

消波ブロック積み傾斜堤の安定性に関する水理模型実験

Hydraulic model tests on armor stability for rubble mound breakwater

室蘭工業大学 大学院

○学生員 田谷 年樹 (Toshiki Taya)

室蘭工業大学 建設システム工学科

正員 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura)

1. はじめに

消波ブロック積み傾斜堤は浅海域における海岸・港湾施設の代表的な構造物のひとつである。その設計においては消波ブロックの耐波安定性を確保することが重要である。一般に消波ブロックの必要重量はハドソン式で求められるが、消波ブロック積み傾斜堤では支えのない岸側法肩のブロックが不安定になりやすく、実際に被災事例も報告されている。実設計においてはブロック重量の割増が行われることが多いが、その根拠は明らかではない。

本研究では、水理模型実験により、消波ブロック積み傾斜堤のブロックの安定性に及ぼす天端高さの影響を明らかにするとともに、安定限界を上回る波浪による被害の進行について検討する。

2. 実験方法

(1) 実験水路および模型

本実験では、長さ 24m、幅 0.6m、高さ 1.0m の 2 次元造波水路を使用した。この水路に海底勾配 1/30 の水路床を設置し、水深 h が 16.7cm の地点に消波ブロック(テトラポッド)を全断面乱積みにより図-1 に示す堤体を形成した。ブロックの重量は 120, 184, 368gf の 3 種類とした。天端はブロック 3 個並びとし、それぞれのブロックに対する天端幅 B は 15.7, 18.3, 23.0cm となる。法面勾配は沖側、岸側ともに 1:4/3 とした。また、天端高 h_c は -4.9~9.9cm に変化した。実験は、ブレードシュナイダー光型周波数スペクトルを有する不規則波を用い、堤体設置位置中央の波高 $H_{1/3}$ は 7.5~13.3cm で変化させ、周期 $T_{1/3}$ は 2.12s で一定とした。

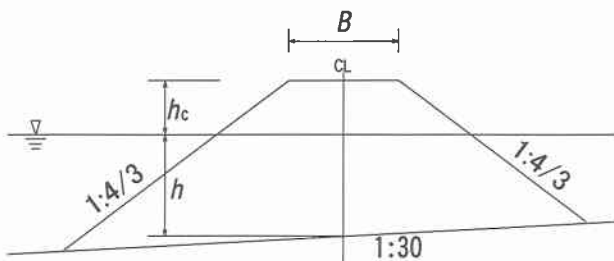


図-1 堤体断面図

(2) ブロックの安定性評価方法

実験では一波群 500 波を作用させブロックの移動状況を観察した。ここでは、ブロック全高の 1/2 以上移動した場合を「被害」と定義する。観察後、ブロックの積み替えは行わず次の波群を作用させブロックの被害を累積した。

ブロックの被害の程度は van der Meer(1988)による被災度 N_0 で表した。ここで、被災度 N_0 は図-2 に示すようにブロックの代表径(体積の 3 乗根)の幅に対する平均的なブロックの移動個数で定義する。例えば同図に示す場合には、被災度は 1.0 となる。

