

消波工嵩上げ時における消波ブロックの耐波安定性

株式会社不動テトラ 正会員 ○山上 健太郎
正会員 三井 順
正会員 久保田 真一

1. はじめに

近年、気候変動に伴う自然災害の激甚化や頻発化が進んでいる状況にある。わが国では、高潮や高波の大型化に対応するため、構造物の設計波の見直しが促されている。それに伴い、防波堤などの外郭施設や護岸等における嵩上げ事業のさらなる増加が想定されるところである。

消波工の嵩上げにおいては、すでに設置されている「既設ブロック」と既設ブロック上に新たに設置する「嵩上げブロック」のかみ合わせを十分に確保することで消波工の性能（耐波安定性など）を担保することに留意する必要がある。

既往の研究¹⁾では、テトラポッドの消波工からブロックを引抜く際の抵抗力に基づき、ブロックのかみ合いの定量的な評価を試みている。その結果、消波工嵩上げ時に想定されるブロックの組み合わせとして、嵩上げブロックと既設ブロックの質量比が1.0から1.6の範囲で良好なかみ合わせを有していることを示している。

本研究では、そのような条件における嵩上げブロックの耐波安定性を確認することを目的として、水理模型実験を実施した。

2. 実験方法

実験には長さ55 m、幅1.2 m、高さ1.5 mの二次元造波水槽を用いた。表-1に使用したブロックの諸元を示す。断面形式は全断面と1層嵩上げ断面、2層嵩上げ断面（消波ブロック天端2個並び、消波工法面1：4/3）の3種類とした。堤体前面の水路をアクリル板で幅方向に2分割し、手前と奥側で異なる断面の実験を同時に行った。消波工断面と実施した実験ケースを表-2に示す。実験縮尺は1/50を想定し、不規則波を作用させた。作用波数は1000波、波群は2種類とし、周期 $T_{1/3}$ は模型量で1.41 s、2.12 s（現地量で10 s、15 s）の2種類とした。設計波高 H_D は15.6 cmとし、有義波高 $H_{1/3}$ は $0.6H_D$ から $1.1H_D$ まで（ $T_{1/3}=1.41$ s）、あるいは $1.4H_D$ （ $T_{1/3}=2.12$ s）まで作用さ

表-1 消波ブロック諸元

質量	密度	高さ	ブロック種別
368 g		8.28 cm	テトラポッド
294.4 g	2.3 g/cm ³	7.72 cm	
230 g		7.1 cm	



表-2 実験ケースおよび消波工断面

	消波工断面 単位 mm	既設 ブロック 質量M (g)	嵩上げ ブロック 質量M' (g)	M'/M	Case
全断面		368	-	-	(a)
1層嵩上げ		368	368	1.0	(b)
		294.4		1.25	(c)
		230		1.6	(d)
2層嵩上げ		368	368	1.0	(e)
		294.4		1.25	(f)
		230		1.6	(g)

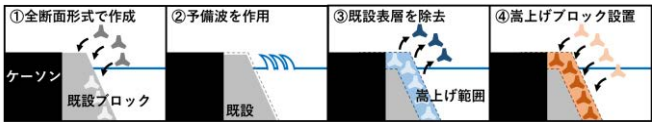
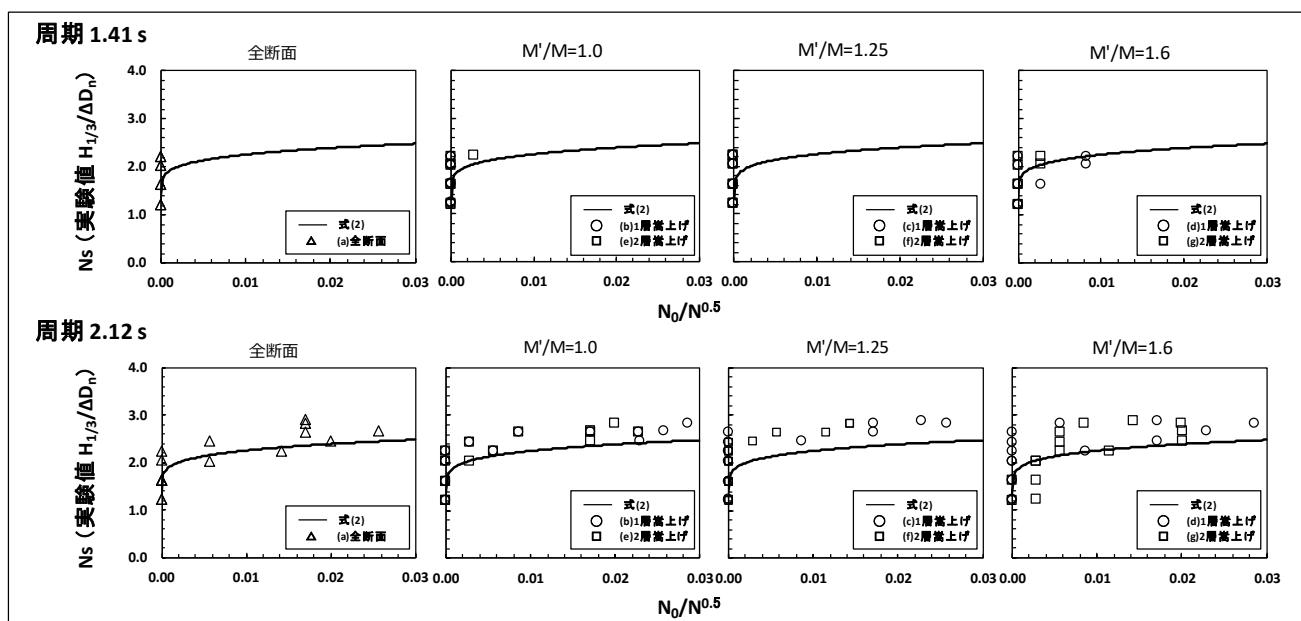


