



Title	Study on the Stability of Filter Units Armouring Rubble Mound under Wave Action
Author(s)	Mon, Aye Nyein
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/89632">https://doi.org/10.18910/89632</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( AYE NYEIN MON )	
Title	Study on the Stability of Filter Units Armouring Rubble Mound under Wave Action (捨石堤被覆材としてのフィルターユニットの耐波安定性に関する研究)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Natural rocks (armourstones) or artificial concrete armour units are usually used to provide protection of rubble mound breakwaters against wave action in coastal area. However, as the armourstones of sufficient size or quality are not readily available from nearby quarries and the concrete armour units are very expensive to fabricate and to install, the need for cost-effective, environmentally-friendly and protective armour unit type is an issue in the design of rubble mound breakwaters. Thus, researchers are keenly interested in finding alternatives to breakwater armour units. Recently, filter units, fiber mesh bags of small stones, originally used in river protection works, have been proposed to apply in coastal area as well because of their high flexibility and porosity in comparison to armourstones, and these units have already been recognized as alternatives to subsea protection structures such as rock dumping and concrete mattresses. Moreover, a number of researches have already been carried out experimentally to study and improve the filter units' stability on rubble mound under various sea states. In this research not only experimental but also numerical investigations have been conducted focusing on damage mechanism of the filter units.</p> <p>The thesis consists of five chapters. Chapter 1 concerns the background issues of conventional armour units of rubble mound breakwaters. Along with that, the armour units' stability and damage criteria adopted to the study of hydraulic model experiments are generally presented. Afterwards, the filter unit which is aimed at applying in the outer layer of rubble mound breakwaters is introduced including its literature review. At the end research approach is presented. Chapter 2 is allocated to explain the theoretical aspects applied in the research. Firstly, the hydraulic stability formula, widely used to approximate the required mass of armour unit, is described. Next, a numerical wave flume model (CADMAS-SURF/2D) is described which includes the governing equations, discretization methods, and model settings as well as selection of applicable wave theory and wave spectrum. Then, typical DEM (Discrete Element Method) commonly used in estimation of rubble mound structure deformation by waves and BPM (Bonded Particle Model), in which a bond model is added to the typical DEM, are explained. Finally, DEM calculation procedure within one-time step for simulation is described.</p> <p>In chapter 3, two kinds of laboratory experiments performed to study hydraulic stability of filter units from the structure viewpoint are explained. In the first one, various models changing dimensions such as fiber bag size were tested individually on a flat surface of rubble mound under regular waves in order to compare their stability. In the latter experiment, filter unit models, belonging to the most stable structure in the first experiment, were tested on slope of rubble mound under irregular waves, and their movement and damage behaviors were analyzed with stability number estimation.</p> <p>In chapter 4, two-dimensional numerical models simulated to reproduce flexible deformation of filter units on rubble mound under wave motion by coupling of two models: CADMAS-SURF and DEM are presented with a detailed discussion compared to some experimental results. In order to reproduce experimental models well, input parameters for simulation need to be calibrated effectively because the parameters have significant influence on simulated results. In the study, the parameters were determined based on relevant previous researches and some material properties available. In general, regardless of some imperfections, the presented models were found capable of modeling filter unit deformation on rubble mound due to waves. The main weak points of the models are the modeling with uniform size and shape particles and the less consideration of fluid-structure interaction. In chapter 5, the conclusions of experimental and numerical works shown in chapter 3 and chapter 4 are summarized, and some recommendation remarks are added.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( AYE NYEIN MON )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授
	副 査	教 授
	副 査	准教授
	副 査	准教授
		青木 伸一
		入江 政安
		荒木 進歩
		中谷 祐介

## 論文審査の結果の要旨

海岸に建設される捨石防波堤や捨石マウンドの被覆材としては、自然石またはコンクリートブロックが使用されることが多い。しかし、十分な大きさや品質の天然石が入手できず、コンクリートブロックの製作コストが問題となるような場合も多く、費用対効果の高い被覆材が求められている。また最近では、自然環境に優しい種類の被覆材が求められるようになっている。従来から、河川の護岸工事では小さな礫石を袋状にした被覆材が用いられており、フィルターユニットと呼ばれている。近年、フィルターユニットが海洋工事における洗掘防止工や波によって侵食された海岸の防護資材として使用されるようになり、その柔軟性や空隙率の高さなどから、捨石防波堤や捨石マウンドの被覆材としての使用が期待されている。本研究では、波によるフィルターユニットの変形・移動特性と被覆材としての耐波安定性を、水理模型実験を実施して検討している。さらに、波作用下でのフィルターユニットの挙動を数値波動水槽と個別要素法による数値計算を用いて再現することを試み、フィルターユニットの耐波安定性に対する数値的検討の可能性を検討している。

第1章では、捨石防波堤や捨石マウンドの被覆材の安定性に関する問題の背景について述べている。また、水理模型実験において一般的に採用されている被覆材の安定基準および被災レベルの指標について概説している。さらに、捨石防波堤や捨石マウンドに適用することを目的としたフィルターユニットに関する研究についてレビューしている。

第2章では、本研究で使用した実用公式および理論について説明している。まず、被覆材の必要質量を求めるために広く用いられている設計式についてとりまとめている。次に、数値波動水槽 (CADMAS-SURF/2D) について、支配方程式、離散化手法、モデル設定、波動理論と波スペクトルの設定などの説明を行っている。さらに、波浪による捨石堤の変形・移動の推定に用いる DEM (Discrete Element Method) と、一般的な DEM に結合モデルを付加した BPM (Bonded Particle Model) について説明している。

第3章では、フィルターユニットの変形・移動特性と損傷メカニズムを2種類の水理模型実験により明らかにしている。まず、袋と中詰石の体積比や拘束ロープの長さなどの構造パラメータが異なる数種類の単一個体モデルを用い、それらを捨石堤の小段上に置いて規則波を作用させ、安定性を比較している。さらに、単一モデルによる実験で最も安定な構造を有するフィルターユニットを捨石堤の斜面上に配置し、不規則波を作用させてその被災状況を調べている。ここでは、被災レベルを決定する方法として、フィルターユニットの移動量と移動個数を用いる方法と、捨石堤の非被覆率から決定する方法の2種類を比較検討し、両者の関係を明らかにしている。これより、実用的な被災レベル指標としては後者の方法が優れていることを示している。

第4章では、CADMAS-SURF と DEM/BPM の2つのモデルを組み合わせた2次元数値モデルを用い、実験結果と比較してその適用性を検討するとともに、シミュレーション上の問題点を議論している。実験結果を良好に再現するためには、入力パラメータを適切に較正する必要があるが、本研究では、関連する先行研究と入手可能ないくつかの材料特性に基

づいてパラメータを決定している。2次元モデルであること、粒径および形状が一様な粒子でモデル化されていること、流体-構造連成の考慮が不十分であることなど、いくつかの不完全性があるにもかかわらず、提案したモデルは捨石マウンド上のフィルターユニットの波浪による変形をある程度再現できている。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の研究開発に関する提言がなされている。

以上のように、本論文はフィルターユニットを捨石防波堤や捨石マウンドの被覆材として利用するために必要な重要な知見を示すとともに、今後耐波安定性を数値的に検討するための有用な情報を提供している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。