

護岸前面消波工の設置条件における高波浪時の 越波特性に関する数値流体解析

CFD analysis on the characteristic of wave overtopping with an installation condition of
wave dissipating concrete blocks before the seawall induced by ocean wave

豊橋技術科学大学	〇正 員	松田達也 (Tatsuya Matsuda)
株式会社構研エンジニアリング	正 員	高橋浩司 (Koji Takahashi)
株式会社構研エンジニアリング	非会員	阿部和樹 (Kazuki Abe)
株式会社構研エンジニアリング	フェロー	川瀬良司 (Ryoji Kawase)
名古屋工業大学	正 員	前田健一 (Kenichi Maeda)

1. 諸言

北海道では、冬期間における高潮や波浪の発生に伴い、越波被害が発生している。一部の地域においては、冬期間のみ暫定的に仮設越波柵を設置している箇所も見受けられるが、仮設対策を施しても越波被害が発生している状況から、恒久的な越波対策の早期実現が急務となっている。

本研究では、図-1 に示すように、護岸擁壁前面に近接して消波ブロックが設置されている区間を対象とした。これは、本サイトにおける越波メカニズムが十分明らかになっておらず、恒久的な越波対策を検討する上でも、現状における越波メカニズムを明確にすることは非常に重要と考えるためである。

そこで、まず、現状における高波浪時の越波特性を把握するため、数値流体解析を用いて、越波メカニズムを考察した。本稿では特に、護岸前面に設置された消波ブロックの有無による越波特性について考察する。用いた手法は、海岸工学分野で広く用いられている CADMAS-SURF2D¹⁾である。詳細は後述する。



図-1 越波対策対象区間の状況

2. 検討概要

2.1 検討箇所

対象区間を図-2 に示す。本図は、Google Earth より引用した衛星画像²⁾である。対象区間の両サイドの海域では岩礁等により水深が浅いが、対象区間前面においては、周囲に比べて水深が深くなっている。

図-3 に対象区間における護岸の概略図を示す。擁壁型の護岸で、前面に消波ブロックが積み上げられている。



図-2 越波対策対象区間の衛星写真

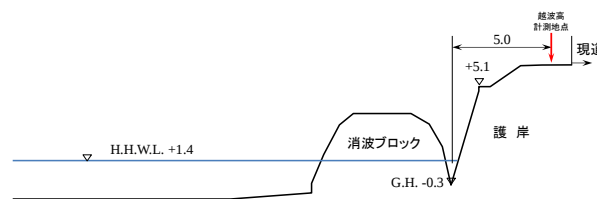


図-3 擁壁護岸の断面概略図

2.2 検討方法

本研究では、CADMAS-SURF2D を用いて、波浪場における構造物への外力特性を検討する。CADMAS-SURF2D とは、従来の2次元造波水路の模型実験に変わりうる解析手法とされており、海域施設の耐波設計への適用を目的として設立された「数値波動水路の耐波設計への適用性に関する研究会」で開発された¹⁾。

本手法には、2次元非圧縮流体粘性流体を対象とした連続式と Navier-Stokes 方程式が採用されている。数値解法では、スタガード格子を採用し、連続の式と運動方程式の連成に SMAC (Simplified Marker and Cell) 法が用いられている。また、自由表面解析モデルとして VOF (Volume of Fluid) 法が用いられている。

2.3 検討条件

図-4 に解析領域を示す。解析領域は水平方向に 1610 m、鉛直方向に 60 m とした。海底面勾配については、深淺測量図面をもとに決定した。前述したとおり、対象区間前面において水深が深くなっていることを考慮して断面位置を決定した。紙面の都合上、詳細は割愛する。構造物形状については、図-3 の断面図をもとに決定した。本稿においては、護岸前面に設置された消波ブロッ

クの有無による越波特性について考察するため、消波ブロックがない場合を Case 1、消波ブロックを有する場合を Case 2 として検討した結果を示す。消波ブロックについては、ポーラス・メディア法テーブルを用いて空隙率は 0.5 とし、慣性力係数 $C_M=1.2$ 、抵抗力係数 $C_D=1.0$ と設定した。

計算格子間隔は推奨されている条件に則り、水平方向、鉛直方向ともに最小サイズを $\Delta x = \Delta z = 0.25 \text{ m}$ として、それ以外は等比級数を用いて変化させ、最大で $\Delta x = \Delta z = 1.00 \text{ m}$ と設定した。時間の制御は CFL 条件とし、連立 1 次元方程式の解法は、M-ILUBCGSTAB 法を用いた。その他の解析条件は、デフォルト設定とした。

