

急勾配海底条件下の消波護岸の高波被害とその対策に関する検討

室蘭工業大学大学院 学生員 ○西谷 尚峻・同 フェロー会員 木村 克俊
 八千代エンジニアリング(株) 河川部 技術第四課 正会員 阿部 翔太
 北海道科学大学 工学部 都市環境学科 正会員 山本 泰司

1. はじめに

離島に多く見られる急勾配海底条件の海域においては、消波ブロックの安定性を保つことが難しく、大規模な被災が少なくない。K港は海底勾配 1/7 の急斜面に続くリーフ上に建設された避難港である。外海に面した消波護岸において、写真-1 に示すような多くの消波ブロックが消失する被害が発生した。本研究では、現地の護岸形状を再現した水理模型実験を行い、消波ブロックの移動特性を明らかにするとともに、法止めブロックを用いた対策について検討するものである。



写真-1 被災前（左）および被災後（右）の状況

2. 実験方法

2次元造波水路（長さ 24m、幅 0.6m、高さ 1.0m）内に勾配 1/7 の海底地形を作成し、図-1 に示す勾配 1/5 の斜面と消波護岸の縮尺 1/50 模型を設置した。以下においてはすべて現地量で示す。実験は不規則波を使用し、1 波群 150 波とした。周期は $T=12.0\text{s}$ とし、換算沖波波高 H_0' を 1~10m に変化させた。

消波ブロックの安定性に関しては、現地で使用された消波ブロック（22.5 t 型）に対して来襲波を作用させた被災再現実験と、消波ブロックの質量を大きくして安定性を確認する実験の 2 種類を実施した。さらに法止めブロックによる消波ブロックの捕捉効果を確認するとともに、法止めブロックの安定性について検討した。

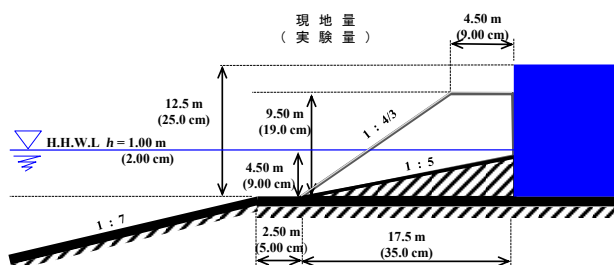


図-1 実験模型の断面形状

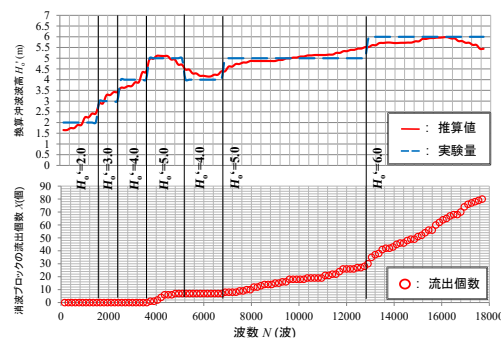


図-2 消波ブロックの被害個数

3. 消波ブロックの移動特性

図-2 には、上段に被災時の波高の時間変化を、下段にその波浪を連続して作用させた場合の消波ブロック（22.5t 型）の 1/7 斜面へ流出個数を示している。消波ブロックは引き波時の強い戻り流れによって沖側に移動し、ブロック法面が連鎖的に崩れた。作用波数 18,000 波の時点において 1/7 斜面への累積流出個数が 80 個となり、写真-1 で示したような消波ブロックの被災状況を概ね再現できた。

図-3 は、1 波群 150 波を作用させた場合の、1/7 斜面への流出個数（下段）および最大移動距離（上段）と換算沖波波高 H_0' の関係を示している。消波ブロックの質量を 62.5t とすることで大規模な被害の発生を防げることが明らかとなった。

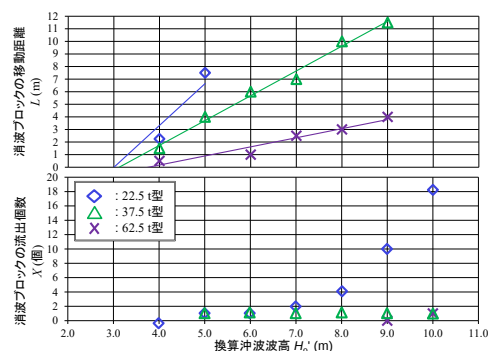


図-3 消波ブロックの質量効果

キーワード 消波護岸, 急勾配海底条件, 法止めブロック, 高波被害, 耐波安定性, 水理模型実験
 連絡先: 〒050-8585 室蘭市水元町 27 番 1 号 室蘭工業大学大学院もの創造系領域

