

ブロック被覆式傾斜堤からの裏込め材流出現象の実態解明

東海大学大学院工学研究科建築土木工学専攻 学生会員 ○福原 涼¹

東海大学元教授 大学院工学研究科建築土木工学専攻 フェロー会員 山本 吉道²

元東海大学大学院総合理工学研究科 非会員 Kornvisith Silarom

1. 目的

極浅海域において設計波より小さな波が与える影響は、海岸堤防や護岸を破壊や弱体化させるほど重大である。その原因は、写真-1に示す様に、前面洗掘に基づく堤体内からの裏込め材流出現象が生じることによる。山本ら¹⁾は、コンクリートによる表法全面被覆堤の裏込め材流出機構を解明し、流出量算定式を提案した。しかしながら、表のり面に多数の空隙のあるコンクリート・ブロック被覆堤の場合、前述の算定式は適用できない可能性がある。それゆえ、ブロック被覆堤模型を設置した造波水路において、裏込め材流出量と沖合入射有義波高・周期、前面水深、中央粒径との関係を調べる実験を行なった。

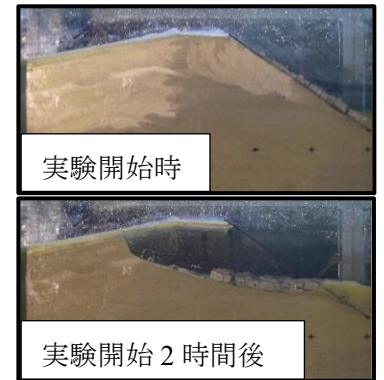


写真-1 裏込め材流出実験の様子

2. 実験方法

図-1に示すように、幅0.5m、高さ0.8m、長さ22mの造波水路に、勾配1/15の砂浜と縮小比1/25のコンクリート・ブロック被覆堤模型を設置して、波高計2台による入反射分離で有義波高と有義波周期を求め、ビデオ・カメラで流出による空洞化を撮影し、空洞面積を読み取った。なお、裏込め材の中央粒径と流出量の関係を明瞭にするため、現場で通常設ける栗石・碎石層は設置しなかった。

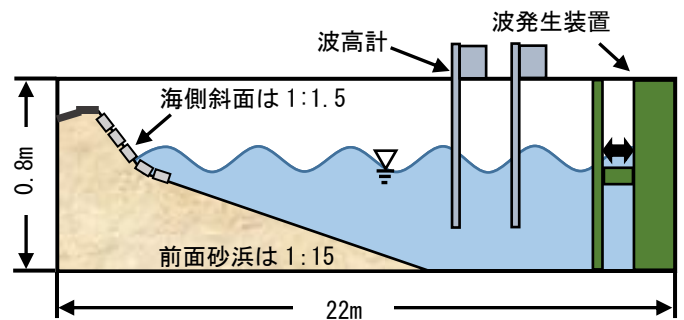


図-1 造波水路と模型の全体図

表-1 実験条件

ケース番号	沖波有義波高 $H_{o1/3}$ (m)	有義周期 $T_{1/3}$ (s)	前面水深 h (m)	中央粒径 D_{50} (mm)
1	0.07~0.12	1.5~1.8	0.45	0.2
2	0.11	1.9	0.50	0.2
3	0.15	2.5	0.45	5
4	0.10	1.8	0.45	10

3. 結果と解析

表-1のケース1について、ほぼ同じ実験条件で行った流出量 Q_{old} と Q_{new} の経時変化の関係を図-2に示す。本図のように、信頼性を高めるために、出来るだけ同じ条件のケースをダブルで行う様に試み、

中央粒径が0.2mmの場合は1時間半~2時間で裏込め材の流出が止まることを確認した。そして、累計流出量と有義波高、周期、水深、中央粒径との関係を図-3(i)-(iv)に示す。これらの図に示す通り、有義波高、周期、水深の増加に伴い、裏込め材の流出量は増加し、中央粒径の増加に伴い、流出量は減少することが確かめられた。

