0.273	3.45	0.278	0.259
	2.05		2.00		1.95		



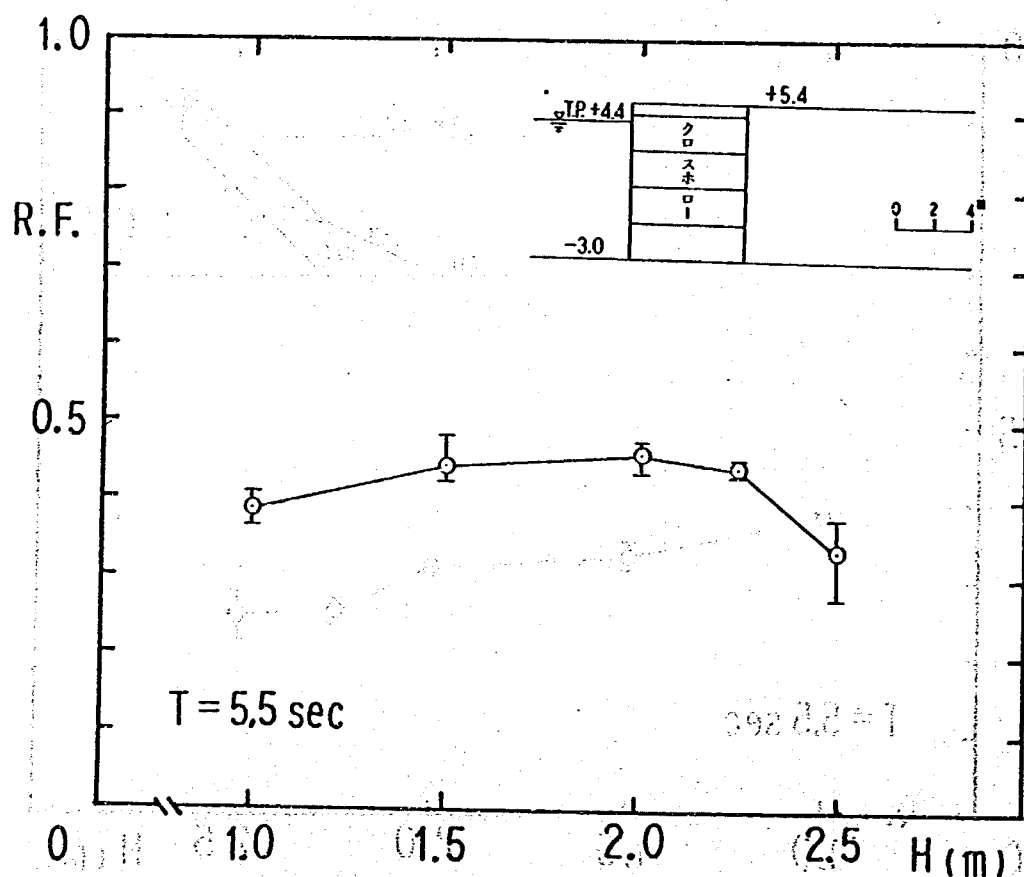
付図 16 C 型堤防の反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3				
1.0	1.43	0.390	1.50	0.379	1.55	0.378	0.382
	0.63		0.68		0.70		
1.5	2.18	0.318	2.25	0.343	2.20	0.354	0.338
	1.13		1.10		1.05		
2.0	3.00	0.311	2.98	0.315	3.00	0.333	0.320
	1.58		1.55		1.50		
2.25	3.23	0.259	3.25	0.281	3.25	0.250	0.263
	1.90		1.83		1.95		
2.5	3.50	0.223	3.73	0.290	3.48	0.264	0.259
	2.23		2.05		2.03		



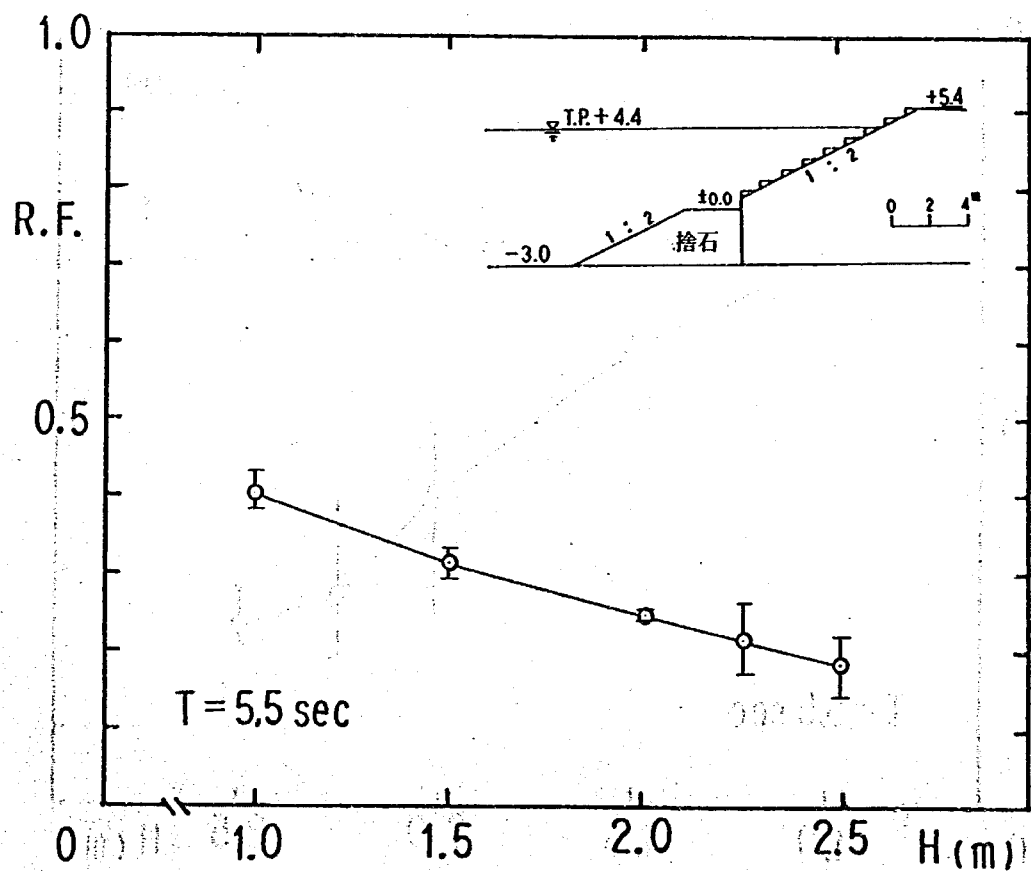
付図-17 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{max} (m)}{H_{min} (m)}$		R. F.			R.F. mean
	1	2	3			
1.0	1.43	0.407	1.43	0.390	1.45	0.387
	0.60		0.63		0.68	
1.5	2.23	0.483	2.18	0.426	2.23	0.444
	0.78		0.88		0.90	
2.0	3.10	0.476	3.05	0.470	3.05	0.460
	1.10		1.10		1.20	
2.25	3.33	0.446	3.50	0.451	3.45	0.442
	1.28		1.33		1.38	
2.5	2.75	0.272	3.48	0.376	2.78	0.326
	1.58		1.58		1.40	



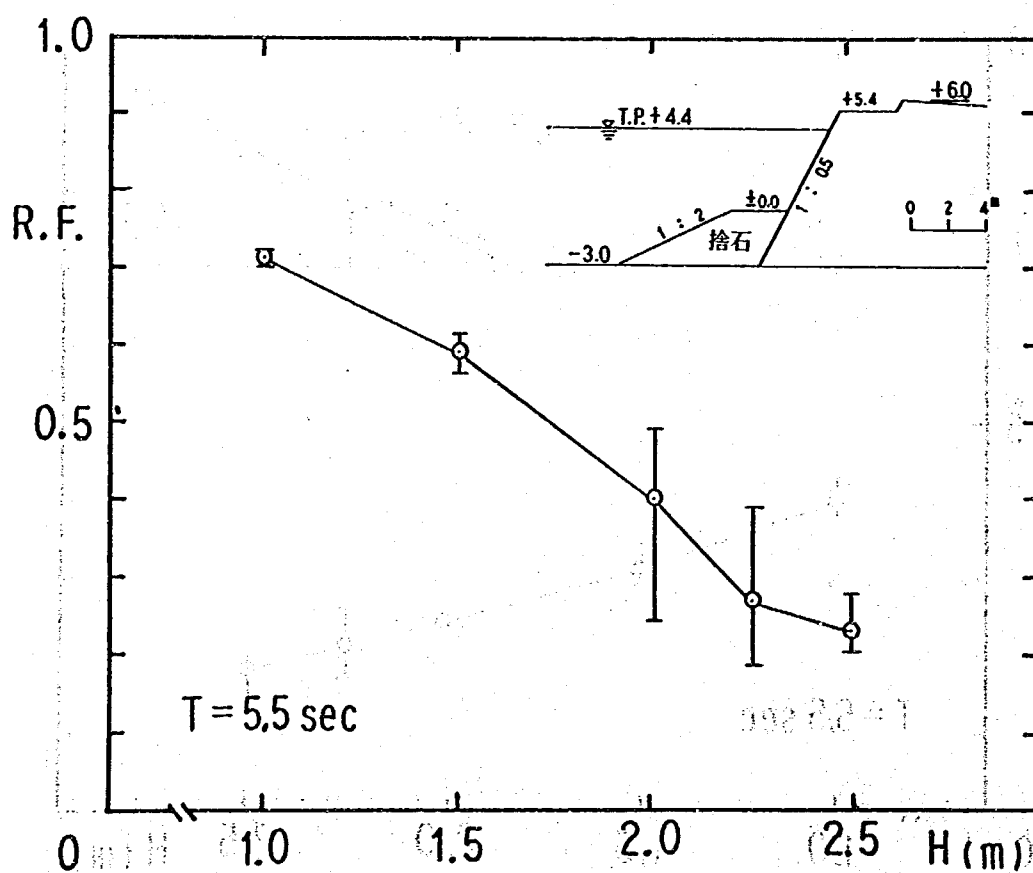
付図-18 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} \text{ (m)}}{H_{\min} \text{ (m)}}$		R. F.				R.F. mean
	1		2		3		
1.0	1.33	0.432	1.40	0.400	1.40	0.383	0.405
	0.53		0.60		0.63		
1.5	1.95	0.333	1.98	0.295	2.08	0.317	0.315
	0.98		1.08		1.08		
2.0	2.65	0.254	2.53	0.247	2.63	0.243	0.248
	1.58		1.53		1.60		
2.25	2.88	0.217	2.90	0.172	3.00	0.263	0.217
	1.85		2.05		1.75		
2.5	2.98	0.221	2.83	0.141	2.93	0.194	0.185
	1.90		2.13		1.98		



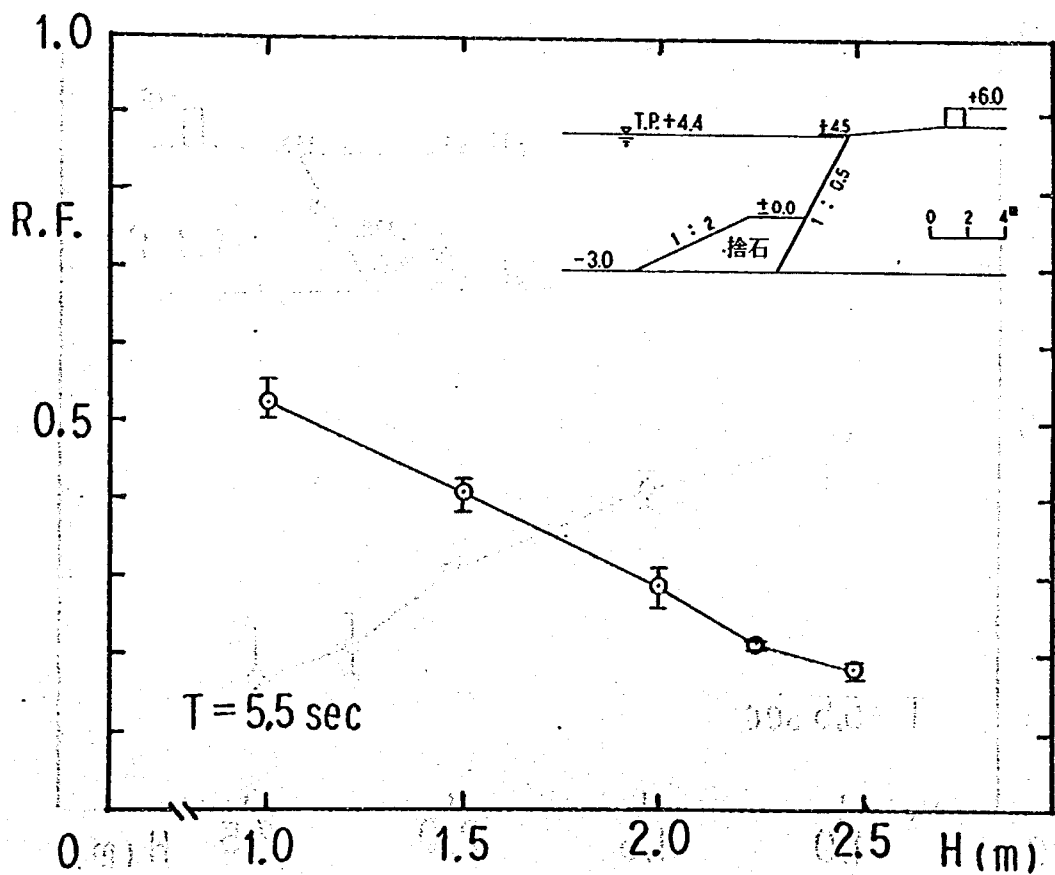
付図-19 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} \text{ (m)}}{H_{\min} \text{ (m)}}$		R. F.				R.F. mean
	1		2		3		
1.0	1.88	0.724	2.00	0.702	1.83	0.718	0.715
	0.30		0.35		0.30		
1.5	2.75	0.618	2.80	0.566	2.70	0.588	0.591
	0.65		0.78		0.70		
2.0	3.25	0.494	3.05	0.245	3.30	0.475	0.405
	1.10		1.85		1.18		
2.25	3.25	0.238	3.00	0.188	4.00	0.391	0.272
	2.00		2.05		1.75		
2.5	4.20	0.278	3.55	0.214	3.80	0.206	0.233
	2.38		2.30		2.50		



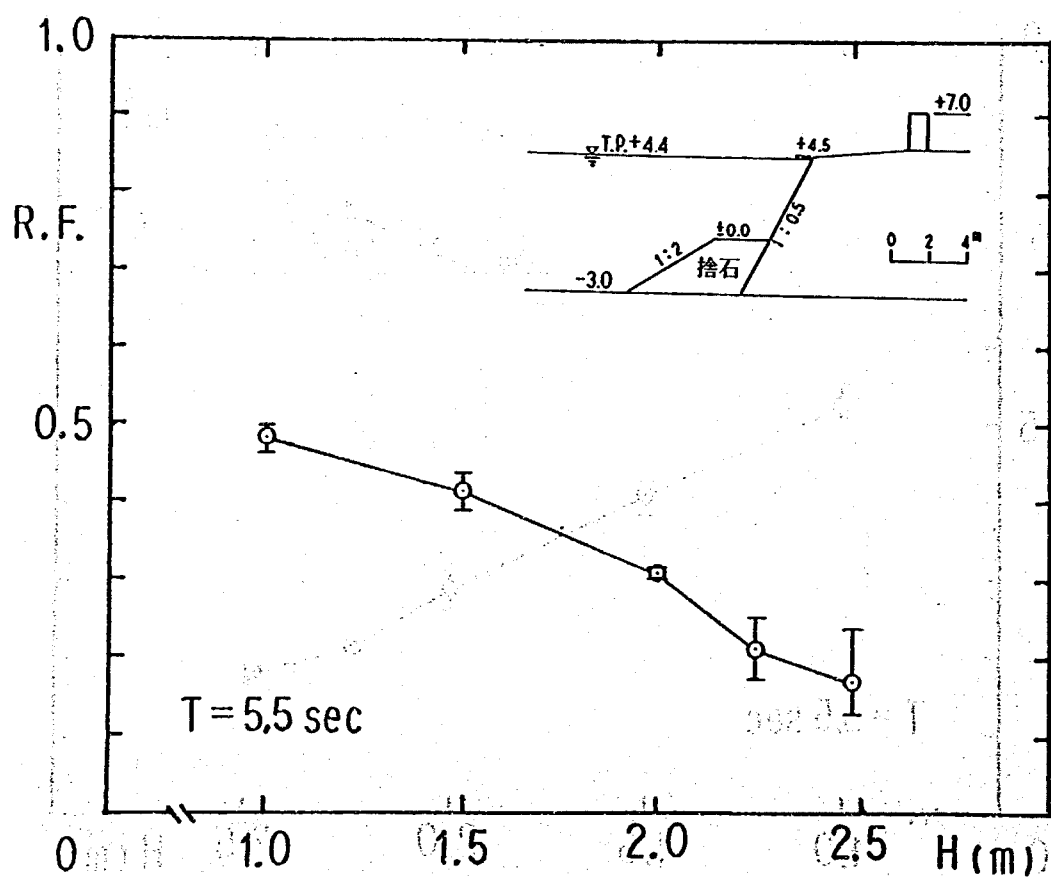
付図-20 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} (m)}{H_{\min} (m)}$		R. F.				R. F. mean
	1	2	3	4	5	6	
1.0	1.65	0.553	1.83	0.521	1.83	0.505	0.526
	0.48		0.53		0.60		
1.5	2.30	0.383	2.40	0.422	2.38	0.429	0.411
	1.03		0.98		0.95		
2.0	2.73	0.313	2.90	0.261	2.88	0.299	0.291
	1.43		1.70		1.55		
2.25	2.75	0.209	3.23	0.217	3.13	0.214	0.213
	1.80		2.08		2.03		
2.5	3.53	0.185	3.50	0.191	3.45	0.169	0.182
	2.43		2.38		2.45		



