

II-401

消波ブロックの比重が安定性に及ぼす影響について

名城大学 正会員〇伊藤政博・岩垣雄一
日本テトラポッド(株) 〃 山本方人・半沢 稔

1. はじめに

消波ブロックを防波堤の消波工, 捨石堤の被覆工, 及び離岸堤等を使用するに当って, 設計波高に対する所要重量はHudson式で算出している。消波ブロックの耐波性能の指標とも言うべきHudson式中の K_D 値は, 数多くの水槽実験に基づいて, その設置場所(防波堤法面, 天端)及び波の特性(碎波, 非碎波)に応じた値が, 各種の消波ブロックについて定められている。Hudson式は, 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, 消波ブロックの所要重量は, 入射波高の3乗に比例するので, 波高の増大に伴って所要重量は飛躍的に大きくなる。したがって, 離島などのように大きな施工機械が利用できない場所では, 施工上の制約があって, 相対的に小さい消波ブロックで, より大きな波高をもつ入射波に耐えられるようにしなければならない。こういった場合などには, 普通コンクリートよりも比重を重くした高比重消波ブロックの使用が有効である。しかし, Hudson式における安定係数の従来から慣用されている値は, 普通コンクリート(比重2.3)の模型を用いて実験的に定められたものであって, 比重を変えた場合について, Hudson式そのもののや, 慣用されている安定係数値の適用性を調べた研究はほとんどない。

そこで, 筆者ら^{1), 2)}は消波ブロックとして数種のテトラポッドを用い, 比重はコンクリートより軽いものから重いものまで幅広く変化させ, 比重の変化が安定性に及ぼす影響を調べる基礎研究を始めた。従来, この種の研究としては, 高吉ら³⁾による高知県室津港の防波堤前面の消波工として高比重テトラポッド使用の模型実験, また, 大中ら⁴⁾による比重と安定性に関する実験的研究が最近行われている。一方, Iwanbon⁵⁾はドロスの比重を3種類に変えた小規模な水槽実験を行い, ブロックのロッキング及び移動に及ぼす比重の影響を調べ, 比重の増大によって, ロッキングや移動がかなり減少することを示している。

2. Hudson式に基づく比重変化の影響

比重の変化が各諸量にどのような影響を与えるかについて, Hudson式に基づいて若干の検討を加える。ただし, K_D 値は比重が変化しても一定であると仮定すると, K_D 値, 波高 H , 法面勾配 α が一定のとき, 比重の変化が所要重量に及ぼす影響は, テトラポッドの任意比重 w_r/w と普通コンクリート比重 w_c/w との比を w_r/w_c で表わし, 所要重量の比を W_r/W_c とすれば, K_D 値, 波高 H , 法面勾配 α が一定の場合には, W_r/W_c は次式のようになる。

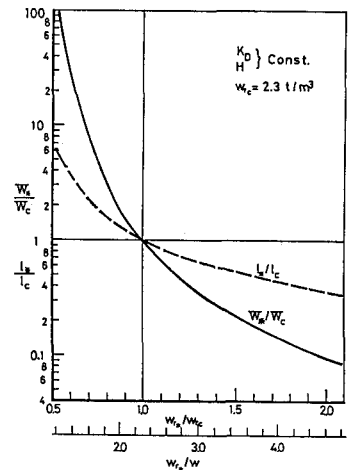


図-1 比重の変化が消波ブロックの所要重量及び形状寸法に及ぼす影響

$$\frac{W_r}{W_c} = \frac{w_r \cdot \{ (w_{rc}/w) - 1 \}^3}{w_{rc} \cdot \{ (w_r/w) - 1 \}^3} \quad (1)$$

またブロックの形状寸法を l とすれば, k を比例定数として,

$$W = kw_r l^3 \quad (2)$$

で表わされるから, 比例定数を一定すれば, 寸法比 l_r/l_c は, 次のように表される。

$$\frac{l_r}{l_c} = \left(\frac{W_r \cdot w_{rc}}{W_c \cdot w_r} \right)^{1/3} \quad (3)$$

いま, 式(2), (3)の関係をを用いて, 比重の変化が所要重量に及ぼす影響を求めると, 図-1 のように表わされる。この図から, 比重が大きくなるにしたがって, 所要重量並びに形状寸法が急速に小さくなることわかる。このことから, 外力としての波高が一定であっても, 比重を大きくすることによって, ブロックの所要重量と形状寸法が相対的に小さくても安定となる。

3. 実験

(1) 平面水槽 長さ18m, 幅10m, 深さ1.17mの平面水槽内をコンクリート板で仕切って, A, B, C, Dの四つの小水槽を造

表-1 実験に使用した各種のテトラポッドの比重

模型分類番号	比重番号	5	4	3	2	1	移動限界波高 h_c (cm)
	w_r/w	1.82	2.30	2.77	3.40	4.27	
A	l (cm)	7.16	4.52	3.29			8.6
	w (gf)	186.4	58.9	27.7			
B	l (cm)	9.04	5.68	4.14			10.8
	w (gf)	372.7	117.8	55.4			
C	l (cm)	12.24	7.72	5.68	4.14	3.08	14.7
	w (gf)	931.8	294.4	141.8	68.0	34.2	
D	l (cm)	16.62	10.48	7.72	5.68	4.14	19.9
	w (gf)	2329.6	736.0	354.6	174.1	85.4	
E	l (cm)		14.15	10.48	7.72	5.68	26.9
	w (g)		1811.0	886.4	435.2	218.6	