図-1 嵩上げ断面作成手順

せた。安定実験は波高条件が小さいケースから波当を開始し、波高ランクごとにブロックの積み直しは行わず、継続して次の波高ランクの波を作用させて安定性を検討した。なお、嵩上げを行ったケースについては実際の施工を再現するため、図-1に示す手順で断面を作成した。まず、既設ブロックを水槽内に全断面形式で設置し、予備波を当てる。これで消波工断面が波浪によって締め固まった状態を再現し、既設ブロックの表層から嵩上げブロックの層厚（1層厚および2層厚）に相当する範囲のブロックを除外した後、嵩上げブロックを

キーワード 水理模型実験、消波工嵩上げ、安定性、消波ブロック、テトラポッド

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町 2-7 (株)不動テトラ総合技術研究所 TEL:029-831-7411



設置した。なお、既設ブロックに嵩上げを行う際、ブロック同士のかみ合わせが悪いと判断された場合、実施工と同様に既設表層のブロックを据え直した。

3. 安定性の評価

一般的に消波ブロックの安定性の算定には、安定数 N_s を用いたハドソン式 (式(1)) が用いられる。本研究では高橋ら²⁾の提案した消波ブロックの N_s 算定式 (式(2)) を用いて嵩上げブロックの安定性の評価を行った。

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

$$N_s = C_H [a(N_0/N^{0.5})^{0.2} + b] \quad (2)$$

ここに、 M : 所要質量, ρ_r : ブロックの密度, S_r : ブロックの海水に対する比重 (ρ_r/ρ_w , ρ_w は海水の密度), N_s : ブロックの安定数, C_H : 砕波効果係数 ($C_H = 1.0$ として計算), N_0 : ブロックの代表径の幅 (法線方向) あたりの被災個数で表される被災度, N : 作用波数, a, b : ブロック毎に定まる係数 (テトラポッドの場合, 斜面勾配 1:4/3 のとき $a = 2.32$, $b = 1.33$) である。ブロックの被害の定義は、「ブロックの大きさの 1/2 程度以上の移動, また 45 度程度以上の回転」とした。

4. 実験結果

図-2 に周期 1.41 s と周期 2.12 s の各ケースの実験値と式(2)より求まる値を示す。周期 1.41 s では全ての実験ケースで被災度 $N_0 = 0.3$ ($N_0/N^{0.5} = 0.0095$) を下回った。比較的大きな被害が生じた周期 2.12 s の条件でも、実験結果から逆算した N_s は式(2)から求まる値よりも全体的に大きく、式(2)の N_s 算定式を用いて嵩上げブ

ックの所用質量を算定できることが確認された。

嵩上げブロックの層厚の影響に関しては、今回の実験条件の範囲においては 1 層厚と 2 層厚で安定性に大きな違いは見られなかった。また、既設と嵩上げブロックの質量比に関しては、質量比が大きくなるほど安定性は若干低下する傾向のようであり、ブロックサイズが大きく異なると、ブロック同士がかみ合いづらくなる可能性が考えられる。

5. まとめ

二次元造波水槽を用いた水理模型実験により、テトラポッド消波工嵩上げ時のブロック質量比と嵩上げ層厚による安定性についての検討を行った。既設と嵩上げブロックの質量比が 1.0~1.6 の範囲で嵩上げ層厚 1 層および 2 層厚に適用した際、ブロックは安定であることが確認された。

なお、消波工の嵩上げは同屯型のブロックであっても既設と嵩上げブロックのかみ合いを担保するため、かみ合いが悪いと判断された既設表層のブロックを据え直す点には留意する必要がある。

参考文献

- 1) 久保田真一, 三井順, 松本朗(2022): 消波工嵩上げ時における消波ブロックのかみ合わせに関する定量的評価, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, II-75.
- 2) 高橋重雄, 半沢稔, 佐藤弘和, 五明美智男, 下迫健一郎, 寺内潔, 高山知司, 谷本勝利(1998): 期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量, 港湾技術研究所報告, 第37巻, 第1号, pp.3-32.