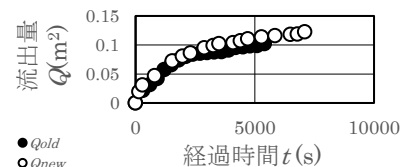


図-2 裏込め材流出量の経時変化

次に、図-4(i)-(iv)に本実験による流出量の実測値 Q_{obs} と本実験の諸量を山本らの算定式(図-5)に代入して得られた計算値 Q_{cal} との比較を示す。本図から、コンクリート表法全面被覆堤用の算定式では、実測値を過小評価するが、定性的な傾向は合っていることを確認できた。そこで実験結果を用い、山本らの算定式にあ

キーワード 裏込め材流出量、コンクリート・ブロック被覆堤、水理模型実験、海岸堤防、極浅海域

¹連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 東海大学大学院工学研究科 E-mail:2cckm019@mail.u-tokai.ac.jp

²連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 東海大学大学院工学研究科 E-mail:yama1231@krd.biglobe.ne.jp

る時間低減係数 α と流出量比例係数 β の改良を試みた。実験データから逆算処理によって求まる α および β と中央粒径を無次元化した値との関係を **図-6** および **図-7** に示す。これらの図でカーブフィッティングさせると、 α および β の実験式 **(8)** を得た。**図-8** に本実験のデータ、野口ら²⁾ の大型実験データ、および、茅ヶ崎海岸(1997年)での現地被災データと、改良した算定式による計算値との相関(相関係数=0.99)を示す。

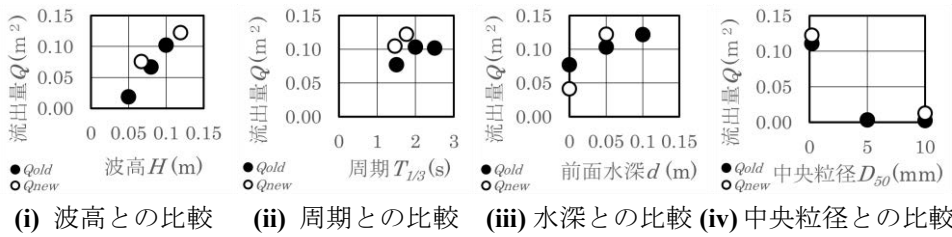


図-3 流出量と諸量の関係

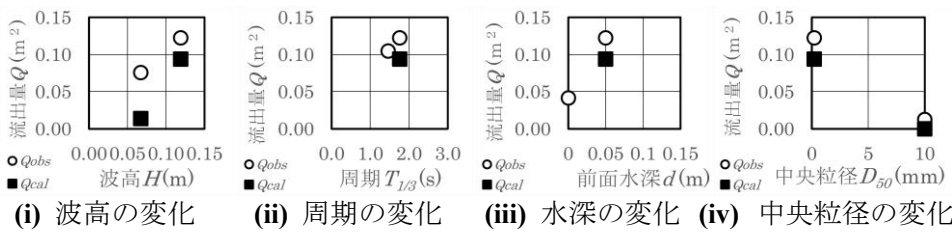


図-4 山本らの算定式による計算値と実測値との比較

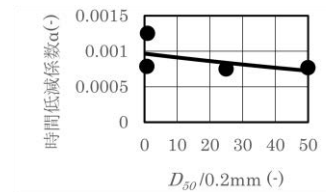


図-6 α と中央粒径の関係

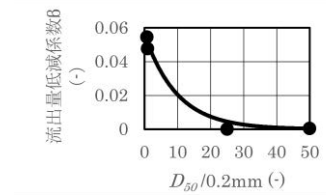


図-7 β と中央粒径の関係

$$\tau_r = ((\rho_s - \rho_w)gd_t - P_{ob\ max}) \tan \phi, \quad \tau_f = \frac{f}{2} \rho_w V_{\max}^2 \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_{ob\ max}}{\rho_w g H_{1/3}} &= a \left[\tanh \left(\frac{0.03 H_{1/3}}{d_t} \right) \right]^b \\ a &= 0.37 (0.2\text{mm}/D_{50})^{0.85} + 0.30 \\ b &= 0.55 (0.2\text{mm}/D_{50})^{0.78} + 0.05 \end{aligned} \right\} \left[1 \leq \frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \leq 50 \right] \quad (2)$$

