

津波引波時に対する動力式護岸の安定性の検討

早稲田大学 学生会員 ○太田 海道
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. 研究の概要

港湾施設である重力式護岸は津波来襲時に押波だけでなく引波時に護岸ケーソンが滑動・転倒を起こし安定性が失われる可能性がある。護岸ケーソンの引波時に破壊されるメカニズムを調べるため水理模型実験と数値解析を行った。引波時の護岸の周辺流速や圧力分布を把握し、護岸ケーソンの引波時の安定性を検討する。

2. 対象モデルと水理実験

今回対象とした護岸ケーソンは堤体高さ 8.0m、堤体幅 5.0m の中規模な構造である。厚さ 1.5m の捨石マウンドの上に設置され背面は裏込め石が置かれ、裏込め石と背面の埋め立て土砂の間には止水用（不透水）のシートが設置されている。この護岸を対象に引波の水理実験を実施した。模型の概要を図 1 に示す。模型縮尺は 1/10 とした。模型地盤作製後、ケーソン天端付近まで注水して、その後、ケーソン前面側をポンプアップにより水位を低下させた。このとき、ケーソン背後の水位が低下する場合には、ポンプアップした水をケーソン背後に供給し、可能な限り背後の水位を一定に保った。ケーソン周辺地盤の、物性値として捨石の乾燥単位体積重量を 16kN/m³、捨石層の透水係数を 0.0388m/s、内部摩擦角を 30°とした。構成材料を表 1 に示す。ケーソンとマウンド間の静止摩擦係数を 0.6 とした。模型地盤の製作は気中落下法によった。8 個の水圧計によりケーソン周辺の水圧を、4 台の変位計でケーソンの水平変位と鉛直変位を計測した。

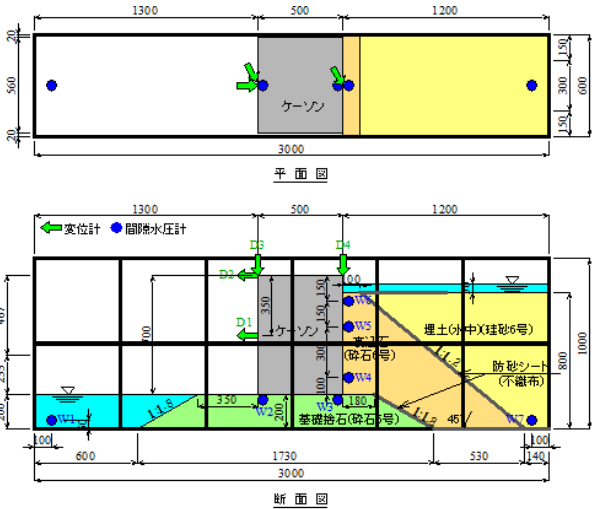


図 1 模型の概要

表 1 使用材料の物性

項 目	材 料	備 考
埋土	飯豊珪砂 6 号	相対密度 $Dr \approx 60 \%$
捨石	砕石 5 号	粒径 20～13 mm
裏込	砕石 6 号	粒径 13～5 mm

3. 数値解析と実験との比較

数値解析は流体解析プログラム FLOW-3D にて行った。初期水位は基礎から鉛直上方 8m、則ちケーソンの最上部と同じ高さに設定した。

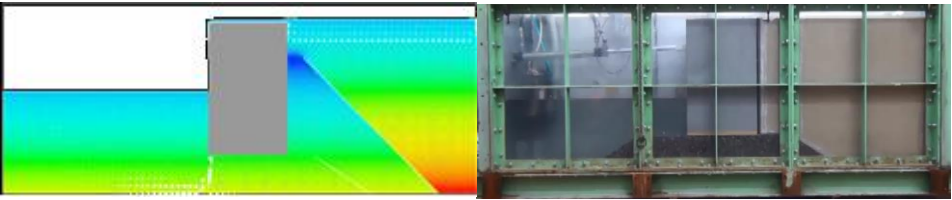


図 2 数値解析と水理実験の比較

要素数は 30000 とし、積分間隔は 1.2s とした。図 1 の右端埋土上から 3m/s で水が流入し、左端から 30000 秒で水位 0m になるまで定圧流出するように境界条件を設定した。図 2 はケーソン前面の水位が基礎上方から約 4m となったとの結果と実験の画像を比較したものである。図 3 は沖方向への護岸背面の流体力の合力が最大となったときの図である。矢印は流体の速度ベクトルを示している。ケーソン前面の水は排出してしまっているが、背面において水が滞留し、前面で水位がマウンド面まで下がったときに沖方向への流体力の合力が最大

キーワード 津波、引波、護岸、浸透流、流体圧

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 社会環境工学科 清宮研究室 TEL 03-5286-3852

