

消波ブロック堤の水理特性に及ぼすマウンド厚の影響について

Hydraulic performances of sloping breakwater with rubble mound foundation

室蘭工業大学大学院 〇学生員 佐藤 岳志 (Takeshi Sato)
 室蘭工業大学建設システム工学科 正会員 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura)

1. はじめに

近年、海岸施設に対しても、本来の防波機能に加えて環境への配慮が求められることが多い。これまでの研究により構造物の断面形状や使用材料を工夫することで、良好な藻場が形成できることが実証されており、こうした技術の現地構造物への適用事例も増加している。

消波ブロック堤は、捨石マウンド上に本体工として消波ブロックを積む構造形式で、比較的浅海域において離岸堤や突堤として用いられることが多い。マウンド部は本体工の沈下や散乱を防止するために設置され、その厚さを1~2mとすることが一般的であるけれども、マウンド部を藻場として活用する観点からは、マウンド厚を大きくして浅場を形成することが望ましい。

本研究では、消波ブロック堤を対象としてマウンド形状を変化させた水理模型実験を行い、反射および伝達波特性について検討する。さらにマウンド被覆材の耐波安定性を明らかにし、その安定数の算定法を提案する。

2. 実験方法

実験には、2次元造波水路(長さ24m、高さ1.0m、幅0.6m)を使用した。堤体前面の海底勾配は1/30とした。実験波はすべて不規則波とし、有義波周期 $T_{1/3}=1.67, 2.33$ および 2.97 s、有義波高 $H_{1/3}$ を4.0~10.6cmの間で変化させた。図-1に実験模型の基本断面を示す。水深 h は15.6cmで一定とし、マウンド上水深 h' は1~8cmの間で変化させた。マウンド被覆材はエックスブロックを使用し、その質量 M は22、42および90gとした。消波ブロックはテトラポッド(180g)を用い、天端高さ h_c を5.3cmとし、天端は3個並びとした。

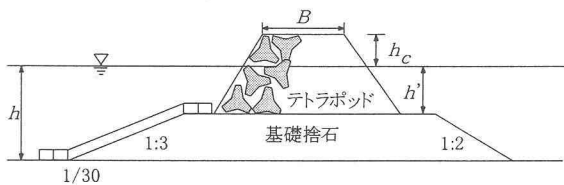


図-1 実験模型の基本断面形状

3. 反射および伝達波特性

沖側に2台、堤体背面に2台、波高計を設置して反射波および伝達波高を測定した。図-2は、波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$ と反射率 K_R の関係を示している。マウンド比水深 h'/h が大きいほど反射率がやや小さい傾向がみられる。

図-3は波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$ と伝達率 K_T の関係を示したものである。マウンド上水深 h' が小さくなると伝達率が小さくなる傾向がある。同一の波形勾配に対しては、マウンド上水深の違いによる伝達率の差は最大で0.1程度である。これはマウンド法面での碎波の促進や捨石による透過波の低減が理由と考えられる。竹田ら²⁾の算定法を準用して伝達率の変化傾向を、以下のように定式化した。

$$K_T = \frac{1}{(1 + 0.32 \times K_A^{0.75} \times \sqrt{H_{1/3}/L_{1/3}})^2} \cdot \frac{h'}{h} \quad (1)$$

$$K_A = \frac{\alpha(1-\eta)}{\beta} \cdot \frac{B}{d} \quad (2)$$

ここで K_A はブロックの形状によって決まる係数である。実験で用いた堤体条件に対しては $\alpha=2.69$ 、 $\beta=0.278$ 、 $\eta=0.5$ 、天端幅 $B=18$ cm、ブロック寸法 $d=6.5$ cmとなり、 K_A は13.4となる。

4. マウンド被覆材の安定性

(1) 被災度の変化特性

安定実験では、ブロックの動揺や移動を目視観測するとともにデジタルビデオカメラで記録した。安定実験は1波群500波を作用させた後、ブロックの並べ替えは行わず、波高を段階的に大きくしていく段階波実験と、同一波高で3000波を作用させる連続波実験の2種類を行った。