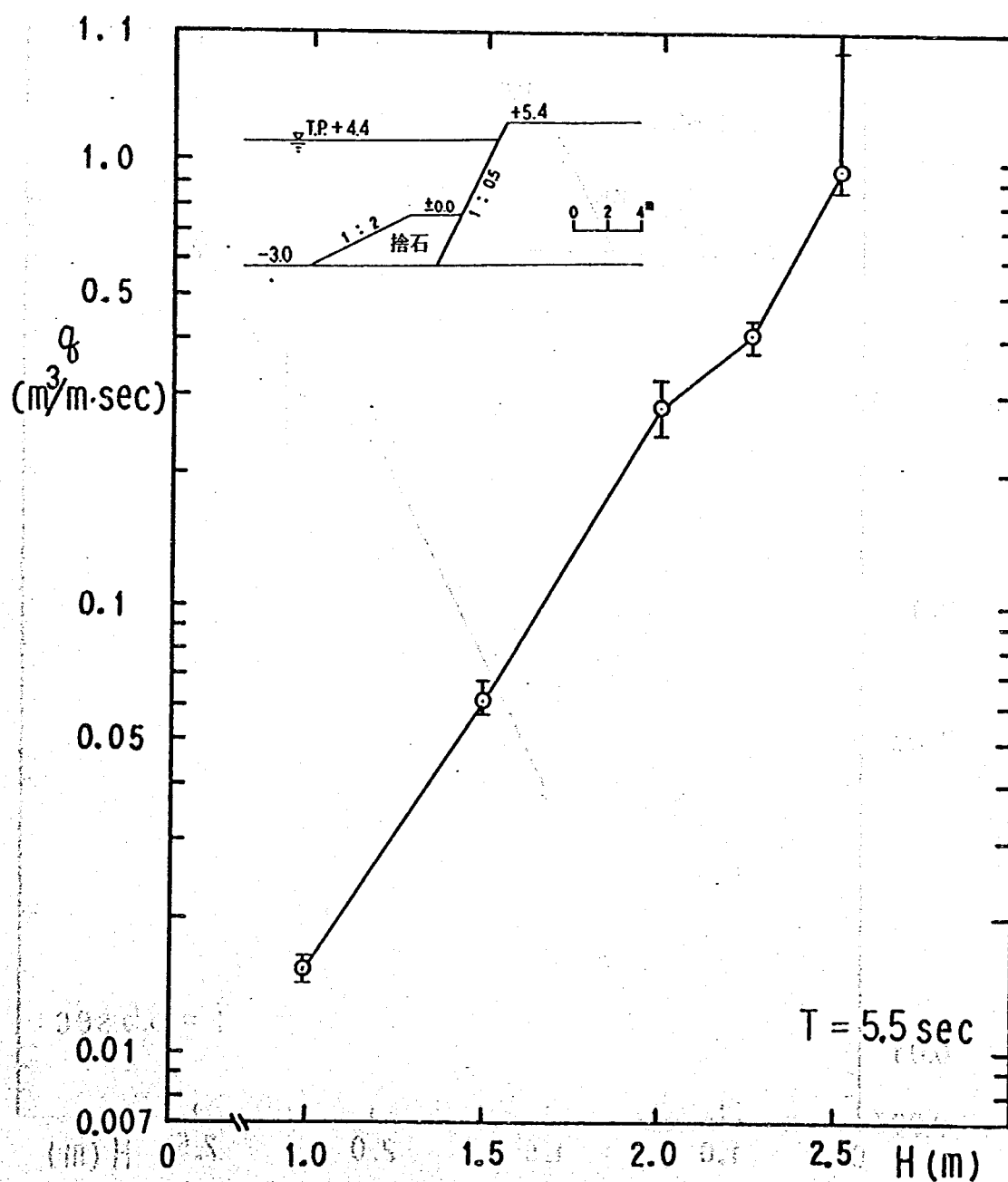
付図-21 反射率の実験結果

H (m)	$\frac{H_{\max} \text{ (m)}}{H_{\min} \text{ (m)}}$		R. F.				R. F. mean
	1		2		3		
1.0	1.80	0.500	1.88	0.485	1.85	0.465	0.483
	0.60		0.65		0.65		
1.5	2.30	0.426	2.38	0.439	2.40	0.391	0.419
	0.93		0.93		1.05		
2.0	2.98	0.315	3.00	0.311	3.00	0.304	0.310
	1.55		1.58		1.60		
2.25	3.13	0.220	3.05	0.173	3.05	0.251	0.215
	2.00		2.15		1.83		
2.5	3.48	0.130	3.75	0.240	3.60	0.143	0.171
	2.68		2.30		2.70		



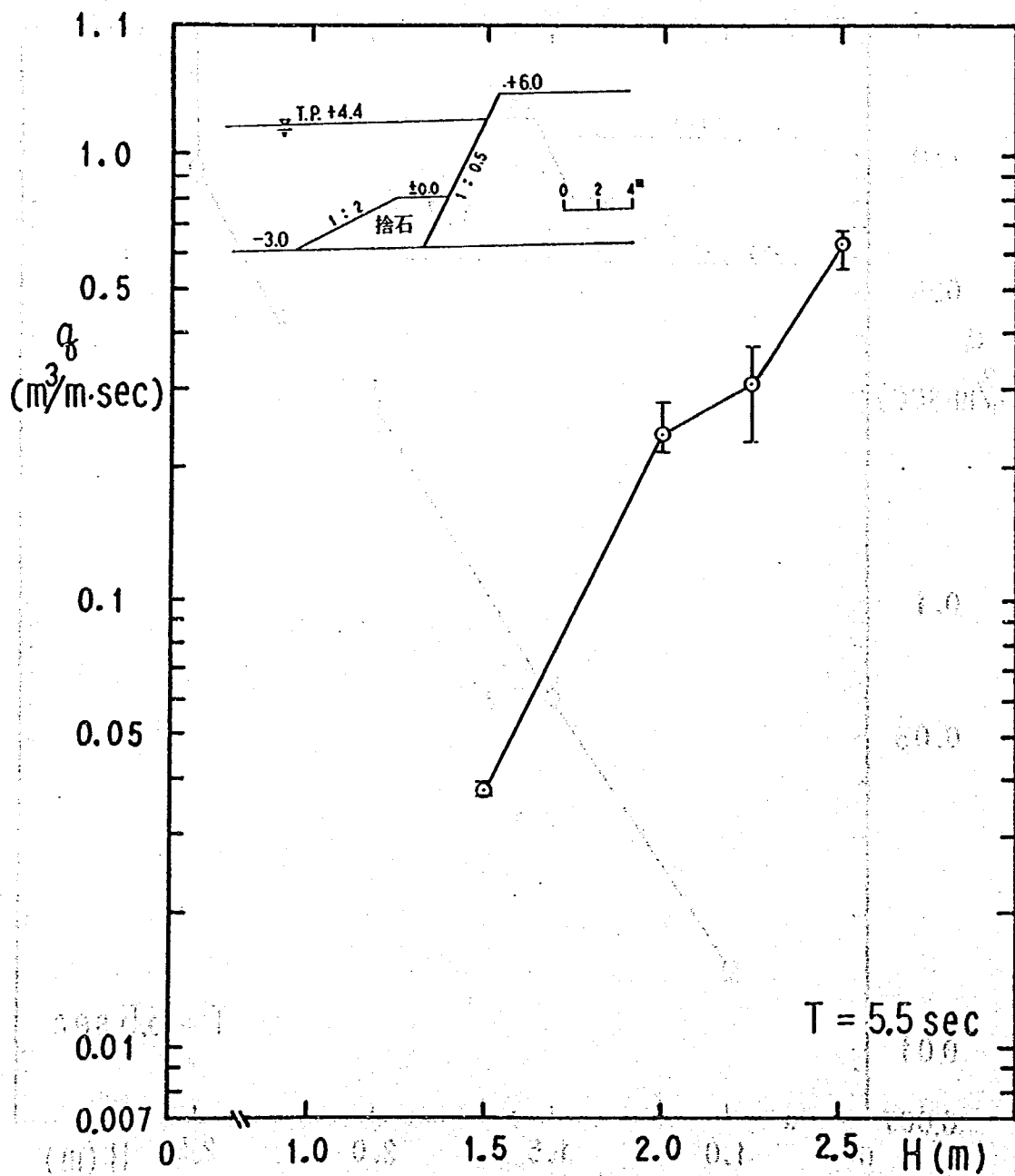
付図-22 反射率の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.0144	0.0163	0.0151	0.0153
1.5	0.0606	0.0573	0.0678	0.0619
2.0	0.284	0.325	0.243	0.284
2.25	0.441	0.416	0.376	0.411
2.5	1.08	0.864	0.951	0.965



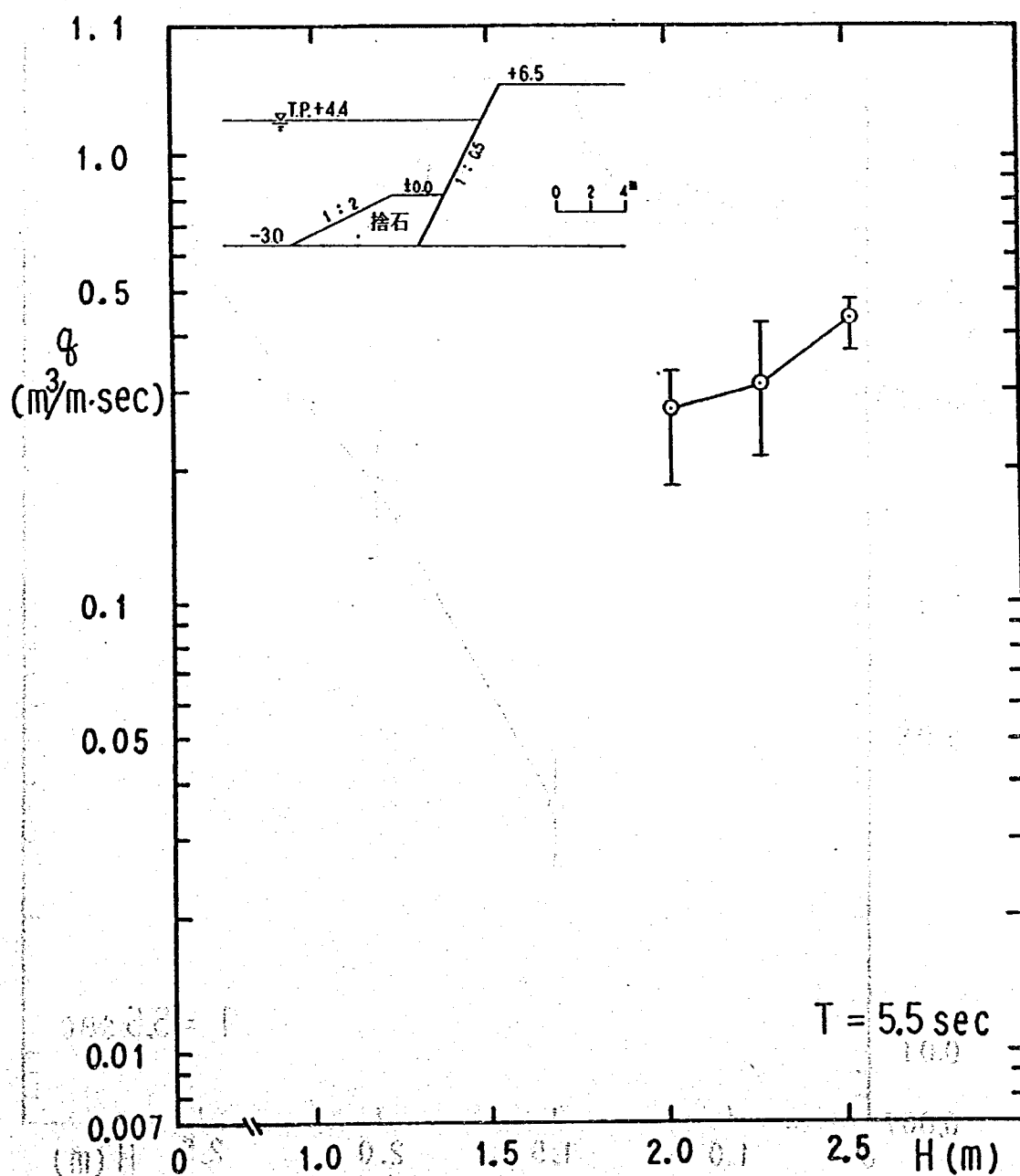
付図-23 越波量の実験結果

H (m)	q_i ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0364	0.0394	0.0375	0.0378
2.0	0.217	0.221	0.280	0.239
2.25	0.317	0.228	0.377	0.307
2.5	0.681	0.559	0.681	0.640



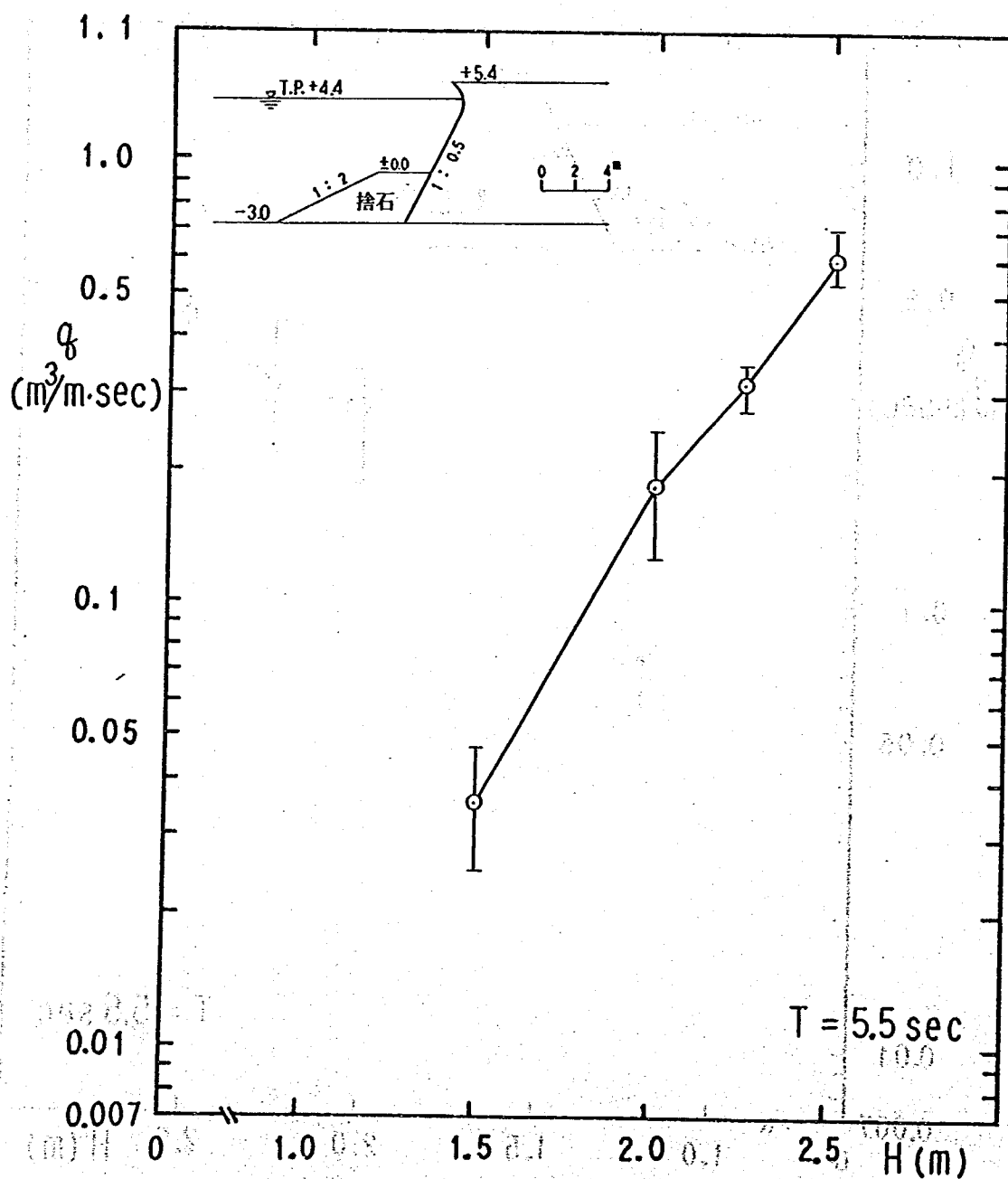
付図-24 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.	0.	0.	0.
2.0	0.309	0.183	0.335	0.276
2.25	0.429	0.216	0.295	0.313
2.5	0.468	0.485	0.371	0.441



