

## 高密度消波ブロックの耐津波安定性に関する実験的研究

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：**東日本大震災では地震にともなって発生した巨大な津波により多くの海岸保全施設が被災した。しかし、それぞれが被災を受けながらも減災効果を発揮してきたことが評価され、今後の海岸保全施設には「粘り強い」構造が求められるようになった。一方、被災メカニズムの解明が進むにともない、被覆捨石や消波ブロックの耐津波性に関して再評価の必要性が指摘されるようになった。津波に対してはイスバッシュの式で安定質量が算定されるが、安定質量は流速の6乗に比例するため外力が大きくなると安定質量は急激に増加する。一方、ブロックが大きくなると安定質量の評価の過程で考慮されていない慣性力が無視できなくなる。特に波面の切り立った津波が来襲する際は、流速も急激に大きくなり、必然的に加速度は大きくなることから慣性力の寄与が無視できなくなることが懸念される。慣性力が卓越するとイスバッシュ式やこれまで広く使用されてきたハドソン式では安定質量は原理的に求められず根本的な再検討が不可欠である。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。高密度ブロックの安定性はこれまで検討例が少ない<sup>1)~3)</sup>のが現状であり、本研究では、高密度の消波ブロックの耐津波安定性について水理模型実験を行って検討することを目的とする。

**2. 水理模型実験：**幾何縮尺 1/50 を想定し、テトラポッドを対象に水理実験を行った。実験では、耐津波安定性を議論するために、津波を模擬した長周期波 ( $T=10\sim 22s$ ) を作用させ移動限界を求めた。実験は名古屋大学の2次元鋼製波水槽(長さ30m, 幅0.7m, 深さ0.9m)を使用した。

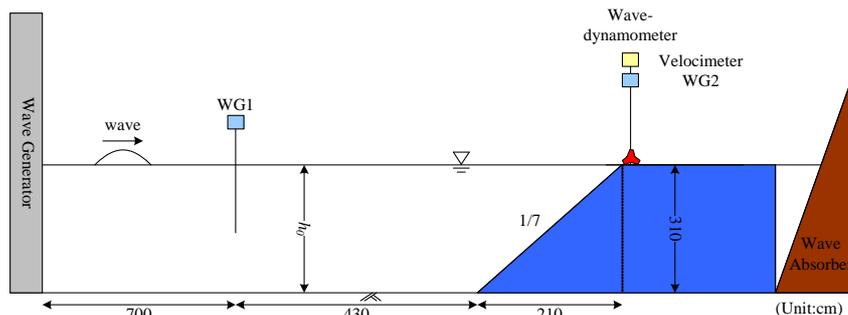


図-1 実験装置の概略図

図-1 に実験水槽の概略図を示す。水槽の一端には最大ストローク 1.5m の位置制御・吸収制御付ピストン型造波装置が設置されている。他端には礫層から成る消波装置が設けられており、反射波の影響を極力小さくするようにしてある。

実験では、水槽内に先端部に 1/7 の一様斜面勾配をもつ高さ 32cm の不透過水平床を設置し、水平床上に消波ブロック模型を設置し、波を作用させた。静水深  $h$  は 30cm であり、斜面から遡上した波が消波ブロックに作用する状況を対象とした。

実験では、ブロック設置位置での水位変動を、容量式波高計を設置し計測した。同時にプロペラ流速計も設置し、水平流速の計測も行った。さらに、消波ブロックに作用する波力を計測するため、樹脂製の消波ブロック模型を先端に取り付けたキャンチレバー型波力計を製作し、消波ブロック設置位置に設置し、ブロック模型に作用する波力の計測も行った。

表-1 ブロック模型の諸元

代表径 $D$ [mm]	密度 $\rho_b$ [g/cm <sup>3</sup> ]				
	30	2.30	2.70	3.70	5.00
36	2.30	2.70	3.70	5.00	6.90
42	2.30	2.70	3.70	5.30	—
52	2.30	2.45	3.70	—	—

