

## 沿岸都市部津波シミュレーションに基づく地下シェルターの可能性の検討

長崎大学大学院 学生会員 ○田中栄一 石田純平  
フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本知史 李 博

## 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、東北地方から関東地方にかけて甚大な被害がもたらされた。特に岩手・宮城・福島などの太平洋沿岸部では場所によって波の高さが 10m を越える大津波が発生したことで、市街地が壊滅的な被害を受けた地域もあった。本災害のような大規模な地震災害を研究することは、これから発生すると想定されている東海・東南海・南海地震の防災対策に大きく貢献できると考えられる。本研究では、まず、GIS を活用し津波の浸水シミュレーションを行い、海岸線より陸上への浸水の仕方を把握する。そして、災害が発生した際に有用な防災備蓄施設の一つとして地下シェルターを提案する。東日本大震災において地下空間の被害が軽微であったことをふまえて、地下シェルターの活用法を考える。また、地下シェルターの利用を考える上で、津波が地下構造物の安定性に与える影響を把握するため、数値解析を実施した。本研究では、大分市を対象に地質分布を調べるとともに、沿岸都市部津波対策としての地下シェルターの適用性及び有用性を考察し、地下シェルターの実用可能性について検討することを目的とする。

## 2. 解析対象と方法

本研究では、沖合の日向灘を震源とした海溝型地震が過去何度も発生しており、これからも発生する確率が高いこと、また、市内全域が比較的低平地に位置しているため津波の被害を受けやすいことから、図-1 に示す大分市を津波シミュレーション、並びに地下構造物解析の対象とした。

本研究では、津波解析プログラム<sup>2)</sup>を使用して津波シミュレーションを行った。このプログラムは非線形浅水長波方程式から成り立っており、近々起きると考えられる東海・東南海・南海連動型地震による津波高さを算出できる。今回のシミュレーションの対象は、北緯 30 度から北緯 36 度、東経 129 度から東経 141 度までの東西方向 1040km、南北方向 668km の範囲である。空間格子の長さを 1km で計算し、地震発生から 14400 秒間（4 時間）の津波の経時変化を導いた。有限差分法を用いた地下構造物解析では、津波シミュレーションより得られた最大津波高さを水深と設定し、大分市の地質データをもとにモデルを作成した。津波によって発生する静水圧と底面せん断応力を数値モデルの上面（地表面）に与え、地下深度 10m に大きさ 20m×5m、壁の厚さ 1m の地

図-1 対象地域<sup>1)</sup>

表-1 解析で用いる地盤の物性値

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| 密度(kg/m <sup>3</sup> )     | 2000              |
| ヤング率(N/m <sup>2</sup> )    | $9.0 \times 10^8$ |
| ポアソン比                      | 0.3               |
| 体積弾性係数(N/m <sup>2</sup> )  | $7.5 \times 10^8$ |
| せん断弾性係数(N/m <sup>2</sup> ) | $3.5 \times 10^8$ |
| 粘着力(N/m <sup>2</sup> )     | $5.0 \times 10^4$ |
| 引張強度(N/m <sup>2</sup> )    | $2.0 \times 10^4$ |
| 内部摩擦角(°)                   | 30                |
| ダイレイション角(°)                | 0                 |

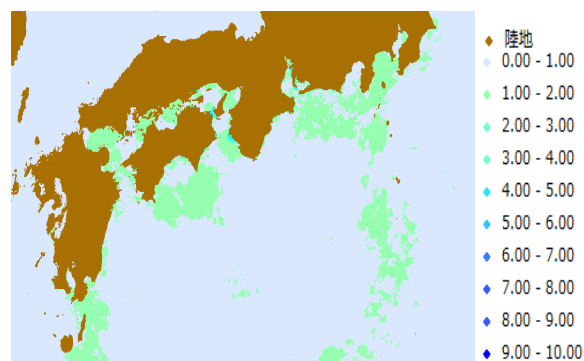


図-2 最大波の様子（広域）



図-3 最大波の様子（大分市）

下構造物を設け、津波がその構造物の安定性に与える影響を調べた。表-1 に地盤の物性値を示す。

### 3. 解析結果

津波シミュレーションにより、最大波が地震発生してから 2 時間 40 分後大分市に到達し、最大津波高さは 3.5m であることがわかった。図-2 に最大波の様子、図-3 に最大波の拡大図(黄色枠は大分市)を示す。図-4 に大分市の公共施設数と標高を示す。黒、灰色、赤枠はそれぞれ人口の多い本庁地区、鶴崎地区、植田地区を示している。また、公共施設が多い地域では、沖積層で構成されている軟弱地盤である。図-5 より、地下構造物は全体として左斜め下に最大で 1.34cm ほど変位している。図-6 より、地下構造物上部の地盤内で破壊が発生しているが、構造物の壁面には破壊はあまり発生していないことが確認できた。

