

被覆ブロック安定実験における不規則波浪の造波信号長について

鳥取大学大学院	学生会員	○児玉 広子	防衛施設庁	佐々木 俊介
鳥取大学工学部	正会員	松見 吉晴	鳥取大学総合情報処理センター	正会員 大野 賢一
鳥取大学工学部	正会員	木村 晃		

1. はじめに

被覆材の所要重量評価に信頼性設計法を導入する場合、設計外力に関する統計的な変動性、安定重量評価式に含まれる捨石やブロックの被害の程度に関する不確定性について確率分布や期待値などの確率特性を明らかにしておく必要がある。捨石や被覆ブロックに関する安定重量評価は、Van der Meer の安定公式（1987）を基本として研究者毎に被災実験に基づいた経験式が提案されているが、ある特定の経験式により他の研究者の実験データを整理できないことも事実である。すなわち、経験式に含まれる係数が普遍的なものとして与えられていないために、被覆材の被災における不確定性に関する普遍的な確率特性が見出されていない。この原因としては、被覆材の被災実験に関して被災レベルの定義は被災率やダメージ・パラメータ等により既に確立されているが、実験に用いる不規則波に対する造波信号長の基準が定義されておらず、それが実験毎に異なるためと考えられる。例えば、図-1 に示すように造波作用時間が同じ条件であっても、(A)及び(B)のように短い造波信号長を繰り返し作用させる方法と(C)の方法では、波浪スペクトルからつくられる造波信号の長さが異なれば、被覆材の被災に係する有義波高以上の高波、特に出現する最大波高の大きさが異なり、その結果、被災結果にバラツキが生じたものと推察できる。そこで本研究は、被覆材の安定実験における不規則造波信号の最小基準長の究明を目的として、まず捨石被覆傾斜堤を対象に不規則波の造波信号長の変化に伴う捨石の移動をもたらす限界波高以上の波高の発生確率について検討し、ついで同一波浪スペクトル及び同一造波作用時間における造波信号長と被覆捨石の被災量の変化特性について、上記の波高の発生確率分布の検証も含めて模型実験及び数値計算より検討したものである。

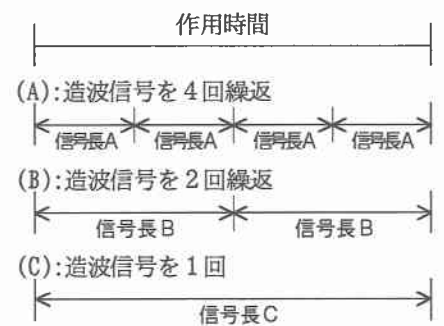


図-1 信号長の説明図

2. 研究の内容

模型実験及び数値計算は、図-2 に示す断面2次元造波水槽（水路幅 60cm）を対象に、捨石堤の斜面勾配は1:2で、水深 40cm 一定として行った。まず捨石の移動をもたらす限界波高 H_c 以上の波高 H^* の発生確率については、一樣斜面上の捨石の動的挙動シミュレーション手法（大野ら，1999）と数値波動水路 CADMAS-SURF（2001）により、規則波を対象に入射波周期毎（1～2.2秒）に限界波高 H_c を算出した（図-3参照）。ついで、限界波高 H_c を越える波高 H^* の発生確率は、波高の確率分布をレーリー分布で近似し、 H_c を越える超過確率（合田，1991）を図-4 に示すように算定した。同図には、同一波浪スペクトルに対して本研究で対象としている捨石の初期移動条件（ダメージ・パラメータ $s=1$ ）に相当する波浪条件をもつ不規則波について、7種類の造波信号長毎に 3000 ケースの波形シミュレーションより算定した H_c を越える波高 H^* の発生確率も併記している。模型実験では、捨石モデルとして表面を砂でコーティングしたガラス玉（直径：2.5cm）を2層被覆材として用いて、上記7種類の造波信号長毎に 30 波浪ケースについて同一時間作用（約 27 分間）させた時の水位変動と捨石モデルの被災率を計測し、そのバラツキについて統計的解析を行っている。また、模型実験では捨石モデルの被災現象を VTR で同時に撮影した。

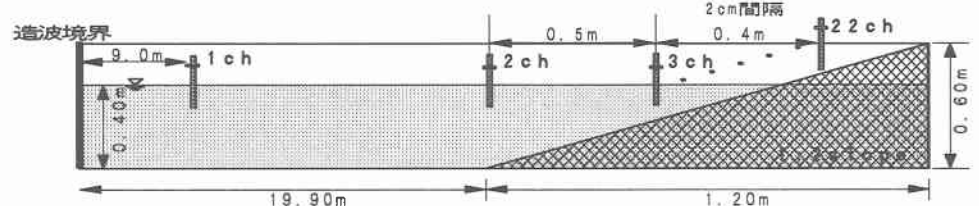


図-2 断面2次元造波水

3. 結果と考察

被覆材の耐波安定性実験においては、図-4より明らかなように不規則波の構成波数（造波信号長）の影響を考慮する必要性がわかる。同図に示す波形シミュレーションの結果は解析解にほぼ一致し、本実験に用いた不規則波信号によって捨石の被災量に及ぼす信号長の影響が評価できることが確認できる。

