

緩傾斜堤への越波防止に関する数値計算

東北工業大学 学生員 ○鈴木 颯

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や数値計算を行い検討報告^{1)~2)}してきた。これまで、堤天端に波返し工を設置して検討を行ってきたが、現地でよく施工されている堤前面に消波構造物を設置する方法も越波対策等の有効な方法と考えられる。そこで本研究は、数値波動水路(CADMAS-SURF)を用いて、1/3 勾配の緩傾斜堤の堤体法先に消波構造物を設置してのり先水深を変化させて数値計算を行い、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 方程式をボラスモデルに基づいて拡張した式³⁾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 10.08m、高さ 0.9m、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 勾配の緩傾斜堤を作成した。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 $h=32.5\text{cm}\sim40.0\text{cm}$ 、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 $h_i/H_o' \approx 0.00\sim1.00$ を越波後 10~60 波目の 50 波で計測を行った。ただし、水深が 40cm の場合、越波升が氾濫してしまうことを確認したため、10~30 波の 20 波で測定している。今回、前報⁴⁾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。基本検討ケースに図-2 の形状が異なる 2 つの消波工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。消波構造物の大きさや形状は $h_i=0$ を基準に設計基準⁵⁾等を参考に作成した。図-2 に今回計算で用いた消波構造物を示す。なお、縮尺 $S=1/40$ としている。

3. 実験結果および考察

3-1 通過波の検討

図-3(a)は、計算条件 CASE4 の消波工無しでの造波位置、(b)は、堤体法先での水位の時系列波形で消波構造物無しと消波工②を併記した図であり、(c)は、越波升の累積越波量 $Q(\text{m}^3/\text{m})$ を示し、(b)と同様併記したものである。(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及び消波工内の水位上昇等が認められる。(c)では、消波工有無による累積越波量が時間の経過と共にその差が大きくなる傾向が認められる。

3-2 波の越波状況

表-1 検討ケース

	h_i	h_i/H_o'	$H(\text{cm})$	$h(\text{cm})$	$T(\text{s})$
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

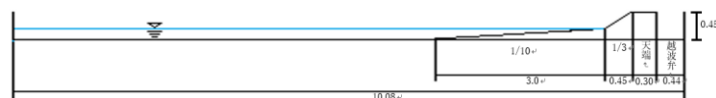
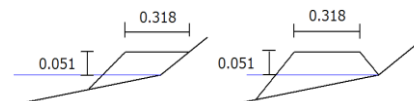


図-1 計算断面

単位：m



消波工①

消波工②

図-2 消波構造物

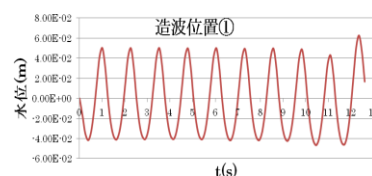


図-3(a) 造波位置

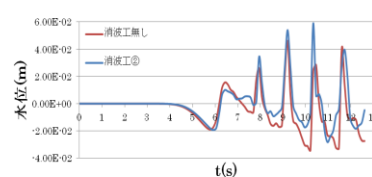


図-3(b) 堤体法先

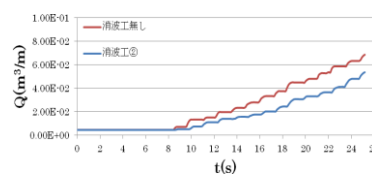


図-3(c) 累積越波量

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

〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 TEL：022-305-3539 FAX：022-305-3501

図-4 は水深 $h=37.5\text{cm}$ の堤体周辺での波の作用、越波状況を示した例であり、(a) 消波工無し、(b) 消波工①、(c) 消波工②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-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 $t \approx 37.926$ では越波流量が消波工①より (c) の消波工②を設置したケースの方が少なく、(b) の越波升にある水量が少ないことがわかる。

