

SPH-DEM 連成解析による防波堤の付加的な耐津波対策の評価に関する研究

東電設計(株)	正会員	○岩本 哲也	正会員	中瀬 仁
(国研) 海洋研究開発機構	非会員	西浦 泰介	正会員	阪口 秀
東洋建設(株)	正会員	宮本 順司	正会員	鶴ヶ崎 和博
京都大学工学研究科			正会員	清野 純史

1. 目的と背景

2011 年東北地方太平洋沖地震において、津波越流による防波堤捨石マウンドの洗掘による被害が注目された。本稿では、SPH-DEM 連成解析を用いて津波による混成堤の倒壊シミュレーションを実施し、洗掘対策の効果について解析的に検討した。

2. 解析手法およびモデルの作成

解析手法： 本手法¹⁾では、津波を Smoothed Particle Hydrodynamics (以下 SPH) でモデル化し、捨石および構造物を Distinct Element Method (以下 DEM) でモデル化した。捨石の形状効果による摩擦力に対応する計算モデルとして転がり摩擦を導入している。支配方程式については Anderson と Jackson の基礎式に従うものとし、流体と個体の相互作用力については, Gidaspow のモデルを用いた。**モデルの作成：** まず DEM 粒子を自由落下させることで、捨石マウンドモデルを作成し、その上にケーソンを載せることで混成堤モデルを作成した。また港内側と港外側の SPH 粒子を循環させることで津波越流を再現した。なお本検討は、遠心模型実験をベースにした検討であるため、模型スケール(1/70)で三次元解析モデルを作成している (図-1)。

3. 解析結果

腹付工無しのケース： 作成した混成堤モデルに、越流水深 2.5cm (実規模で 1.75m) に相当する津波を作用させたところ、越流開始後すぐに混成堤は倒壊した (図-2 (i))。 **マウンドの一部を固化したケース：** 前述の腹付工無しの混成堤モデルに対して、港内側のケーソン下端付近のマウンドを固化する対策を付加したところ、破壊形態が変化し、変形しつつもケーソンはある程度の安定性を保持していた (図-2 (ii))。 **腹付工有りのケース：** 対策として腹付工を付加した混成堤モデルに対して同様の津波を作用させたところ、越流開始後港内側の腹付工が洗掘を受けて継続的に減少してゆき、越流開始後からおよそ 4.0s でケーソンが急激に大きく移動し、混成堤は倒壊に至った (図-2 (iii))。 **腹付工+台形ケーソンのケース：** 対策として通常のケーソンの代わりに台形ケーソンを採用した混成堤モデルで検討を実施したところ、波力の鉛直成分が滑動抵抗を増加させる効果により、越流開始後からケーソン倒壊に至るまでの時間は 7.3s となった。なお破壊過程については、ケーソンが徐々に傾斜しつつある時点で倒壊するというものであった (図-2 (iv))。 **腹付工+パラペットのケース：** 傾斜構造を上部に持つケーソンを採用した混成堤モデルで検討を実施したところ、越流後の打ち込み位置が変化することによってマウンドは洗掘を受けることなく、混成堤の安定性は保たれ続けた (図-2 (v))。

4. まとめ

本稿では SPH-DEM 連成解析を用いて、混成堤の津波越流による洗掘対策について解析的に検討した。その結果、腹付工の付加による洗掘に対する抵抗効果の増大や、様々な対策の効果を定性的に表現することが出来た。これは、マウンドの洗掘やケーソンの倒壊といった変形量の大きい複雑な問題に対して、本手法が適用性を有していることを示唆するものである。実務への適用に際しては、摩擦パラメータなどに関する検証事例を蓄積する必要がある。

参考文献

1) 岩本哲也, 中瀬仁, 西浦泰介, 鶴ヶ崎和博, 宮本順司, 清野純史: 津波による防波堤捨石マウンドの変形問題における流体抗力モデルに基づいた SPH-DEM カップリング解析の適用性, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 71, No. 2, I_579-I_586, 2015.

