

ケーソン式護岸のマウンド透過波による防砂シート被災対策

横浜港湾空港技術調査事務所 正会員 ○藤村 公宜 正会員 小濱 英司
 株式会社エコー 正会員 長谷川 巖 正会員 稲垣 茂樹
 鹿島港湾・空港整備事務所 八木橋 貢

1. はじめに

港湾埠頭用地の不足等の空間的な制限から外洋に面した場所で埠頭建設を求められ、防波堤を設けず波浪条件が厳しい状況下で防波護岸が建設されることがある。このような条件下で建設されるケーソン式防波護岸においては、埋立土の吸出しによる背後地の陥没・沈下が重要な課題であり、その1つとして、マウンド透過波による防砂シート破損が挙げられる。これは、ケーソン前面の波圧がマウンド内を透過し、大きな圧力変動が裏込石内で発生することにより防砂シートを破損させるものである。この対策としては、圧力を低減するために裏込石を埋立地盤の天端まで延ばして圧力を開放する圧抜き工法が知られている¹⁾²⁾。本検討では、裏込石のどの程度の面積を気中に開放すればよいのか定量的に把握するため、水理模型実験を実施し、圧抜き工法の現地への適用性を検証した。

2. 実験概要

水理模型実験は、二次元造波水路（長さ 38.0m、高さ 1.5m、幅 1.0m）を使用し、模型縮尺 1/50 で実施した。実験条件を現地スケールで示すと、海底勾配は 1/50、護岸堤脚水深 h は潮位 H.W.L.+1.5m 含んで 14.0m である。護岸の構造形式はケーソン式護岸で、越波実験結果において整備目標値である許容越波流量 $0.10\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を満たす必要天端高 $h_c=10.5\text{m}$ とした。上部工には波返し工があり、形状は上部工の斜面部が直立壁に対して 45° で張出し、張出幅と張出高が 1.0m の波返し工である。実験は、圧抜き工として裏込石上部を埋立地盤天端+4.5m まで立ち上げ、圧抜き開口部を開口部なし、護岸法線直角方向の開口幅を 0.5m、1.0m にした 3 条件と、この開口幅 1.0m にした状態を開口率 100% として、護岸法線平行方向に開口部を塞いだ開口率 50%、25%、6% の 3 条件の計 6 条件について実施した。計測は、ケーソン前面の水位 (ch.5)、ケーソン前面下側の波圧 (ch.10)、ケーソン背面の圧力 (ch.11,12)、防砂板の圧力 (ch.13~15) について測定した。実験模型断面及び計測器配置について図-1 に示す。入射波は、有義波高 $H_{1/3}=8.1\text{m}$ 、有義波周期 $T_{1/3}=14.0\text{s}$ の修正 Bretschneider-光易型の周波数スペクトルを有する不規則波とし 3 種類の波群を作成した。実験では、波作用開始後に実験水路内で反射波が安定するまでの 3 分間の待ち時間の後に、サンプリング周波数 200Hz で約 200 波分の計測を行った。なお、実験は、護岸を越波する波とマウンド透過波の相互作用を再現するため、圧抜き工上を越波水が流れる状況で行なった。その外に、裏込石内の水位が、マウンド透過波により上下に変動し、圧抜き工開口部から水が湧き出す懸念があったため、越波水を止水して湧き出しの状況についても確認を行った。さらに、裏込石内の圧力変動は、水粒子の往復運動で生じているのか、または、圧力伝播で生じているのかを裏込石内に染料を注入して水粒子の動きを可視化し確認した。

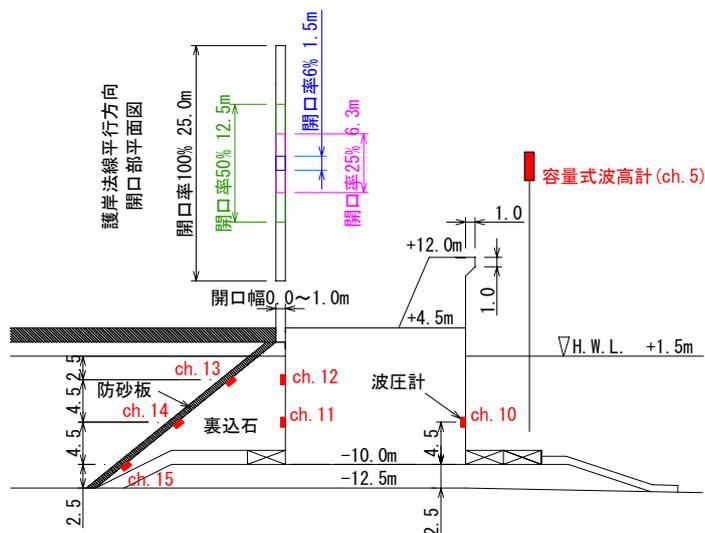


図-1 実験模型断面及び計測器配置

キーワード 護岸, ケーソン式, 防砂シート, 圧抜き, マウンド透過波

連絡先 〒221-0053 神奈川県横浜市橋本町2-1-4 横浜港湾空港技術調査事務所 TEL045-461-3897

3. 実験結果

圧抜き開口部なし及び開口率を変化させて測定した各地点の水位、波圧及び圧力を、時刻歴波形の一部を抽出して図-2に示す。開口部なしの場合、ケーソン背後(ch.11)の圧力変動は、ケーソン前面下端(ch.10)と類似した波形となり、ケーソン前面下端に作用する波圧が同位相で伝達されることを確認した。さらに、開口部を設けた場合、ケーソン前面下端に比べてケーソン背後や防砂板の圧力変動は、開口率6%でも、ある程度の減圧効果が認められ、開口率25%以上では圧力変動がさらに緩くなり、防砂シートの被災対策として効果があることを確認した。

