

### 津波の遡上における陸上構造物の影響に関する一考察

大成建設（株）技術センター 正会員 ○織田 幸伸  
 大成建設（株）技術センター 正会員 高山 百合子  
 大成建設（株）技術センター 正会員 羽角 華奈子

#### 1. 目的

津波来襲時の避難経路の確保や避難ビルの設置など、避難計画を策定する上で、津波の遡上特性を把握することが重要となる。津波の遡上は、非線形長波方程式により解析され、陸上構造物の影響は土地利用に対応した底面粗度により考慮されることが一般的である<sup>1)</sup>。この粗度による解析手法の妥当性は、これまで小規模な水理実験により検証されている。本研究では、建築物が密集している場合の遡上特性を対象に、大規模な水理実験を実施し、粗度による解析を含む各種の数値解析との比較により、その特性について検証した。

#### 2. 対象構造物と水理実験

本稿では矩形の建物が平面的に密に配置された場合の津波遡上を対象とする。図-1~3に、水槽および建物模型の諸元と、対象とした津波の波形を示す。模型縮尺は1/30程度を想定した。津波の造波には、チャンバー式の造波装置を用いた。この装置は、複数の空気供給バルブを用いることにより津波波形を変更可能としたものである<sup>2)</sup>。ここでは、図-2に示す津波の先端部（立ち上がり時）の勾配（前傾化）を変化させた、4種類の津波波形を対象とした。図-2は、陸域を設置していない場合の、造波装置より10m地点の通過波の波形を示している。case1は段波、case2,3は分裂波、case4は非分裂波であり、case2は護岸で碎波しながら陸域に遡上する。それぞれ先端部の波形は異なるが、先端部を除いた津波の高さ（図-2で2s以降）は、ほぼ同規模の津波高となっている。

#### 3. 水理実験結果

水理実験の結果を図-4に示す。図中の白線は遡上の先端を示しており、時間は津波が護岸を超えた瞬間からの経過時間を示している。case2と3は同等の結果であったため、case2のみ示した。遡上域の拡がり、case2, 1, 4の順に速く、波形の先端部の津波高（図-2）に対応しており、波形（段波や分裂波）の影響は小さいと考えられる。また、いずれのケースでも、建物背面のドライ領域がある程度の時間残っており、構造物背後への回り込みが遡上初期では十分発達していない。これは、遡上の初期の段階では水面勾配よりも運動量の移流が支配的であるためと考えられる。4s後の結果を見ると、遡上の到達域を除けば遡上の状況は全てのケースでほぼ等しい。本稿では浸水深の計測を実施していないが、図-2から4s後の護岸での浸水深は同程度であると考えられるため、津波先端部の波形は、その後の遡上には影響していないことが分かる。

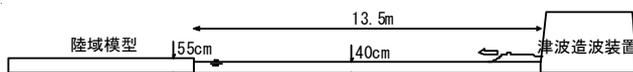


図-1 水槽配置

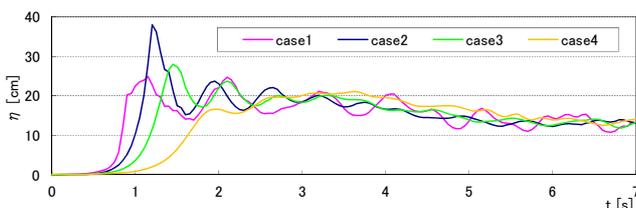


図-2 入射波形

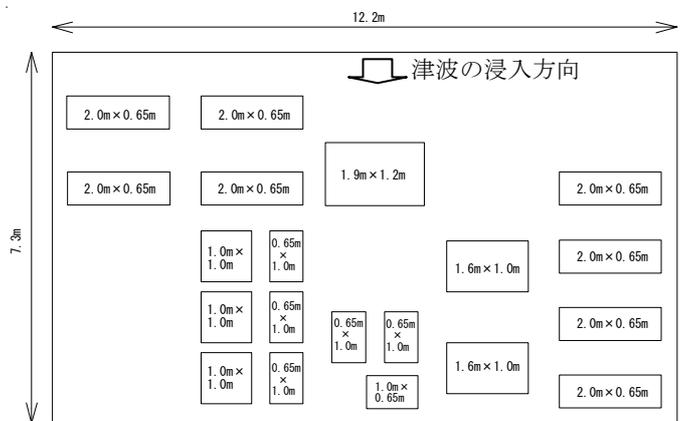


図-3 建物配置

キーワード 津波, 水理実験, 造波装置, 遡上, 非線形長波方程式, VOF 法

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7234

4. 数値解析との比較

図-5 に非線形長波方程式による数値解析の、建物の形状を境界として考慮した場合(a)と、粗度により考慮した場合(b)の結果を示す。(a)(b)を比較すると、平均的な遡上の速さは同程度である。ただし、図中のAと示した部分(公園を模擬)では、(b)の方が(a)よりも遡上が速く浸水深も大きい。これは、(a)の場合、海側の建物の間の狭窄部から津波が流入するため十分な流入量がないのに対し、(b)の場合には全面から流入し、流量が実際よりも大きく評価されるためと考えられる。粗度による考慮の場合、運動量方程式には建物による抗力が相当粗度によって考慮されているが、連続式には建物の影響が考慮されていない。海側に建物が密に配置され陸側には平地が広がるような場合には、建物の遮蔽効果が十分反映されず、遡上が過大評価される場合がある。

