自立型越波防止柵の耐波安定性に関する水理模型実験

Hydraulic model tests on stability of gravity type wave splash barrier for coastal roads

室蘭工業大学大学院博士前期課程 ○学生会員 滝波 大征 (Taisei Takinami) 室蘭工業大学大学院もの創造系領域 フェロー 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura) (一財) 北海道道路管理技術センター 正会員 名越 隆雄 (Takao Nakoshi) 八千代エンジニアリング株式会社 正会員 阿部 翔太 (Shota Abe)

1. はじめに

海岸道路においては、高波による通行障害が発生している箇所が少なくない。その対策としては、護岸を消波構造とすることで越波流量の低減を図ることが一般的であるが、越波に伴う水塊や飛沫を完全に防ぐことはできない。近年、車両被害や運転者の瞬間的な視界障害の要因となる水塊や飛沫の抑止を目的に、消波護岸の付帯施設として越波防止柵が設置されてきた。その多くは杭式構造であるが、仮設の対策を講じる場合には、写真-1に示すような自立型越波防止柵が使用されている。日本海に面した海岸道路では、冬季風浪に対して越波防止柵を設置することが多いが、自立型とすれば容易に撤去が可能となり、夏場の観光シーズンにはシーニックバイウェイのため景観を確保できると考えられる。

これまで自立型越波防止柵の水理特性に関する検討事

例は少なく,現場での経験 に基づいて設計されてき た.本研究では,消波護岸 上に設置される自立型越波 防止柵を対象として,必要 高さと耐波安定性に関する 水理模型実験結果を示す.



写真-1 現地施工例

2. 実験方法

2 次元造波水路(長さ 24.0m, 幅 0.6m, 高さ 1.0m)内に, 海底勾配 i=1/30 の一様斜面に続く水平床を設け,模型縮尺 1/50 の消波護岸(図-1)を設置した.以下においては,すべて現地量で表記する.護岸の前面における水深はh=5.9mで一定とした.実験波は,Bretschneider・光易型のスペクトルを有する不規則波とし,150 波 1 波群とした.波浪条件は,周期 $T_0=12$ s で一定とし,換算沖波波高 H_0 'を $1\sim9$ m の 9 種類に変化させた.越波防止柵の必要高さに関しては,越波水塊の打ち上げ高さと越波流量を測定し,耐波安定性に関しては,作用波圧と滑動量から安定限界質量を求めた.

打ち上げ実験では,護岸正面に設置したデジタルカメラの画像を用いて,静水面からの水塊の打ち上げ高さ $R_{1/20}$ を解析し,越波防止柵の必要高さを求めた.越波実験では,越波防止柵の背後に導水桶を設置し,越波による水量を計測した.実験は3回繰り返して行い,単位時間当たりの越波流量の平均値を求めた.

波圧実験では、護岸の天端上 3 枚の受圧板を配置し、 その両端にロードセル(定格 50N)を取り付け、サンプリ ング周期を 0.005s として作用波圧を計測した. 計測は 10 回繰り返して行い,その平均値を用いた. 滑動実験では,写真-2 に示すように,単純な L 型と,現地で施工実績のある最下部に隙間(現地換算で 0.3m)を有する構造の 2 種類のアクリル模型を用いた. 各波高条件に対して,越波防止柵の背後の方塊ブロックの質量を変化させ,滑動限界質量を求めた. さらに,静的荷重を用いた引張試験を行い,柵と滑面の間の摩擦係数 μ が,隙間の有無に関わらず 0.5 であることを確認した.

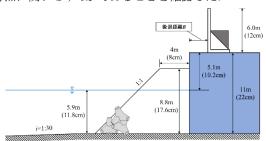


図-1 実験に用いた護岸模型の断面形状

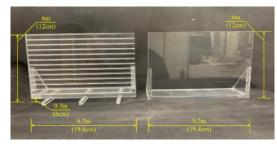


写真-2 滑動実験用模型(左:隙間あり、右:L型)

3. 越波防止柵の必要高さ

図-2 に越波水塊の 1/20 最大打ち上げ高さを示す. 波高と打ち上げ高は概ね比例関係にある. 通行規制の目安となる $H_0'=5$ m での実験結果に基づいて、越波防止柵の必要高さを 6.0m と設定した.

