

スリット式護岸の前面における波浪による粗石の移動特性

室蘭工業大学大学院 学生員 ○嶋崎 皓輝
 室蘭工業大学大学院 教授 フェロー 木村 克俊
 (一財)北海道道路管理技術センター 正会員 名越 隆雄

1. はじめに

礫性海岸に設置されたコンクリート護岸では、波浪による摩耗が進行している例が少なくない。写真-1に北海道の日本海側で施工されたスリット式護岸の摩耗状況を示す。水面付近の部材の摩耗量が大きく、スリットの内部に直径数十センチメートルの粗石が堆積していることがわかる。本研究では、現地の摩耗状況を調査するとともに、水理模型実験を実施して、水深や波浪の条件、粗石の質量を変化させて、その移動特性を明らかにすることを目的とする。

2. 現地におけるスリット部の摩耗状況

図-1にスリット前面における粗石の天端面の位置を示す。ここではC.D.L.を基準とした天端面の水深を d と定義し、 d が大きい方から地点A,B,C,Dとする。当該施設は1980年に施工され、2004年と2017年に摩耗量が計測されている。表-1に各地点における累積摩耗量を示す。 $d = 0.0\text{ m}$ となるC点における摩耗が最も顕著であり、年平均摩耗速度は7.5 mm/年である。



写真-1 スリット式護岸の摩耗状況

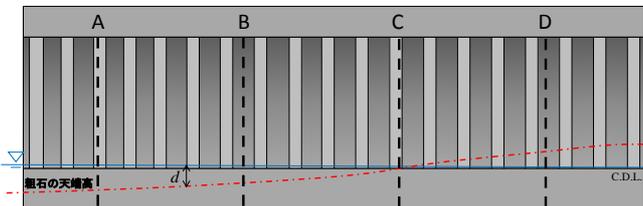


図-1 スリット前面における粗石天端高

表-1 累積摩耗量(mm)

	d	2004年	2017年
A	1.0 m	60	85
B	0.5 m	100	238
C	0.0 m	160	278
D	-0.5 m	50	166

3. 実験方法

2次元造波水路（長さ24.0 m、幅0.6 m、高さ1.0 m）内に勾配1/15の海底地形を作製し、図-2に示す模型縮尺1/20のスリット式護岸を設置した。以下すべて現地量で示す。粗石の天端水深 d を-0.5, 0.0, 0.5 および1.0 mの4種類に変化させた。波浪条件は、周期 T_0' を7.0, 9.0および11.0 sの3種類、換算沖波波高 H_0' を0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 および4.0 mの9種類に変化させ、150波1波群の不規則波を用いて実験を行った。粗石の質量 M は80~120, 180~220, 280~320 kg(平均質量はそれぞれ102.9, 198.4, 298.8 kg)の3種類に変化させ、以下 M は100, 200, 300 kgと表記する。

写真-2(a)は $M = 100\text{ kg}$ の粗石の移動前の状況を示している。粗石は黄、赤、白の3種類に彩色して配置した。

護岸上方にデジタルビデオカメラを設置して、粗石の移動状況を撮影した。その映像の動画解析を行うことにより、1波群(150波)中に粗石がスリット部を出入りした回数を計測し、その合計値をスリットの本数(10本)で除したものをスリット1本あたりの衝突回数 N と定義した。

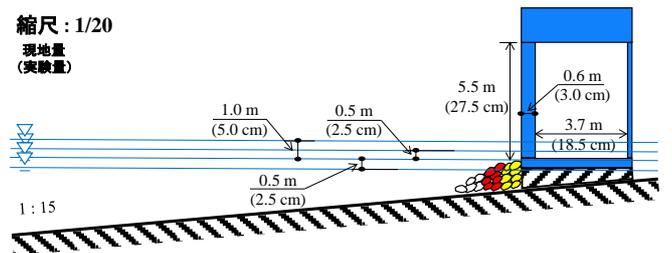


図-2 スリット式護岸模型の断面形状



写真-2 スリット前面における粗石の状況

キーワード スリット式護岸, 摩耗, 粗石, 移動特性

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学建築社会基盤系学科 TEL:0143-46-5269

4. 粗石の移動パターン

写真-2(b)に、 $d = 0.0 \text{ m}$, $H_0' = 3 \text{ m}$ における粗石 ($M = 100 \text{ kg}$) の移動状況を示す。スリット内に多くの粗石が堆積し、写真-1 に示した現地の状況を概ね再現できたと言える。また、スリット内部には白色の粗石の割合が大きく、法先にあった粗石が移動しやすいことが明らかとなった。

図-3 は、 $T_0' = 11 \text{ s}$ に対して、粗石 ($M = 100 \text{ kg}$) の衝突回数 N と換算沖波波高 H_0' の関係を水深ごとに示している。すべての水深条件において $H_0' = 2 \text{ m}$ 以上になると N が著しく増加する。また、水深 $d = 0.0 \text{ m}$ において粗石の移動が顕著となり、現地における摩耗が進行している水深と一致している。

