

数値解析技術を利用した長周期波対策施設の設計法

株式会社フジタ 永瀬 恭一

はじめに

外洋から港湾に侵入する長周期波が、船舶の動揺や荷役障害を引き起こし早急な対策が求められている。長周期波浪に対応するための施設は波長の長さから施設が大型化する一方、入射波高が小さく、従来の水理模型実験では検証が難しいという側面がある。当社が開発した数値解析技術はこれらの課題に対応することが可能で、これまでに、いくつかの施設の研究開発において消波機能検証のために活用した実績がある(沿岸センター, 2004)。

また、礫材を用いた消波技術では、用途、設置場所の特性により図1に示すような多様な形態への応用が考えられる。

解析の概要を説明して、これまでの解析結果から、多様な港湾空間に対応できる消波施設の機能やその設計方法について説明する。

解析手法

解析は、3次元で水-空気混相を対象として、波面解析が可能なMAR S (Multi- Advection Reconstruction Solver)法に、造波ソースとエネルギー吸収帯を組合わせた数値波動水槽技術を応用する(永瀬・島田, 2000)。礫材による圧力損失の評価はDupuit-Forchheimer則(近藤・竹田1983),

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = (\alpha + \beta|q|)q \quad \text{を用いた。} \quad \alpha = \alpha_0 \frac{(1-\lambda)^3}{\lambda^2} \frac{\mu}{d^2}, \beta = \beta_0 \frac{1-\lambda}{\lambda^3} \frac{1}{d}$$

である。ここに、 d : 礫材の粒径, λ : 空隙率, $q = \lambda u$ で α_0, β_0 は透水層を構成している材料から求まる係数である。この係数を決定するために、図2に示す装置で透水試験を行った。塩ビ管の片側に往復流発生装置を取り付け、電磁流量計で流量を制御しながら通水し、塩ビ管の2点に据え付けた圧力センサーによって水圧を測定し、圧力差と流速から係数 α_0, β_0 を算出した。

解析例

①捨石透過堤 図-1のa)に示す、捨石透過堤の解析結果のうちベクトル図を図3に示す。前面の消波ブロックを透過して礫材の消波材に進入している様子が詳細に再現できている。図4は解析と実験(平石, 2004)による反射率の検証結果を比較したもので、8~45秒の波浪について、両者は良く対応できている。

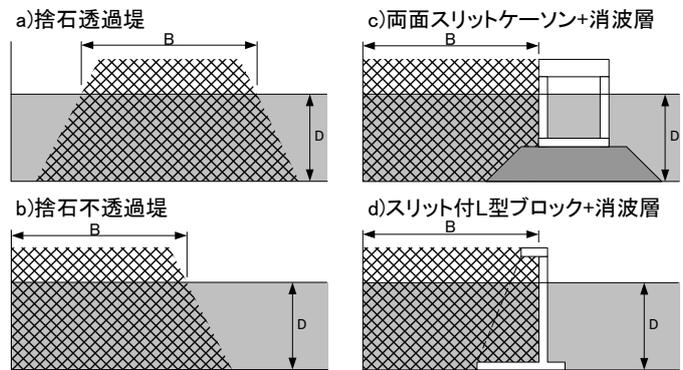


図1 礫材を利用した長周期対策施設の形態

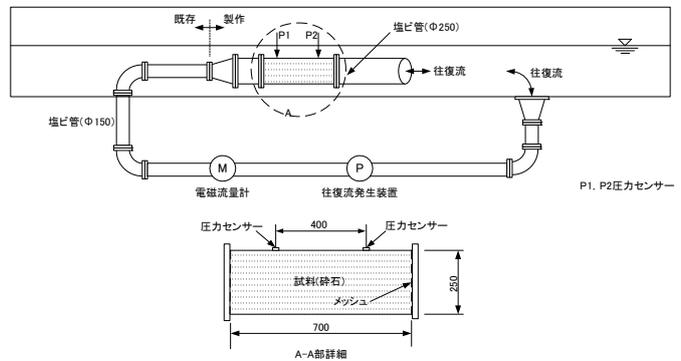


図2 透水試験の概要

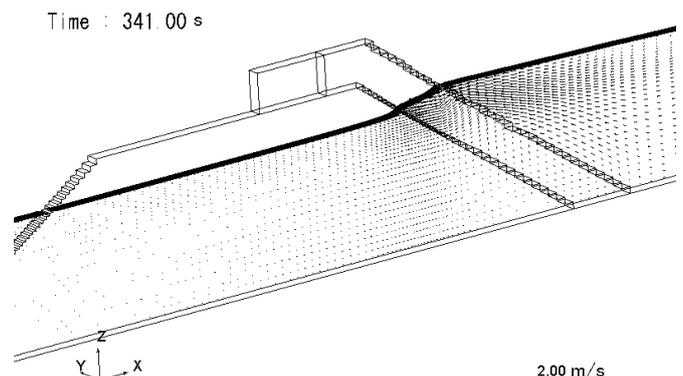


図3 解析結果(捨石透過堤)

