

防波堤に設置した防波柵による伝達波低減効果とケーソン作用波力

株式会社不動テトラ (正) 三井順, (正) ○久保田真一, (フェロー) 松本朗, 小山裕文
 株式会社日本パーツセンター 古路裕子, 中口彰人
 金沢大学 理工研究域地球社会基盤学系 (正) 榎田真也, (正) 斎藤武久

1. はじめに

防波柵は多数の孔が開いた透過性の構造物であり、主に越波低減を目的として海岸護岸等に併設されている^{1),2)}。この防波柵を防波堤の上部工に設置することで、津波の越流時に防波堤背後のマウンドの洗堀が抑制されることが示されており³⁾、上部工の嵩上げと比較して低コストな津波対策工法として期待できる。さらに、荒天時には越波伝達波の低減による港内静穏度の向上も期待できる。一方、柵の設置によりケーソン本体への波力が増加する可能性がある。そこで本研究では、防波柵の設計法の確立に向けて、防波柵の設置による伝達波低減効果ならびにケーソンへの作用波力特性を把握し、効果的な柵の設置位置を提案することを目的として水理模型実験を行った。

2. 実験方法

実験には(株)不動テトラ総合技術研究所の長さ50m、幅1.0m、高さ1.5mの二次元水路を使用した。模型縮尺は1/50とした。防波堤断面図を図-1に示す。防波堤港外側の海底地形は勾配1/30、港内側は水平床とした。防波柵模型(図-2)は遮蔽率70%(面積比)であり、柵の高

さや設置位置を変化させて実験を行った(表-1)。実験波浪は不規則波を用い、表-2に示す2種類の波浪を作用させた。

ケーソンへの作用波力については、模型床に埋め込んだ三分力計により水平波力 F_x と鉛直波力 F_z を測定した。得られた時系列データはローパスフィルターにより固有振動数の55%(8.5Hz)以上の成分をカットし、固有振動の影響を除去した。また、次式により滑動合成波力 F_s を算出した。

$$F_s = F_x + \mu F_z, \quad \mu = 0.6 \quad (1)$$

ここに、 μ : 摩擦係数である。

伝達波高は防波堤背後1mおよび2mの2箇所で測定した有義波高の平均値として求めた。伝達率 K_t は入射波高に対する伝達波高の比として算出した。

実験は、同一の条件について2回繰り返し行った。

3. ケーソン作用波力

波力最大時の波作用状況のスナップショットを図-3

表-1 防波柵の設置条件(数値は現地スケール)

	位置①	位置②	位置③	位置④	位置⑤
柵高さ 3m	—	—	○	—	—
柵高さ 4m	○	○	○	○	○
柵高さ 5m	—	—	○	—	—
柵なし	○				

○の条件で実験を実施

表-2 波浪条件(数値は現地スケール)

	波浪1	波浪2
沖波周期 T_0 (s)	11.0	14.0
沖波波高 H_0 (m)	5.65	9.15
堤前波高 $H_{1/3}$ (m)	5.50	8.85
沖波波形勾配 H_0/L_0	0.03	0.03
相対水深 $h/H_{1/3}$	2.36	1.47
相対天端高 $h_c/H_{1/3}$	0.97	0.60

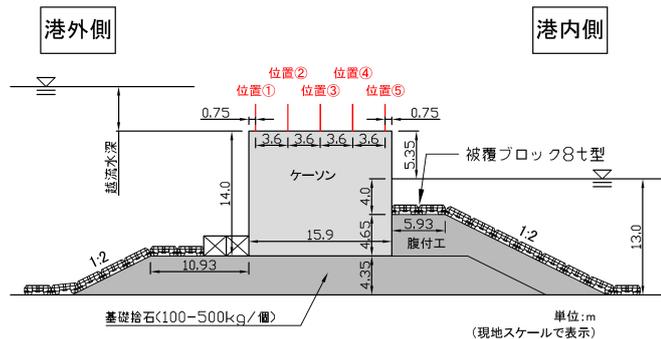


図-1 防波堤断面図

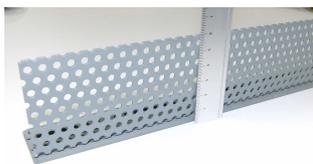


図-2 防波柵模型



図-3 波作用状況のスナップショット(波力最大時)

キーワード 防波柵, 透過性構造物, 防波堤, ケーソン作用波力, 伝達率

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町 2-7 (株)不動テトラ総合技術研究所 TEL:029-831-7411

