直積ブロック式護岸の前面における波浪による粗石の移動特性

Movement characteristics of round stones due to wave action in front of absorbing block type seawalls

室蘭工業大学大学院	博士前期課程	○学生員	嶋﨑 皓輝	(Koki Shimazaki)
室蘭工業大学大学院	教授	フェロー	木村 克俊	(Katsutoshi Kimura)
(一財)北海道道路管	管理技術センター	正 員	名越 隆雄	(Takao Nakoshi)
(株)構研エンジニア	アリング 防災施設部	了 正 員	髙橋 浩司	(Kouji Takahashi)

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.これまで著者 らはスリット式護岸を対象として,現地における摩耗状 況を調査するとともに,波浪による粗石の移動特性を明 らかにした¹⁾.直積ブロック式護岸についても同様な摩 耗被害が発生していることが生出ら²⁾によって報告され ている.本研究では,直積ブロック式護岸を対象として, 現地における摩耗状況を調査するとともに,水理模型実 験を実施し,水深や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. 現地における直積ブロック式護岸の摩耗状況

写真-1 は北海道の太平洋側で施工された直積ブロッ ク式護岸で、その背後には落石防止を目的とした覆道が 設置されている. 直積ブロックは 4t 型を使用し、5 段 積みの最下段において摩耗被害が発生した. この海域の M.S.L.は C.D.L.から 0.85m の高さであり、最下段ブロッ クの上面にほぼ一致している. この護岸の前面には、直 径 20~40cm の花崗岩の粗石が点在しており、これが複 数回にわたって衝突したことが摩耗発生の原因と考えら れる. 図-1 に現地における護岸(延長 125 m)の摩耗 箇所を示す. 区間 A (延長 25 m)の摩耗が最も顕著で あり、写真-2 に示すように最下段に 725mm の欠落が生 じている. 区間 B (延長 50 m)においては、全体的に 200mm 程度の摩耗がみられた. 区間 C (延長 50 m)に おいては、中央部で幅 8 m にわたって 150mm 程度の摩 耗が確認された. 当該施設は 1986 年に施工され、現地



写真-1 護岸の全景

写真-2 摩耗状況



図-1 現地における直積ブロックの摩耗箇所

調査を行った 2017 年(31 年経過)までの A 区間におけ る年平均摩耗速度は 23.39 mm/年となる. 区間 A は他の 区間に比べて岩礁が無く前面水深が大きいため,摩耗の 進行が早くなったと考えられる.また区間 C の前面に は浅瀬が存在することが、摩耗被害が小さくなったこと の理由と考えられる.

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 1/30 の海底地形を作製し,模型縮尺 1/25 の直 積ブロック式護岸(図-2)を設置した.以下,すべて現 地量で示す. 直積ブロックは 4 段積みとし,最下段のブ ロック基面水深 dを-0.5,0.0,0.5 および 1.0 m の 4 種類 に変化させた. これは太平洋側の潮位差 1.5m の影響を 考慮するためである.波浪条件は,周期 T₀'を 9.0 s で 一定とし,換算沖波波高 H₀'を 0.5,0.75,1.0,1.25, 1.5,2.0,2.5,3.0,4.0 および 5.0 m の 10 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 35~60, 80~110, 140~160 kg(平均質 量はそれぞれ 49.9, 100.2, 148.4 kg)の 3 種類に変化さ せ,以下 M は 50, 100, 150 kg と表記する. 粗石の天 端面は最下段のブロック基面と一致させ,法面勾配は 1:3 で一定とした. 写真-3 は M = 50 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. なお,波高レベルを変化させるたびに, 粗石を初期状態に戻して実験を行った.