被災度 N_0 は図-4に示すようにブロックの代表径 D_n (体積の3乗根)に対する平均的なブロックの移動個数で定義する。ブロック1個の長さ以上移動したものを被害と定義した。例えば同図のような状況ならば、被災度は1となる。

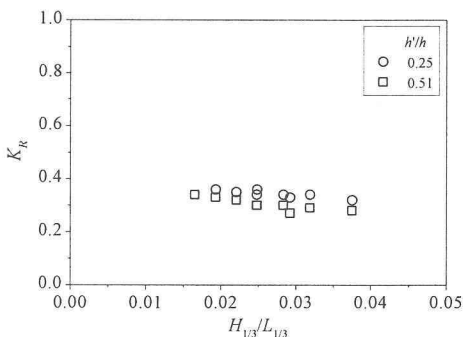


図-2 反射率

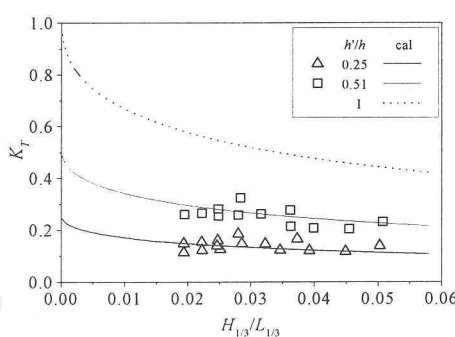


図-3 伝達率

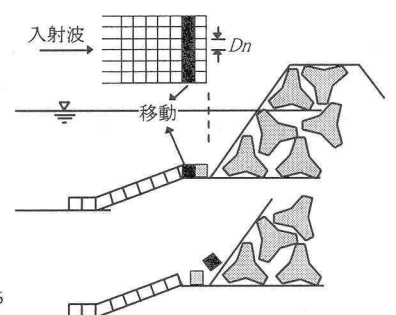


図-4 被害の概念

マウンド被覆材の初期被害は法肩部で生じ、隣接するブロックとの間隔が開き動揺しやすくなり、さらに被害が進行していく。法先より沖側で生じた砕波が堤体に作用する場合はエネルギーが減衰し気泡を含んでいるので、被害は比較的少ない。これに対し、法先直前で生じる砕波は、巻き波となることが多く、ブロックの被災も多くなる。

図-5は、 $M=42g$ 、 $h'=4cm$ の条件に対する波高と被災度の関係を示したものである。周期が長いほど、被災度が大きくなっている。

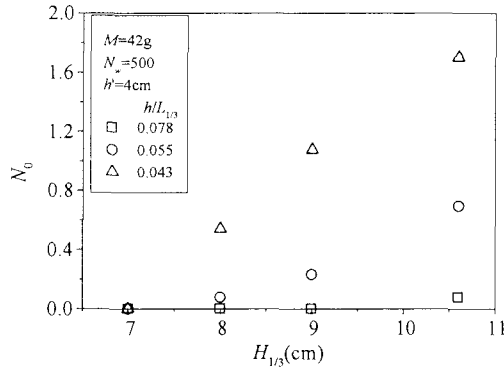


図-5 周期の影響

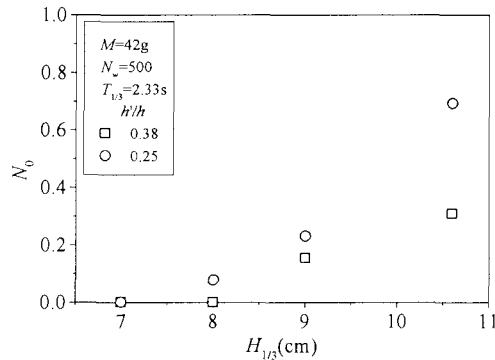


図-6 マウンド上水深の影響

図-6は、 $M=42g$ 、 $T_{1/3}=2.33s$ の条件に対する波高と被災度の関係を示したものである。マウンド上水深が小さいほど被災度が大きくなっている。

(2) 安定数の定式化

一般にマウンド被覆材の必要質量 M は、以下に示す安定数 N_s を用いたハドソン式で求められる。

$$M = \frac{\rho H_{1/3}^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (3)$$