開口幅1mで開口率25%のケーソン背後(ch.11)及び防砂板(ch.14)の時刻歴圧力波形は、図-3に示すように完全に一致している。図には示していないが、裏込石内で計測したch.11~ch.15の圧力波形は全て同じ波形であった。また、裏込石内に染料を注入し水粒子の動きを可視化した結果、明確な動きが確認されなかったことから、裏込石内の圧力変動は、水粒子の往復運動によるものではなく圧力伝播によるもので、開口部を設けても圧力は裏込石内において一様であることを確認した。

さらに、開口面積が同じである護岸法線直角方向開口幅0.5mで法線平行方向開口率100%のケースと開口幅1.0mで開口率50%のケースについて裏込石内の圧力を比較すると(図-4)、正の圧力のピークの出方が多少違うもののほぼ同じ波形となることから、開口面積が同じであれば同等の効果が得られるといえる。

開口部からの湧き出しについては、開口率100%及び50%のケースは浸み出すように極少量の湧き出しが、開口率25%及び6%のケースでは気泡とともに噴き出す様子が確認され、特に開口率6%のケースではその傾向が強かった。いずれの場合も越波流量に対する湧き出し量は極少量であり問題ないが、背後地の埋立地盤天端が低い場合などには留意が必要である。なお、1/50の縮尺模型では、気泡の状態まで現地と相似になるものではないので、湧き出し現象に関しては大きな模型による水理実験を行うことが望ましい。

4. おわりに

ケーソン式護岸のマウンド透過波による防砂シート被災対策として、裏込石天端を空中に小面積でも開放することで、ある程度の裏込石内圧力低減効果が得られる。また、本検討断面においては、裏込石天端を護岸法線直角方向開口幅1.0mで護岸法線平行方向開口率25%以上の面積を空中に開放することにより、裏込石内の圧力変動が緩くなり防砂シートの被災対策になると考えられる。

参考文献

- 1) 高橋重雄, 鈴木高二郎, 徳淵克正, 岡村知光, 下迫健一郎, 善 功企, 山崎浩之: 護岸の吸い出しに関する水理模型実験, 港湾技術研究所報告, Vol.35 No.2, pp.3-44, 1996
- 2) 運輸省港湾局監修: 管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル, (財)港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所発刊, p35, 2000

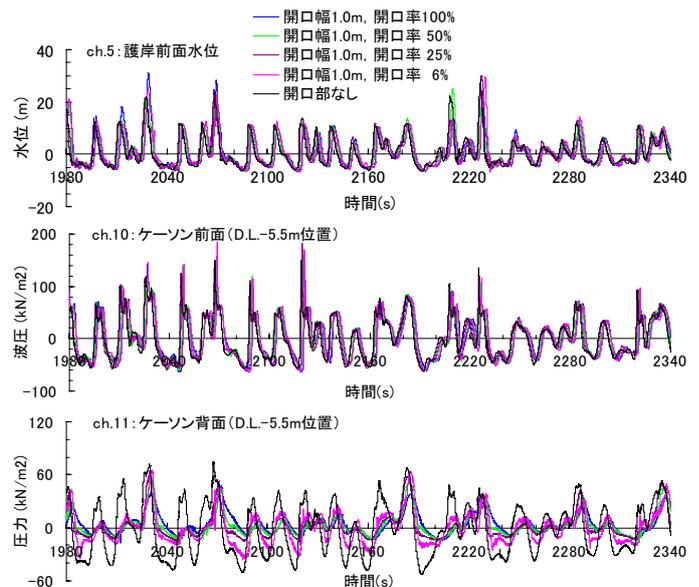


図-2 開口率の違いによる圧力比較図

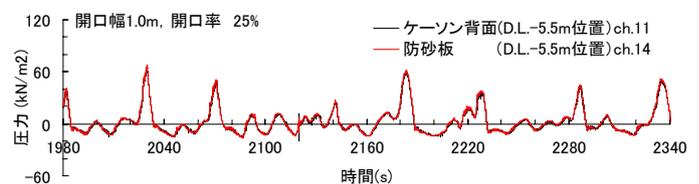


図-3 裏込石内の圧力比較図

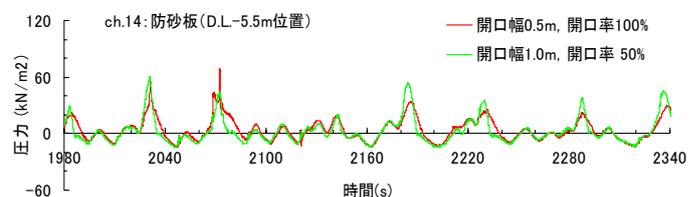


図-4 開口面積が同じ場合の圧力比較図