

津波越流に対する海岸堤防の法尻洗掘対策に関する水理実験と数値計算

大成建設 (株)	技術センター	正会員	○小俣 哲平
大成建設 (株)	技術センター	正会員	本田 隆英
大成建設 (株)	技術センター	正会員	織田 幸伸
大成建設 (株)	技術センター	正会員	伊藤 一教

1. 目的

2011 年東北地方太平洋沖地震津波以降、海岸堤防に粘り強い構造が求められている。津波越流による海岸堤防の浸食や洗掘は、それぞれ堤体の法肩および法尻部に集中して生じることが報告されている。そこで、法尻部を対象に局所洗掘軽減のための対策工を提案するため、法尻における対策工検討の基礎的な知見を得ることを目的に、堤防模型を用いた固定床実験及び再現解析を実施した。

2. 法尻対策工を設置した固定床実験概要概要

図-1 に示す縮尺 1/25 を想定した堤体模型を、幅 0.4m、長さ 4.0m の二次元水路に設置し、水理模型実験を行った。法尻対策工として、幅 0.02m の堰型対策工模型（高さ d は 0.01m, 0.03m, 0.09m）を、法尻から下流に 20cm の地点に設置した。実験では津波が堤体を越流している準定常状態を想定し、貯水タンクからポンプにより流れを発生させた。堤体表面の圧力をマノメータにより測定し、また底面付近の流速をレーザー流速計により、底面付近の流速を測定した（堤体法尻付近の底面上 1cm の高さで 5 点測定）。水位は、ポイントゲージにより水路中央で縦断方向に測定した。実験結果を図-2 に示す。同図は流量 $Q=0.043 \text{ m}^3/\text{s}$ の条件で法尻対策工の高さを変化させた場合のピエゾ水頭と水面形の分布を示している。対策工なしの結果を見ると、水面形は堤体に沿った形状であるのに対し、ピエゾ水頭は法肩部、法尻部で局所的に変化していることが分かる。この局所的な圧力変化が、法肩部の被覆工のめくり上がりや、法尻部の洗掘を促進させていると考えられる。対策工を設置した場合、高さが 1cm と 3cm のケースでは、その影響は法尻対策工前面付近に限定されている。これに対し高さ 9cm では、ピエゾ水頭、水面形ともに大きく変化し、対策工前面で多くの水が堰き止められることにより、法尻付近の局所的な圧力変化が緩和されている。本法尻対策工の有効性が確認され、また、流量に対する有効な対策工高さには閾値が存在することが示唆された。

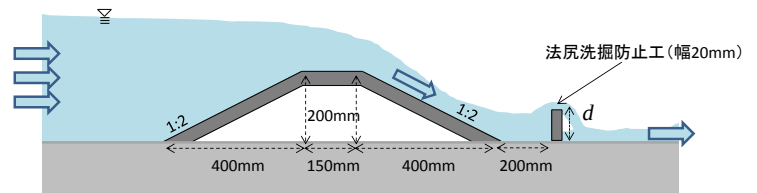


図-1 実験模型図 (単位:mm)

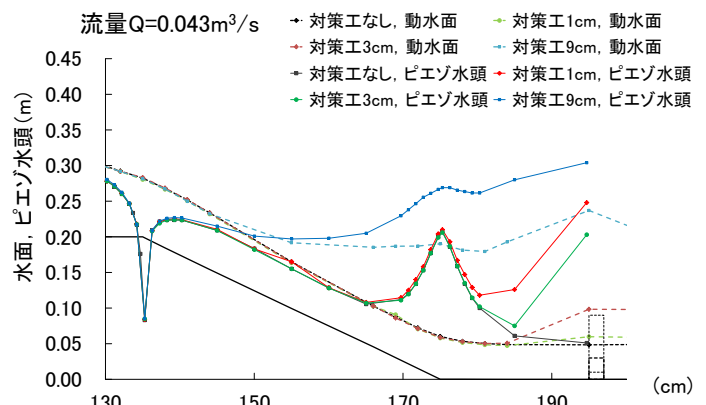


図-2 実験結果

3. 数値解析による再現計算

実験結果を詳細に検討するため、3次元数値流体解析ツール OpenFOAM を用いて再現解析を行った。解析の対象ケースは、流量 $Q=0.043 \text{ m}^3/\text{s}$ における対策工なしの場合と法尻対策工高さ 3cm, 9cm のケースである。解析モデルは二次元水路で実施した実験条件に合わせて設定した。計算格子サイズは最小で 1.25mm であり、

キーワード 津波越流, 海岸堤防, 粘り強い, 洗掘防止, OpenFOAM

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 (株) 技術センター 土木技術研究所 TEL045-814-7234