ここで ρ は材料の密度、 $H_{1/3}$ は有義波高、 S_r は材料の海水に対する比重である。基準安定数 N_{s0} は、ブロック固有の値であり、一般の被覆ブロックについては、以下の関係式を用いて K_D 値から算定できる。

$$N_{s0} = (K_D \cot \theta)^{1/3} \quad (4)$$

ここに、 θ はマウンドの被覆法面が水平面と成す角度である。なお、今回使用した被覆ブロックに対しては $N_{s0}=3.3$ としている。

図-7は、 $h'/H_{1/3}$ と安定数比 N_s/N_{s0} の関係を示したものである。周期が長いほど、安定数比が小さくなっている。さらに、 $N_w=500$ 、被災度0.3の条件に着目し、藤池ら³⁾と同様の方法を用いて安定数比を以下のように定式化した。

$$N_s/N_{s0} = \max \left\{ 0.6, 0.4 \cdot \exp \left(25 \cdot \frac{h'}{H_{1/3}} \cdot \frac{h}{L_{1/3}} \right) \right\} \quad (5)$$

安定数比 N_s/N_{s0} は0.6に収束する傾向があり、通常の斜面被覆の場合に比べて、マウンドの高い条件では被覆材が不安定になりやすいことが明らかになった。

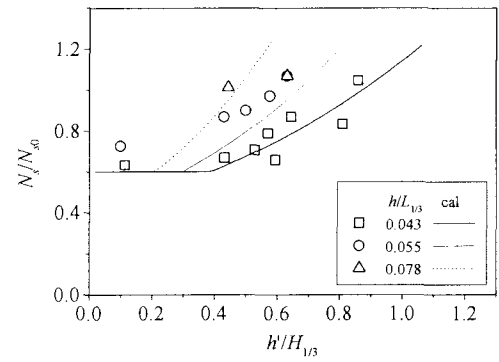


図-7 安定数比

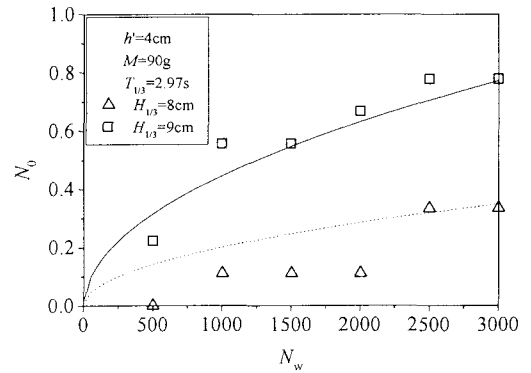


図-8 作用波数の影響

(3) 波数と被災度の関係

図-8は $M=90g$ 、 $T_{1/3}=2.97s$ における波数 N_w と被災度 N_0 との関係を示したものである。作用波数が大きくなるにつれて、被災度が大きくなっている。作用波数と被災度をパラメーターとした安定数 N_s^* を以下のように定式化した。

$$\frac{N_s^*}{N_s} = \left\{ 0.2 \cdot \exp \left(267 \cdot \frac{N_0}{N_w^{0.5}} \right) \right\}^{0.2} \quad (6)$$

5. まとめ

本研究の主要な結論は以下のとおりである。

- ① 消波ブロック堤の反射および伝達波特性に及ぼすマウンド形状の影響を示した。
- ② マウンド被覆材の被災度の変化特性を明らかにするとともに、安定数の算定法を提案した。さらに、波数と被災度の関係を定式化した。

本研究で使用したブロック模型は、(株)テトラに提供していただいた。また、実験実施に当っては、室蘭工業大学4年生本間剛君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 谷野賢二、桑原伸司：海域構造物に付加された人工藻場の評価と予測、海洋開発論文集、vol. 19、pp.19-24、2003。
- 2) 竹田英章、及川研、宮地陽輔、坂本洋一、上西隆広：傾斜堤の波高伝達率算定法に関する実験的研究、海岸工学論文集、第30巻、pp.400-404、1983。
- 3) 藤池貴史、木村克俊、林忠志、土井善和：消波ブロック被覆堤の前面マウンド被覆材の耐波安定性、海岸工学論文集、第46巻、pp.881-885、1999。