

1. 緒言 海岸堤防の破壊の主な原因は越波による堤防裏法面の流出である。また、堤防背後地の高度利用(道路および工場敷地造成など)に伴ない越波量そのものが大きな問題となってきた。今回は不透過斜面堤の法面角度と越波量との関係、パラベットの効果、透過斜面堤の層内の波の挙動、空隙率と越波量との関係などの実験結果を述べる。
2. 越波の定義 越波を次のように定義する。平均水面より上に出た構造物に波が衝突することにより構造物の天端を連続流として、あるいは大小の水塊として流入する現象である。越波の形態は次の2種類に大別できる。

- (1) 構造物に衝突した波が分離せず連続流れとして流入する場合。
- (2) 構造物に衝突した波が分離して個々の質点として飛び込む場合。

3. 越波の分類 越波を種々の角度から次のように分類する。

- (1) 構造物の使用目的による分類 防波堤、海岸堤防および岸壁における越波
- (2) 構造物の壁面形態による分類 不透過壁面、透過壁面および棧橋形式による越波
- (3) 構造物の壁面角度による分類 鉛直壁面、傾斜壁面および複合勾配における越波
- (4) 波の特性による分類 重複波、部々重複波、碎波および碎波後の越波
- (5) 風速による分類
- (6) 堤防法線に対する波の侵入角度による分類
- (7) 波の規則性による分類

4. 不透過斜面堤の越波量 海岸堤防の基本的な形状として図-1に示すものを取り上げる。

一周期当りの堤防内へ飛び込む越波水量 q_i に関する要素を無次元化すれば

$$\frac{2\pi q_i}{H_0 L_0} = f\left(\frac{H_0}{L_0}, \frac{R}{L_0}, \alpha, \theta, \right.$$

$$\left. \frac{H_0 + H_p}{H_0}, \frac{H_0}{H_p}, \frac{R}{H_p}, \frac{V}{\sqrt{g H_0}} \text{ etc.} \right)$$

- 4-1. 斜面堤(パラベットなし, $H_p=0$)の実験 この実験は海岸堤防の法面勾配 θ によって越波水量が如何に変化するかを調べることである。

実験において法面勾配は

$$\theta = \frac{\pi}{2} \text{ (鉛直壁)}, 63.26^\circ (1:0.5), 45^\circ (1:1), 33.41^\circ (1:1.5),$$

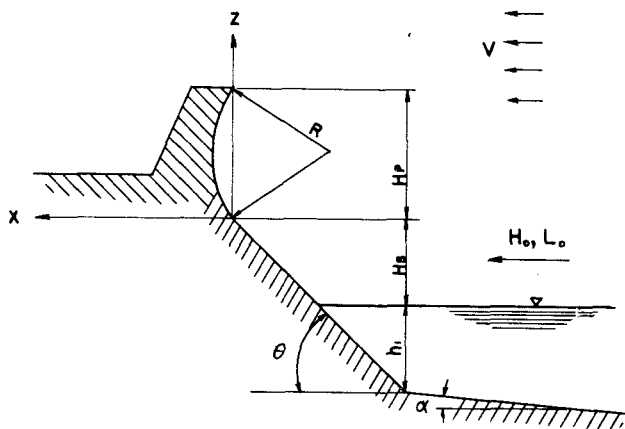


図-1 実験の対象とする海岸堤防の断面

および $26^{\circ}34'$ ($1:2$) の 5 種類について行った。

なお海底勾配は $1:10$ 、風速 $V_m = 4 \text{ m/sec}$ 、実験波の範囲は $H_0 = 8.0 \sim 16.0 \text{ cm}$ 、 $T = 1.5 \sim 2.4 \text{ sec}$ 、 $h_1 = 5 \sim 10 \text{ cm}$ である。

実験結果は図-2 に示す如くである。

図より法面角度 $\theta = 0.11\pi (=20^{\circ}) \sim 0.5\pi (=90^{\circ})$ の範囲では一般に、 θ が小さくなる程越波量が大きく、片対数紙上ほぼ直線的に増大する

