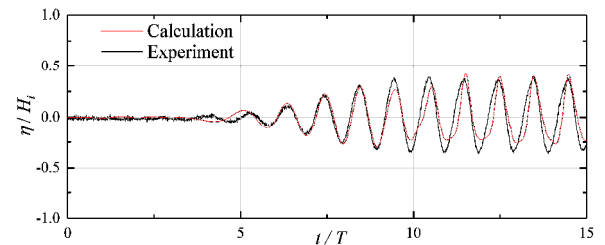


波浪中における仮設式波除堤の動揺に関する数値シミュレーション

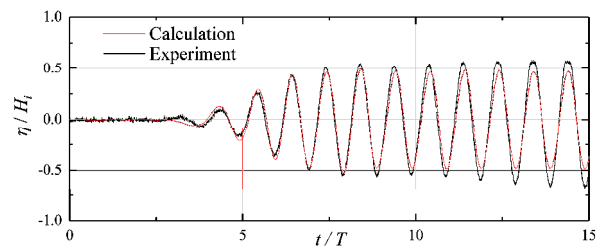
名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○吉村一樹
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村友昭, 趙 容桓
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷法美
 東洋建設株式会社 正会員 小竹康夫, 澁谷容子

1. はじめに：港湾施設の建設においてケーソン据付等の海上工事を行う際、波浪の作用により浮遊状態にある作業船やケーソンが大きく動揺すると、ワイヤー破断や作業員の海中転落といったリスクが生じる。このような場合への対策として、小竹ら（2018）と中村ら（2019）は、予測以上の波浪が来襲した場合でも作業区域内の静穏度を一定の範囲内に保つことを目的とした浮体構造の仮設式波除堤（以下、波除堤と略記する）を提案し、波除堤が有する波高低減効果を検証した。本稿では、仮設式波除堤の波高低減機構に対する検討を行うための前段階として、中村ら（2019）が実施した縮尺 1/50 の水理実験の再現計算を数値計算モデル FS3M（中村ら，2015）により行い、水理実験結果との比較検討を行うことで、FS3M の妥当性の検証を行う。

2. 再現計算の計算条件：流体・構造連成解析が可能な数値計算モデル FS3M（中村ら，2015）を用いて、断面 2 次元計算を行った。図-1 に計算領域の概略図を示す。同図に示すように、静水深 0.6 m の水域に、高さ 400 mm，幅 $B = 300$ mm，堤体内部の貯水部の高さ 140 mm の H 型の仮設式波除堤を配置した。波除堤を構成する板の厚さは 8 mm，密度は $1.96 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とした。ここでは、右手系の直交座標を用いて、座標系を以下のように定義する。岸沖方向を y 軸とし、波進行方向と同じ向きを y 軸正方向としたとき、その方向の並進動揺量を Sway とする。そして、 y 軸と直交する沿岸方向を x 軸とし、 x 軸まわりの右ねじの向きを正とした回転角を Roll とする。また、 x 軸および y 軸と直交する鉛直方向を z 軸とし、鉛直上向きを z 軸正方向としたとき、その方向の並進動揺量を Heave とする。波除堤



(a) W5, $B = 300$ mm, $T = 1.41$ s, $h_{in} = 0$ mm



(b) W5, $B = 300$ mm, $T = 1.70$ s, $h_{in} = 0$ mm

図-2 η / H_i の比較 (η : 水位変動)

の重心位置は初期が岸沖方向に $y=0$ であり、計算格子は、 $-0.5 \text{ m} \leq y \leq 0.5 \text{ m}$ ， $-0.6 \text{ m} \leq z \leq 0.4 \text{ m}$ では 0.002 m の等間隔計算格子を用い、それ以外の領域では 0.02 m の等間隔計算格子を用いた。また、計算領域の沖側端と岸側端に 2 波長以上の減衰領域を設けるとともに、境界条件として Sommerfeld 放射条件を用いた。これにより、波除堤未設置時に安定した入射波高 $H_i = 16 \text{ mm}$ （現地換算値：0.8m）の規則波が波除堤設置位置において造波できることを確認している。また、周期 T を 1.13, 1.27, 1.41, 1.56, 1.70 s（現地換算値：8.0, 9.0,

