

八戸港における津波シミュレーションの問題点

松下 優：第二管区海上保安本部海洋情報部

The problem of Tsunami simulation in Hachinohe Port

Hiroshi MATSUSHITA : Hydrographic and Oceanographic Dept 2 nd R. C. G. H

1 はじめに

第二管区海上保安本部では、船舶に対する津波防災対策に資する目的で、内閣府中央防災会議から発表された想定断層を元に、平成18年度から太平洋沿岸の津波防災情報図の作成を開始した。

津波被害の常襲地域である三陸沿岸については、

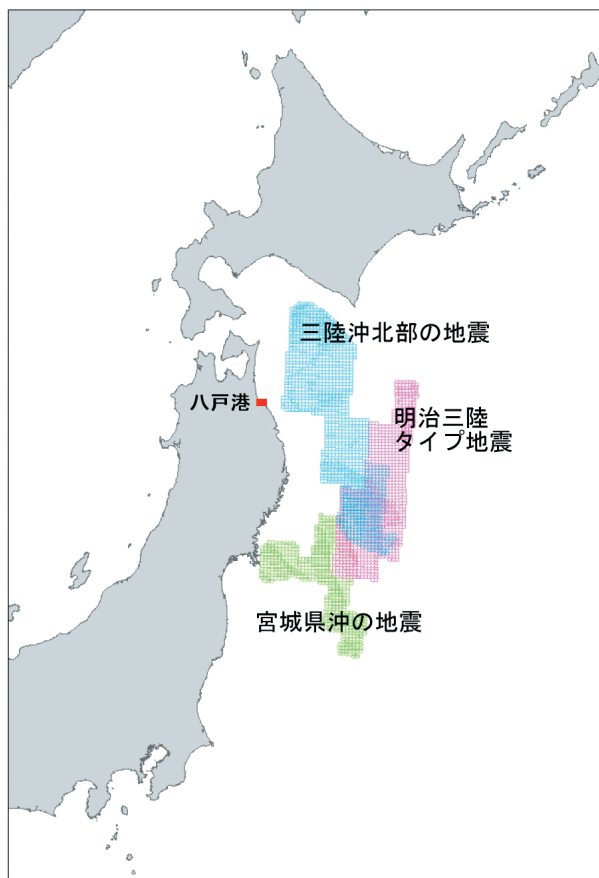
中央防災会議日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会において報告されたうち3つの想定断層（三陸沖北部の地震，明治三陸タイプ地震，宮城県沖の地震）について（図1），重要港湾を中心に津波シミュレーションを行い，津波防災情報図を整備している。その中でも特に被害の大きい明治三陸タイプ地震の津波シミュレーション計算において発生した問題について考察した。

2 津波シミュレーションの計算

海洋情報部で行っている津波シミュレーションの計算は，断層モデルから弾性論によって海底の地盤変位量を求めたものを波源モデルとして与え，浅水理論に基づく運動方程式及び連続の式を差分化したものを解くことにより，津波の計算を行った（細萱他，2005）。海底摩擦項を考慮しているが，分散波理論は考慮されていない。また，地形メッシュデータは計算時間の短縮のため，震源域を含む広域の計算には格子間隔を広くとり，沿岸に近づくにつれて順次細かい格子で区切る手法を採用している。1次メッシュを4050 mとし，順次1/3ずつ細分化し，最終的に津波防災情報図となる5次メッシュである50 mメッシュで計算が完結する。ただし，計算にあたって外海の境界は開境界とし，津波は境界で反射せずに行進波として通過するものとしている。

