

津波シミュレーションを利用した
津波防災対策の計画

齋藤正文

SAITO Masafumi

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
関東支店
保全防災事業部門
河川港湾部

はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波により、岩手県、宮城県、福島県を中心に、太平洋側の沿岸域では甚大な被害が発生した。その直後から津波シミュレーションによる津波高や浸水深、津波到達時間の検証等が行われ、それを基にした被災原因が推定された。震災から3年以上経過した今、津波シミュレーションを利用

した復興や今後の津波防災対策が盛んに行われている。本稿では、当社をはじめとして建設コンサルタントで一般に使用されている津波シミュレーションの概要を述べるとともに、津波シミュレーションを利用した今後の津波防災対策の検討として、これまで行った「防災緑地の計画」、「津波の河川遡上対策」について紹介を行う。

津波シミュレーション

津波シミュレーションでは平面2次元の線形・非線形長波理論、例えば「後藤・佐藤(1993)」に基づき、津波発生からの時々刻々の水位や流速の変化を予測することができる。計算時の初期水位条件としては、断層モデルによって計算される鉛直変位分布を海面水位として用いる。初期条件設定に必要な海底面の鉛直変位分布について

は、地震発生地盤が均質な弾性体であると仮定し、地震断層運動に伴う変位分布を計算する「Mansinha・Smylie(1971)」の方法や、「Okada(1985)」による弾性波理論に基づいて行われている。津波シミュレーションに使用される地形・水深データは、内閣府の中央防災会議や各自治体によって作成されているものを使用することが多いが、最近では詳細な地形データを必要とすることが多く、LP(航空レーザ測量)データ等を活用し、2m程度の地形・水深データを作成することもある。こうした津波シミュレーションによる検討フローをまとめると図1のように示すことができる。

一般に、津波シミュレーションではモデルの信頼性を確認するため、再現性の検証が行われる。文献やデータベースとして整理されている痕跡値を参照することになり、例え

ば、歴史的な津波であれば『日本被害津波総覧[第2版]』(渡辺偉夫著)や、「津波痕跡データベース」(東北大学大学院災害制御研究センター)等が広く利用されている。

東北地方太平洋沖地震津波の再現

津波シミュレーションによる再現計算の一例として、東北地方太平洋沖地震津波による、福島県から岩手県の沿岸の津波を再現した結果を図2に示す。シミュレーションによる時系列の水位変動は、NOWPHAS(全国港湾海洋波浪情報網)によるGPS波浪計による福島県沖、宮城北部沖、宮城中部沖、仙台新港、岩手中部沖および岩手南部沖における観測潮位との比較を行った。

その結果、津波シミュレーションのうち、福島沖から仙台新港について

は、全体的な水位変動の傾向、ピークへの立ち上がり、最大値の大きさとも良好に一致している。一方、岩手中部沖および岩手南部沖では、最大値および位相ともにややずれている。

しかしながら、この2地点でのシミュレーションでの水位変動は「河合ら(2011)」が示しているように、ピークに達する前の小さな峰を伴う穏やかな上昇と、その後の急激な水位の上昇が再現されており、変化の傾向は十分に再現されていると判断した。

防災緑地の計画

東北地方の沿岸域では、海岸堤防の復旧にあわせて、防災緑地の計画が行われている。例えば、ある自治体では、津波の減衰と漂流物の捕捉に対して一体となって効果を発揮させることを目的として、海岸堤防と組み合わせた防災緑地の計

