

緩傾斜護岸背後に位置する道路の越波対策に関する検討

Measures against wave overtopping for coastal roads behind gently sloping seawalls

室蘭工業大学大学院 ○学生員 中村 彰吾 (Shogo Nakamura)
 室蘭工業大学大学院 教授 フェロー 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura)
 日本データーサービス (株) 正会員 越智 聖志 (Masashi Ochi)

1. はじめに

緩傾斜護岸は、親水性が高く、環境共生に優れていることから各地で施工されている。しかしながら、護岸の斜面部を波が遡上しやすいことから、背後地において越波が問題になり、その利用状況によって越波対策を検討することが重要となっている。越智ら¹⁾は、写真-1に示す太平洋側に面するA海岸に設置された緩傾斜護岸を対象とし、越波流量および越波水脈厚を水理模型実験により把握するとともに、背後の道路における車両の滑動安定性を明らかにしている。

本研究では、当該道路の越波対策として、緩傾斜護岸の法先部における消波工の効果を水理模型実験により明らかにする。さらに、消波ブロックの耐波安定性について現地調査および水理模型実験によって検討することとする。

2. 緩傾斜護岸の現地調査

海岸線の延長は約2 kmで図-1に現地における緩傾斜



写真-1 現地における緩傾斜護岸の状況

護岸の平面配置を示す。また、図-2に区間ごとの緩傾斜護岸の断面形状を示す。区間(a)は、消波工の天端が最も高い。これに比べ、天端の低い区間(b)では、顕著な越波が発生している。また、区間(c)では、法先部に砂が堆積しているため越波が抑制される。

現地調査は、2015年10月1日に実施し、海岸線に沿って平行に踏査し、波の遡上高さと消波ブロックの状況を確認した。区間(b)における消波ブロックの状況を写真-2に示す。岸側の消波ブロックが脱落し、護岸の斜面上に打ち上げられた様子が確認できる。これは、2015年9月11日に来襲した沖波波高 $H_0 = 6.0$ mを超える波によって生じたものと推測される。

