

報告書の要約

助成番号 令和 7 年 2 月 25 日付 第 15 - 1 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	松 田 達 也	印
		所属	豊橋技術科学大学	
本研究では、津波作用時にケーソン式防波堤で生じる滑動、転倒、支持力破壊の進展を抑制することを目的として、ケーソンを支持する捨石マウンドの一部を可塑性グラウトにより固化する対策工に着目した。特に、水平外力の作用によりケーソン後趾付近で端趾圧が増加し、マウンドへの局所的な荷重集中、ケーソンの沈み込み、傾斜、支持力破壊へと進展する過程に対して、部分固化によって荷重を分散させ、粘り強い防波堤構造を実現するための基礎的知見を得ることを目的とした。 本研究では、3つの課題を設定し、個別要素解析を用いた数値実験と、遠心力载荷装置を用いた模型実験を相互に組み合わせることで、改良体の材料特性、変形・破壊挙動、設置位置および改良範囲が防波堤の安定性に及ぼす影響を検討した。 課題 1 では、個別要素法により改良体を再現するための基礎検討として、ボンドモデルを導入した改良体要素を対象に要素試験を実施し、ボンドモデルに必要なパラメータの感度分析を通して、パラメータ決定方法の高度化を図った。具体的には、セメントペースト単体モデルおよびセメントペーストと礫材を混合したモデルを対象に一軸圧縮試験を実施した。その結果、セメントペースト単体では水セメント比を小さくすることで目標とする強度を確保できる一方、礫材を混合したモデルでは、セメントペースト単体に比べて一軸圧縮強度が低下することが確認された。このことは、実際の部分固化体の力学特性を評価する際には、グラウト材そのものの強度だけでなく、礫材との複合体としての強度・変形特性を考慮する必要があることを示している。また、Bond モデルを導入した個別要素解析により一軸圧縮シミュレーションを実施した結果、ボンド強度の違いによって破壊モードが変化する可能性が確認された。 課題 2 では、ケーソンー捨石マウンドからなる防波堤モデルを対象として、改良体の設置位置、改良体幅、改良体層厚、およびマウンド肩幅を変化させた個別要素解析を実施した。無対策の場合には、水平载荷に伴ってケーソンが大きく傾斜し、マウンド内にすべりを伴う支持力破壊モードが発生することが確認された。一方、マウンドを部分固化したケースでは、ケーソンの傾斜が大幅に抑制され、水平抵抗の増加も確認された。特に、改良体層厚が大きい場合には、改良体幅やマウンド肩幅にかかわらず、傾斜抑制効果が安定して発現した。また、改良体幅を大きくし、改良体を十分な範囲でケーソン直下に入り込ませることで、端趾圧に対する支持効果が高まることが示された。一方で、改良体のケーソン直下への入り込みが小さい場合には、改良体が回転または後退し、十分な支持効果を発揮できないケースも確認された。 課題 3 では、遠心力载荷装置を用いた模型実験により、実応力条件下におけるマウンド部分固化の対策効果を検討した。実験では、無対策ケース、剛体的なアルミ製改良体を設置したケース、およびセメントペースト製改良体を設置したケースを比較し、水平载荷時のケーソン変位、傾斜角、底面接地圧、改良体内部ひずみを計測した。その結果、無対策				

ケースでは、載荷に伴って沖側接地圧が減少し、岸側接地圧が増加することで端趾圧が顕著に増大し、ケーソンが傾斜しながら支持力破壊へ進展する挙動が確認された。これに対し、改良体を設置したケースでは、ケーソン傾斜角の増加が抑制され、端趾圧の増加も低減された。特に、アルミ製改良体では大きな傾斜抑制効果が得られ、セメントペースト製改良体においても、無対策に比べて明確な対策効果が確認された。一方で、セメントペースト製改良体では載荷後にクラックが発生しており、改良体内部のひずみ計測から、ケーソン接触部近傍に局所的な圧縮・引張応力が発生していることが示された。

以上の成果より、ケーソン後趾近傍の捨石マウンドを部分固化することにより、水平外力作用時に生じる端趾圧の増加を抑制し、ケーソンの傾斜および支持力破壊の進展を低減できる可能性が示された。また、改良体の対策効果は、改良体の強度特性だけでなく、改良体幅、層厚、ケーソン直下への入り込み長さ、マウンド肩幅、ならびに改良体の変形・破壊特性に大きく依存することが明らかとなった。今後は、一軸圧縮試験結果に基づく Bond モデルのパラメータ同定を進めるとともに、改良体の破壊過程を考慮した数値解析モデルの高度化が必要である。さらに、実設計への適用に向けて、津波外力条件、ケーソン寸法、マウンド形状、改良体強度および改良範囲を体系的に整理し、合理的な改良範囲の設定方法を確立することが重要である。