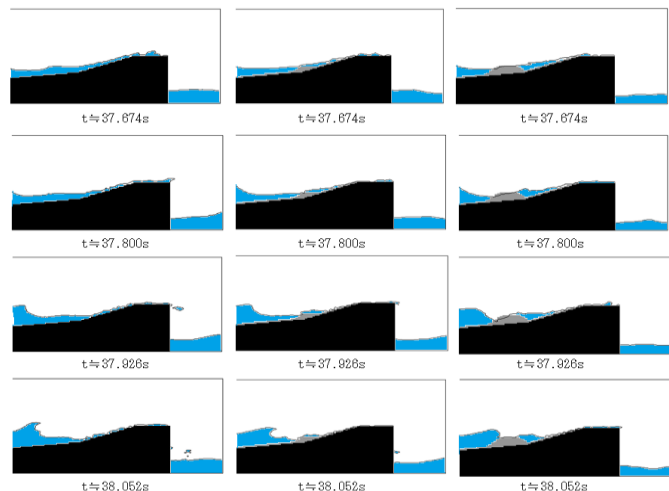


図-4(a) 消波構造物なし

図-4(b) 消波工①

図-4(c) 消波工②

3-3 越波率 r_0 の比較

図-5 は、 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、消波構造物なし、消波工①、消波工②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 $h_i/H_0' = 0.00$ においては各ケース共に越波は発生していない。消波構造物無し及び消波工①の両ケースでは、 $h_i/H_0' = 0.5 \sim 0.75$ で r_0 は約 40%~90%でほぼ同程度だが、消波工②を設置したケースでは約 10~40%で消波構造物無しや消波工①より 30~50%程度小さい値となっている。 $h_i/H_0' \approx 1.00$ では3ケースとも r_0 が 100%と高い数値を示している。なお、全体的に越波率の大きい順は、消波構造物なし $\approx$ 消波工①、消波工②となっている。

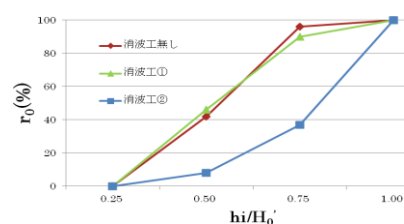


図-5 越波率の比較

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 h_i/H_0' の関係について消波構造物無し、消波工①、消波工②をパラメータとして図示したものである。図より、 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。無次元越波流量の値は、消波構造物無しが最も大きく、次に消波工①を設置した場合である。 $h_i/H_0' = 0.50 \sim 1.00$ ではこの両者の値はほぼ同じか幾分消波工①を設置した場合が小さいと値となっており、消波工位置の効果は小さいと思われる。消波工②は、 $h_i/H_0' = 0.50$ の時に消波工設置の効果が大きく表れており、 $h_i/H_0' = 0.75, 1.00$ と大きくなるにつれて消波工の効果は小さくなっていく。これは両設置形状や大きさ等によって越波状況に差が表れないためと思われる。 $h_i/H_0' \approx 1.00$ ではいずれのケースもほぼ同程度の値を示している。これは、水深が大きくなり消波構造物を設置しても、消波構造物無しと同程度の越波状況になるためと考えられる。

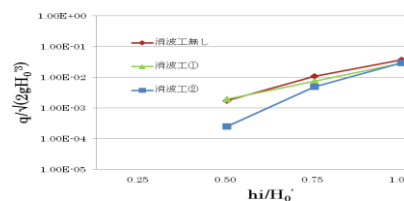


図-6 無次元越波流量の比較

4. おわりに

数値波動水路を用いて、消波構造物無し、消波工①、消波工②への越波率や越波量を計算した。その結果、消波構造物無しと消波工①がほぼ近い値で、消波工②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、消波工①と消波工②の比較においては、 $h_i/H_0' = 0.50$ の時、無次元越波流量に大きな差が認められたが、 $h_i/H_0' = 1.00$ ではほぼ同じ値を示しているため、これは $h_i=0$ を基準に消波構造物を設置したためと思われる。

<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) 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。
- 3) (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。
- 4) 三澤ら：数値波動水路を用いた緩傾斜護岸への越波防止に関する一検討，平成 27 年度土木学会東北支部概要，2015。
- 5) 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。