

不規則波を用いた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 ○関村 仁志

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 1/3 勾配の緩傾斜堤の法先に消波構造物を設置して法先水深を変化させて数値計算を行い検討報告¹⁾してきた。今回、同様の条件のもとで不規則波を用いて数値計算を行うことで、より現実に近い越波や越波防止に関する計算を行うことができると考えられる。そこで本研究では、数値波動水路(CADMAS-SURF)^{2~3)}を用いて、不規則波による消波構造物を設置した 1/3 勾配の緩傾斜堤への越波に関する数値計算を行い、消波構造物設置の有無及び規則波を用いた場合との比較検討を目的とした。

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 20.08m、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、他端には 1/10 海底勾配を作成し、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。計算条件は堤脚水深 $h_i=2.5\sim10.0$ 、一様部水深 $h=32.5\sim40.0$ cm、有義波波高 $H_{1/3}=9.15$ cm、有義波周期 $T_{1/3}=1.26$ s とした。越波量、越波率は、堤脚水深・換算沖波波高比 $h_i/H_o'=0.25\sim1.00$ を越波後 10~100 波目の 100 波で計測を行った。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 2cm と 1cm に固定し、造波モデルは造波ソースとした。表-1 に 1/3 勾配での基本検討ケースを示す。CASE1~4 は消波構造物を設置しないケース、CASE5~8 は△形の消波構造物を設置したケース、CASE9~12 は台形の消波構造物を設置したケースをそれぞれ示している。検討ケースは、堤脚水深 h_i を 2.5~10.0cm まで 2.5cm 毎に水位を変えている。図-1 に計算断面を示し、①~⑥は波高計位置を示す。図-2 には今回計算で用いた消波構造物と水深の関係を示しておく。消波構造物の大きさや形状は $h_i=0$ を基準に設計基準⁴⁾等を参考に作成した。なお、縮尺 $S=1/40$ としている。

3. 実験結果および考察

(1) 通過波の検討

図-3 は、 $h_i/H_o'=1.00$ における台形の消波構造物を用いた場合の海底勾配法先②での水位の時系列波形であり起波後 0~30s のものである。図-3 より、造波位置から不規則波が海底勾配法先②まで伝播する時系列波形や反射波等の様子が見てとれる。図-4 は、 $h_i/H_o'=1.00$ における台形の消波構造物を用いた場合の造波位置①の入力波高と海底勾配法先②の位置における目標波高の関係を示したものである。目標波高は同地点における $H_{1/3}=9.15$ である。図より、入力波高 9.15cm を入力して計算した場合、②での目標波高

表-1 検討ケース

	堤体勾配	海底勾配	消波構造物	h_i (cm)	h_i/H_o'	h (cm)	$H_{1/3}$ (cm)	$T_{1/3}$ (s)
CASE1、5、9	1/3	1/10	なし △形 台形	2.5	0.25	32.5	9.15	1.26
CASE2、6、10				5	0.5	35		
CASE3、7、11				7.5	0.75	37.5		
CASE4、8、12				10	1.00	40		

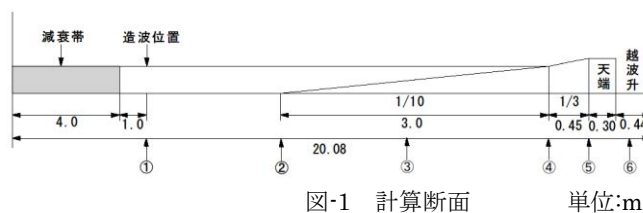


図-1 計算断面

単位:m

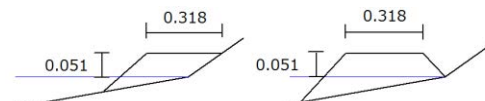


図-2(a) 消波構造物(△形) 図-2(b) 消波構造物(台形)

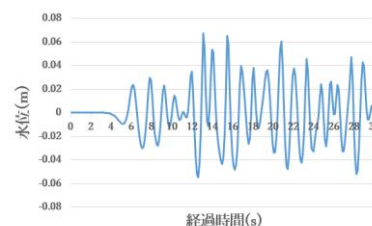


図-3 時系列波形(海底法先②)

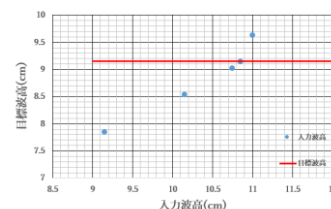


図-4 入力波高と目標波高の関係

キーワード：数値波動水路、緩傾斜堤、不規則波、消波構造物

〒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

は 7.84cm となり目標波高に比べて小さい値となった。そこで、②の位置における目標波高が 9.15cm になるように、数ケース入力波高を変えて計算を行った結果、10.85cm を入力することにより、目標波高 $H_{1/3} \approx 9.15\text{cm}$ となることが分かった。また、有義波周期は $T_{1/3} \approx 1.26\text{s}$ となっている。