4. 法止めブロックの効果と耐波安定性

消波ブロック (22.5 t 型) に対する法止めブロックの捕捉効果について検討した。法止めブロックは直方体 (長辺 4.9m, 短辺 4.0m, 高さ 2.4m) の 1 種類とし, 短辺を波向き方向に配置した。写真-2 は, 比重 3.6 の法止めブロックについて, 設計波である $T_{1/3}=12.0s$, $H_0'=8m$ の 1 波群 150 波作用後の状況を示している。無対策の場合には 18 個の消波ブロックが移動していたが, 法止めブロックを設置することで被害個数がゼロとなった。

図-4 は, 法止めブロックの比重を 2.3, 2.8, 3.0, 3.2, 3.6 の 5 種類に変化させた場合の H_0' と滑動量 Δx の関係を示している。法止めブロックの長さの 10% に当たる $\Delta x = 0.4m$ を滑動限界と定義し, 作用波の有義波高を滑動限界波高 H_{cri} とした。設計波高である $H_0'=8m$ に対しては, 法止めブロックの比重を 3.6 とすれば安定性が確保できた。法止めブロックの安定限界質量 M は, 以下の Hudson 式により求めることができる。

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{cri}^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

ここで, ρ_r はコンクリートの密度, S_r は海水に対するコンクリートの密度比, N_s は安定数である。

図-5 は, 換算沖波波高 H_0' と安定数 N_s の関係を示している。

波高によるばらつきが見られるが N_s の平均値は 0.73 となる。谷本ら¹⁾は海底勾配 1/100 における混成堤マウンド被覆ブロックの安定数 N_s の下限値を 1.0~2.0 としている。藤池ら²⁾は消波ブロックの設置によって安定数 N_s が増大することを示している。今回の実験で得られた $N_s=0.73$ はこれらと比べて小さな値であり, 急勾配海底条件では作用波力が大きくなることが分かる。名越ら³⁾は, 法止めブロックの作用波力に関する数値解析を行い, 海底勾配 1/7 における滑動合成波力は, 海底勾配 1/30 の 2 倍程度になることを示している。今回の実験でもこれと同様に, 法止めブロックの安定性に急勾配海底条件の影響が現れたものと考えられる。

5. まとめ

- (1) K 港における消波ブロックの沖側への流出状況と消波ブロックの質量割り増しの効果を確認した。
- (2) 比重 3.6 の法止めブロックは, 設計波に対して安定で, 消波ブロックの流出を防止できることを示した。
- (3) 法止めブロックの安定数 N_s の平均値は 0.73 となり, 急勾配海底条件では一般的な値より小さくなった。

参考文献

- 1) 谷本勝利・柳生忠彦・村永努・柴田鋼三・合田良実：不規則波実験による混成堤マウンド被覆材の安定性に関する研究, 港湾技術研究報告, 第 21 巻, 第 3 号, pp.3-42, 1982.
- 2) 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.
- 3) 名越隆雄・木村克俊・佐藤涼祐・山本泰司・吉野真史・小松麻美：支笏湖で発生した風波による湖岸道路の通行障害とその対策について, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 76 巻 2 号 pp.I_953-I_958, 2020.



写真-2 消波ブロックの捕捉効果

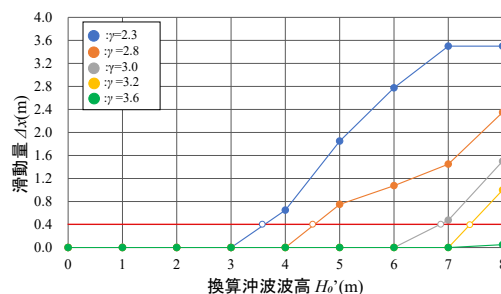


図-4 法止めブロックの滑動量

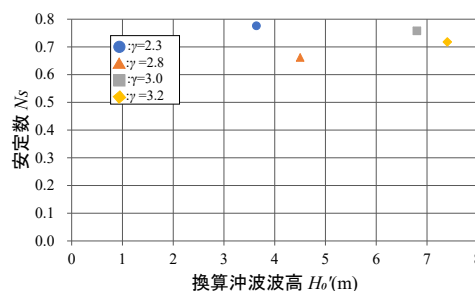


図-5 法止めブロックの安定数