

不規則波による越波流量の変動性に関する数値実験

九州大学大学院

学生会員 ○清水 将貴

正会員 山城 賢 吉田 明德

1. はじめに

護岸の設計においては、一般に背後地の利用状況等に応じた許容越波流量を設定し、設計波に対する越波流量が許容値以下になるよう天端高を決定する。したがって、設計波に対する越波流量をできるだけ正確に把握する必要がある。しかしながら、不規則波による越波流量は、越波の計測時間（造波時間）や目標スペクトルから入射波の時系列を作成する際の種々の設定等によって大きく変動するという問題がある¹⁾。本研究では、不規則波による越波流量の変動の特性を明らかにし、妥当な越波流量を得るための造波時間や入射波の作成方法に関する知見を得ることを目的に、VOF法に基づく数値モデルを用いた数値実験を実施した。



写真-1 越波の様子

2. 基本的な計算条件の設定

本研究における数値シミュレーションには、VOF法に基づく数値波動水路(CADMAS-SURF)²⁾を使用した。基本的な計算条件は、越波流量推定図¹⁾を参考に海底勾配1/10の直立護岸（堤前水深5m, 天端高2.6m）とした。解析領域を図-1に示す。

計算は全て現地スケールで実施しており、領域のサイズは、造波ソースから護岸前面までの水平距離を160m（有義波の波長で約1.8波長）、鉛直方向の高さを30mとし、造波位置の水深は15mとした。格子間隔については、護岸近傍での越波の状況を精度よく再現する必要があるため、事前に幾つかの検討を行い、可変格子を採用した。水平方向は造波ソースから護岸前面まで0.64~0.5mと変化させ、鉛直方向は静水面の上下5.5m程度の範囲を0.2mとして、それ以外を0.24mと設定した。この設定は、表-1に示す推奨値¹⁾に比べてはるかに小さい格子間隔となっている。また、

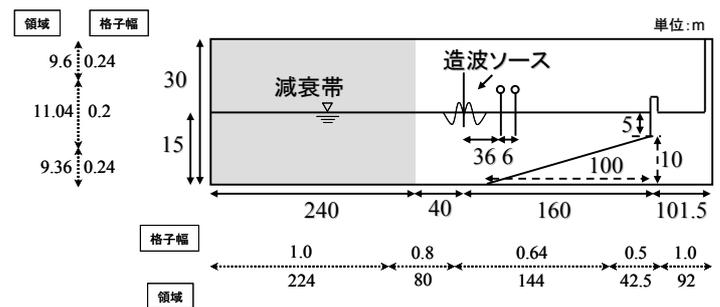


図-1 計算領域

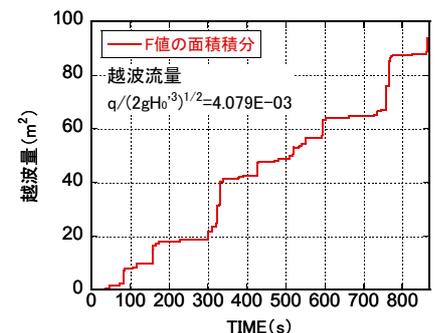
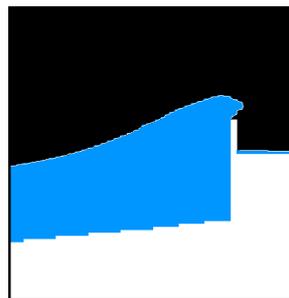


図-2 越波量の算定方法

入射波は、 $H_{1/3}=3.02\text{m}$, $T_{1/3}=8.7\text{s}$ のBretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波とした。造波時間は有義波周期で120波（1044s）とし、最初の20波（174s）を除いた100波（870s）について、図-2に示すように護岸背後に設置した越波枡内に流入する水量の時間変化を求め、単位時間当たりの越波流量を算定した。

表-1 格子間隔の推奨値¹⁾

格子間隔	推奨する格子設定
格子比率 ($\Delta x:\Delta z$)	5:1以下
$H/\Delta z$	10以上
Δx の波長分割数	L/80~100程度

3. 不規則波の時系列データの作成

数値計算に限らず水理模型実験においても、不規則波を造波する場合、一般的には線形波の重ね合わせにより造波信号を作成する。本研究では、目標のスペクトルを等周波数間隔で 100 成分波に分割し、各成分波の初期位相をランダムに与えて、不規則波の時系列データを作成した。

4. 不規則波による越波流量の変動性

4.1 初期位相による越波流量の変動性

初期位相が異なる入射波を 30 ケース作成して計算を行った。図-3 に全 30 ケースの越波流量を示す。越波流量推定図¹⁾からこの条件での無次元越波流量を読み取ると 5.0×10^{-3} であり、これに比べて計算結果は全て小さくなっている。しかし、 10^3 オーダーの越波流量に対する真値の想定範囲¹⁾は 0.4~2.0 倍とされており、計算結果は全てこの範囲内にある。また計算値の変動幅は、平均値の 0.7~1.26 倍であり、前述の想定範囲に比べ狭い範囲で変動している。

