

遊水部をもつ有孔壁防波堤に作用する砕波力 に関する実験的研究

井島 武士*・奥 蘭 英明**・牛 房 幸光***・米 村 幸久****

1. はしがき

著者らは遊水部をもつ直立消波防波堤および護岸について研究^{1)~8)}を行なってきたが、これは与えられた条件に対して、反射率を最小にする有孔壁の壁厚、空隙率および遊水部幅の最適値が存在することを示したものである。

しかし、実際この種の防波堤を施工する場合、砕波力に対する検討は不可欠であり、その波圧は従来の不透過防波堤とはかなり異なったものになることが予想される。また、この種の研究は永井ら⁹⁾、尾崎ら¹⁰⁾の研究がある程度でいまだ十分解明されたとは言えない。

そこで、ここでは有孔壁防波堤に砕波が作用する場合、有孔壁の壁厚と空隙率および遊水部幅が波力に及ぼす影響について実験的に研究を行なった。その結果、有孔壁防波堤は有孔壁と背後不透過壁とを一体の構造とすることによる、有孔壁と不透過壁における最大波圧の発生時刻の遅れによって、全堤体に作用する最大波力を不透過防波堤のそれよりも遙かに小さくすることが出来ることを見出した。これによって、防波堤断面をかなり縮小することが出来る。

2. 実験装置および方法

図-1 のような長さ 22 m、幅 80 cm、高さ 80 cm の 2 次元造波水路において、1/10 勾配の斜面上に 1:2.5 のマウンドを設け、水深 $h=58$ cm、マウンド上水深 $h'=16$ cm、マウンド前肩幅 $W=30$ cm として、 $\sigma^2 h/g=0.9$ 、

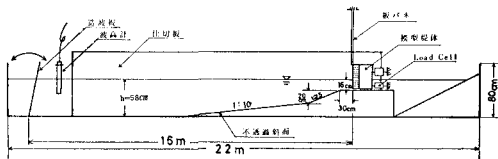


図-1 実験装置概略

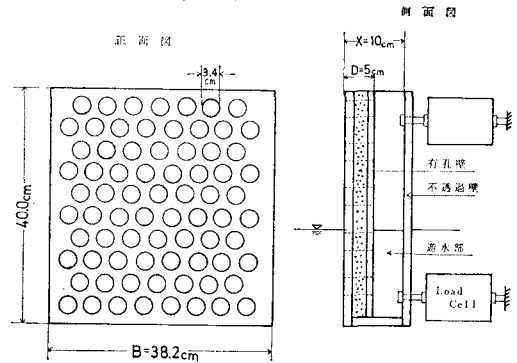


図-2 遊水部をもつ有孔壁防波堤模型

1.2, 1.5 (周期 $T=1.61, 1.40, 1.25$ 秒), 入射波高 $H_i=6.0\sim17.5$ cm の波について全波力を測定した。

模型は 図-2 のように高さ 40 cm、幅 $B=38.2$ cm とし、有孔壁は孔径 3.4 cm の穴を 75 個開けた発泡スチロール板を 2 板のベニヤ板で挟み、全厚を $D=2.5, 5.0, 7.5$ cm、空隙率を $V=0.215, 0.267, 0.361, 0.456$ とした。遊水部を含む全堤体幅は $X=10, 15, 20, 25$ cm とした。また、側壁には遊水部内が観察出来るようにアクリル板を用いた。

波力測定は堤体背後に新興通信 (K.K.) 製ロードセル (C3P1-20 kg) を 2 個取付け、静止状態から連続 15 個の波を作用させ、造波板の反射の影響を受けない安定した 1 つの波の圧力を測定することとして、これを 5 回行って、その内の最大と最小を除いて 3 個を平均した。

3. 実験結果と考察

a) 有孔壁の壁厚と空隙率および全堤体幅の波力に対する影響

図-3 は遊水部をもつ有孔壁防波堤に砕波が作用したときの全波力の測定例である。 $\sigma^2 h/g=1.2$, $X/h'=0.625$ ($X=10$ cm), $D/h'=0.313$ ($D=5$ cm), $H_i/h'=1.09$ ($H_i=17.5$ cm) で V を 0.215, 0.267, 0.361, 0.456 とした場合で、いずれも 2 つの極大値が現われる。このうち最初に現われる鋭く尖ったものは衝撃力が有孔壁に作用した場合の波力で、次に現われるピークは有孔壁を通った