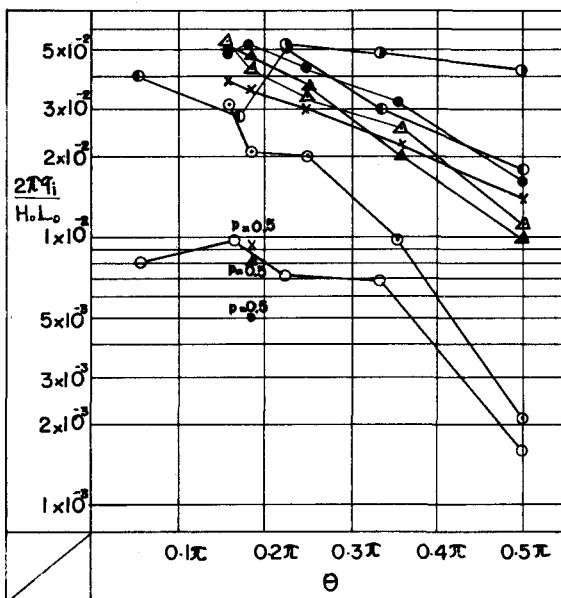
なお鉛直壁の越波量が最小であり、一般に堤防高さ (H_0) が大きい程斜面勾配 (θ) の影響が大きくなるようである。

このことは京都大学の実験においても同様な傾向を示している。

4.2 バラベツ付斜面堤 ($H_p + H_0$) の実験 斜面部 (H_0) 上部に直立壁のバラベツ (H_p) を付けた (実際の海岸堤防の基本的な形状) 実験を行った。

実験結果の一部は図-3 に示す如くである。図は鉛直壁 ($\theta = \frac{\pi}{2}$) の越波水量を 1 とした

場合の θ による影響を表したものである。図より越波水量は斜面部 (H_0) の法面勾配 (θ) に支配され、 $\theta = 0.11\pi (=20^{\circ}) \sim 0.5\pi (=90^{\circ})$ の範囲では一般に、 θ が小さくなる程越波水量



記号	H_0/H_0	H_0/L_0	h_1/L_0	$V/\sqrt{gH_0}$	
—●—	1.60	0.061	0.057	0	
—○—	1.18	0.051	0.011	4.79	
—●—	0.91	0.026	0.014	4.19	
—△—	0.71	0.033	0.016	3.92	
—▲—	0.67	0.041	0.043	3.79	
—×—	0.63	0.054	0.040	3.60	
—○—	0.55	0.031	0.0	0	京大の実験
—●—	0.30	0.031	0.0	0	京大の実験

図-2 斜面の法面角度の影響

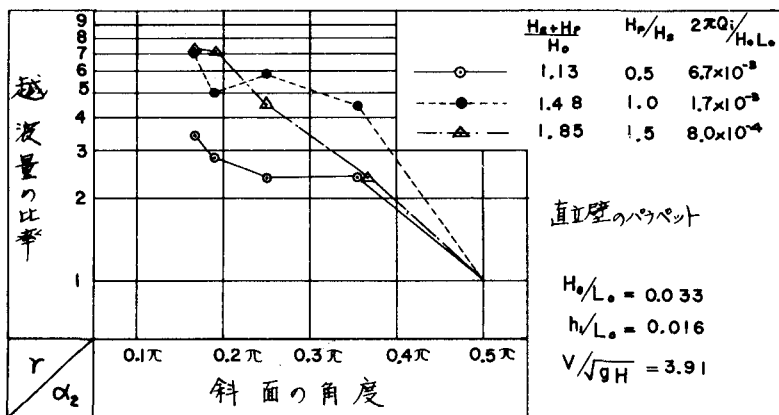


図-3 斜面堤に直立壁のバラベツを付けた場合

が大きい。

このことは J. A. Hunt が示した
壁面に沿う最大速度 $V_{max} = \frac{H\pi}{\sin\theta} \sqrt{gH}$
なる式からも認め
ることができ。

