

津波波源内の断層運動に伴う海面擾乱に関する 水理実験および数値計算

関西大学大学院社会安全研究科防災・減災専攻

学生員 ○藤原 岳大

コベルコシステム株式会社

非会員 坂本 匡史

関西大学社会安全学部安全マネジメント学科

正会員 高橋 智幸

1. 研究目的

日向ら (2012) は、東北地方太平洋沖地震（以下、東北地震）に伴う津波伝播を海洋レーダにより観測した。これにより、Barrick (1979) が提唱したレーダを用いた津波観測の可能性が実証された。しかし、津波波源を直接観測するためには、断層運動とそれに伴う海面の擾乱の関係性を明らかにすることが必要となっている。本研究では、東北地震で観測されたP波を再現できる水中振動台と実験水槽を開発し、津波波源内の水の動きを再現する水理実験を実施した。また、水理実験と同条件で数値計算を行うことにより数値モデルの再現性を確認した。

2. 地震波形解析

東北地震の震源域北縁部に設置されている海底地震計が観測した地震波の解析を行った。図1に海底地震計の位置、図2にスペクトル分布を示す。

P波についてスペクトル解析を行ったところ、2.7Hzから4.5Hzに大きなエネルギーが発生していたことが判明した。

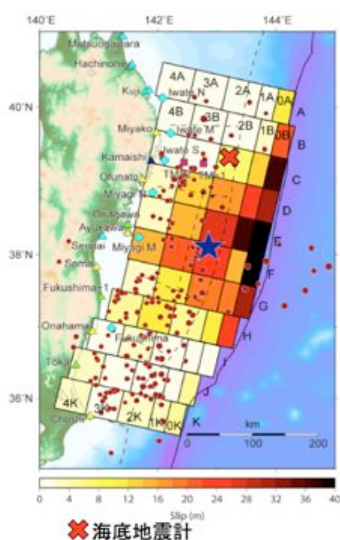


図1 海底地震計の位置と地盤変動量(藤井ら (2013) に加筆

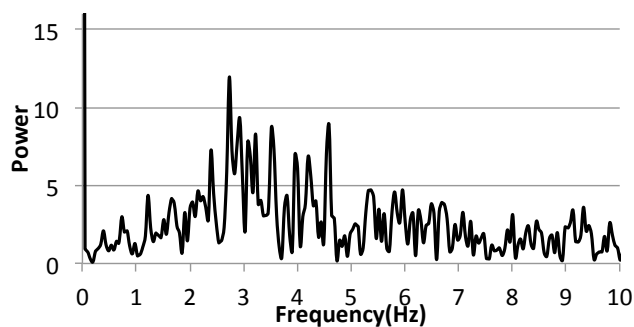


図2 P波のスペクトル分布

3. 水理実験

地震波解析の結果をもとに、巨大地震によるP波を再現できる水中振動台を備えた実験水槽を開発した。図3に実験水槽を示す。水槽は縦横それぞれ1m、高さ70cm、水槽中央に水中振動台を設置している。水中振動台に入力する波形は、複雑な地震波を単純化するためにsin波とした。水中振動台の振動数、振幅、ならびに水深を変化させ、容量式波高計と電磁流速計で水位と水面付近の流速を測定した。一例として、振動数3Hz、全振幅3cm、水深50cmの条件での水槽中央部の水位変動を図4に示すが、底面変動の半分程度の振幅が発生した。また、スペクトル解析結果を図5に示すが、長周期の卓越が発生していることは確認できたが、底面振動に対応した振動数の発生は確認できなかった。

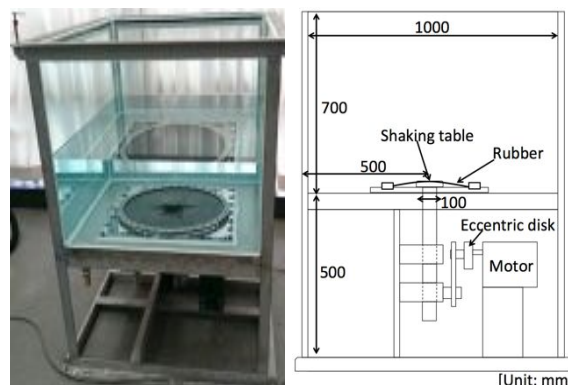


図3 実験水槽と振動台

キーワード 海洋レーダ, 津波波源, P波, OpenFOAM

連絡先 〒569-1098 大阪府高槻市白梅町 7-1 関西大学大学院社会安全研究科水災害研究室 TEL072-684-4188

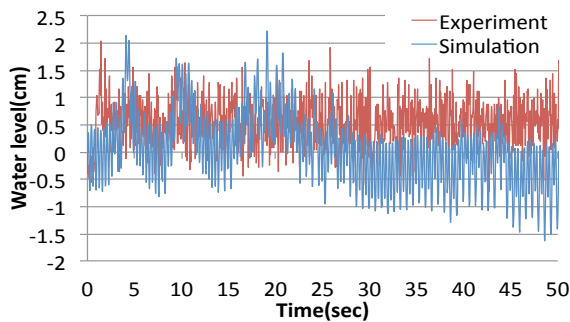


図4 水位変動の時間変化

(水深 50cm, 振動数 3Hz, 全振幅 3cm)