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2P_{ob\ max}}{\rho_w (h/H_{1/3} + 1.0)^{1.11}}} \quad (3)$$

$$\theta = \frac{\tau_f}{(\rho_s - \rho_w)gD_{50}}, \quad \theta_c = \frac{\tau_r}{(\rho_s - \rho_w)gD_{50}} \quad (4)$$

$$q \propto (\theta - \theta_c)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \cos \left(\frac{\alpha t}{T_{1/3}} \right) \right) \quad \left[0 \leq \frac{\alpha t}{T_{1/3}} \leq \pi \right] \quad (5)$$

$$\frac{q}{\omega D_{50}} = \beta (\theta - \theta_c)^{\frac{1}{2}} \left(1 + \cos \left(\frac{\alpha t}{T_{1/3}} \right) \right) \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 0.00218 \times e^{-0.038 \times \left(\frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \right)} \\ \beta &= 0.056 e^{-0.69 \times \left(\frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \right)^{0.72}} \end{aligned} \right\} \left[1 \leq \frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \leq 50 \right] \quad (7)$$

ρ_s : 砂層の密度, ρ_w : 水の密度, ϕ : 前面砂層部での内部摩擦角 ($\approx 30^\circ$)
 f : 吸出し力係数 (≈ 1), d_t : 前面砂層厚(堤体前面地盤高 - 堤体前面下端深さ), $P_{ob\ max}$ および V_{\max} : 戻り流れ時の堤体前面での最大過剰間隙水圧と最大流速, $H_{1/3}$: 堤体前面での入射有義波高, D_{50} : 裏込め材の中央粒径 (mm), h : 吸出し口までの前面水深(潮位+堤体前面下端深さ), θ : 最大吸出し力 τ_f の無次元量, θ_c : 砂の有効せん断抵抗力 τ_r の無次元量, q : 堤体前面からの単位幅・単位時間当たりの空隙を含む流出量, $T_{1/3}$: 入射波周期, t : 吸出し開始後の経過時間, ω : 沈降速度

図-5 山本らの算定式(式(1)-(7))

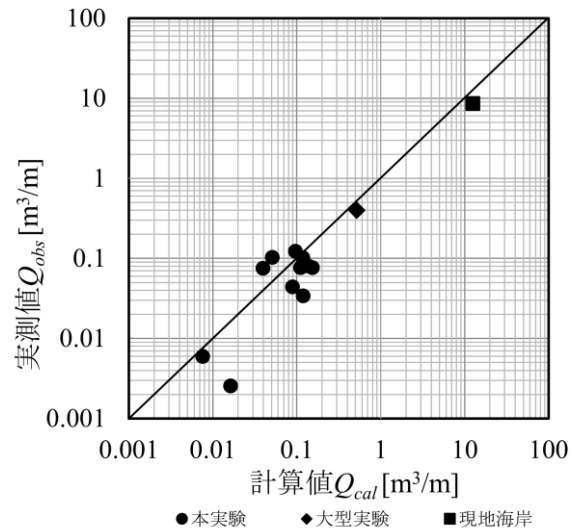


図-8 裏込め材流出量の実測値と計算値の相関
 (栗石・碎石層の影響は中央粒径設定時に裏込め部断面積内の面積比で考慮した)

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 0.00097 e^{-0.0058 \times \left(\frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \right)} \\ \beta &= 0.056 e^{-0.098 \times \left(\frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \right)} \end{aligned} \right\} \left[1 \leq \frac{D_{50}}{0.2\text{mm}} \leq 50 \right] \quad (8)$$

式(8) 実験データから逆算処理による α および β の実験式

4. 主要な結論

水理模型実験から、ブロック被覆堤に於ける裏込め材流出量が、有義波高、周期、水深の増加に伴い増加することと、中央粒径の増加に伴い減少することを確かめた。山本らの算定式は、裏込め材の流出量を過小評価することも確認したので、本実験データを用いて山本らの算定式を改良し、この算定式による計算値と本実験データ、大型実験データ、および、茅ヶ崎海岸の被災データとの相関が大変良くなったことを確認した。

[文献] 1)山本ら, 土木学会論文集 B2, Vol.71, No.1, 2015. 2)野口ら, 海岸工学論文集, 第47巻, 2000.