

スリランカ・ゴールにおける 2004 年インド洋津波の浸水計算

港湾空港技術研究所	正会員	富田 孝史
港湾空港技術研究所	正会員	○本多 和彦
港湾空港技術研究所	正会員	東野 洋司

1. はじめに

高度に利用された臨海部には、様々な建物が並び、さらに、大小様々な船舶、コンテナ、自動車等が存在する。2004年インド洋津波は、オイルタンクを含む沿岸の建物等を破壊し、船舶等を内陸に押し流して被害を拡大した。一方、港湾等の構造物、砂丘、沿岸林が津波を低減し、被害を軽減させた事例も数多く見られた。

本研究では、津波防災に向けて被害を具体的に予測する必要があると考え、そのツールとして数値計算モデルの開発を行ってきた。本講演では、スリランカのゴールにおける2004年インド洋津波の浸水被害を対象として数値計算を行い、数値計算モデルや使用した地形・建物データによる結果の差異について検討した結果を報告する所存である。また、計算結果の分かり易い見せ方の検討結果も合わせて報告する。

2. 数値計算モデルの概要

使用した数値計算モデルは、これまで開発してきたSTOC (Storm surge and Tsunami simulator in Oceans and Coastal areas) である。このモデルは3次元モデルを含む3つのサブモデルから構成され、大洋を含む広領域から構造物と干渉する局所的な津波の挙動を一括して計算可能である。なお、今回の計算では、ゴール市における津波被害を捉えることを目的として、以下に概説するSTOC-ICとSTOC-MLの接続のみを考えた。

STOC-ICは、臨海都市を対象としつつ、構造物との干渉を考慮できるサブモデルである。基礎方程式は、3次元非圧縮性流体の連続式およびレイノルズ平均したナビア・ストークス方程式による運動方程式である。このモデルの特徴は、水表面の算出を鉛直方向に積分した連続式により行うことである。このために、砕波のような現象は再現できないが、比較的大きな計算格子が使用できるので、臨海都市といった範囲を対象とした計算が可能である。

STOC-MLは、大洋などの広領域における津波を対象にしたサブモデルである。このため、計算領域を鉛直方向に多層に分割し、各層で静水圧を仮定した、準3次元の多層レベルモデルである。静水圧を仮定することにより圧力の計算を行わないので、計算負荷はSTOC-ICに比べて非常に小さい。なお、津波計算の実務に使われる平面2次元モデルは、1層としたSTOC-MLに近いモデルである。両者の差異は、STOC-MLでは各層の平均断面流速を解析するのに対し、平面2次元モデルは線流量（流速の鉛直積分値）を解くことである。

なお、これらのサブモデルの妥当性については、既に報告済みである（富田・柿沼, 2005）。

3. 浸水計算の概要

沖合では大洋水深総図（GEBCO）の1分間隔データと沿岸では1/312,000～1/10,000の海図（米国製）から読みとった水深を使用した。なお、デカルト座標系に変換する際には、スリランカ周辺で歪みが少ないように東経81°を基準経度にしたUTM座標に変換した。

波源域からゴール港周辺に向けて8段階の計算領域接続を行った。特に、浸水計算を行うに当たり、建物の存在を計算上に反映させるために、第8計算領域（図-1参照）の計算格子サイズを2.5mとした。

陸上地形（標高）および建物は、スリランカのSurvey Departmentによる1万分の1のデジタルマップを使用し、今回の計算では、建物の高さは全て地上から5mとした。また、建物の破壊は考慮していない。

使用した数値モデルは、第1～7計算領域ではSTOC-ML、第8計算領域ではSTOC-ICである。なお、比較計算のため、建物を粗度としてのみ考慮する（建物による反射などが発生しない）ケースを行い、この場合

キーワード 津波, 浸水, 数値計算

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所 津波防災研究センター TEL 046-844-5052

には第8計算領域にも STOC-ML を配置した。

津波を生起する地震断層のモデルには、スリランカの津波を説明するため断層パラメーターを調整したもの（富田・本多，2005）を使用した。ただし、ゴールにおける津波痕跡高さと比較した結果、この断層モデルによるゴールでの津波高さは0.5m程度低かった。