図-4 は、粗石の移動が最も激しい $d = 0.0 \text{ m}$ に対して、粗石 ($M = 100 \text{ kg}$) の衝突回数 N と算沖波波高 H_0' の関係を周期ごとに示している。周期が長いほど衝突回数が増えることが明らかとなった。

5. 粗石の衝突限界質量

スリットに粗石が 1 回衝突する条件に着目して、 $N = 1$ を粗石の衝突限界質量の基準とした。図-5 は、 $d = 0.0 \text{ m}$ に対して、有義波高 $H_{1/3}$ と粗石の衝突限界質量 M_L の関係を周期ごとに示している。図中の曲線は以下に示す安定数 N_s を用いたハドソン式により導いた計算値である。

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

ここで、 ρ_r は粗石の密度、 S_r は粗石の海水に対する比重である。

谷本ら¹⁾は $d = 0.0 \text{ m}$ のとき、周期の影響を受けず $N_s = 1.8$ で一定としているが、本研究では、周期が長いほど N_s が小さくなる傾向がある。こうした差異は、谷本らが直立壁を対象として安定数を定式化しており、スリット壁の効果が考慮されていないことが理由と考えられる。また、本研究においては、碎石ではなく玉石を使用していることともに、被害の基準が異なることも影響していると考えられる。

各周期に対して図中に示した安定数 N_s を用いることにより、粗石の衝突限界質量が求められる。現地における粗石の代表質量が明らかになれば、摩耗が進行する限界の海象条件を求めることができ、将来の摩耗量を推定することが可能となる。

6. まとめ

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1) 現地においては C.D.L. 付近でのスリット部の摩耗が最も激しく、年平均摩耗速度は 7.5 mm/年 であった。
- (2) 粗石のスリット部への衝突回数におよぼす水深および波浪条件を明らかにした。
- (3) 粗石の衝突限界質量をハドソン式を用いて求めるための安定数 N_s を周期ごとに示した。

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, 1982, pp.3~42

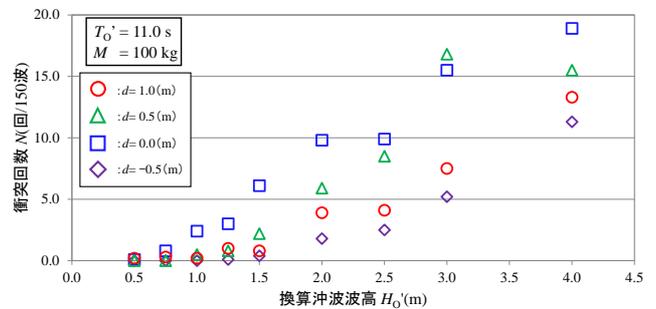


図-3 衝突回数におよぼす水深の影響

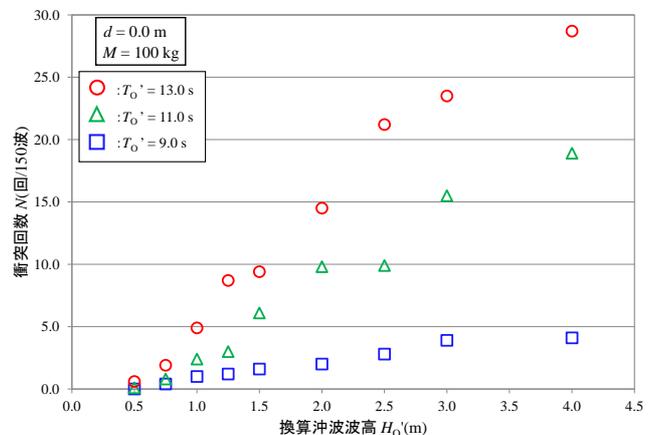


図-4 衝突回数におよぼす周期の影響

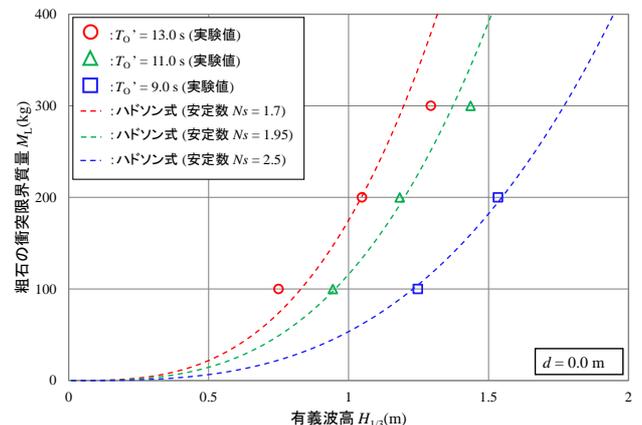


図-5 有義波高と衝突限界質量の関係