図-2 直積ブロック式護岸模型の断面形状



写真-3 初期状態

写真-4 粗石の移動状況

4. 粗石の移動パターン

写真-4に、d = 0.0 m, $H_0' = 4$ mにおける粗石(M = 50 kg)の移動状況を示す.法肩部の赤色の粗石の移動 が顕著であることがわかる.波の作用後にすべての直積 ブロックを除去し、直積ブロック内部に残留した粗石の 個数を計測した.この残留個数と目視観測で得られた衝 突個数の合計値を水路幅方向の直積ブロックの個数 (10.5 個)で除したものを衝突回数 Nと定義した.

図-3 は、粗石 (M = 50 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.水深 d = 0.0 m においては、衝突回数は波高とともに直線的に増加し、 波高 4m で衝突回数は 9 回となっている.これは静水面 と粗石の天端面が同一であるため、波のエネルギーが粗 石に伝わりやすいことが理由と考えられる.d = 0.5 m においては、 H_0 ' = 1.25 m のとき衝突回数 3 回でピーク となり、頭打ちになる傾向がある.これは粗石の上を砕 波後の波面が通過し、粗石に作用する流速が大きくなら ないためと考えられる.また、d = 1.0 m においてほと んど粗石の移動がみられないのも同様の理由である.d= -0.5 m においては、波高 4m のときに 1 回衝突してい る.これはある程度波高が大きくならないと、遡上波の 水脈厚が大きくならないためと考えられる.

図-4は、*d* = 0.0 m に対して、衝突回数 *N* と換算沖波 波高 *H*₀'の関係を粗石の質量ごとに示している. *M*=100kg のときは波高 1.5m から粗石の衝突が発生し、 波高 5.0m で衝突回数は 2.0 回となっている. *M*=150kg のときは波高 2.5m で粗石が衝突回数は 0.7 回で、波高 を大きくしても、衝突回数は変わらないことが分かる.

5. 粗石の衝突限界質量

ー般に粗石の安定質量は、以下に示す安定数 N_sを用いたハドソン式により求めることができる.

$$M_{\rm L} = \frac{\rho_{\rm r} \cdot H_{1/3}^3}{N_{\rm e}^3 (S_{\rm r} - 1)^3} \tag{1}$$

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. 図-5 は、有義波高 $H_{1/3}$ と粗石の衝突限界質量 M_L の関係を水深ごとに示している. ここでは、隣接す る直積ブロックのいずれかに粗石が1回衝突する条件に 着目して、N = 0.5 を粗石の衝突限界質量の基準とした. d = 0.0 m のときは、実験で得られた衝突限界質量は安 定数 $N_s = 1.7$ の近似曲線にほぼ一致していることがわか る. 谷本ら³は d = 0.0 m のとき、 $N_s = 1.8$ としているが, こうした差異は、谷本らが直立壁で砕石を使用したのに 対し、本研究では直積ブロックで玉石を使用しているこ とや、被害基準の設定方法の相違が影響していると考え られる.

また,実験ケースは限られているが,d = -0.5 mのと き $N_{s}=1.9$,d=0.5 mのとき $N_{s}=2.3 \text{ e}$ 用いることにより, 粗石の衝突限界質量を求めることができる.現地におい ては,粗石の代表質量が明らかになれば,潮位条件ごと の衝突限界波高を求めることができ,直積ブロック式護 岸について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 M.S.L 付近のブロックの摩耗が最も

激しく,年平均摩耗速度は最大 23.39mm/年であった.

- (2) 直積ブロックへの粗石の衝突回数におよぼす水深と 粗石の質量の影響を明らかにした.
- (3)粗石の衝突限界質量をハドソン式により求めるため の安定数 N_sを水深ごとに示した.

参考文献

- 1)嶋崎皓輝,木村克俊,名越隆雄:スリット式護岸前 面における波浪による粗石の移動特性,第73回土木 学会年次学術講演会,II-206, 2018.8.
- 生出靖,瀧ヶ平正美:浸食が進む海岸擁壁の補修, 平成 29 年度北海道開発局技術研究発表会,管理-11 (道路部門),2018.2.
- 3) 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.

