

高比重ブロックの水利特性に関する実験的研究 (3)

— 安定性に及ぼす碎波帯相似パラメータの影響 —

名城大学

正会員 伊藤 政博・岩垣 雄一

学生員 山田 卓生

日本テトラポッド(株) 正会員 根本 健治・山本 方人

半沢 稔

1. はじめに 現在、慣用されているHudson式によると、消波ブロックの所要重量は、安定係数、法面勾配及びコンクリートの比重が一定の下では、設計波高の3乗に比例する。このため波高の増大に伴ってブロックの所要重量が飛躍的に大きくなるので、施工上で様々な制約を受けることがある。このため、ブロックのサイズを大きくするかわりにコンクリートの比重を重くすることが考えられる。しかしながら、ブロックの比重の変化が、安定係数にどのような影響を及ぼすかについては、あまり研究が行われていない。そこで著者らは、2年前より高比重ブロック(テトラポッド)模型を用い、比重の変化が安定係数に及ぼす影響を実験的に調べている。ここではこれまでに得られた実験データに基づいて、碎波帯相似パラメータが安定性にどのように影響するかについて検討する。

2. 実験方法 実験は、長さ18m幅10m高さ1.17mの平面水路内を、幅約1.0mまたは約0.5mに仕切り、各水槽内に法面勾配1:4/3の堤防を碎石で造り、その上に模型ブロックを2層積とした。特にB水路は波高を高くするための増波板を設置した。また、造波機の造波板と模型堤防からの多重反射を防ぐために反射波吸収斜面を一つおきに設置した。模型ブロックの比重の変化は、軽量骨材およびブロック内に鉛を入れるなどして調節し、比重は普通コンクリート(2.3)より、軽いものから重いものまで、5種類(1.82, 2.3, 2.77, 3.4, 4.27)変えた。波の周期は1.0から3.0secまで0.5secおきに变化させ、それぞれに波高の小さいものから順次波高を高くしていき、ブロックの移動などによる被害の挙動を目視とビデオカメラで撮影した。水深は50cmと60cmであり、ブロックの積み方は整積と乱積について行った。ここでは乱積によるものを対象とする。碎波が起きた場合については、その種類(崩れ波、巻き波、砕け寄せ波)、汀線から碎波点までの距離、碎波高、碎波水深を測定した。

3. 安定性と碎波帯相似パラメータ 図-1に安定係数 K_D と碎波帯相似パラメータ($S_r = \tan \theta / \sqrt{H/L_o}$)の関係が示してある。プロットしたデータは実験ケースの内、ブロックの被害率{(揺動+移動・脱落の個数)/(全ブロック個数)×100%}が0~1%のものと、被害の大きい現地のデータ(30~50%)である。データのうち特に堤体の近く(2.5m以内)で碎波したケースについては黒丸“●”で示してある。非碎波のケースについては表-1の記号に示したマークにしたがって、区別して示してある。この図には、参考のために現地海岸におけるテトラポッドの被害資料も含めて示してある。樫木ら(1982)¹⁾は、勾配1:2の捨石防波堤斜面上の共振現象について実験的に研究を行い $S_r = 2.0 \sim 3.0$ で、波が斜面上をrun-upおよびrun-downする水粒子の最大流速 V_{max} が、Hudsonの仮定($v \propto \sqrt{gH}$)に合わなくなる($V_{max} > v$)とした。このため $S_r = 2.0 \sim 3.0$ のとき K_D 値が最小となりさらに、 $S_r > 4.0$ ではHudsonの仮定が成立するとした。

図-1は、本研究の結果を K_D と S_r で表-1の記号で分類してまとめたものである。この図からばらつきが大きい $S_r = 4.0 \sim 6.0$ で K_D の上限値が最大となっており樫木らが指摘した共振によ

表-1 使用記号

	比 重				
	5 1.82	4 2.30	3 2.77	2 3.40	1 4.27
A	▷	⊖	⊖		
B	▷	⊖	⊖		
C	▷	⊖	⊖	◇	☆
D	▷	⊖	⊖	◇	☆
E		⊖	⊖	◇	☆
F		⊖			
現地		⊖			

模型分類番号

る K_D の低下とは逆の結果である。さらに S_f が大きくなる($S_f \geq 6.0$)と K_D 値は急激に小さくなる傾向にあることがわかる。また図中には、砕波した場合が明示してあるが、砕波の有無による違いはみられない。