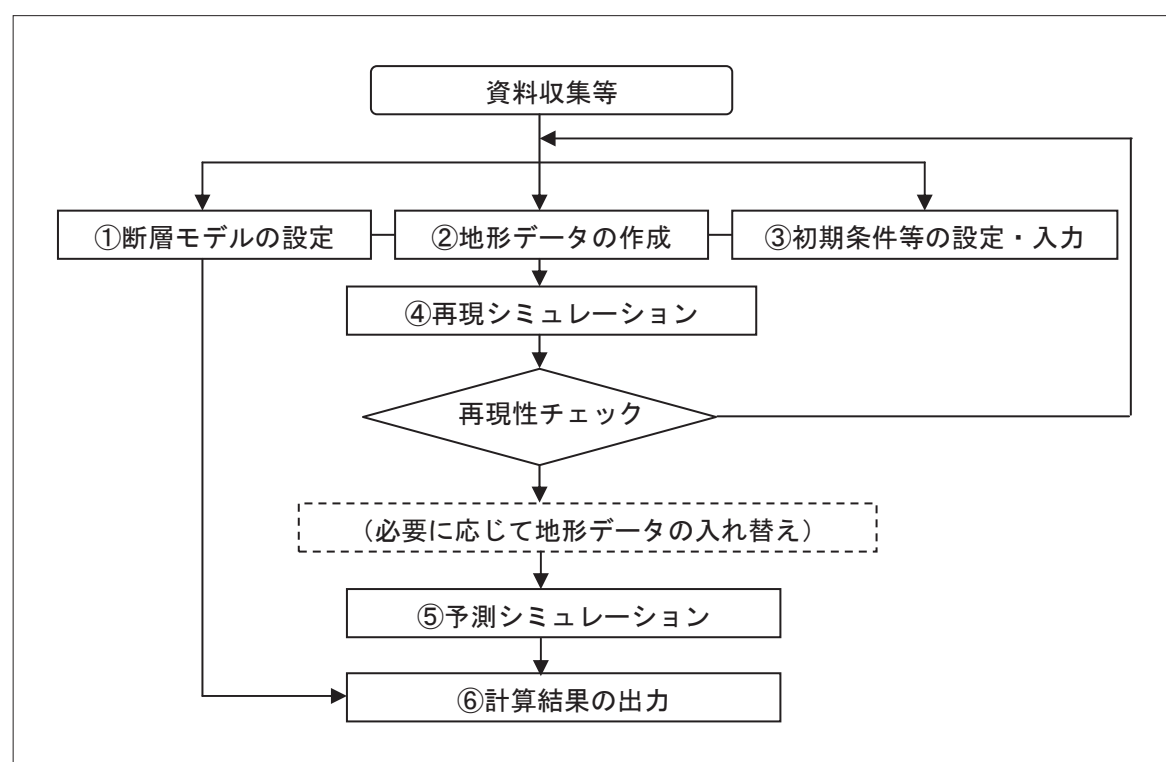


図1 津波シミュレーションの検討フロー

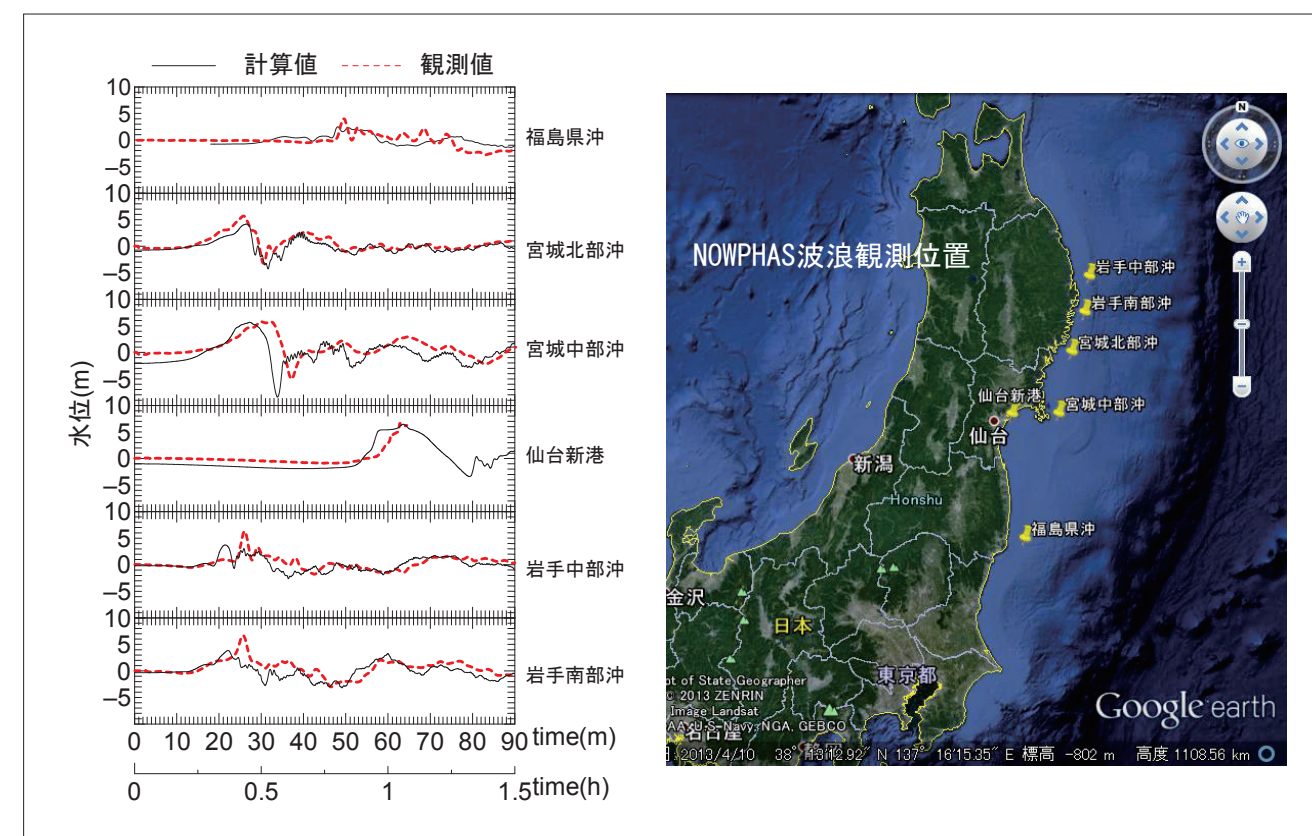