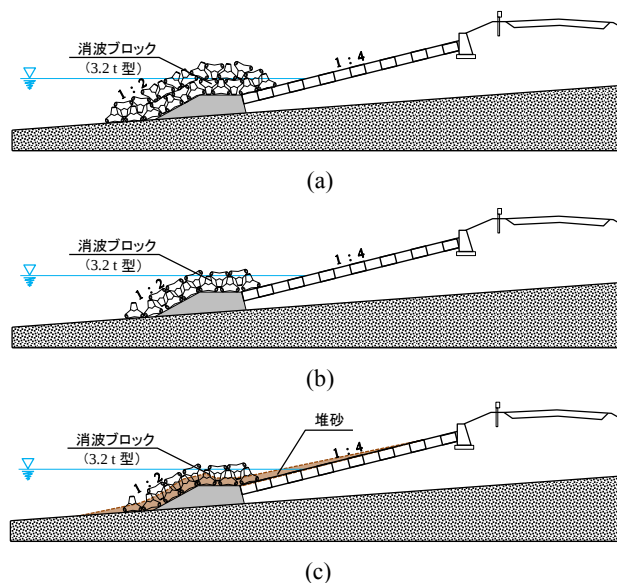


図-2 現地における緩傾斜護岸の断面形状

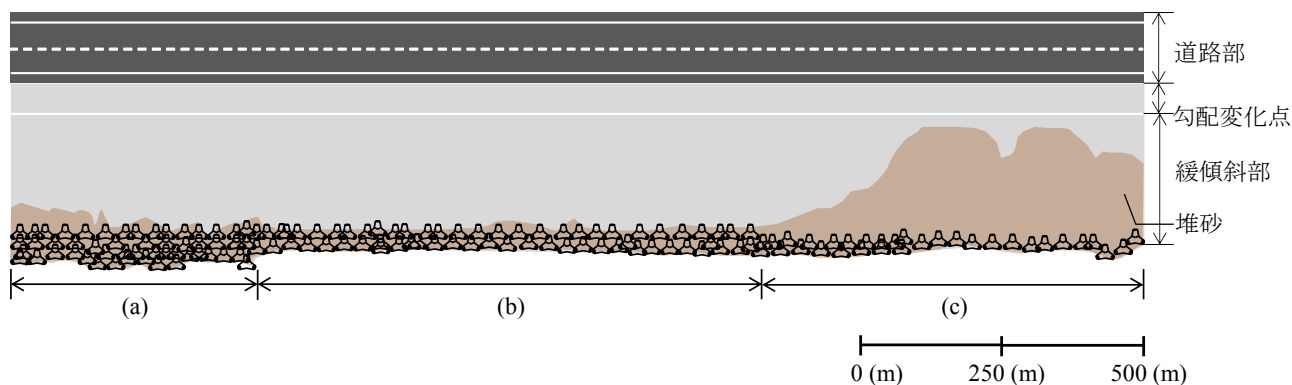


図-1 現地における緩傾斜護岸の平面配置

る。また、越智ら¹⁾は、車両滑動実験により、車両 10.0 t の安全性を確保するためには $\eta_{\max} = 1.0$ m 以下に抑える必要があることを明らかにしている。したがって、設計波である $H_0' = 7.0$ m でも車両 10.0 t の安全性を確保するためには $h_c = 1.8$ m にする必要がある。

図-7 に、換算沖波波高 $H_0' = 7.0$ m に対する無次元消波工高さ $h_c/H_{\max}$ と無次元最大水脈厚 $\eta_{\max}/(\eta_{\max})_0$ の関係を示す。ここで、 $(\eta_{\max})_0$ は消波工が無い場合での最大越波水脈厚である。 $\eta_{\max}$ は、 h_c を大きくすると直線的な減少傾向が見られる。

5. 消波工の耐波安定性に関する検討

5.1 実験の方法

安定実験では、護岸前面に設置した消波ブロックの質量を 3 種類(現地量で 2.0, 4.0 および 6.0 t)に変化させ、各有義波高 $H_{1/3}$ に対する消波ブロックの移動状況を計測した。なお、消波ブロックが護岸上を滑動する際に生じる堆積した砂との摩擦を考慮し、護岸の緩傾斜部にサンドペーパーを敷き粗度を合わせた。

消波ブロックの移動状況を撮影するため、護岸上部にデジタルビデオカメラを設置した。波作用前の平面画像に存在する全消波ブロックをナンバリングし、そのうち元の位置から半個長以上の移動が生じた消波ブロックを被災とみなした。被災の程度を表すパラメーターである被災度 N_0 は、高橋ら²⁾と同様に、波の進行方向 1 列あたりの被災ブロックの個数と定義した。

5.2 現況における消波ブロックの被災パターン

写真-3 に現況($h_c = 0.2$ m)を再現した消波ブロックの被災状況を示す。撮影時の波浪条件は、 $T_0 = 11.0$ s, $H_0' = 6.0$ m であり、写真中の白および青の消波ブロックはそれぞれ法面および先端部に位置する消波工を再現しており、岸側の消波ブロックが脱落し、岸側に滑動する様子が確認できる。これは写真-2 で示した現地における被災パターンにほぼ一致している。

5.3 周期の影響

図-8 に $T_0 = 15.0$ s, $h_c = 0.2$ m(現況)における、有義波高 $H_{1/3}$ と被災度 N_0 の関係を示す。 N_0 は、 $H_{1/3}$ とともに増大している。また、消波ブロックは質量が小さくなるほど被災度が大きくなる。さらに、高橋ら²⁾は、後述する(1)式で用いる K_D 値が 8.3 に対応する被災度 N_0 を 0.3 と設定していることから、被災度 $N_0 = 0.3$ に注目すると、 $M = 2.0$ t では $H_{1/3} = 1.72$ m, $M = 4.0$ t では $H_{1/3} = 2.15$ m, $M = 6.0$ t では $H_{1/3} = 2.54$ m, であることがわかる。また、同様の実験を周期 $T_0 = 11.0, 13.0$ s についても実施した。

図-9 は、天端高さが $h_c = 0.2$ m の時の各周期 T_0 における、有義波高 $H_{1/3}$ と消波ブロック必要安定質量 M の関係を示している。同図中のプロットは実験値を示しており、周期 T_0 が長いほど消波ブロックの必要安定質量 M が大きくなることがわかる。また、同図中の実線は消波ブロック設置位置で計測した有義波高 $H_{1/3}$ を用いて、(1)式に示すハドソン式に各波高を代入して算定した消波ブロックの必要安定質量 M を示している。

$$M = \frac{\rho_r \cdot X \cdot H_{1/3}^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (1)$$

