

第 部門

3D-MPS 法による浮体群を含む流れと構造物の衝突過程の数値解析

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○奥 謙介
 京都大学大学院工学研究科 正会員 後藤 仁志
 京都大学大学院工学研究科 学生会員 五十里 洋行
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 酒井 哲郎

1. 研究の概要 津波が市街地に到達した際には、大量の漂流物を含んで構造物と衝突し、甚大な被害を生じさせているとの報告がなされている。このような複雑な現象に対して、粒子法の一つである MPS 法¹⁾を用いてシミュレーションを実施し、漂流物を含む水塊と構造物の衝突による流体力の評価を行う。

2. MPS 法の概要 MPS 法とは粒子法の一つであり、自由表面流解析手法である。空間の離散化については連続体を有限個の粒子で表すことで定義する。粒子は流体とともに移動させ、Lagrange 的に扱う。連続体の離散的な計算を粒子間相互作用モデルを通じて行う。漂流物に関しては 3 次元剛体連結モデル²⁾を用いる。これは漂流物構成粒子を一旦水粒子と区別なく運動の計算を行い、その後、漂流物構成粒子の相対位置が変化することのないように座標の修正計算をするものである。角柱に作用する流体応力として圧力のみを考え、それを表面積分して流体力を算出する。

3. 浮体群を含む津波遡上の数値シミュレーション

3.1 概要 あらかじめ流路底に剛体を配置し、そこに流入境界から水を供給し、遡上させる。剛体を漂流物として含んだ状態で水塊を角柱に衝突させ、角柱に働く流体力を測定する。漂流物を含まない場合とも比較し、漂流物の影響の有無を調査する。本研究では、角柱は非水没状態になるように高さを設定している。また計算領域の奥行き方向を周期境界とした。これは、津波が構造物の連続して並んでいる市街地に遡上してきた状況を想定している。

3.2 計算条件 図-1 に初期配列を示す。模型縮尺は 1/50 である。奥行き方向は周期境界とした。単位幅流入流量は $0.036(\text{m}^2/\text{s})$ で、これは現地調査のビデオ解析によって算出された津波の遡上速度($u=5.2\text{m/s}$)³⁾から、フルードの相似則を用いて、算出したモデル速度に対応するように設定した。また、浮体群となる剛体を 2 種類用意した。それぞれ流木と自動車をモデル化したもので、比重はそれぞれ 0.5, 1.0 とした。

3.3 計算結果 浮体群を含むケースと含まないケースの、衝突時のスナップショットを図-2, 図-3 に示す。周期境界である奥行き方向は、計算領域幅を B として、主流方向・高さ方向は角柱幅を D として無次元化している。浮体群を含む場合、角柱との衝突時における角柱前面水深が、含まない場合に比べて大きくなっているのが分かる。次に、図-4 に、角柱に働く流体力を時系列で示す。ここで、各値は 0.05 秒間の時間平均値を示す。浮体群を含むケースでは $t=1.6\text{ s}$ から $t=2.3\text{ s}$ 付近で角柱に働く流体力が、浮体群のない場合に比べて大きな値を示している。これは、剛体が角柱に衝突した時刻と一致する。さらに、特に大きなピーク値を示す $t=1.9\text{ s}$, $t=2.0\text{ s}$, $t=2.2\text{ s}$ 付近では、スナップショットから判断して、密度の大きい剛体が衝突した時刻と一致することがわかる。

4. 結論 本研究では、剛体連結モデルを用いた MPS 法を使って、角柱表面に働く流体力評価を行った。計算結果として、浮体群の有無によって衝突時の水深の違いが見られた。浮体群を含むことで、流体力のピークが出現したことから、このような場合、瞬間的にかなり大きな衝撃圧が生じていることがわかる。今回のシ

ミュレーションは簡単なモデル計算であったが、より実現象に近い浮体群の総個数・分類数による調査も必要となる。また、前に述べたように、角柱前面では衝突により限界水深よりも水深が上がり水面形が大きく歪むので、角柱前面・背面のかなり近い位置での水深からの静水圧評価の方法にも課題が残る、今後、よりの確な評価方法を検討する必要がある。

5. 参考文献

- 1) Koshizuka, S., Tamako, H. and Oka, Y.: A particle method for incompressible viscous flow with fluid fragmentation, *Comp Fluid Dyn J.*, Vol.4, No.1, pp.29-46, 1995.
- 2) 後藤仁志・酒井哲郎・林 稔: 粒子法による流木群堰止め過程の Lagrange 解析, *水工学論文集*, 第 45 巻, pp919-924, 2001.
- 3) 松富英夫・榊山勉・Sindhu Nugroho・都司嘉宣・谷岡勇市郎・西村裕一・鎌滝孝信・村上嘉謙・松山昌史・栗塚一範: Banda Aceh と周辺における 2004 年インド洋津波と被害想定から見た課題, *海岸工学論文集*, 第 52 巻, pp1366-1370, 2005.