3 八戸港における明治三陸タイプ地震の場合

青森県太平洋岸にあるイカの水揚げ日本一を誇る八戸港において，明治三陸タイプ地震を想定断層とする津波シミュレーションの計算を行った。計算条

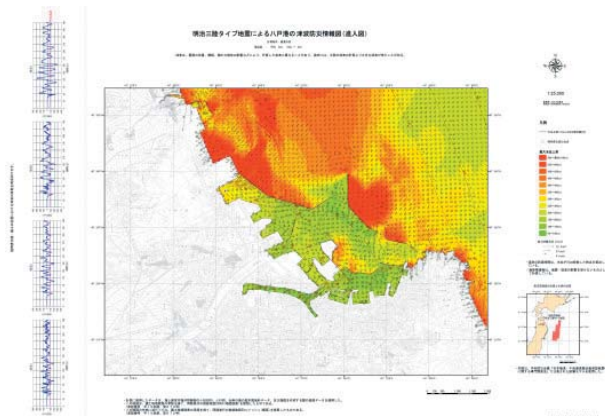


第1図 津波シミュレーションで使用した想定断層モデル

Fig. 1 Assumed dislocation model for Tsunami simulation

第1表 津波シミュレーションの計算条件
Table 1 The calculation condition of Tsunami simulation

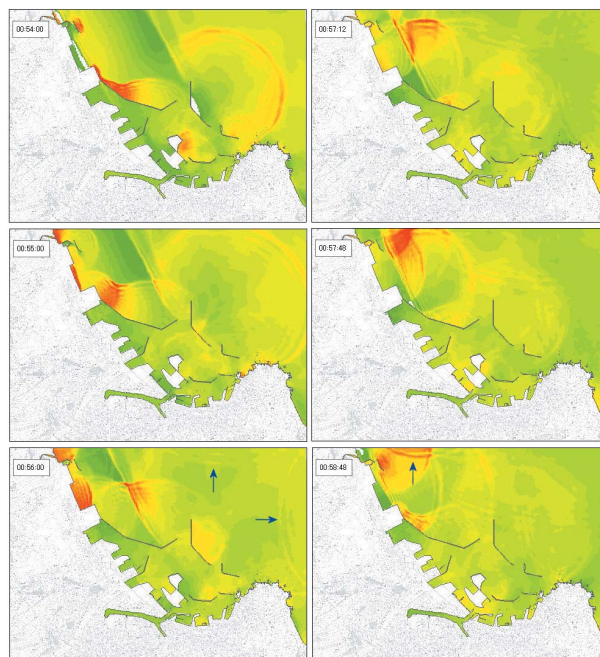
想定地震断層	明治三陸タイプ
計算時間	180分
計算間隔	0.2分
メッシュ数	255×195 (12,750m×9,750m)



第2図 明治三陸タイプ地震による八戸港の津波防災情報図
Fig. 2 The Tsunami information map in Hachinohe Port

件は、表1のとおりである。津波防災情報図を見た限りでは何ら問題ないように見える(図2)。

しかし、0.2分毎の時系列図をアニメーション化した津波アニメーションを見ると、不自然なことに気づく。陸岸から沖に反射された津波は本来、メッシュ境界を進行波として通過すべきところを通過せずに反射されていた。境界面で反射されている津波は2回ある。1回目は、くの字に屈曲した沖防波堤によって反射された津波が円弧を描いて大きく広がり、北側と東側の境界で反射された(図3左)。2回目は、港北部の漁港付近から北に向かって散乱された津波が至近の境界で反射された(図3右)。いずれも、防波堤によって反射された後の津波の高さが異常に高くなっている。また、境界面での反射直後も1mを超える津波となって、港内にも影響を与えている。

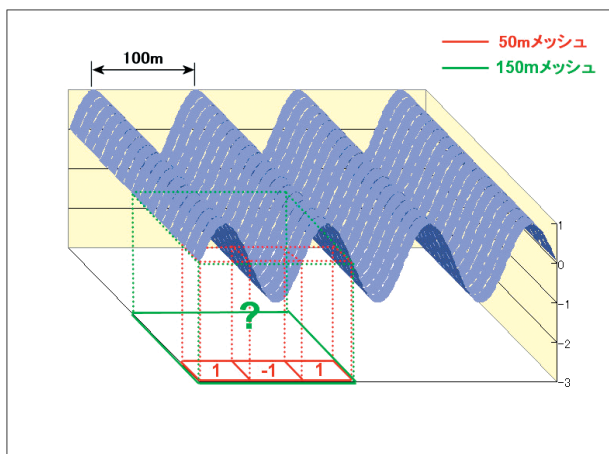


第3図 津波のメッシュ境界面反射の様子
Fig. 3 The state of the border reflection of Tsunami

4 考察

4-1 異なるメッシュ間の制限

異なるメッシュで津波を表現する場合、その相互のメッシュ間において波長に制限が生じる。大きいメッシュから小さいメッシュへと津波が伝播することは理論上問題ない。しかし、小さいメッシュから大きいメッシュに引き継ぐためには、小さいメッシュ上の津波の波長が大きいメッシュの格子長より大きい必要がある。例えば、波長50mの津波を150mメッシュで表現することはできない。これは、波長がメッシュの分解能以下となるためである。したがって、メッシュで表現できる理論的限界波長は、格子長の2倍となる(図4)。

