

捨石被覆緩斜面における波の打ち上げ高と安定重量

四電技術コンサルタント〇正 員 杉原智己

多度津工業高等学校 正 員 琢磨雅人

徳島大学工学部 正 員 中野 晋

徳島大学工学部 正 員 三井 宏

1. はじめに わが国の海岸では、緩傾斜護岸や人工リーフが増える傾向にある。この工法において重要となるのは、被覆材の波に対する安定性であり、それらで被覆したあとの波の打ち上げ高、および反射率などの水理特性変化である。本研究では模型実験を行い、これらの水理特性および捨石被覆材の波力に対する安定性を明らかにしようとしたものである。

2. 実験装置および実験方法 実験に用いた水槽は、長さ 27m、幅 1.0m、高さ 0.9m であり、水路端には規則波造波装置を設置し、他端には模型海浜を設置した。模型海浜には、中央粒径 D_{n50} が 2.75cm の砕石を 3 層乱積みで被覆し、砕石が波力で移動または転動するのを判定するために、砕石表面を 10cm 間隔で帯状に色分けした。なお、斜面勾配は 1:10, 1:7, 1:5 の 3 種類である。

上述の模型海浜に波を入射させ、波高および周期を A/D 変換装置で記録した。なお、砕波点位置、突っ込み点位置、砕波の波高および波峯高、打ち上げ高をスチール・メジャーにより測定し、作用波数約 1000 で実験終了とした。

3. 実験結果と考察 図-1 は相対打ち上げ高と波形勾配との関係を示す実験結果である。消波効果を比較するため、並行して行った滑面および有孔ブロックの実験結果も示してある。図中の実線と破線は、それぞれ Saville¹⁾ の滑面および消波工の実験結果のうち、斜面勾配 1:5 に対するものである。この図によれば、砕石被覆の斜面勾配への打ち上げ高は Saville の消波工への打ち上げ高と一致し、それより緩勾配の 1:10 および 1:7 の砕石斜面では、さらに打ち上げ高が小さくなるのがわかる。滑面の場合も Saville の実験結果と一致し、有孔ブロック被覆ではこれよりやや小さい実験結果となっている。

図-2 は相対打ち上げ高 R/H_0 と surf similarity parameter $\xi (= \tan \theta / (H_0/L_0)^{1/2})$ の関係を示す。この結果によれば、 ξ が大きいほど R/H_0 は大きくなるのがわかる。また、 ξ が大きくなると砕石被覆と滑面、ブロック被覆との差は大きくなっている。この原因は、斜面上で共振状態が発生するといわれている $\xi = 2 \sim 3$ に近づくと、流体運動が激しくなり、表面が粗い透過性被覆ではエネルギー損失が大きくなるためと考えられる。砕石の場合を詳細にみると、パラメタにといった斜面勾配により R/H_0 の値は異なっており、斜面勾配が大きいほど R/H_0 は小さくなる傾向を示している。

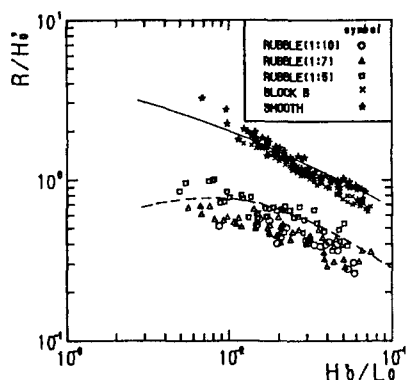


図-1 相対打ち上げ高と波形勾配の関係

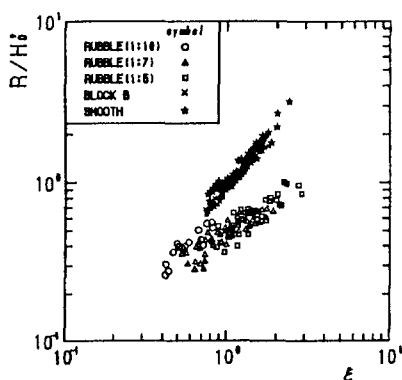


図-2 相対打ち上げ高と ξ の関係

波力に対する安定性に関する実験においては、被害基準としてそれぞれ次式(1)および(2)に示す被害率 $D(\%)$ と被害パラメタ S' の二つを用いた。

$$D(\%) = n/N \times 100 \quad (1)$$

$$S' = n' d/B \quad (2)$$

ここに、 n は静水面上0.5H₀から静水面下1.5H₀までの範囲内の被害個数、 N はその範囲での被覆個数である。また、 n' は被害総個数、 d は碎石の代表粒径、 B は水路幅であるので、 S' は海浜単位幅当りの被害個数に代表粒径を掛けた値とする。