4. 安定係数とレイノルズ数 図-2には K_D と $R_e = \sqrt{gH} (W/w_r)^{1/3} / \nu$ の関係が示してある。また、参考のため島田ら(1986)²⁾によるテトラポッドの結果も”○”印で示してあるので、 R_e 数の幅広い変化に伴って K_D 値が変化の様子がよくわかる。この図から、 K_D 値はレイノルズ数によってかなり変化することがわかる。実験スケールが小さくなり R_e 数が小さくなると、 K_D も急激に小さくなっている。一方、スケールが大きくなり、 $R_e = 10^5$ 以上では現地海岸と同程度の K_D 値となることがわかる。図-2で実験スケールが比較的小さい $R_e = 10^4 \sim 10^5$ の範囲の実験結果は、 $K_D = C \cdot R_e^2$ (C は比例定数)で表せよう。さらに比較的中規模の島田らの実験結果($R_e = 10^5 \sim 10^6$)や、波のスケールが大きい、現地海岸資料($R_e \approx 10^7$)ではレイノルズ数の影響をほとんど受けない。図中のデータのうち特に汀線から2.5m以内で砕波したケースについては、黒丸”●”で示してあるが、砕波によるはっきりした違いはみられない。

5. まとめ (1) 実験及び現地海岸資料を、比重および波の周期をパラメータにして K_D 値と砕波帯相似パラメータ S_f の関係を調べた結果、 S_f によって K_D 値はかなり影響を受けることがわかった。

(2) K_D 値と R_e 数の関係で実験及び現地海岸資料を整理した結果、 R_e 数が大きくなるにつれて K_D 値も大きくなり、原型のテトラポッドの K_D 値に近づいて行く傾向が見られる。特に、形状寸法が小さな実験室レベルの模型実験では K_D 値に及ぼす R_e 数の影響は無視できず、 K_D 値は R_e 数の2乗に比例し、縮尺効果が強くはたらくことがわかる。

参考文献 1) 梶木 亨・柳 青魯・大西明德：捨石防波堤斜面上の共振現象による破壊機構、第29回海岸工学講演論文集、1982、pp.428~432。

2) 島田真行・藤本稔美・斉藤昭三・榊山 勉・平口博丸：消波ブロックの安定性に関する模型縮尺効果について、第33回海岸工学講演会論文集、1986、pp.422~445。

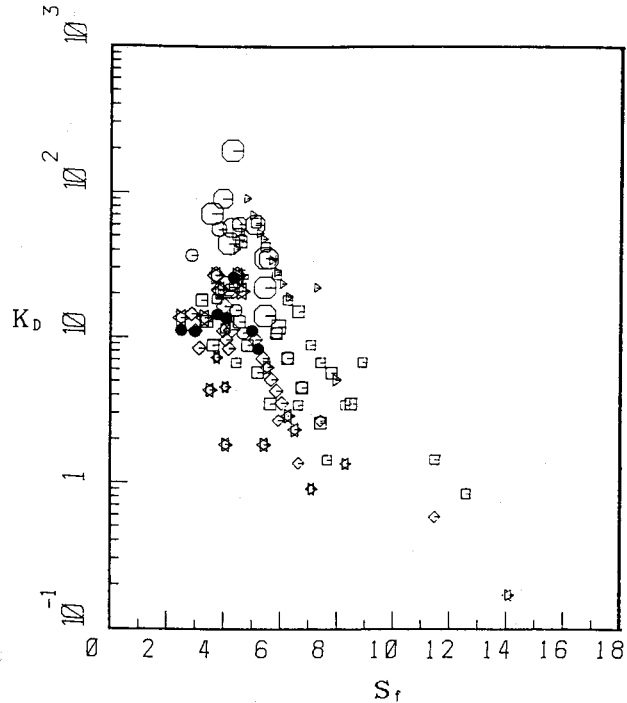


図-1 K_D 値と S_f の関係

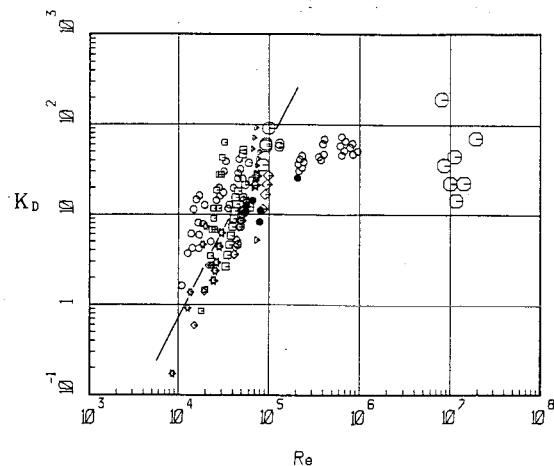


図-2 K_D 値と R_e の関係