

数値波動水路を用いた傾斜護岸への越波防止に関する一検討

東北工業大学 学生員 ○小野寺一樹
東北工業大学 正員 高橋敏彦

1. はじめに

著者らは傾斜護岸に対する越波や越波防止対策の実験を行い検討報告¹⁾してきた。その中で越波防止対策として、波返し工を傾斜護岸の天端に設置することで越波防止対策の効果があることを示してきた。そこで本研究は、数値波動水路(CADMAS-SURF)を用いて、1/3 及び 1/5 勾配の傾斜護岸を基本に、その護岸の天端に波返し工等を設置して数値計算を行い、越波率や越波量の比較検討する事を目的とした。

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 方程式をポラースモデルに基づいて拡張した式²⁾を用いた。なお、紙面の制約上式の記述は割愛する。計算水路は、長さ 10.06m、高さ 0.6m、の計算造波水路を使用した。水路の一端には造波装置、他端には 1/10 勾配を作成し、その上に 1/3 勾配と 1/5 勾配の傾斜護岸を作成した。天端高 0.45m の背後に越波升を設置した。計算条件は一様部水深 $h=32.5\text{cm}$ ～ 40.0cm 、規則波 $T \approx 1.26\text{s}$ 、波高 $H \approx 9.15\text{cm}$ とした。越波量、越波率は、堤脚水深・換算沖波波高比 $h_i/H_0' \approx 0.00 \sim 1.00$ を起波後 10～60 波目の 50 波で計測を行った。ただし、1/3 勾配で水深が 40cm の対策工無しの場合、越波升が氾濫してしまうことを確認したため、20 波で測定している。今回、前報³⁾の傾斜護岸への越波計算を参考に、差分スキームは DONOR-0.2、格子間隔は $\Delta X : \Delta Z$ を 2:1 で各 2cm と 1cm に固定し、造波モデルは造波境界とした。表-1 に基本検討ケースを示す。基本検討ケースに波返し工と比較のため同じ高さの直方体をそれぞれ設置したケースも含め合計 24 ケースを検討対象ケースとした。図-1 に計算断面を示す。図-2 には波返し工の大きさ及び形状を示す。なお、縮尺 $S=1/40$ としており、波返し工の広さは現地換算で 80cm となる。

表-1 検討ケース

	h_i	h_i/H_0'	$H(\text{cm})$	$h(\text{cm})$	$T(\text{s})$
CASE1	2.5	0.25	9.15	32.5	1.26
CASE2	5.0	0.50	9.15	35.0	1.26
CASE3	7.5	0.75	9.15	37.5	1.26
CASE4	10.0	1.00	9.15	40.0	1.26

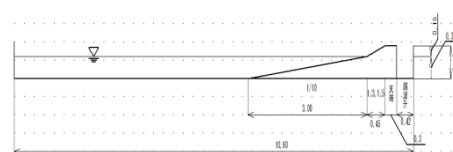


図-1 計算断面 単位: m

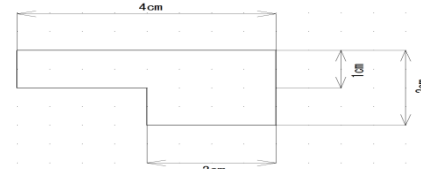


図-2 波返し工

3. 実験結果および考察

3-1 越波の状況

図-3.1 及び 3.2 は、それぞれ 1/3 勾配の水深 $h=37.5\text{cm}$ と 1/5 勾配の水深 $h=40.0\text{cm}$ の堤体近傍での波の作用、越波状況を示した例であり、(a) 対策工無し、(b) 波返し対策工設置のケースを図示したものである。堤体の右側は越波升となっており、堤体を越波した波がこの中に貯留される。 t は波作用経過時間を表している。図より各ケース共ほぼ同一に遡上しており、両図(a)では遡上から越波升へ越波している状況が認められる。一方、波返し工を設置している両図(b)では、ほとんど越波升への流入は認められない。

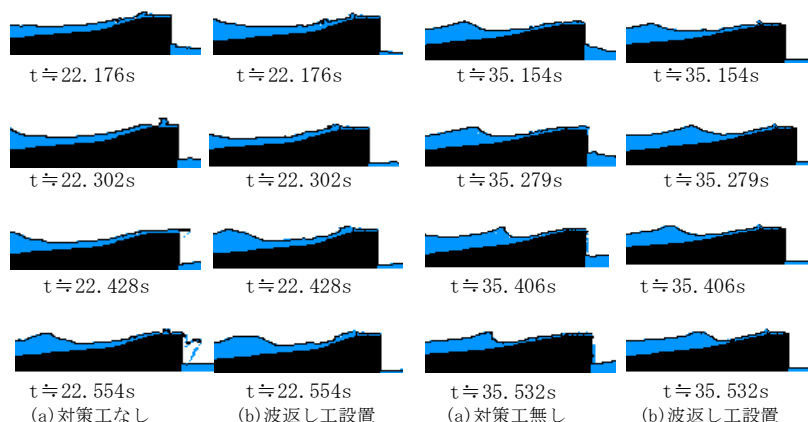


図-3.1 1/3 勾配 ($h=37.5\text{cm}$)

図-3.2 1/5 勾配 ($h=40.0\text{cm}$)

