

海底勾配の違いによる消波構造物を設置した傾斜護岸への越波に関する検討

東北工業大学 学生員○金野 大河

東北工業大学 正員 菅原 景一・高橋 敏彦

1. はじめに

著者らはこれまで数値波動水路(CADMAS-SURF)<sup>1-2)</sup>を用いて、海底勾配の違いによる傾斜護岸への越波量等の比較検討を行い報告<sup>3)</sup>してきた。今回、同様の条件のもとで消波構造物を設置した際にどの程度の越波量を減少させることができるか興味を持った。そこで本研究は、同様に数値波動水路(CADMAS-SURF)を用いて、海底勾配の違いによる消波構造物を設置した傾斜護岸への越波量等の比較検討を行うことを目的とした。

2. 計算条件および計算方法

基本方程式には、2次元非圧縮粘性流体を対象とした連続式および Navier-Stokes 方程式をポーラスモデルに基づき、拡張した式を用いている。また、紙面の制約上式の記述に関しては割愛している。計算水路は長さ 20.8m、高さ 0.9m、の計算造波水路を使用した。水路の一端には減衰帯、造波装置、他端に海底勾配を設置し、その上に傾斜護岸を作成した。海底勾配に 1/10、1/20、1/30 と堤体勾配に 1/3 勾配を使用している。0.45mの天端高の背後に越波升を設置し、越波升は水塊が逆流しないように十分な広さを設けている。計算条件は堤脚水深  $h_i=0.050\text{m}\sim 0.100\text{m}$ 、一様部水深  $h=0.350\text{m}\sim 0.400\text{m}$ 、有義波高  $H_{1/3}\cong 0.0900\text{m}$ 、有義波周期  $T_{1/3}\cong 1.40\text{s}$  とした。越波量と越波率は、堤脚水深・換算沖波波高比  $h_i/H_o'\cong 0.50\sim 1.00$  を zero-up-cross で整理した 11~110 波の 100 波で計算した。今回の計算の差分スキームは、DONOR-0.2、格子間隔は  $\Delta X:\Delta Z$  を 2:1 で各 2 cm と 1 cm に固定し、造波モデルは造波ソースとしている。表-1 に検討ケースを示し、図-1 に計算断面水路を示している。図-2 は上から海底勾配 1/10、1/20、1/30 の地形を示しており、図-3 には今回計算に利用した消波構造物と水深の関係を示しておく。ただし、 $h_i$  の水深が増加しても消波構造物の嵩上げはしていない。消波構造物の大きさや形状は  $h_i=0$  を基準に設計基準<sup>4)</sup>等を参考に作成した。

3. 実験結果および考察

(1)通過波の検討

表 1 に示すように検討有義波は  $H_{1/3}\cong 0.0900\text{m}$ 、 $T_{1/3}\cong 1.40\text{s}$  である。この有義波は各海底勾配法先地点での検討有義波としている。造波位置での入力有義波と各海底勾配法先での目標有義波が異なっているため検討した。図-4 は検討ケース CASE1 での  $h_i/H_o'=0.50$  における有義波高  $H_{1/3}$ 、有義波周期  $T_{1/3}$  に対する、海底勾配法先位置での計算結果の有義波周期及び有義波高を示した例となっている。図-4 には入力有義波( $H_{1/3}\cong 0.0970\sim 0.1085\text{m}$ 、 $T_{1/3}=1.26\text{s}$ )として計算を行い、このように分布する結果となった。今回は 9 ケースの計算結果より検討有義波( $H_{1/3}\cong 0.0900\text{m}$ 、 $T_{1/3}\cong 1.40\text{s}$ )に最も近似している値を越波量の計算に採用している。

表-1 検討ケース

	堤体勾配	海底勾配		$h_i(\text{m})$	$h_i/H_o'$	$h(\text{m})$	$H_{1/3}(\text{m})$	$T_{1/3}(\text{s})$
CASE1、4、7	1/3	1/10	消波構造物	0.050	0.50	0.35	0.090	1.40
CASE2、5、8		1/20		0.075	0.75	0.375		
CASE3、6、9		1/30		0.100	1.00	0.40		

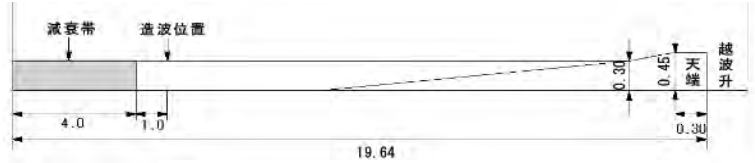


図-1 計算断面水路

単位 : m



図-2 海底勾配の違い

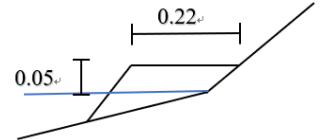


図-3 消波構造物

**(2)累計越波量の比較**

図-5は  $h_i=0.100\text{m}$  の海底勾配の違いによる越波量をそれぞれ示したものである。11～110波の作用した時間での累計越波量を示している。横軸に起波後の経過時間(s)、縦軸に越波升の累計越波量  $Q(\text{m}^3/\text{m})$  を示した。海底勾配が急な 1/10、1/20、1/30 の順に累計越波量が多くなっている。また 1/20、1/30 の海底勾配の違いによる累計越波量は、比較的近似した値となった。