* 正会員 工博 九州大学教授 工学部水工土木学教室
 ** 正会員 九州大学助手 工学部水工土木学教室
 *** 九州大学文部技官 工学部水工土木学教室
 **** 九州大学工学部研究生 (現: 飯田建設KK)

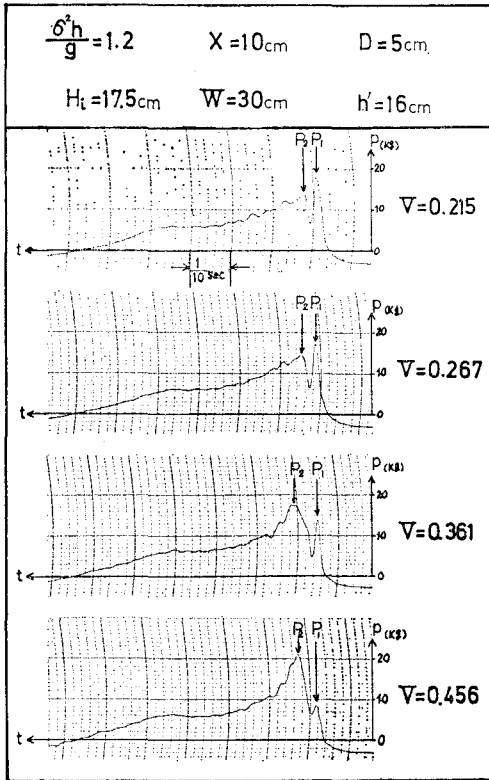


図-3 有孔壁防波堤に作用する波力の測定波形例

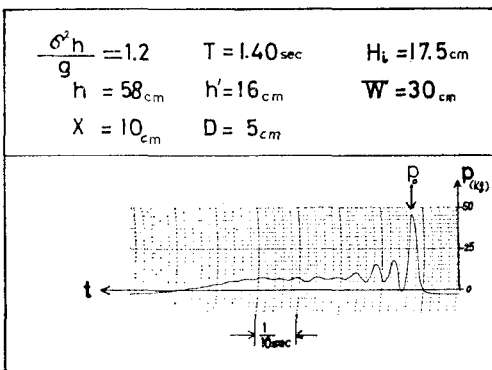


図-4 不透壁防波堤に作用する波力の測定波形例

水塊が背後の不透壁に作用した場合の波力である。前者を P_1 、後者を P_2 とすると V が小さく 0.215, 0.267 のときは $P_1 > P_2$ であるが, V が大きく 0.361, 0.456 のときは $P_1 < P_2$ となり, 0.267 と 0.361 の間に $P_1 = P_2$ となる最適空隙率 V^* が存在することが分る。

図-4 は同じ条件に対して, 有孔壁の代わりに不透壁を置いた場合の波力を示している。これと 図-3 を比べると分るように有孔壁防波堤では有孔壁によって波力の極大値は 2 つに分けられ, 有孔壁防波堤において $P_1 = P_2$ となるように波力を二分すれば, 防波堤に作用する

波力是不透過防波堤のそれに比べて著しく小さくなることが分る。

図-5, 6, 7 は $\sigma^2 h/g = 1.2$, $H_i/h' = 1.09$ ($H_i = 17.5 \text{ cm}$), $W/h' = 1.875$ ($W = 30 \text{ cm}$) と一定で D/h' がそれぞれ 0.156, 0.313, 0.469 ($D = 2.5, 5.0, 7.5 \text{ cm}$) のとき全堤体幅 X を変えた場合の測定値である。いずれの D , V においても $X/h' > 0.5$ では $P_1/wh'H_i$ はほぼ一定値となり, $P_2/wh'H_i$ は X/h' が大きくなるに従って小さくなる傾向にあり, それぞれ X/h' の特定の値において $P_1/wh'H_i = P_2/wh'H_i$ となることが分る。

一方, V の変化の影響をみると, 図-5 の $D = 2.5 \text{ cm}$ では $V = 0.267$ で $X/h' = 1.25$ 付近で $P_1/wh'H_i = P_2/wh'H_i = 1.2$ となるのに対して, $V = 0.215, 0.361$ では $X/h' > 0.5$ の範囲でそれぞれ $P_1/wh'H_i$, $P_2/wh'H_i$ の方が常に大きい。図-6 の $D = 5.0 \text{ cm}$ では, $V = 0.361$ のときのみ $X/h' = 1.4$ 付近で $P_1/wh'H_i$, $P_2/wh'H_i$ の曲線は交点を持ち, その値は 1.0 程度である。さらに, 図-7 の $D = 7.5 \text{ cm}$ では $V = 0.361$ のときの両者の交点は X/h' の大きい方へ移る。

