

津波時の防波堤基礎マウンドの安定化構造に関する遠心模型実験

東洋建設 (株)	正会員	○鶴ヶ崎和博
同上	正会員	宮本 順司
同上	正会員	HEM Ramrav
東電設計 (株)	正会員	岩本 哲也
同上	正会員	中瀬 仁

1. はじめに

大きな津波が防波堤に來襲すると、港内外の水位差によってマウンド内に浸透流が発生し、ケーソン後趾付近のマウンドが不安定化することで、マウンド崩壊やケーソン倒壊に至る可能性がある¹⁾。浸透に対してマウンドを安定させる対策として、ケーソン背面に設置する腹付工の効果が期待されている²⁾。本研究では、浸透に対して防波堤基礎マウンドを安定化させる構造を提案し、対策効果をドラム遠心載荷装置の水路を用いた津波実験(図-1)により確認する。

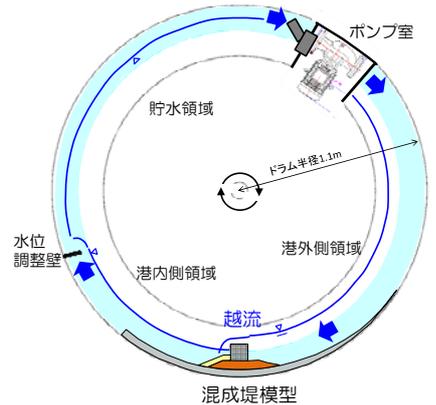


図-1 遠心力場の津波実験水路

2. 実験ケース：浸透に対するマウンド安定化構造

実験ケースを図-2に示す。このうち、①無対策と②捨石による全体腹付工のケースは既往実験¹⁾からの参考ケースである。本研究で取り上げる対策工は図中の A, B の2種類である。ここで、Aでは、腹付工として袋状ユニットを利用した場合の効果を通常の腹付工の場合と比較する。Bの対策工は、マウンド内に通水管を設置することで礫内の浸透流を抑制しマウンドの不安定化を防止するという考え方⁴⁾⁵⁾でありその効果を実験で検証する。実験はすべて遠心力場 70g で実施した。なお、捨石マウンドを対象とした遠心力場津波実験の相似則については既往研究³⁾に詳しい。

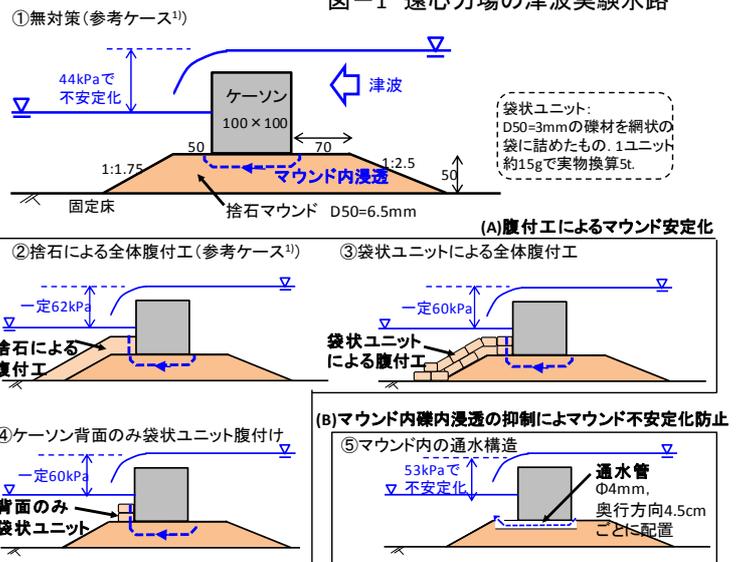


図-2 実験ケースの概要とマウンド安定化構造(単位:mm, 1/70模型)

3. 実験による対策効果の確認

(a) 袋状ユニットを利用した腹付工の効果：腹付工の対策効果を、越流開始からマウンド崩壊開始までの時間で比較する(図-3)。ケーソン背面のみに袋状ユニットを設置するだけの構造(ケース④)で、マウンドが安定を保つ時間が、無対策の場合より長くなり捨石による腹付工のケース②の時間に近くなるのがわかる。ケース④の腹付工体積はケース②の体積の僅か 0.2 倍であるが、安定を保つ時間はケース②の 0.7 倍と長い。さらに、腹付工全体を袋状ユニットで構成する場合

