

報告書の要約

助成番号 令和 6 年 2 月 21 日付 第 18 - 3 号	研究開発テーマ名		防波堤の耐津波化に向けた後趾近傍のマウンド部分固化範囲の検討
	助成研究者	ふりがな 氏名	まつだ たつや 松田 達也 印
		所属	豊橋技術科学大学

2011 年の東北地方太平洋沖地震による津波で、沿岸域に甚大な被害が発生し、多くの防波堤が倒壊した。今後も我が国をはじめ、津波災害が発生する可能性が高く、被害を軽減させるためには、特に既存の防波堤に粘り強さを付加する対策が重要となる。申請者はケーソンを支える捨石マウンドに可塑性グラウトを注入して部分固化させる方法に着目し、ケーソン後趾付近の捨石を固化させることで、荷重載荷時にケーソン後趾の沈み込みを低減させ、支持力破壊から滑動挙動へ誘発する現象を明らかとした。

本研究では津波作用時の可塑性グラウトにより固化した改良体に作用する外力特性を明確とし、防波堤の構造形状に応じた本対策工における有用な改良範囲を規定することが目的であり、2024 年度は以下の課題に対して検討した。

(課題 1) ボンドモデルを導入した個別要素法により、改良体の要素試験を実施する。ボンドモデルに必要なパラメータを同定するため、既往で実施されている実際の改良体の一軸圧縮試験の再現解析を行う。

(課題 2) 捨石材を球升井立子で再現するため、転がり摩擦モデルを導入する。捨石材のダムブレイク試験を別途実施し、試験データをベンチマークとして転がり摩擦モデルのパラメータ同定を行う。

(課題 3) ケーソン・捨石マウンドからなる防波堤をモデル化する。同モデルに単調載荷を行い、ケーソン・捨石間の摩擦係数の妥当性を確認する。

(課題 4) ケーソン・捨石マウンドからなる防波堤モデルの後趾付近に改良体を設置し、改良体範囲に応じた挙動分析を行う。この際、遠心模型実験の結果を合わせた分析を行う。

(課題 5) ケーソン・捨石マウンドからなる防波堤モデルの後趾付近にアルミ角材等で改良体をモデル化し、ひずみ計等の設置により、改良体に作用する端趾圧から変形挙動を分析する。

(課題 2～(課題 5)を解決するため、まず、3 次元個別要素解析における捨石材の再現性を検討した。実際のマウンドを構成する捨石材は非球形であるが、本解析は計算コストを削減するために球形粒子を用い、非球形の挙動特性を再現するために回転抵抗モデルを導入した。回転抵抗モデルの適用性を検討するため、捨石材の崩壊現象を対象に再現解析によりパラメータ同定を行ったところ、再現性の評価より回転抵抗係数 b_r を 0.15 と用いることに決定した。次に、ケーソンと捨石間の摩擦特性を再現するため、遠心力場で実施した摩擦係数試験の再現解析を実施した。ケーソン挙動および水平荷重－変位関係より摩擦係数を 0.7 に決定した。そのうえで、ケーソン後趾付近に改良体を設置し、改良体範囲に応じた挙動分析を行った。図 1 に対策工試験の概要、図 2 に無次元水平荷重と水平変位の関係、図 3 にケーソン傾斜角と水平変位の関係をそれぞれ示す。マウンド層厚 33 mm、港内側の法面勾配を 1:2 に形成した。改良体にはアルミ製の角材を用い、改良体なし、改良体幅 $h=33\text{mm}$ 、 66mm の 3 パターンで検討を行った。載荷はケーソン高さの半分の位置に設定した。水平荷重と水平変位に着目すると、模型実験と数値実験で類似する傾向

