

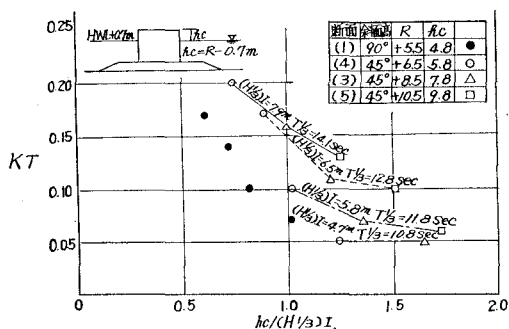


図-3 相対天端高と波高伝達率の関係

るが、測定波の波高が5.8m~7.9mと高くなるに従い、上部斜面堤(天端高+6.5m)の伝達率が0.11~0.20となり、最大値を示す。

既往の規則波による伝達波実験¹⁾によれば、上部斜面堤の天端高を直立壁堤の天端高の約2倍にすれば、ほぼ同程度の伝達波高となる。

不規則波による本実験では、 $1.0H_{1/3}$ 相当の天端高である+8.5mの上部斜面堤と $0.6H_{1/3}$ 相当の天端高である+5.5mの直立壁堤を比較すると、上部斜面堤の伝達率の方がやや小さい結果となった。

(3) 滑動実験

滑動実験は、天端高+5.5mの直立壁堤と天端高+8.5mの上部斜面堤の2断面について行い、実験波を30分間作用させた時の滑動量と堤体の水中重量の関係を図-4と5に示した。

これより、滑動量5mm, 1mm, 0mmについての滑

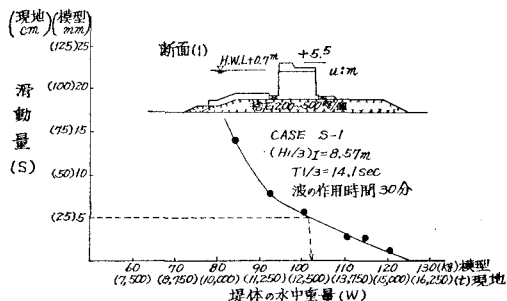


図-4 堤体の水中重量と滑動量の関係

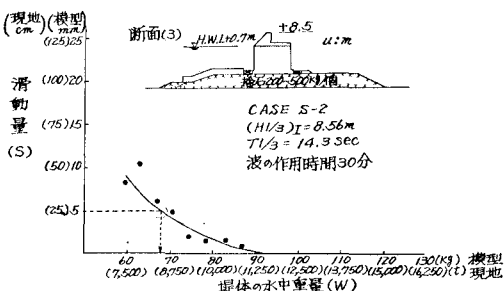


図-5 堤体の水中重量と滑動量の関係

表-1 堤体の滑動限界水中重量

CASE	断面	堤体の滑動限界水中重量 W					
		滑動量5mmのとき		滑動量1mmのとき		滑動量0mmのとき	
		模型(kg)	現地(ton)	模型(kg)	現地(ton)	模型(kg)	現地(ton)
S-1	(1)	102	708	120	833	126	875
S-2	(3)	68	472 (0.67)	84	583 (0.70)	94	653 (0.75)

注) ()内の数字は断面(1)の滑動限界水中重量を1としたときの断面(3)の比率である。

動限界水中重量を求めると、表-1 のようになり、上部斜面堤は直立壁堤に比べてかなり滑動しにくい構造であることがわかる。

(4) 波圧実験

波圧実験は、天端高+5.5mの直立壁堤、天端高+8.5mの上部斜面堤について行った。

a) 波圧強度と波圧分布

図-6 は、実験波を30分間作用させた時の波圧計から求めた6分毎の最大波圧分布と、測定波から合田式を用いて計算した結果とを比較したものである。

直立壁堤では全般に実験値の波圧が大きく、その中でも-0.5m地点の波圧は約 25.0 t/m^2 と、特に大きい。上部斜面堤でもほぼ同様の傾向であるが、静水面付近では、斜面により波圧が分散させられるため、直立壁堤に比べて波圧は小さくなっている。

