

CADMAS-SURF による越波・越流遷移過程の解析

金沢大学 学生会員 ○矢野 真揮
金沢大学 正会員 由比 政年

1. はじめに

近年、気候変動に伴う沿岸災害リスクの増大と施設の老朽化への対策として、海岸護岸の段階的嵩上げ方法が提案されている。こうした嵩上げ高の算定を的確に行うためには、打上げ・越波の2つの視点の融合を図り、適用条件の制約の少ない統一的な越波流量算定法を確立することが必要である。これに関し、間瀬ら(2016)は、打上げ・越波統合算定モデル(IFORM: Integrated Formula of wave Overtopping and Runup Modeling)を提案し、国内外の代表的モデルと同程度の越波流量算定精度を有していることを示した。しかし、適用範囲拡張など未だ改善の余地も残されている。モデル改良には広範囲に及ぶ水理実験を実施する必要があるが、多大な費用や時間が必要となる。本研究では、打上げ、越波の算定を数値モデル(CADMAS-SURF)によって行い、その精度を水理実験の結果及び経験モデルと比較し、数値計算によって水理実験を補完・代替することが可能であるか検証する。また従来、実験・観測データが不足している条件として越波・越流の遷移過程に着目して数値モデルを適用し、各種のパラメータと越波量の関係を検討する。

2. 解析の手法

(1) CADMAS-SURF モデルの概要と適用性検証

本研究で用いる CADMAS-SURF(磯部ら, 1999)は2次元非圧縮性流体の連続式と Navier-Stokes 方程式を基礎方程式とする数値モデルである。また、自由表面の解析には、汎用性があり、複雑な表面形状の解析が可能である VOF 法が採用されている。浅水変形や砕波等の水面の変形を伴う現象や、打上げ、越波等の複雑な現象に対しても適用が可能である。遷移過程への適用に先立ち、規則波および不規則波に対する打上げ・越波計算を行って、実験結果や経験モデルと比較することで適用性を検証した。

(2) 構造物天端と静水面が一致する場合の越波特性の解析法

高潮などによる海面の上昇に伴って、波の打上げ・越波、越波・越流が同時生起する遷移過程、越流と浸水形態が推移していく。これらの浸水形態ごとに背後域への海水流入量が大きく異なるが、水位が天端高付近あるいは天端高より上にあり、波谷通過時に越波、波峰通過時に越流する遷移過程についての研究は従来あまり行われていない。そこで、本研究ではその一つの形態として、特に構造物の天端と静水面が一致した場合の不規則波の越波量や越波特性を解析する。計算条件として、玉田ら(2003)の実験条件をベースに静水深を天端高の上端と一致するように設定した。この条件を基準とし、周期、波高、法面勾配を変化させて、越波特性の解析を行った。計算結果は、有次元越波流量 q を $\sqrt{gh^3}$ で無次元化した q^* を用いて整理した。

3. 解析結果

図-1に示す不透直立堤の越波について、CADMAS-SURFによる計算結果と、EurOtop(Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual, 2007, 2018)による越波流量算定式との比較を行った例を図-2に示す。この結果及び他の比較結果より、CADMAS-SURFにより、不規則波の平均越波量を定性的・定量的に良く評価できることが確認された。次に、構造物天端と静水面が一致する場合の計算対象領域を図-3に、周期のみを変化させた場合の累積越波量の時系列変化を図-4に示す。一般に周期が大きいと越波量が増加する。図-5は横軸に(a)波形勾配および(b)砕波帯相似パラメータ、縦軸に無次元化した平均越波量をプロットしたものである。波形勾配が増加すると越波量は減少し、砕波帯相似パラメータ(図-5では中村ら(1972)の仮想勾配を用いて算出)が増加すると越波量は増加する傾向にあることが確認できる。

