

表-1 潜堤の平面配置条件

Case	$Y_r(m)$	$L_r(m)$	$W(m)$	W/Y_r	$R(m)$	波向 θ	潜堤種類
1	20.0	20.0	—	—	0.05	0°	連続堤
2	3.0	1.8	1.2	0.4	0.05	0°	
3	4.5	2.7	1.8	0.4	0.05	0°	
4	6.0	3.6	2.4	0.4	0.05	0°	
5	4.0	2.8	1.2	0.3	0.05	0°	
6	4.5	3.6	0.9	0.2	0.05	0°	
7	6.0	4.8	1.2	0.2	0.05	0°	
8	10.0	8.8	1.2	0.12	0.05	0°	
3 a	4.5	2.7	1.8	0.4	0.03	0°	
3 b	4.5	2.7	1.8	0.4	0.07	0°	
5 a	4.0	2.8	1.2	0.3	0.05	15°	不連続堤
5 b	4.0	2.8	1.2	0.3	0.05	30°	

表-2 連続潜堤による波高と流速の低減効果

	沖波波高	堤内平均波高	沖波高比	堤内冲向平均流速	堤内冲向最大流速
	H_0 (cm)	H_b (cm)	H_b/H_0	V_0 (cm/s)	V_{max} (cm/s)
設置前	5.71	6.06	1.06	7.0	17.6
設置後	5.63	3.04	0.54	3.1	12.3

わせ図を示す。波高分布により入射波は潜堤沖側法肩付近で碎波され、潜堤堤内の波高はほぼ全域にわたり減衰していることがわかった。特に、潜堤沖側法肩付近における波高分布は一樣ではなく、横断方向に島状の波高の高い部分が分布した。流速分布では、潜堤上の碎波高の低い部分で離岸流が、碎波高の高い部分で向岸流が形成された。離岸流の発生間隔は約 3.5 m であり、これは沖波波長にほぼ等しく、潜堤設置前とほとんど変化はなかった。また、堤内では全域にわたり微弱な流れであったが、潜堤上での冲向きの流れによる影響で、冲向きの離岸流が発生した。このような海浜流の特徴的な流れをパターン化すると 図-7 のタイプ I となる。

次に、連続潜堤の有無による堤内波高と堤内冲向流速の比較結果を表-2 に示す。潜堤設置前の波高・流速の測定領域は、水槽中央部での碎波点（汀線から 2.25 m）より岸側で幅 6 m 間、また設置後は、水槽中央部で潜堤岸側法肩より岸側で幅 6 m 間の測点で、それぞれ平均値と最大値を求めた。表より、連続潜堤を設置した場合の堤内波高と冲向流速の平均値は、設置前の 5 割程度まで低減されていることがわかる。

図-4、図-5 は流速分布より離岸流部と判断される測線 $Y=3.5$ m と向岸流部と判断される測線 $Y=1.25$ m における波高と平均水位の変動量の変化を示したものである。図より、潜堤前面では向岸流部の方が波高は大きい、背後になると離岸流部の方が大きくなり、逆転現象が起きている。また、離岸流部の波高が汀線付近で急激に減少しているが、これは 2 次碎波の影響と考えられる。同様に、平均水位でも離岸流部は汀線付近で急激に増大しており、これも 2 次碎波の影響と考えられ、タイプ I での潜堤背後の汀線付近での離岸流発生地点と一致する。

著者ら (1991) は、2 次元水槽において、潜堤の波高低減率 H_b/H_i と堤内水位上昇率 η/H_i について実験を行い、次の推定式を求めている。

$0 < R/H_i \leq 2.5$ かつ $0 < B/L_i \leq 0.3$ の時

$$H_b/H_i = (-0.79d/h + 0.70)(R/H_i) - 1.09(B/L_i) + 0.45(d/h) + 0.19 \dots (1)$$