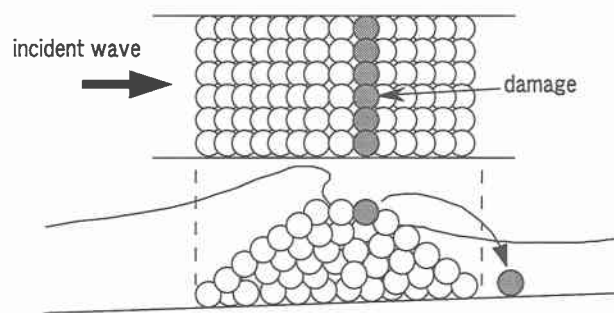


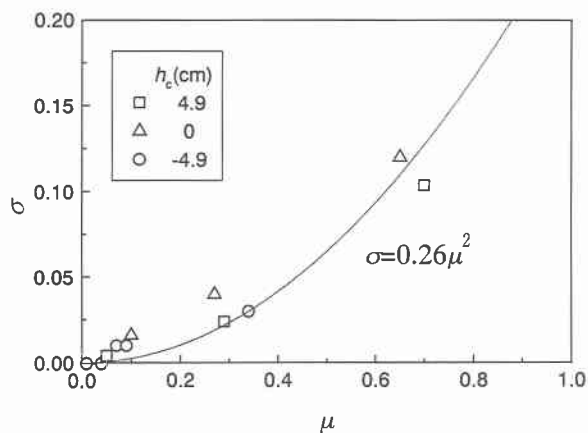
図-2 被災度の定義

3. 実験結果および考察

(1) 被害の変動性

消波ブロック被覆堤の被害の変動性は谷本ら(1985)により明らかにされているが、消波ブロック積み傾斜堤の場合、岸側の支えがないなどの構造条件の違いから別途検討が必要であると考えられる。図-3 は前述の実験方法により行った 20 回の繰り返し実験の結果を示している。ブロックは 120gf を使用した。横軸は各波群における 20 回の平均被災度 μ 、縦軸は分散 σ を示している。被害の変動は μ が増加するにつれて大きくなり、 μ が 1.0 以下の条件では、天端高に関係なく σ は以下のように近似できる。

$$\sigma = 0.26\mu^2 \quad (\mu < 1) \quad (1)$$

図-3 μ と σ の関係

(2) 天端高を考慮した安定数

図-4 は 120gf のブロックを用いて h_c を変化させた場合の $H_{1/3}$ と N_0 の関係を示している。 $h_c = -4.9\text{cm}$ のときに N_0 が最も小さく、 $h_c = 4.9\text{cm}$ のときに最も大きくなる。 $h_c = 0\text{cm}$ および 9.9cm のときはこれらの中間的な傾向となる。

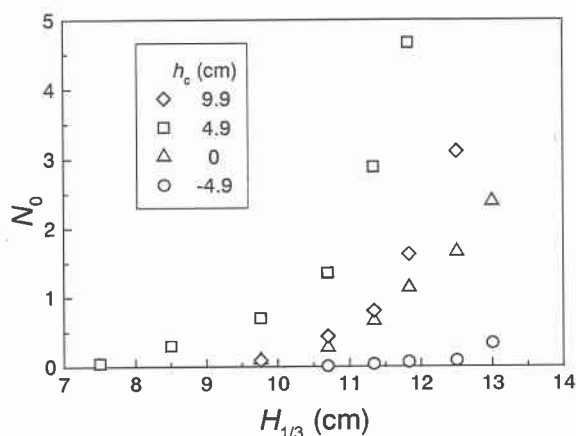


図-4 $H_{1/3}$ と N_0 の関係

安定数 N_s を用いたハドソン式により、消波ブロックの必要重量 W は次式で表される。

$$W = \frac{\gamma_r H_{1/3}^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (2)$$

ここに、 γ_r : コンクリートの単位体積重量、 S_r : コンクリートの海水に対する比重、 $H_{1/3}$: 設計波高 (有義波高) である。

図-5 は安定実験の結果を $N_0 = 0.3 \sim 2.0$ の条件に着目して N_s を式(2)から逆算して整理したものである。横軸は相対天端高 $h_c/H_{1/3}$ 、縦軸は N_s を $K_D = 8.3$ として求められる標準的な安定数 $N_{s0} = 2.23$ で除した。 N_0 が 0.3 のとき、 $h_c/H_{1/3}$ がおよそ $0.0 \sim 0.9$ の範囲において N_0/N_{s0} が 1.0 以下となり重量不足となる。