捨石モデルの被災メカニズムに関しては、水位変動の計測結果及びVTRをもとに検討を行った。まずVTRより斜面上における捨石モデルの被災パターンが波の打ち上げ時に斜面上向きに少し移動した後に引き波により転落するパターンと、引き波時に急に転落するパターンの2種類に分類でき、それぞれを「打ち上げ被災 (p1)」、「引き波被災 (p2)」と定義した。次に、被覆材の被災には被災発生までの波の作用履歴が影響すると考えられることから、本研究では被覆材の被災を起こす波を後波、その直前の波を前波とした時の前波と後波の関係を検討するため、各波の諸元（波高、周期）、波形勾配、碎波相似パラメータに関して解析を行った。その結果、波形勾配、碎波帯相似パラメータ、周期については被災パターン別に前波と後波に明確な関係が見出せなかった。しかし波高で整理した場合、図-5に示すようにバラツキがあるものの、「打ち上げ被災 (p1)」は前波と後波が共に高い場合に発生しやすく、「引き波被災 (p2)」は前波が低くて後波が高い場合に発生しやすい傾向があることがわかる。

図-6は、2層被覆ガラス玉の被災率と造波信号長の関係を示したもので、被災率は被災個数を静水面から土有義波高幅の全個数で割った値で定義している。この図における被災率の標準偏差と造波信号長の関係より、造波信号長が被災率のバラツキに強く関与することがわかる。特に信号長が短い場合、被災率の大きなバラツキ（図中■印）は、図-4に示す限界波高を越える波の発生確率が小さいことによるものである。

<参考文献>

- 大野賢一・松見吉晴・木村 晃：多方向不規則波における堤頭部被覆材の安定重量に関する研究，海岸工学論文集，第46巻，pp.911-915，1999。
- 合田良實：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，pp.112-114，p176，1991。
- 沿岸開発技術センター：数値波動水路の研究・開発，p296，2001。
- Van der Meer, J. W. : Stability of breakwater armour-layers design formulae, Coastal Eng., Vol. 11, pp. 219-239, 1987。

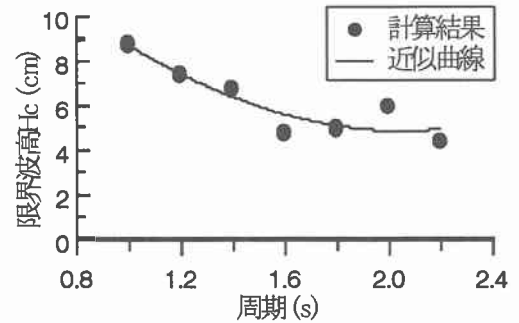


図-3 被災発生時の限界波高と周期の関係

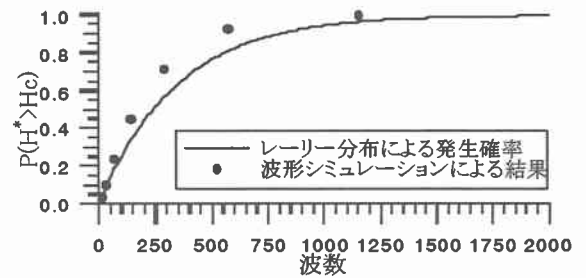


図-4 H_c を越える H^* の発生確率分布

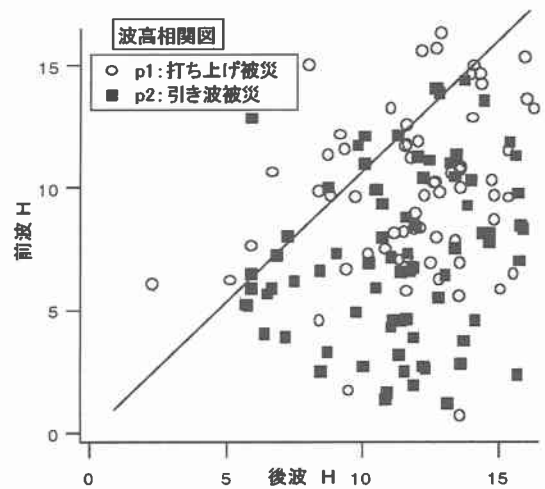


図-5 波高相関図からみたパターンごとの前波と、後波の関係

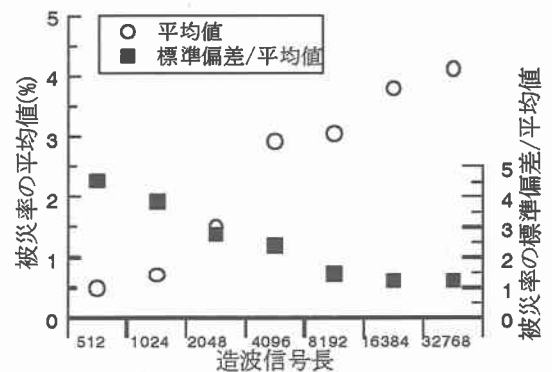


図-6 被災率と造波信号長の関係