

CADMAS-SURF による傾斜護岸への越波計算に関する検討

東北工業大学 学生員 ○菊地 亨

東北工業大学 正 員 高橋敏彦

1.はじめに

水理模型実験に代わる設計計算手法として、数値計算の役割が高まりつつある。近年、数値波動水路 (CADMAS-SURF)^{1~2)} と呼ばれる VOF (Volume of Fluid) 法による数値計算手法が開発され、水理模型実験と計算の比較等が報告されている。著者らは、これまで傾斜護岸への越波防止対策に関する水理模型実験を行い報告³⁾を行ってきた。本研究では、CADMAS-SURF を用いて越波量等を計算し、実験値に対してどの程度再現性が認められるのか比較・検討を行ったのでその結果を報告する。

2.計算方法及び計算条件

基本方程式には、2 次元非圧縮性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を用いた。¹⁾なお、紙面の制約上式の記述は割愛する。

計算値と実験値を比較するため計算条件等は、水理模型実験³⁾の条件と同一にする必要がある。水理模型実験は長さ 20m、高さ 0.7m の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 勾配の傾斜堤を作成した。その天端の背後には、越波升を設置している。実験の越波量

Qm^3 は 10~110 波目までの 100 波で測定している。計算での越波量 Qm^3 も 10~110 波目までの 100 波で測定しているが、計算が発散してしまった CASE の場合では 50 波または 30 波で測定している。実験は、一様部水深 $h=32.5$ cm ~ 40.0 cm、周期 $T \div 1.26$ s、波高 $H \div 9.15$ cm、堤脚水深・沖波波長比 $hi/L_0=0.01 \sim 0.04$ である。水理模型実験での入射波高、周期は水路の約半分の所で計測しており、その結果が表 - 1 に示す計算条件である。また、計算断面を図 - 1 に示す。

3.結果及び考察

(1) 通過波の検討

図 - 2(a),(b)は、計算条件 CASE3 の造波位置、堤体法先での水位の時系列波形を(C)は越波升の累積越波量 $Q(m^3/m)$ を示したものである。(a)の造波位置での H 、 T 共に入力した値のきれいな規則波を示し、(b)では浅水変形や戻り流れの影響等から非線形性の波となっている。図 - 2(b),(c)及び描画より、入射波の 2 波目より越波していることが認められる。

表 - 1 検討ケース

	hi	hi/L_0	$H(cm)$	$h(cm)$	$T(s)$
CASE1	2.5	0.01	8.99	32.5	1.267
CASE2	5.0	0.02	9.24	35.0	1.260
CASE3	7.5	0.03	9.28	37.5	1.270
CASE4	10.0	0.04	9.30	40.0	1.267