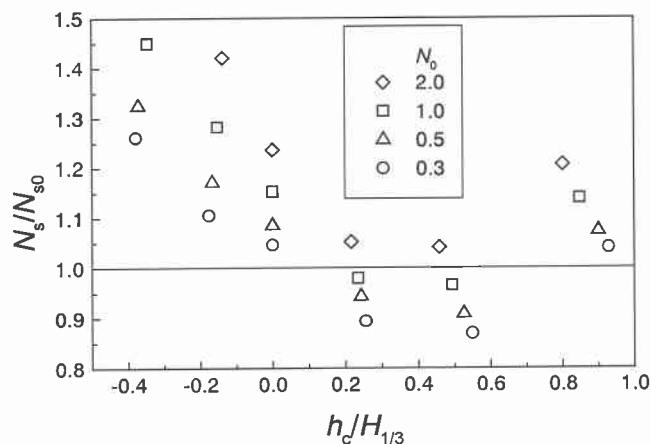


図-5 $h_c/H_{1/3}$ と N_0/N_{s0} の関係

(3) 作用波数と被災度の関係

図-6 は作用波数 N_w を 3000 波まで連続して作用させたときの被害の進行程度を示している。縦軸は被災度 N_0 を 500 波目の被災度 (N_0)₅₀₀ で除している。図中の W_{exp} は実験

に用いたブロック重量で、 W_{cal} は式(2)および図-5 の $N_0 = 0.3$ の条件から求められるブロック重量である。被災度の増分は作用波数が大きくなるにつれて緩やかになり、また、 W_{exp}/W_{cal} が小さい (重量の不足が大きい) ほど大きくなる。

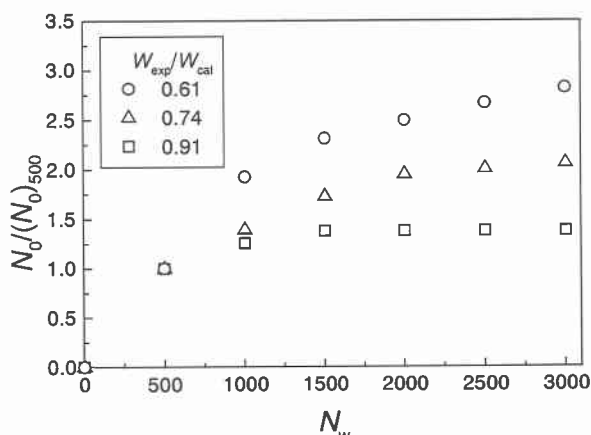


図-6 N_w と $N_0/(N_0)_{500}$ の関係

以上の結果から、 $N_0/(N_0)_{500}$ と N_w の関係を以下のように定式化した。

$$N_0 / N_{0(500)} = \alpha \sqrt{N_w - 500} + 1 \quad (3)$$

$$N_{0(500)} = 18(1 - W_{exp}/W_{cal})^2 \quad (4)$$

$$\alpha = 0.132(1 - W_{exp}/W_{cal}) \quad (5)$$

ここに、 α は被害の進行程度を表すパラメータであり、 W_{exp}/W_{cal} のみの関数となる。式(3)は、 N_0 が N_w の 0.5 乗に比例する (van der Meer, 1988) ことに基づくものであり、累積被災度の算定式として用いられる。ただし、これらの式の適用範囲は $0.6 < W_{exp}/W_{cal} < 1$ とする。

4. まとめ

消波ブロック積み傾斜堤の安定性について安定実験を行い、以下の検討を行った。

- (1) 被災度が 1.0 以下の条件に対してその変動性を明らかにした。
- (2) 天端高の影響を考慮した安定数の変化特性を示した。
- (3) 作用波数をパラメータとして被災度の増加特性を定式化した。

今後は本研究で得られた被災度算定法を用いて、来襲波の遭遇確率を考慮した耐用期間中の累積被災度の計算を行う予定である。

参考文献

- van der Meer, J. W. : Stability of Cubes, Tetrapods and Accropode, Proc. Conf. Breakwaters'88, 1988, pp.71~80.
- 谷本勝利・原中祐人・山崎一雄 : 不規則波に対する消波ブロック被害率の変動性, 海岸工学講演会論文集, 第 32 巻, 1985, pp.480~484.