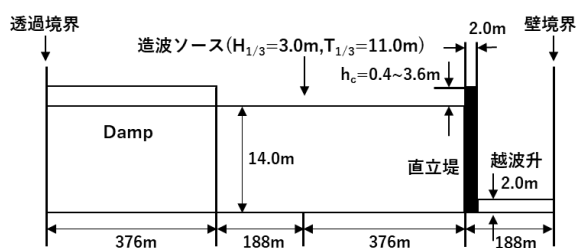


図-1 検証計算に用いた解析モデル全体図

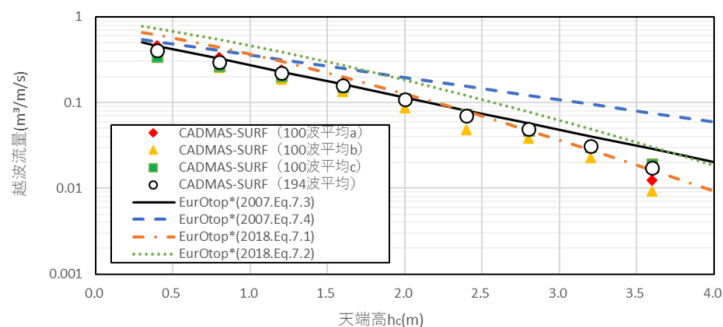


図-2 天端高に対する越波流量の変化

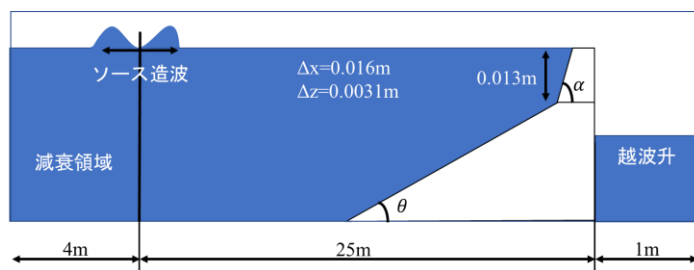


図-3 計算対象領域全体図

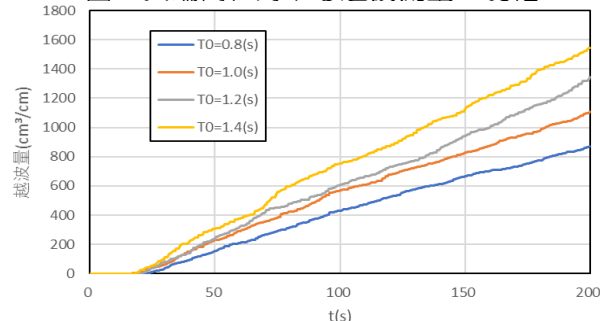
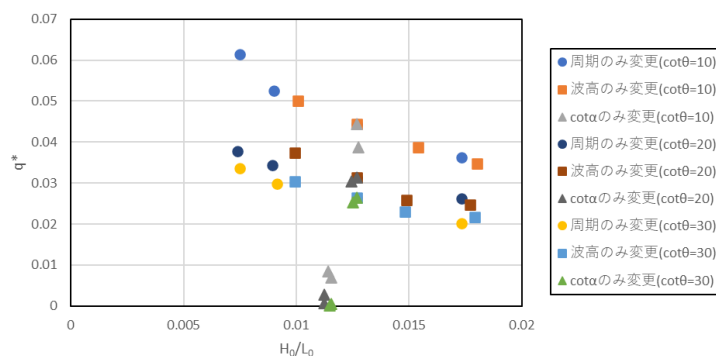
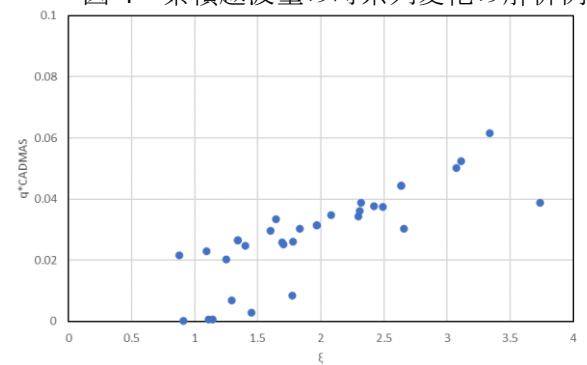


図-4 累積越波量の時系列変化の解析例



(a) 波形勾配



(b) 碎波帯相似パラメータ(仮想勾配に基づく)

図-5 無次元パラメータと無次元平均越波量との関係

4. 終わりに

CADMAS-SURF を用いて越波・越流の遷移過程における、各種のパラメータと越波量の関係を検討した。今後は解析条件を増やし、各種パラメータの影響について詳細な検討を進めていく予定である。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：19H02403）の補助を受けた。

参考文献

- 磯部雅彦, 高橋重雄, 余錫平, 榊山勉, 藤間功司, 川崎浩司, 蔣勤, 秋山実, 大山洋志: 数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究, 海洋開発論文集, 第15巻, 土木学会, pp.321-326, 1999.
- 玉田崇, 井上雅夫, 手塚崇雄: 緩傾斜護岸の越波流量算定図とその越波低減効果に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第49巻, 土木学会, pp.641-645, 2003.
- 間瀬肇, 玉田崇, 安田誠宏, 川崎浩司: 打上げ・越波統合算定モデルの精度検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.1, pp.83-88, 2016.
- EurOtop: Wave Overtopping of Sea Defenses and Related Structures: Assessment Manual, Pullen, T., Allsop, N.W.H., Kortenhaus, A., Schüttrumpf, H., Van der Meer, J.W.(Eds.), 2007.
- EurOtop: Manual on Wave Overtopping of Sea Defenses and Related Structures. An Overtopping Manual Largely Based on European Research, but for Worldwide Application, Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P., Zanuttigh, B. (Eds.), 2018.