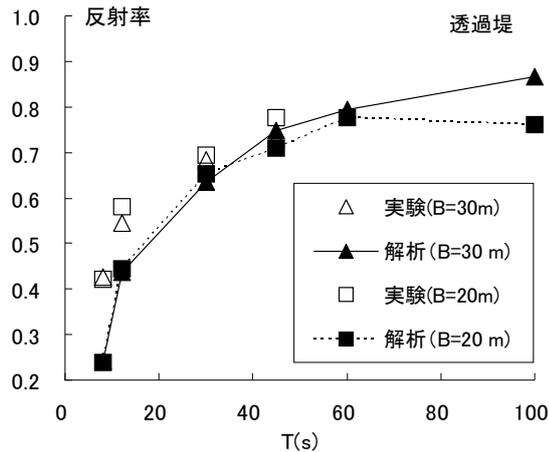


図4 入射波の周期と反射率 (捨石透過堤)



図5 実験状況 (スリット付L型ブロック)

②スリット付L型ブロック係船岸

図5および6は、図1に示した形態d)の実験状況の写真と解析結果である。解析結果によれば、スリット部を透過する状況と礫材でのエネルギー減衰が解析できている。このように、3次元的な形状を有する構造物と礫材の組合せによる消波機能など、水理特性の評価にも活用することができる。

まとめ

図7は、図1に示した4形態について、水理模型実験や数値解析によって検証した結果を比較したものである。構造物の大きさのうち、礫材の幅Bを入射波長で無次元化して示したもので、すべての場合で周期の増大により反射率が增大していることがわかる。

以上のように、数値解析技術によって、スリットを有する構造物や礫材や消波ブロックなどを有する構造物に関しても、数値解析によって水理特性を検証でき、設計ツールとしての活用が十分可能であることを示した。

謝辞

この資料は、(独法)港湾空港技術研究所 海洋・水工部 平石哲也部長と実施した研究成果のうち、解析に関するものを取りまとめたものです。ここに、記して謝意を表します。

参考文献

- 沿岸開発技術研究センター(2004): 港内長周期波影響評価マニュアル, 沿岸開発技術ライブラリーNo.21, 86p.
- 沿岸開発技術研究センター(2006): L型ブロック式係船岸技術マニュアル, 沿岸開発技術ライブラリーNo.22, 35p
- 近藤淑朗・竹田英章(1983): 消波構造物, 森北出版, 275p.
- 永瀬恭一・平石哲也・押村嘉人(2008): 港湾の利用形態に対応した長周期波対策技術, 海岸工学論文集, 第55巻. (印刷中)
- 永瀬恭一・島田昌也(2000): MARS法を用いた数値波動水槽に関する研究, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.391-395.
- 平石哲也(2004): 長周期波対策護岸の効果に関する模型実験と数値計算, 港空研資料, No.1093, 21p.

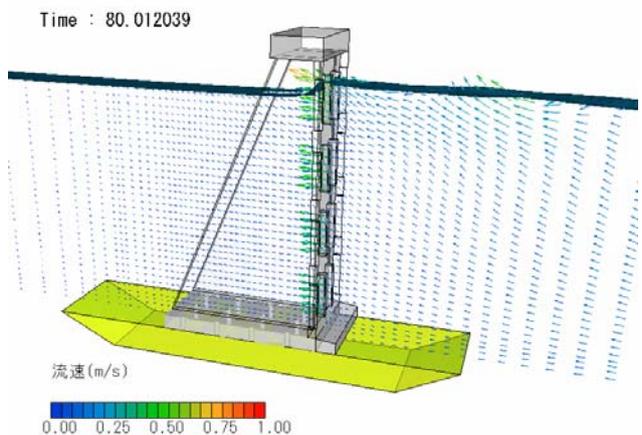


図6 解析結果 (スリット付L型ブロック)

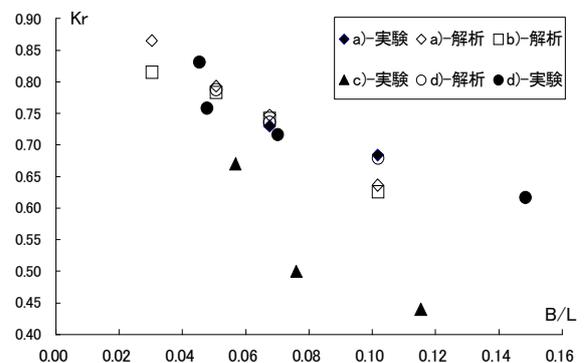


図7 形態による反射率の特性