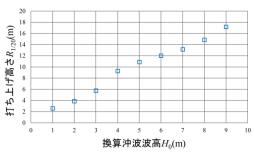


図-2 消波護岸における水塊の打ち上げ高

図-3 に換算沖波波高と越波流量の関係を示す. 柵なしの場合, H_0 '=5mから合田の越波図表による計算値とほぼ一致した. 高さ 6.0mの越波防止柵を設置した場合には, 越波流量が 1 オーダー以上抑えられている. 清水ら 11)は, 海岸道路を高速走行した車両のフロントガラス被害が, 1×10^4 m 3 /m·s で発生したことを報告している. 越波防止柵を設置することによって, H_0 '=4mまで,高速走行する車両の安全性を確保できると考えられる.

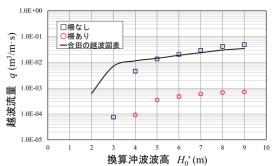


図-3 換算沖波波高と越波流量の関係

4. 越波防止柵の耐波安定性

4.1 波圧特性

図-4 に H_0 '=9m のときの波圧分布を示す.上久保ら 2 は防波フェンスに作用する波圧として,波圧の作用高と静水面における波圧を合田式の 1.6 倍とすることを提案している.最下段に関しては,修正合田式による計算値を上回る波圧が生じているが,最上段には,波圧がほとんど作用していない.

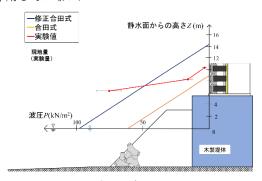


図-4 波圧分布(H_0 ' = 9m)

図-5 に、最下段の受圧板に作用する波力と波高の関係を示す。 H_0 '=8m で波力の実験値が大きくなるのは、消波工を乗り越えた波面が、柵の下部に直接作用することが原因と考えられる。耐波安定性の検討に用いる設計波 H_0 '=9m に対しては、実験値は修正合田式による計算値を3割程度上回ることが明らかとなった。

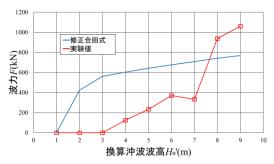


図-5 最下段の受圧板に働く波力

4.2 滑動特性

図-6 は,滑動実験から求めた滑動限界質量 M_S と,摩擦係数および作用波力から求めた滑動限界質量 M_F の比を示している。 M_S/M_F の値は,波高の増大とともに 1.0 から 0.8 に減少する傾向が見られる。これは波高が大きいほど作用波力のピーク値が増大するが,その作用時間が短くなるため,柵自体の滑動に直接寄与しなくなることが理由と考えられる。

図-7 に、柵の下部に設けた隙間の効果と、柵を後退させた場合の効果を示す。前出図-4 に示したように柵の最下段での波圧が大きいことから、その部分に隙間を設けることで、滑動限界質量を小さくするこができる。さらに後退距離を 5.0mとすることで、滑動限界質量を半分以下に低減できることが明らかとなった。

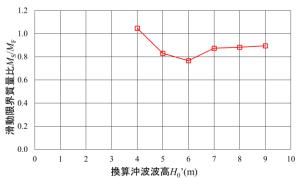
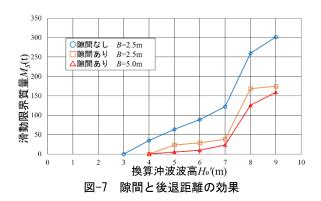


図-6 波高と滑動限界質量比 Ms/MFの関係



5. まとめ

- (1) 越波水塊の打ち上げ高さに基づいて,越波防止柵 の必要高さを求め,越波流量によりその妥当性を 確認した.
- (2) 自立型越波防止柵の作用波圧は、設計波である H_0 " =9m では、修正合田式を 3 割程度上回る.
- (3) 滑動実験結果に基づいて、自立型越波柵は最下部 に隙間を有する構造とし、護岸前面から後退させ て設置することが効果的であることを示した.

参考文献

- 1) 清水敏明ほか:海岸道路を走行する車両の高波によるフロントガラスの被害の分析, 土木学会論文集 B3 (海岸工学), Vol.66, No.1, I 746-I 750, 2010.
- 2) 上久保勝美ほか:海岸道路用防波フェンスの必要高さと作用波力に関する検討,土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.67, No.2, I 862-I 867, 2011.