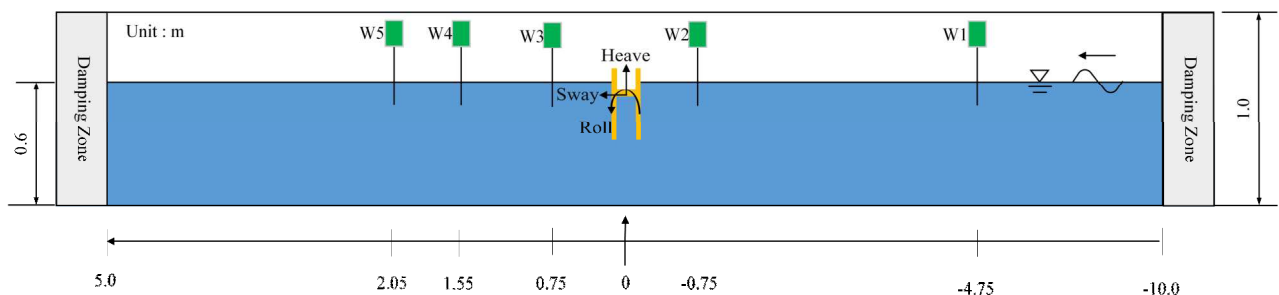


図-1 計算領域の概略図 (W1～W5：水位計)

10.0, 11.0, 12.0 s) の 5 通りに変化させた。

3. 計算結果および考察：図-2 に η/H_i の比較を例示する。ここで、 η は水位変動、 t は時刻である。また、水理実験において、波除堤未設置時に、W3～W5 での波高がほぼ一定であることが確認できていることから、波除堤近傍の定在波による影響が最も小さいと考えられる岸側に最も離れた W5 での η を示した。同図より、 $T = 1.41$ s の場合に波高を若干過小評価しているものの、波除堤岸側での η を概ね再現できていることが分かる。

図-3、図-4 に波除堤の重心位置の Sway d_y 、Heave d_z 、Roll d_α の時間変化の比較を例示する。図-3 では、 d_y と d_α は概ね精度良く再現できているが、 d_z はやや過小評価である。これは η が $T = 1.41$ s で若干過小評価になることと関連すると思われるが、原因は明確でない。図-4 では、 d_y と d_z は精度良く再現できているものの、 d_α が過小評価となっている。これは、数値計算では図-1 に示したように沖側端と岸側端に減衰領域を設けており、岸沖両端からの反射波の状況が水理実験と数値計算で若干異なっていたためと推測される。ただし、波除堤の動揺 3 成分を概ね再現できているといえる。

4. おわりに：本稿では、作業区域内の静穏度を一定の範囲内に保つことを目的とした仮設式波除堤の波高低減効果の検証のために行った中村ら (2019) の水理実験を対象に、数値計算モデル FS3M により再現計算を行った。その結果、水理実験結果との若干の差異は認められたものの、波除堤の岸側の水位変動や、波除堤の重心位置の Sway, Heave, Roll の観点から、本モデルにより水理実験を概ね再現できることを確認した。以上の詳細は講演時に発表する。今後は、計算結果から反射率や透過率を求めるなどして、波除堤の持つ波高低減機構を検討していく所存である。

参考文献：[1] 中村友昭, 山本勘太, 水谷法美, 小竹康夫 (2015) : 上部斜面堤ケーソンの規則波下における動揺特性に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_1039-I_1044. [2] 小竹康夫, 松村章子, 中村友昭, 水谷法美 (2018) : 仮設式波除堤による波高低減効果に関する一考察, 土木学会第 73 回年次学術講演会, II-180, pp. 359-360. [3] 中村友昭, 吉村一樹, 趙容桓, 水谷法美, 小竹康夫, 澁谷容子 (2019) : 仮設式波除堤の波高低減効果と動揺特性に関する実験的研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 75, No. 2, pp. I_781-I_786.