すなわち, ある X および D に対して, $P_1/wh'H_i = P_2/wh'H_i$ となる最適空隙率 V^* が存在し, その値は X が

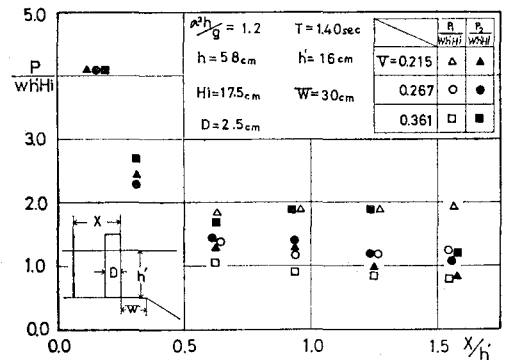


図-5 有孔壁防波堤に作用する波力 (遊水部幅を変化した場合)

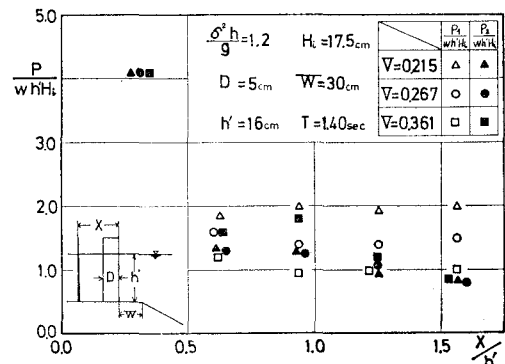


図-6 有孔壁防波堤に作用する波力 (遊水部幅を変化した場合)

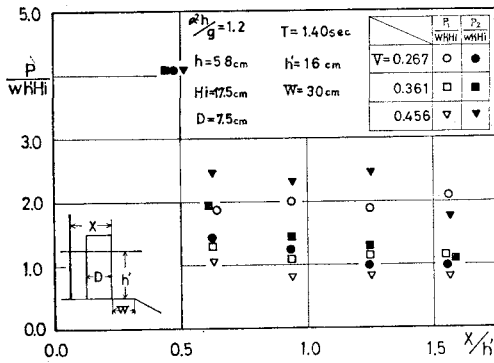


図-7 有孔壁防波堤に作用する波力
(遊水部幅を変化した場合)

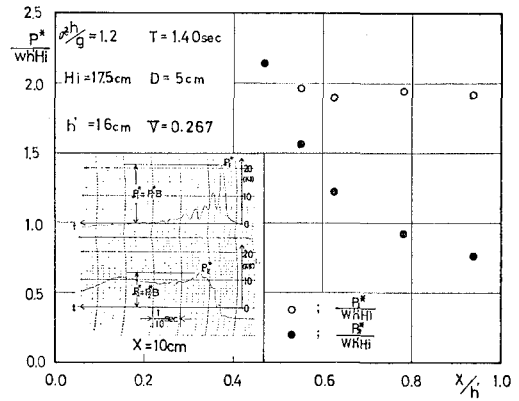


図-9 有孔壁と不透過壁に作用する波力を
個々に測定した場合

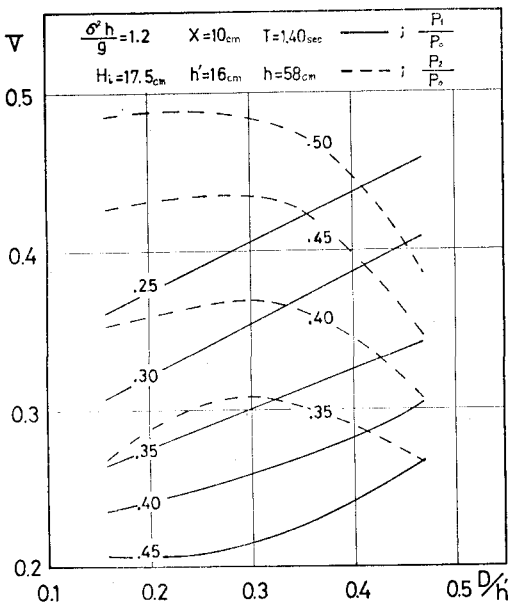


図-8 有孔壁防波堤に作用する波力
(不透過防波堤との比較)