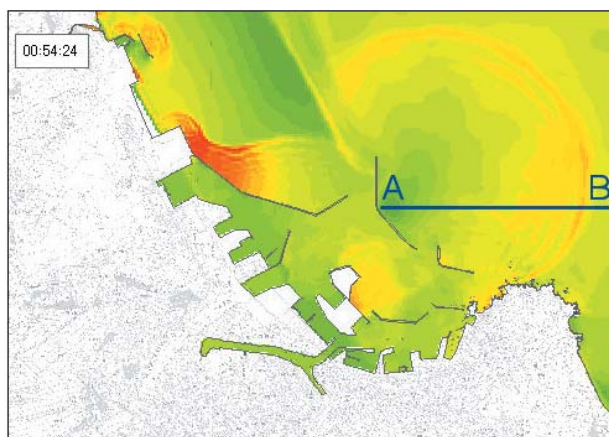


第4図 津波の波長と格子長との関係

Fig. 4 The relation between Tsunami wavelength and grid length

4-2 メッシュ境界での津波の振舞

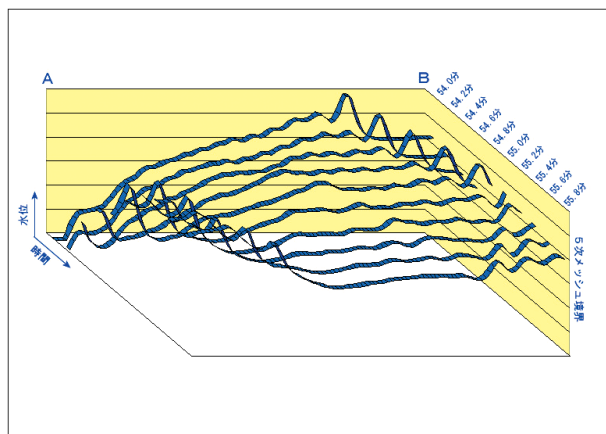
境界面での津波の反射の様子を断面A-B間において見てみる (図5)。



第5図 津波の断面図

Fig. 5 The cross section of Tsunami

沖防波堤Aで反射された津波は、地震発生後55分後に5次メッシュの境界Bに達し、その津波は反射されている (図6)。図6における境界Bに到達する直前 (55.0分) の津波の波長を計測したところ、波長はおよそ300 mであった。これは、引き継がれる4次メッシュの格子長の2倍にあたる。つまり、メッシュを引き継ぐための理論的限界波長に近い津波であったため、境界面で反射されてしまったと考えられる。

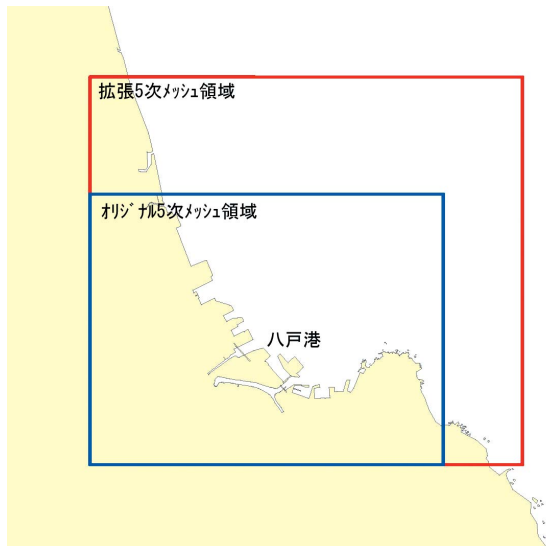


第6図 A-B間における津波の時系列

Fig. 6 Time Series of Tsunami between A and B

5 対処方法

津波の波長は、水深に比例して長くなることから、反射された波が境界面に達した時に波長が長くなるように5次メッシュ領域を水深が深い沖側に広げた。あまり広げすぎてもメッシュ数が多くなり、計算に時間がかかることから、東に57メッシュ (2,850 m)、北に84メッシュ (4,200 m) 拡張した (図7)。拡張した5次メッシュはデータがないため、4次メッシュから比例分割して作成した。岸線付近では多少粗いかもしれないが、遠浅の海岸である沖合いでは問題ないと判断した。



