

## 東京湾における東北津波の再現計算と計算精度の考察

日本工営株式会社 正会員 ○小園 裕司, 野島 和也, 桜庭 雅明

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北津波により、東北地方沿岸をはじめ広範囲にわたり甚大な被害が生じた。同地震津波は東北地方の潮位データや浸水状況にもとづいた断層モデル<sup>1)</sup>が提案されているが、関東周辺における再現性・有用性については不明である。また東京湾周辺には、東京都島嶼部が点在しており複雑な津波挙動を起こすと考えられる。

本研究では、2011年東北津波を対象に、数値計算による再現計算を行い、湾内の津波の伝播特性の把握を行うとともに、複数の断層モデルによる再現性の検証を行った。また計算範囲の設定の違いによる計算精度の差異について検討を行った。

### 2. 数値解法および計算条件

#### (1) 津波の数値解法

津波伝播の数値計算には、基礎方程式に非線形長波方程式を採用し leap-frog 法、スタッガード格子に基づいた平面2次元の浅水流モデルを用いた<sup>2)</sup>。

#### (2) 計算条件

##### a) 断層モデルの精度について (検討1)

断層モデルについては東北地方太平洋沖地震津波を対象として、東北大モデルの Ver.1.0, Ver.1.1, Ver.1.2, 藤井・佐竹モデル Ver.4.0, Ver.4.2, Ver.6.2, Ver.7.0, Ver.8.0, の計8つのモデルを採用した。なお、藤井・佐竹モデルの Ver.6.2, Ver.7.0, Ver.8.0 については破壊伝播速度 2.0km/s とし、各小断層におけるすべりの時間変化を設定している。その他の断層モデルについては、破壊伝播速度と断層のすべりの時間変化は考慮しないものとした。計算範囲については、図-1 に示す通り東北地方から東海地方を広域のメッシュとして、東京湾内を詳細の検討範囲として、1,350m, 450m, 150m 格子を採用し、各メッシュ間は領域接続を行った。分割数については表-1 に示すとおりである。水深値、標高値については広域に ETOPO1 を、東京湾周辺などの詳細域に数値地図 50m メッシュ (標高) および海底地形デジタルデータを用いた。その他の計算条件については、表-1 に示すとおりである。

##### b) 計算範囲の影響について (検討2)

断層モデルについては、検討1の検討結果を踏まえ、藤井・佐竹モデル Ver.4.2 とした。計算範囲については、領域1, 2ともに検討1と同様の範囲として、領域3のみを変化させ、図-1 に示す通り関東全域を包括した範囲をケース1、東京湾と関東周辺の島嶼部を包括した範囲をケース2、

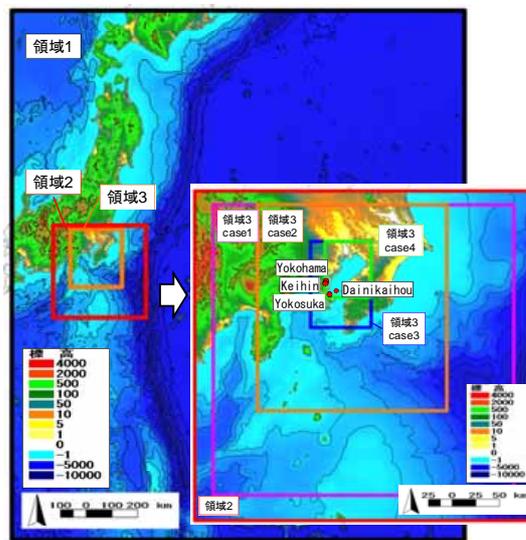


図-1 計算領域と験潮所位置

表-1 計算条件

| 項目           | 内容                        |
|--------------|---------------------------|
| 計算格子間隔 (分割数) | 領域1 : 1,350m (1300×1500)  |
|              | 領域2 : 450m (800×788)      |
|              | 領域3 : 150m (1337×1481)    |
| 時間増分間隔       | すべての領域で Δt=0.1 秒          |
| 基礎方程式        | 非線形長波方程式                  |
| 計算手法         | 時間 : リーフログ法               |
|              | 空間 : スタッガード格子             |
| 沖合境界条件       | 領域1で自由透過<br>各領域間は水位・流量を接続 |
| 海底摩擦         | Manning の粗度係数=0.025       |
| 陸側境界条件       | 領域1~3は反射境界                |
| 潮位条件         | T.P.+0.125m               |
| 計算時間         | 地震発生から12時間                |

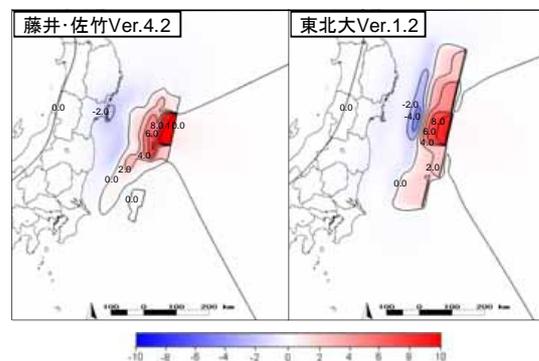


図-2 津波初期波源

キーワード 東北地方太平洋沖地震津波, 数値計算, 東京湾, 断層モデル, 計算範囲

連絡先 〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 日本工営株式会社 中央研究所 TEL 029-871-2034