ここで、 ρ_r は消波ブロックの密度、 S_r は消波ブロックの

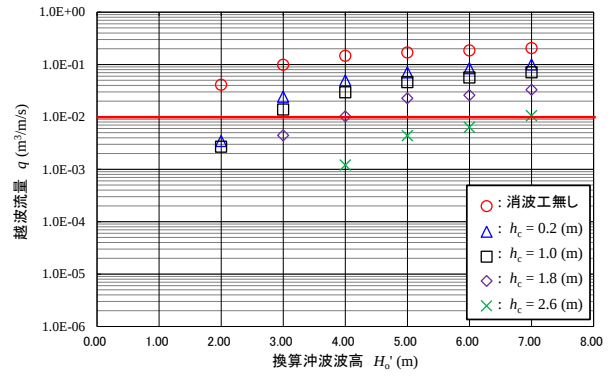


図-5 換算沖波波高と越波流量との関係

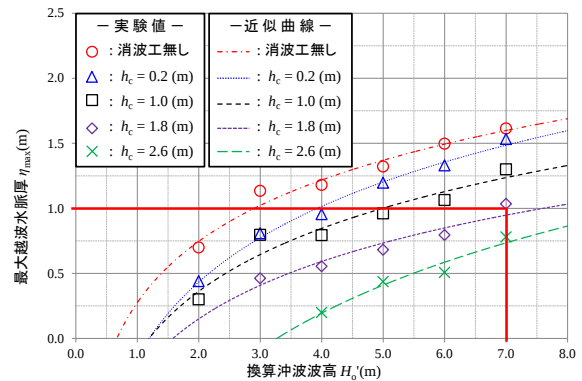


図-6 換算沖波波高と最大越波水脈厚の関係

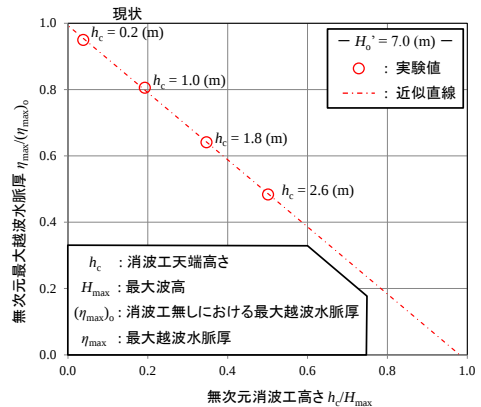


図-7 消波工嵩上げによる越波低減効果



写真-3 ブロックの被災状況

海水に対する比重、 α は消波工法面と水平面のなす角度、 K_D は消波ブロックの種類および被災度により定まる定数であり、ここでは $K_D = 8.3$ とする。また x はハドソン式の補正係数であり、実線で示す $x = 1.0$ とした従来のハドソン式による計算値は実験値を大きく下回っている。これに対し、補正係数として $T_0 = 15.0$ s の時 $x = 5.2$, $T_0 = 13.0$ s の時 $x = 4.6$, $T_0 = 11.0$ s の時 $x = 4.3$ を、それぞれ用いることにより、図中の破線で示すように、計算値は実験値を概ね良好な精度で再現できることがわかる。

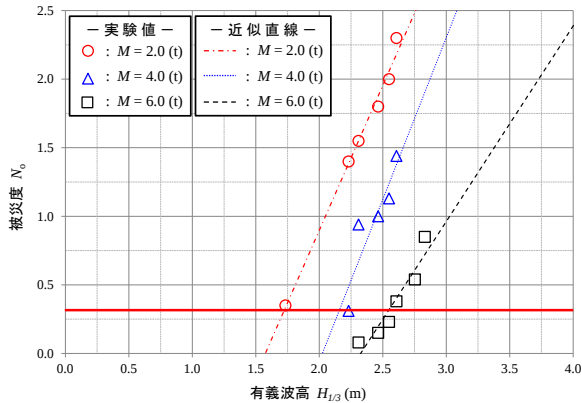


図-8 有義波高と被災度の関係に
及ぼす周期の影響($h_c = 0.2$ m)

