

建築物に作用する津波のシミュレーション
その6 連立柱の津波荷重シミュレーション

正会員
正会員
正会員

○阪田 升 1* 正会員 壁谷沢寿一 2**
奥田 泰雄 2** 正会員 長井 大祐 1*
喜々津 仁密 3*** 正会員 政岡 沙央理 1*

津波 シミュレーション 波圧分布
抗力 波高 フルード数

1. はじめに

平成 23 年度国土交通省告示第 1318 号では、津波避難ビル等の構造設計における津波波圧は、津波の流速等を安全側に見込んだ上で、静水圧による算定を行うこととしている。また、津波避難ビル等が開口やピロティを有する場合については建築物前面の開口の程度に応じて津波の波圧を低減できることとしている。

建築物に作用する津波の流速や遮蔽物の影響、開口内部での波力の作用については、水理実験および数値シミュレーション¹⁾による研究が行われている。

本報告では、建築物の津波波力・波圧に及ぼす影響を定量的に調べるために先ず単立柱及び連立柱の抗力が柱間隔などによってどのように変化するか調査した。数値シミュレーションがどの程度再現性があるのか調査するとともに、水理実験との比較も行った。

2. 解析手法と解析条件

本報告では沿岸から陸上への遡上波をフル 3 次元で解き、浸水域と建築構造物に作用する津波力の評価を得ることを目的としている。シミュレーションに使用した技法は次の通りである。解析には e-flowDX²⁾ を用いた。

基礎方程式：NS 方程式、連続の式、VOF 移流方程式
空間の離散化：構造格子（不等間隔格子：最小格子間隔 0.5m）
時間の離散化：SMAC 法
移流項：ハイブリッド中心差分 乱流モデル：なし（DNS）
自由表面トラッキング：VOF 法+密度関数法
初期条件：浸水深・Fr（フルード）数を仮定し流速を設定
境界条件：流入側—規定流速，流出側—連続流出，
底面・構造物—Non Slip，側面・天空面—Free Slip

3. 単立柱シミュレーション

角柱に働く抗力の状態を評価するために単立柱のシミュレーションを行った。解析領域は、1 m 角の正方角柱を含む 40m×20m×10m（水深 3m）の空間とした。格子数は 430×120×103=5,314,800 メッシュであり、角柱周辺には十分密な格子を配置した。流入面での入射波の Fr 数は 0.7（流速 3.80m/s）、1.5（流速 8.13m/s）として Fr 数の影響を見ることを試みた。流出側は連続流出条件とした。

