新潟市域における土層厚空間分布の確率的推定と地盤応答特性評価

新潟大学大学院	自然科学研究科	環境科学専攻	学生会員	○尾崎	佑輔
新潟大学 自然科	学系(工学部)	建設学科	正会員	大竹	雄
新潟大学 自然科	学系(工学部)	建設学科	正会員	保坂	吉則

1. はじめに

近年,地震リスクに対する関心が高まり,地震リスクの定 量的評価が注目されている.新潟市は工学的基盤が深く,40m に及ぶ砂丘列が分布している.この特異な地盤構造に対して, 細かな地域でリスクの判定をする必要がある.本研究ではそ の準備として,既存の情報に忠実な新潟市中心部の沖積地盤 モデルの作成し,そのモデルに対し地震応答解析を行う.

2. 新潟市域の地盤構造のモデル化

2.1 研究に用いるデータ

本論では、①砂丘や河川の地形変遷を考慮して地形分類を 行った地質図幅¹¹(図1),②複数の地質断面図、③新潟市の 沖積層基底コンター図、④ほくりく地盤情報システムのボー リングデータを用いる.以後、①の地形分類を微地形区分と 呼ぶ.図1中に分布する点は、④である.多くのボーリング データは、ある程度の深度に達すると急激にN値が上昇し、 硬い砂地盤になる.これは新潟市特有の特徴であり、新潟市 域の砂層の中に二種類の層が存在していると判断した.

2.2 モデル化の流れ

モデルには,砂層を二分する境界面(As1As2境界面)を導入する.その境界条件は代表値としてN値20に達する際の標高値とし,その上部を軟弱な砂層,下部をよく締まった砂層と定義した.したがって,予め微地形区分毎にN値20に達する標高値の確率を求めた.図2に,主要な微地形区分の結果を示しておく.

モデル化には,層の境界面を作成し,境界面の間を同じ地 盤物性を持った地盤で埋め込む方法を採用した.地質は、② の断面情報からシルト,粘土,砂としている.作成した面情 報は,標高値,As1As2境界面,砂層と粘土層の境界面(As2Ac 境界面),粘土層とシルト層の境界面(AcAal境界面),およ び工学的基盤である.

2.3 As1As2 境界面の空間補間

As1As2 境界面は, Simple Kriging とベイズ推定による空間 補間を行った. Kriging はいくつかの観測点 x_i があるとき,そ れらの空間的相関性を用いて推定したい場所の物性値 ε_i を確 率場に内挿していく手法である. 推定値 $Z(x_{est})$ を求める式は, 次式によって与えられる.

$$Z(x_{est}) = \mu z + C^{-1} \gamma \varepsilon(x_i) = \mu z + \hat{\varepsilon}(x)$$
(1)

また, Simple Kriging とベイズ推定は多次元正規分布の理論から,等価であることが知られている.ベイズ的に解釈すると,下記の式で書くことができる.

$$E[\varepsilon(x)|\varepsilon(X_{obs})] = \gamma^T C^{-1}(X_{obs} - \mu z)$$
(2)

したがって本論では,事前情報に観測値の平均値を設定したものと,微地形区分を設定したものの2つを議論していく. ここで,N値20に達する標高値の自己相関関数を図3に示す. 自己相関関数は,観測点間の距離に応じて,互いの情報にどれだけの相関性があるのかを示している.黒丸のプロットは クラウドを50m間隔で平均した点であり,青線はそれらを指



図 3 N 値20に達する標高値の自己相関関数

数モデルでフィッティングした回帰曲線である.分析結果は $\theta = 1800(m), \eta = 0.31$ であった.ここで η は観測誤差である. 回帰した自己相関関数は,既存情報の不確実性についても考 慮したモデルである.

次に,事前情報を微地形区分にしたベイズ推定を見ていく. その事前情報は,図1の分布をメッシュに切り分け,図2で 計算した標高値を当てはめることで作成した.この段階では, 地形境界に段差がある不連続な面情報である.そのため,便 宜上 Kriging を実行することで,連続した工学的境界面を作 成した.この事前情報にボーリングデータの深度情報を更新 した結果を,図5に示す.図4と比べると,物見山をはじめ

キーワード N値, 微地形, Kriging, ベイズ推定, 地盤応答解析 連絡先 〒950-2102 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地 TEL090-4720-8404

とする新砂丘Ⅲの高い標高が表現できている.また,鳥屋野 潟水域の軟弱層,明瞭なバリアのコンター図など,新潟の地 形情報とよく対応している結果が得られた.



図 5 事前=微地形としたベイズ推定の結果

96

37.

3. 地盤応答解析

一次元応答解析プログラム SHAKE (DYNEQ)を使用し,新潟市 域の地震応答特性を検討する.解析するモデルは3つとする. 地質図幅の断面図を参考にした3層のモデルをモデル1,図4 を取り入れた4層のモデルをモデル2,図5を取り入れたモ デルをモデル3とした.工学的基盤への入力波は,図6に示 す3つとする.フーリエスペクトルの卓越箇所は,波-1が0.7 ~2.0秒付近,波-2が0.55秒付近,波-3が1.2秒付近にあ った.

この場では,波-3を入力したときの解析結果のみを示す(図 7).解析結果は、基盤から地表面までの加速度の増幅率を示 している.2つの結果から、軟弱層の有無で結果が大きく変 わることが分かった.さらに4層モデルの結果が新潟地震の 液状化被害分布図(図7c)と概ね一致していることから、4 層モデルの有意性が定性的に示された.

4. 結論

事前情報を微地形区分に設定したベイズ推定により,新潟の地形に則したAs1As2境界面を作成できた.4層モデルの解析結果は,新潟地震の被害分布と概ね一致し,定性的にモデルの有意性を示すことができた.



1)藤本一雄,翠川三郎:日本全国を対象とした国土数値情報 に基づく地盤の平均S波速度分布の推定,日本地震工学会論 文集第3巻第3号, PP.13-27, 2003.





図 7 波・3を入射した時の表層の加速度増幅率と、新潟地震の液状化被害分布図

キーワード N値, 微地形, Kriging, ベイズ推定, 地盤応答解析 連絡先 〒950-2102 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地 TEL090-4720-8404

96

37.