

浮遊停止柵に関する津波襲来時の漂流物シミュレーション

Deburi Behavior Simulation as to Flotation Stop barrier when Tsunami Raid

- 阪田 升, (株)環境シミュレーション, 東京都千代田区岩本町 3-4-6, m_sakata@env-simulation.com
 高畠 秀雄, 金沢工業大学, 石川県白山市八束穂 3-1, hideo@neptune.kanazawa-it.ac.jp
 有田 守, 金沢工業大学, 石川県白山市八束穂 3-1, arita@neptune.kanazawa-it.ac.jp
 政岡沙央理, (株)環境シミュレーション, 東京都千代田区岩本町 3-4-6, s_masaoka@env-simulation.com
 Minoru SAKATA, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN
 Hideo Takabatake, Kanazawa Institute of Technology., 3-1 Yatsukaho, Hakusan City, Ishikawa, JAPAN
 Momoru Arita, Kanazawa Institute of Technology., 3-1 Yatsukaho, Hakusan City, Ishikawa, JAPAN
 Saori MASAOKA, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN

Against Tsunami Disaster, Floating Debris Stopping Technique are Discussed. By Achieving VOF Tsunami Simulation Coupled Moving Structure, Possibility as to Motion Stopping of Debris for Example Ships. Stopping Cables are Located in Bay have Effectiveness for Stopping Flotation of The Ships,

1 はじめに

東日本大震災では津波火災が発生し被災地が地震プラス津波に加えて火災で壊滅的な被害を発生した。津波により、船舶、石油タンク、工作物、住宅が押波で流れ、それらの津波瓦礫が引波で湾周辺に集まり、それに火がつくと火災が発生し、続々と延焼して大火災となり、海上から陸地へと火災が広がり大きな被害となった。津波火災を発生させないためには津波瓦礫が集まらない様に分散することが重要である。浮遊物による津波被害の防止対策として、あらかじめ港湾内にワイヤーまたはケーブル（浮遊停止柵）を沈めておき、津波の襲来時にこれを巻き上げて海面上に露出させて、船舶など漂流物の陸地への遡上を未然に停止する技術を検討中である。実現可能性や各港湾への施設設置条件の検討のため、津波による湾内の船舶の移流状況を三次元VOF数値シミュレーションで解析した。

2. 解析方法

移動物体解析手法には Super Cartesian 法^{1,2)} と呼ぶ手法を用いているが、これは構造格子での Euler 系技法の一種である。ここで用いた CFD 解析手法のあらましは次のようである²⁾。

基礎方程式：NS 方程式, 連続の式
 空間の離散化：不等間格子 (最小格子間隔 0.25m)
 時間の離散化：SMAC 法 移流項：Hybrid 中心差分
 乱流モデル：直接シミュレーション (DNS)
 初期条件：流速ゼロ 駆動条件：移動物体フリーモーション

3. 浮遊停止柵

津波により流された工作物等を途中で止めることが必要である。車両等が津波に遭遇すると、津波の進入路である道路を流れて、それが引波となると残留物として道路に置き去りになる。すべての漂流可能な物が道路障害となり救援、支援の最大の妨げになる。

津波により破壊された津波瓦礫をせき止めることが出来れば津波火災や津波被害は無くなるが、流される瓦礫をせき止めるには、せき止めに用いる構造物を配慮する必要があるが、それは大きな設置面積を要し経費もかかり、津波が来ない日常生活では支障となる。

これを解決する方法として、ワイヤー（停止柵）を海底に沈めておき、津波発生等の有事の際にワイヤーを引き上げ海面上に張った状態で配置し、津波瓦礫を分散してせき止める方法が考えられる (Fig. 1, 2 参照)。