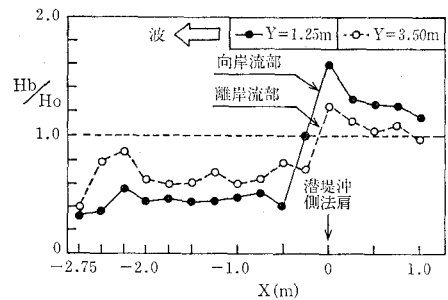


図-4 波高の縦断分布

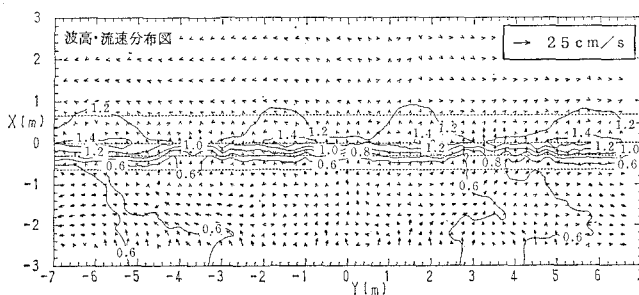


図-3 連続潜堤による波高・流速分布

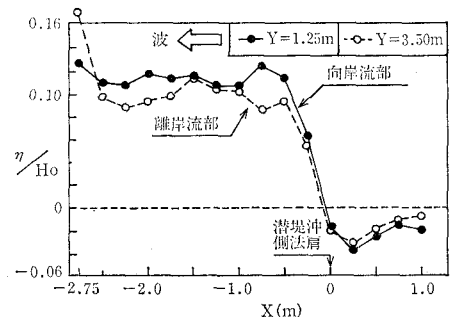


図-5 平均水位の縦断分布

$0 < R/H_i \leq 2$ の時

$$\eta/H_i = (0.275 - 0.130R/H_i)(d/h) - 0.061(R/H_i) + 0.088 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 H_b は堤内波高、 H_i は入射波高、 η は堤内水位上昇量、 L_i は入射波長である。今回の実験値と上式による推定値を比較すると、実験値は $H_b/H_i=0.52$ 、 $\eta/H_i=0.1$ 、推定値は $H_b/H_i=0.53$ 、 $\eta/H_i=0.138$ であり、2次元実験で得られた推定式は平面実験でもほぼ成立し、その妥当性が確認できた。

b) 不連続潜堤の場合

図-6 に不連続潜堤周辺の流速分布の代表例を示す。3 ケースは開口幅 $W=1.2\text{ m}$ で等しく、潜堤実長 L_r を上段から 1.8 m 、 2.8 m 、 4.8 m に変えている。各ケースとも開口部では沖向きの流れを、潜堤天端上では強制碎波による岸向きの流れを示しているが、潜堤実長の違いによりそれぞれ特徴的な海浜流が形成された。各ケースの流れをパターン化すると、図-7 のタイプII、III、IVとなる。潜堤の実長が短い場合(タイプII)では、特徴的な流れとして、潜堤の端部片側に弱い循環流が形成され、潜堤背後で沖向きの流れが、潜堤天端上で