図-4 と図-5 を比較すると、図-5 の方が遡上の浸入速度が小さい。遡上の先端は非常に小さい水深で進行するため、これを解析では考慮できていないと考えられる。ただし、遡上で問題となるのは、ある程度の水深をもった遡上域の範囲であるため、これについては今後浸水深を含めた検討が必要である。建物背後の回り込みについては、解析では実験に見られるようなドライ領域が再現できていない。非線形長波方程式は静水圧を仮定しているため、建物の背後などの水面急変部ではこの仮定が成り立たず、水圧を過大評価することになるため、背面への回り込みが促進されていると考えられる。

図-6 に、VOF 法による三次元解析の結果を示す。ここでは摩擦を考慮していないため、遡上が実験よりも若干速いが、建物背後への回り込みを含めて比較的精度良く実験を再現できている。鉛直方向の圧力分布を考慮することが、特に建物背後への回り込みを評価する上で重要となること分かる。

5. まとめ

本研究では津波の遡上実験を実施し、構造物の密集域ではその背後への回り込みを正しく評価することが重要であることを示した。また、非線形長波方程式では、建物を考慮した場合は背後への回り込みを過大評価し、粗度により考慮した場合は海側に建物が密集している場合に遡上を過大評価する場合があることを明らかにした。津波の遡上を解析する場合には、これらの解析手法の特性を考慮して結果を評価する必要がある。今後は、浸水深を含めた遡上解析の評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 小谷ら：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，第 45 巻，pp. 356-360，1998.
- 2) 織田ら：津波を対象とした水理実験のための造波装置の検討，土木学会第 67 回年次学術講演会，II，pp. 381-382，2012.

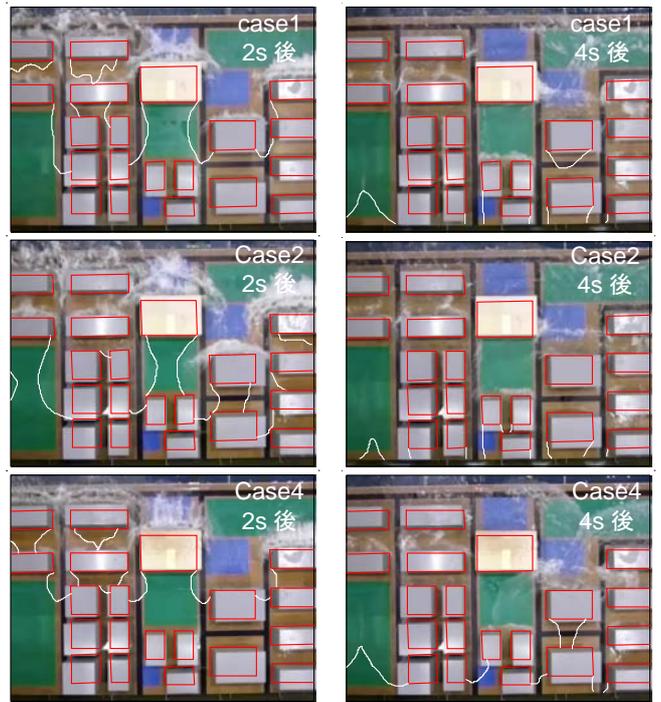


図-4 実験結果

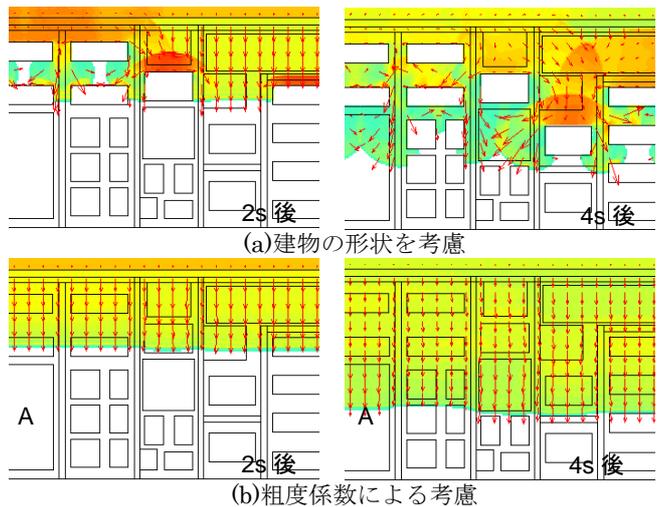


図-5 非線形長波方程式による解析結果 (case2)

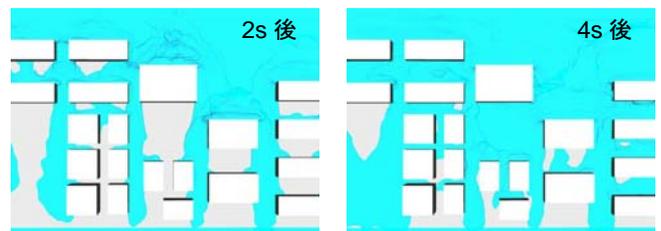


図-6 VOF 法による解析結果 (case2)