

多相乱流数値モデルを用いた越波低減浮体パネルの動的挙動に関する数値シミュレーション

名古屋大学 学生会員 ○ 松野 哲弥 名古屋大学 正 会 員 川崎 浩司
 名古屋大学 HAN Dinh Ut 名古屋大学 学生会員 高須 吉敬
 名古屋大学 学生会員 舟橋 徹 西松建設 福本 正

1. はじめに

近年の越波対策では、既設護岸に越波対策工を付加するなど、護岸の新設を必要としない工法によって建設コストの削減が試みられている。また、天端高を抑えることで沿岸域の景観、親水性を損なわない護岸の提案もされている。川崎ら(2010)は、既設護岸の前面に浮体パネルを設置する越波対策工法を提案し、水理模型実験により、浮体パネルは、護岸前面の水面変動に追従し、既設護岸の天端高を嵩上げた場合と同等の越波低減効果を有することを示した。しかしながら、水理模型実験では、浮体パネルの作用波圧、その周辺の速度場など、移動物体の設計面で重要となる物理場を評価することは困難であり、数値計算を活用することは現象解明のみならず現地への展開に向けて大いに役立つといえる。

本研究では、川崎・袴田(2007)が開発した固相、気相、液相の複雑な相互作用を考慮した 3 次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D (Dynamic numerical model Of muLti-Phase flow with Hydrodynamic Interactions - 3 Dimension version) を用いて、直立護岸前面に取り付けられた越波低減浮体パネルの動的挙動に関する数値シミュレーションを行い、水理模型実験との比較から、護岸前面水位と浮体パネルの変動特性に対する DOLPHIN-3D の妥当性・有用性を検証することを目的としている。

2. 計算条件

本研究では、3 次元モデル DOLPHIN-3D を用いているが、水理模型実験ではほぼ鉛直 2 次元的な現象であることを確認しているため、 y 方向の計算格子数を 1 とすることで、2 次元的に数値計算を行った。計算領域を図-1 に示す。静水深は 0.425m であり、W1、W2 は水位変動の計測点である。 x 、 z 方向の計算領域はそれぞれ 28.5m、1.3m とした。開境界処理として、沖側に 9m の減衰領域を設定した。また、 x 、 z 方向の計算格子数をそれぞれ 850、115 とし、浮体パネル周辺の水理現象を高精度に解析するために、周辺の計算格子を 0.01m と細かく設定した。表-1 は、数値解析における浮体パネルの諸元である。水理模型実験では、フレームにより、浮体パネルの運動を鉛直方向のみに規定している。そのため、数値計算では、浮体パネルの z 方向の運動方程式だけを解くこととした。入射波条件に関しては、周期 T を 2.24s と固定し、波高 H を 0.04m、0.10m の 2 種類変化させた。

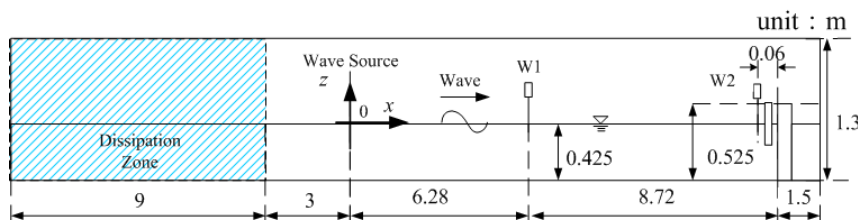


図-1 計算領域

表-1 浮体パネルの諸元

高さ	0.20m
厚さ	0.03m
奥行き	0.04m
喫水	0.10m
密度	500kg/m ³

3. 計算結果と考察

W2 における水面変動 η 、浮体パネルの挙動 z の時間的变化について、水理模型実験と数値解析の比較結果をそれぞれ図-2、図-3 に示す。ここで、入射波条件は波高 0.04m、周期 2.24s の場合である。また、実線は計算結果、○印は実験結果を示す。図-2 をみると、護岸からの反射波の影響により重複波が生じ、入射波高 0.04m に対して護岸前面波高が約 2 倍になっていることがわかる。また、計算結果は、水理模型実験における水面変動を精度よく再現しているといえる。図-3 より、水理模型実験と数値解析の両結果でピーク時に若干のず

れが生じているものの、本モデルは浮体パネルの上下運動を概ね良好に再現している。また、図-2、図-3 より、水面変動と浮体パネルの挙動を比較すると、浮体パネルは水面変動をよく追従していることが実験波形と計算波形の両方から認められる。