図2 津波シミュレーションによる東北地方太平洋沖地震津波の再現



図3 防災緑地イメージパース

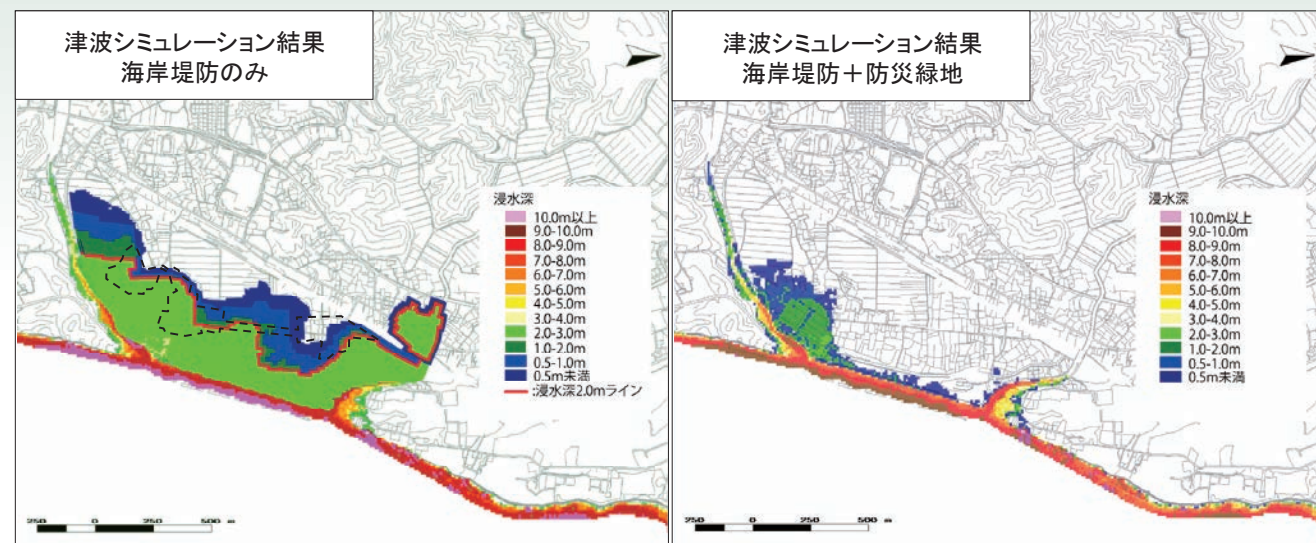


図4 防災緑地の検討(津波シミュレーションによる浸水深の分布図)