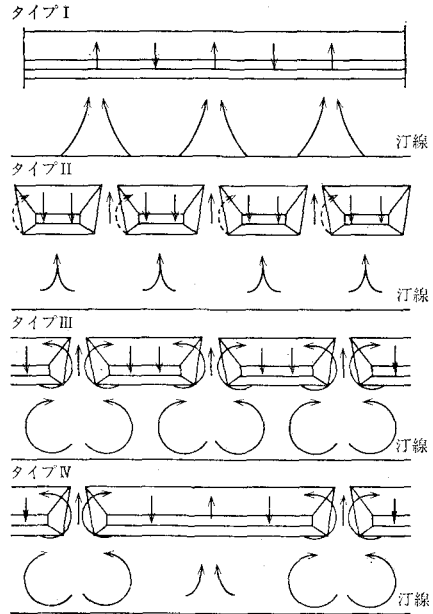


図-7 潜堤周辺の海浜流パターン

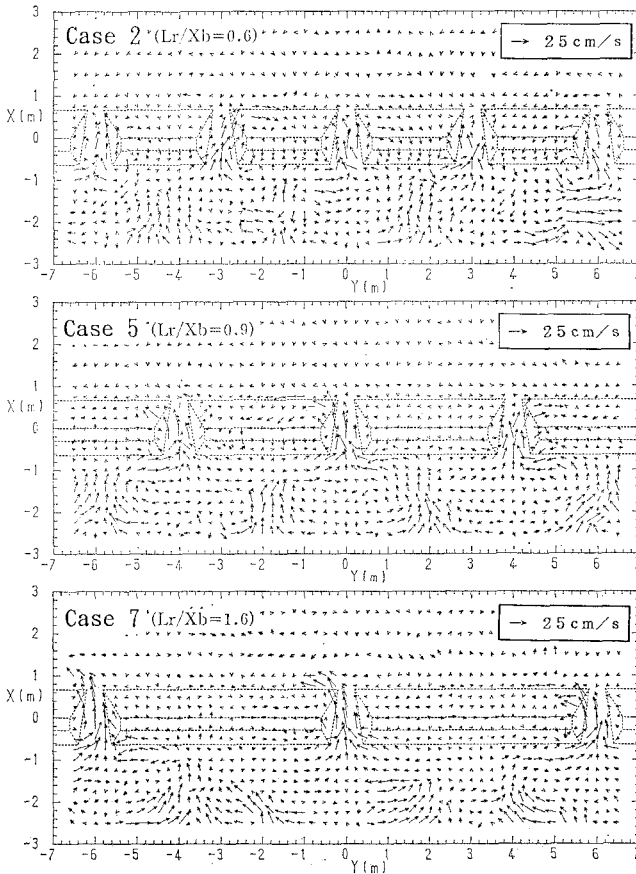


図-6 不連続潜堤による流速分布(1)

岸向きの流れが見られた。実長がこれより長くなると潜堤の両端部では各ユニットで対称な循環流が、堤内では潜堤背後で一對の循環流が形成された(タイプIII)。さらに実長が長くなった場合(タイプIV)は、潜堤天端上および堤内の開口部付近でタイプIIIの流れを示し、潜堤中央部では連続潜堤型のタイプIの流れを示す一種の複合型へ移行した。図-8 は潜堤実長 L_r と離岸距離 X_b の比 L_r/X_b と開口率 W/Y_r の関係を整理したものである。図によれば各タイプは開口率には依存せず、 $L_r/X_b=1.0$ 付近でタイプIIIが現れ、 L_r/X_b が 1.0 より小さくな