り, A, B, Cの各水槽の幅は約1m, Dの水槽幅は約50cmとした。

模型堤防と造波板との間に生じる多重再反射を防止するために, 消波マットからなる反射波吸収斜面(1:5)を一つおきに設置した。そのために, 模型堤防に作用する波は, 比較きれいな波形の波が得られた。小水槽内の一端には, 図-2のような法面勾配1:4/3の捨石堤を碎石で造り, その上に模型ブロックを2層乱積みとした。

(2) テトラポッド模型 比重の効果を詳しく調べるために, テトラポッドの模型は普通コンクリート(比重2.30)を基準にし, 比重が1.82, 2.30, 2.77, 3.40及び4.27の5種類の異なった模型を用意した。造波装置の最大発生波高が約30cmであることを考慮し, 模型重量を27g~2,330gの範囲に変化させた。全体で模型は20種類用意した。

表-2 実験条件の概要

波	水深 h (cm)	50, 60
	波高 H (cm)	~36.5
	周期 T (sec)	1~3
	沖波波形勾配 H_0/L_0	~0.14
	テトラポッド模型重量 (gf)	1.82, 2.30, 2.77, 3.40, 4.27
テトラポッド模型高さ (鉛直高さ) (cm)	テトラポッド模型重量 (gf)	34.2~2329
	高さ (鉛直高さ) (cm)	3.08~16.6
堤防	2層被覆傾斜堤法面勾配	1:4/3
海底勾配		水平床
波の作用時間 (波の作用数 t/T) (min)		5~70 (80~2000)

この模型の一覧が表-1に示されている。この表は, 各行が模型分類番号A~Eで分類してあるが, これにはHudson式でテトラポッドの安定係数 $K_D \approx 8$ とし, 各分類番号ごとに一定の設計波高(表中には移動限界波高 H_c と記してある)に対して, 各比重(比重番号1~5)のテトラポッド模型が移動を始める所要重量 W (g) が示してある。

(3) 実験条件 表-2には実験条件の概要がまとめてある。

4. 実験結果

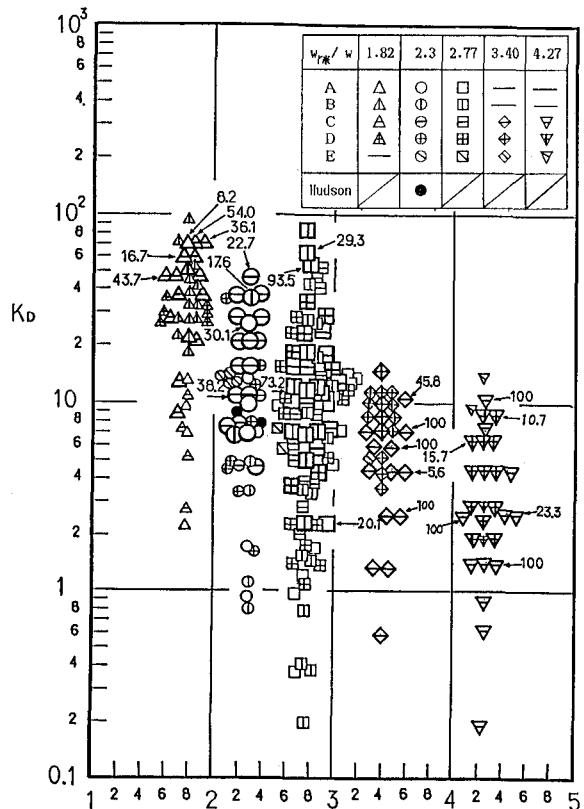
図-2は, 実験結果をまとめたもので, 被害率1~5%について比重の変化によるHudson式の K_D 値との関係が示してある。この図には, 被害が生じないがロッキングのみの場合については“小さい印”で, さらに被害率が1~5%以上については印に被害率が示してある。なお, 比較のためにHudsonの実験結果が“●印”で図中に併示してある。実験の進行上, 結果が全部整理

できていないので確かなことが判らないが, この図から, 比重が2.3より重くなると, 比重が軽いものに比較して, 安定係数が小さくなる傾向にあるようであるが, 現段階でははっきりしたことはわからない。 K_D 値のばらつきの原因については, Hudson公式誘導過程における諸仮定の設定, 縮尺効果, 波とブロックとの共振, 及び実験誤差等の影響と考えられる。

最後に, 本研究の実施に際しては, 研究所所属の大学院生及び卒業研究生に多大な協力を願ったことを付記し, 感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 伊藤政博・岩垣雄一・安立典弘・田中正和・根本建治・山本方人: 高比重ブロックの水理特性に関する実験的研究, 安定係数について, 土木学会中部支部平成元年度研究発表会講演概要集, pp. 232~233, 1990
- 2) 伊藤政博・岩垣雄一・柳田英治・根本建治・山本方人: 高比重ブロックの水理特性に関する実験的研究(2), 安定係数について, 土木学会中部支部平成2年度研究発表会講演概要集, pp. 270~271, 1991
- 3) 高吉晋吾・高橋吉弘・徳川和弘: 室津港水理模型実験, 調設広報 KOBE, Vol. 11, No. 2, pp. 17~27.
- 4) 大中 晋・石崎郁夫・堺 和彦: 重量ブロックの安定性に関する実験的研究, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, 第2部, pp. 820~821, 1990.
- 5) Zwanborn, J.A.: Dolos packing density and effect of relative block density, Proc. 16th. ICCE, pp. 2285~2304, 1978.

Specific gravity, W_r/W 図-2 比重の変化による K_D 値