

捨石要素の耐波安定性に関する実験

鹿児島大学工学部 学生員 梅月 誠人

鹿児島大学工学部 学生員 日笠山 努

鹿児島大学工学部 正 員 浅野 敏之

1. まえがき

捨石防波堤の斜面上捨石要素の安定重量を算定する際には、ハドソン公式が広く用いられているが、式中に含まれる安定係数 K_D は、捨石の形状・層数・積み方、被災率等によって大きく異なり、力学的根拠がはっきりしない。本研究は、特に耐波安定性に及ぼす捨石要素交互の噛み合わせの効果に着目し注意深い実験を行ったもので、捨石防波堤の耐波設計法の信頼性を高めることを目指したものである。

2. 実験の概要

実験は長さ 13m 幅 40cm 高さ 40cm の 2 次元水槽を用いて行った。水槽の端部には図-1 に示す捨石防波堤模型を設置した。コア部を砂とし、その上に鉄板を敷き、さらに中央粒径 17.5mm の碎石を厚さ 8cm で敷設した。すなわち、碎石層内は透水層であるが、碎石層とコア部の間は鉄板によって不透過な構造となっている。法先水深は 21.3cm で一定であり、斜面勾配 θ は $1/2$, $1/3$, $1/4$ と変化させた。波の周期は 0.8 ~ 1.4sec、波高 4.0 ~ 8.2cm の範囲で実験を行った。

表層の捨石の周囲の捨石との噛み合わせとして、図-2 のような 4 つのタイプを考え、実験開始前に注意深く捨石堤表面に配置した。ここで、タイプ (a) は隣接するどの捨石と接触させないで斜面上に置いたもの、(b) は両横（汀線方向）の捨石で挟まれた配置、(c) は前後方向（岸沖方向）の捨石で挟まれた配置、(d) は前後・左右とも挟まれた配置である。接触は面接触で、捨石堤上端はすべての実験ケースで同じ平坦さになるよう、すなわち前後の捨石による流れの遮蔽効果が一定であるよう注意した。4 つのタイプそれぞれに対して色分けした捨石を、汀線・汀線より 5cm 岸側・汀線より 5cm 沖側の線上に配置し、液による動揺・移動・滑落の様子を上方に設置したビデオカメラで撮影した。一つの実験ケースで、それぞれの噛み合わせタイプに対して 9 個の碎石を用いた。被災率 D の定義として次の 2 つの方法を考えた。第 1 は、35 波作用後、粒径以上移動した捨石の割合を被災率 D とするものである。第 2 は、やはり 35 波作用して実験を終了した後ビデオ画像を再生し、移動のみならずその位置での動揺が認められるものも含め、全捨石に対する割合を被災率と定義するものである。結果の特性は被災率の定義によっては変化しなかったため、以下では後者の定義の結果について示す。

3. 結果ならびに考察

安定実験に先だって捨石堤による反射率を測定した。その結果、斜面勾配 $1/2, 1/4$ でそれぞれ反射率 0.03 ~ 0.23, 0.04 ~ 0.13 が得られた。

つぎに、捨石の設置位置による被災率の変化を調べるために、堤斜面と静水位との交線上、その交線より斜面に沿って岸・沖方向に 5cm 離れた線上に着色した捨石を置き、その被災特性を調べた。その結果を surf similarity parameter ξ を横軸にとって示したものが図-3 である。従来、静水位よりやや下方で捨石の被災率が高くなるとされているが、今回の結果では 3 つの位置による被災率の顕著な違いは得られていない。また被災率は $\xi = 2 \sim 3$ の collapsing type の碎波で被災率が高くなると報告されているが、本結果でもその特性が明らかに見られる。

図-2 に示した 4 つのタイプの捨石の噛み合わせに対して、被災率の結果を示したものが図-4 である。斜面勾配が急になるにつれて、すなわち $\cot \theta$ が小さくなるにつれて、 D が極大となる ξ

