

長周期波対策マウンド構造物の反射率推定式の改良検討

株式会社不動テトラ 正会員 ○三井 順  
 株式会社エコー 正会員 長谷川 巖  
 株式会社不動テトラ 正会員 田中 真史  
 株式会社不動テトラ 正会員 久保田 真一  
 株式会社不動テトラ フェロー 松本 朗

1. はじめに

多くの港湾において、長周期波に起因する荷役障害が問題となっている。港内長周期波を消波するための対策の一つとして、防波堤背面等へマウンド構造物(図-1)を設置することが挙げられる。

著者ら<sup>1)</sup>は、このような長周期波対策マウンドの反射率を簡易的に推定できるようにすることを目的として、多数の既往実験データに基づき、マウンドの構造諸元や波浪諸元を考慮した反射率推定式を提案している。

しかし、遊水部を有する構造形式(図-1(b))に本推定式を適用した場合、マウンド天端が干出する条件で反射率が大きめに推定されることが確認された<sup>2)</sup>。その理由としては、推定式における係数の決定に用いた実験データの内、遊水部付きの条件のものは1割程度とかなり少なかったことから、特に潮位変化に対する反射率特性をうまく取り込めなかった可能性があると考えられる。

そこで本研究では、系統的な条件で実施した遊水部付きマウンドを用いた反射率実験データ<sup>2)</sup>を含めて、反射率推定式の見直しを行い修正を加える。それにより、遊水部付きの構造形式への適用性を向上させ、より精度の高い反射率推定式の構築を目指す。

2. 既往の反射率推定式

著者ら<sup>1)</sup>による既往の反射率推定式を式(1)に示す。寸法記号の定義については図-1を参照されたい。

$$K_R = \frac{\lambda_1}{\cosh\left(\lambda_2 \frac{B_0 + B_{s0}}{L}\right)} + 1 - \lambda_1 \quad (1)$$

ここに、 $B_0$  は静水面における堤体幅、 $B_{s0}$  は静水面における遊水部幅、 $L$ は波長である。反射率は $(B_0 + B_{s0}) / L$ の関数としており、遊水部幅を含めた堤体幅が長くなるほど反射率は低減し、 $1 - \lambda_1$ に漸近する。また $\lambda_2$ が大きくなる

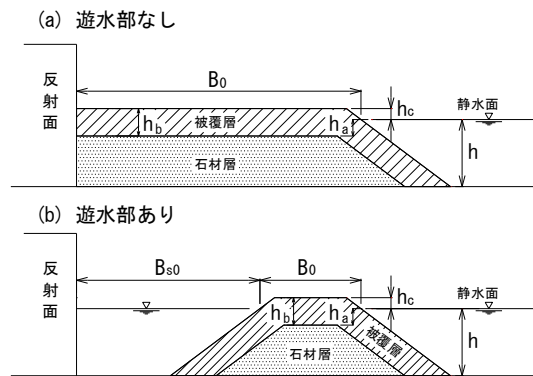


図-1 長周期波対策マウンドの模式図

なるほど堤体幅の増大に対する反射率の減少率が大きくなる。係数 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ はマウンド構造諸元や波浪諸元によって決まる係数であり、それぞれ式(2)および式(3)により求める。

$$\lambda_1 = a_1 \frac{H}{L} + b_1 \frac{h_a}{h} + \frac{c_1}{\cosh\left(d_1 \frac{h_c}{h}\right)} + e_1 \frac{B_{s0}}{B_0 + B_{s0}} + f_1 \quad (2)$$

$$\lambda_2 = a_2 \frac{H}{L} + b_2 \frac{h_a}{h} + \frac{c_2}{\cosh\left(d_2 \frac{h_c}{h}\right)} + e_2 \frac{B_{s0}}{B_0 + B_{s0}} + f_2 \quad (3)$$

ここで、副パラメータとして、1)波形勾配  $H/L$ , 2)中詰め石材層の天端上水深と水深との比  $h_a/h$ , 3)マウンド天端高と水深の比  $h_c/h$ , 4)無次元化した遊水部幅  $B_{s0}/(B_0+B_{s0})$ の4つの無次元数を用いる。係数 $a_1, b_1$ 等は実験結果に基づき表-1に示すように決定している。

表-1 既往の反射率推定式<sup>1)</sup>における実験係数 (遊水部の有無によらず共通)

係数 $\lambda_1$		係数 $\lambda_2$	
$a_1$	19	$a_2$	4100
$b_1$	0.53	$b_2$	-25
$c_1$	0.20	$c_2$	0
$d_1$	30	$d_2$	0
$e_1$	0	$e_2$	62
$f_1$	0.27	$f_2$	30

キーワード 港内長周期波, 反射率, 長周期波対策マウンド, 反射率推定式, 遊水部

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

3. 反射率推定式の修正

推定式の修正方針は以下のようにした。

- 基本の式形 (式(1)) は変えず、 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ に関する式と実験係数を修正することとした。
- 遊水部の有無によって潮位変化に対する反射率の傾向が異なったことから、 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ の式における実験係数を遊水部ありとなしの条件ごとに別々に定めることとした。
- ただし、波形勾配の影響に関しては遊水部の有無で変化しないと仮定し、波形勾配に関する係数 $a_1$ および $a_2$ については共通の値とした。
- 遊水部幅に関する項 (式(2)および式(3)の右辺第4項) は削除した。これは、遊水部幅が変化しても $B_0+B_{s0}$ が同じであれば反射率は殆ど変わらないという実験結果<sup>2)</sup>に基づくものである。
- 被覆層厚に関する $h_a/h$ の項は、非線形の関数形で取り込むように式を修正した。これは、試行錯誤により実験結果との適合性が向上するような式形として定めたものである。