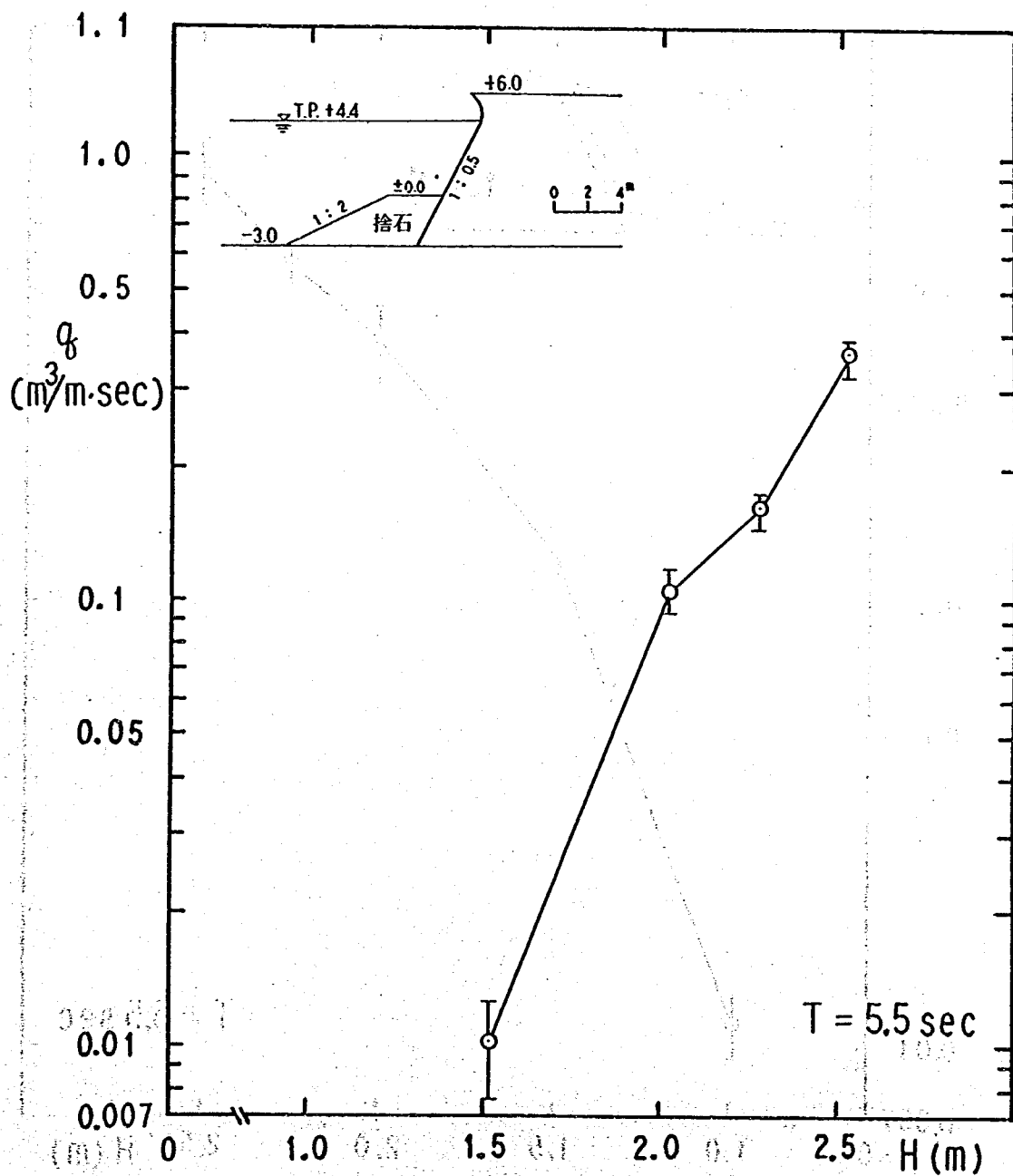
付図-25 越波量の実験結果

H (m)	q (m ³ /m·sec)			q _{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0478	0.0250	0.0345	0.0358
2.0	0.129	0.185	0.248	0.187
2.25	0.350	0.276	0.329	0.318
2.5	0.714	0.559	0.539	0.604



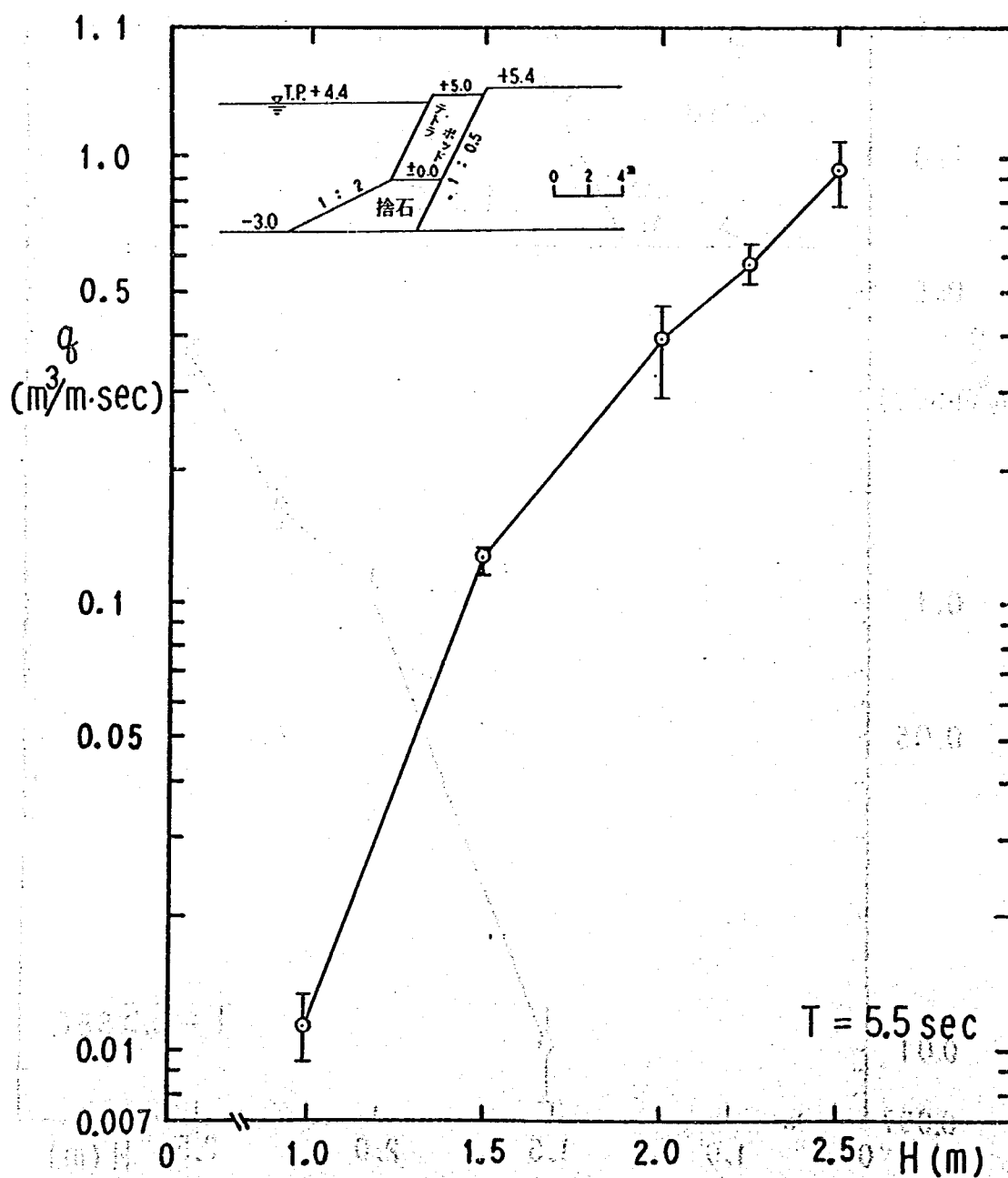
付図-26 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.00909	0.00758	0.01364	0.0101
2.0	0.104	0.095	0.120	0.106
2.25	0.168	0.148	0.177	0.164
2.5	0.388	0.395	0.327	0.370



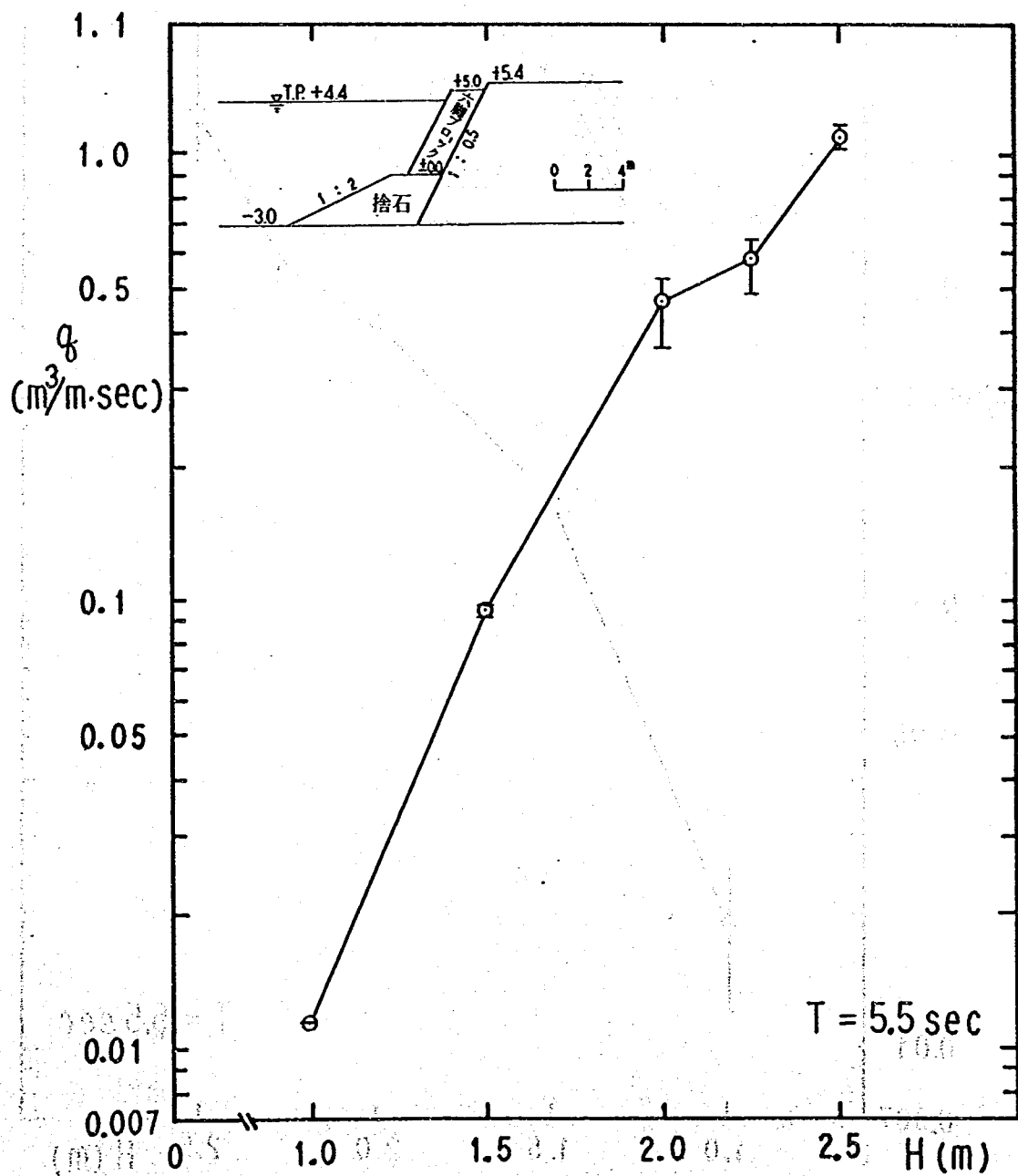
付図-27 越波量の実験結果

H (m)	q_i ($m^3/m \cdot sec$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.00947	0.01136	0.01326	0.01136
1.5	0.134	0.134	0.117	0.128
2.0	0.291	0.431	0.470	0.397
2.25	0.645	0.523	0.576	0.581
2.5	0.983	0.095	0.777	0.952



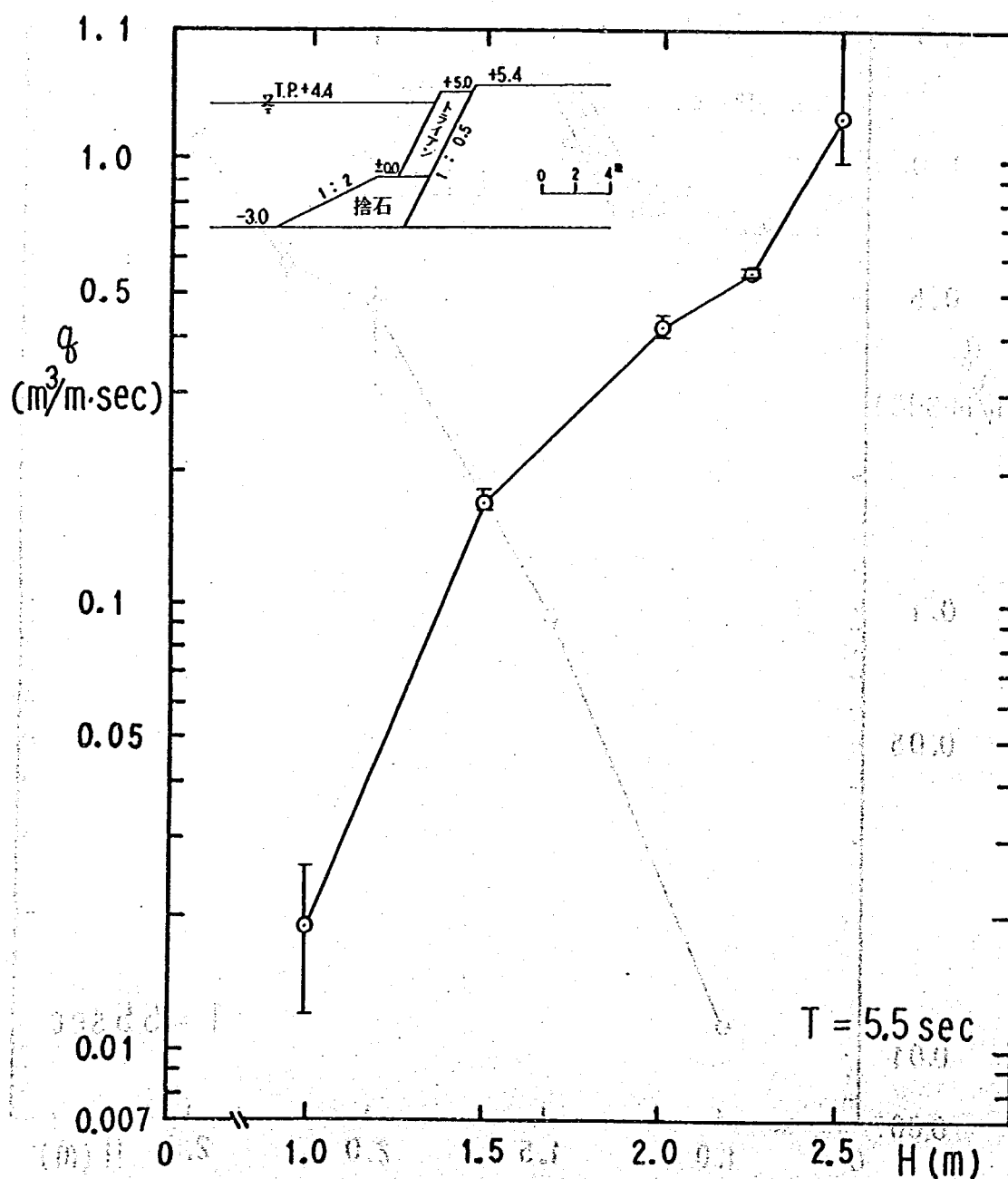
付図-28 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114
1.5	0.0992	0.0962	0.0932	0.0962
2.0	0.373	0.515	0.535	0.474
2.25	0.492	0.640	0.650	0.594
2.5	1.03	1.18	1.12	1.11