第7図 メッシュ領域の拡張
Fig. 7 The extension mesh area

6 結果

図8において、拡張5次メッシュによる計算結果の一部を示す。くの字に屈曲した沖防波堤による反射波が図8左においては、境界面反射が直後にわずかに残るものの、時間の経過とともに消滅している。図8右においては、境界面反射が残っているが、図3右と比べると明らかに小さくなり、港内に届かずに消滅している。

結果として、メッシュの領域を拡張することにより、境界での津波の反射をゼロにすることはできなかったが、境界面反射波による港内への影響を最小限に抑えることはできた。このケースは、八戸港の沖合いが遠浅の海岸のため、浅水変形により津波が非常に高くなり、そして、人工構造物がその津波をメッシュ境界面に向けて反射したことから起きた現象であると考えられる。その対策として、

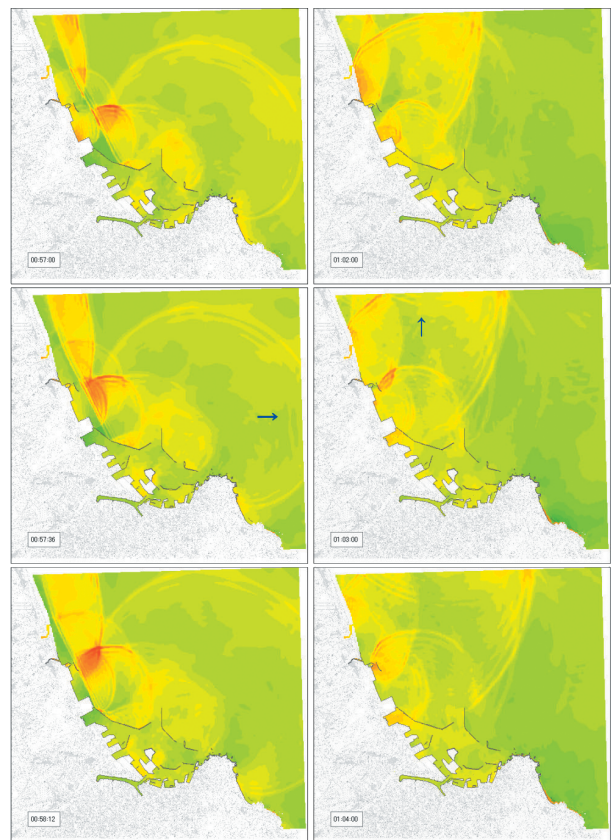
- (1) 5次メッシュの範囲を広く取る
- (2) メッシュの境界は人工構造物から離す
- (3) 4次メッシュによる津波シミュレーションにより津波の振舞いを把握する

といった対策によりメッシュ境界面の反射をあらかじめ回避することが可能と考えられる。

7 その他

海洋情報部の津波シミュレーション計算は、プログラムの仕様上、浅海域では非線形長波理論に基づいた計算方法をとっている。しかし、八戸のような遠浅の海岸においては非線形分散波理論に基づいた計算が必要となる。また、5次メッシュでも波状段波様の津波が見られることから、さらに細かいメッシュにより非線形分散波理論を考慮した計算を行えば、波状段波やソリトン分裂といった、より詳細な津波の振舞いをシミュレートできるものと考えられる。

1983年日本海中部地震では、初めて波状段波やエッジ・ボアといった津波の詳細な様子が映像に記録された。2004年スマトラ沖地震津波では、次々とやってくる段波に翻弄される船舶の様子がインターネットで公開された。このような沿岸における津波の振舞いは、船舶に転覆や航行不能といった非常に



第8図 拡張5次メッシュによる津波シミュレーション結果

Fig. 8 The result of Tsunami simulation in the extension mesh area

危険な状態をもたらす。詳細な津波シミュレーションは、船舶の避難対策にも非常に有効である。

参 考 文 献

- 原子力土木委員会津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術，土木学会（2002）
- 細萱泉，山内明彦，渡辺一樹，加藤幸弘，長屋好治，矢沼隆：津波解析支援GISによる津波防災情報図の作成，海洋情報部技報 23 1-7（2005）
- 首藤伸夫ほか：津波の事典，朝倉書店（2007）