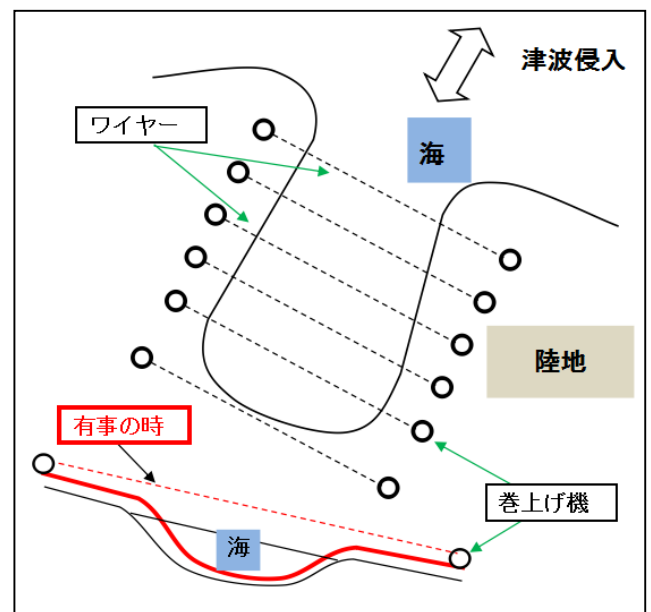


Fig.1 C-scope presentation of Stopping Wire for Tsunami Debris

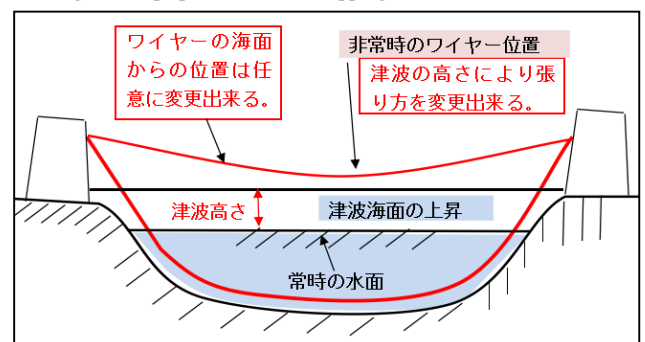


Fig.1 Key Map of Hoisting Stopping Wire for Tsunami Debris

4. 津波襲来時の停止柵シミュレーション

解析対象として図-3のような小規模な港湾を想定しCADデータをもとに格子を作成した。解析規模は 1350m x 1750m x 500m で格子数 11954592 グリッドである (Fig. 3)

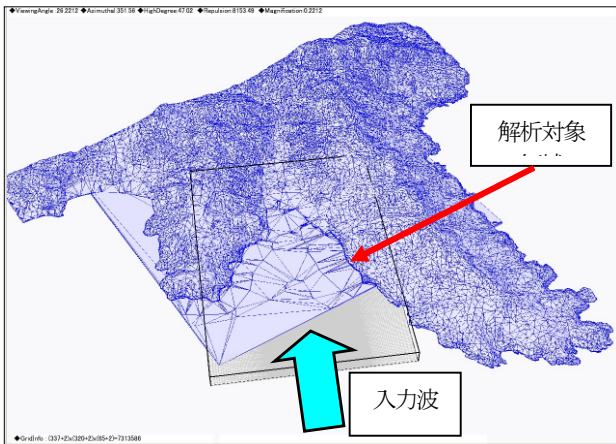


Fig.3 Analysis Area for 3D Tsunami VOF Simulation

数値解析にはVOF法による3次元シミュレーション技法を用い¹⁾、入力波は波高8mでFr数1.5とした。

Fig.4に示すように、単純な押し波津波シミュレーションを実施すると、湾内の津波段波の進行により停泊する船舶群の浮遊物化とそれらの陸地への遡上が容易に想定出来る。これらから何らかの浮遊物防止対策が必要である事が分かる。

