

京都大学工学部 学生会員 ○西池 拓人
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望

1. はじめに

2011年3月11に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波により多くの建物が破壊や転倒、流失などの被害を受けた。被害の中には、同じ区画にありながらも建物によって被害の度合いに差が出たという事例があり、また、指定避難所のうち少なくとも100箇所以上が津波被害にあったこともわかっている。災害発生時に機能を保持することが望まれる避難所や病院などにおける甚大な津波被害を防ぐためにも、構造物や複雑な地形形状を考慮した詳細な津波の被害予測が必要である。これまでにVOF法を用いた三次元数値解析手法によって津波遡上現象や構造物に作用する流体力の再現が行われており^[1]、陸上にある建物群に作用する波力の評価にもこの解析手法が適用できると期待できる。そこで本研究では複数の建物模型を用いた既存の水理模型実験の再現計算を行い、波力と浸水深を比較検討し、解析の再現精度を検証した。その後、地形条件を変えて数値解析を行い、波力と浸水深の変化を検討した。

2. 解析手法の概要

VOF法を用いた三次元数値解析手法の基礎方程式は連続式と運動方程式であり、次式に従って流体を移動させる。

$$\frac{\partial(\gamma^v F)}{\partial t} + \frac{\partial(\gamma_j^u u_j F)}{\partial x_j} = 0$$

ここで、 F は計算セルの流体充填率、 u_j は流速の各方向成分、 γ^v は計算セルの空隙率、 γ_j^u は計算セル境界面の開口率である。

3. 流体挙動解析手法の検証

シマモラら^[2]は複数の建物模型を用いた水理模型実験を行っている。実験装置の概要を図1に、建物模型の配置を図2に示す。実験は1/200スケールを想定し、一辺10cmの木材で作成した複数の建物模型を設置した。水路端の造波板で孤立波を発生させ、2列目から4列目の建物模型に作用する波力と建物模型前面の浸水深を3分力計と容量式波高計を用いて測定した。実験により、図1のA地点での水位の時刻歴が測定されているため、本研究では計算領域を図3のようにA地点から岸側とし、格子間隔を段階的に変化させ、計算地形データを作成した(以下Case1とする)。実験で測定されたA地点での水位の時刻歴を下流端領域の水位として入力し、中央の列の建物模型に作用する波力と建物模型前面での浸水深を算出した。なお、物体(底面及び建物模型)境界での流速境界条件はフリースリップとした。

建物模型に作用する波力の解析結果を図4に示す。全体として過大評価となっているが、建物模型の存在によって波力が段階的に減衰されている様子が見て取れる。以上より、過大評価となっているが、建物模型に衝突することによる波力の減衰効果は定性的に再現できている。