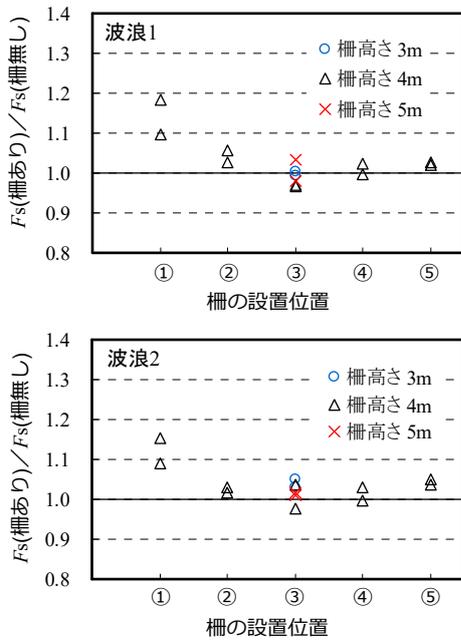


図-4 柵の設置による最大滑動合成波力の増加率

に示す。波浪1の条件では防波堤は碎波帯外であり、入射波は概ね非碎波の状態でケーソンに作用し、衝撃的な波力は作用していない。一方、波浪2では防波堤は碎波帯内となり、碎波した波が衝撃的に作用し、大きく打ちあがる様子が見られた。

柵の設置による最大滑動合成波力 F_s の増加率を図-4に示す。増加率は、柵の無い条件での最大滑動合成波力の2回平均値に対する比として算出した。柵を防波堤の前面（位置①）に設置した場合、1~2割程度波力が増加した。一方、防波堤前面以外に設置した場合は波力の増分は殆どないことがわかる。これは柵を後方に下げて設置した場合は、ケーソン前面と柵に波力が作用する時間の差が生じるためと考えられる。

4. 伝達波高

柵の設置による伝達波高の低減率を図-5に示す。低減率は、柵を設置した場合の伝達率（2回平均値）を柵の無い場合の伝達率（2回平均値）で除して算出した。なお、柵の無い条件での伝達率 K_t は、波浪1では0.14、波浪2では0.24であった。柵の設置位置に関しては、防波堤の中央あるいは後方に設置した方が、若干効果が高く、柵の無い場合と比較して伝達波高が約2割から3割低減されることがわかる。また、柵の高さの影響は比較的小さいことがわかる。

反射率について同様に整理したものを図-6に示す。柵の無い条件での反射率 K_r は、波浪1では0.80、波浪2では0.65であった。柵を防波堤前面に設置した場合（位

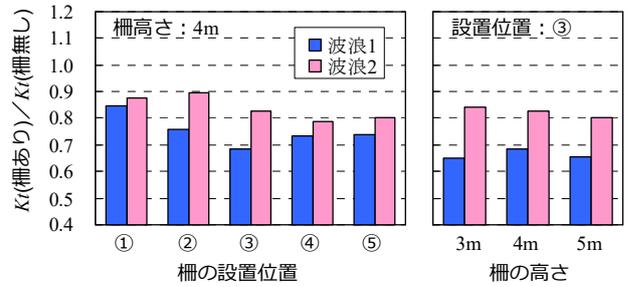


図-5 柵の設置による伝達率の変化

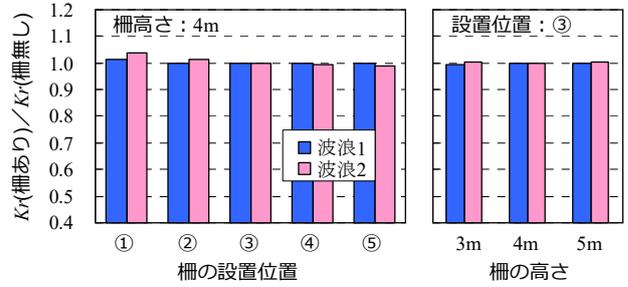


図-6 柵の設置による反射率の変化

置①）は、柵の無い場合に対して1.02~1.04倍とわずかに増加したが、それ以外の条件では0.99~1.01倍の範囲であり、柵の設置による影響はないと言える。

5. まとめ

本研究では、防波柵による伝達波高低減効果ならびにケーソンへの作用波力を水理模型実験により検討した。主要な結論を以下に示す。

- ① 防波柵を防波堤前面に設置すると、ケーソンへの作用波力が約1割から2割増大したが、それ以外の設置位置の場合は、波力は殆ど増加しなかった。
- ② 防波柵を防波堤の中央あるいは後方に設置することにより、防波堤背後の伝達波高は約2割から3割低減した。一方、反射率に関しては、柵の設置による影響は殆どなかった。
- ③ ケーソンへの作用波力や伝達波低減効果の点からは、柵を防波堤の中央あるいは後方に設置するのが良いと考えられる。

参考文献

1) 楳田ら(2012)：直立護岸上に設置された防波柵に作用する波力及び越波の基本特性，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.68, No.2, pp.I_786-I_790.

2) 楳田ら(2013)：防波護岸上に設置された防波柵による越波および波力の低減効果に関する研究，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.69, No.2, pp.I_766-I_770.

3) 三井ら(2018)：防波堤に設置した津波減衰柵の性能に関する実験的研究，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol.74, No.2, pp.I_151-I_156.