

数値波動水路を用いた傾斜護岸への越波防止に関する検討

東北工業大学 学生員 ○佐々木 利規
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 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 方程式をポーラ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 10.04m、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 $h=32.5\text{cm}\sim 40.0\text{cm}$ 、規則波 $T=1.26\text{s}$ 、波高 $H=9.15\text{cm}$ とした。

越波量、越波率は、堤脚水深・換算沖波波高比 $h_i/H_0' \approx 0.00\sim 1.00$ を越波後 10～60 波目の 50 波で計測を行った。しかし計算が発散してしまった CASE の場合では 30 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 1/3 勾配での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 12 ケースが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、波返し工の現地換算は 80cm となる。

3. 実験結果および考察

3-1 通過波の検討

図-3(a)、(b)は、計算条件 CASE3 の対策工なしでの造波位置、海底法先での水位の時系列波形を、(c)は越波升の累積越波量 $Q(\text{m}^3/\text{m})$ を示したものである。(a)の造波位置での H 、 T 共に入力した値の規則波を示している。(b)では波高減衰や反射等により波高変化が認められる。(c)で累積越波量が 0 から始まっていないのは、流入する水塊を安定して計算するために越波升内の水位は数メッシュ分の水深を設定する必要がある為である。

3-2 波の越波状況

図-4 は水深 $h=40.0\text{cm}$ の堤体近傍での波の作用、越波状況を示した例であり、(a)対策工なし、(b)直方体設置、(c) 波返し工設置のケースを図示し

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

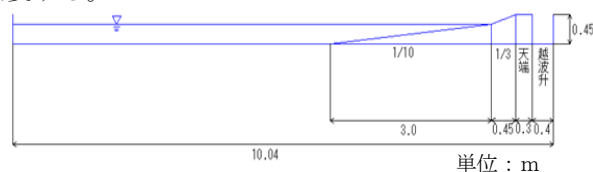


図-1 計算断面

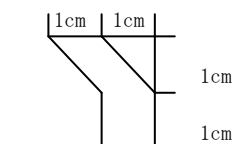


図-2 波返し工

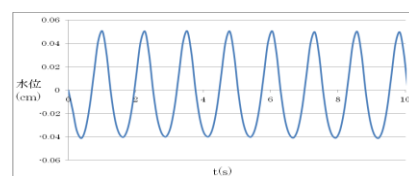


図-3 (a) 造波位置

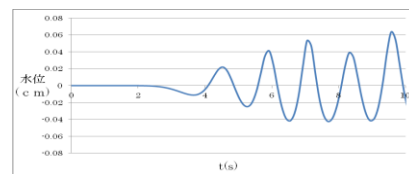


図-3 (b) 海底法先

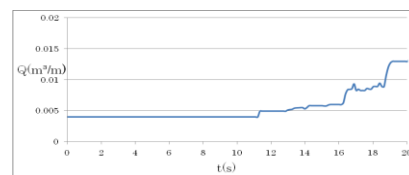


図-3 (c) 累積越波量

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

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-4(a), (b), (c), とともに同一時刻の描画を示している。図より各ケース共ほぼ同一に遡上しており、(a)では遡上から越波している状況が認められる。(b)と(c)での $t \approx 18.270$ では(c)の波返し工を設置したケースの方が(b)の直方体を設置したケースより波の衝突後の跳ね上がり及び跳ね返しが大きくなようだ。

3-3 越波率 ro の比較

図-5 は、 ro と堤脚水深・換算沖波波高 hi/H_0' の関係を表したもので、対策工なし、直方体、波返し工をパラメータとして図示したものである。越波の定義は、越波升に少しでも越流した場合とした。図より $hi/H_0' = 0.00$ においては各勾配共に越波は発生していない。波返し工無しのケースでは、 $hi/H_0' = 0.5 \sim 0.75$ で ro は 20%~80% であるが、直方体及び波返し工を設置したケースでは 0~50% とほぼ同じで波返し工無しより 20~30% 程度小さい値となっている。 $hi/H_0' \approx 1.00$ では 3 ケースとも ro が 80~100% と高い数値を示しているが、直方体より波返し工設置の方が約 10% 程度小さい値となっている。なお、全体的に越波率の大きい順は、対策工なし、直方体、波返し工となっている。

