

被災確率論を用いた液状化による地盤沈下量推定法に関する研究

新潟大学 学生会員 ○関根 伊吹

新潟大学 正会員 金澤 伸一

新潟大学 非会員 内藤 和輝

1. 研究背景・目的

2011 年の東日本大震災において、多くの地域で液状化被害が発生した。液状化における被害の事例として、広域にわたる地盤沈下や給排水管の断裂、噴砂、建物の傾斜などが挙げられる。耐震補強を施した建物でも、その地点の地盤が軟弱であれば液状化現象が起こり得る。また、給排水管の断裂により断水や下水の排水ができなくなるなどの被害もあった。液状化は従来「人が死なない」災害として周知されていたが、ライフラインなど生活に大きな支障をきたすため、間接的に人的被害に関わる。特に日本は地震大国であるため、経済的かつ費用対効果を確保した液状化対策が重要である。したがって今後、液状化被害に対する予測モデルの確立とその精緻性が要求されている。

液状化対策として、地盤改良や締固めなどが挙げられるが、地盤全域に対して行うことは厳しい状況である。そのため液状化が起こり得る可能性の高い地盤に対して対策することで、経済的かつ費用対効果を確保できると考えられる。そこで本研究では、簡易的な被災確率論を用いた地盤沈下量算定モデルの構築と、そのモデルを用いた新潟県新潟市における地盤沈下量の算出を目的とする。

2. 研究方法

本研究では、千葉県浦安市のボーリングデータと東日本大震災発生後の実地盤沈下量を用いて沈下量算定モデルの構築を行った。モデルの構築では、統計解析ソフト「R」を用いて重回帰分析を行った。重回帰分析とは従属変数(実地盤沈下量)と独立変数(液状化要因項目)との関係式(回帰式)を求めることで、未知の値を予測できるというものである。その要因項目はボーリングデータから得られるものを使用し、砂層までの距離、砂層の厚さ、N 値、地下水位などを

検討している。また、「R」を用いて重回帰分析を行うメリットとしてその回帰式の精度を示す決定係数「 R^2 」やそれぞれの要因がどの程度回帰式に関係しているかを示す「t 値」を確認できることが挙げられる。そして、構築されたモデルに新潟県新潟市のボーリングデータを適用することによって地盤沈下量の予測を行う。そして「ArcGIS Pro」を用いて予想された地盤沈下量をマップ上に表現した。その後、「ArcGIS Pro」の内挿補間機能によりクリギングを行い、ボーリングデータがない地点での地盤沈下量を推測した。また、各種データの入手先としては千葉県浦安市のボーリングデータを「地盤情報ナビ」¹⁾、実地盤沈下量を「千葉県浦安市公式ホームページ」²⁾、新潟県新潟市のボーリングデータを「ほくりく地盤情報モデル」³⁾から引用した。

3. 結果および考察

表 1 に、単回帰分析によって調べた地盤沈下量とそれぞれ要因項目の因果関係を示す。今回単回帰分析を行った結果、ほとんどの要因項目と地盤沈下量の因果関係が弱く、決定係数が 1 より遠い値を示した。したがって、それぞれの要因項目が複雑に重なり合うことで液状化が発生していると考えられる。そこで、すべての要因項目から適当な変数をピックアップし重回帰分析を行い、決定係数が最も高い回帰式を地盤沈下量算出モデルとして採用する。ここで、表 2 に重回帰分析によって得られた回帰式および決定係数を、図 1 に千葉県浦安市の各地点にける実地盤沈下量とモデルを用いて算出された予測値を示す。図 1 内の直線は安全判定線を示しており、直線の上側の部分は安全と考えることができる。これを見ると、実測値が 0.6m 以上になると危険側の分布が増加し、正確に予測できていないと考えることができる。この原因としては、データ収集の際に実測値が大き

連絡先

〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地 TEL025-262-7429

い地点のデータの不足が考えられる。

表 1 単回帰分析結果

独立変数	要因項目	決定係数	t値	p値	自由度調整済み決定係数
X ₁	砂層までの距離 [m]	0.0348735	-1.555941	0.1244335	0.020468631
X ₂	砂層厚さ [m]	0.0102735	0.8339498	0.4072727	-0.004498495
X ₃	埋土の有無	0.0008211	0.2346423	0.8152019	-0.014092046
X ₄	最小N値	0.0164794	-1.059537	0.2931599	0.001799981
X ₅	最大N値	0.0791625	2.3999694	0.0191824	0.065418672
X ₆	平均N値	0.0470386	1.8185579	0.0734486	0.032815334
X ₇	マンホール天端標高 [m]	0.0035523	0.4887258	0.6266318	-0.011320049
X ₈	地下水位 [m]	0.0039466	-0.515238	0.6080829	-0.010919872
X ₉	施工時期	0.0308678	-1.460828	0.1487366	0.016403182

表 2 重回帰分析結果

関数型	回帰式	決定係数
一次関数	$y = -0.05995X_1 + 0.067069X_2 - 0.00649X_3 - 0.03212X_4 - 0.06722X_5 + 0.084459X_6 - 0.03986X_7 + 0.423214$	0.7068756