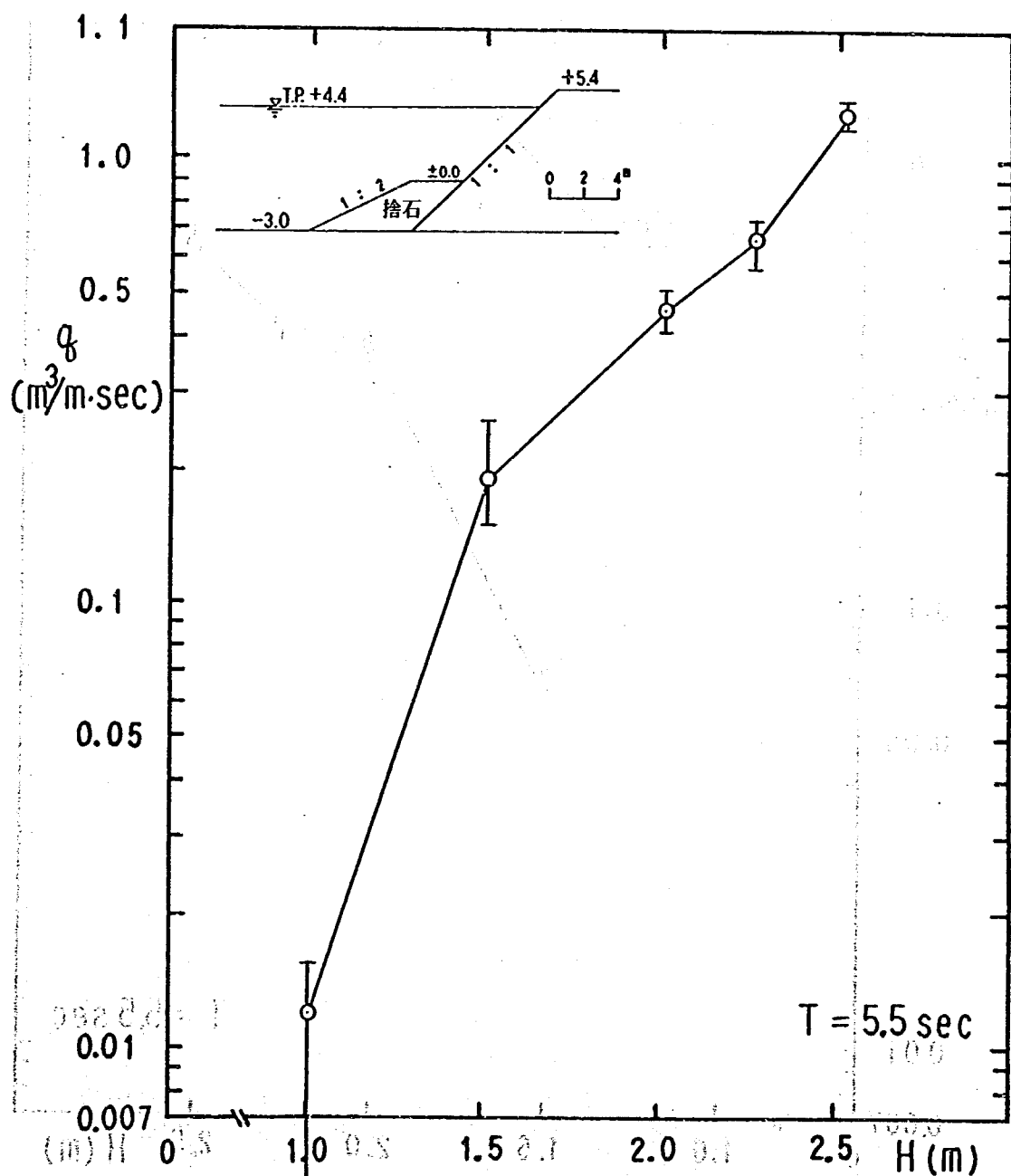
付図-29 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.012	0.020	0.026	0.019
1.5	0.182	0.164	0.167	0.171
2.0	0.424	0.448	0.405	0.426
2.25	0.545	0.562	0.572	0.560
2.5	0.992	0.989	0.097	1.026



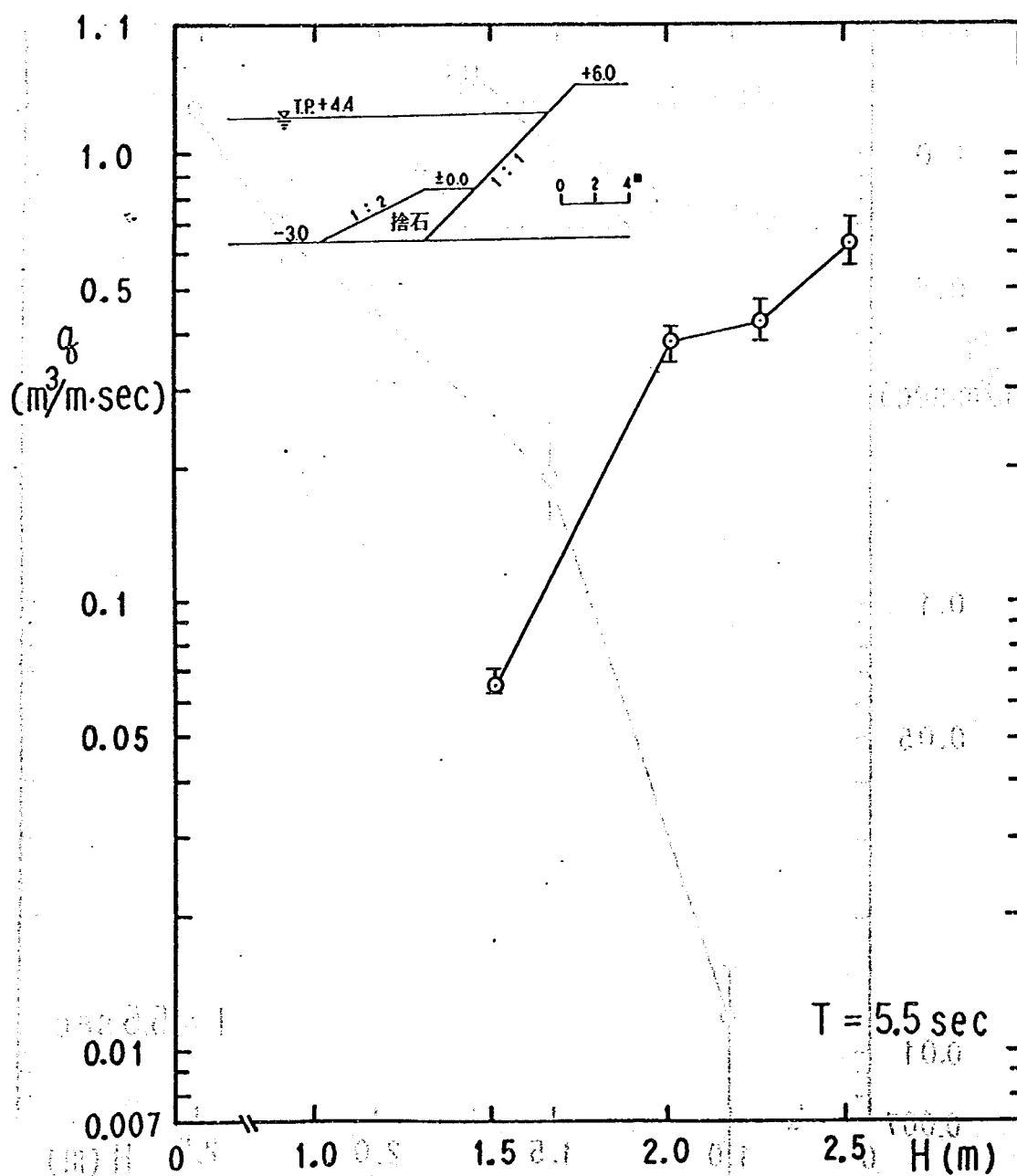
付図-30 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.00375	0.00155	0.0121	0.0105
1.5	0.164	0.151	0.261	0.192
2.0	0.463	0.413	0.513	0.463
2.25	0.571	0.689	0.739	0.666
2.5	1.27	1.39	1.19	1.28



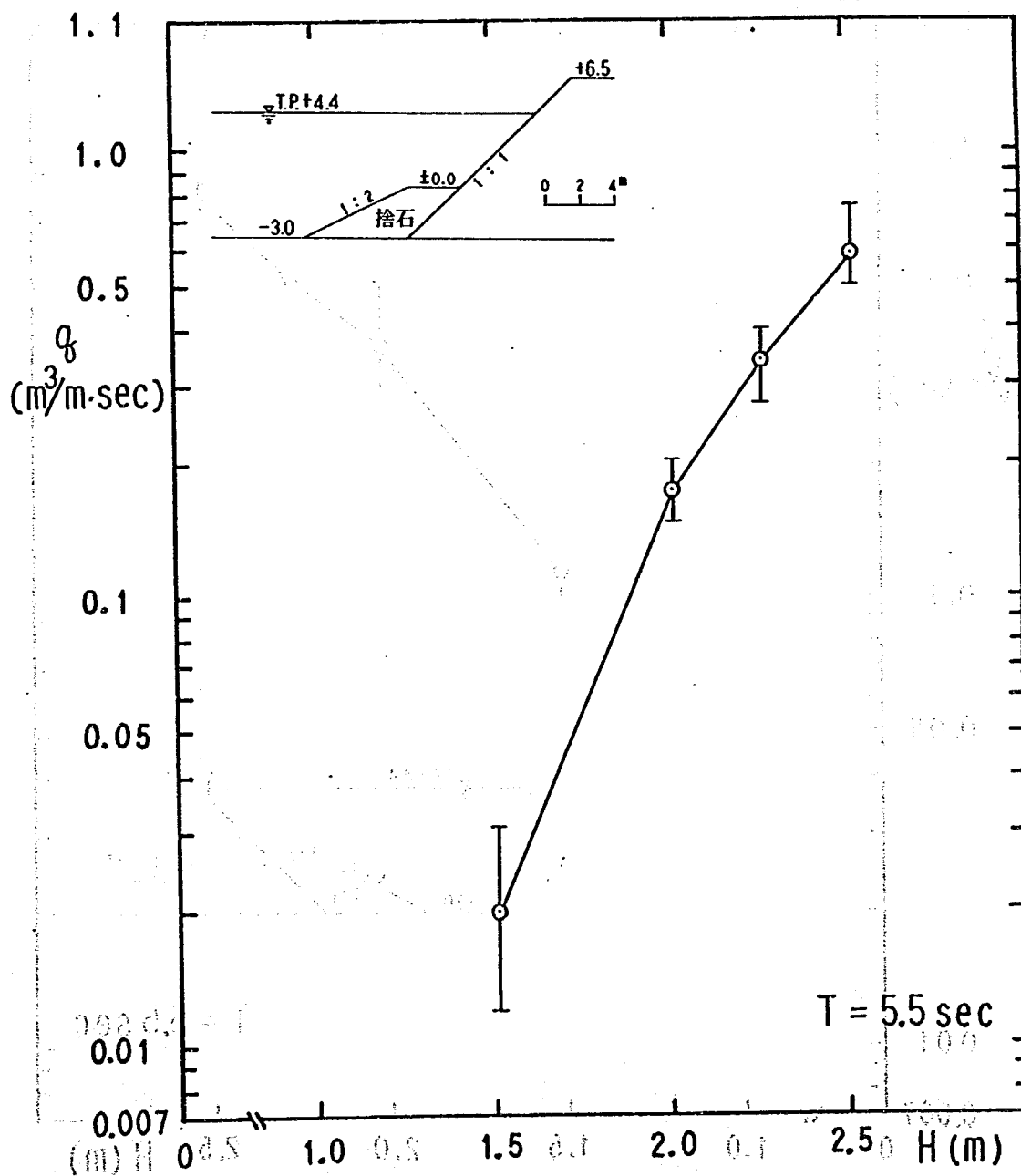
付図-31 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0629	0.0621	0.0705	0.0652
2.0	0.395	0.345	0.415	0.385
2.25	0.477	0.387	0.394	0.419
2.5	0.620	0.722	0.565	0.636



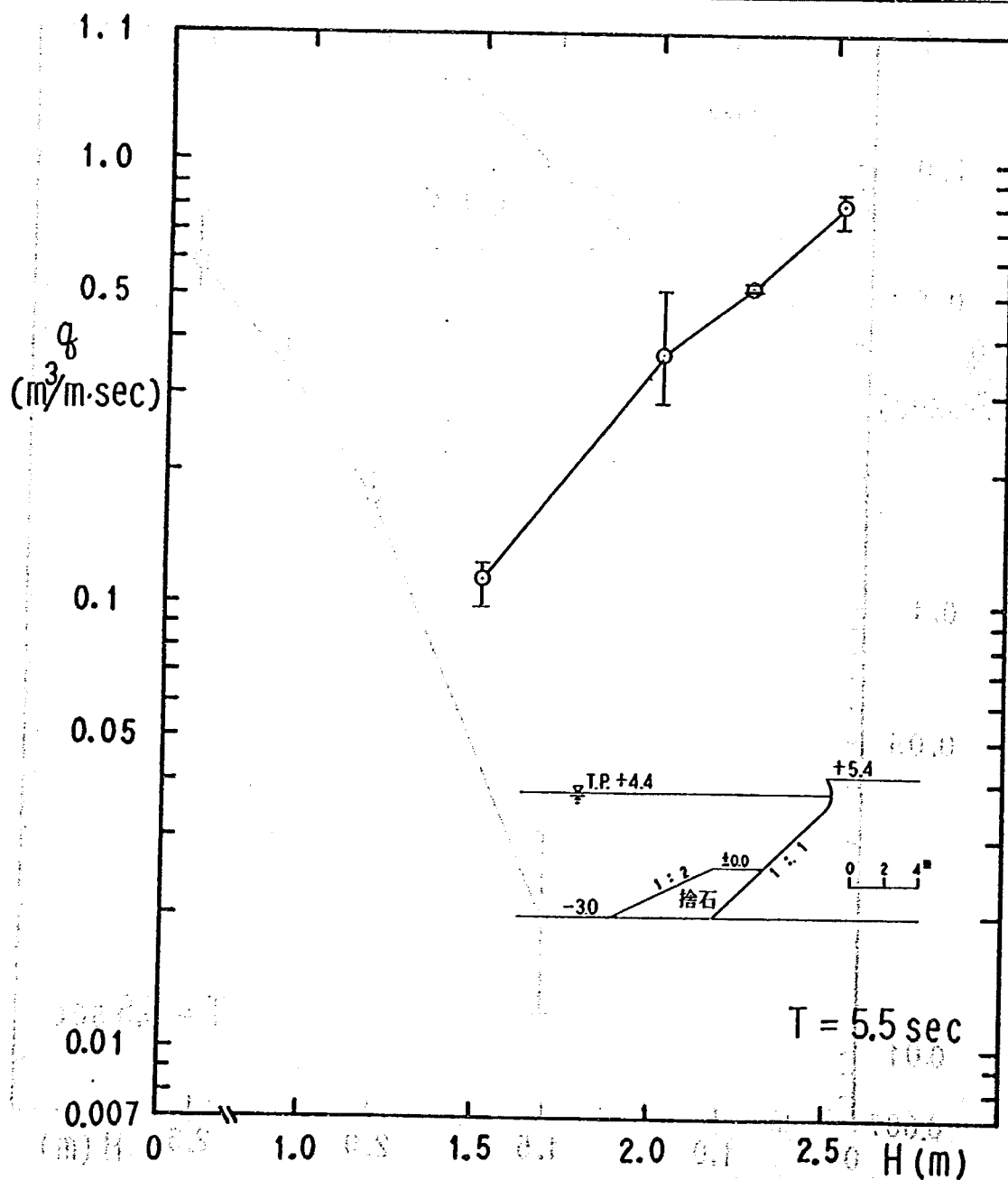
付図-32 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.012	0.031	0.017	0.020
2.0	0.149	0.172	0.205	0.175
2.25	0.403	0.350	0.273	0.342
2.5	0.505	0.761	0.519	0.595



