

## 漂流物を考慮した津波解析

八戸工業大学 上野 礼慈  
 八戸工業大学 橋本 憲二  
 八戸工業大学 小笠原 亮介  
 八戸工業大学 高瀬 慎介  
 八戸工業大学 竹内 貴弘  
 八戸工業大学 金子 賢治

### 1. はじめに

流氷や沿岸結氷含む氷海域において、最大の海水を伴った津波は、通常の津波よりも被害を拡大し、国民の生命・財産に甚大な損害を与える可能性がある。東北地方太平洋沖地震で発生した津波でも、当時残されていた僅かな海氷の遡上や、河川水のアイスジャム発生による水位上昇や水門への衝突等、津波による何らかの氷のレスポンスが確認された。



図-1 アイスジャム

凍っていた川の表面は気温の上昇や雨によって融け、下流に流れ出す。そうした

<http://penobscotpaddles.blogspot.com/2014/01/breaking-up-ice-jam.html>

流氷が何らかの理由で詰まり、川の水をせき止めてしまう現象をアイスジャムという。これは蛇行している場所や流れの遅い場所で起こりやすい。氷詰まりは川の流れを大幅に減らし、上流で洪水を引き起こす可能性がある。これは流氷だけではなく、瓦礫などの漂流物でも考えられる。

ゆえに、海水を伴った津波の市街地氾濫等に関する検討が急務であると考えられる。しかし、実験回数が多いものや、検討パターンが多い実験は時間的にもコスト的にも困難である。そこで本研究では、八戸工業大学で実験を行い、そのデータをもとに津波解析を行う。約 100 回のサンプルから 2~3 ケースを選択し、解析結果を実験結果と同様に出るように細かい調整を繰り返す。そのようにして数値シミュレーションによる解析手法の提案を目的とする。

### 2. 解析手法の検討

数値解析手法は、安定化有限被覆法を用いた構造流体連成解析手法<sup>1)</sup>を用いて計算している。本手法は、個別要素法により各時刻におけるそれぞれの漂流物の運動を逐次追跡して解析を行い、その位置等の情報を有限被覆法により流体計算に反映させ、連成解析を行っている。

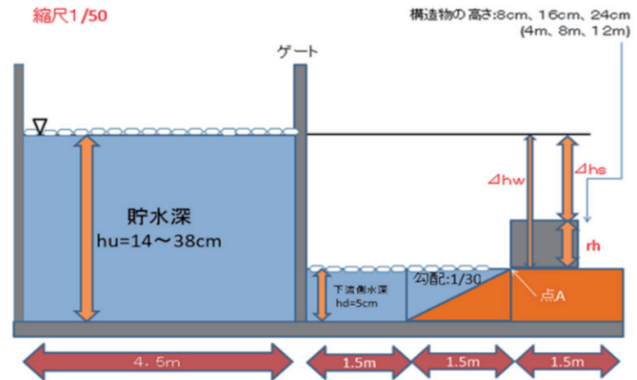
### 3. 実験概要

竹内貴弘教授ら<sup>2)</sup>の論文を参考に数値解析を行う。

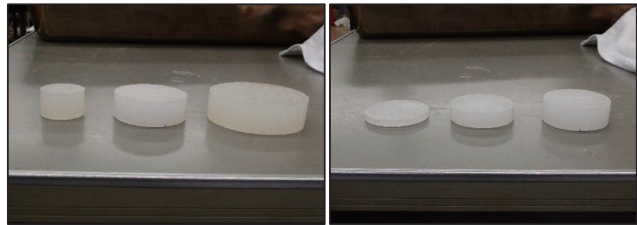
水路の寸法は長さ 9m, 幅 0.4m である。水路の右端には反射波をなくすためそのまま水が流れ落ちるようになっている。0m から 4.5m エリアで水を貯め、6 から 7.5m エリアに 1/30 の勾配があり、長さ 1.5m で 5cm 上に上がる。その勾配の先に構造物を配置する。長さ 4.5m の水を貯めた

部分と、ゲートを挟んだ勾配のある水を貯めた長さ 3m の部分の上に漂流物を配置する。

実験の条件は、貯水深は 14cm から 38cm, 構造物の高さは、8cm・16cm・24cm の 3 種類、漂流物のサイズの種類は厚さ 2cm で直径 3cm, 5cm, 7cm の 3 種類と、直径 5cm で厚さ 0.5cm, 1cm, 2cm の 3 種類の計 6 種類である。これらの条件で約 100 ケース行う。実験はゲートを開放して波を発生させ、2, 3 度波が押し寄せたら終了とする。



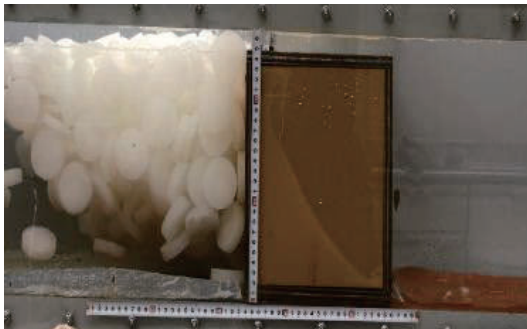
図一2 実験装置



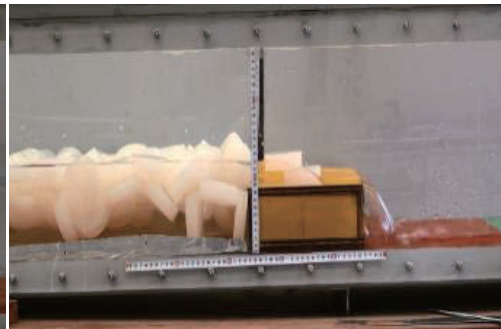
図一3 漂流物のサイズ

### 3. 実験結果

100 ケースの実験結果を 3 種類のパターンに分類した。1 つ目は漂流物が構造物に堰き止められるパターン A, 2 つ目は構造物にいくつか漂流物が乗り上げるパターン B, 3 つ目は構造物を超えて漂流物が流れていくパターン C である。それらの 3 種類に分類したものを図一4~7 に示す。