大きく、また、 D が厚くなるに従って大きくなる傾向にある。また、有孔壁防波堤に作用する波力は X を大きくし、 V を最適空隙率にすればさらに小さくなることが分る。

図-8は $\sigma^2 h/g=1.2$ 、 $X/h'=0.625$ ($X=10$ cm)で縦軸に V 、横軸に D/h' をとり、有孔壁防波堤の波力を不透過防波堤の波力 P_0 で除した P_1/P_0 、 P_2/P_0 を示している。 $D/h'<0.3$ の範囲で P_1/P_0 は V が小さく D/h' が大きいほど大きく、 P_2/P_0 は V が大きく D/h' が小さいほど大きい。また、 $D/h'=0.156$ 、 $V=0.27$ で両者は等しく 0.35 、 $D/h'=0.313$ 、 $V=0.31$ で 0.35 となり、 D が厚いほど最適空隙率は大きくなる傾向にある。すなわち、上述の条件のもとでは有孔壁防波堤に作用する波力は不透過防波堤に対する値の35%になることが分る。

図-9は、図-6の $V=0.267$ と全く同一条件で、有孔壁と不透過壁を分離して、個々に波力を測定したものでそれぞれの値を $P_1^*/wh'H_i$ 、 $P_2^*/wh'H_i$ で示す。 $P_1^*/wh'H_i$ は X/h' に関係なく一定値1.9程度を示し、 $P_2^*/wh'H_i$ は X/h' が大きくなるに従って急激に小さくなり図-6の $P_1/wh'H_i$ 、 $P_2/wh'H_i$ とはかなり異なっている。この相異は図中の波形例に示すように P_1^* が作用する瞬間には不透過壁には冲向きの力が作用しており、 P_2^* が作用する瞬間には有孔壁にはまだ岸向きの力が作用している為と考えられる。

この様に有孔壁防波堤は、有孔壁と不透過壁を一体とした場合とそうでない場合とで波力の現われ方が異なることは注意を要する。

b) 入射波高による波力の変化

図-10は $X=10$ cm、 $D=5$ cm、 $V=0.267$ で入射波高 H_i を変えたときの波力を広井式の値 $P_H=1.5wH_i(h'+1.25H_i)$ (越波なしの場合)との比で示している。 $\sigma^2 h/g$ が0.9、1.2、1.5のいずれの場合にも、不透過防波堤の波力比 P_0/P_H は $H_i/h'=0.5$ で0.4程度を示した後急激に上昇し、 $H_i/h'=0.8$ で1.0、 $H_i/h'=1.0$ で1.3程度のピークを持ちその後低下する傾向にある。

一方、有孔壁防波堤の P_1/P_H 、 P_2/P_H は $H_i/h'=0.9\sim 1.0$ で最大値を持つが、すべて0.55以下となり、 H_i/h' に対する変化は緩やかで、波高の変化に対して安定であることが分る。

次に P_1/P_H と P_2/P_H を比較するといずれの周期においても $H_i/h'=0.8$ 付近で両者は等しくなり、それより小さい値では $P_1/P_H < P_2/P_H$ 、大きい値では $P_1/P_H > P_2/P_H$ となっている。

すなわち $H_i/h'=0.8$ に対しては $V=0.267$ が最適空隙率 V^* であり、この V^* は H_i/h' が大きくなるに従って大きくなる傾向にある。以上のことをさらに詳細に示すと図-11のようである。

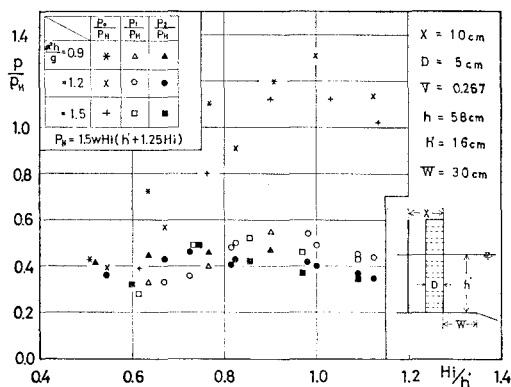


図-10 有孔壁防波堤に作用する波力
(広井式との比較)