付図-33 越波量の実験結果

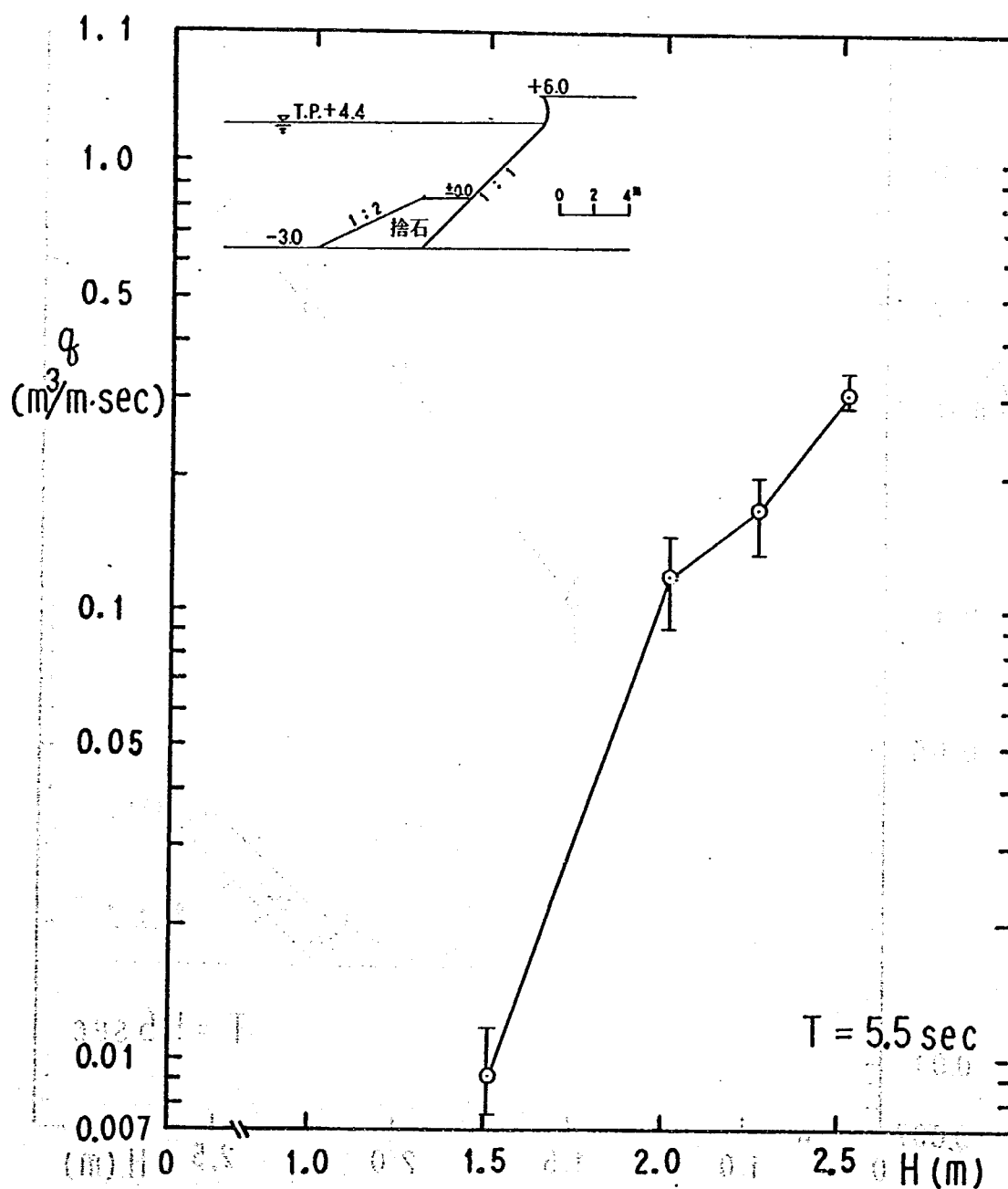
H (m)	q (m ³ /m·sec)			q _{mean}
	1	2	3	
1.0	0.00150	0.00263	0.00225	0.00213
1.5	0.0996	0.125	0.123	0.116
2.0	0.319	0.291	0.519	0.376
2.25	0.531	0.543	0.526	0.533
2.5	0.873	0.874	0.719	0.822



付図-34 越波量の実験結果

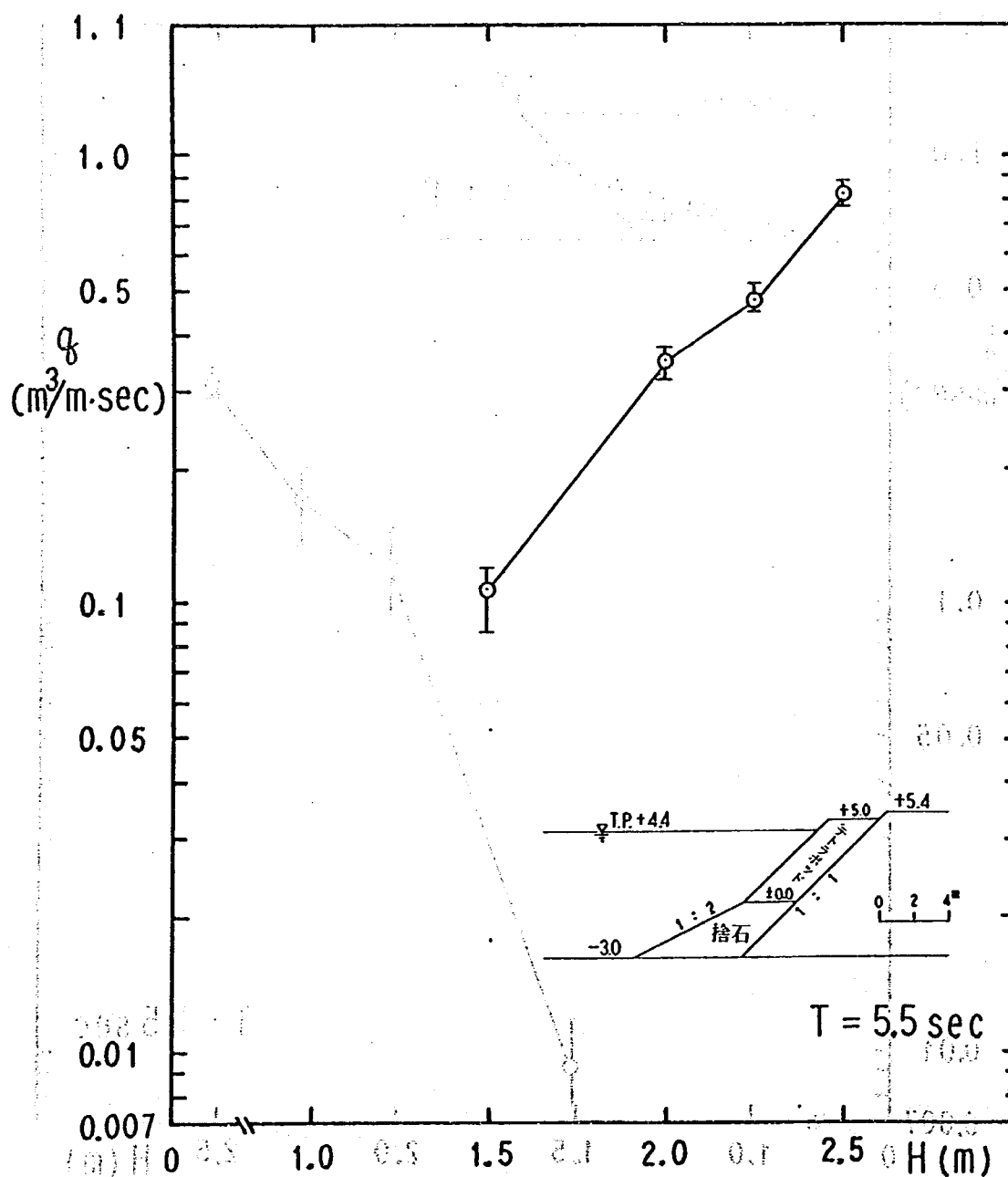
波返し

H (m)	q (m ³ /m·sec)			q _{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.00758	0.00833	0.01174	0.00922
2.0	0.122	0.092	0.149	0.121
2.25	0.134	0.183	0.200	0.172
2.5	0.289	0.295	0.345	0.310



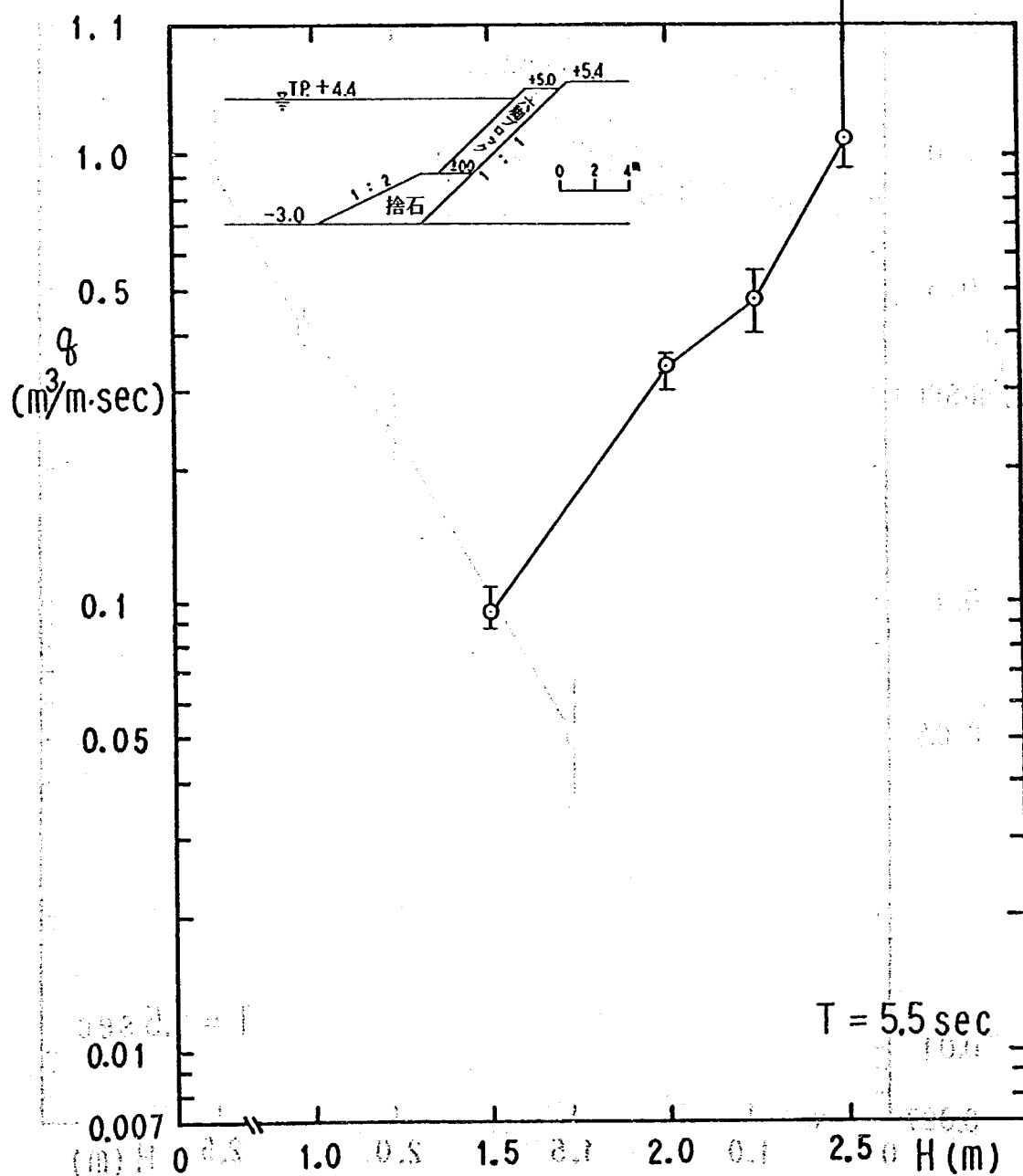
付図-35 越波量の実験結果

H (m)	q ($m^3/m \cdot sec$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.0023	0.0026	0.0026	0.0025
1.5	0.121	0.116	0.0879	0.108
2.0	0.319	0.363	0.378	0.353
2.25	0.524	0.465	0.453	0.481
2.5	0.841	0.889	0.778	0.836



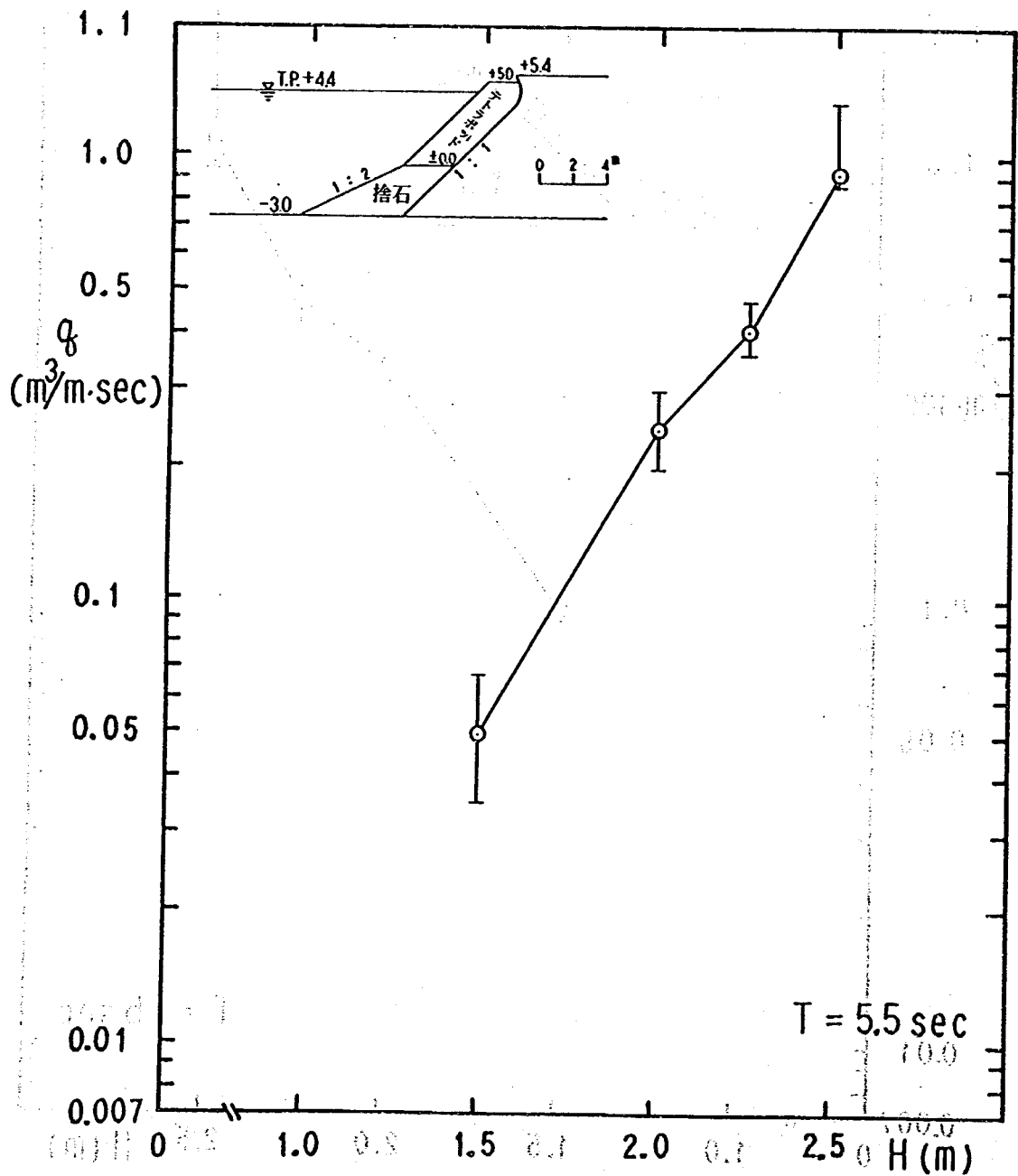
付図-36 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.0008	0.0008	0.0004	0.0007
1.5	0.0905	0.0886	0.110	0.0964
2.0	0.303	0.358	0.361	0.341
2.25	0.403	0.478	0.558	0.480
2.5	0.954	0.941	1.145	1.01