キーワード メッシュフリー, 大変形, 混成堤, 洗掘, 津波

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株) TEL 03-6372-5520

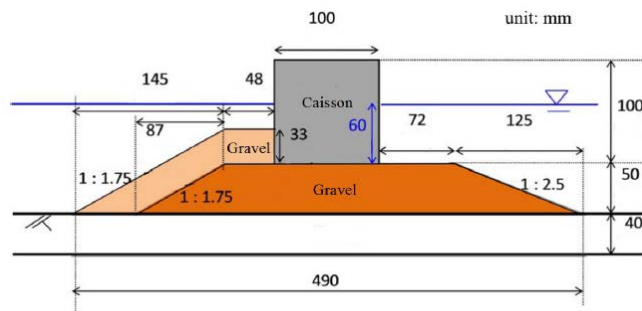


図-1 混成堤モデルの寸法 (1/70 スケール)

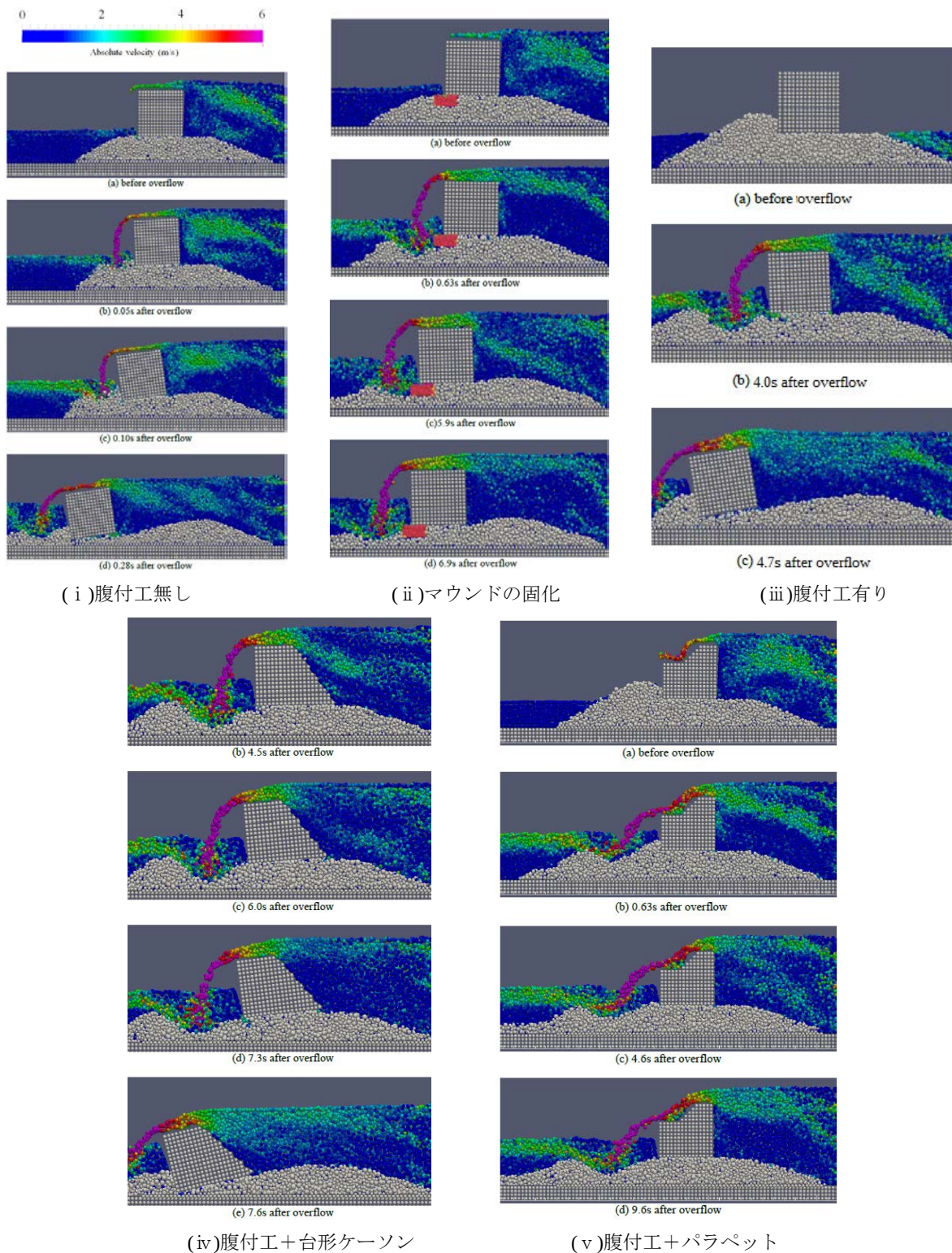


図-2 対策工を付加した混成堤の変形の様子