最大波圧合力時の揚圧力は、いずれの断面でも合田式の値とほぼ一致している。

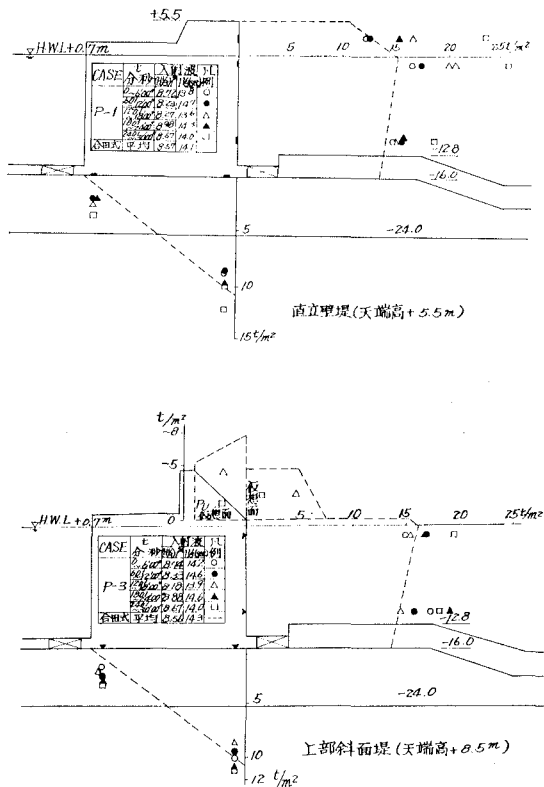


図-6 実験値の波圧分布・揚圧力分布

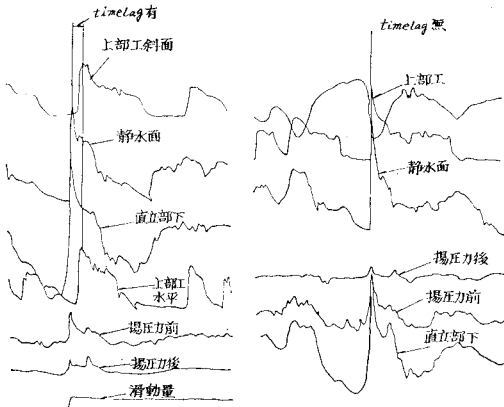


図-7 上部斜面堤(左), 直立壁堤(右)の波圧経時変化
(—記録紙コピー—)

b) 上部斜面堤の斜面部における波圧の位相差

図-7 は, 上部斜面堤と直立壁堤の各部における波圧ピーク時の位相差(タイム・ラグ)を示す記録紙の例である。直立壁堤では位相差がみられないが, 上部斜面堤では直立部と斜面部に作用する波圧にタイム・ラグが生じている。

このタイム・ラグは, 模型で 0.04~0.29 sec, 現地で 0.3~2.04 sec であり, 直立部の波圧がピークの時に生じている斜面部の波圧(斜面に垂直な圧力)は, 0~9.2 t/m² とばらついている。

c) 波圧合力と摩擦抵抗力の比較

滑動実験から求まる滑動量から, 次式により摩擦抵抗力を求める。

$$F_0 = (\bar{W} - P_u + P_v)\mu$$

ここで F_0 : 摩擦抵抗力

$\bar{W}$: 滑動実験において滑動量が 5, 1, 0mm の時の各々の滑動限界重量(水中重量)

P_u : 波圧実験から得られた揚圧力合力

P_v : 上部斜面堤の場合に, 波圧実験から得られた斜面垂直波圧の鉛直分力の合力

($P_v = P_s \times S(\text{面積}) \times \cos \theta$, θ : 斜面の水平となす角)

μ : 滑動実験で求めた摩擦係数(0.55)

結果を表-3にまとめる。表中で理論値は, 合田波圧式による水平成分波力の計算値を示し, 上部斜面堤では斜面壁部分の波圧を図-8のように考えた。また, 波圧計波圧合力は, 上部斜面堤では斜面壁部分の波力を図-9のように考えて, 斜面に垂直な波圧合力としている。

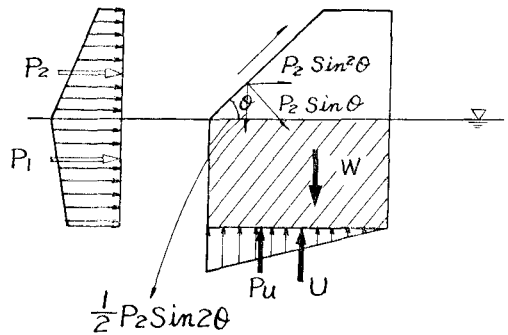
これより, 直立壁堤(天端高 +5.5m)の波圧合力理論値は, ほぼ滑動量 5mm の時の滑動限界水中重量から求まる摩擦抵抗力に相当し, 上部斜面堤(天端高 +8.5m)の計算で求めた波圧合力理論値は, ほぼ滑動量 0mm の時の滑動限界水中重量から求まる摩擦抵抗力に相当す