実験中に観察した結果では、碎石の移動が発生する被害地点は斜面勾配に関係なく、ほとんどが碎波点以浅であり、突っ込み点周辺に多いことがわかった。また、詳細に見るとの大きさにより被害地点が異なるのがわかった。碎石の移動方向は、斜面勾配1:10, 1:7ではほとんどが岸向きであったが1:5の場合には沖向きに移動する碎石個数と岸向きに移動する個数が同数ぐらいであった。このことから1:5が岸向き、沖向き移動の遷移勾配になると思われる。surf similarity parameter で表現すると、 $\xi \approx 1.5$ が遷移値でこれより小さいと岸向き、大きいと沖向き移動になる。

図-3は被害パラメタ S' をパラメタとして次式に示す安定数 N_s とsurf similarity parameter ξ の関係を示す実験結果

$$N_s = \frac{\gamma_r^{1/3} H_0}{(\gamma_r/\gamma_w - 1) W^{1/3}} = (K_D \cot \theta)^{1/3} \quad (3)$$

である。図中の破線はvan del Meer²⁾が行った斜面勾配 1:6, 1:4, 1:3 の捨石被覆材の安定実験の結果である。被害パラメタの定義が異なるので直接比較はできないが、実験値 N_s は ξ が大きくなるにつれてvan del Meerの実験結果と同様な傾向で減少するのが認められる。なお、図中の実線は $S' = 0.3 \sim 0.5$ の範囲の移動限界を示す実験曲線である。

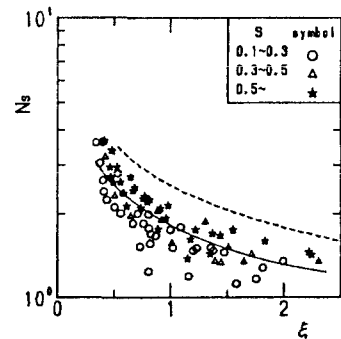


図-3 $N_s - \xi$ の関係

次に、碎石が抵抗に打ち勝って抜け出すときの仕事率と碎石1個幅当りの波のエネルギー伝達率の比をとって求めた次式に示す無次元量 P により実験結果を整理すると、図-4のようになる。

$$P = \frac{(W/\gamma_r)^{5/3} S_r (S_r - 1)}{H_0^{4/3} L_0} \quad (4)$$

ここに、 W は碎石の重量、 γ_r および S_r はそれぞれ碎石の単位重量および比重である。図中の曲線は2種類のマークの境界を示したもので図-3よりも被害パラメタが明確に分離されている。

4. おわりに 緩傾斜護岸への波の打ち上げ高はブロック被覆の場合、滑面より若干小さくなり、碎石被覆の場合、ブロック被覆に比べて大幅に小さくなった。また、斜面上で共振現象が発生するといわれる $\xi = 2 \sim 3$ に近づくと、流体運動が激しくなって、エネルギー損失が大きくなるため、相対打ち上げ高は ξ が大きくなるほど滑面、ブロック被覆と碎石被覆との差が大きくなる。また、換算沖波波高を用いた安定数、および捨石1個幅当りの波のエネルギー伝達率による無次元量と ξ の相関を検討した結果、いずれも明確な相関関係があることが判明した。

参考文献

- 1) Saville, T. Jr. (1956): Proc. 6th conf. on wave run-up onshore structures, Proc. ASCE, 82.
- 2) J. W. van der Meer (1987): Coastal Engineering, 11, pp. 219-239

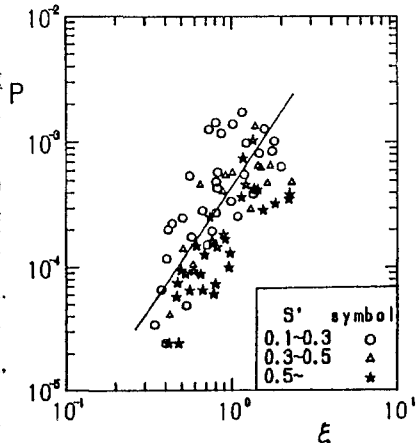


図-4 $P - \xi$ の関係