早稲田大学 学生会員 〇太田 海道 早稲田大学 フェロー 清宮 理

平面図

実験概念

14

← 変位計 ◆ 間隙水圧計

図1

1. 研究の概要

港湾施設である護岸は津波来襲時に押波だけでなく引波時に堤体が滑動・転倒など安定性が失われる可能 性がある。堤体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、護岸の引波時の安全性を調べ引波対策を検討する。

2. 対象モデルと水理実験

今回対象とした重力式護岸は堤体高さ 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。また護岸前面には抑えのための腹付が設置され ている。腹付は滑動に対する安全性の増加と引波時の護岸前面の落下の 流れにたいしてマウンドの洗掘を守るためである。この護岸を対象に引 波の水理実験を実施した。実験概念を図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する。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る。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つ。8個の水圧計により堤体周辺 の水圧を計測し4台の変位計で堤体の水平と鉛直変位を計測した。引波対策として図1に示す腹付け工法、杭 前面打設工法およびグランドアンカー工法を選定し対策のある場合とない場合の検討を行った。ここでは腹 付け工法のみ報告する。対策が無い護岸の場合は、この引波実験でマウンド前面が崩れ、ケーソンが前面に





大きく滑動沈下した。腹付工法では引波実験時には 堤体の変位は計測されず安定を保った状態であった。ケーソン周辺地盤の、物性値として、静止 摩擦係数を 0.6、石の乾燥単位体積重量を 16kN/m³石の透水係数を 0.0388m/s、内部摩擦力 を 30°とした。構成材料に関しては**表 3**に示す。

項目	材 料	作製方法	備考
埋土	飯豊珪砂6号	気中落下法	相対密度 Dr≒60 %
捨石	砕石5号	気中落下法	粒径 20~13 mm
裏込	砕石6号	気中落下法	粒径 13~5 mm

表3

砂層の物性

模型の製作は気中落下法によった。引き波実験時の堤体周囲の水圧の時系列計測結果を図2に示す。約80秒 で護岸前面と水圧はほぼ一定となったが、ケーソン中央では水圧がやや残留していた。

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 TEL03-5286-3852

-636

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 7m とケーソンの最上 部と同じ高さに設定した。



図3 解析の経過と実験の画像(左:解析 右:実験)

図1の右端埋土上から 3m/s で水が流入し、左端から定圧で 25 秒で水位 0mになるまで流出するように境 界条件を設定した。図3はケーソン前面の水位が腹付けの高さと等しくなった解析の結果と実験の画像を比 較したものである。



図4 背面の流体力最大時の流速分布



図5 マウンド内の流速分布

図4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。排水開始から20秒経過後である。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、流体力が作用するが前面で流体力がかからないことが沖方向への流体力の合力が最大となった。また、このときのケーソン背面にかかる外力は320kN/mであった。また解析開始から26秒後の堤体前趾でのマウンド内の高さと水平方向の速度の関係を図5に示す。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。

図6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正確な値を示していること が分かる。しかし 50 秒後より計算では計算誤差によるものか不明であるが値が乱れていた。

実験の結果ではケーソンに変位は生じなかった。これは止水用シートが浸透流による、流体圧を抑え、腹付けの土圧による抵抗力が作用したためと考える。



図8 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被害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。腹付、前面杭あるいはグランドアンカーな どを設置の対策が必要になる。対策工法により引波時の堤体の安定性は増加する。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。