### 4. 考察

大分市指定の津波避難場所は市内に多数存在するが、その多くは小学校や公園といった公共施設等であり、低平地部に位置していることが多く津波来襲の際は危険である。また、図-4 に示すように人口が多い地域は低平地部・沿岸部に密集していることから、連動型地震が誘発した高い津波が来たときには危険性が高い。人口の 23.5% が 65 歳以上であることから、長距離の移動が困難とされる人口の割合も高いと推測できる。例えば、高齢者は高層ビルに登ることは体力的にも困難であり、避難中の移動の際に怪我を負ってしまう可能性もある。避難の際に、なるべく負担を軽減することが重要である。低平地に地下シェルターがあれば、長距離の移動を省くことができ、短時間で多くの市民が同時に避難できるといった利点があると考えられる。地下構造物上部は軟弱地盤であり破壊が著しくなっているが、構造物の壁と内部は破壊が無く、構造物上端部の応力値は一般的な設計基準強度である  $5.1 \times 10^7 (\text{N/m}^2)$  を下回るので安全性が保たれている。従って、コンクリートは設計基準強度以上であれば津波に耐えられると考えられる。

### 5. おわりに

本研究では大分市を対象とした津波シミュレーションと地下構造物安定性解析を実施し、津波が地下構造物の安定性に与える影響を考察した。今後は、地下シェルターの実用化を目的に、立地選定や移動ルートを含めて研究を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) Open Data Commons Open Database License : 「Open Street Map, 2004.
- 2) 今村文彦(2006) : 「TSUNAMI MODELING MANUAL(TSUNAMI MODEL), 2006.

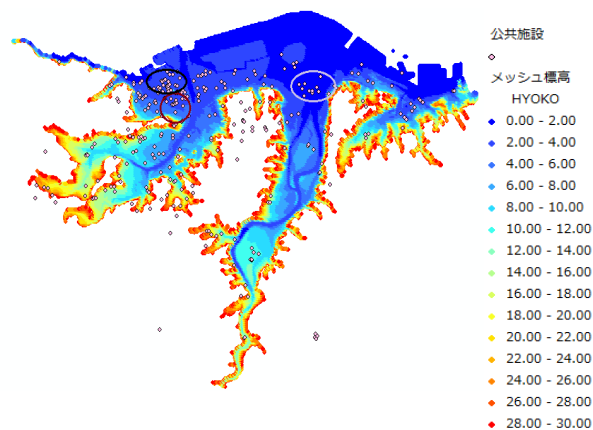


図-4 大分市の公共施設の分布と標高

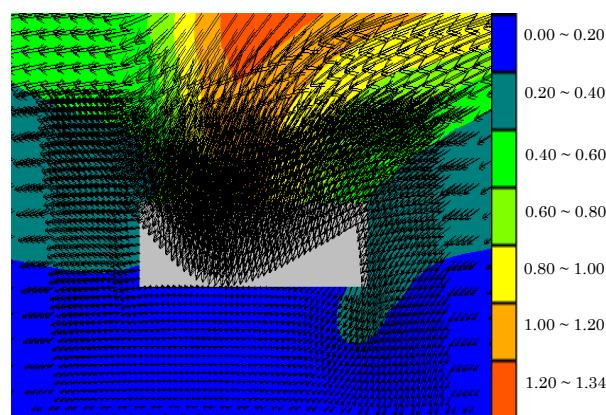
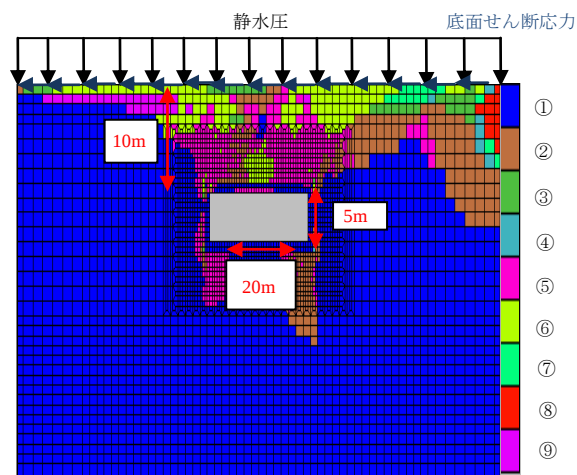


図-5 変位ベクトル図(単位: cm)



- ①破壊なし
- ②せん断破壊 (正負)
- ③せん断破壊 (正負)と引張破壊 (正)
- ④せん断破壊 (正負)と引張破壊 (正負)
- ⑤せん断破壊 (正)
- ⑥せん断破壊 (正)と引張破壊 (正)
- ⑦せん断破壊 (正)と引張破壊 (正負)
- ⑧引張破壊 (正負)
- ⑨引張破壊 (正)

図-6 要素ごとの塑性状態

【キーワード】: 津波, 東海・東南海・南海地震, 地下シェルター

【連絡先】 E-mail:bb35511018@cc.nagasaki-u.ac.jp TEL: 095-819-2626 FAX: 095-819-2627