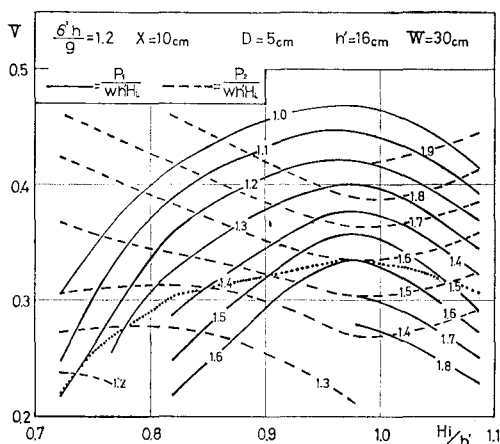


図-11 有孔壁防波堤に作用する波力
(空隙率と入射波高を変化した場合)

図-11 は $\sigma^2 h/g = 1.2$, $X/h' = 0.625$ ($X = 10$ cm), $D/h' = 0.313$ ($D = 5$ cm) の条件で縦軸に V , 横軸に H_i/h' を取って $P_1/wh'H_i$, $P_2/wh'H_i$ を示したものである。

H_i/h' が 1.0 付近までは $P_1/wh'H_i$ は V が小さく, H_i/h' が大きいほど大きくなり, $P_2/wh'H_i$ は V が大きく, H_i/h' が大きいほど大きくなる。そこで両者の等しくなる点を結ぶと, これが最適空隙率 V^* を示す線 (図中の点線) となり, $H_i/h' = 0.72, 0.82, 0.98$ と大きくなるに従って V^* はそれぞれ 0.22, 0.30, 0.33 と大きくなる傾向にあり, その後 $H_i/h' = 1.09$ で $V^* = 0.31$ と僅かに小さくなる。

このことは重複波から砕波, さらに砕波後の波が作用

する場合を考えると, 衝撃的な波が作用するときほど有孔壁の空隙率は大きくする必要があることを示している。

4. むすび

遊水部をもつ有孔壁防波堤に砕波力が作用する場合, 有孔壁の壁厚と空隙率, および全堤体幅を適当に選ぶことによって全波力是有孔壁に対するものと不透過壁に対するものと二分することが出来る。そして, 不透過防波堤に比較して波力を著しく低減させることが出来る。

今回は, おもに $X/h' = 0.625$, $D/h' = 0.313$ の場合について検討したが, 有孔壁厚および全堤体幅はさらに狭くても波力を十分低減出来る可能性があり, 今後詳細な実験研究を行なう予定である。

参考文献

- 1) 井島武士・奥蘭英明・湯村やす・坂井久雄: 遊水部をもつ直立消波防波堤と護岸, 第19回海講論文集, pp. 185~192, 1972.
- 2) 井島武士・奥蘭英明・坂井久雄: 2層透過性または遊水部をもつ直立消波護岸の理論と実験, 第20回海講論文集, pp. 71~77, 1973.
- 3) 井島武士・奥蘭英明: 透過壁体の流体抵抗と直立消波防波堤への適用, 第22回海講論文集, pp. 507~511, 1975.
- 4) 井島武士・奥蘭英明・湯村やす・牛房幸光: 直立消波護岸における透過壁と遊水部の機能, 第23回海講論文集, pp. 85~88, 1976.
- 5) Ijima, T., E. Tanaka and H. Okuzono: Permeable seawall with reservoir and the use of "WAROCK" Proc. 15th Conf. on Coastal Eng., July, 1976, Hawaii, pp. 2633~2635.
- 6) 井島武士・奥蘭英明: 遊水部をもつ護岸における透過壁の厚さと空隙率について, 九大工学集報, 第50巻, 第4号, pp. 397~401, 1977.
- 7) 井島武士・奥蘭英明・牛房幸光: 直立消波護岸の構造と周波数特性について, 第24回海講論文集, pp. 255~259, 1977.
- 8) 井島武士・奥蘭英明・牛房幸光: 遊水部をもつ護岸に作用する斜め入射波の反射率について, 九大工学集報, 第51巻, 第3号, pp. 235~240, 1978.
- 9) 永井莊七郎・角野昇八: スリット型防波堤に関する研究, 第23回海講論文集, pp. 100~105, 1976.
- 10) 尾崎 晃・鴻上雄三・永田 慧・菊谷広見・松崎勝夫: 直立式消波堤の開発と水理特性, 第24回海講論文集, pp. 250~254, 1977.