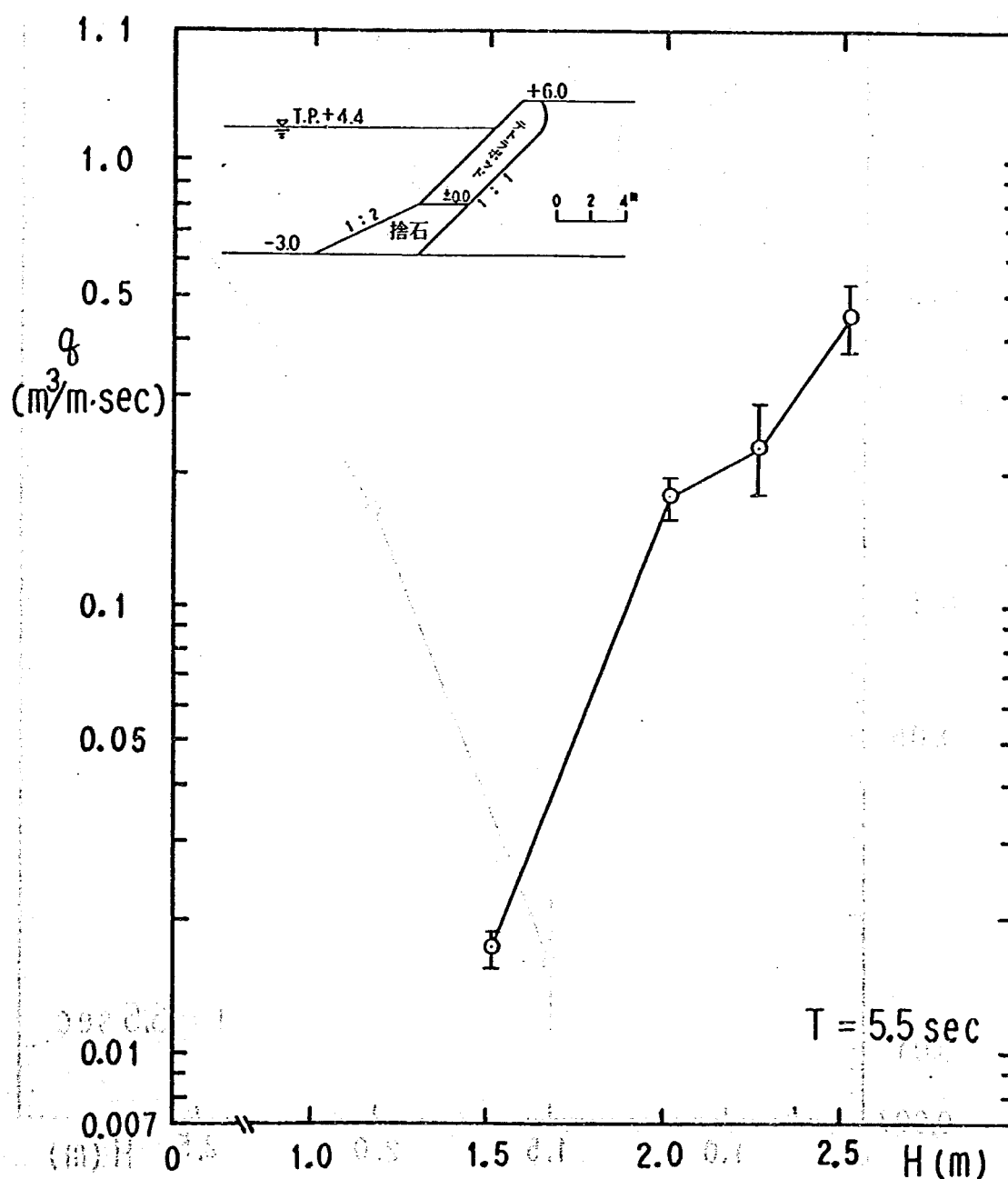
付図-37 越波量の実験結果

H (m)	q (m ³ /m·sec)			q _{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0349	0.0681	0.0481	0.0504
2.0	0.200	0.241	0.301	0.247
2.25	0.364	0.388	0.480	0.411
2.5	0.870	1.035	0.874	0.926



付図-38 越波量の実験結果

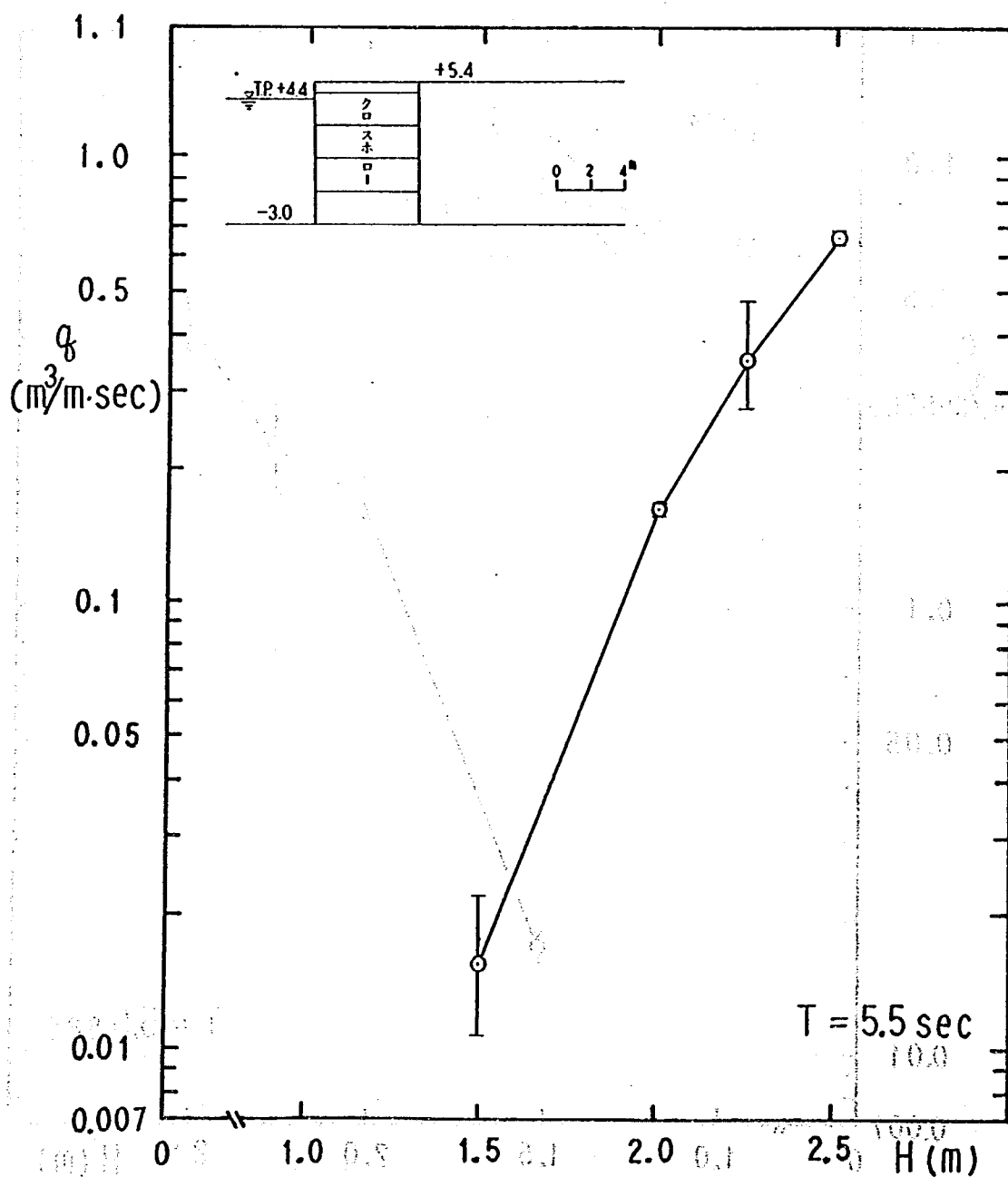
H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0155	0.0189	0.0174	0.0173
2.0	0.186	0.197	0.158	0.180
2.25	0.180	0.290	0.220	0.230
2.5	0.536	0.455	0.379	0.457



付図-39 越波量の実験結果

クロスホロー

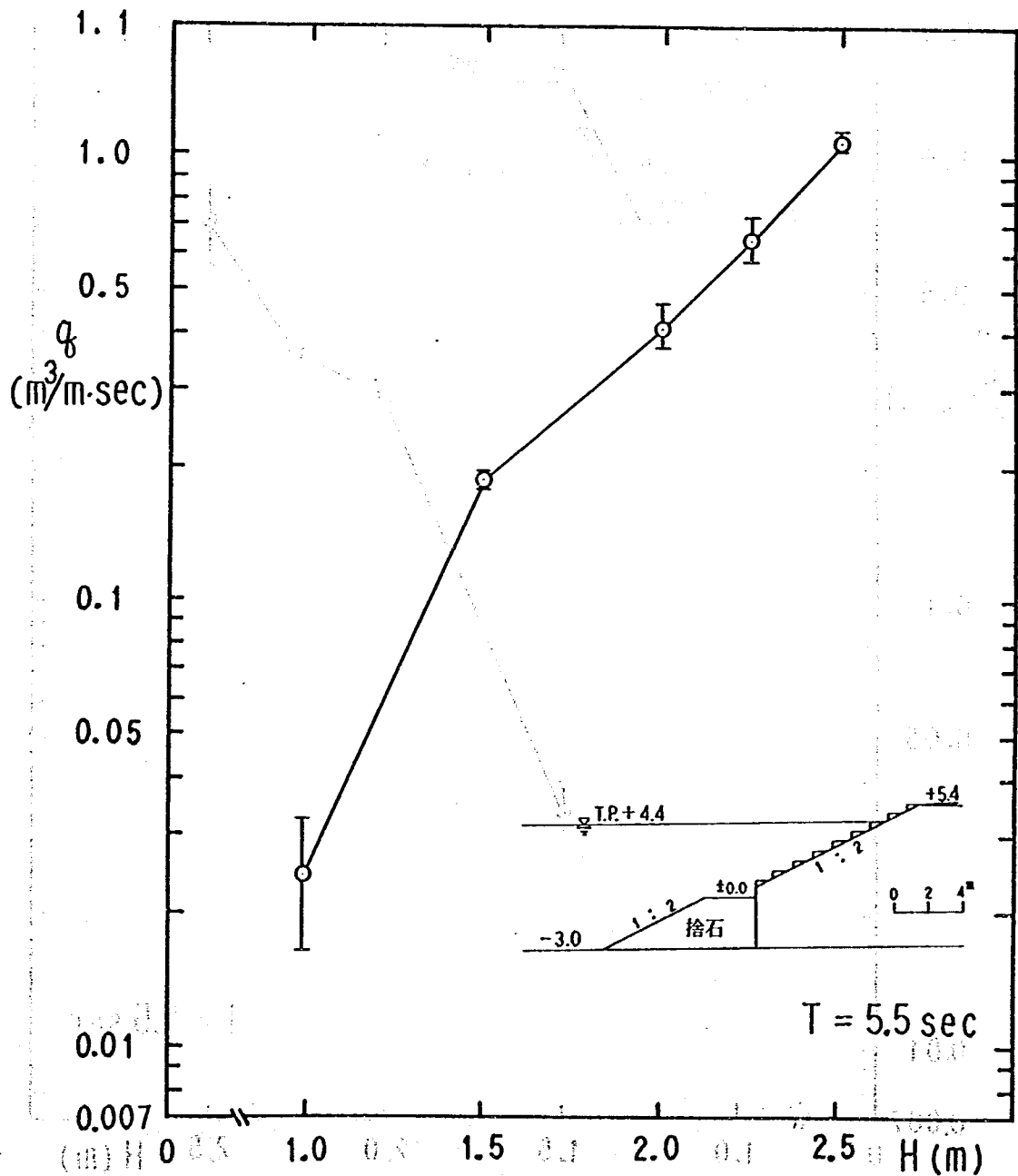
H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0106	0.0140	0.0220	0.0155
2.0	0.166	0.158	0.168	0.164
2.25	0.480	0.273	0.305	0.353
2.5	0.682	0.645	0.666	0.664



付図-40 越波量の実験結果

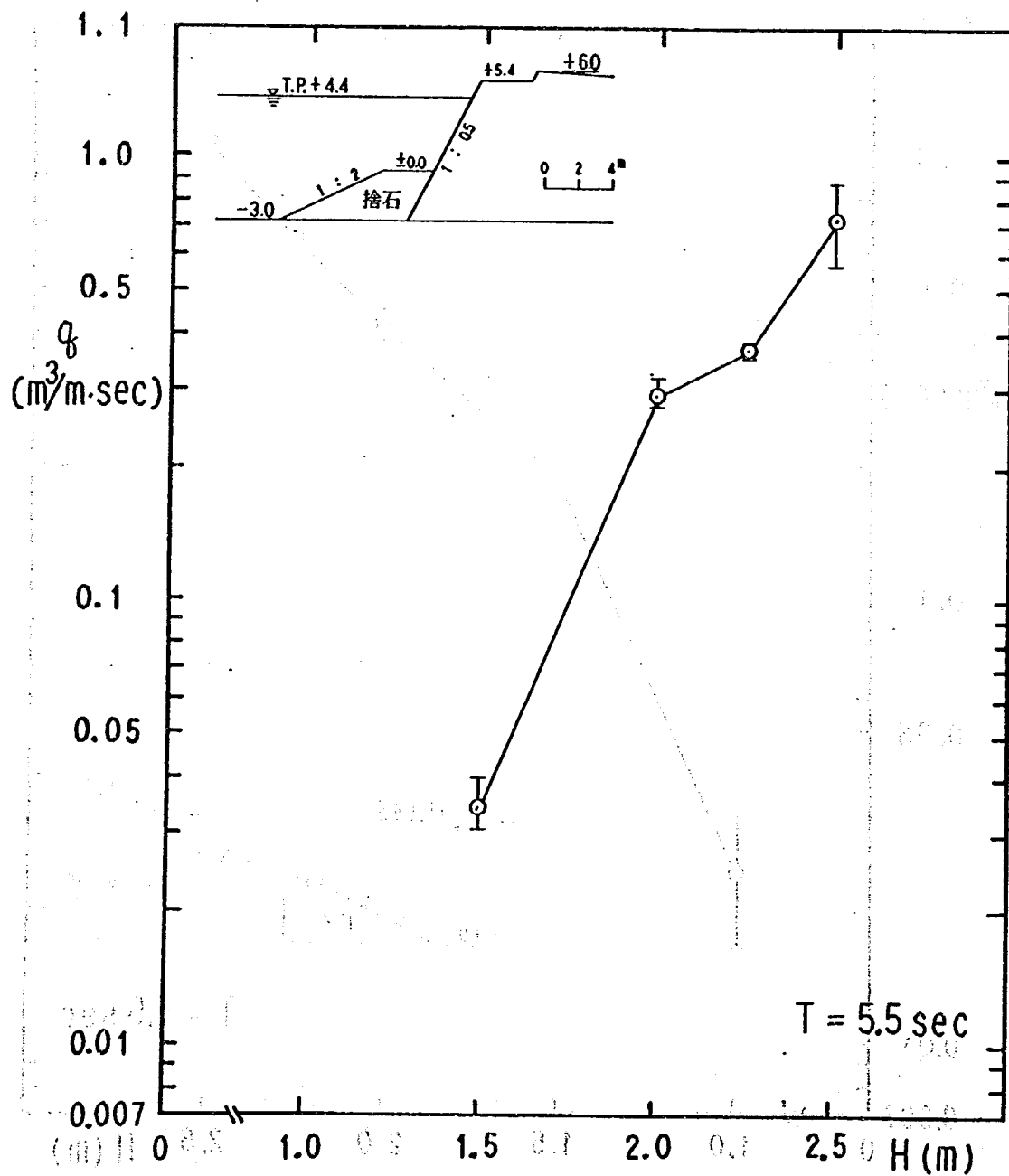
階段

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.0242	0.0326	0.0163	0.0244
1.5	0.179	0.189	0.197	0.188
2.0	0.470	0.393	0.376	0.413
2.25	0.620	0.738	0.586	0.648
2.5	1.16	1.04	1.05	1.08