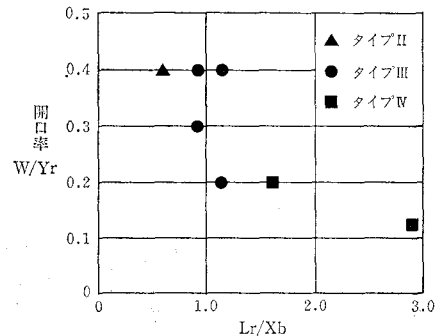


図-8 L_r/X_b と開口率 W/Y_r の関係

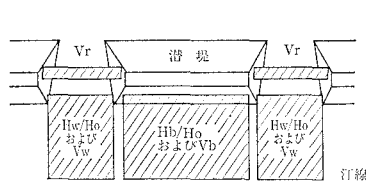


図-9 波高、流速の算定領域

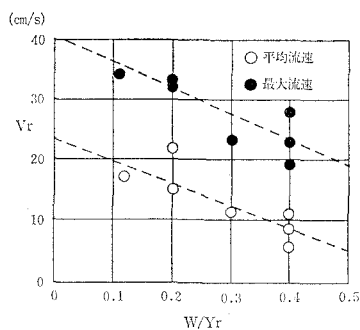


図-10 開口部出口流速の変化

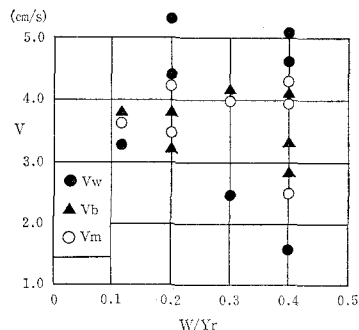


図-11 堤内流速の変化

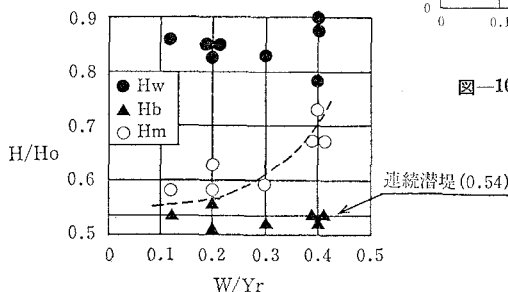


図-12 堤内波高低減率の変化

るとタイプIIへ、1.0より大きくなるとタイプIVへ移行する傾向を示している。

次に、不連続潜堤による流速、波高の特徴について述べる。図-9に示すように、潜堤開口部出口流速を V_r 、堤内の開口部、潜堤背後、全域での冲向平均流速をそれぞれ V_w 、 V_b 、 V_m 、また同位置での平均波高を H_w 、 H_b 、 H_m とし、図-10に開口部出口流速、図-11に堤内流速、図-12に堤内の波高低減率の変化をそれぞれ開口率で整理して示す。開口部出口流速は、開口率と強い相関が見られ、開口率が大きくなるにつれて、開口部での流速は減少している。堤内流速は開口率による顕著な特徴は見られないが、全体的に右下がりの傾向である。また、堤内波高低減率は、潜堤背後では連続潜堤での値とほとんど差はなく、全域について見ると右上がりの曲線になり、開口率が0.3以下ではほぼ一定で、約6割に低減された。

なお、堤内開口部での波高低減率は、開口幅と沖波波

長との比 W/L_0 と比例関係になる傾向が見られた。

(2) 天端水深 R が海浜流に与える影響について
不連続かつ同一形状・配置の潜堤において、天端水深を変化させた場合(ケース3, $3a$, $3b$)の流速の変化を R/H_0 について整理し、その結果を図-13, 14に示す。

潜堤開口部出口流速は R/H_0 と強い相関が見られ、 R が小さくなるほど開口部での流速が大きくなる傾向にある。しかし、堤内流速は、潜堤背後、開口部とも特徴的な傾向はなく、天端水深の影響は認められなかった。

(3) 波向 θ が海浜流に与える影響について

図-15に、波向を変化させた場合(ケース $5a$, $5b$)の流速分布を設置前、設置後について示した。

潜堤設置前の場合、特定の離岸流は形成されず、汀線付近で沿岸方向の流れが卓越した。また、その流速はその入射角が大きくなる程大きく、流れの方向も汀線と平行になった。潜堤設置後の海浜流パターンは基本的には直入射によるパターンと同じタイプIIIを示し、潜堤天端両端部には一対の循環流が形成された。しかし、堤内には波向き入射側にあたる潜堤左側後部に循環流が一つ形成されるだけであった。