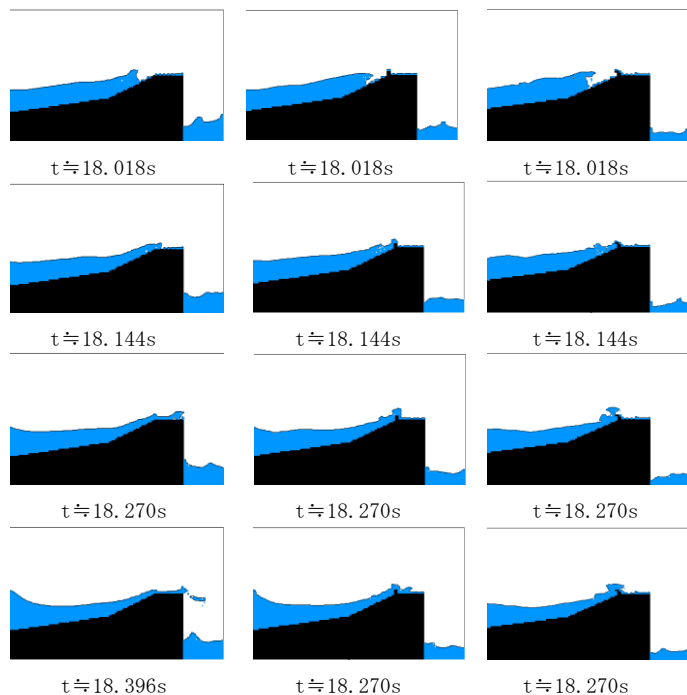


図-4(a) 対策工なし

図-4(b) 直方体設置

図-4(c) 波返し工設置

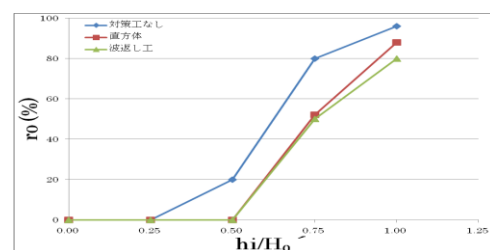


図-5 越波率の比較

3-4 無次元越波流量 $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の比較

図-6 は、 $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ と hi/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。図より、 hi/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。無次元越波流量の値は、当然ながら波返し工無しが最も大きく、次に直方体、波返し工の設置の順になっている。 $hi/H_0' = 0.75$ の条件の時に波返し工設置の効果が大きく表れており、他 2 ケースより約 1 ケタ小さい値を示している。また、図-5 の $hi/H_0' = 0.75$ では、直方体と波返し工設置の ro の値はほぼ同じであるが無次元越波流量には大きな差異が認められる。これは両設置形状が異なるため図-4 等で示した越波状況に差が表れてくるためと思われる。 $hi/H_0' \approx 1.00$ ではいずれのケースもほぼ同じ値を示している。これは、波返し工等を設置しても、波返し工無しと同程度の越波状況と考えられる。

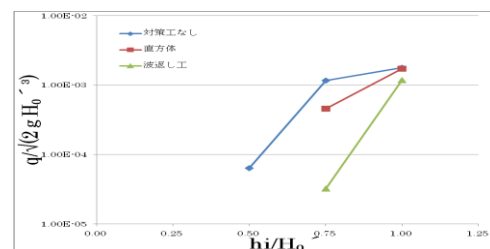


図-6 無次元越波流量の比較

図-5 の $hi/H_0' = 0.75$ では、直方体と波返し工設置の ro の値はほぼ同じであるが無次元越波流量には大きな差異が認められる。これは両設置形状が異なるため図-4 等で示した越波状況に差が表れてくるためと思われる。 $hi/H_0' \approx 1.00$ ではいずれのケースもほぼ同じ値を示している。これは、波返し工等を設置しても、波返し工無しと同程度の越波状況と考えられる。

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。また、直方体と波返し工の比較においては、越波率にそれ程違いはないが、無次元越波流量に大きな差が認められ、これは波返し工の形状によるところが大きいと思われる。

＜参考文献＞1) 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.