キーワード 消波ブロック, 高密度ブロック, 移動限界, 作用波力

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

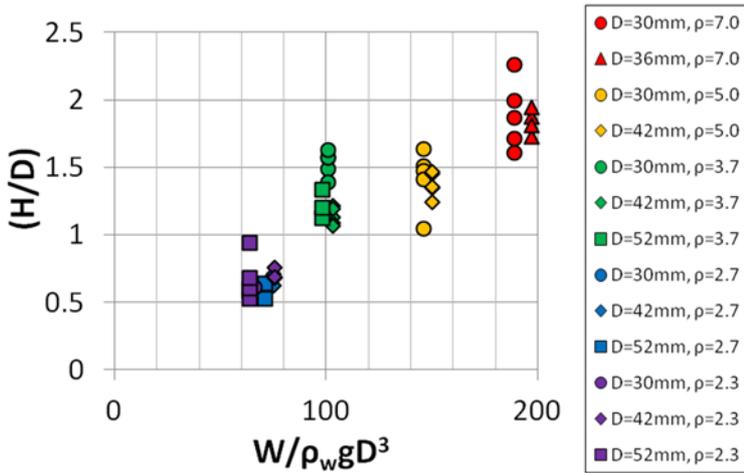


図-2  $H/D$  と  $W/\rho_w g D^3$  の関係

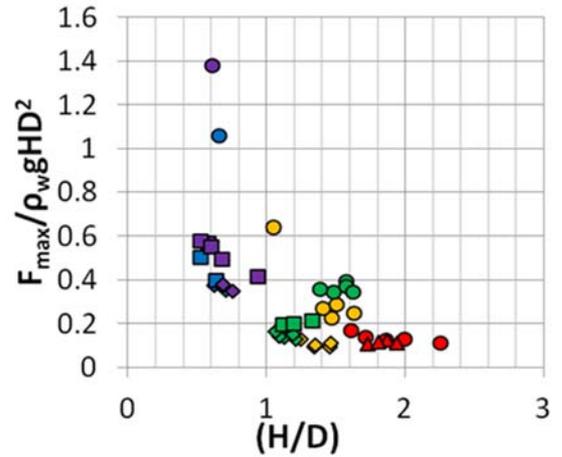


図-3  $F_{\max}/\rho_w g H D^2$  と  $H/D$  の関係

3. 結果と考察：図-2 に移動限界時の無次元波高  $H/D$  と無次元重量  $W/\rho_w g D^3$  の関係を示す．ここに、 $W$ ：ブロック重量、 $H$ ：波高、 $g$ ：重力加速度である．図より無次元重量が大きくなるほど移動限界時の無次元波高が大きくなることわかる．消波ブロックの重量は、密度一定の条件では重力加速度と代表径の3乗に比例するため、無次元重量はブロックの比重に相当する．したがって図に示される傾向はブロックの比重が大きくなるほど移動限界時の無次元波高は大きくなることを示す．この関係は Hudson 式から得られるものに近いことを示しており、したがって抗力が支配的であるという仮定が成立していることを示唆するものである．

移動限界時の無次元最大波力  $F_{\max}/\rho_w g H D^2$  と無次元波高  $H/D$  の関係を図-3 に示す．無次元最大波力は  $H/D$  が大きくなるとほぼ一定値に漸近していく傾向が認められる．逆に  $H/D$  が小さくなると増加する傾向がある．長波では一般に流速が  $(gH)^{0.5}$  で近似できるとされているが、これを考慮すると無次元最大波力は抗力係数に相当する無次元量になる．したがって無次元最大波力が一定値に漸近することは抗力が卓越することを示す．これは図-2 の結果と整合するものである． $H/D$  が小さい範囲の傾向については非線形な関係であり、これを両対数で表示した結果、 $H/D$  の小さい範囲はほぼ  $(H/D)^{-1}$  に比例していることが確認された．これはこの範囲では慣性力が卓越することを示唆するものである．

図-4 に最大流速  $U$  と  $(gH)^{0.5}$  の関係を示す．図中の直線は両者が等しいことを示す．実験結果は多少  $U$  より  $(gH)^{0.5}$  が大きい傾向にあるが、両者は近い値であることを示す．すなわち、本実験の範囲では、水平床上に遡上した津波の最大流速は最大水位との間にほぼ  $U=(gH)^{0.5}$  の関係があるといえる．

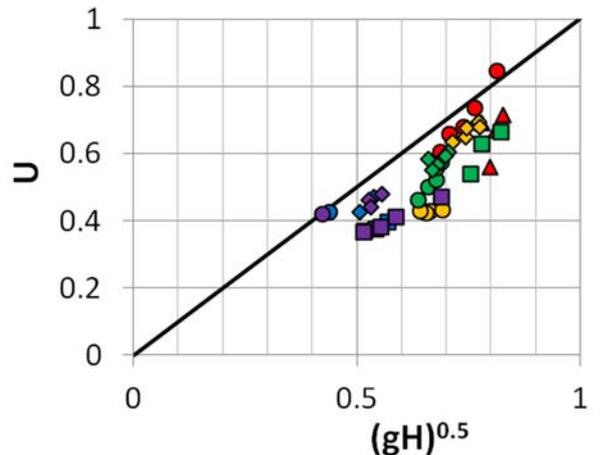


図-4 最大流速  $U$  と  $(gH)^{0.5}$  の関係

4. おわりに：本研究では、高密度の消波ブロックの耐津波安定性を水理模型実験に基づいて考究し、(1)ブロックの比重が大きくなるほど移動限界時の無次元波高は大きくなること、(2)ブロックの比重が大きい場合は、Hudson 式の仮定から得られる結果とほぼ同様の傾向が確認できたが、比重の小さいブロックに対しては、その仮定とは異なる傾向があること、などを明らかにした．今後、さらに密度を考慮した安定質量算定法の構築に向けて検討してゆく所存である．最後になるが、本研究は中部電力原子力技術安全研究公募研究の援助をいたことを付記し感謝の意を表します．

<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)