

II-173

単層整積み被覆ブロック堤の反射特性とブロックの水理的安定性

中央大学理工学部 学生員○崎田 貴徳

正会員 服部昌太郎

東亜建設工業(株) 正会員 矢内 英二

東亜土木(株) 正会員 笠原 康祐

1. はじめに

捨石マウンド構造物の基本的なブロック被覆工法として、これまで二層乱積み形式が採用されてきた。しかし、構造物の合理的設計、工費節減などの要請が高まるにつれて、捨石マウンド構造物の被覆工として、単層整積み被覆工に対する関心が増大している。単層整積み被覆ブロックには、十分な部材強度だけでなく入射波浪に対するより高い水理的安定性が求められる。高安定度の被覆ブロックには、ブロック相互の良好な噛み合わせと、入射波エネルギーを効率よく逸散するために被覆層は空隙率が大きく、表面は粗面として機能する特性が必要である。さらに単層被覆工では、被覆層崩壊が直ちに捨石マウンド崩壊をもたらすことから、入射波によるブロックの移動はもちろんのこと、ロッキングも発生しない、厳しい条件が要求される。以上のことから、単層整積み被覆ブロック堤の反射特性とブロックの安定性を、模型実験により検討した。

2. 実験装置と計測方法

実験は、図-1に示す長さ23m、幅0.80m、高さ0.70mの片面ガラス張り二次元波動水槽を使用して、直立護岸非越波の条件で行った。水槽の一端にはフラップ式造波装置が備えられ、造波板から16.0m地点に平均粒径40mmの砕石を用いて勾配3/4の捨石マウンド(空隙率40%)を形成し、図-2に示す模型ブロック(単位体積重量 $w_s=1.4 \text{ gr/cm}^3$)で単層整積みで被覆(空隙率: 53%と49%)した。なお、本実験はマウンド法面崩壊を対象とすることから、法先ブロックは固定した。

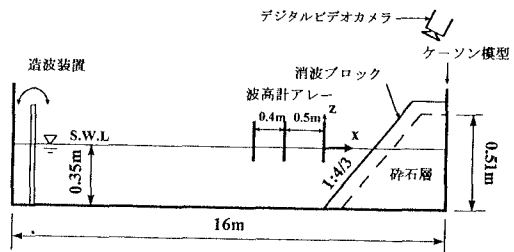


図-1 実験装置の全体的配置

実験は規則波(周期 $T=0.8\text{s}$, 1.0s , 1.3s 、波高 $H=0.05\sim0.11 \text{ m}$)を使用し、被覆マウンド法先端の一樣水深部($h_i=0.35\text{m}$)に設置した三本の分圧式波高計アレーの水面変動記録から、水口の方法(1990)によって入・反射波の分離を行った。

被覆ブロックの動揺と滑落、マウンド崩壊の過程を、目視と同時に水槽側面とマウンド斜面上方とからビデオで撮影記録した。水槽側面ビデオ撮影は、側壁ガラス面に間隔2cmの正方格子を据え付け、被覆ブロックの移動とマウンド上の水面変動とを30コマ/秒で記録した。また、マウンド斜め上方からの撮影は、迎上波の打ち下げ時ごとに露出する被覆ブロック層を記録し、画像間の比較からブロック移動の発生位置と移動経路、およびマウンドの崩壊状況の確認に使用する。

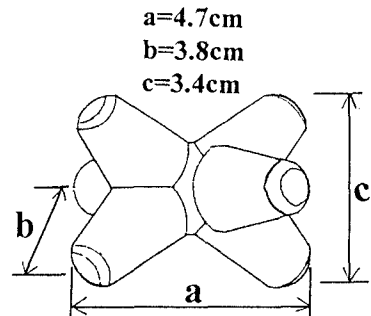


図-2 被覆ブロックの形状と寸法

3. 単層整積みブロック被覆マウンドの反射率

マウンド被覆ブロックに要求される特性の一つとして、被覆層の空隙と表面粗度とで入射波エネルギーを効果的に減勢することである。図-3に被覆マウンドの反射率 K_R を入射波波形勾配 H/L_0 との関係を示す。砕石マウンドの反射率は $K_R=0.35\sim0.4$ であることから、被覆ブロック層の消波効果は多層乱積み被覆に比べて低下する。被害率10%以上の被覆層崩壊時(図中の×印)には、静水汀線付近のマウンド形状がバーム状となり、反射率が低減する。

反射率 K_R と offshore パラメータ $\xi (= \tan \beta / \sqrt{H/L_0})$ との関係、図-4 に示す。平滑不透過斜面 ($K_R = 0.1 \xi^2$: Battjes, 1974)、二層積みテトラポッド被覆マウンド ($K_R \leq 0.04 \xi^2$: 伊藤ら, 1994)、およびドロス被覆マウンド ($K_R = 0.025 \xi^2$: Per Bruun, 1985) に対する、 K_R と ξ との関係とそれぞれの実験値の分布範囲が示されている。入射波の碎波形式が巻き寄せ波となる $2.0 > \xi > 3.0$ の領域から、いずれの場合も反射率は $K_R \sim \xi^2$ より下回っている。単層積み被覆の本実験と比較して、多層積み被覆マウンドの反射率は全般的に低減していることから、入射波エネルギー減殺に被覆ブロック層厚が有効に機能することが明らかとなった。