修正後の $\lambda_1$ および $\lambda_2$ は式(4)および式(5)のようになる。

$$\lambda_1 = a_1 \frac{H}{L} + b_1 \left(\frac{h_a}{h}\right)^{g_1} + \frac{c_1}{\cosh\left(d_1 \frac{h_c}{h}\right)} + f_1 \quad (4)$$

$$\lambda_2 = a_2 \frac{H}{L} + b_2 \left(\frac{h_a}{h}\right)^{g_2} + \frac{c_2}{\cosh\left(d_2 \frac{h_c}{h}\right)} + f_2 \quad (5)$$

右辺第1項、第2項、第3項はそれぞれ波形勾配の影響、被覆層厚の影響、天端高の影響を表す項である。全ての実験データに基づいて決定した実験係数を表-2に示す。

また、本推定式の実験係数を定める際に用いた、各パラメーターの実験範囲を表-3に示す。

4. 適合性の確認

修正前後の推定式を用いて、全実験データ (遊水部なし: 473ケース, 遊水部あり: 340ケース) に対する反射率の実験値と推定値を比較したものをそれぞれ図-2および図-3に示す。遊水部なしの条件に関しては既往の推定式による結果と大きく変わっておらず、精度良く推定できている。また、遊水部ありの条件については、実験値との一致度が大きく向上することが確認できた。

5. まとめ

長周期波対策マウンドの反射率推定式の修正を行った。本推定式を用いることで、遊水部を有する形式に対しても精度良く反射率を推定することができる。

表-2 修正後の反射率推定式における実験係数

遊水部なし				遊水部あり			
係数 $\lambda_1$		係数 $\lambda_2$		係数 $\lambda_1$		係数 $\lambda_2$	
$a_1$	20	$a_2$	2900	$a_1$	20	$a_2$	2900
$b_1$	0.66	$b_2$	-25	$b_1$	0.65	$b_2$	-33
$c_1$	0.20	$c_2$	0	$c_1$	0.14	$c_2$	0
$d_1$	33	$d_2$	0	$d_1$	32	$d_2$	0
$f_1$	0.28	$f_2$	31	$f_1$	0.34	$f_2$	40
$g_1$	1.10	$g_2$	0.97	$g_1$	0.49	$g_2$	0.36

表-3 修正後の推定式における各パラメーターの実験範囲

	遊水部なし	遊水部あり
$(B_0+B_{s0})/L$	0.013 ~ 0.168	0.010 ~ 0.202
$H/L$	0.00012 ~ 0.0062	0.00014 ~ 0.0027
$h_a/h$	0.0 ~ 0.1	0.0 ~ 0.1
$h_c/h$	-0.13 ~ 0.67	-0.16 ~ 0.55

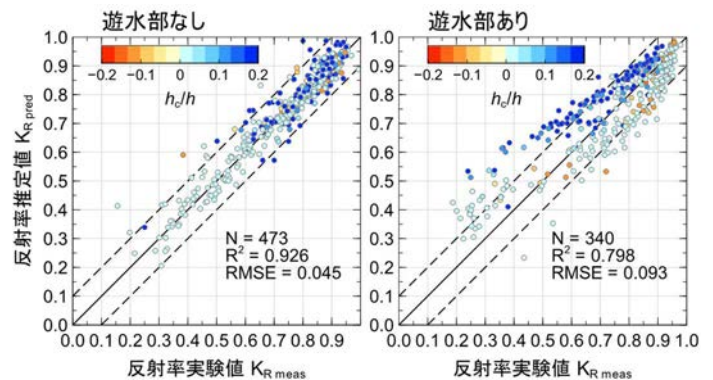


図-2 反射率の実験値と推定値の比較 (修正前)

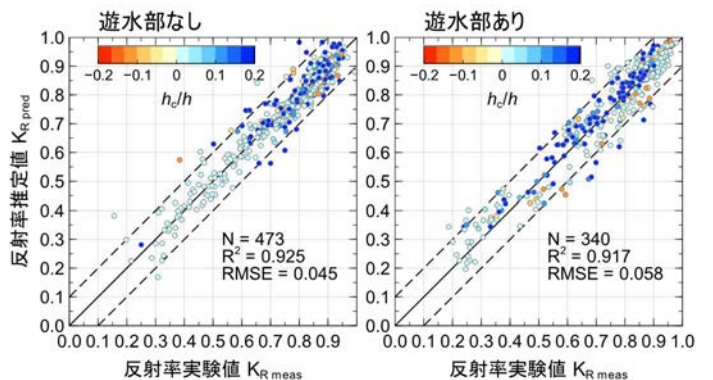


図-3 反射率の実験値と推定値の比較 (修正後)

参考文献

- 1) 三井・長谷川・田中・松本(2019): 長周期波対策マウンド構造物の反射率推定式の提案, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No.2, pp.I\_787-I\_792.
- 2) 三井・渡部・久保田・松本(2021): 遊水部を有する長周期波対策マウンドの消波特性に関する研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.77, No.2, pp.I\_43-I\_48.