表-2 直立部と斜面部の波圧ピーク時の位相差

CASE	t	入射波		位相差 $\Delta t(\text{Sec})$	
	分秒	(H/3)(m)	T/3(sec)	模型	現地
P-3	0'00" ~ 6'00"	8.74	14.2	0.29	2.04
	6'01" ~ 12'00"	8.33	14.6	0.13	0.93
	12'01" ~ 18'00"	8.18	13.9	0.06	0.42
	18'01" ~ 24'00"	8.88	14.6	0.19	1.36
	24'01" ~ 30'00"	8.67	14.0	0.04	0.30
	0~30'00"	8.56	14.3	0.14	1.01
	平均				

表-3 波圧合力摩擦抵抗力

	有義波高 (1/3)(m)	有義周期 T(1/3)(sec)	理論値 F_p (t/m)	波圧計 波圧合力 P_p (t/m)	滑動量 5mm の摩擦抵抗力 F_{c5} (t/m)	滑動量 1mm の摩擦抵抗力 F_{c1} (t/m)	滑動量 0mm の摩擦抵抗力 F_{c0} (t/m)
断面(1) 直立壁堤	8.57	14.1	320.8	363.2	312.2	381.0	404.1
断面(3) 上部斜面堤	8.56	14.3	308.1	298.7	192.0	253.1	291.6
(3)/(1)	0.99	1.01	0.96	0.82	0.61	0.66	0.72



水平成分波力: $\hat{P}_p = P_1 + P_2 \sin \theta$

図-8 斜面壁堤に作用する波力(理論値)

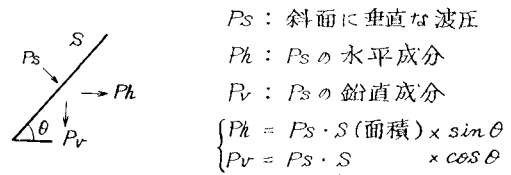


図-9 斜面壁堤に作用する波力(波圧計波圧合力)

る。また, 波圧計による波圧合力と計算による波圧合力理論値を比較すると, 直立壁堤では理論値の方が 13% ほど小さく, 上部斜面堤ではほぼ理論値と一致している。

4. 結 論

(1) 反 射 率

反射率は, わずかであるが直立壁堤(天端高 +5.5m)に比べて, 上部斜面堤(天端高 +8.5m)が小さい。

(2) 伝達率

伝達波高が大きいのは上部斜面堤の難点であるが、上部斜面堤の天端高を $+8.5\text{ m}$ ($1.0H_{1/3}$ 相当) にすれば、天端高 $+5.5\text{ m}$ の直立壁堤 ($0.6H_{1/3}$ 相当) より低い伝達率となる。

(3) 滑動限界水中重量と摩擦抵抗力

滑動実験から求まる滑動限界水中重量は、上部斜面堤 (天端高 $+8.5\text{ m}$) では直立壁堤 (天端高 $+5.5\text{ m}$) の $70\sim 75\%$ ですむ。

また、滑動限界水中重量、揚圧力、摩擦係数をもとに計算した摩擦抵抗力は、上部斜面堤 (天端高 $+8.5\text{ m}$) では直立壁堤 (天端高 $+5.5\text{ m}$) の $60\sim 70\%$ ですむ。

(4) 波圧実験

波圧実験より、堤体全体で受ける波圧合力は、上部斜面堤 (天端高 $+8.5\text{ m}$) の方が直立壁堤 (天端高 $+5.5\text{ m}$) に比べ約 20% 少ない。

また、上部斜面堤の斜面壁部と直立壁部に作用する波力のタイム・ラグは、実験上 $0.04\sim 0.29\text{ sec}$ 、現地換算で $0.3\sim 2.0\text{ sec}$ 生ずる。

(5) 波力の算定と堤体の安定

現時点における上部斜面堤の設計法は、“合田式で求

められた直立壁に作用する波力 (水平力) は、斜面壁において、面平行方向成分と垂直方向成分に分解され、そのうちの垂直方向成分の力のみが堤体に作用する” というモデルである。このモデルで設計した断面は十分安定であるが、さらに経済的な設計法を検討しうる余地があると考えられる。

5. おわりに

本実験の結果、上部斜面堤で設計した断面は、従来の直立壁堤に比べ経済的であり、防波堤としての機能性、安定性ともに心配がないことが確認された。よって、ここに新潟港東港地区西防波堤の水深 -24 m 地点において、わが国で初めて上部斜面堤が実用化されることとなった。

本報告を終えるにあたり、この実験の実施に関係された各位の労に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 森平倫生・国田 治: 斜面壁堤の水理特性に関する模型実験, 第 26 回海岸工学講演会論文集, 1979.