の値は大きくなることがわかる。この性質は Ahrens(1975) の結果と一致する。また被災率は、拘束なし (a)、両側拘束 (b)、前後拘束 (c)、前後左右拘束 (d) の順に小さくなることがわかる。その力学的な説明として、捨石が接触すると流体力の作用する投影面積が減少すること・複数の捨石が密に接触した集合体では重量が見かけ上増加したことになること・接触面積が増えると隣接粒子との摩擦力が増加し安定化すること・上方の捨石重量の斜面方向成分がすぐ下層の捨石との摩擦力より大きくなった場合、前後方向に接触する捨石に力を伝達し摩擦力の増加となることなどが挙げられる。

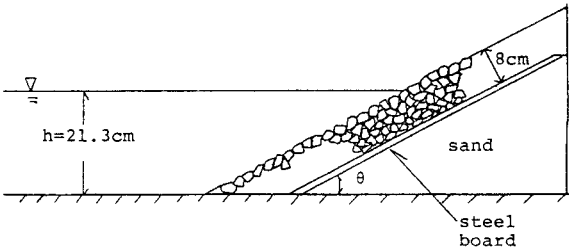


図-1 捨石防波堤模型

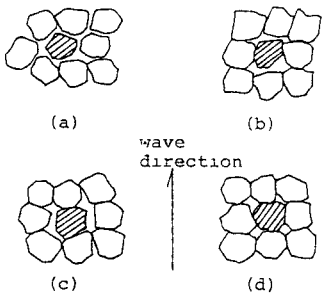
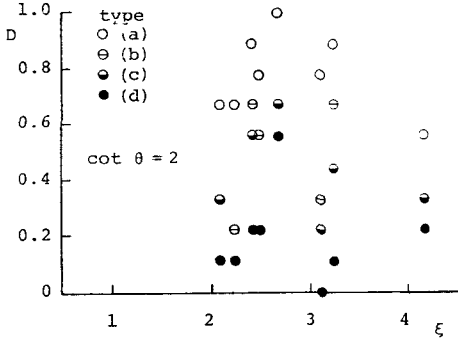
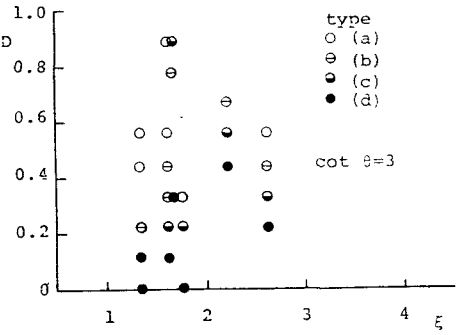


図-2 捨石要素の噛み合わせの状況



(a) $\cot \theta = 2$



(b) $\cot \theta = 3$

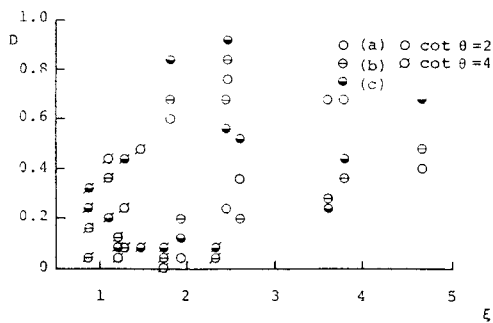
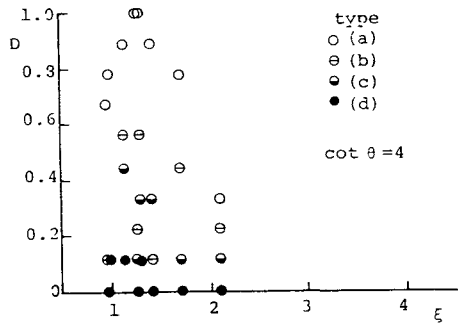


図-3 捨石の設置位置による被災率の変化



(c) $\cot \theta = 4$

図-4 捨石の噛み合わせによる被災率の変化