建物群に作用する津波波力評価における三次元数値解析の適用性の検討

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．

$$\frac{\partial\left(\gamma^{v}F\right)}{\partial t}+\frac{\partial\left(\gamma_{j}^{a}u_{j}F\right)}{\partial x_{j}}=0$$

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^a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 10 cm 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 Case 1 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．

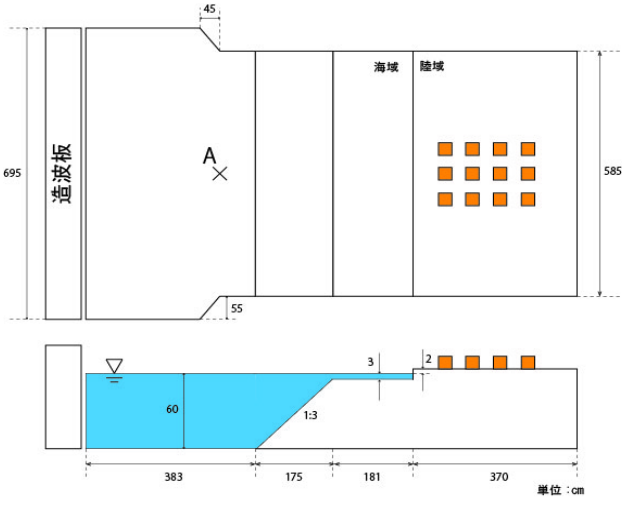

図 1 実験装置の概要

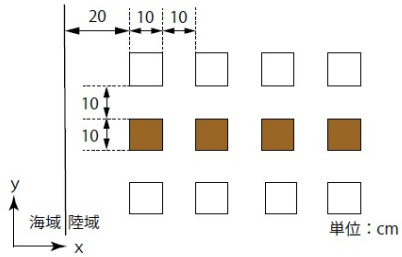

図 2 建物模型の配置

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．

キーワード　　津波，建物群，波力，数値解析
連絡先　　〒611-0011　京都府宇治市五ヶ庄　防災研究所　都市耐水領域研究室　　TEL:0774-38-4137

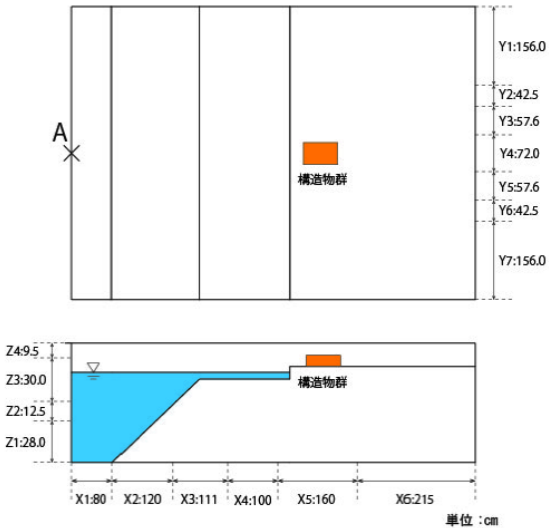

図 3　計算水路の概

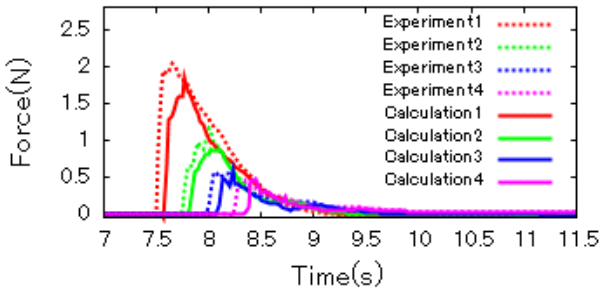

図 4　Case 1 の波力の時刻歴

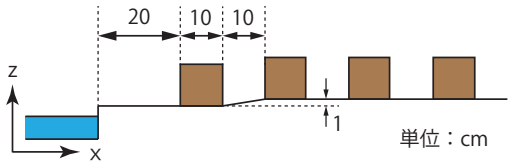

図 5　Case 2 の建物模型の配置の概要

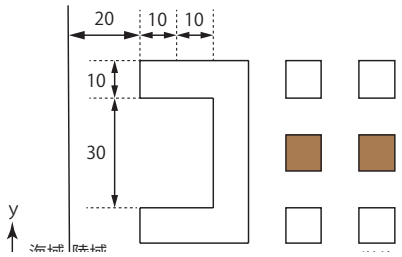

図 6　Case 3 の建物模型の配置の概要

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．

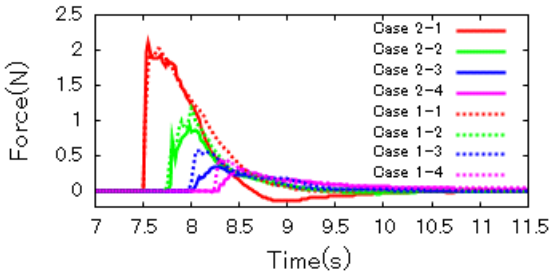

図 7　Case 2 の波力の時刻歴

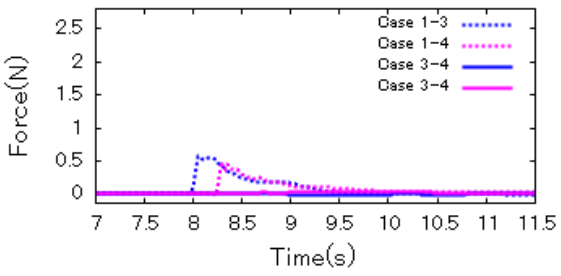

図 8　Case 3 の波力の時刻歴

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，物体背後への回り込み等の流体の挙動の再現をより詳細なものとし，その後，津波の被害予測を行うために，実際に被害に遭った地形を再現し数値解析を行い，より複雑な地形条件下における解析の再現精度の検証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，2001，121p．[2]チャルレス シマモラ・鴫原良典・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.