

津波 シミュレーション  
建築物 VOF 法  
波圧分布

### 1. はじめに

筆者らは建築物を対象として津波のシミュレーションを実施してきた<sup>1,2)</sup>。建築物は土木構造物とはことなり開口部をもつため、建築物全体に作用する津波荷重は前面の開口面積比に応じて線形的に低減されるが、それに限界値があることを示した<sup>2)</sup>。

朝倉ら<sup>3)</sup>は、水槽実験によって土木構造物に作用する津波荷重をソリトン分裂時と非分裂時に評価し、ソリトン非分裂時には構造物前面での津波圧分布は静水圧分布を示し、浸水深の3倍の高さの静水圧で最大波圧を評価できることを示した。また、ソリトン分裂時には、浸水深は1.35倍であるが静水圧分布の4倍の勾配をもつ圧力が作用することも示した。

そこで本報では、建築物に作用する津波の数値シミュレーションを実施し、建築物前面の津波圧分布に注目しその性状について調べた。

### 2. 解析手法と解析条件

本報は前報<sup>1,2)</sup>とほぼ同じ条件での手法 VOF 法による気液二相流れの解析であり、解析手法と解析条件は以下のとおりである。ただし、前報<sup>1,2)</sup>では海底は1/10の勾配を付けていたが、設定した浸水深と建築物前面での津波圧との関係を明確にするため、本報では図1に示すように海底はフラットとし、波長が無限長の津波を想定した。

解析領域：幅160m×長さ400m×高さ60m  
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  
自由表面トラッキング：VOF法  
初期条件：フルード数を1.5、対象建築物の手前80mの位置で波高1m, 2m, 4m, 6m, 8mの津波（速度はそれぞれ、4.7, 6.6, 9.4, 11.5, 13.3m/s）  
境界条件：沖合側・内陸側－速度既定条件、海底・地表面－Non Slip、側面・天空面－Free Slip

対象建築物は前報と同じく3階建ての校舎で、幅約50m、奥行き約10m、高さ約12mであるが、建築物前面での津波圧分布性状に注目するので、開口部は設けていない。フルード数 ( $=u/\sqrt{g \cdot \eta}$ )、 $u$ ：津波速度 (m/s)、 $g$ ：重力加速度、 $\eta$ ：浸水深 (m)) は1.5とした。

### 3. 解析結果

図2は浸水深2mの場合の津波の遡上の状況である。津波は建築物前面に正対する方向から当たった。

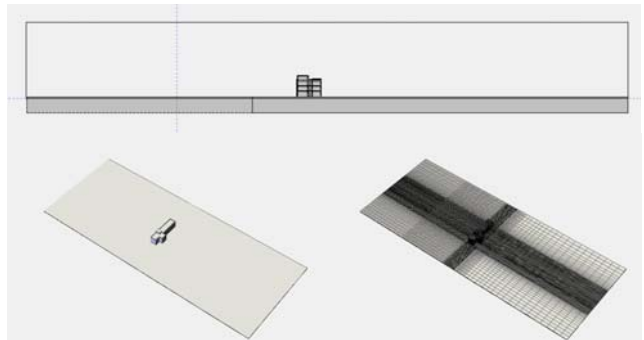


図1 解析領域

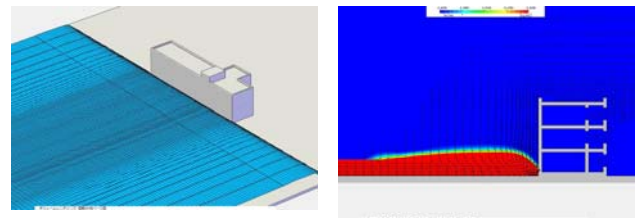


図2 シミュレーション例（浸水深2m）

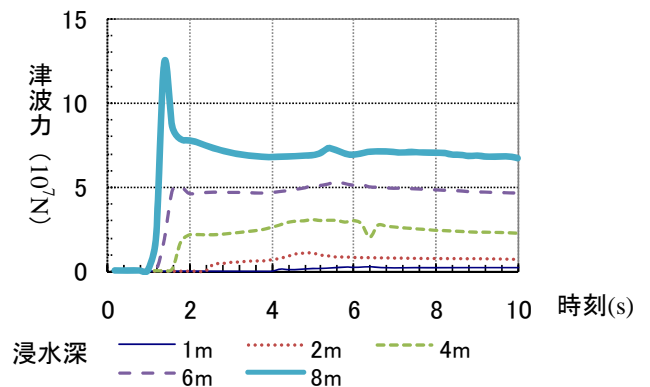


図3 建築物全体に作用する津波力の時系列

図3は各浸水深の場合の建築物全体に作用する津波力の時系列である。浸水深が8m・6mの場合、1~2秒で衝撃的な津波力が作用しているが、その継続時間は短い。現実の津波は有限波長であるので、津波力はある時刻でピークを示した後減少するものと考えられるのであるが、本シミュレーションでは無限波長の津波を想定しているので、その後ほぼ一定レベルで津波力が維持されている。

図4は、浸水深2mの場合での建築物前面に作用する津波圧力の時系列である。圧力点は、建築物前面の中央に、

高さ 1.5m、から 12.5m まで 1m ピッチで設けた。時刻が 2.5 秒前後で衝撃的な圧力が高さ 1.5m の圧力点で発生し、それよりも上方の圧力点ではまだ津波による圧力は発生していない。このとき津波の先端が建築物に達していると考えられる。浸水深が 2m の場合は、この衝撃的な圧力は地面付近の圧力点にのみ作用しているため、建築物全体の津波力としては小さいことが図 3 より確認できる。その後、高さ 1.5m の圧力点での圧力は一旦減少するのに対し、上方の圧力点での圧力が上昇する。4~6 秒では圧力に小振幅の波動が乗っているが、ほぼ一定レベルの圧力を維持している。