乱流モデルは標準 $k-\varepsilon$ モデルを使用した。

(1) 対策工なしのケース

対策工のない堤体のみの場合の解析結果を、図-3～図-5 に示す。図-3 は圧力分布図であるが、実験で確認された堤体法肩で局所的な負圧，法尻で大きな正圧を確認できる。図-4 は、堤体表面の圧力分布の解析結果と実験結果を比較したものである。解析結果は実験結果の傾向を良好に再現できているが、法肩・法尻部での圧力変化が過小評価されている。計算格子のサイズをより細かくする必要があると考えられる。図-5 は、対策工がないケースにおける法肩・法尻部分の流速鉛直分布である。法肩の底面側・法尻の水面側で流速が大きくなっており、流線の曲率が大きいほど流速が大きくなることが分かる。解析でもこの傾向が再現されているが、底面近傍や特に(iv)断面において実験の再現精度が低く、これが圧力の再現精度の原因となっていると考えられる。

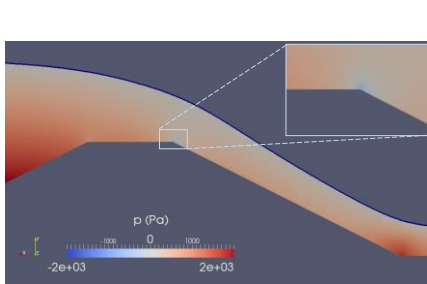


図-3 圧力分布解析結果

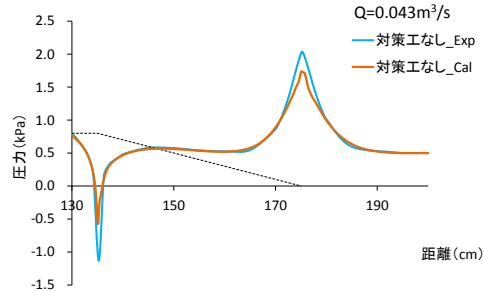


図-4 実験と解析の比較（対策工なし）

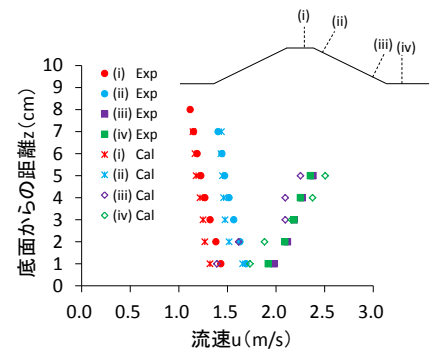


図-5 法肩・法尻での流速分布

(2) 法尻対策工設置のケース

法尻に対策工を設置したケースの再現結果を示す。図-6 は図-3 と同様、圧力分布の再現結果を実験と比較したものである。対策工 3cm の場合は概ね良好に再現できているが、対策工が 9cm の場合では法肩部から対策工にかけて全体的に過小評価になっている。実験において法尻付近で測定された局所的な圧力の解析精度が低く、法尻対策工による局所圧力の緩和効果を過大に評価している。対策工の高さが高いと対策工前面での水位が高くなり、渦の発生による乱れの影響が大きくなっている。これを、解析で再現できていないためと考えられ、再現精度向上のためには乱流モデルや計算格子サイズの再検討等を行う必要があると考えられる。

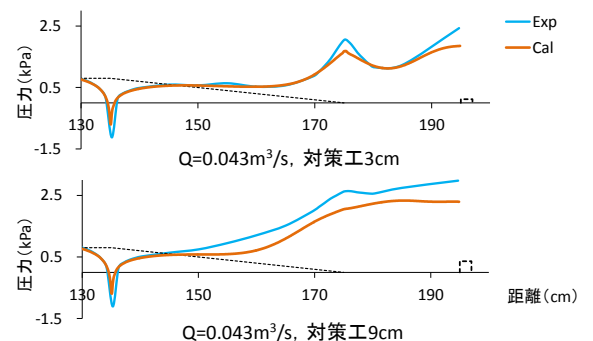


図-6 法尻対策工設置ケースの計算結果

4. 結論

津波越流を想定した固定床の堤体水理模型実験と数値解析による再現解析を行った。法尻部に堰型の対策工を設置することで、法尻付近における局所圧力変動が軽減されることを確認した。数値解析では対策工が高いケースの再現に課題が残るものの実験の傾向を概ね再現できた。有効な法尻対策工の高さは、流量と対策工設置位置等に相関があると考えられるため、数値解析の精度向上とともに、今後検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 加藤 史訓, 諏訪 義雄, 鳩貝 聡, 藤田 光一: 津波の越流に対して粘り強く減災効果を発揮する海岸堤防の構造検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.1, 31-49, 2014.
- 2) 本田 隆英, 織田 幸伸, 伊藤 一教, チャトラ マナワセカラ, 中村 友昭: 盛土材料に着目した津波越流に対する海岸堤防の粘り強さに関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No.2, p.I_859-I_864, 2015.