4.3. パラベット部 (H_p) 形状の比較実験

パラベットが直
立壁の場合と円弧
の曲面の場合とについて比
較実験を行い、結果の一部
が図-4 に示される。

$H_p/H_0 = 0.31 \sim 1.5$, $R/H_p = 1.0$
なる円弧の曲面と $H_p/H_0 = 0.31$
の直立面の越波を比較した
ものである。直立面のパラ
ベットの比へて越波量減少
効果は各々 10~20% 程
度で、これ以上曲率を小さ
くしてもそれ程大きな越波
の減少効果は期待出来ない。
従って実際の海岸堤防の波
返し効果は補助的な役割
と考えるのが妥当と思われ
る。

5. 透過斜面堤の越 波

5.1. 透過斜面堤層内の波の挙動
透過斜面堤の越波は3種
類に分れる。

(1) 波が斜面に衝突した際
生じる大小の氷塊が飛
び込む場合。

(2) (1)に付加して $R_u > H_r$

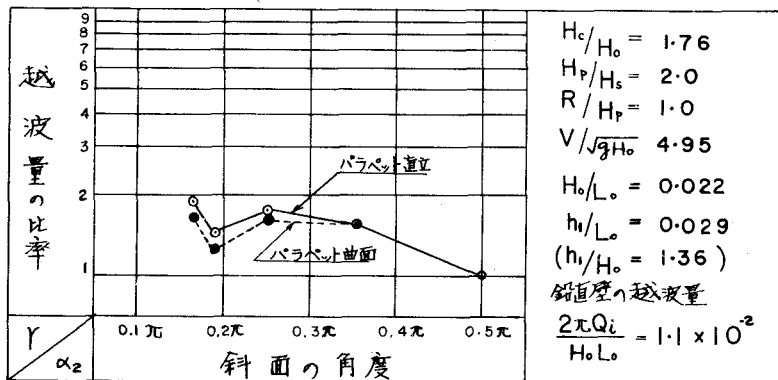


図-4 パラベットの形状の影響

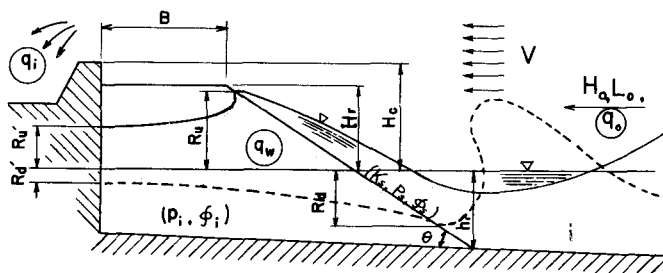


図-5 透過斜面堤の越波

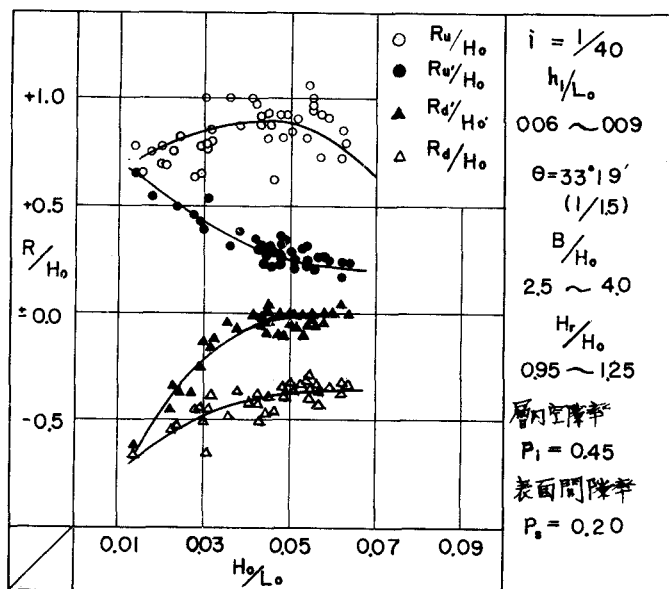


図-6 透過斜面堤法面および層内の波の挙動

の場合。

(3) (1)に付加して $H_r > R_u$ の場合。

いま(3)の場合について考える。

図-5は透過斜面堤層内の波の挙動を模式的に示したものである。斜面堤層内の水の動きを知る一つの指標として図-5における R_u と R_d および R_u と R_d を測定した。これらの測定値を沖波波高 H_o で割って無次元量 $\frac{R_u}{H_o}$, $\frac{R_d}{H_o}$, $\frac{R_u}{H_o}$ および $\frac{R_d}{H_o}$ を表し、波形勾配 H_b/L_o との関係を示す。図-6の如くである。