図 5 は図 6 の各時刻での建築物前面での津波の圧力分布である。4 秒以降ではほぼ静水圧分布 (1:1) を示していることが分かった。一方、2.5~3 秒前後では、津波の圧力は 2~4m の高さに作用しているが、その圧力分布の勾配は非常に急であり、ほぼ 1:4 程度の勾配をもっている。朝倉らの実験では、ソリトン分裂した津波の圧力分布がほぼ 1:4 の勾配になることを示しているが、このシミュレーションでの解像度では津波の先端が分裂しているかどうか確認できなかった。

図 6 は、各浸水深で静水圧分布を示す結果を無次元化して示した。縦軸は  $Z/\eta$  で、 $Z$ : 圧力点の高さ(m)、 $\eta$ : 浸水深(m)、横軸は  $P/\rho g \eta$  で、 $P$ : 津波圧力、 $\rho$ : 水の密度、 $g$ : 重力加速度、である。浸水深が 1m と 2m では、浸水深の 3~4 倍程度の静水圧分布であるが、浸水深が 4m、6m、8m では浸水深のほぼ 3 程度の静水圧分布であることが分かった。朝倉らは実験により、「ソリトン非分裂時の津波の最大圧力分布は浸水深の 3 倍の静水圧分布である」ことを示しているが、このシミュレーション結果でもほぼ同様の性状であることが確認された。

#### 4. まとめ

開口部をもたない建築物の前面の津波圧分布に注目しその性状について調べた。津波圧分布が静水圧分布を示す場合は、浸水深のほぼ 3 倍の高さの静水圧分布になることを確認した。今後は、津波圧分布とフルード数との関係等について明らかにする必要がある。

#### 参考文献

1. 奥田泰雄・阪田 升ら：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. 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 その2 開口部の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集 B-1、pp.77-78、2008.9
3. 朝倉良介ら：海岸工学論文集、第 47 巻、pp.911-915、2000

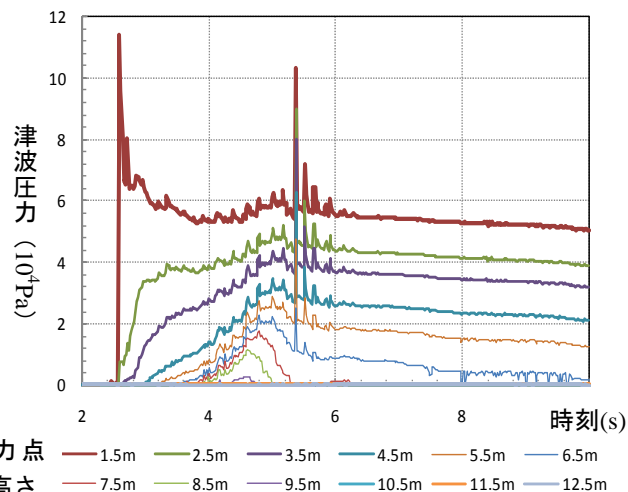


図 4 建築物前面での津波圧の時系列 (浸水深 2m)

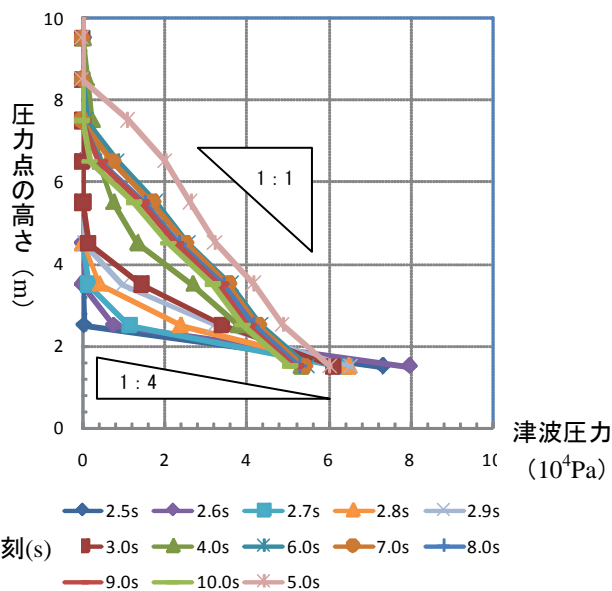


図 5 建築物前面での津波圧力分布 (浸水深 2m)

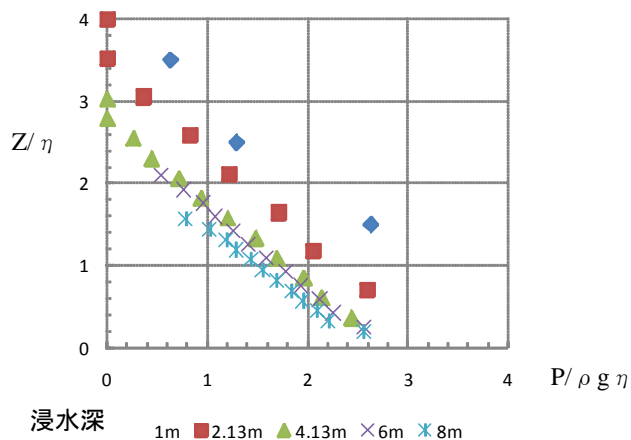


図 6 建築物前面での無次元津波圧力分布