【　　】

氏名	LECHOSŁAW GRZEGORZ BIERAWSKI
授与した学位	博　士
専攻分野の名称	学　術
学位授与番号	博甲第２８２４号
学位授与の日付	平成１６年　９月３０日
学位授与の要件	自然科学研究科地球・環境システム科学専攻 （学位規則第４条第１項該当）
学位論文の題目	Numerical Modeling of Wave - Seabed - Structure Interaction （波－海底地盤－構造物系の相互応答の数値モデリング）
論文審査委員	教授　名合宏之　　教授　竹宮宏和　　教授　前野詩朗

学位論文内容の要旨

As subsequent devastations and collapses of coastal structures occur, the existing design methods still reveal some inexactness, hence need improvements. To meet the need for more comprehensive and detailed information on the hydraulic interactions in the vicinity of coastal structures, a combined numerical model has been developed. This model consists of the most modern and adequate numerical techniques, successfully applied before to provide a mathematical description of the wave field, sandy bottom, and movements inside discrete soils: the Volume of Fluid Method (VOF) capable of flows involving the free surface also under breaking wave conditions and allowing for turbulence effects; the Finite Element Method (FEM) solution of the poro-elastic equations well reproducing the pore water fluctuations; and the Distinct Element Method (DEM) commonly used to simulate inter-particle interactions and allowing for random replacements inside the discrete media to satisfy the force-motion laws.

In this research, the numerical model was gradually developed and each stage verified using small-scale experimental results. A coupled VOF-FEM model provided a detailed description of the phenomena in the case of undamaged structures: a vertical seawall, a submerged breakwater, and a composite breakwater. A model consisted of the Distinct Element Method and FEM allowed for modeling the process of structure failure, which was verified using data obtained in destructive experiments concerning a vertical seawall. Subsequent efforts were aimed to develop efficient methods to combine all these three techniques in a single model. In this research, original solutions were elaborated to combine the VOF and FEM including the water exchange process between the wave field and the sandy bed (the continuity of the velocity normal to the interface). Additionally, a proposition to simulate porous flows using Brinkmann - Forchheimer extended Darcy's equation was implemented and verified. Finally a threefold (fully nonlinear) VOF-FEM-DEM model was developed to simulate the destruction process of a submerged breakwater.

These numerical models were find to be a base for future modernizations and improvements, which are going to provide a tool providing comprehensive data of reasonable quality adequately describing the hydraulic interactions near coastal structures built on susceptible bottom.

論文審査結果の要旨

波浪時には，海岸護岸，潜堤，防波堤などの海岸構造物の被災が毎年のように繰り返されている．本研究は，これらの構造物破壊機構を明らかにして，災害を防ぐための機能設計法を確立するための基礎として，波－海底地盤－構造物系の相互応答を考慮した精度良い数値解析手法を確立することを目的として行われたものであり，以下のような点を明らかにしている．

1) 波と護岸周辺地盤との相互応答に関して，波の部分に対して自由表面形状を精度良く再現可能なVOF法を適用し，護岸周辺地盤の挙動の解析に有限要素法を適用して，両者を連成する手法を提案した．また，提案した解析モデルによる解析結果と実験結果との比較により，提案した解析モデルの妥当性を示した．

2) 波による護岸裏込め土砂の流出をモデル化する手法として，裏込め土砂の流動を再現可能な個別要素法と有限要素法を連成させる手法を提案した．提案した解析モデルは，波による裏込め土砂の流動状況を予測可能なモデルであること示した．

3) 波－海底地盤－潜堤の挙動に関して，波浪場と潜堤の部分に関してVOF法を適用し，また，海底地盤の挙動解析に有限要素法を適用し，さらに，マウンドと海底地盤の流動をDEMで追跡する解析モデルを提案した．その際，潜堤部分のVOF法による解析には，潜堤の透水性の影響が考慮できるモデルを開発している．提案したモデルによる解析結果と実験結果との比較により，提案した解析モデルは，潜堤が破壊に到る状況を再現可能であり，波－海底地盤－潜堤の相互応答特性をよく説明できることを示した．

以上のように，本研究では，波－海底地盤－構造物系の相互応答を精度良く解析するための手法を確立するとともに，提案した手法の妥当性を実験結果との比較により明らかにしている．この研究によって示された知見の数々は，今後のこの方面の研究の発展並びに海岸構造物の被災防止技術の開発に大いに寄与するものである．よって，本論文は博士（学術）の学位に値するものと判断する．