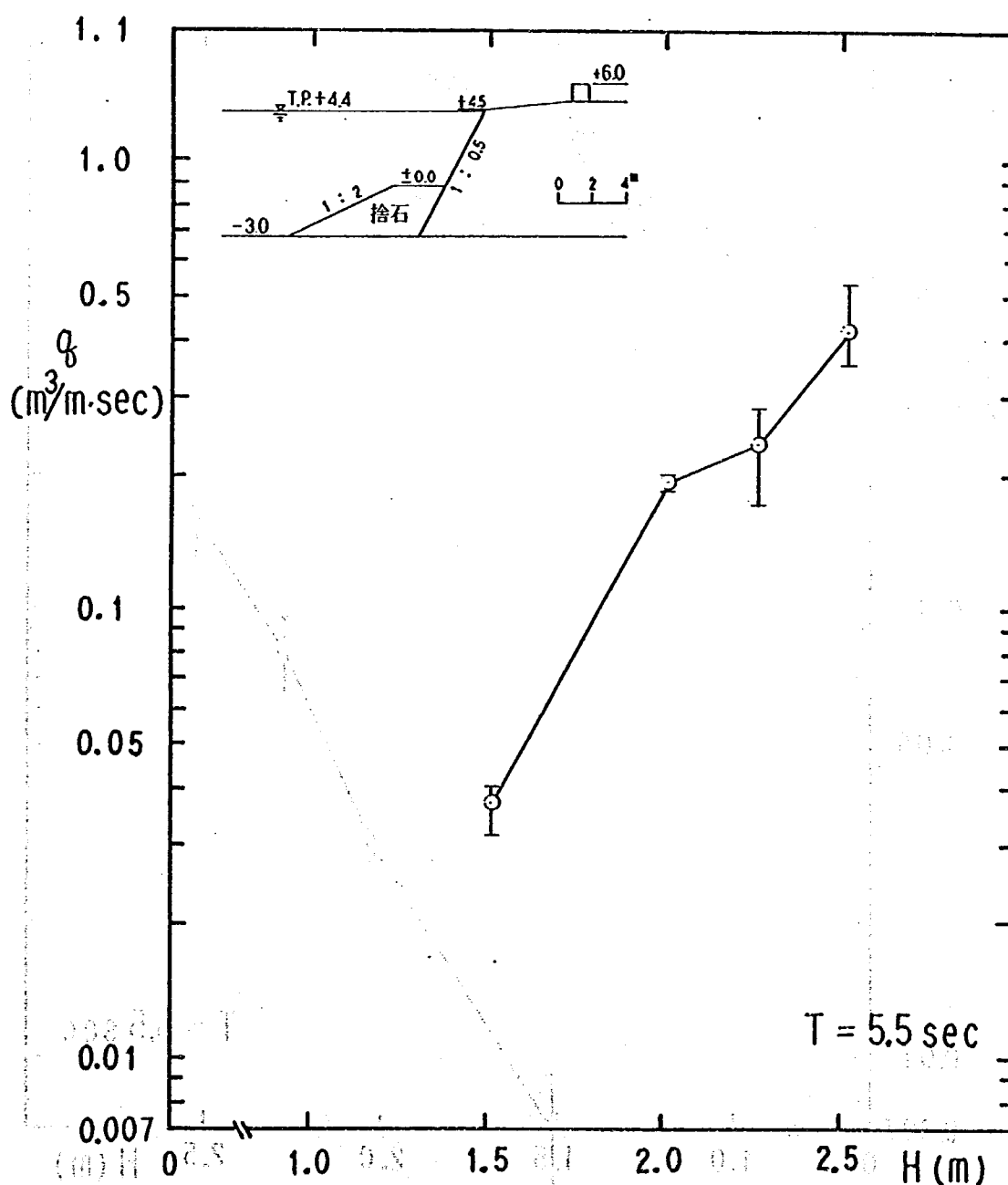
付図-41 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0318	0.0307	0.0401	0.0342
2.0	0.320	0.280	0.277	0.292
2.25	0.382	0.375	0.355	0.371
2.5	0.885	0.708	0.576	0.723



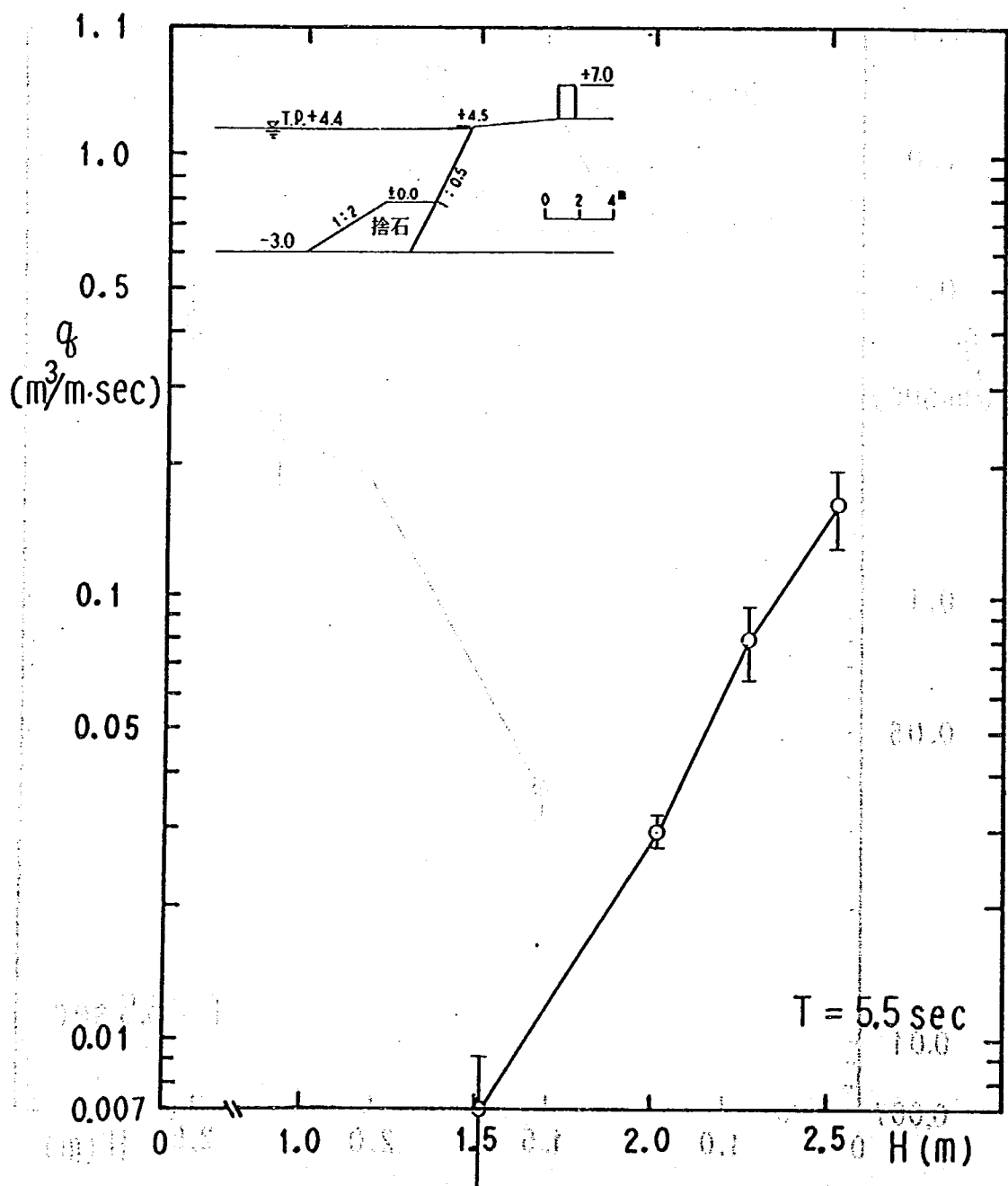
付図-42 越波量の実験結果

H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.0409	0.0390	0.0318	0.0372
2.0	0.186	0.203	0.195	0.195
2.25	0.250	0.289	0.173	0.237
2.5	0.541	0.378	0.356	0.425



付図-43 越波量の実験結果

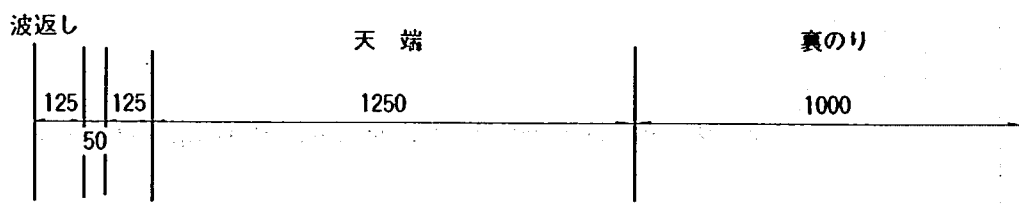
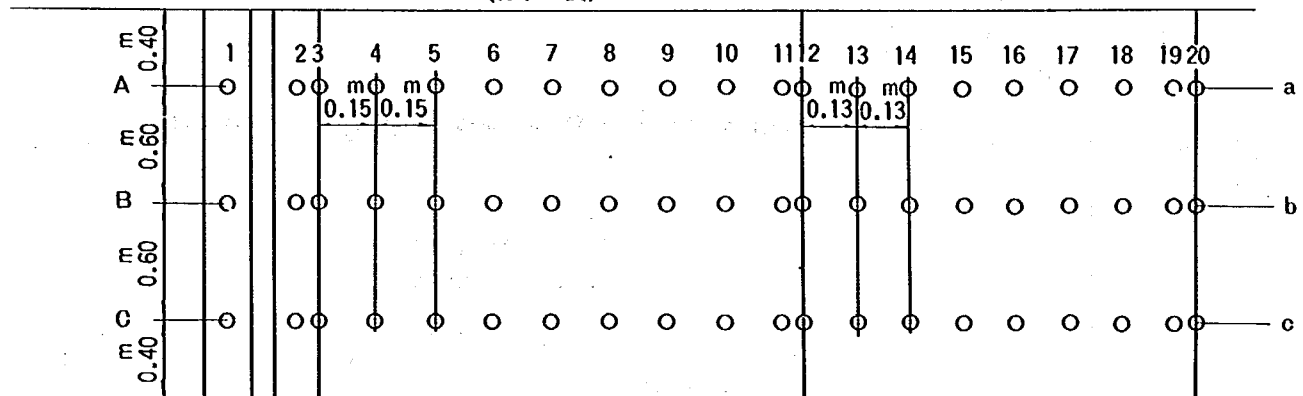
H (m)	q ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$)			q_{mean}
	1	2	3	
1.0	0.	0.	0.	0.
1.5	0.00455	0.00720	0.00909	0.00695
2.0	0.0295	0.0273	0.0326	0.0298
2.25	0.0837	0.0655	0.970	0.0821
2.5	0.167	0.131	0.198	0.165



付図-44 越波量の実験結果

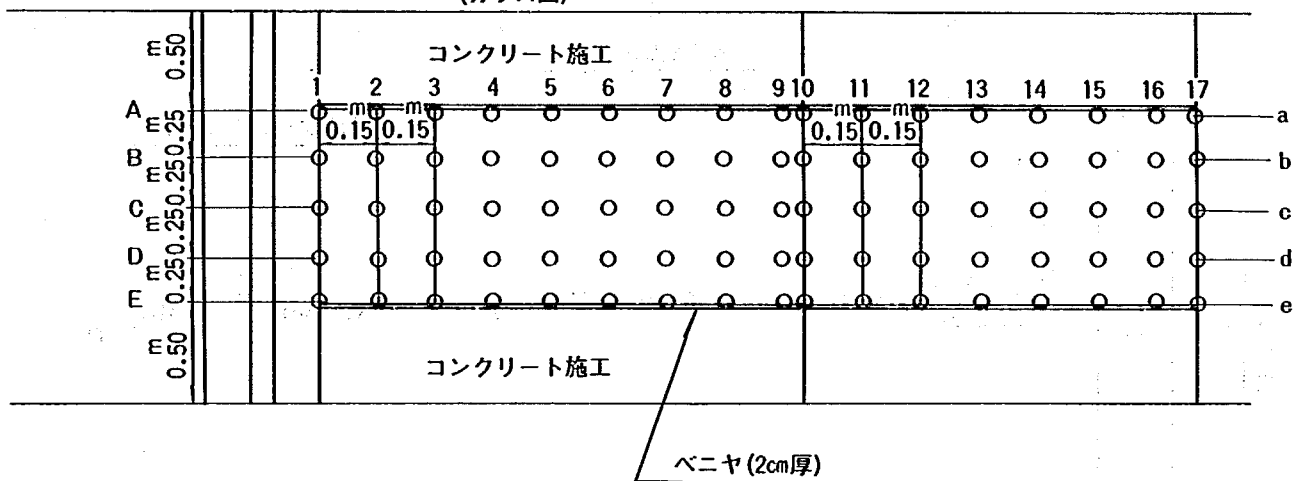
CASE B-3

(ガラス面)

