

密度を考慮した消波ブロックの耐波安定性に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 土井 勇人

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：港湾および海岸を波浪災害から守るために消波ブロック被覆堤など消波ブロックを使用した施設が多数建設されている．このような施設の安定性を論じる上で，最も重要な要素の一つである消波ブロックの必要安定質量は，Hudson 式などの経験的な手法で算定されている．このような算定手法は，波力と自重のバランスから導かれているが，その際の波力は抗力，あるいは揚力が卓越することを想定しており，波力は流速の 2 乗に比例するとされている．また，東日本大震災以降，粘り強い沿岸防災施設の設計が求められるようになって来ており，消波ブロックや被覆材の耐波安定性の確保も大きな課題になってきている．特に津波に対しては必要安定質量が流速の 6 乗に比例する Isbash 式で算定されることが多く，設計外力の増大とともに非常に大きな質量が必要とされる場合が生じてきている．密度が一定のもとでは，作用外力が大きくなるほど必要とされるブロックが大きくなるが，それにともない KC 数は小さくなるため，作用波力に占める慣性力の割合が大きくなることが想定される．慣性力が卓越する状況では必要安定質量はブロックを大きくすることでは確保できず，密度を大きくすることが不可欠となる．本研究は，必要安定質量を大きさだけでなく密度の関数としても取扱い，密度を考慮した安定質量算定法について，水理模型実験の結果に基づいて考究する．

2. 水理模型実験の概要：名古屋大学の二次元鋼製造波水槽（長さ 30 m, 幅 0.7 m, 深さ 0.9 m）の中に，図-1 に示すような一様斜面を有する不透過斜面（高さ 0.32 m, 天端幅 0.7 m, 法面勾配 1/10），および不透過水平床（高さ 0.32 m）を設置し，斜面上にテトラポッド型の消波ブロック模型を配置した．実験では，大きさと密度の異なる 5 種類のブロック模型を使用し，ブロックの密度および大きさがその耐波安定性に与える影響を調べた．入射波は規則波とし，その周期 T を 5 種類変化させ，入射波高を徐々に大

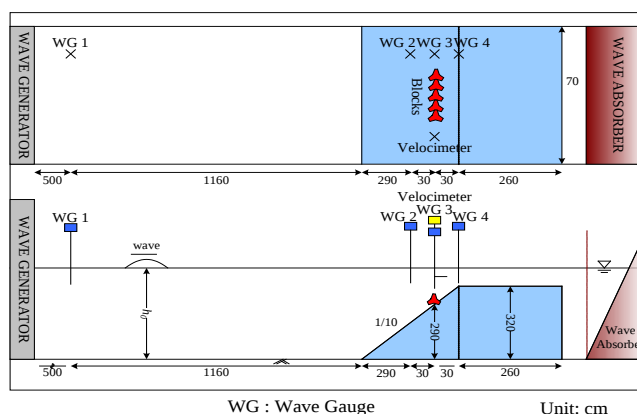


図-1 実験装置の概略図

表-1 ブロック模型の種類

	Size[mm]	Weight[g]	Density[t/m ³]
Type1	52	98.2	2.45
Type2	42	107	5.35
Type3	38	105	6.56
Type4	36	90.2	6.94
Type5	30	50.1	7.16

表-2 入射波条件

h_0 [cm]	T [s]	H [cm]
38, 43	1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8	Optional

きくしてブロックの移動限界を求めた．さらに Cantilever 型波力計を製作し，移動限界時の作用波力を水位および流速と同時に計測した．ブロック模型の詳細，および入射波の条件を表-1, 表-2 に示す．

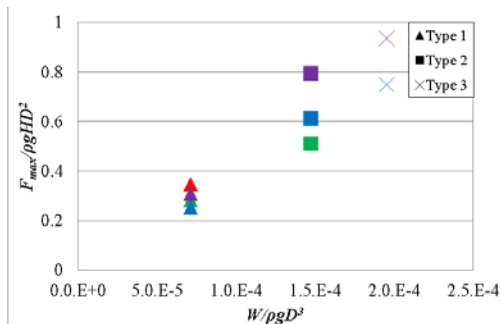
計測した波力に Morison 式を適用し，抗力係数と慣性力係数を最小自乗法によって求め，抗力と慣性力の分離も併せて行った．

3. 結果と考察：図-2 に重量一定で密度，大きさが異なる 3 種のブロック (Type 1, Type 2, Type 3) と密度一定で重量，大きさが異なる 3 種のブロック (Type 3, Type 4, Type 5) でそれぞれについて移動限界時の無次元最大作用波力と無次元移動限界