本サイトでは、10 年確率波において換算沖波波高 $H_0=7.39 \text{ m}$ 、沖波周期 $T_0=12.1 \text{ s}$ となっているが、本稿では、まず、現象を単純化して捉えるため、波高 $H=10 \text{ m}$ 、周期 $T=12 \text{ s}$ の規則波を解析領域の左端に設けた造波境界から作用させた。

3. 解析結果

3.1 越波特性

解析結果の画像をもとに、消波ブロックがない場合を Case 1、消波ブロックを有する場合を Case 2 とし、越波現象について説明する。

図-4(a)に Case 1、(b)に Case 2 の $t/T=9.83$ における護岸前面の消波ブロックの有無による波浪変形の違いを示す。Case 1 では消波ブロックがないため、波の進行が弊害されることなく、波が護岸方向へ流動している様子がわかる。一方、Case 2 においては、消波ブロックにより波の進行が弊害されることにより、消波ブロックの側面に沿ってせり上がる様子が伺える。図-5 には、対象区間にて 2015 年 1 月 8 日に撮影された護岸越波の様子を示しているが、本検討で行った Case 2 と同様に、消波ブロック前面で波がせり上がっている様子が伺える。このことから、本解析は、実現象を定性的に再現できていることが明らかとなった。

3.2 越波高と越流量

護岸背面への越波の影響について考察する。まず、越波高について、図-3 に示す護岸前面から陸側に 5.0 m 地点において計測した。各ケースにおいて最大越波高を比較すると、Case 1 では 1.221 m、Case 2 では 2.216 m となった。

次に、越流量について比較する。越流量は、護岸背後に貯水枡を設け、そこへの流入量をもって算出している。図-6 は比較的越流量が多く発生した $t/T=12.33$ における護岸越波の様子を示している。また、図-7 は累積越流量を示す。Case 1 は、Case 2 に比べて累積越流量が多く、越流量が多く発生した $t/T=12.33$ 付近の最大越流量は、Case 1 では $4.623 \text{ m}^3/\text{m}$ に対して、Case 2 では $4.142 \text{ m}^3/\text{m}$ となった。このことから、消波ブロックを有することで、越流量を低減させる効果があることがわかった。

4. 結言

護岸前面に設置された消波ブロックの有無による越波特性について数値流体解析により考察した。消波ブロッ

クにより越流量を低減させる効果があるが、消波ブロック沖側前面において波浪が衝突することで、流れの向きを上向きに変換してしまう可能性があり、越波高が大きくなる傾向を示唆した。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金研究活動スタート支援 26889035、基盤研究(C)17K06553 の助成を受けています。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人 沿岸開発技術研究センター:数値波動水路の研究・開発, 沿岸技術ライブラリー, No.12, 2001.
- 2) Google: “Google Earth”, <https://www.google.com/earth/>, 2017.11.30 参照, 2017.

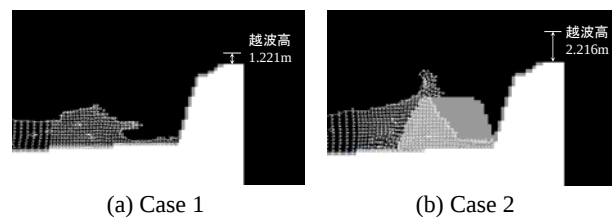


図-4 $t/T=9.83$ における護岸前面の消波ブロックの有無による波浪変形の違い



図-5 2015/01/08 に撮影された護岸越波の様子

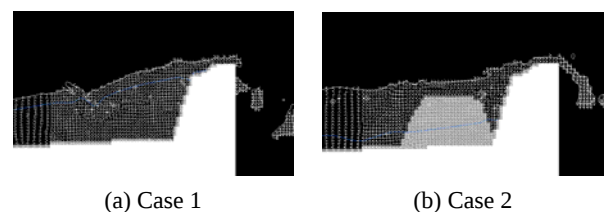


図-6 $t/T=12.33$ における護岸越波の様子

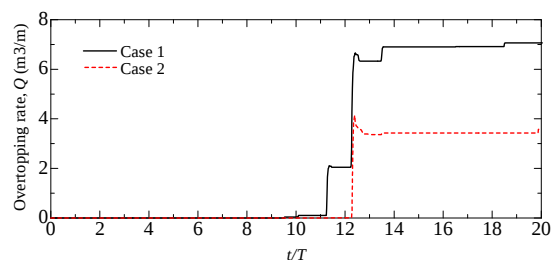


図-7 累積越流量