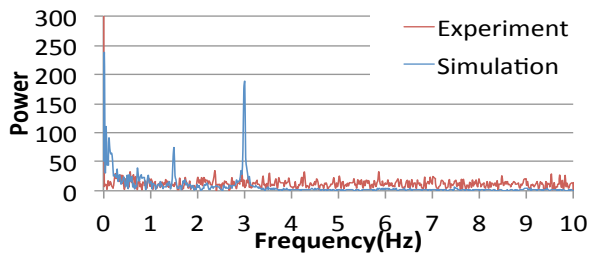


図5 水位変動のスペクトル分布

(水深 50cm, 振動数 3Hz, 全振幅 3cm)

4. 3次元数値モデルによる水理実験結果の再現

OpenFOAM を使用して水理実験の再現計算を行った。計算手法として、VOF 相比率に基づく界面捕獲法による不混和流体の非圧縮性・等温 2 相流ソルバを使用した。計算領域を図 6 で示す。計算領域は実験水槽と同じ大きさで、境界条件は全反射としている。格子数は 224000 である。水深 50cm, 振動台の振動数 3Hz, 全振幅 3cm としたケースの水位変動とそのスペクトル分布を図 4 および図 5 に示す。図 4 の振幅はよく再現されているが、図 5 では 3Hz と 1.5Hz の卓越が発生しており、水理実験との相違がみられた。振動台直上の鉛直方向流速の時間変化を図 7 に示す。水理実験と比較すると規則的に変化している事がわかる。しかし、流速の振幅については全振幅で 4cm/s 程度と水理実験の再現ができていた。水深 50cm, 振動台の振動数 6Hz, 全振幅 3cm とした時の水位変動を図 8 に示す。水理実験では 43 秒程度から水中振動台の振幅を大きく上回る水位変動が発生しているが、数値計算でも再現することができていた。また、図 9 のスペクトル分布から 6Hz と 3Hz が卓越していることが確認できる。3Hz の振動はパラメトリック励振によるものと考えられ、これにより水位変動の増大が発生したと考えられる。図 5 で発生した 1.5Hz の卓越もパラメトリック励振によるものと考えられる。

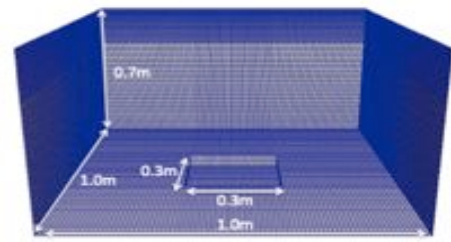


図6 計算領域

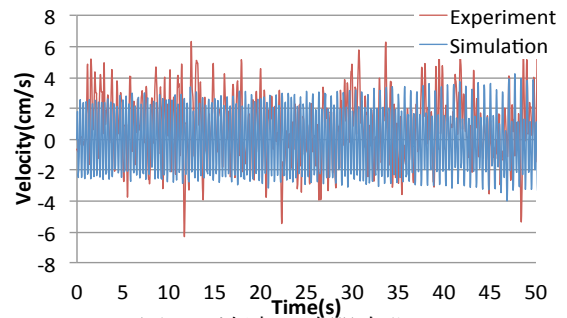


図7 流速の時間変化

(水深 50cm, 振動数 3Hz, 全振幅 3cm)

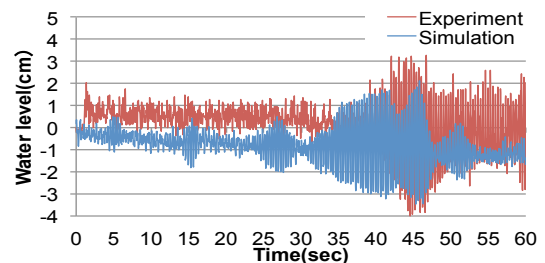


図8 水位変動の時間変化

(水深 50cm, 振動数 6Hz, 全振幅 3cm)

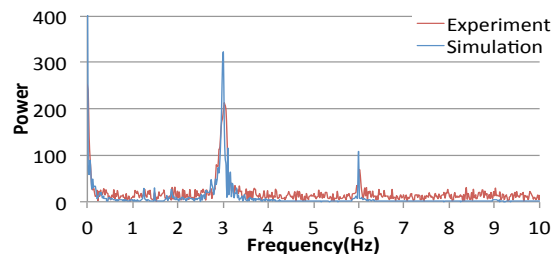


図9 水位変動のスペクトル分布

(水深 50cm, 振動数 3Hz, 全振幅 3cm)

参考文献

- 1) 日向博文, 藤良太郎, 藤井智史, 藤田裕一, 花田弘, 片岡智哉, 水谷雅裕, 高橋智幸 (2012) : 紀伊水道における短波海洋レーダを用いた津波・副振動観測, 土木学会論文誌 B2, Vol.68, No.2, pp196-200.
- 2) Barrick, D. E. (1979) : A coastal radar system for tsunami warning, Remote Sensing of Environment, Vol.8, pp353-358.
- 3) 藤井雄士郎, 佐竹健治 (2013) : 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の津波モデル,
http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja.html, 2016 年 4 月 3 日確認.