

エネルギー減衰機能に優れた防潮堤の形状に関する模型実験と数値解析による検討

防衛大学校 正会員 ○多田 毅
 防衛大学校 学生会員 林 大地
 防衛大学校 正会員 宮田喜壽

1. はじめに

東日本大震災における津波被害の経験を経て、津波防御に関する概念は大きく変化した。これまでは津波が越流することを想定していなかった防潮堤や道路盛土なども、越流時に破壊・倒壊に至らず、背後の被害を低減させる効果を維持することが期待されるようになった。そこで本研究では、防潮堤などの構造物の、津波越流時のエネルギー低減効果について水理実験を行い、エネルギー減衰機能に優れた形状について検討する。また、水理実験の再現計算を行い、越流する流れのエネルギー減衰機能を数値計算によって再現することを目指す。

2. 実験および計算方法

水理実験では、図-1に示す4種の形状を持つ構造物を設置長さ16mの水平床の実験水槽に設置し、上流側から一定の流量を流し、流れが十分に落ち着いた後に図-2に示す水理量を計測した。ただし、流速 v は単位幅流量 q を h で除すことで求めた。そして、構造物前後でのエネルギー(全水頭) H_0 および H_1 を式(1)でそれぞれ計算し、式(2)よりエネルギー透過率 K を算定した。

$$H_i = \frac{v_i^2}{2g} + h_i \quad (1)$$

$$K = \frac{H_1}{H_0} \quad (2)$$

数値計算は、数値波動水路(CADMAS-SURF 3D)を利用し、2次元での計算を実施した。CADMAS-SURFはSMAC法によるナビエ・ストークス方程式の計算に、VOF法による自由表面計算と、 $k-\epsilon$ モデルによる乱流計算を加え、波動に特化した境界条件を備えることで、波の水理実験を数値計算で代用できることを目標として開発されている。さら

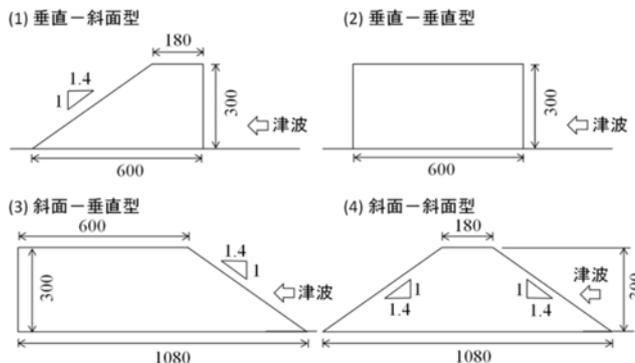


図-1 水理実験で用いた構造物の形状

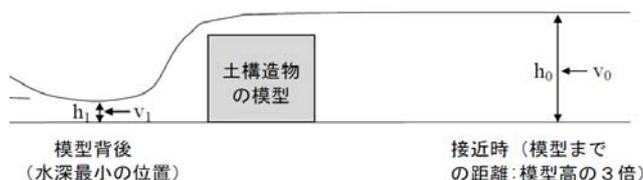


図-2 エネルギー透過率の計算に用いた水理量

に、砕波時の飛沫や気泡の運動を表現するモデルも導入されており、砕波現象もある程度再現可能である。そこで本研究では、構造物背後の激しい流れによるエネルギー消散も再現できることが期待されること、他に自由表面を持つ流れの計算が可能な既成ソフトがほとんど存在しないことなどから、CADMAS-SURFに開水路定常流向けの改造を施して、水理実験の再現計算を行った。

計算条件は、 $\Delta x=1\text{cm}$ 、 $\Delta z=5\text{mm}$ 、 Δt は安定条件を満たすよう自動調整とした。堤防背後の水深 h_1 は1mm以下の精度が必要であるが、水面の向きを考慮したVOF法を採用しているため、 h_1 の値は Δz の制約を受けない。堤防沖側を静水で満たした初期条件から、水理実験と同じ流量になるまで10秒間かけて徐々に流量を増やし、その後その流量を流し続けながら水理量を記録した。

キーワード 耐津波性能, エネルギー減衰, CADMAS-SURF

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810

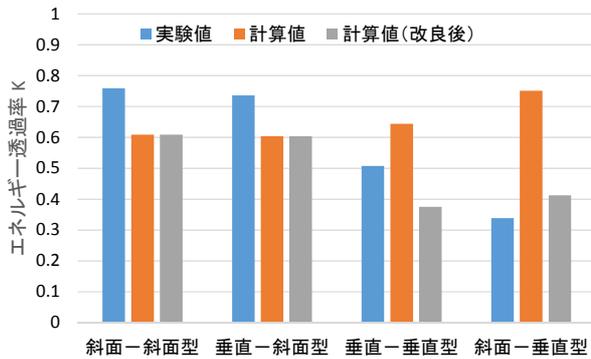


図-3 エネルギー透過率 (q=0.056m²/s)

