

浦安市の液状化による被害と P_L 値の関係

中部大学大学院 学生会員 樋口翔太郎
中部大学工学部 正会員 山田公夫
中部大学工学部 正会員 浅野憲雄
中部大学工学部 正会員 余川弘至

1. はじめに

我が国は、地理的に環太平洋地震帯上に位置し、世界でも有数の地震多発国である。特に、太平洋沿岸の大都市圏は、沖積平野に位置し地震被害が拡大する危険性が高い地域である。近年の地震被害は、地震の揺れによる直接的な構造物被害だけではなく、地盤の液状化に伴う地震被害も多く見られる。そこで本研究は、広範囲で液状化被害が発生した千葉県浦安市に着目し、液状化指数 P_L 値を用いた液状化予測手法(P_L 法)に地盤特性を想定・加味することにより液状化予測の高精度化を目的とした。

2. 検討方法

既存研究等¹⁾では、柱状図から必要な各種地盤特性値を求め、 P_L 法に利用している。ここで、選定する柱状図の量・質にばらつきがあると検討結果に誤差が生じる。このような場合は、各種地盤特性値を種々の地盤想定ソフトを用い補間して利用するが、補間作業を行うにあたって選定した柱状図が対象地域の地盤特性に合致しているかの検証作業に差があった。本研究では、対象地域の地盤特性として P_L 値計算に大きな影響を与える実効震度に着目し、地盤特性に合致しないデータを省いた条件で地層地盤想定ソフトを用いた。その計算結果と、既存の液状化危険度と実際の被害との比較をした。

3. 対象地域の地盤状態の把握

液状化現象は、沿岸埋立地、沖積平野で起こりやすい。浦安市は、市全体を通して埋立地が多く、液状化現象が起こりやすい地盤で構成されていることが知られている²⁾。

本研究では、表1のように液状化被害を4段階に分け、図1に示した液状化被害の地域分布が浦安市の地盤特性、埋立年代などと複合的に関係すると考えた。よって、浦安市における液状化被害地域を埋立終了年代別に区域分けし、区域ごとの既存柱状図分布を示した(図2参照)。図2に示すボーリング柱状図³⁾を利用して対象地域の地盤構成を検討したうえで、地盤構成解析ソフト等を用いて、浦安市全体の地盤特性を把握した。

表 1 浦安市の液状化被害の4段階判定

被害段階	被害の現れ方
極大	・多量の噴砂 ・道路は大きく波打ち鉛直方向に30 cm以上の凹凸や段差あり ・道路わきのU字溝は波打っているか破損 ・低層の構造物は大きく傾いたり沈み込んでいる ・電柱や堰は大きく傾いたり数+cm以上沈み込んだ
大	・噴砂がみられる ・道路は波打ち鉛直方向に10~20 cm程度の凹凸や段差あり ・道路わきのU字溝は一部破損 ・低層の構造物は傾いたり沈み込んでいる ・電柱や堰は大きく傾いたり10~20 cm程度沈み込んでいる
中	・噴砂がみられる ・道路は数cm程度の沈下や亀裂 ・低層の構造物は僅かに傾いたり沈み込んでいる ・電柱の沈下は見られないが堰が少し傾いている
小	・噴砂はみられない ・道路は亀裂や凹凸なし ・低層の構造物は沈下や傾きはみられない ・電柱や堰の傾きなし

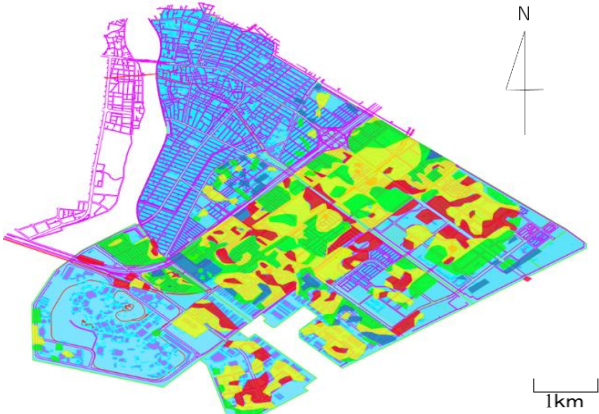


図 1 浦安市の液状化被害の発生範囲

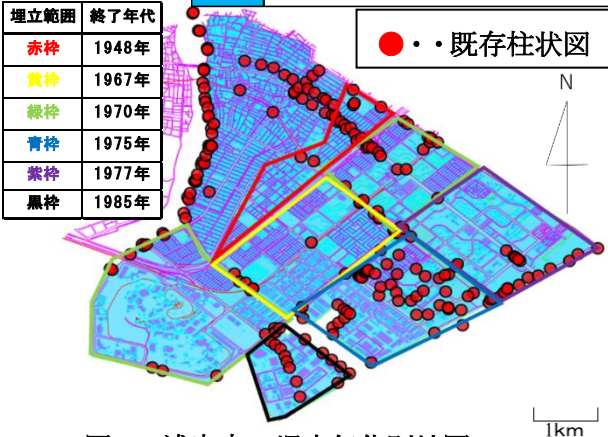


図 2 浦安市の埋立年代別地図

4. 液状化判定手法

本研究では液状化現象の判定方法として、 F_L 値、 P_L 値を用いた判定方法⁴⁾を用いる。

F_L 値と P_L 値の算定式を式(1)、(2)に示す。

$$F_L = \frac{R}{L} \cdot \cdot (1)$$

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x)dx \cdot \cdot (2)$$

ここで、 F_L ：液状化抵抗率、 R ：液状化強度比、 L ：繰返しせん断強度比、 P_L ：液状化指数、 x ：深さ(m)である。この計算では、深さ 20m までの沖積層、またはその厚さが 20m よりも浅ければ、その深さまでを計算対象とし、式(1)の F_L 値の計算に必要な地震力は、東北地方太平洋沖地震を用いて、浦安市の地震応答解析を行い得られた実効震度を用いた。