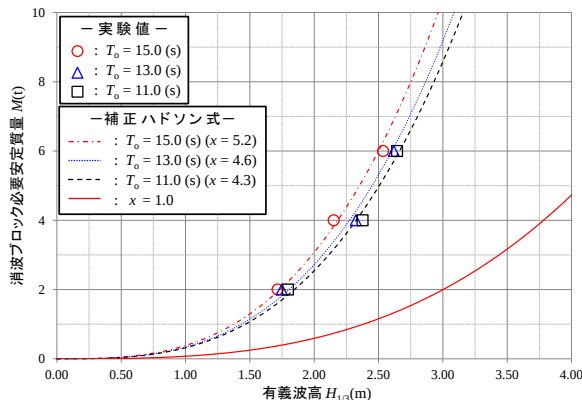


図-9 有義波高と必要安定質量の関係に
及ぼす周期の影響($h_c = 0.2$ m)

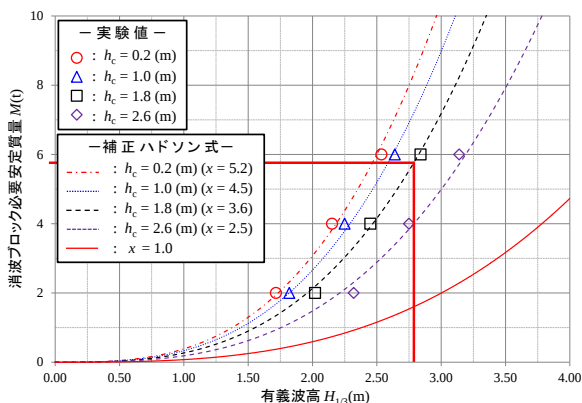


図-10 有義波高との必要安定重量の関係に
及ぼす天端高さの影響($T_0 = 15.0$ s)

5.4 天端高さの影響

図-10 は、周期 $T_0 = 15.0$ s に対して、各消波工の天端高さ h_c における有義波高 $H_{1/3}$ と消波ブロック必要安定質量 M の関係を示している。天端高さ h_c を大きくすることにより M が小さくなる傾向がある。これは天端面が高い位置にあるほど作用波力が小さく、消波ブロックが安定となるためである。補正係数として $h_c = 0.2$ m の時 $x = 5.2$, $h_c = 1.0$ m の時 $x = 4.5$, $h_c = 1.8$ m の時 $x = 3.6$, $h_c = 2.6$ m の時 $x = 2.5$ を、それぞれ用いることにより、図中の破線で示すように、計算値は実験値を概ね良好な精度で再現できることがわかる。

また、第4章で提案した消波工の天端高さ $h_c = 1.8$ m に嵩上げをする場合には、同図を用いて、消波ブロックの必要安定質量が $M = 6.0$ t になることがわかる。

6. まとめ

本研究の結論を要約すると、以下のようになる。

- (1) 現地調査を行い、岸側の消波ブロックが緩傾斜護岸上に打ち上げられていることを確認した。
- (2) 越波実験により、最大越波水脈厚に及ぼす消波工の天端高さの影響を明らかにした。その結果、現状より天端を 1.8 m 嵩上げすることにより沖波波高 7.0 m まで車両 10.0 t が安全になることを示した。
- (3) 安定実験により、消波工の天端高さを変化させて、消波ブロックの必要安定質量と波高の関係を明らかにした。また、天端を 1.8 m 嵩上げたときの必要安定質量が 6.0 t になることを示した。

一連の実験において、当該道路に対しては消波工の嵩上げによる越波低減効果が明らかになった。今後は通行規制を講じるための明確な基準を設けるとともに、波浪予測をベースとしたソフト的な対策の確立が求められる。さらに、他の緩傾斜護岸において、本対策工の有効性を検証する予定である。

本研究を実施するにあたり、室蘭工業大学4年豊田優貴君と山下千帆さんにご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 越智聖志, 木村克俊, 中村彰吾, 宮武誠, 上久保勝美, 袖野宏樹: 緩傾斜護岸背後の道路上の車両に働く越波による波力に関する検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.72, No.2, pp.676-681, 2016.
- 2) 高橋重雄, 半沢稔, 佐藤弘和, 五明美智男, 下迫健一朗, 寺内潔, 高山知司, 谷本勝利: 期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量—消波ブロック被覆堤の設計法の再検討(第一報)—, 港湾技術研究所報告, 第37巻, 第1号, pp.3-32, 1998.