画を行っている。

海岸堤防の高さは、一定の頻度(数十年から百数十年に一度程度)で到達すると想定されるいわゆるレベル1津波と、高潮による打上高によって決まる高さのうち、高い方が採用されている。一方、防災緑地の地盤高は、植栽による漂流物の捕捉効果が期待できる浸水深2m程度は許容するものとし、隣接する海岸堤防、道路、橋梁等の高さを踏まえ、最大クラスの津波に対しても避難が可能となるような高さが計画されている。

津波シミュレーションでは、現況の地形と防災緑地のある将来の地形で比較し、浸水範囲や浸水深の減少を効果として評価し、計画・設計に役立てることになる。図4は、

津波シミュレーションによる最大浸水図を示したものであり、海岸堤防のみと比較して、防災緑地を反映させた予測結果からは、浸水範囲と

浸水深が大きく減少していることが分かる。

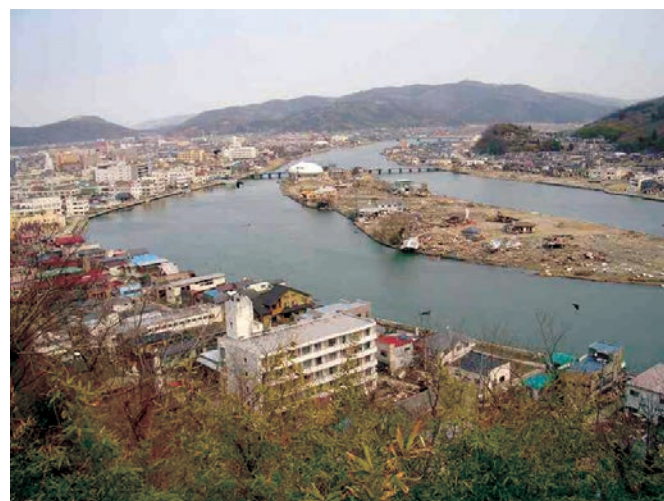


写真1 津波の河川遡上による被害の状況

津波の河川遡上対策

津波による浸水被害は海岸線からだけでなく、河川内を伝搬し、堤内地へ浸水する場合もある。写真1は、東北地方太平洋沖地震津波発災直後の宮城県石巻市内を流れる旧北上川河口周辺の状況である。津波の河川遡上によって甚大な被害が発生したことがわかる。遡上時には船舶等の漂流物を伴うこともあり、河川周辺に住宅地が密集しているような地域では、津波の河川遡上対策が今後の課題となる。

津波の河川遡上も津波シミュレーションによって検討されることが多い。『津波の河川遡上解析の手引き(案)』(国土技術センター)による

と、津波の河川遡上は、波源域から沿岸域までの伝播過程を再現し、河川内の予測には横断方向に5メッシュ程度の地形データを用いて行うものとされている。また、河川水位は不等流計算によって得られる平常時の水位を考慮することが一般的となっている。

このようにして得られたシミュレーションの結果は、浸水予測図や河川縦断方向の最大水位として整理され、現況堤防高や計画堤防高に対する検証を行い、必要に応じて対策工を検討する。対策工としては、水門で津波の遡上を遮断する方法や、堤防高の不足箇所の嵩上げ等が考えられる。