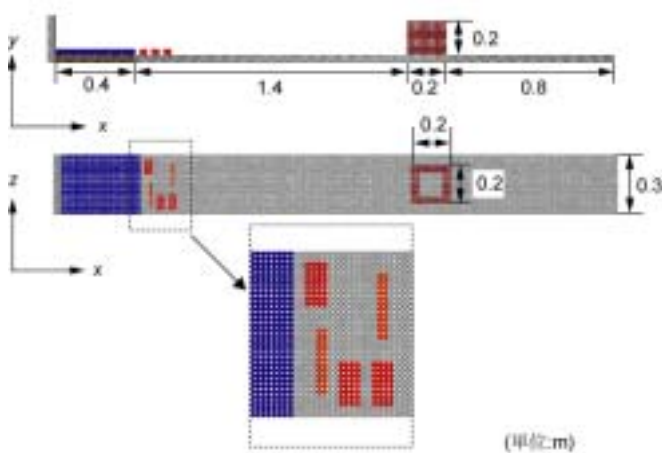


図-1 初期配列

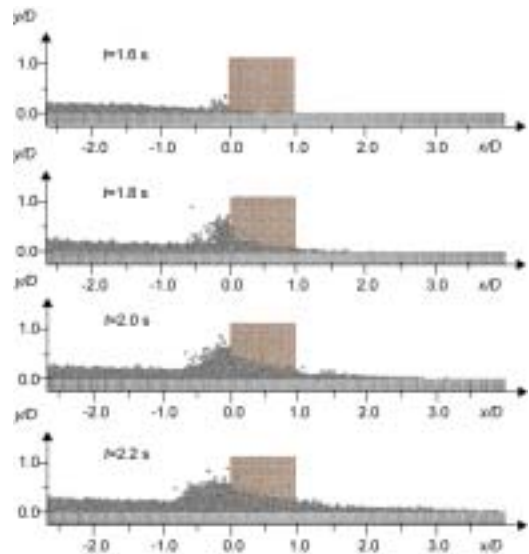


図-2 漂流物を含まない場合（立面図）

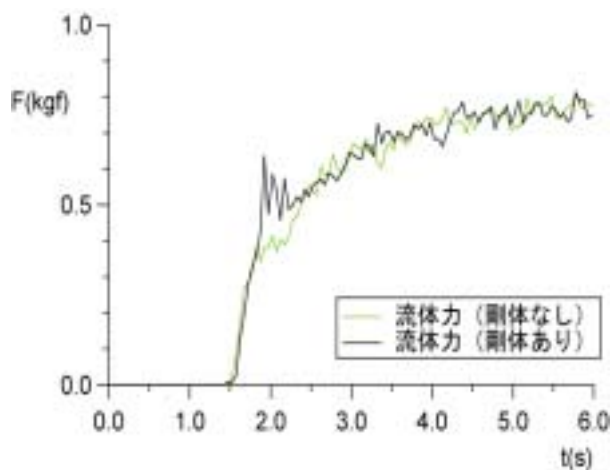


図-4 流体力の比較

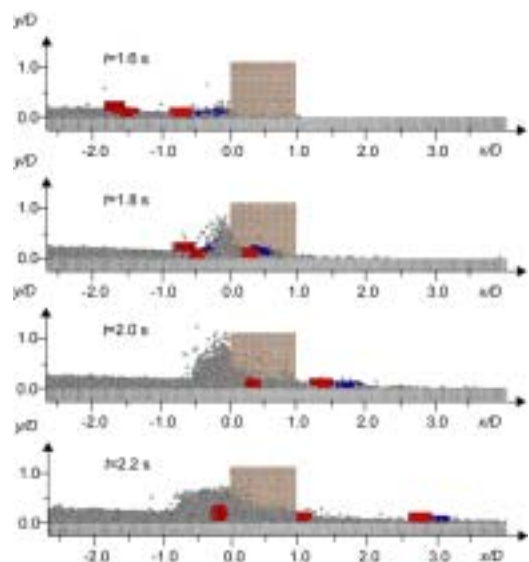


図-3 漂流物を含む場合（立面図）