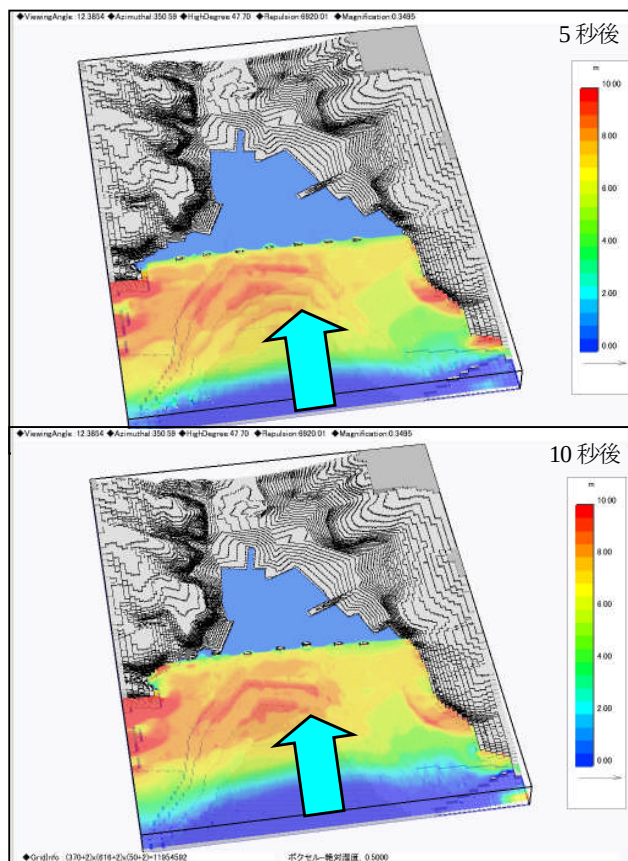


Fig.4 Analysis Area for 3D Tsunami VOF Simulation

Fig.5に示す船舶CADモデルを湾内の所定の位置に配置し、津波段波を設定した。船舶には横力と浮力が働くが、浮力は喫水線より下部の船体が排除した水の体積分の重量を浮力として考慮した。船舶の挙動により船に掛かる力は変化するが、これらを重心に受けて船舶の運動量は非定常で変化し更に周囲の流況変化を促す。

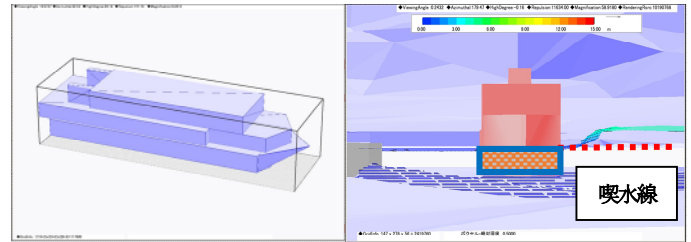


Fig.5. Representation of Ship CAD Data and Floating Mechanism

Fig.6には、船舶を湾内幅いっぱい複数配置した場合の、津波波力による流体-構造連成シミュレーション²⁾の結果を示す。船は印加される力により自由に浮遊する。湾内に位置した船舶群は押し波により更に湾内奥に浮遊するが、停止柵を設けた場合には、柵の位置で浮遊が停止していることが分かる (Fig.6,7)。

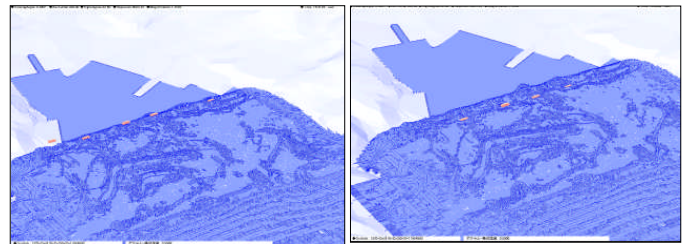


Fig.6.Surface Situation of Sea Left:Without Wire, Right:With Wire

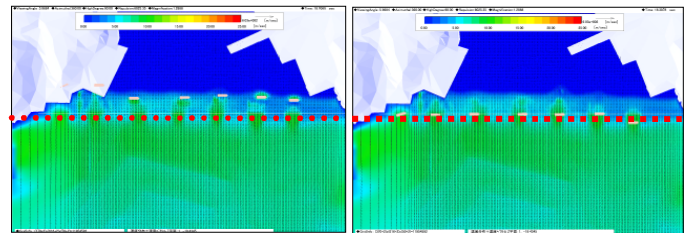


Fig.7 Plane Velocity Distribution Left:Without Wire, Right:With Wire

更に自由落下条件で引き波時の船舶浮遊を扱った。船舶群は徐々に加速し湾内を浮遊する様子が分かる (Fig.8)。

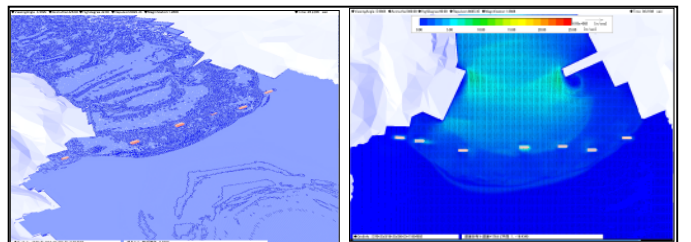


Fig.8 Results for Undertow Left:Surface of Sea, Right:Velocity

5. まとめ

津波漂流物の被害系軽減対策として停止柵での船舶等の浮遊停止技術を検討している。基本的な停止条件を今後シミュレーションや実験で検討し更に実用化検討を実施すると共に計算技法のブラッシュアップを進めたい。

参考文献

1. 奥田泰雄・阪田 升: 建築物に作用する津波のシミュレーション、日本建築学会大会学術講演梗概集 B-1, pp. 195-196, 2007. 8
2. 阪田 升・永吉一朗・長井大介: 熱・濃度の移流拡散を伴う移動物体周辺のCFD、日本流体力学学会数値流体力学シンポジウム 講演番号 211, 2015. 12