同じ波向きの波浪条件で潜堤設置前後の流速分布を比較すると、潜堤設置前において汀線付近で卓越した一方

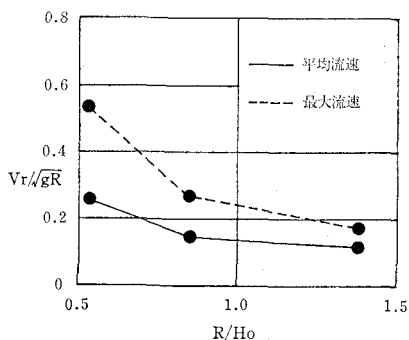


図-13 開口部出口流速の変化

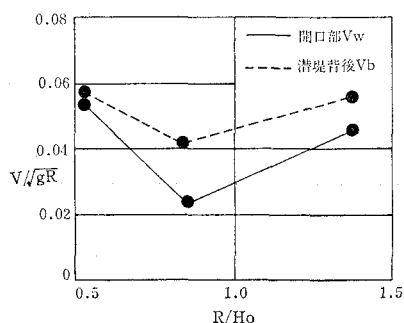


図-14 堤内流速の変化

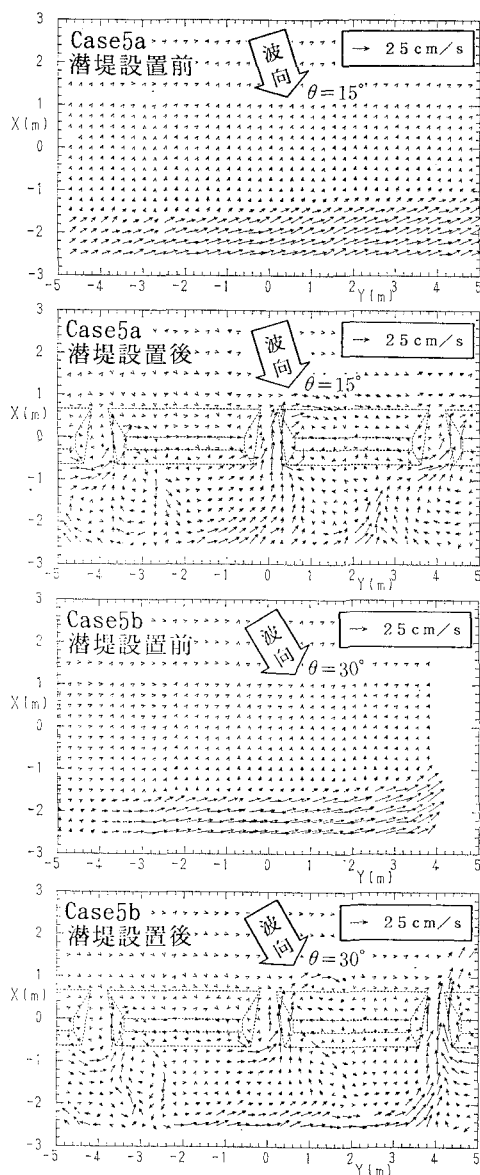


図-15 不連続潜堤による流速分布 (2)

向の沿岸流は、潜堤を設置することにより、流速値は小さくなり、その流れも制御されることがわかった。また、堤内には波向きの入射側にあたる潜堤の左側後部に一つの循環流が形成されるが、もう一方では斜め冲向きの離岸流が開口部に集中するため、この部分からの砂の

流出や開口部の侵食が懸念される。

4. 結 論

(1) 連続潜堤を設置した場合

a) 堤内の平均波高は沖波入射波の 5~6 割程度まで、冲向平均流速も設置前の 5 割以下に低減できる。

b) 潜堤天端上の強制碎波による流れは、碎波高の高い部分で岸向き、低い部分で冲向きを示し、堤内を含めた海浜流はタイプ I のような流況となる。

c) 2次元実験で求めた波高低減率と堤内水位上昇率についての推定式 (1) 式および (2) 式は、平面実験においても良く一致し、その有効性が確認できた。

(2) 不連続潜堤を設置した場合

a) 不連続潜堤周辺に生じる海浜流パターンとしては、潜堤実長 L_r と離岸距離 X_b の比 L_r/X_b によりタイプ II, タイプ III, タイプ IV に分けられる。

b) 潜堤堤内の波高低減率は全域にわたり、開口率による顕著な変化は見られなかった。また、潜堤背後での波高低減率は連続潜堤での値と比べてもほとんど差はなく、堤内開口部での波高低減率は開口幅と沖波波長との比 W/L_0 と相関が見られた。

c) 潜堤開口部出口流速は開口率および天端水深が小さくなるほど大きくなる傾向にある。

d) 斜め入射波による潜堤設置後の海浜流パターンは、基本的には直入射によるパターンと同じであり、汀線付近で卓越する一方向の沿岸流は、潜堤を設置することにより、その流れが制御されることがわかった。

最後に、本研究を実施するに当たり、貴重な御助言を戴いた電力中央研究所の清水主査研究員に対し、謝意を表します。

参 考 文 献

- 宇多高明・小俣 篤 (1986): 人工リーフの波浪減衰機能と海浜流場の形成に関する考察, 土木技術資料, Vol. 28, No. 2, pp. 88-93.
- 宇多高明・小俣 篤 (1986): 人工リーフの設計法, 土木技術資料, Vol. 29, No. 12, pp. 646-651.
- 宇多高明・小俣 篤・横山揚久 (1987): 人工リーフ周辺に生じる海浜流と地形変化, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 337-341.
- 浦上博行・岡本正由・佐藤公己・柴田浩二 (1991): 捨石潜堤の波浪減衰ならびに堤内水位上昇に関する実験式の提案, 第46回年講講演概要集, pp. 846-847.