4. 単層被覆ブロックの安定性

表-1 は安定実験結果(空隙率: 0.49 と 0.53)で、ブロック安定数 $N_s [= H/C^{1/3} D(s-1) = (K_D / \tan \beta)^{1/3} D]$: ブロックの代表長さ, C : 体積係数, s : 比重, $\tan \beta$: 法面勾配] と Hudson 式の安定係数 K_D を、入射波高 H と ξ との関係で示す。整積み効果によりブロックの限界安定数 N_{sc} は、多層乱積みの場合 ($N_{sc} = 2 \sim 3$, Per Bruun, 1985) に比べて大幅に増大し、また入射波周期の増大と共に N_{sc} は低下する。ビデオ記録より、被覆ブロックの動揺または移動は、静水位より若干下方部の法面で、down-rush 流速が最大となる時点で発生することが確認された。このような被覆ブロックの不安定挙動は、捨石マウンド上の碎波モードが砕け寄せ波 ($2.3 > \xi > 3.5$) の場合に指摘されているが (Per Bruun, 1985)、ブロック移動は down-rush 流速と捨石コア浸透水の自由流出流とがもたらす揚力による浮上離脱であることが、単層整積み被覆の特徴である。

5. 結 論

単層整積みブロック被覆マウンドの反射特性と被

覆ブロックの安定性を、模型実験により検討した。本研究の範囲内でえられた、主要な事柄を以下に記す。

- (1) 単層整積み被覆であるため、被覆ブロック層の消波効果は多層乱積みの場合に比べて低下する。したがって、被覆ブロックに働く流体力が増大する。
- (2) 整積み被覆の効果により、ブロックの安定性は大幅に増大する。被覆マウンド上の碎波モードが砕け寄せ波であるため、ブロックの動揺と移動が down-rush 流速が最大となる、静水面下のマウンド法面で発生する。移動形式は揚力による浮遊離脱で、被覆捨て石の転・滑動(例えば、Kobayashi・Otta, 1989)とは異なる。

引用文献 Battjes, J.A. (1974), Proc. 14th ICCE, pp. 1725-1741. Kobayashi, N. and A.K. Otta (1989), Proc. ASCE, J. WW, Vol. 113, No. 2, pp. 171-186. Per Bruun (edited) (1985) : Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection, Elsevier, pp. 155-166. 伊藤政博、岩垣雄一、村上広、根本建治、山本方人、半沢稔 (1994), 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp. 716-720

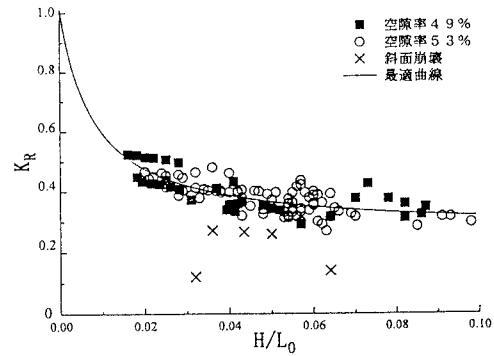


図-3 反射率と入射波波形勾配

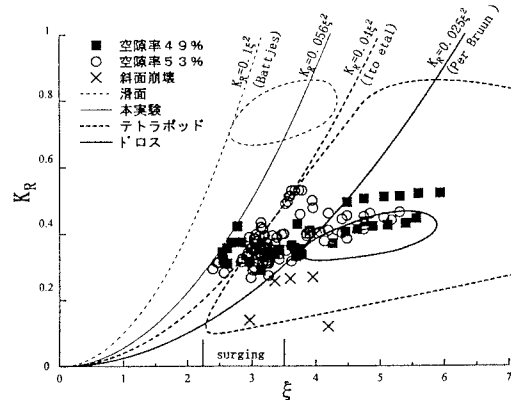


図-4 反射率と offshore パラメータ

空隙率	T (s)	H (cm)	ξ	N_s	K_D	被害
4.9%	1.0	8.5	3.21	5.9	154	浮きだし
		8.1	3.29	5.7	139	浮きだし
		6.2	3.77	4.3	60	D=5%
	1.3	7.5	4.46	5.2	105	崩壊
		7.3	4.51	5.1	99	D=11%
		9.9	2.97	6.9	246	微動
5.3%	1.0	10.0	2.97	7.0	252	崩壊
		8.4	3.23	5.9	150	微動
		9.0	3.13	6.2	179	微動
	1.3	8.2	3.28	5.7	139	微動
		9.6	3.93	6.7	226	崩壊
		7.7	4.40	5.3	113	崩壊
		9.5	3.95	6.6	216	微動
		8.2	4.26	5.7	139	微動

表-1 ブロックの安定性実験結果