次に、浮体パネルが水面変動に追従することによる越波低減効果を確認するために、波高が大きい場合 ($H=0.10\text{m}$) の波浪条件において数値計算を行った。浮体パネルの動的挙動、速度場の時間的変化を図-4 に示す。(a)~(d)は浮体パネルが水面変動とともに上昇・下降するまでの様子である。数値計算では、多相流動場を解いているため、気液相のみならず、固気液相の相互作用が確認される。また、波高 0.04m の場合と同様、浮体パネルは水面変動をよく追従していることがわかる。図-4(b)をみると、浮体パネルが護岸天端高より高い水面を堰き止めている、つまり越波を防いでいることが明確である。また、紙面の制約上、本文中に示すことができないが、水理模型実験で撮影した浮体パネル周辺の様子と比較すると、計算結果は概ね実験結果を再現していることを確認している。しかし、図-4(b), (c)からわかるように、浮体パネルと護岸の隙間からわずかな越流が認められる。これは、川崎ら(2010)が実施した水理模型実験においても同様な様子が観察されており、浮体パネルの挙動に影響を与えないように隙間を塞ぐ必要があるといえる。

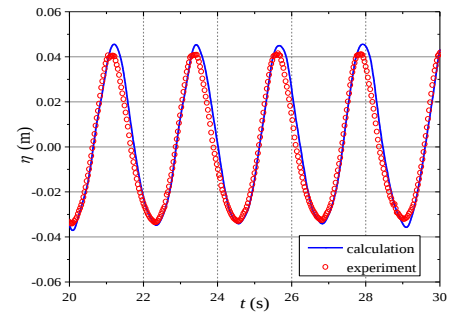


図-2 護岸前面の水面変動

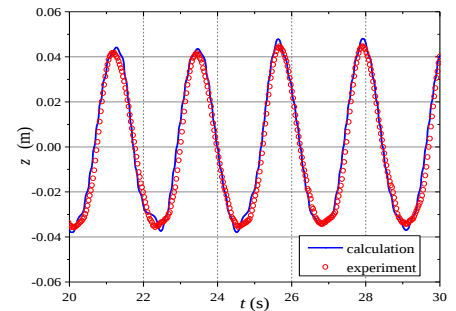


図-3 浮体パネルの上下運動

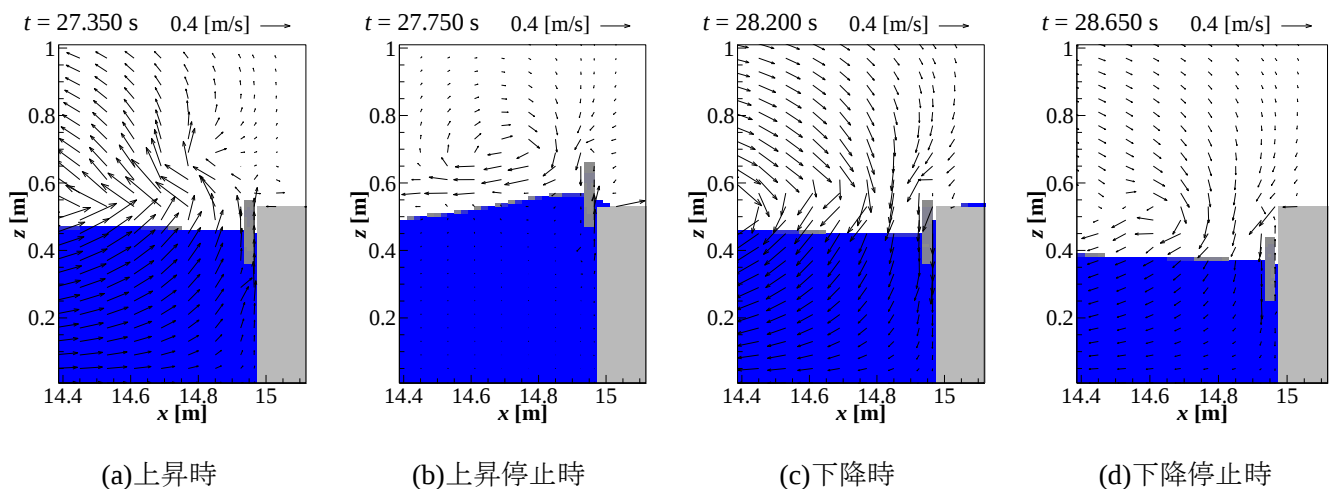


図-4 越波低減浮体パネルの動的挙動に関する計算結果

4. おわりに

本研究では、直立護岸に設置された浮体パネルの動的挙動に関する数値計算を行い、浮体パネルの越波低減効果を確認するとともに、水理模型実験と数値解析の比較から、本研究で用いた固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D の有用性を確認した。今後は、可動する浮体パネルの作用圧力特性、その周辺の流動場特性など、浮体パネルを有する越波低減護岸の諸特性をより詳細に検討していく予定である。

参考文献

- 川崎浩司・袴田充哉(2007)：3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D の開発と波作用下の漂流物の動的解析，海岸工学論文集，第54巻，pp.31-35。
- 川崎浩司・舟橋徹・福本正(2010)：浮体パネルによる越波低減護岸の有効性に関する実験的研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.66, No.1, pp.741-745。