となった。また、このときのケーソン背面にかかる流体力は320kN/mであった。なお、マウンド内ではこの時点で沖側に流れが生じているが堤体のすぐ下では越流により陸側の流れが計算されマウンド内の流れは複雑であった。また、解析開始から0s、24000s、30000sのケーソン背面の高さとその部分に作用する水圧の関係を図4に示す。なお、0s、24000s、30000sにおけるケーソン底面からの水位はそれぞれ8m、4m、0mであった。浸透流により静水圧分布でなく、不規則な分布をしていることが分かる。図5に水圧の実験値(点線)と解析値(実線)の比較を示す。これより解析は概ね実験結果を説明できることが分かる。しかし50秒以後計算では計算誤差等により圧力値が乱れていた。この実験の結果ではケーソンに変位は生じ最終的には滑動した。グラウンドアンカーや腹付けによる対策工法を行った場合滑動は生じなかった。

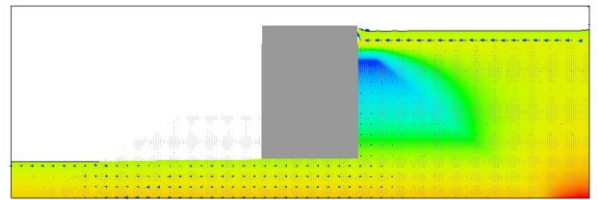


図3 背面の流体力最大時の流速分布

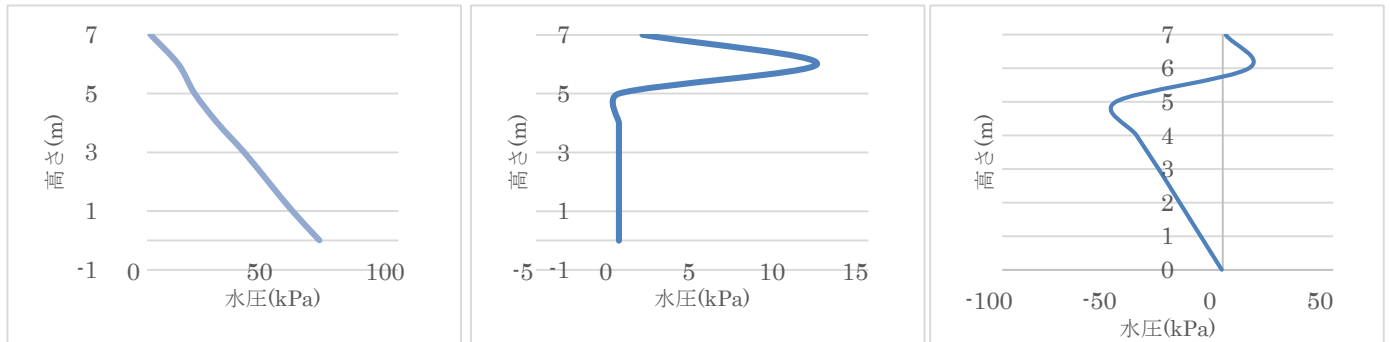


図4 測定された水圧分布 (左:0s、中央:24000s 右:30000s)

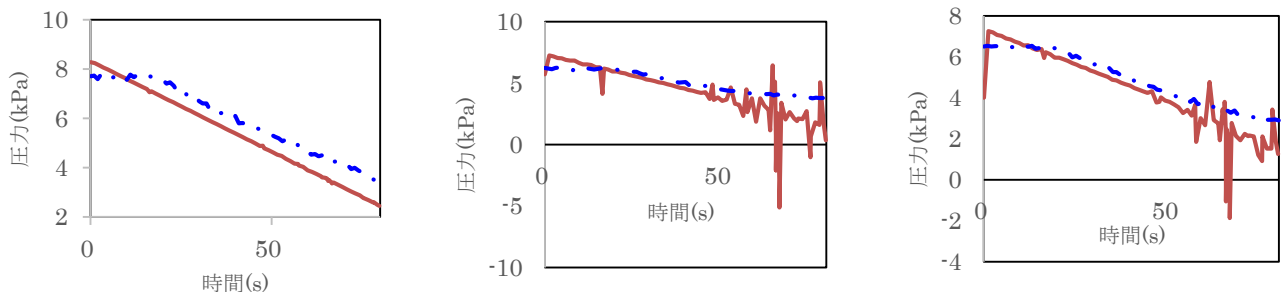


図5 圧力の実験値(点線)と解析値(実線)の比較(左:護岸前面、中央:堤体前趾、右:堤体)

4. まとめ

津波の引波による護岸の安定性は従来構造設計時にあまり検討されていなかった。しかし、引波時に残留した背面の水圧と流体力により護岸の安定性が失われる時がある。しかし実験結果と数値解析結果より堤体周辺で複雑な流れが生じており、流体力₂による堤体と流れによるマウンドの安定性の検討が必要である。安定性を確保するため腹付、前面杭あるいはグラウンドアンカーなどを設置の対策が必要になる。これら対策工法により引波時の堤体の安定性は増加する。

参考文献: 1)太田海道, 清宮理: 津波引き波に対する護岸の安定解析, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第6部門, 2016年

2)吉田誠, 清宮理: グラウンドアンカーによる重力式岸壁の耐震補強に関する研究, 土木学会論文集, vol.69, No.1, pp.69~88, 2013.3