図一4 パターンA



図一5 パターンB



図-6 パターン C



図-7 パターン C

#### 4. 再現解析

分類した約 100 ケースある実験回数の中で 3 ケースほど再現解析を行う予定だがまず、貯水深 28cm、構造物 8cm、漂流物の寸法は直径 7cm、厚さ 2cm のケースの再現解析を行う。このケースは構造物を超えて漂流物が流れていくパターン C である。

まずは水路のジオメトリを作成する。水路の右端には流れてきた水を貯めるための箱がついている。作成した水路を X-Z 平面で表示させたものが図-8 である。赤い枠線で囲われた部分のように勾配が 1/30 となっていて長さ 1.5m で 5cm 上に上がっていて、その先に構造物の高さの分盛り上がっている。メッシュを切るときにその部分によって要素の大きさを換えやすくするために水路を分割している。

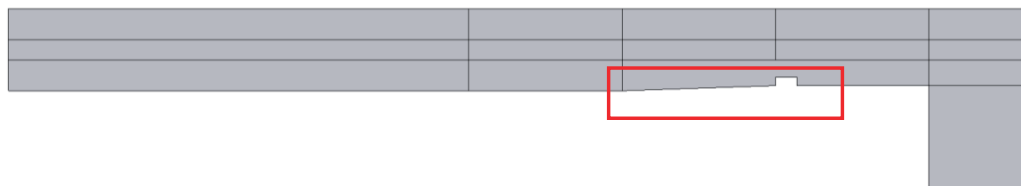


図-8 水路のジオメトリ (X-Z 平面)

次に作成した水路のジオメトリのメッシュを作成する。水路の全体が 5cm のメッシュで、流れる水が通るであろう部分は 1cm のメッシュになっている。今回の再現するパターンはこのメッシュ構成になっているが、再現するパターンによって 1cm のメッシュと 5cm のメッシュの割合を変更しながら再現解析を行う。

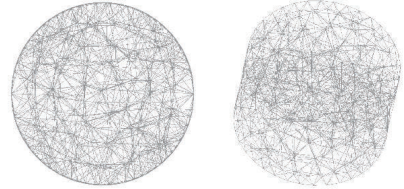
設定したメッシュを可視化させて X-Z 平面で表示させたものが図-9 である。このように可視化させてメッシュが整って作成できているかを確認し、訂正すべき箇所を把握して修正する作業を繰り返し行う。再現する 1 つ目のケースの水路のメッシュは、四面体要素が約 1420 万個になった。



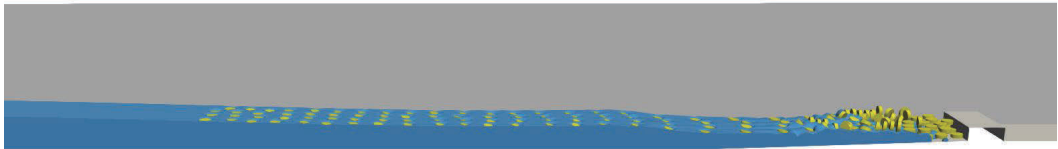
図一〇 水路の可視化したメッシュ

漂流物のジオメトリの寸法は、直径 7cm、厚さ 2cm の円柱である。漂流物のジオメトリの要素の大きさは水路と違ってすべて同じ大きさで、0.5cm である。四面体要素の数は 190 個になった。

解析結果として、図一〇に、漂流物が構造物に到達する直前の結果を示す。図に示すように安定に構造流体連成解析が行われていることがわかる。



図一〇 漂流物のジオメトリ



図一〇 構造物衝突前

## 5. 終わりに

約 100 回行った実験の結果を 3 つのタイプに分類した。それぞれ、漂流物が構造物に堰き止められるパターン A、構造物にいくつか漂流物が乗り上げるパターン B、構造物を超えて漂流物が流れていくパターン C である。漂流物が小さく厚さが薄いほど構造物に乗り上げやすいことがわかった。再現解析は、漂流物を考慮した構造流体連成解析が安定に解析が行われていることを示した。

今後の予定として、それぞれのパターン別に再現解析を行い、漂流物の遡上現象の詳細について調べる予定である。

## 6. 参考文献

- 1) 高瀬慎介, 森口周二, 寺田賢二郎, 小山直輝, 金子賢治, 車谷麻緒, 加藤準治, 京谷孝史: 構造物の破壊を考慮した有限被覆法に基づく構造流体連成解析, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.71, No.2, p.I\_203-I\_212, 2015
- 2) 木岡信治, 森昌也, 遠藤強, 竹内貴弘, 渡部靖憲: 海水群を伴った市街地への津波遡上特性に関する検討, 土木学会論文集 B2(海洋工学), Vol.70, No.2, 2014, I\_821-I\_825