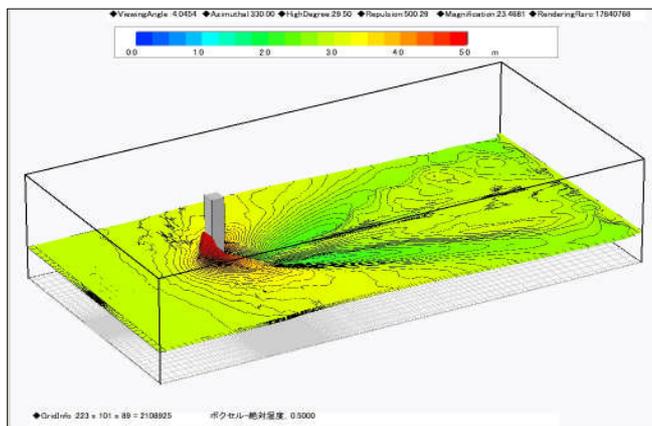


図 1 単立柱シミュレーション結果 波高 Fr1.5

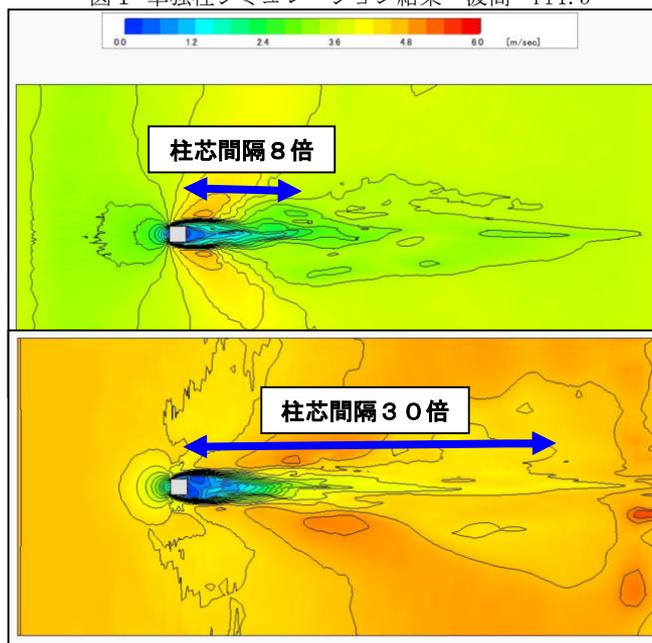


図 2 単立柱結果 鉛直方向平均流速分布 上：Fr0.7 下：Fr1.5

図 1 には、十分流れが発達した状態での波高（VOF）分布を示す。柱前方での堰上げや後方での水位低下が表現されており、算出した抗力は水理実験・抗力式と良く一致した。図 2 には Fr0.7 及び 1.5 での鉛直方向に平均した流速分布を示したが、柱後方の流速減衰領域が Fr 数 1.5 の場合の方がより大きくなっている。

4. 連立柱シミュレーション

2 本の柱の流れに対して縦列に立てた場合のそれぞれ

の抗力を試算し柱心距離や Fr 数の影響を検討した。Fr 数は 0.7、1.5 である。柱芯距離は 1.5m~18.0m, (Fr0.7, 1.5 両方) 20.0m~40.0m, (Fr1.5 のみ) まで変化させた。