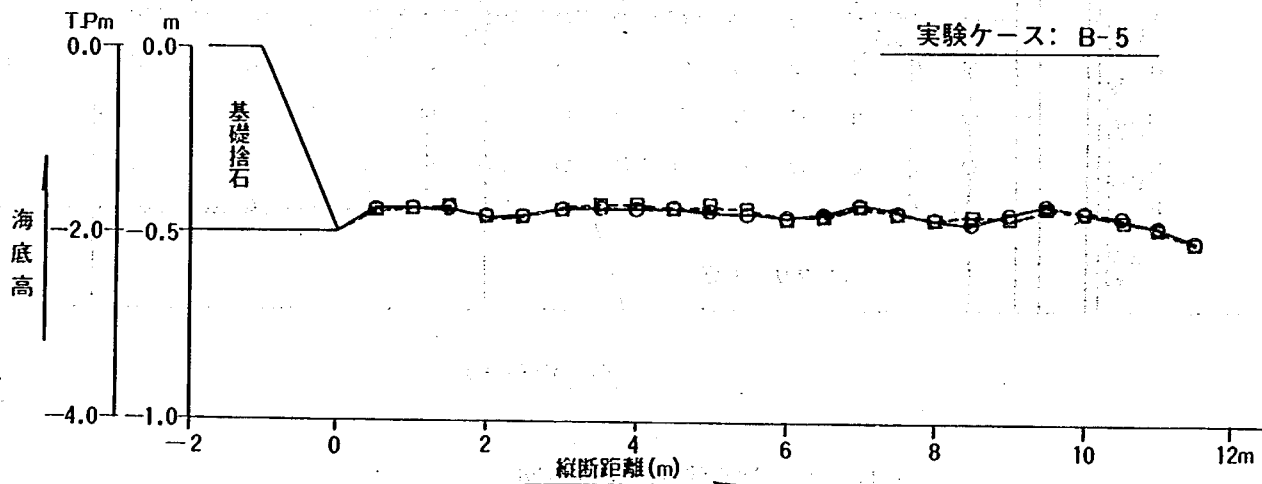
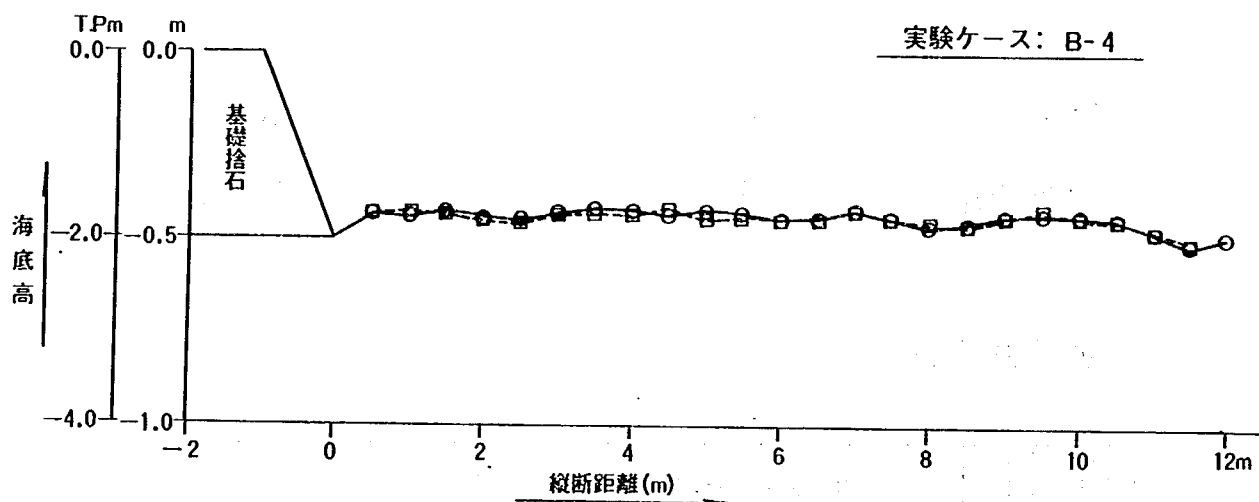
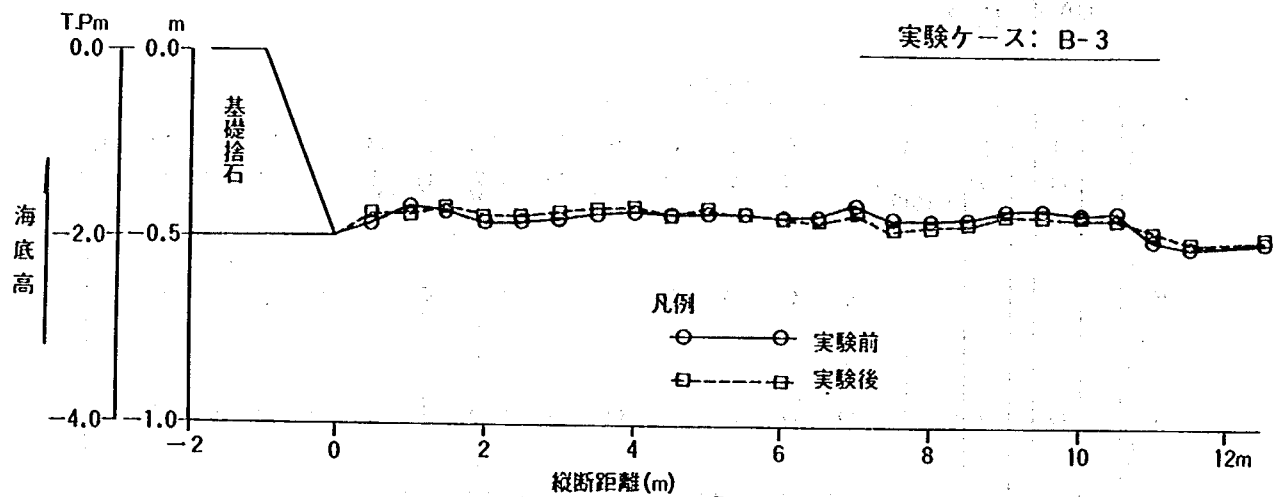


CASE B-4 ~11

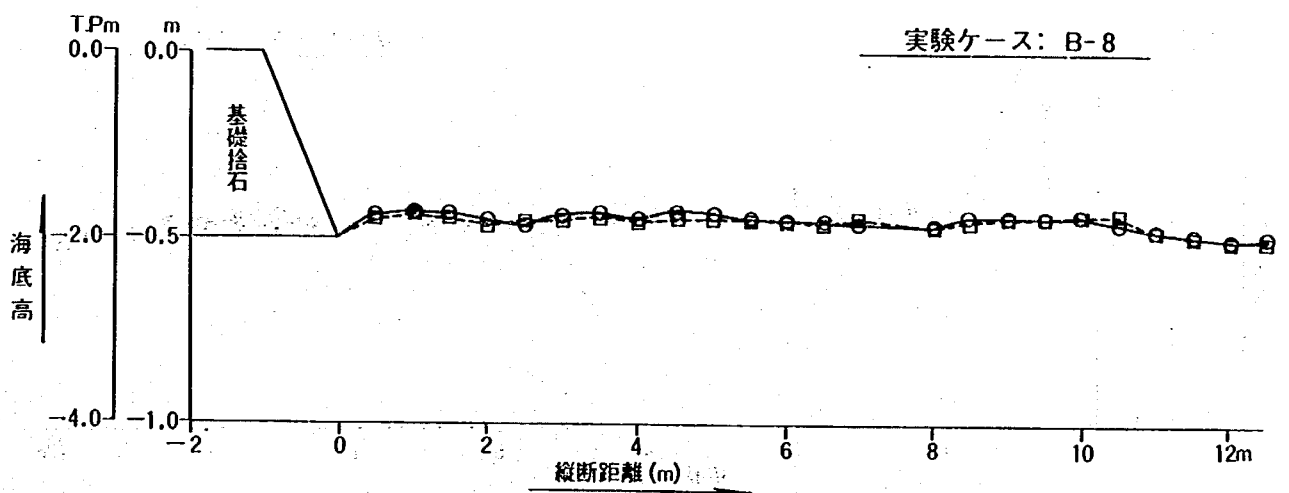
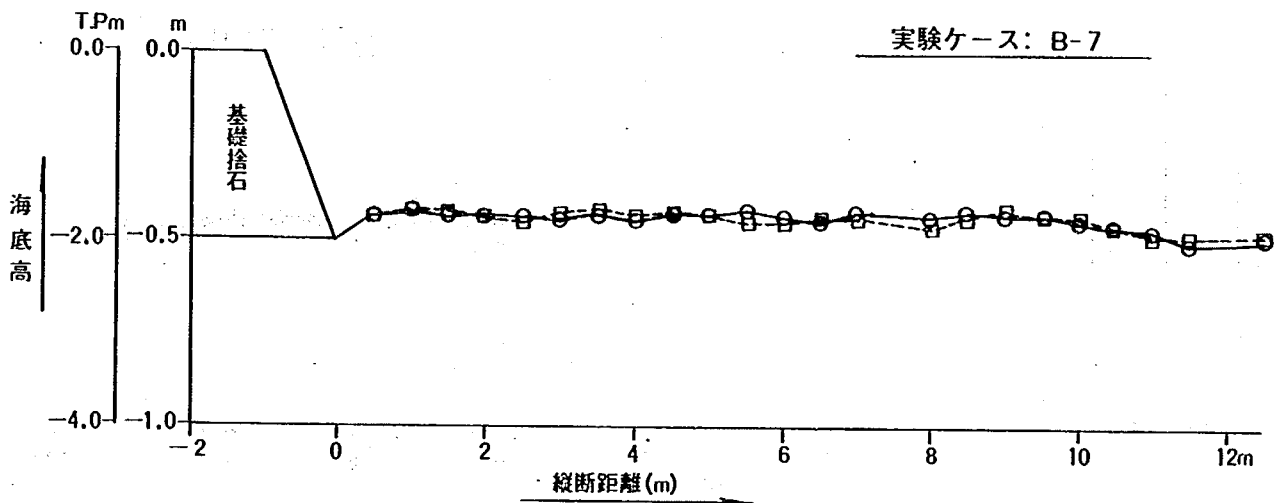
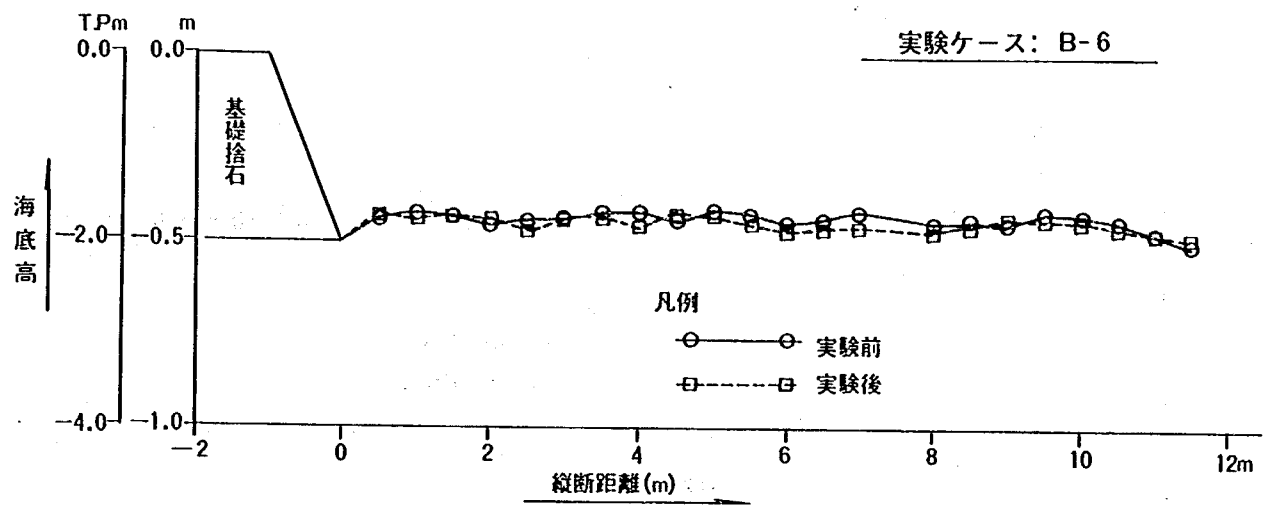
(ガラス面)



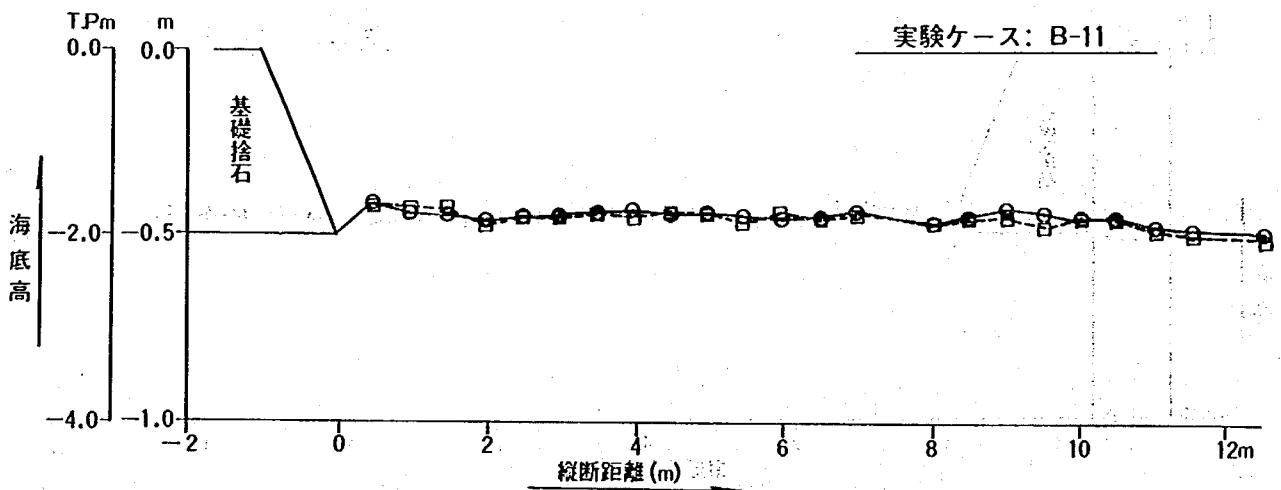
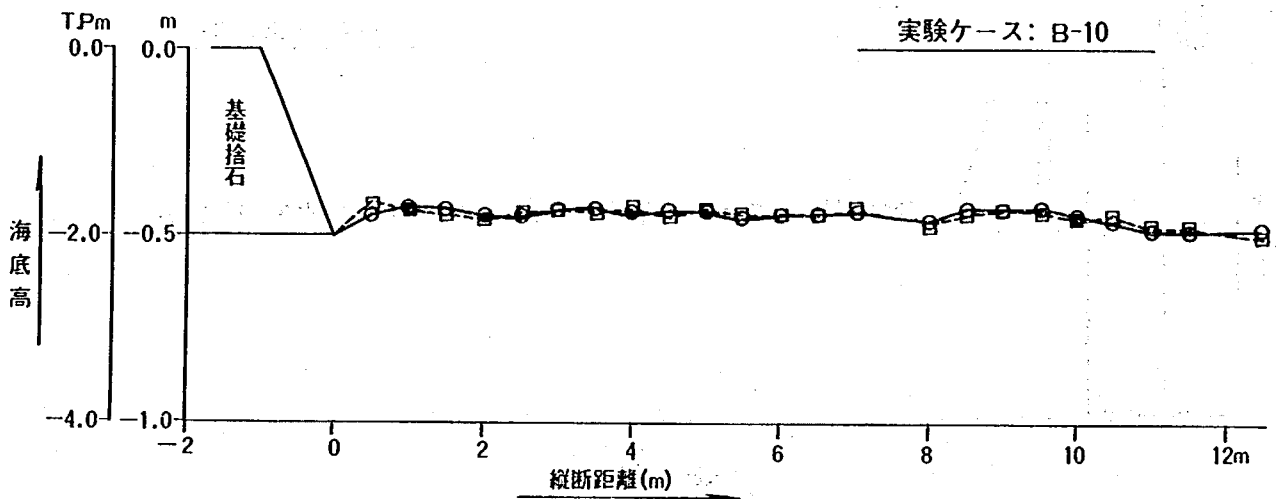
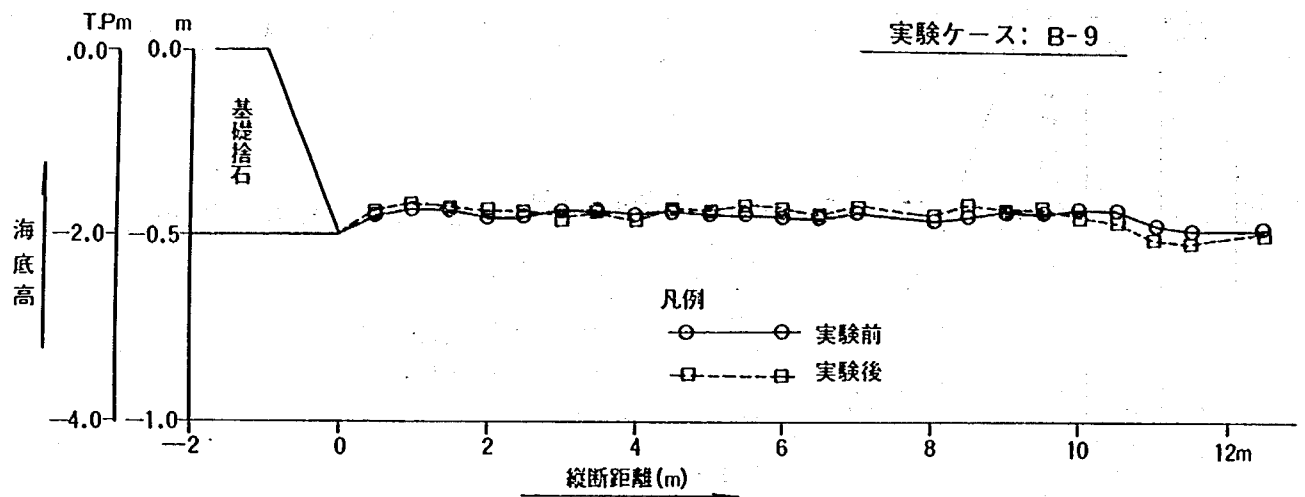
付図-45 被災状況測定位置図



付図-46(1) 海浜縦断変化図



付図-46(2) 海浜縦断変化図



付図-46(3) 海浜縦断変化図

太田川高潮堤防水理模型実験
(その2)報告書

土研資料第1824号
昭57年3月(1982)

橋本 宏, 田中茂信, 弘田英人

キーワード: 消波工, 高潮堤防, 大型水理模型実験, 越波量, 被覆工

要 旨 太田川の高潮対策を検討するために, 堤防に入射する波と越波量の関係, また越波した波と天端や裏のりの被覆工の安定性の関係について水理模型実験を行なった。その結果, 天端や裏のりを簡易な被覆工で覆う場合, 被覆工の下部材料の流出が破壊につながるということが明らかになった。

○

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

海岸研究室 御中

建設省土木研究所

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第1824号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名

印

○