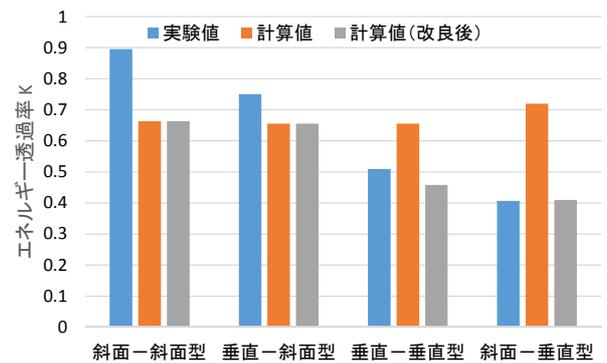


図-4 エネルギー透過率 (q=0.083m²/s)

3. 結果と考察

構造物の形状とエネルギー透過率との関係を、水理実験で実施した2種の流量について算定したものを、それぞれ図-3と図-4に示す。水理実験の結果を見ると、斜面-斜面型の透過率が最も大きく、斜面-垂直型が最小であることがわかる。垂直-垂直型と斜面-垂直型では越流した水が構造物背後に落下する際に生じる激しい乱れ・渦によってエネルギーが大きく減衰していると考えられる。

数値計算の結果を実験結果と比較すると、堤防背後が斜面のタイプよりも斜面背後が垂直のタイプの方が透過率が過大に見積もられる傾向がみられる。特に、実験で最も透過率が低かった斜面-垂直型が、計算では透過率が最大となっており、この誤差は看過できない。水理実験における斜面-垂直型の写真の例と、同条件での数値計算の水位分布とを併せて図-5に示す。図-5 (b)は図-4の結果に対応している。(b)の堤防背後の流れを実験と比較すると、1) 構造物背後の空隙が実験よりも大きく、2) 天端から飛び出したナップが水路床に達した時、乱れないまま水平に向きを変え、3) 実験よりも速く滑らかに流下してゆく、といった違いが観察された。そこで、気泡内の空気の圧力を計算するようモデルを改良すると、図-5 (c)のように、構造物背後の水位が上昇し、下流の激しい水位変動も発生した。改良後のエネルギー透過率を図-3と図-4に併せて示す。流況の再現性が向上した結果、エネルギー透過率の再現性も向上していることが確認された。

4. まとめ

堤防を越流する流れの前後でのエネルギー減衰に防潮堤の形状が与える影響について水理実験を行い、斜面-垂直型

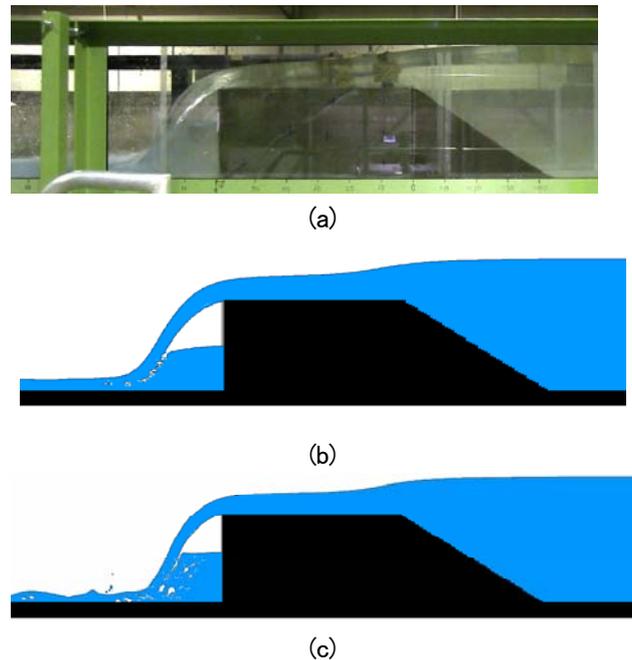


図-5 斜面-垂直型構造物の流れの例, (a):水理実験 (q=0.083m²/s), (b):数値計算 (空気の圧力計算なし), (c):数値計算 (空気の圧力計算あり)

が最も減衰率が高いことを確認した。また、2次元の数値計算による再現を試みた結果、エネルギー減衰機能に形状が与える影響を定性的に再現することができた。

謝辞：本研究は文部科学省科研費補助金基盤研究(B) 24360195 (研究代表者 宮田喜壽) の助成を受けた。

参考文献

財団法人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, p.368, 2001.