構造物形状や地形条件が津波の水位変動に与える影響の検討

鹿児島大学　工学部　学生会員　○図師幸太朗
鹿児島大学　工学部　学生会員　御領聡
鹿児島大学　工学部　学生会員　朝倉周
鹿児島大学　工学部　正会員　長山昭夫

1. はじめに

今後の津波レベルと津波防災対策の基本的な考え方[1]では，想定される津波の高さを L1 津波(数百年に 1 回発生)と L2 津波(数千年に 1 回発生)に分け検討することになっており，国内では L2 津波発生時の津波防災ハザードマップの整備が進められている．しかしながら L1 津波を想定したハザードマップの整備はほとんど進んでいないのが現状である．また L1 津波は，発生波高が L2 津波に比べ小さいため，海岸構造物や地形条件により影響を受けやすいことが想定される．そこで本研究は，海岸構造物と地形形状が津波の水位変動に与える影響を検討した．また現地観測により海岸構造物と地形形状を取得し，それを元に 3 次元地形を作成し想定される津波を沖から入射させた場合の水位変動について考察を行った．

2. 数値解析による検討

2.1 対象地域

解析対象地域は，鹿児島県霧島市天降川河口周辺である(図 1)．天降川は延長 42.5 ㎞，平均流量 19 ㎥/s の二級河川である．河口周辺の海底勾配は約 1/100 であり，沖合 1km 程度までは遠浅海底地形となっている．

2.2 構造物と地形形状の取得方法と精度検証

本研究ではドローン(DJI phantom2)により対象地域を撮影(図 2)した．今回，解析対象とする形状条件は，防波堤前面に多数の消波ブロックが設置されている条件とする．さらに地形条件として，河口周辺を対象とした．

次に，撮影した画像を元に，Agisoft Photo Scan を使用し図 3 に示すような 3 次元地形を作成した．またこの 3 次元地形の精度を検証するため，水準測量を行い堤内地の地盤高さの比較を行った．その結果を図 4 に示す．この図は車道部の高さを一致させ作成した．この図より作成した 3 次元地形の再現精度は良好であることがわかる．またのり面(地盤高 0m～4m)の凹凸部は，植生が繁茂しているためであることがわかる．

2.3 数値解析

今回，数値モデルは OpenFOAM[2]を使用した．このモデルは有限体積法を中心としたソルバ及びツール群で構成されている．このモデルの中で非圧縮・混相流(VOF)のソルバは interFoam の名称で実装されている．今回使用したソルバは，Higura[3]らが interFoam をベースに造波・境界条件を改良した olaFoam である．

計算領域は図 3 に示す領域とし，岸沖方向 200m，沿岸方向 150m，格子間隔は各方向に共通して最大 0.5m，最小 0.125m とした．縮尺は 1/10 とした．3 次元地形から非構造格子を作成し，最終格子数は 712,252 となった．また今回，ドローンを使用したため，水面下の地形形状の取得が困難であった．

図 1　対象地域(引用:GoogleMap)

図 2　ドローン撮影画像例

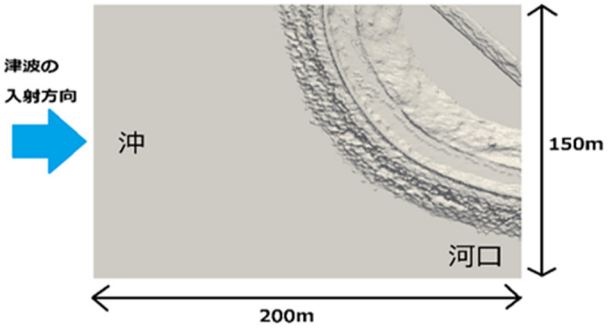

図 3　3 次元地形データ

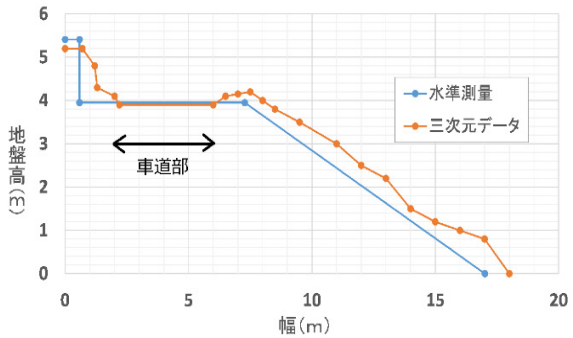

図 4　地盤高の比較

表 1　造波条件

造波波形	波高[m]	周期[s]
Stokes 波	4	30

そのため海底地形図から海底勾配を確認した後，計算領域の海底勾配を 0 とした．表 1 に入射波条件を示す．今回，鹿児島県による津波浸水想定について [4] の資料を元に入射波の条件を設定した．

3. 津波の水位変動計算結果

まず，沖側の 13-17 の水位変動について 3 秒付近から津波を想定した水位変動が急激に発生し，20 秒以降から反射波による水位変動が確認できる．次に消波ブロック前の 8-12 の水位変動については 7-10 秒にかけの入射波，15 秒以降の反射波による水位変動が確認できる．さらにこの反射波は消波ブロックに近いほど水位変動が大きく，入射波よりも大きくなることがわかった．今回，L1 津波を想定した波を 1 波のみ入射させたが，実際の津波は分散して入射するため，構造物や地形の条件によっては入射波と反射波が合成され，局所的に水位変動が大きくなる可能性があることわかった．