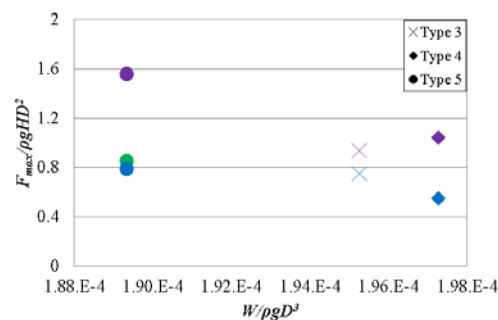
キーワード 消波ブロック，移動限界，作用波力，水理模型実験

連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科 TEL: 052-789-4630

重量の関係を示す。
 なお、プロットの色は周期を示しており、黒: $T=1.0$ s, 赤: $T=1.2$ s, 緑: $T=1.4$ s, 青: $T=1.6$ s, 紫: $T=1.8$ sである。図-2(a)より、同じ重量のブロックであっても、密度が大きくなるほど移動限界時の



(a) 密度の違いによる比較



(b) 重量の違いによる比較

図-2 密度および重量の違いによる無次元波力の比較

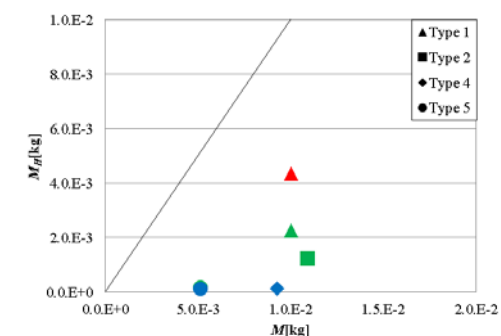
波力は大きく、耐波安定性は増すことが確認できる。また、横軸はブロックの比重に相当するため、密度の近いブロックを対象とした同図(b)ではあまり明瞭ではないものの、全般的にはブロックの大きい方が移動限界時の無次元波力は小さくなっており、Type 3 と Type 4 では逆転する場合も確認できる。これは波力全体に占める慣性力の割合が大きくなっていることが一因として考えられる。

表-3 はブロックの移動限界時の作用波力における抗力・慣性力の卓越状態を示しており、表中の D は抗力が慣性力を上回る状態、I は慣性力が抗力を上回る状態であったことを示している。表-3 より、周期が長い場合には抗力が卓越する傾向があるが、短い周期では慣性力が卓越する場合も少なくない。

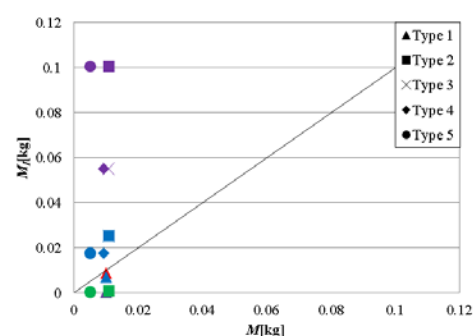
表-3 移動限界時の抗力・慣性力

Type	1	2	3	4	5
周期 T [s]					
1.0					
1.2	I				
1.4	I	I			I
1.6	I	D	D	I	D
1.8	D	D	D	D	D

図-3 は Hudson 式および Isbash の式による安定質量と実験による移動限界質量の関係を示したものである。なお、縦軸が算定式を使用して求めた安定質量、横軸が実験値である。



(a)Hudson 式



(b)Isbash の式

図-3 Hudson 式および Isbash の式による安定質量と実験値の比較

満たしているにもかかわらず、移動が生じていることが確認できる。したがって、Hudson 式は過小評価する傾向にあるといえる。一方、図-3(b)より、周期が短い波が作用した場合の移動限界質量の多くは直線の下側に位置しており、Isbash の式による安定質量を満たしているにもかかわらず移動が生じたことを示す。表-3 に示したように、周期が短い場合に、作用波力に対して慣性力が卓越している状態が生じやすいことから、抗力に加えて慣性力が加わって移動が生じやすくなったと考えられる。

4. おわりに：以上より、ブロックの耐波安定性を波高や流速のみでなく、作用波力すなわち抗力と慣性力の特性和関連づけて評価することが必要であることが確認された。特に、慣性力が卓越する場合もあることから、ブロックの密度を考慮した安定質量の算定手法の構築が望まれる。今後、更に実験等を行い、新たな算定手法について検討していく所存である。

<参考文献>(1)伊藤ら, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp.736-740. (1995), (2)伊藤ら, 海岸工学論文集, 第 39 巻, pp.666-670. (1992), (3)岩田ら, 海岸工学論文集, 第 39 巻, pp.661-665. (1992)