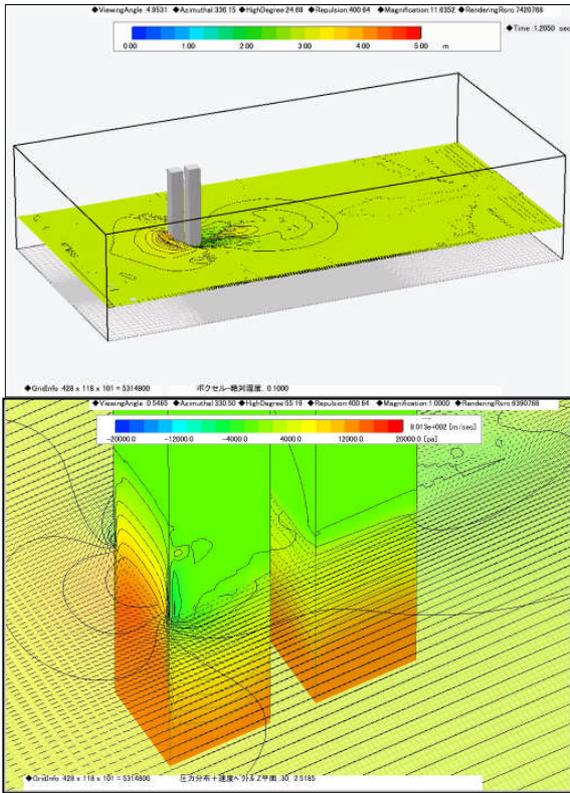


図3 縦列柱間隔 1.5m 結果 上：波高 (VOF) 下：表面圧力

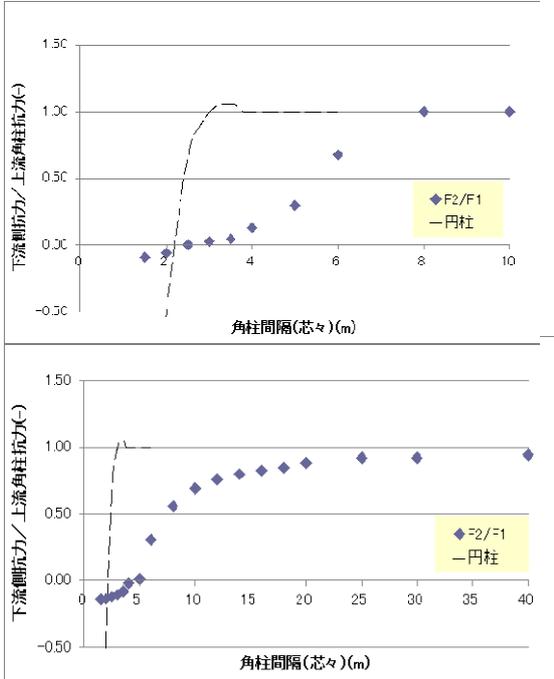


図4 縦列柱計算結果 前方柱抗力/後方柱抗力 上：Fr0.7 上：Fr1.5
図3は柱間隔 1.5m Fr0.7 の結果図であるが、前方柱が流れをさえぎるため後方柱の前方波圧及び抗力は低減する

様子が観察できる。自由表面が存在するものの、流れ場と圧力場の性状は空気中のものとよく似ている。図4は柱芯距離と抗力との関係を表して、前方柱による後方柱の抗力低減の影響が、Fr0.7では角柱幅の8倍まで、Fr1.5では同じく30倍までであることが分かった。参考値として空気中の縦列円柱の抗力の結果³⁾も破線で併記した。

5. 検証シミュレーション

1本柱, 4本柱, 9本柱の抗力を計算し、水理実験の結果と比較した。Fr 数は 0.56 と 1.79 である。

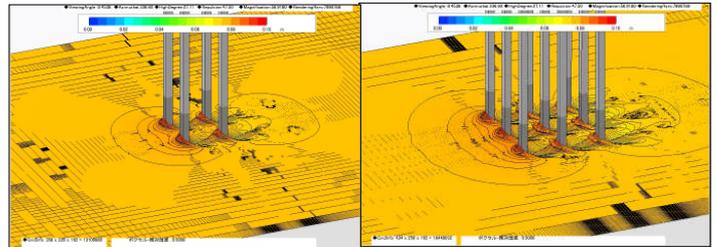


図5 波高 (VOF) 分布 左：4本柱 右：9本柱

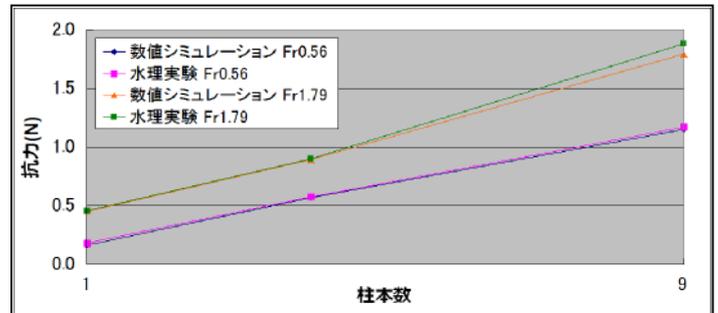


図6 数値シミュレーションと水理実験での抗力の比較

図5には4本柱・9本柱の波高の様子を、図6にはシミュレーションと水理実験の比較を示した。Fr 数によらず、抗力値は非常に良い一致を見た。なお、格子解像度の違いによる抗力算出誤差の有無を調べるために、500万メッシュと5000万メッシュでの抗力値の比較も試みたが、これも大きな違いはなかった。

5. まとめ

VOF 法津波荷重数値解析を単独柱・連立柱に適用し、異なる Fr 数での柱間隔の影響を明らかにした。また水理実験と比較を行い数値シミュレーションの精度を確認した。

<謝辞>

本研究は平成26年建築基準整備促進事業で行なわれた。水理実験データは鹿島技術研究所から提供を頂いた。記して謝意を表する。

<参考文献>

- 1) 例えば、奥田泰雄・阪田 升：日本建築学会大会学術講演梗概集 B-1, pp.195-196, 2007.8
- 2) <http://www.env-simulation.com/jp/service/1/e-service.php>
- 3) 岡内 功・伊藤 学・宮田利雄：耐風構造、丸善、pp.134

1* 株式会社環境シミュレーション
2** 国立研究開発法人建築研究所
3*** 国土交通省国土技術政策総合研究所

1*Environment Simulation Inc.
2**Building Research Institute
3***National Institute for Land and Infrastructure Management