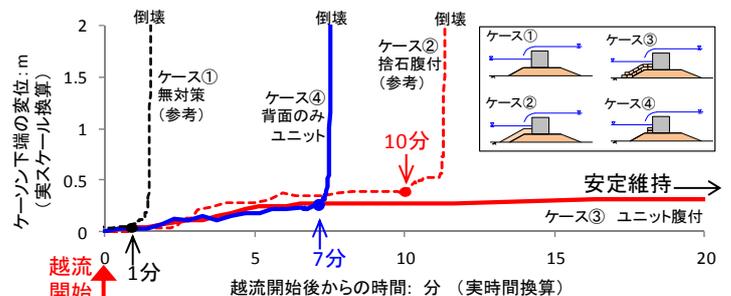


図-3 腹付工の効果の比較

キーワード 遠心模型実験, 津波, 防波堤, マウンド

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL 0798-43-5903

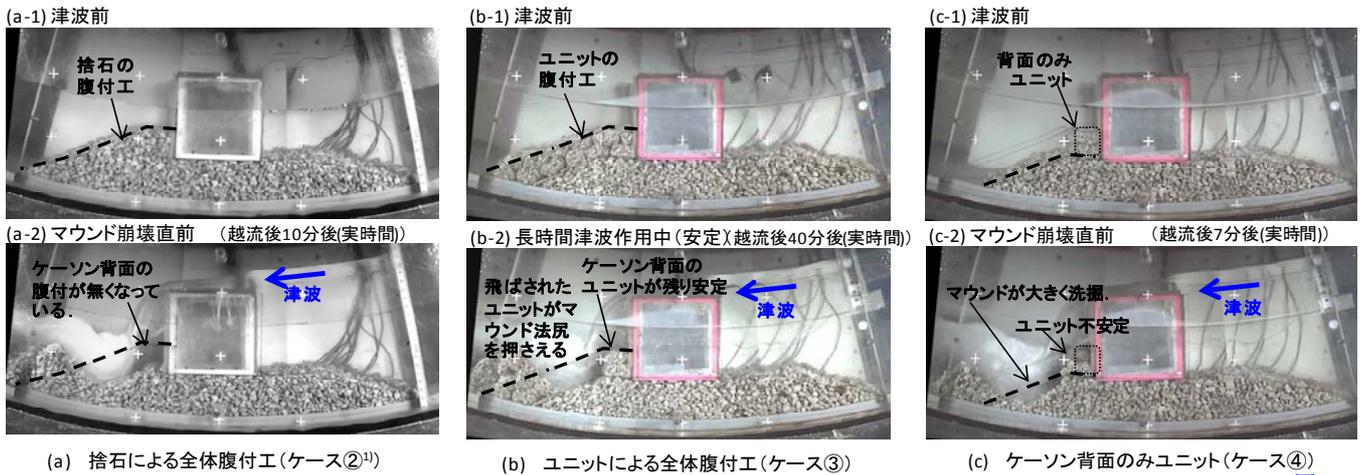


図-4 津波越流時の腹付工によるマウンドの安定化状況

(ケース③), マウンドは津波越流に対して最も安定する。

上述したそれぞれの対策効果の違いを、腹付工やマウンドの津波越流による変状から考察する(図-4)。ケース②¹⁾のマウンド崩壊直前の状況から、越流により腹付工が洗掘されケーソン背面付近の腹付工が無くなっていることがわかる(図(a-2))。この後直ちにマウンドは崩壊する。袋状ユニットによる腹付工のケース③では、越流によりユニットの大部分は飛ばされるもののケーソン背面のユニットが留まっている(図(b-2))。ケーソン後趾付近のマウンドを押さえ続けマウンドが安定を保ったと考える。ケーソン背面のみユニットを設置したケース④では、越流によりマウンドが大きく洗掘され、ケーソン背面のユニットが不安定な配置になっている(図(c-2))。ケース③と④を比べると、③では飛ばされたユニット群がマウンドの法尻周辺を押さええておりこれよりマウンドの洗掘が発達せず、背面のユニットが安定したことがわかる。

(b) マウンド内通水構造の効果：通水構造を設置したマウンド内の間隙水圧分布(ケース⑤)を無対策のケース①と比較して図-5に示す。ここで、ケース⑤の間隙水圧は通水管と通水管の間の礫内で測定したものである。無対策の場合に不安定化が始まる港外側のケーソン波圧 C1 が 31kPa の時点の両ケースの分布(図中、青●と赤●)を見る。無対策ではケーソン後趾直下のマウンド内の間隙水圧 M9 が局所的に上昇しているのに対し、マウンド内通水構造のケースでは礫内の間隙圧の上昇が抑制されている。その後、通水構造のケースでも間隙圧の上昇がおこっているが無対策の場合より小さい(赤○)。無対策の場合のマウンドが不安定化する時の港内外の水圧差は 44kPa であるのに対し、マウンド内通水構造の場合は 53kPa であり、マウンド内通水構造は無対策の場合の 1.2 倍の水圧差まで安定を保った。

4. まとめ

浸透に対して防波堤マウンドを安定化させる構造を提案し遠心模型実験により確認した。ケーソン背面のみに袋状ユニットを設置するだけの構造でマウンドが安定化することを得た。マウンド内通水構造により、礫内浸透流が抑制されマウンド内の局所的な間隙圧上昇を抑えられ大きな水圧差まで耐えられることを確認した。

参考文献： 1) 鶴ヶ崎ら, 越流時間の長い津波による混成防波堤の挙動, 土木学会論文集 B2, 71(2), 1069-1074, 2015. 2) 佐々ら, 津波越流—浸透連成作用による防波堤の不安定化機構と腹付け効果の検証, 土木学会論文集 B3, 70(2), 522-527, 2014. 3) 高橋ら, 遠心力場における防波堤基礎地盤に対する津波浸透実験, 土木学会論文集 B3, 69(2), 365-370, 2013. 4) 国交省港湾局, 防波堤の耐津波設計ガイドライン, 部分改訂版, 参考資料 V, p. 34, 2015. 5) 佐々, 港湾構造物の津波防災—地盤ダイナミクスの重要性と対策, 地盤工学会誌, 64-3, 4-7, 2016

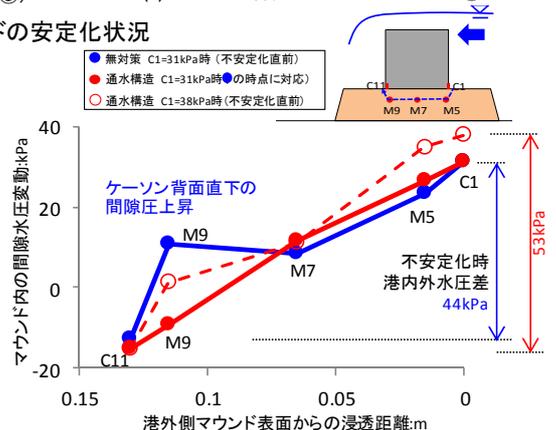


図-5 マウンド内通水構造の効果：間隙水圧分布比較