

潜堤上の密度が異なる被覆ブロックの安定性に関する考察

名古屋大学大学院工学研究科
正会員
趙
容桓

名古屋大学大学院工学研究科
学生会員
○
山田
悠貴

名古屋大学大学院工学研究科
正会員
中村
友昭

名古屋大学大学院工学研究科
フェロー
水谷
法美

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震による甚大な被害を受けて、海岸構造物の減災機能を長く維持させるため、被覆ブロックの安定性に関する研究が行われてきている。津波による被覆ブロックの離脱機構が解明されつつあるが、耐津波安定性の検討までには至っていない。津波のような巨大波力に対して被覆ブロックの安定性を向上するためには重量を増大する必要があるが、重量の増大のために体積を増加させると、ブロックの投影面積が大きくなり、抗力の影響が大きくなる。さらに、津波等の加速度が大きい場合、既往のブロックの安定性評価に無視された慣性力の影響が増加することで、ブロックの安定性が低下する可能性がある。水谷ら（2015）は長周期波に対して慣性力の影響が大きくなることを明らかにするとともに、ブロックの密度を増加させることでブロックの安定性が向上することを示した。ただし、被覆ブロックについてはその安定性の検討は十分ではないため、本研究では水理模型実験より潜堤上に設置された密度が異なる被覆ブロックの安定性を評価した。

2. 実験条件および潜堤模型

実験は2次元造波水槽（長さ30m、高さ0.9m、幅0.7m）を用いた（図-1）。同図から1/10勾配の不透過斜面上に、潜堤を想定した模型を設置した。潜堤は図-2に示すように、中詰石として採石を使用し、その表面を均一にするため透過性のあるコンクリートブロックを設置し、その上に被覆ブロックを設置した。被覆ブロックは直方体の2種類（ブロックa：L33mm×W33mm×H12mm、ブロックb：L41mm×W41mm×H16mm）を潜堤の表法部、天端、裏法部に被覆した。被覆ブロックの密度は2.3、2.7、3.5、4.5g/cm³の4種類を用いて、それぞれの移動限界時の波浪条件を検討した。入射波として、周期1.0-2.0sの規則波を造波した。また、天端水深 d の違いによる被覆ブロックの離脱特性を検討するため、 $d = 0, 2, 4$ cmを有する3種類の天端水深を選択した。入射波高は表-1に示すように、 $H = 1.0$ cmからブロックの離脱が発生するまで徐々に増加させ、最初ブロックの離脱が発生した時の入射波条件を移動限界とみなし、その条件下の移動した被覆ブロックの位置で水位、流速を再計測した。

3. 密度による被覆ブロックの移動限界特性

実験結果より、異なる密度によって被覆ブロックの移動限界時のブロック離脱地点が表法の最上部のA、天端の沖側のB、天端の沖側のC、裏法の最上部のDの4ヶ所に限られることが観測された（図-2）。被覆ブロックの移動限界時の入射波条件と離脱地点を図-3に示す。色分