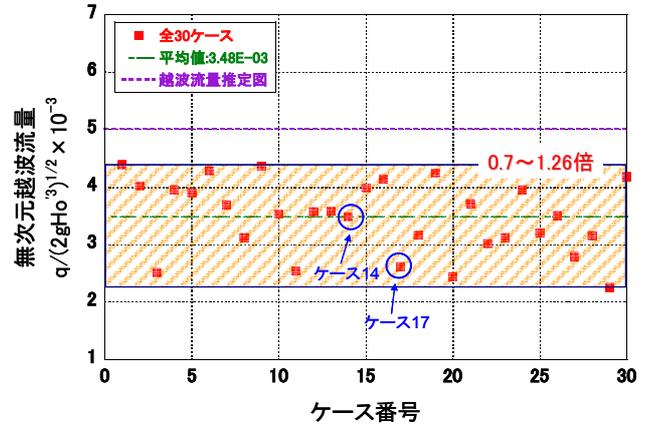


図-3 初期位相による越波流量の変動

4.2 造波時間による越波流量の変動性

図-3 の結果から平均値とほぼ同じ越波流量が得られたケース 14 と比較的低い値をとったケース 17 について、造波時間を延長し、有義周期で 1000 波分の計算を行った。図-4 に 2 ケースにおける造波時間と越波流量の関係を示す。図中には、 $100T_{1/3}$ 毎に算定した越波流量とその平均値、および通算の越波流量と図-3 に示した 30 ケースの平均値を併せて示している。ケース 14 は、 $100 T_{1/3}$ 毎の越波流量がほぼ一定値であるが、ケース 17 では、大きく変動しており、通算の越波流量をみると、 $700 T_{1/3}$ 程で一定に収束している。

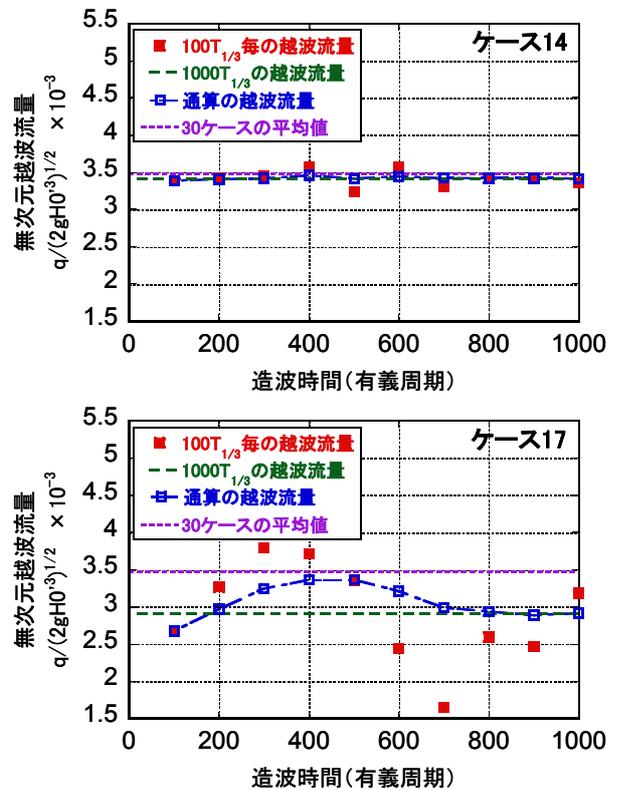


図-4 造波時間による越波流量の変動 (1000 $T_{1/3}$)

5. おわりに

本研究では、不規則波による越波流量の変動性について数値実験を行い、初期位相や造波時間により越波流量が変動することを示した。しかし、変動の要因を解明するには至っておらず、今後、更に詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1)合田良實ら(1975):不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第 14 巻 第 4 号, pp.3-41.
- 2)沿岸開発技術研究センター(2001):数値波動水路の研究・開発, 296p.

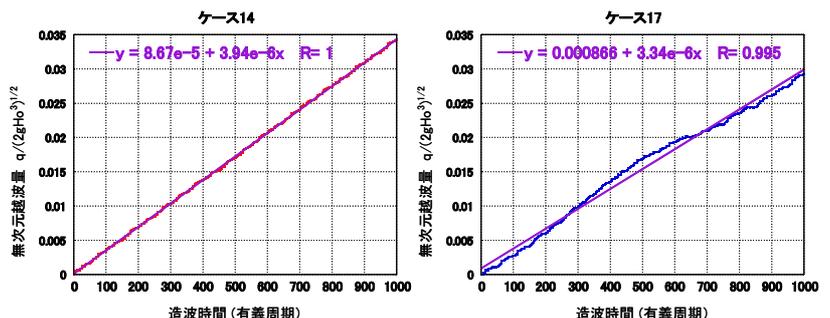


図-5 越波量の時系列 (1000 $T_{1/3}$)