4. 計算結果

建物による津波低減効果：図-2および図-3は、それぞれ建物を考慮した場合（Case1）と考慮しない場合（Case2）の最大浸水深分布を示している。両者を比較すると、建物を考慮した場合の方が浸水領域は狭くなり、浸水深も相対的に浅くなっている。これは、陸上の建物などの構造物によって津波の遡上が弱められたことを示している。

3次元モデルの適用性：第8計算領域に STOC-IC を配置した図-2と STOC-ML を配置した図-3の比較から、3次元モデルの効果を検討する。両図において浸水領域や浸水深に差異が認められるが、これらは3次元モデルの効果よりも、上述した建物の有無によって生じたものである。したがって、今回の計算から浸水深を検討する場合には、3次元モデルが多層レベルモデルに比べて特に優位であるとは言えなかった。これは、今回対象とした地域は平坦な場所であり、かつ構造物を顕著に乗り越えるような津波を対象としなかったことから、非静水圧性が顕著に現れなかったと考えられる。

実被害との比較：実際の浸水領域と比較すると、建物を考慮していない Case2 は、かなり浸水領域が広がった。今回採用した断層モデルによる津波は、実際よりも約0.5m程度低いことを考慮に入れると、建物なしの場合は浸水領域を過大に推定してしまっている。一方、建物を考慮した Case1 では、実際の浸水領域よりも若干狭くなっており、計算上の津波高さが少し低いことを考え合わせると、概ね良い推定結果になっていると判断できる。

5. おわりに

数値計算上で建物を建てることにより、浸水領域の面積や浸水深が異なるだけでなく、浸水の拡がる過程にも差異は現れる。すなわち、長大な建物があると、津波はその建物を迂回するように流れ、建物の背後に津波が流れ込む時間が遅れるとともに、その周辺における流れ方が変化する。それを示す動画は、津波の挙動を把握するのに効果的である。

なお、本研究の一部は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の平成18年度運輸分野における基礎的研究推進制度の補助を受けたことを付記し、ここに謝意を表す。

参考文献

- 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，第44巻，第2号，pp.83-98。
 富田孝史・本多和彦（2006）：スリランカにおけるインド洋津波の数値計算による再現に向けて，海岸工学論文集，第53巻，pp.251-255。

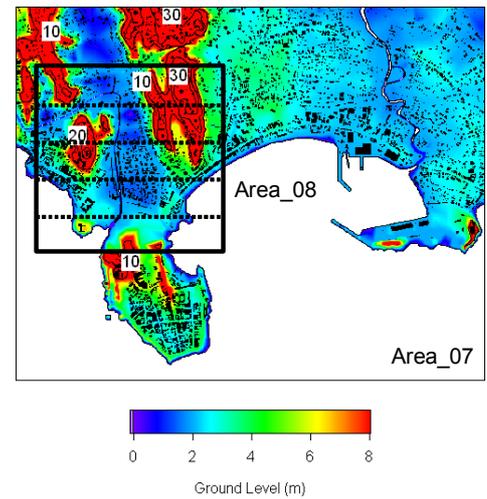


図-1 第7および第8計算領域における標高および建物データ

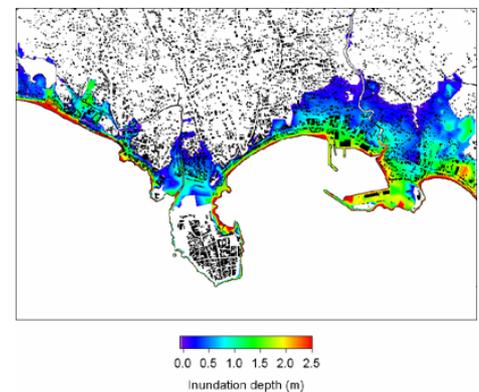


図-2 Case1の最大浸水深分布

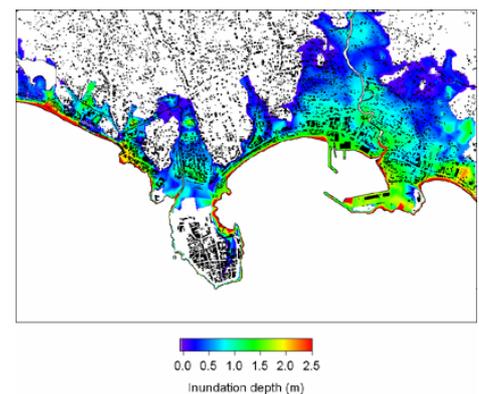


図-3 Case2の最大浸水深分布