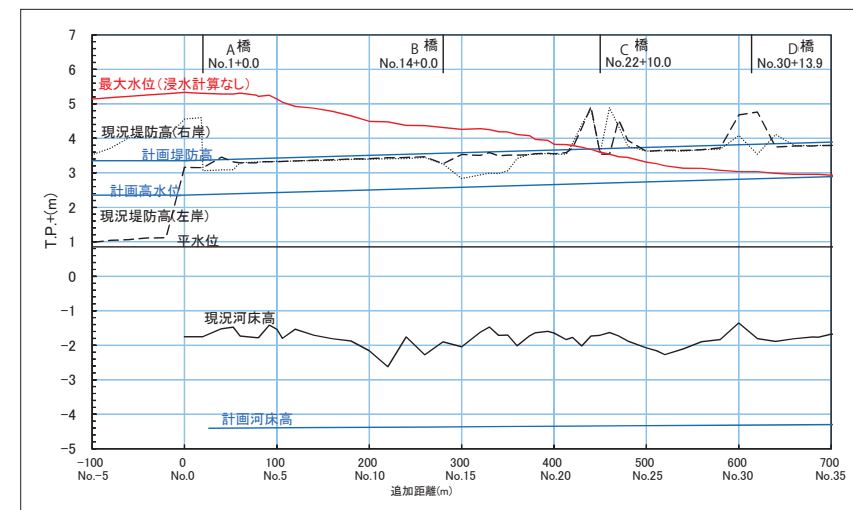
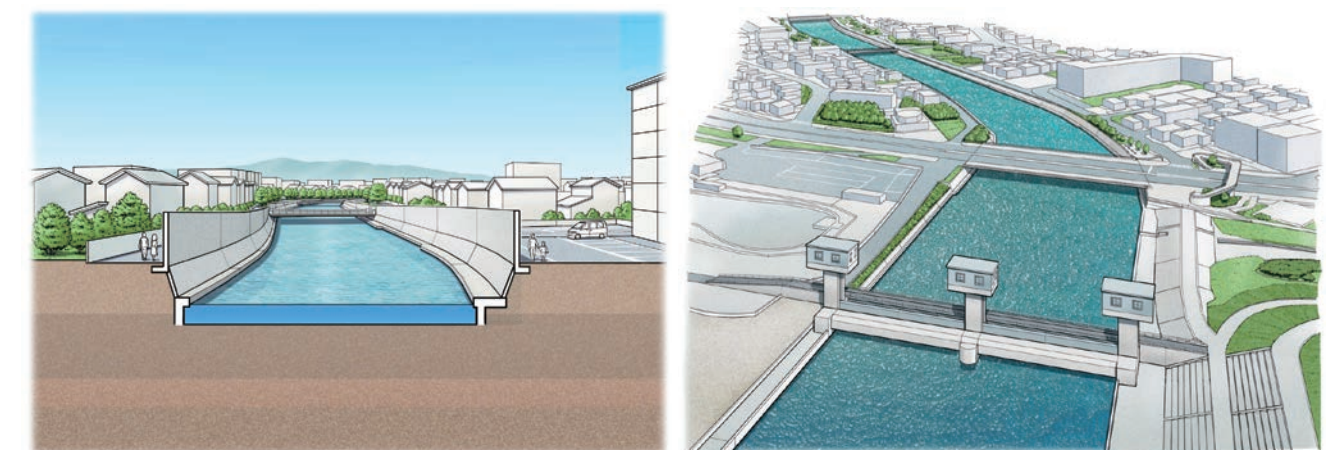


図5 津波シミュレーションの結果(津波最大水位の縦断図)



対策工 嵩上げ

図6 津波の河川遡上対策のイメージ

おわりに

防災緑地や河川遡上対策の他にも、津波避難タワーや道路を利用した津波対策が各地で行われている。津波避難タワーの構造検討では、鉛直方向の波圧分布を求める必要があり、既存の津波波圧公式が適用できない場合は、3次元の解析が可能なシミュレーター「STOCK／富田・柿沼(2005)」や「3次元の数値波動水槽CADMAS-SURF/3D(2010)」(沿岸技術研究センター)等のモデルを利用することも多くなってきている。ただし、3次元解析では、解析時間やデータ作成に多大な時間と労力を要することがあり、プログラムの並列化や検討ケース数の絞込み等、効率的な検討が必要である。

<参考文献>

- 1) 後藤智明・佐藤一央(1993):三陸沿岸を対象とした津波数値計算システムの開発、港湾空港技術研究所報告 vol.032, No.02, pp.3-44.
- 2) 河合弘泰・佐藤真・川口浩二・関克己(2011):GPS波浪計で捉えた平成23年東北地方太平洋沖地震津波、海岸工学論文集、Vol.67, pp.1291-1295.
- 3) 富田孝史・柿沼太郎(2005):海水流動の3次元性を考慮した高潮・津波数値シミュレータSTOCの開発と津波解析への適用、港湾空港技術研究所報告 vol.044, No.02, pp.83-98.
- 4) Mansinha, I., Smylie, E. (1971): The Displacement Fields of Inclined Faults, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- 5) Okada, Y. (1985): Surface deformation due to shear and tensile faults in a half space, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.75, No.4, pp.1135-1154.