次に河口部の 5-7 に注目すると，10 秒から 20 秒までが入射波による水位変動を示しており，水面が振動している現象が確認できる．また 20 秒以降の反射波による水位変動については，各点において入射波よりも高くなる傾向にあることがわかる．最後に最も岸側の 1-2 に注目すると，入射波と反射波による水位変動が明確に区別できず，計算時間内では水位が継続して上昇することが確認できた．

4. まとめ

1) ドローンによる構造物や地形形状による 3 次元地形観測が一定の精度を有していることがわかった．
2) 入射した波が消波ブロックにより反射波を形成し，その水位変動が場所によっては入射波よりも高くなることがわかった．これは分散して津波が入射する場合，局所的に水位が著しく上昇する原因だと推測される．
3) 河口部付近では川幅が狭くなるについて水塊が集中することと入射波と反射波が複雑に合成し継続的な水位上昇が生じる可能性があることがわかった．

5. 今後の予定

様々な構造物形状や地形条件を有する現地で観測を行い，3 次元地形観測手法を確立したい．海底地形と得られた 3 次元地形データとのマッチング方法についても検討を行いたい．数値解析について，入射波条件を増やし解析を行い，入射波と反射波の合成過程，津波の河口遡上時の水位変動特性について検討を行う予定である．

謝辞

本研究の一部は(公)鹿児島県建設技術センター地域づくり助成事業の助成を受け実施した．謝意を記す．

参考文献

1)内閣府中央防災会議：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会，2011
2)一般社団法人オープン CAE 学会：OpenFOAM による熱移動と流れの数値解析，2016
3)Pablo Higuera：Three-dimensional interaction of waves and porous coastal structures using OpenFOAM，2013
4)鹿児島県：鹿児島県津波浸水想定の設定について，2014

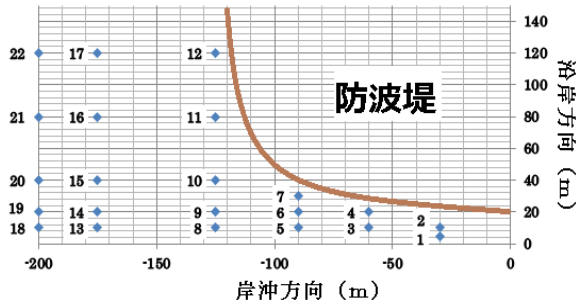

図 5　水位変動測定位置

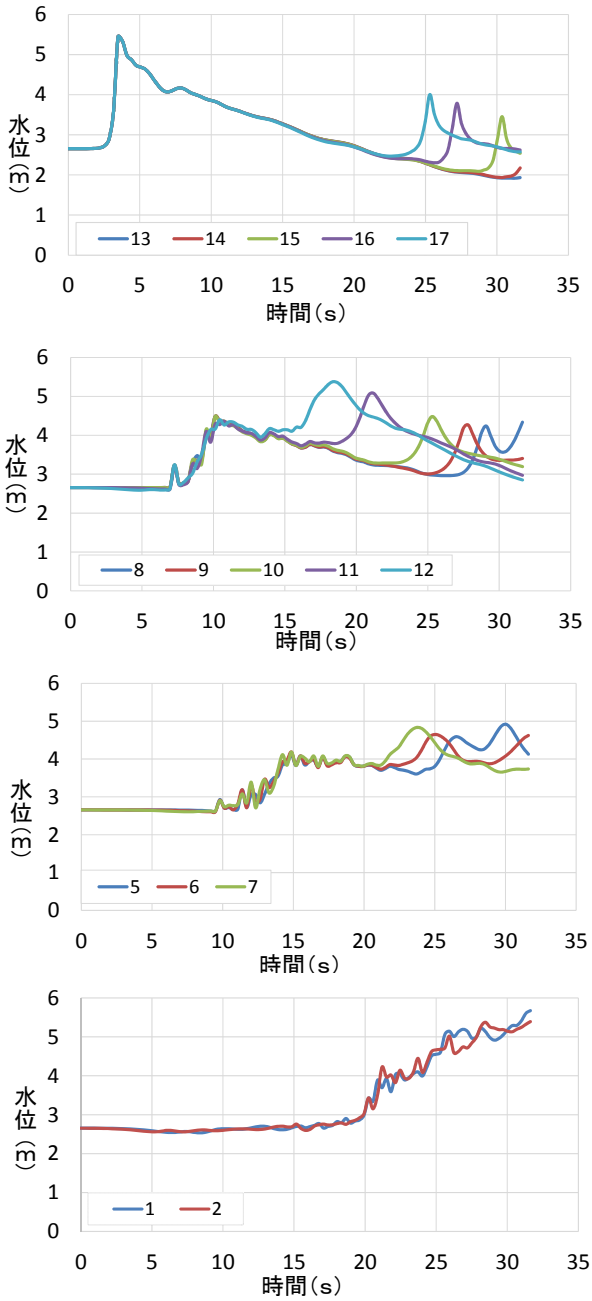

図 6　各測定点における水位変動計算結果