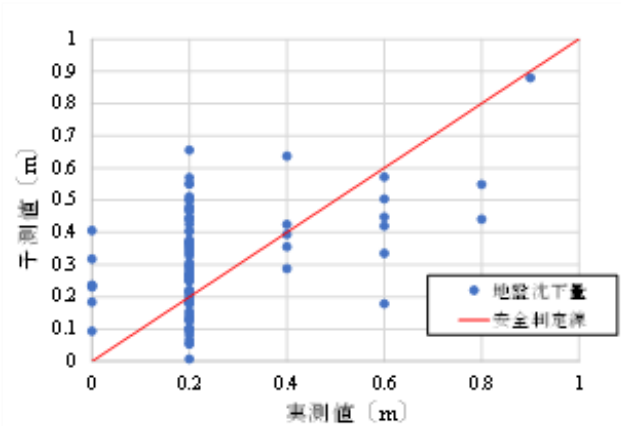


図 3 実測値と予測値の比較

次に新潟県新潟市を対象地域として地盤沈下量算定モデルを適用した。そして図 2 に予測した地盤沈下量とクリギングを用いて算出された地盤沈下量を「ArcGIS Pro」で可視化したものを示す。これを図 3 に示した新潟県の液状化しやすさマップと比較検討する。

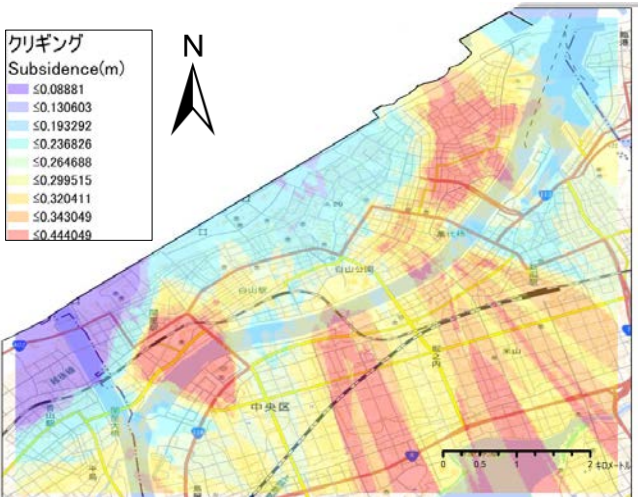


図 2 クリギングを用いた地盤沈下量マップ

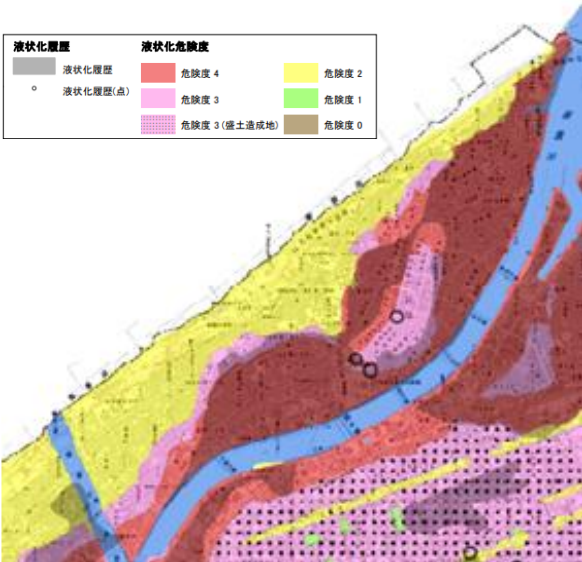


図 3 液状化しやすさマップ

二つの図を比較すると多少の外れ値や予測の差異が見受けられるが、液状化マップと似たような傾向を確認することができた。またクリギングの精度はデータ数に比例するため、データ数が少ない地点では精緻さを欠く結果になった。また、最大で 0.44m の予測地盤沈下量が得られた。

4. まとめ

本研究では、確率論的観点からシンプルな地盤沈下量算定モデルを構築した。その回帰式の関数型としては一次関数型での精度が一番良好となった。また、そのモデルを実地盤に適用し、予測地盤沈下量を算出することを可能にした。それに加え、「ArcGIS Pro」を用いてクリギングを行うことでボーリングデータがない地点での地盤沈下量を推定することができた。そして、推定されたデータを可視化し、既往の液状化予測マップと比較すると沿岸部で地盤沈下量が小さく、内陸部になるにつれて大きくなるというような傾向を得ることができ、本モデルの有用性を十分に確認することができた。

5. 参考文献

1) 地盤情報配信サービス「地盤情報ナビ」,
http://www.geonavi.net/georisknavi2/html/12_chiba.html
2) 地盤改良実施済エリアの改良工法の概要と液状化被害の状況の取りまとめ,
https://www.city.urayasu.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/002/934/lasthoukoku02-02.pdf
3) ほくりく地盤情報システム
<https://www.hokuriku-jiban.info/geoweb/index.php>