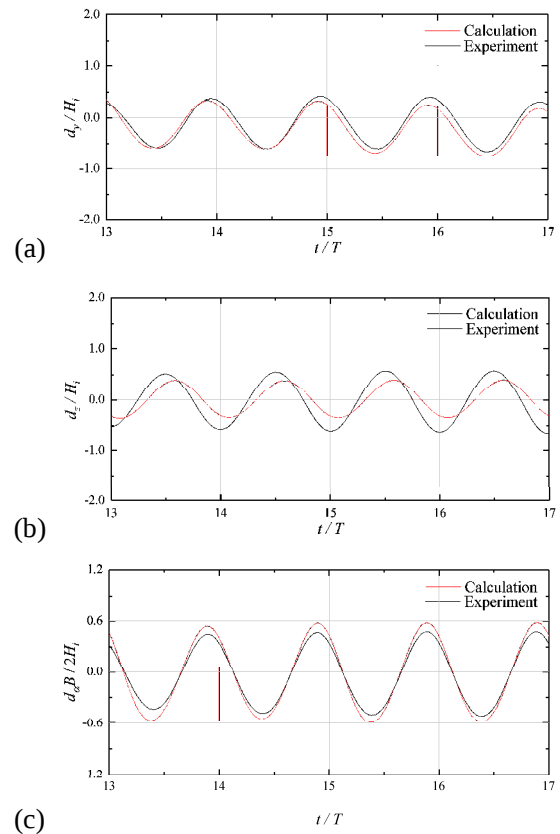


図-3 波除堤の重心位置 Sway, Heave, Roll の時間変化 ($B = 300$ mm, $T = 1.13$ s, $h_{in} = 0$ mm) :

(a) Sway d_y , (b) Heave d_z , (c) Roll d_α

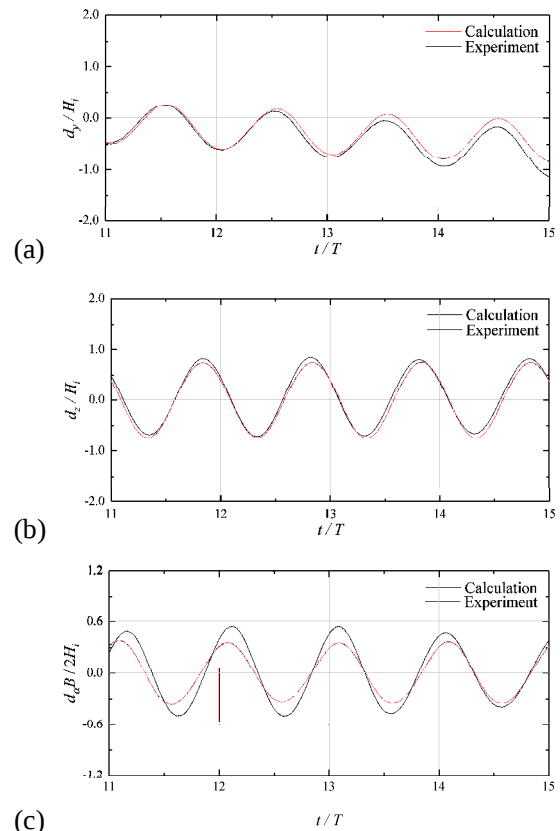


図-4 波除堤の重心位置 Sway, Heave, Roll の時間変化 ($B = 300$ mm, $T = 1.70$ s, $h_{in} = 0$ mm) :

(a) Sway d_y , (b) Heave d_z , (c) Roll d_α