図-5 は $h=40.0\text{cm}$ における消波構造物の有無による累積越波量の違いを表したものである。横軸に起波後の経過時間(s)、縦軸に越波升の累積越波量 $Q(\text{m}^3/\text{m})$ を示した。同じ水深であっても消波構造物の有無によって累積越波量が変化することが分かる。

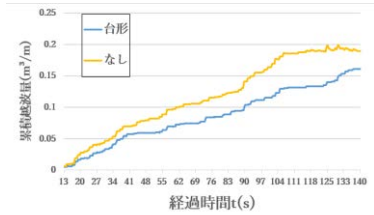


図-5 累積越波量の比較

(2) 越波率 ro の比較

図-6(a)は、 ro と堤脚水深・換算沖波波高 hi/H_o' の関係を表したもので、消波工なし、消波工(△形)、消波工(台形)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 $hi/H_o'=0.25$ においては各ケースともに越波は発生していない。 $hi/H_o'=0.50 \sim 1.00$ では消波工なしと消波工(△形)の両ケースが同程度の値となっている。消波工なしと消波工(台形)を比較すると、 $hi/H_o'=0.75 \sim 1.00$ では消波工なしと比べて消波工(台形)は ro が 15~20%程度低い値となっている。全ケースを通して消波工(台形)が最も ro が低い値を示している。

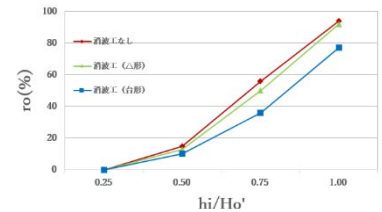


図-6(a) 越波率の比較

図-6(b)は、消波工なしと消波工(台形)の規則波と不規則波の ro の比較を図示したものである。全体的に規則波の方が不規則波の ro より高い値を示しており、消波工なしの場合、 $hi/H_o'=0.25, 1.00$ ではほぼ同程度であるが、 $hi/H_o'=0.50 \sim 0.75$ では約 25~40%高い値となっている。一方、消波工(台形)を設置した場合、 $hi/H_o'=0.25 \sim 0.75$ では 0~40%でほぼ同程度を示しているが、 $hi/H_o'=1.00$ では、規則波の方が約 20%高い値となっている。

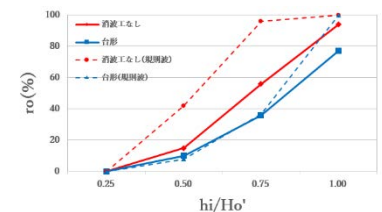


図-6(b) 越波率の比較

(3) 無次元越波流量 $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$ の比較

図-7(a)は、 $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$ と hi/H_o' の関係について消波工なし、消波工(△形)、消波工(台形)をパラメータとして図示したものである。図より、 hi/H_o' の値が大きくなるにつれて $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$ の値が大きくなっている。こちらの値も消波工なしと消波工(△形)が同程度の値になり、消波工(台形)が最も低い値を示している。

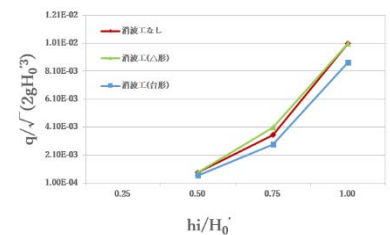


図-7(a) 無次元越波流量の比較

図-7(b)は、図-6(b)と同様に消波工なしと消波工(台形)の規則波と不規則波の $q/\sqrt{(2gH_o'^3)}$ の比較を図示したものである。全体的に規則波の方が高い値を示しているが、 $hi/H_o'=0.50$ では消波工(台形)を設置した場合に不規則波の値よりも低い値となっている。

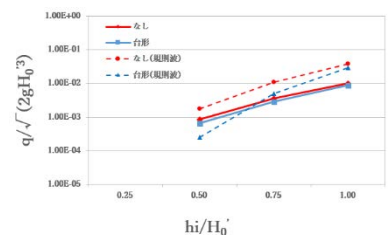


図-7(b) 無次元越波流量の比較

4. おわりに

緩傾斜堤の法先水深を変化させて消波構造物を設置した緩傾斜堤への不規則波による越波に関する数値計算および規則波との比較を行った。その結果、台形の消波構造物が最も越波の防止に効果が出ていることが分かった。規則波との比較において越波率、無次元越波流量では、消波構造物を設置した不規則波の方が一部大きい値となっているが、他のケースでは不規則波の方が幾分低い値となった。

<参考文献>

- 1) 鈴木颯, 高橋敏彦: 緩傾斜護岸への越波防止に関する数値計算, 平成 28 年度土木学会東北支部概要, II-84, 2017.
- 2) (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.
- 3) (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.
- 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.