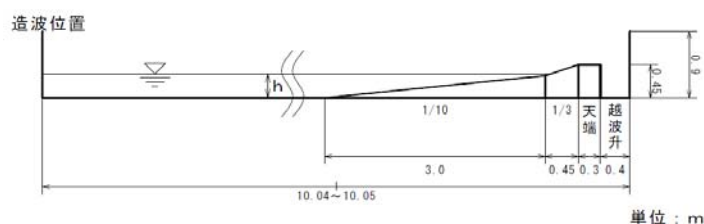


図 - 1 計算断面

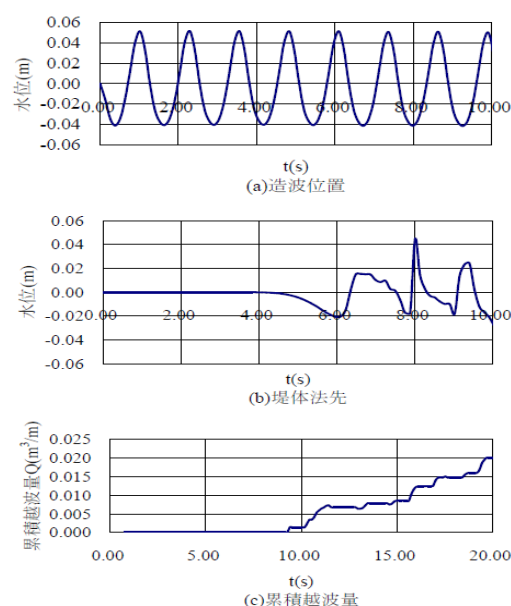


図 - 2 時系列波形及び累積越波流量

キーワード：CADMAS-SURF、傾斜護岸、越波計算、相対水深、越波

〒982-8577 仙台市太白区香澄町 35-1 東北工業大学工学部建設システム工学科 TEL:022-305-3539 FAX:022-305-3501

(2)差分スキーム及び格子間隔の違いによる越波流量 q の検討

計算の安定性や精度は、差分スキームに依存する。また計算による格子間隔は、格子分割数や計算時間、計算結果等に直接影響するパラメータである。差分スキームについては、一般的に使用されている DONOR - 0.2 と DONOR - 0.5 について、格子間隔については $\Delta X : \Delta Z$ を 2:1~5:1 まで ΔX を 1 ずつ増加させて検討を行った。図 - 3 は、計算条件 CASE2 について実験値と両計算値の q を示したものである。両計算値は、いずれも 50 波による結果である。この条件の越波流量の実験値は、 $1.95E-04m^3/m/s$ であり、図中に直線で示してある。図より、DONOR - 0.5 を用いて格子間隔が 3:1 の計算値のみが実験値より小さい値となっており、他のケースでは全て計算値の方が大きい値を示している。全体的には、DONOR - 0.5 を用いた方が各格子間隔共実験値に近い値を示しているようだ。ただし、DONOR - 0.2 を用いた場合格子間隔 2:1 のケースの計算値 q は、 $2.11E-04m^3/m/s$ で実験値の 1.08 倍で最も近い値を示している。一方、DONOR - 0.5 を用いた場合は、格子間隔 4:1 のケースの q が $2.26E-04m^3/m/s$ で最も実験値に近くその 1.16 倍の値となっている。

(3)越波流量 q と波の越波状況

図 - 4 は、横軸に相対水深 hi/L_0 、縦軸に越波流量 q を示し、前節(2)で最も実験値に近い計算値を示した DONOR-0.2, 格子間隔 2:1 と DONOR - 0.5, 格子間隔 4:1 でそれぞれ計算した値と実験値を示したものである。図より、 $hi/L_0=0.01$ の場合、DONOR - 0.2, 格子間隔 2:1 を用いた計算値の越波量 q は、ほぼ 0 なので示されていないが、DONOR - 0.5, 格子間隔 4:1 を用いた計算値の方は、実験値より大きい値を示している。他の hi/L_0 においては、DONOR - 0.5, 格子間隔 4:1 を用いた計算値は、実験値に対して約 1.16~0.70 の値を示しているのに対し、DONOR - 0.2, 格子間隔 2:1 を用いた計算値は、実験値と同程度の値を示している。

図 - 5 は、CASE3 の場合について堤体近傍での波の作用、越波状況を DONOR - 0.5, 格子間隔 4:1 で計算した 1 例である。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へ貯留される。 t は波作用経過時間を表しており、波の遡上、越波、引き波の状況がよく再現されていると思われる。なお、ここでは示していないが DONOR - 0.2, 格子間隔 2:1 を用いた波の越波状況は、本図より幾分不自然さが認められた。

4. おわりに

本研究では、数値波動水路における解析条件が計算結果に与える影響を比較し、傾斜護岸についての越波計算に関する検討を行った。その結果、差分スキーム、格子間隔等が計算結果に及ぼす影響を明らかにした。また、越波量については、適切に計算を行えば、実験値とほぼ対応する事も示された。

<参考文献> 1)(財)沿岸開発技術研究センター:数値波動水路(CADMAS-SURF)の研究・開発、沿岸開発技術ライブラリーNO.12、457p、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、364 p、2008. 3) 鈴木友二、横尾康太、高橋敏彦、加藤悠司: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技術研究発表会講演概要集、II - 37

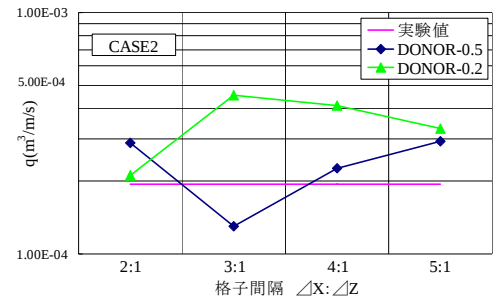


図 - 3 格子間隔の違いによる越波流量 q の比較

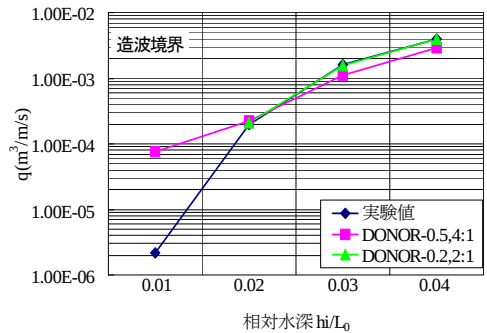


図 - 4 相対水深 hi/L_0 と越波流量 q の関係

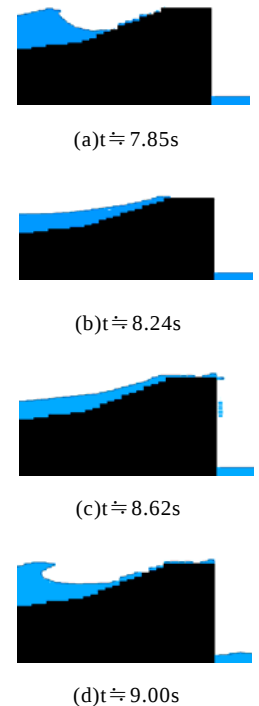


図 - 5 波の越波状