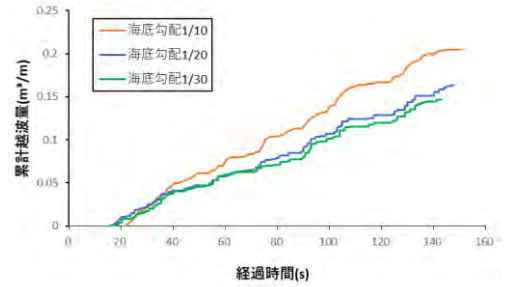


図-5 累計越波量の比較

**(3)越波率  $r_o$  の比較**

図-6は越波率  $r_o(\%)$  と堤脚水深・換算沖波波高  $h_i/H_o'$  の関係を示したもので、海底勾配の違いによる越波率  $r_o$  の違いを示したものである。越波の定義は越波升に少しでも越流した場合とした。 $h_i/H_o'=0.50$  では海底勾配 1/10 の越波率は、約 20% となっているが、海底勾配 1/20、1/30 の場合ほぼ越波していない。 $h_i/H_o'=0.75$  では海底勾配による越波率の差が明確であり、海底勾配が急なほど越波率が大きくなった。 $h_i/H_o'=1.00$  では海底勾配による越波率の差があまりみられなかった。

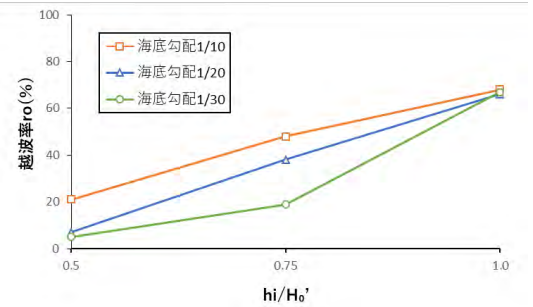


図-6 越波率の比較

**(4)消波構造物有無での無次元越波流量  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  の比較**

図-7は、CASE2、5、8の  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  と  $h_i/H_o'$  の関係について目下らの計算値<sup>3)</sup>と本計算値の比較を図示したものである。結果として消波構造物なしに対して消波構造物がある場合、 $h_i/H_o'=0.50、0.75、1.00$  では、それぞれ約 0.50、0.70、0.83 程度の値となった。

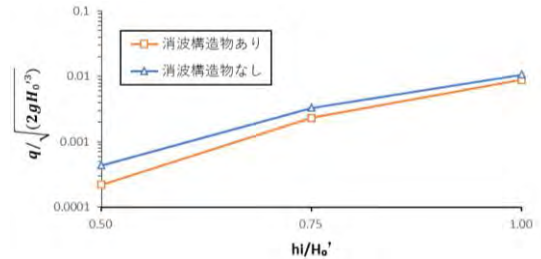


図-7 消波構造物有無での無次元越波流量の比較

**(5)無次元越波流量  $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  の比較**

図-8は、 $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$  と  $h_i/H_o'$  の関係について海底勾配 1/10、1/20、1/30 をパラメータとして図示したものである。 $h_i/H_o'=0.50、0.75$  では海底勾配が急なほど無次元越波流量が大きくなっている。 $h_i/H_o'=1.00$  では海底勾配に関わりなくほぼ同程度の結果となった。 $h_i/H_o'=0.50$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.31、約 0.25 程度の値、 $h_i/H_o'=0.75$  での値は約 0.57、約 0.26 程度の値となる。 $h_i/H_o'=1.00$  では約 0.80、約 0.73 程度の値となった。あまり勾配の差が現れないのは、計算条件で  $h_i$  の水準が増加しても消波構造物を嵩上げしていないことによるものと思われる。

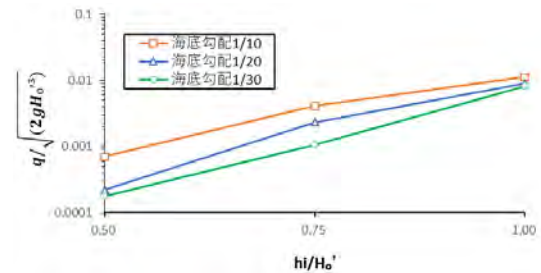


図-8 無次元越波流量の比較

**4. おわりに**

不規則波による海底勾配の影響を消波構造物の設置で計算を行い、海底勾配の違いによる越波量等の比較検討を行った。結果として  $h_i/H_o'=0.50$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.31、約 0.25 程度の値、 $h_i/H_o'=0.75$  では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.57、約 0.26 程度の値となる。 $h_i/H_o'$  が 1.00 では 1/10 勾配に対して 1/20、1/30 は約 0.80、約 0.73 程度の値となった。計算の範囲では堤脚水深が小さいほど海底勾配の影響がみられた。

**(参考文献)**

- 1) (財)沿岸開発技術研究センター：CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発，沿岸開発技術ライブラリーNO.12，2001。
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター：CADMAS-SURF 実務計算事例集，沿岸開発技術ライブラリーNO.30，2009。
- 3) 日下知也、高橋敏彦:海底勾配の違いによる傾斜護岸への越波に関する検討，令和3年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，2021
- 4) 海岸保全施設築造基準連絡協議会編：改訂 海岸保全施設築造基準解説，pp176～177，1987。