キーワード: 数値波動水路, 波返し工, 傾斜護岸, 越波, 越波防止

1/3 勾配と 1/5 勾配の描画を確認したところ、前者では堤体に激突した際の跳ね上がりが大きく、そのまま越波する様子が見られた。

3-2 越波率 r_0 の比較

図-4.1, 2 は、1/3 及び 1/5 勾配の r_0 と堤脚水深・換算沖波波高 h_i/H_0' の関係を表したもので、対策工なし、直方体及び波返し工設置をパラメータとして図示したものである。越波の定義は、前報において越波升に少しでも越流した場合としていたが、今回は堤の法肩を越波した場合とした。両図より、 h_i/H_0' が大きくなるに従って r_0 は大きくなる傾向は同じである。また、 r_0 の大きい順は、対策工なし、直方体及び波返し工を設置した場合となっている。なお、 $h_i/H_0' = 0.25$ では、両勾配とも越波は殆ど発生していない。図-4.1 の 1/3 勾配において r_0 は、 $h_i/H_0' = 0.5$ で対策工無しが約 60% に対して直方体及び波返し工を設置した場合は越波していない。 $h_i/H_0' = 0.75 \sim 1.0$ では、直方体及び波返し工の効果はそれ程無く、 $h_i/H_0' = 1.0$ ではいずれのケースでも r_0 は 100% となっている。図-4.2 の 1/5 勾配において、直方体及び波返し工を設置した場合は、 $h_i/H_0' = 0.75$ で、両ケースとも約 $r_0 = 25\%$ であり、 $h_i/H_0' = 1.0$ ではそれぞれ約 80% と 60% となっている。1/3 勾配に比べて 1/5 勾配の方が直方体及び波返し工を設置したケースは、 r_0 に対して効果が大きいと思われる。

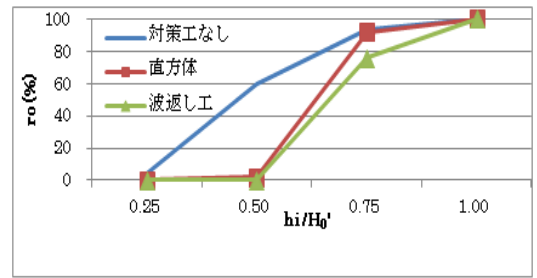


図-4.1 1/3 勾配における越波率の比較

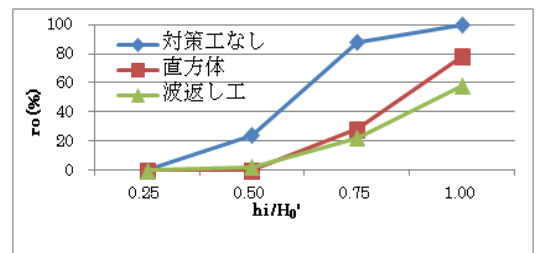


図-4.2 1/5 勾配における越波率の比較

3-3 無次元越波流量 $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の比較

図-5.1, 2 は、それぞれ 1/3 及び 1/5 勾配の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ と h_i/H_0' の関係について対策工無し、直方体、波返し工設置をパラメータとして図示したものである。図 5-1 の 1/3 勾配では、 h_i/H_0' の値が大きくなるにつれて $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の値が大きくなっていくことが確認できる。図-5.2 の 1/5 勾配でも同様の傾向であるが、 $h_i/H_0' = 1.0$ のケースにおいて直方体より波返し工設置の方が無次元越波流量が幾分多いという結果となった。波返し工設置の越波の様子を確認したところ、越波の回数は少ないが、越波量は幾分多めであった。この理由は、水深が深い場合、波返し工設置により波の遡上波が波返し工により大きく戻され、反射波により堤前面が荒れるためと思われる。無次元越波流量の値は、当然ながら対策工無しが最も大きく、次に直方体、波返し工設置の順になっている。

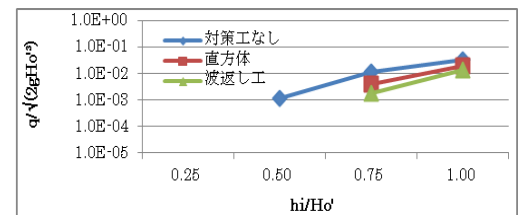


図-5.1 1/3 勾配における無次元越波流量の比較

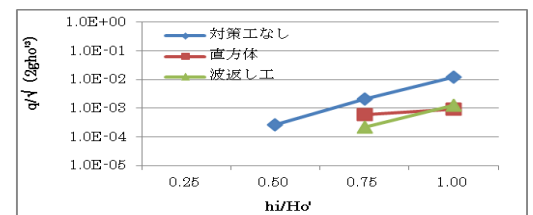


図-5.2 1/5 勾配における無次元越波流量の比較

4. おわりに

数値波動水路を用いて、対策工無し、直方体、波返し工への越波率や越波量を計算した。その結果、当然ながら、対策工無しに比べ直方体、波返し工を設置した場合の方が越波率、越波量とも少なくなる。1/3 勾配より 1/5 勾配の方が全ケースにおいて越波率及び無次元越波流量とも小さい値を示している。また、1/5 勾配の $h_i/H_0' = 1.0$ のケースにおいては、無次元越波流量が波返し工設置より直方体設置の場合の方が幾分小さい値となっている。波返し工の形状の再検討が必要であると考えている。

<参考文献>

- 1) 例えば鈴木ら：親水性護岸の越波防止に関する対策工の検討，平成 18 年度土木学会東北支部概要，2007。
- 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.30,364 p,2008。
- 3) 菊地ら：CADMAS-SURF による傾斜護岸への越波計算に関する検討，平成 20 年度土木学会東北支部概要集，2009。