<実効震度の選定>

当該地域では、検討各箇所の柱状図などを用いて実効震度を算出した後、グラフ・コンター図作成ソフトを用い統計処理することで各検討箇所間の検討結果の有効性を評価した。結果として、実効震度利用可能なデータ数が 50 箇所となった。しかし、既存のグラフ・コンター図作成ソフトでは、検討境界付近のデータが不足すると、区域縁部などが不正確になることが多い。よって、対象区域の地盤構成・特性などについて検討したうえで、区域境界付近の実効震度などを地盤仮定し、再度、実効震度評価を行った結果、有効と判断された結果は 33 箇所であった。先行検討結果では、相関係数 $R=0.5071$ となり、相関が良好とはいえない(図 3 参照)。再地盤評価を行った結果後の相関係数は $R=0.8123$ と相関が良くなった(図 4 参照)。この結果をもとに、当該地域の P_L 値の計算を行った。

< P_L 値の計算>

本研究では P_L 値の計算を行うにあたり、表 2 に示す条件を設定した。(1)、(2)式を用いて、当該地区における P_L 値の検討結果を表 3 のような 4 段階分けた。検討した結果、表 2 の 1-2 のケースがもっとも被害に適合した。この結果を図 5 に示し、 P_L 値検討結果を使用して P_L 値コンター図を作成した。コンター図のラインの詳細を表 4 に示す。作成した P_L 分布と実被害状況もおおむね合致した。

5. まとめ

今回の P_L 値計算では、地下水位を変化させて検討したが、浦安市が埋立地であることなどから基本的に地下水位が高いと考えられ、地下水の設定条件では有意差がみられないという結果になった。ただし、シルト層の液状化条件では、「液状化しない」と仮定した場合が実被害状況と概ね合致した。この結果を基に、地盤特性の要素等を選出することで、広範囲におけるより高精度な液状化判定が可能であると考えられる。

【参考文献】 1) 梶原和博, R. M. Pokhrel, 清田隆, 小長井一男：液状化による道路沈下量と P_L 値の関係に基づく新たな液状化危険度マップの構築, 土木学会論文集, 72 巻 4 号, pp.234-240, 2016.2. 2) 小荒井衛, 中埜貴元：面積調でみる東京湾の埋め立ての変遷と埋立地の問題点, 国土地理院時報, 124 号, pp105-115, 2013. 3) 千葉県インフォメーションバンク地質柱状図：http://map.pref.chiba.lg.jp/pref-chiba/Portal, 2017,5 4) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書(Ⅴ耐震設計編)・同解説, pp134-149, 2012.

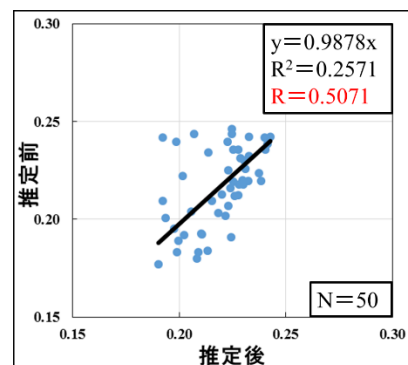


図3 既存研究の実効震度相関図

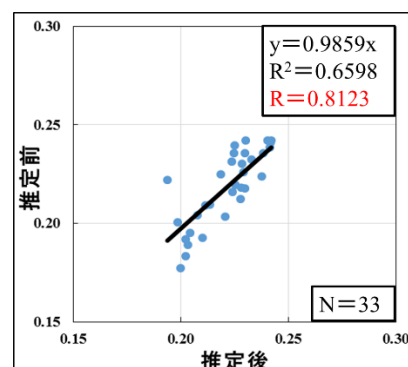


図4 選定後の実効震度相関図

表 2 P_L 値計算の検討条件

		シルトについて	
		液状化すると仮定	液状化しないと仮定
地下水位	実測値に設定	1 - 1	1 - 2
	地表面に設定	2 - 1	2 - 2

表 3 ライン色と P_L 表 4 計算結果と記号

判定結果	記号・色
$P_L > 15$	■
$15 \geq P_L > 5$	■
$5 \geq P_L > 0$	■
$P_L = 0$	■

コンター図のライン	P_L 値
黒	25
紫	20
赤	15
黄	10
緑	5

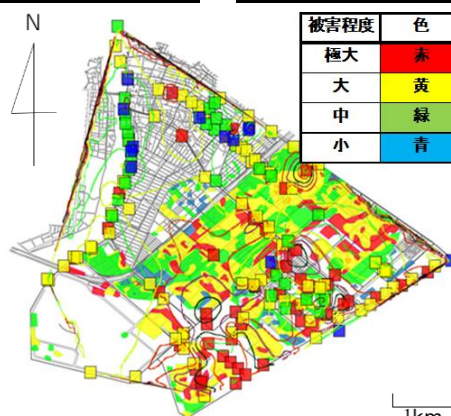


図5 実被害と適合した条件の図