東京湾と浦賀水道を包括した範囲をケース 3、東京湾のみの範囲をケース 4 として湾内における計算結果の比較検討を行った。その他の計算条件については検討 1 と同様である。なお、検討 1, 2 における計算結果は図-2 中に示している横須賀港、横浜港、京浜港および第二海堡の実測津波波形と比較を行った。

4. 計算結果

(1) 断層モデルの精度について (検討1)

図-4に本解析より得られた藤井・佐竹Ver. 4.2における東京湾周辺の津波伝播状況を示す。これらの結果より、東北沖で発生した津波は地震発生後35分程度で銚子に到達し、60分程度で東京湾入り口に到達し湾の奥に向かって湾内を伝播する。地震発生後120分程度経過すると第2波が東京湾入り口に到達する。その後東京湾内で、湾奥で反射した第1波と湾奥に進行する第2波が湾央で合成する様子が確認された。

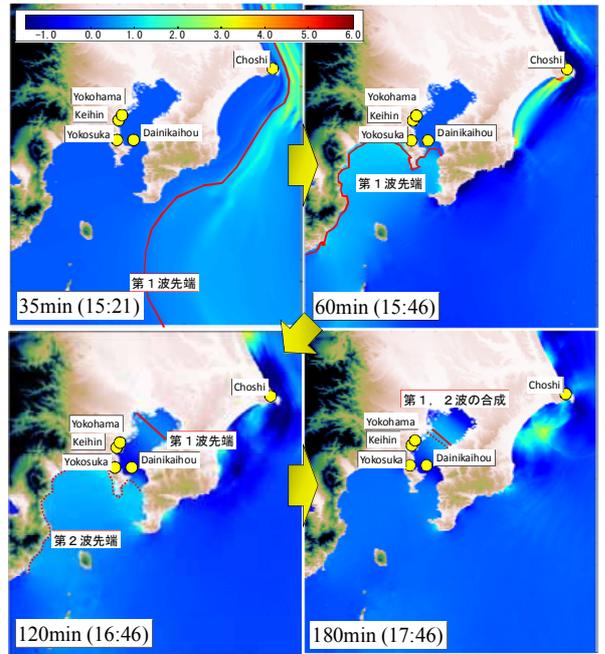


図-4 津波の伝播状況

図-5に横須賀港の津波波形について実績値と計算値の比較を示す。いずれの断層モデルにおいても実績値を良好に再現可能であることが確認された。また、東北大モデルは藤井・佐竹モデルと比較して若干過少評価となること、破壊伝播速度と断層のすべりの時間を考慮した藤井・佐竹モデルのVer. 6.2, Ver. 7.0, Ver. 8.0においては、その他のモデルと比較してより津波のピーク時間が一致することが確認された。

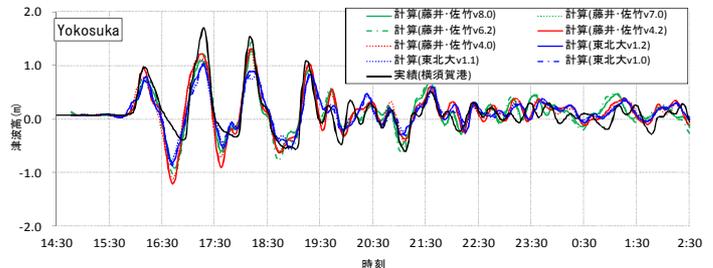


図-5 断層モデルの違いによる水位経時変化の比較

(2) 計算範囲の影響について (検討2)

図-6にケース1~4までの津波波形の計算値を示す。図中には実測値もあわせて示す。本検討では、もっとも計算領域が大きいケース1の計算結果をより真値に近い値として、その他の計算ケースの結果を比較検討した。

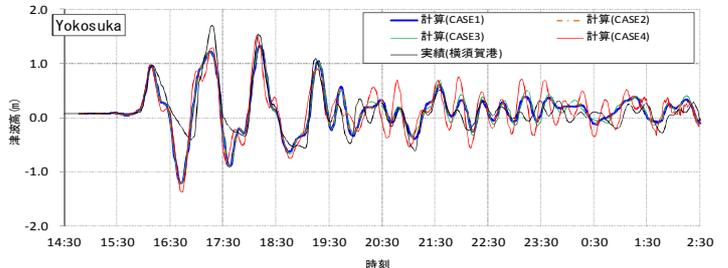


図-6 計算範囲の違いによる水位経時変化の比較

ケース2については、ピーク値や波形などケース1と同様の計算結果を示した。ケース3についてもケース1, 2とほぼ一致する結果となったが第4波以降に若干ではあるがケース1, 2とは異なる挙動が確認された。ケース4については、第1波~第3波まではケース1とほぼ同様の津波挙動を示すが、それ以降の波が他のケースと比較して異なる挙動を示した。これらの計算結果は東京湾外での影響が東京湾内の計算結果に寄与したと考えられる。

5. おわりに

本研究では、東北地方太平洋沖地震津波を対象に、東京湾内における津波の伝播状況を把握するとともに、複数の断層モデルによる再現性の検証を行った。また東京湾周辺の計算領域を変化させてその計算精度の差異について検討を行った。その結果、いずれの断層モデルにおいても実績値を良好に再現可能であること、東北大モデルは藤井・佐竹モデルと比較して若干過少評価であること、東京湾内の計算精度維持のためには適切な計算範囲と格子設定が必要であることが確認された。

参考文献 1) Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space Vol.63 2011年 pp.815-820, 2) 東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデル Ver.1.0, 3) Leap-Frog法を用いた津波の数値計算法: 東北大学工学部土木工学科, 52p, 1982