を示し、どのケースも水平変位が大きくなるにつれて無次元水平荷重が減少する傾向が見られた。数値実験におけるピーク荷重に対する水平変位 2m 時点(実換算値)での荷重低減率は、無対策で 60 %、改良体幅 33mm で 72 %、改良体幅 66mm で 79 %であり、対策を施し、かつ、改良体幅が大きいほど荷重を維持する傾向が確認された。ケーソン傾斜角と水平変位の関係より、模型実験と数値実験ともに、改良体なしの条件が最も傾斜角が大きく、改良体幅が長くなるにつれて傾斜角が小さくなる傾向が示された。改良体を設けることでケーソンが改良体の上を移動した。これは改良体がケーソンの端趾圧に抵抗することでケーソン傾斜角が一定に保たれたためと考える。模型実験では現象の観測を容易にするため、改良体にアルミ角材を用いたが剛性が大きいことから変形が微小と芳えており、改良体に実物に類似する模型を用いた際にひずみ計測等の詳細な分析を実施する。

(課題 1)を解決するため、ボンドモデルを導入した 3 次元個別要素解析により、改良体の要素試験を実施した。ボンドモデルの導入により固化体を表現することができ、载荷に伴うせん断変位が進展する挙動を再現することが可能となった。今後、パラメータ決定方法の高度化を行う必要がある。

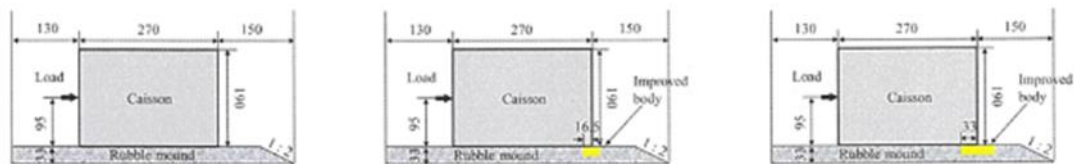


図 1 検討ケースの断面概略図 (左：無対策，中：対策 $b = 33$ mm，右：対策 $b = 66$ mm)

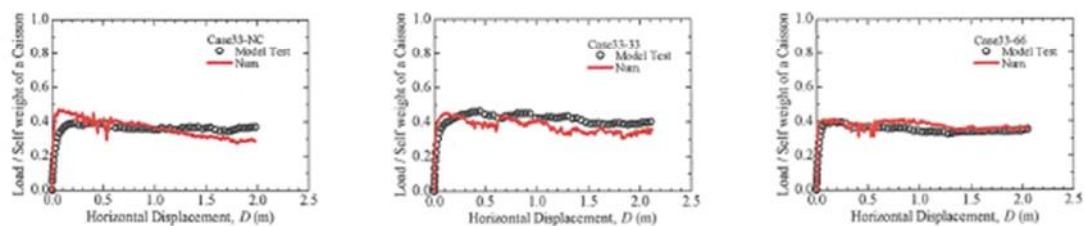


図 2 ケーソンの無次元水平荷重と水平変位の関係
(左：無対策，中：対策 $b = 33$ mm，右：対策 $b = 66$ mm)

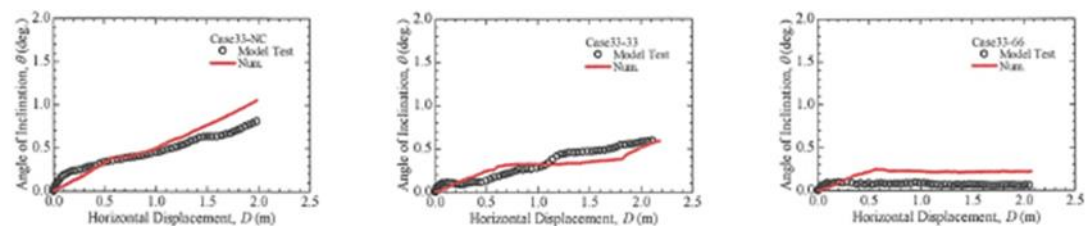


図 3 ケーソンの傾斜角と水平変位の関係
(左：無対策，中：対策 $b = 33$ mm，右：対策 $b = 66$ mm)