

没水型長周期波対策工の消波特性に関する計算

株式会社不動テトラ 正会員 ○松本 朗
 株式会社不動テトラ 正会員 田中 真史
 株式会社不動テトラ 正会員 半沢 稔

1. はじめに

港湾における長周期波対策の一つとして、防波堤の港内側にマウンド形式の消波構造物を設置する方法が挙げられる。著者らは最近、天端が静水面に位置する没水型長周期波対策工を提案し、その消波機能が従来の干出型より優れていることを確認するとともに¹⁾、越波に対する安定性についても検討している²⁾。従来の干出型が流れがマウンド内部の空隙を通過するときのエネルギー減衰に期待し、水面上にも大きなボリュームを有する構造体であるのに対して、没水型は構造物表面、特に天端での摩擦等によるエネルギー減衰を積極的に利用することを意図した構造である(図-1 参照)。没水型の消波特性は高く、代表的な条件で試算したところテトラポッド二層被覆形式の没水型構造は、被覆石による干出型のおよそ半分の構造物幅および約8割の工費で同等の消波性能を発揮することがわかっており、コスト縮減と中小港湾への適用性の向上が期待されている¹⁾。このように没水型の消波性能は高いが、消波の詳細なメカニズムは必ずしも明らかになっていない。今後、より高性能な構造への改良を図るためにも、メカニズムの解明は必須である。

マウンド周辺や内部の流速場は非常に複雑であり、基本的には水理模型実験結果および現地データの詳細な解析により解明されるべき問題である。しかし、精度の高い数値計算手法が開発された現時点では、まずその手法を用いてマウンド近傍の流れの様相を探ってみるのが有益であり、本格的研究の方向性を判断する手がかりを与えることになろう。本論文では、干出型と没水型のマウンド形式長周期波対策工周辺の流速場を数値計算により検討した。はじめに、既往の研究結果を用いて、抗力係数と慣性力係数のキャリブレーションを行った。次に、干出型と没水型の反射率の再現計算を行い、マウンド周辺の流速場の比較により没水型の消波のメカニズムについて論じた。

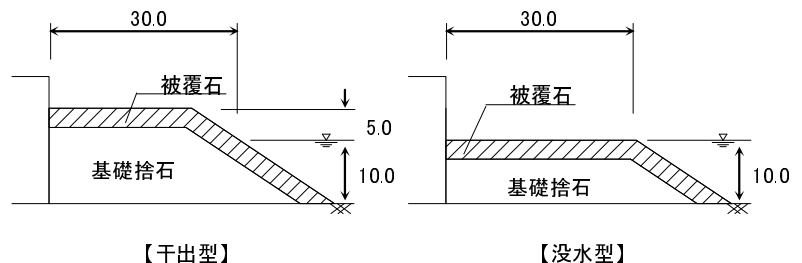


図-1 マウンド形式長周期波対策工の断面例(現地量、単位: m)

2. 数値計算

計算には数値波動水路(CADMAS-SURF)を用いた。基礎方程式は二次元非圧縮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運動方程式である。

(1) 抗力係数と慣性力係数のキャリブレーション

CADMAS-SURF では、流体が捨石構造から受ける抵抗力のモデルとして、①抗力係数 CD および慣性力係数 CM を使う方法と、②Dupuit-Forchheimer 則を使う方法の2つがある。前者の場合、榊山・鈴木³⁾による $CD=1$, $CM=1.2$ がよく使われている。この値は常時水没している混成堤のマウンドに対して提案されたものであり、本研究で扱う長周期波対策工のように、捨石マウンド内で水面が変

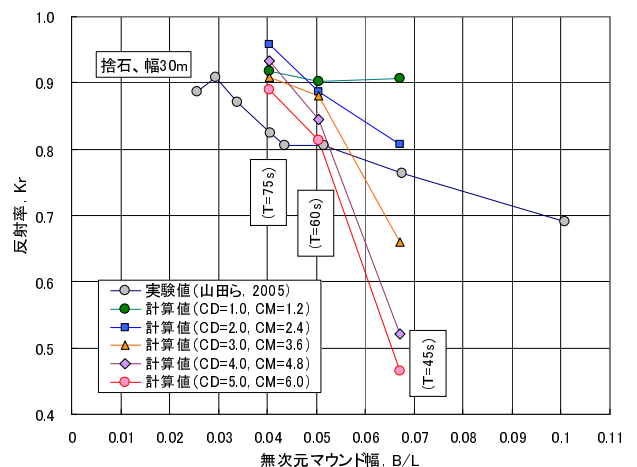


図-2 CD と CM のキャリブレーション結果

キーワード 港内長周期波, 没水型対策工, 数値解析, エネルギー減衰, 抵抗則

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町2-7 (株)不動テトラ 総合技術研究所 TEL 029-831-7411

動する場合には計算精度に問題が残る．実際，いくつかの研究において傾斜堤を対象とした CD と CM のパラメータスタディーが行われている^{4),5)}．ここでは，山田ら⁶⁾の実験データのうち，周期 60s のデータを対象に，CD と CM のキャリブレーションを行った．結果を図-2 に示す．実験値は文献の図面から読み取った値である．無次元マウンド幅 B/L (B は静水面上のマウンド幅， L は波長) に対して反射率がプロットされており，対象周期の 60s に関しては，CD と CM を榊山らの推奨値の 5 倍程度の値とすると反射率がほぼ再現されている．ただし，周期 75s については，推奨値の 5 倍の値を用いても計算による反射率は実験値より 0.1 程度大きかった．逆に周期 45s の場合は，計算による反射率は実験値を大きく下回った．これは琴浦ら⁵⁾の指摘にあるように抵抗力の格子間隔依存性の問題と考えられ，D-F 則の適用により解決される可能性がある．