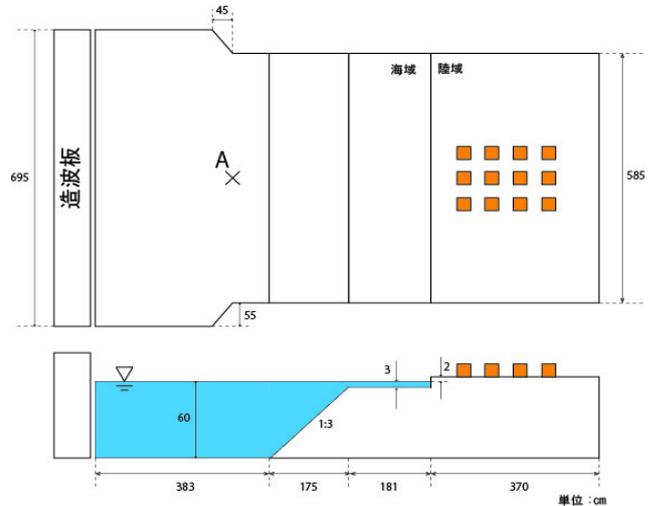


図1 実験装置の概要

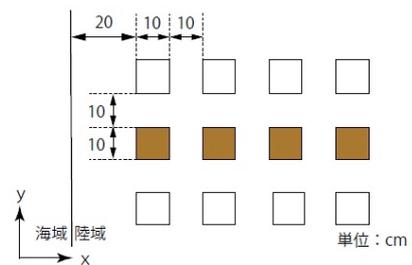


図2 建物模型の配置

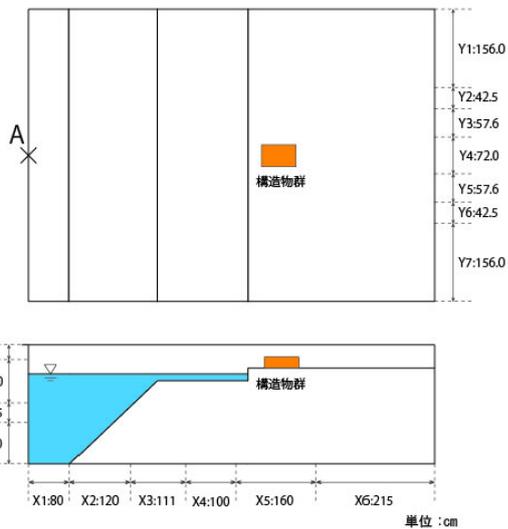


図3 計算水路の概要

4. 異なる地形条件下での波力と浸水深の変化の検討

Case 1 の計算地形を元に、建物模型の設置地盤高を変化させた地形（図5参照、以下 Case 2 とする）、1列目と2列目の建物模型を取り除き大きなU字型の建物模型を設置した地形（図6参照、以下 Case 3 とする）を作成し、数値解析を行った。入力波等の計算条件は前述の実験の再現計算と同じとした。Case 2 での波力の時間変化を図7に示す。

津波が斜面を遡上することにより勢いを失い、2列目から4列目の建物模型に作用する波力が減衰されている様子が確認できる。Case 3 の3列目と4列目の建物模型に作用する波力の時間変化を図8に示す。グラフより、U字型の建物模型により、背後の建物模型に作用する津波波力が大きく減衰していることがわかる。

以上より、建物の設置地盤高を変化させた地形や、複雑な形状の建物を設置した地形においても、波力の変化の傾向を再現できているといえる。

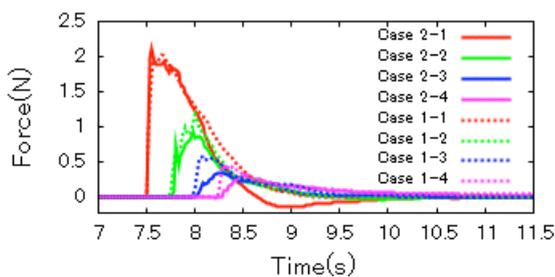


図7 Case 2 の波力の時刻歴

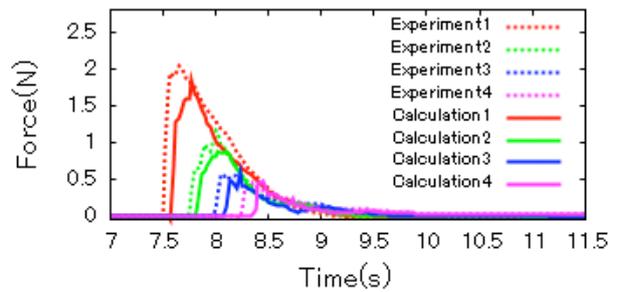


図4 Case 1 の波力の時刻歴

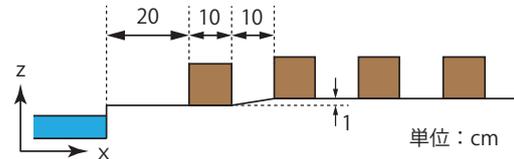


図5 Case 2 の建物模型の配置の概要

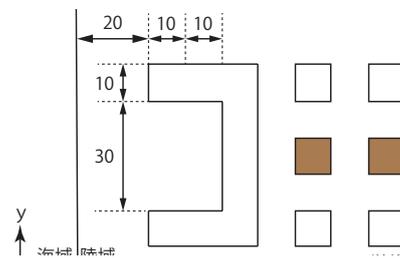


図6 Case 3 の建物模型の配置の概要

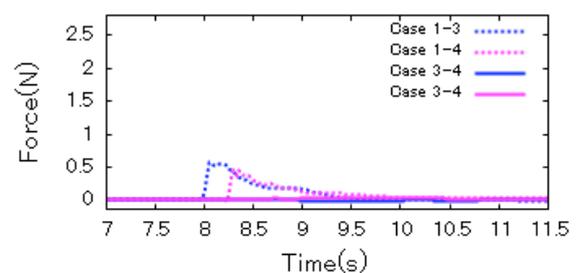


図8 Case 3 の波力の時刻歴

5. おわりに

本研究で用いた解析手法によって水理模型実験の再現計算に関しては一部過大評価となったものの、減衰効果の定性的な変化を再現することができた。また、より複雑な地形での波力と浸水深の変化の傾向も再現できた。今後の展開としては、新たに実験を行い、より詳細に検証をし、実際の対象地の津波被害予測をするために、実際に被害に遭った地形を再現し数値解析を行っていく予定である。

参考文献

[1] 米山 望：自由水面をもつ多次元流れの数値水理学的研究，京都大学学位論文，2001，121 p. [2] チャルレス シマモラ・嶋原良典・藤間功司：建物群に作用する津波は力に関する水理実験，海岸工学論文集，第54巻，pp.831-835，2007.