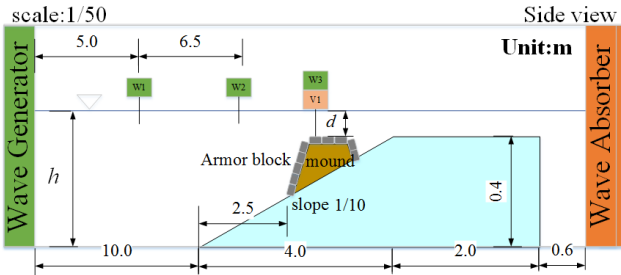


図-1 実験条件

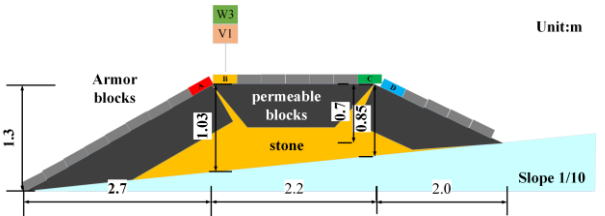


図-2 潜堤模型の概略図

表-1 入射波条件

天端水深 d (cm)	周期 T (s)	波高 H (cm)
0,2,4	1.0,1.2,1.4, 1.6,1.8,2.0	optional

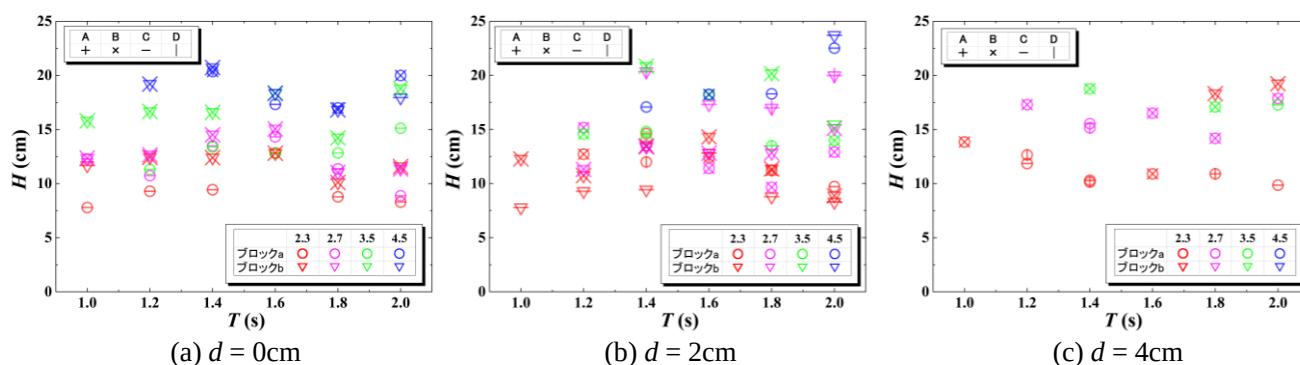


図-3 密度変化による移動限界特性

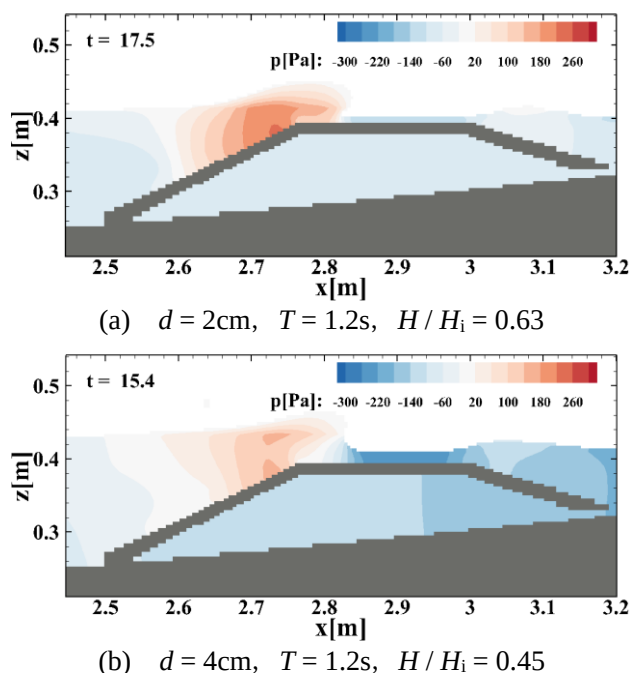
けはブロックの密度を、模様分けはブロックのサイズを表す。また、離脱地点はそれぞれのマークで分類した。天端水深が $d = 0\text{cm}$ の場合、ブロック a は C 地点の離脱現象が顕著となり、密度が大きくなると B 地点で離脱が発生するものの、ブロック b の離脱現象は B 地点で著しい傾向が見られた。B, C 地点でブロックの離脱が生じた要因として、両地点は潜堤の切り立った面に位置しており、ブロックの断面が露出していることで波力の影響を受けやすいこと (B 地点) や裏面にブロックがないことで拘束力が小さいこと (C 地点) が考えられる。また、密度が 4.5g/cm^3 のブロック a より 2.3g/cm^3 のブロック b の方が重量は大きいものの、高密度のブロック a の方が相対的に低密度のブロック b より安定性を保つことが確認できた。同様な傾向は $d = 2\text{cm}$ のケースにも現れた。ただし、ブロック b では、低密度の場合、岸側のブロックが不安定になるのに対し、高密度になると表法部の A 地点を含めて沖側のブロックが不安定になることが分かった。

一方、ブロック a は反対の傾向を表した。この異なる傾向については水深変化および波高、周期の影響による砕波点の変化がブロック安定性に大きく影響したと判断される。 $d = 4\text{cm}$ の場合は、ブロック離脱の多くが潜堤の沖側部で生じ、高密度のブロックは本実験の範囲内では離脱現象が確認できなかった。ここで、水深変化によって被覆ブロックの安定性に与える天端付近の流動場の特性を検討するため、3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル (中村ら, 2015) を用いて天端水深 $d = 2, 4\text{cm}$ の B 地点で離脱が生じた二つのケースに関して数値解析を試みた。図-4 に示すように、天端前面部で生じる砕波よりブロック付近で波進行方向に大きい水平波力が生じる可能性が高く、A 地点と B 地点の隙間から露出した B 地点のブロックに作用して B 地点のブロックの安定性が低下したと考えられる。

4. おわりに

本研究では、潜堤を想定した水理模型実験を行い、被覆ブロックの密度変化がブロックの移動限界に与える影響を検討するとともに数値解析よりブロックの安定性に作用する主な力を検討した。その結果、ブロックの安定性を高めるため、重量より密度を増加する方が効果的なことが判明し、数値解析結果より天端周辺で発生する砕波の影響によって不安定になるブロックの箇所が異なることが示唆された。

参考文献 : [1] 水谷ら (2015), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_907-I_912 [2] 中村ら (2015), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 71, No. 2, pp. I_599-I_604.

図-4 ブロック付近の流動場 (d : 天端水深, T : 周期, H : W1 の波高, H_1 : 造波ソースの波高)