(2) 実験結果の再現計算と流速場の考察

図-3 に既報で報告した反射率¹⁾の再現計算結果を示す．ここでは， $CD=4.0$ ， $CM=4.8$ および $CD=5.0$ ， $CM=6.0$ の 2 通りの組み合わせで計算を行った．これらの抗力係数と慣性力係数を用いることにより，反射率の絶対値は実験と多少異なるものの，没水型と干出型の反射率の大小関係や，波高に対する反射率の変化傾向など，計算値は実験値をほぼ再現していると言える．

図-4 は没水型マウンド周辺の流速場のスナップショットを示したものであり， $CD=5.0$ ， $CM=6.0$ の場合の結果である．左側が港内側であり長周期波は左から右へ進行する．右端がケーソンの直立壁である．(a) はマウンドへ入射した長周期波が天端上を伝播してその先端がケーソン壁面へ衝突した瞬間である．天端上の薄い水の層内で，鉛直方向に大きな速度勾配を持つ流れになっているのがわかる．(b) はケーソンからの反射波が港内側へ戻り始める瞬間である．流れは右回りの渦を伴いながら左側へ進んでおり，この渦構造により流れのエネルギーが消費されることが想定される．天端上の流れは(c)，(d)で乱れを伴いながら左側へ進み，(e)で港内側の水域へ放出される．このとき，斜面上で左周りの渦構造が形成されるのが見て取れる．この渦構造もエネルギーの消費に寄与するものと思われる．ここに述べた現象が複合された効果により，没水型の高い消波効果を実現されているものと考えられる．

3. おわりに

本研究では消波特性に関する数値計算を行い，没水型構造の消波メカニズムについて考察した．今後抵抗則に D-F 則を適用するなど計算精度の向上を図り，より詳細なメカニズムの解明を図っていきたい．

参考文献

- 1) 田中ら(2012)：土論B3 (海洋開発)，第68巻，pp.I_816-I_821.，
- 2) 田中ら(2013)：土論B3 (海洋開発)，第69巻，(投稿中)，
- 3) 榊山・鈴木(1998)：海工論文集，第45巻，pp.566-570.，
- 4) 合田・松本(2003)：海洋開発論文集，第19巻，pp.529-534.，
- 5) 琴浦ら(2008)：海洋開発論文集，第24巻，pp.1029-1034.，
- 6) 山田ら(2005)：海洋開発論文集，第21巻，pp.785-790.，

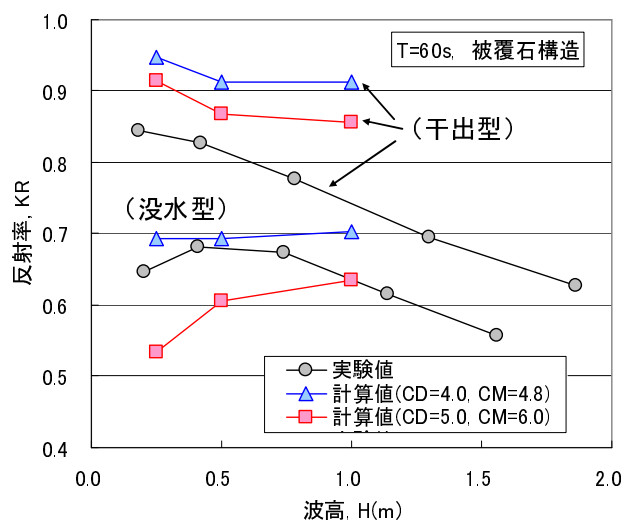


図-3 反射率の再現計算結果

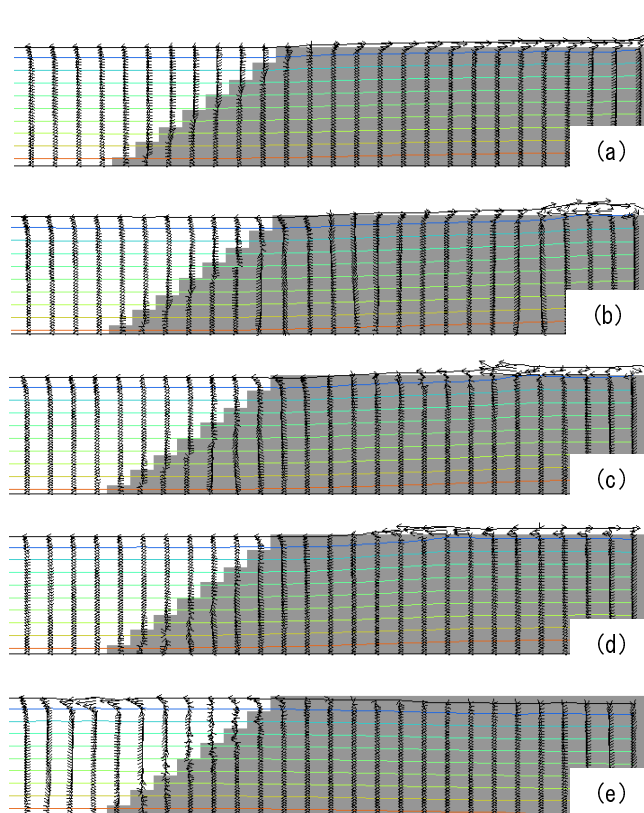


図-4 没水型マウンド周辺の流速場