これより一周期下の間に斜面堤層内の水の流入流出量は H_b/L_o の小さい程大きいことがかる。これは消波堤の設計を考える場合、同一の沖波波高であっても H_b/L_o の小さいもの程大きな断面が必要になることがかる。換言すれば消波堤の必要な断面積は波が消波堤に衝突して下の間に層内の空隙が丁度流入水で全部充ちあふれるや否や引き波に移る状態の空隙量があれば良いことになる。従ってこのような考えから消波堤層内の空隙率および表面の間隙率が分れば消波堤の経済的な最小断面積(有効断面積)を決定することが出来る。

5.2. 斜面堤の空隙率と越波水量の関係 斜面堤の材料の空隙率による越波の変化を調べる。空隙率4%, 50%, 60%, 70%などの材料で比較実験した。

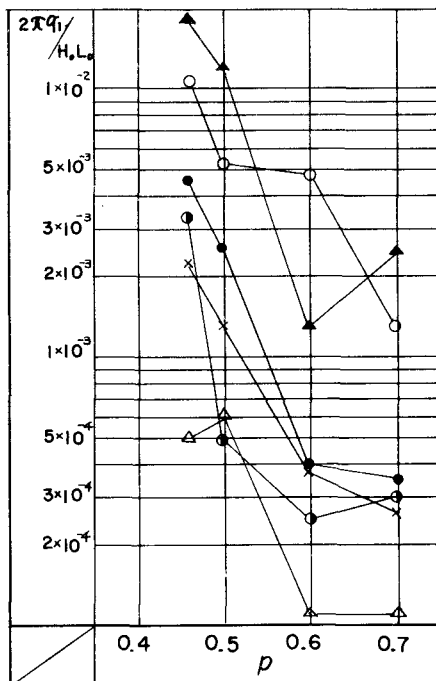
なお斜面堤断面の大きさ、法勾配、波の特性は同一である。結果は図-7に示される。図より実験値に乱れはあるが、一般に空隙率の大きい程越波量は減かしている。空隙率70%の場合には4%の場合に比べて $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{3}$ に減少するようである。すなわち空隙率の重要性を明らかにすることができた。

6. 結 語 以上の実験より次の事が明らかになった。

- (1) 下透過斜面堤の越波量は一般に勾配が緩い程多く、鉛直堤の場合が最少である。($\theta = 20^\circ \sim 90^\circ$)
斜面堤の上部に直立のパラベットを付けても同様のことがいえる。
- (2) 曲面のパラベットは直立面に比べて10~20%程度の越波量の減少しか期待できない。
- (3) 透過斜面堤の空隙率が大きい程越波量は少ない。(空隙率4%~70%の範囲において)
- (4) H_b/L_o が小さくなると透過斜面堤層内の水の動きが大きくなる。

〔付記〕本研究の実験は筆者が大阪市立大学大学院に在学中(昭35年~40年)永井莊七郎教授の御指導のもとに行ったものである。ここにあらためて永井教授に感謝の意を表す次第であります。

図-7 空隙率と越波量の関係



記号	H_b/H_o	H_r/H_o	H_o/L_o	H_b/L_o
○—○	0.80	0.63	0.018	0.033
△—△	0.80	0.80	0.030	0.036
○—○	0.94	0.94	0.025	0.033
△—△	1.20	1.20	0.034	0.027
×—×	1.33	1.33	0.028	0.025
○—○	1.44	1.44	0.022	0.013