

東日本大震災における宅地の液状化被害の再現性に着目した 液状化被害可能性の簡易判定手法の構築（その1）

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○西丸あずさ 佐藤 成
国土交通省 都市局 非会員 加藤 永 吉田 桂治
東京大学 フェロー会員 東畑 郁生

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、埋立地等の戸建て住宅を中心に液状化被害が多発し、液状化に対する国民の関心も極めて高いものとなっている。液状化の予測手法は、道路橋示方書¹⁾、建築基礎構造設計指針²⁾に示されているものの、戸建て住宅の宅地への適用性については言及されておらず、宅地の液状化被害の程度を定量的に判断できる手法とまでは至っていなかった。そこで、本研究では、東日本大震災の宅地の液状化被害を概ね予測可能な、簡易判定手法の構築を目的とする。本報告では、その1として、東日本大震災の被害実態と既存の液状化被害程度の判定手法を用いた判定結果とを比較し、既存判定手法の課題を整理・評価した結果を示す。その2では、課題を修正した新たな液状化被害可能性の簡易判定手法の提案を行う。

2. 検討内容

東日本大震災で液状化被害のあった地域から室内試験値のある83本のボーリング調査結果を収集し、ボーリング地点の被害状況の確認を行った。続いて、各地点の液状化安全率 F_L 値を算定し（「道路橋示方書」に準拠）、 P_L 法^{1),3)}や H_1 - H_2 法⁴⁾により液状化被害程度を判定した。実際の液状化被害と判定結果とを比較し、両者の整合性を評価した。

- 1) **ボーリングデータの選定**：液状化被害のあった地域で、被害の程度を分類することができ、粒度試験、液性限界・塑性限界試験が実施されているデータを用いた。
- 2) **液状化被害程度の設定**：実際の液状化被害程度は、罹災証明、現地踏査結果や千葉県環境研究センターの調査結果⁵⁾等を参考に、表1の3段階で分類した。周辺に戸建て住宅が無いボーリング地点については、地盤変状から戸建て住宅の被害程度を推察した。
- 3) **作用震度**：検討箇所近傍の地表面における地震観測記録を適用し、最大加速度 α_{max} (gal)を採用した。作用震度は重力加速度を g (gal)として $K_H = \alpha_{max}/g$ を用いた。また、今回の地震動は極端な方向性がなかったため、NS方向とEW方向の合成値を採用した。
- 4) **地下水位の設定**：地下水位は孔内水位を基本として設定した。ただし、地下水位が周辺に比べて極端に低かった検討箇所については、孔口標高と地下水位標高の一次回帰式を作成し、これにより設定した。

5) **液状化被害程度の判定手法**：液状化判定対象深度は地表から20mまでとし、道路橋示方書に基づく液状化指数 P_L 値^{1),3)}（以下、「 P_L 法」と略記。）、および「宅地耐震設計マニュアル(案)」に基づく非液状化層厚 H_1 と液状化層厚 H_2 の関係による判定（以下、「 H_1 - H_2 法」と略記。）⁴⁾を行った。なお、 H_2 層のカウント方法は、明確に定められた方法がないため、本研究では、 $F_L \leq 1$ の層厚を深度20mまで累積して求めることとした。

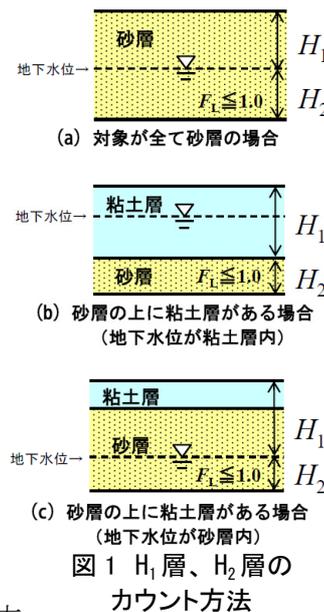
3. 既存の判定手法による液状化被害程度判定結果

1) P_L 法による液状化被害程度判定結果

図2に被害程度毎の P_L 値を示す。被害の程度と P_L 値が相対的に整合している傾向が見てとれる。しかし、液状化地域ゾーニングマニュアルに示される「液状化による影響は大きい」範囲($5 < P_L \leq 15$)に、「軽微～なし」の地点が多く分布されており、液状化被害を過大に判定している可能性が考えられる。

表1 液状化被害程度分類表

液状化被害分類	戸建住宅の被害程度
大●	大規模半壊～全壊
中○	半壊
軽微～なし●	なし～一部損壊



キーワード 液状化判定, 宅地

連絡先 〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5 パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL042-372-7343

2) H_1-H_2 法による液状化被害程度判定結果

図3に H_1-H_2 法による判定結果を示す。中地震のラインを境に、右側に位置する場合は「液状化の影響が地表面に及ばない」、左側の場合は「液状化の影響が地表面に及ぶ」と判定する。被害「大」の地点ほど、「液状化の影響が地表面に及ぶ」と判定されていることが分かるが、液状化の影響の有無を中地震のラインで区分できるほどの明確な差は認められなかった。

3) 既存の判定手法の課題・評価

図3に示す被害「大」・「中」の地点で、「液状化の影響が地表面に及ばない」と危険側に判定される理由として、地震動の継続時間の影響が考えられる。東北地方太平洋沖地震では、地震動の継続時間が長かったことが被害を助長した要因のひとつと考えられており、道路橋示方書ではこのような地震動は考慮されていないため、 F_L 値を過大に評価していると推察される。

また、図3の被害「大」の地点で、 H_1 が3m以上堆積しているプロットに着目すると、図4に示すような埋立土内に $N=0$ の軟弱粘性土が厚く堆積している地点が多かった。液状化地点の N_1 (深度補正 N 値) と細粒分含有率 FC の関係を図5に示す。大きくばらついた特性を有しており、 N 値が低く細粒分含有率の高い層が埋立土・盛土内に堆積されていることが見て取れる。このことから、盛土・埋立土内の軟弱な粘性土は、それ自体は液状化しないものの、地震動によって地表面に変状を及ぼした可能性が考えられ、判定結果は非液状化層厚を過大に算定していることが考えられる。

続いて、図2、図3示されるように、被害「軽微～なし」の地点で、液状化の影響が安全側に判定されている理由として、地盤生成年代の影響が考えられる。図3に示すように、被害が確認されなかった浦安市元町地区で「液状化の影響が地表面に及ぶ」と判定される地点が見受けられた。実際に被害が確認されていない沖積層の F_L 値が1以下と判定され、液状化強度が実強度よりも低く算定されたと考えられる。道路橋示方書の液状化強度推定式は、地盤生成年代が考慮されておらず、埋立層と沖積層の区別もないことから、液状化被害が確認されていない元町地区のような比較的古い沖積層の液状化強度を過小に評価してしまう点が課題として挙げられる。

4. まとめ

P_L 法、 H_1-H_2 法による液状化判定を行い、実際の被害程度との整合性を確認した。いずれの手法を用いた場合も、液状化被害が確認された地点は液状化の影響や程度が相対的にやや大きいと評価される傾向はうかがえたものの、液状化被害の程度を区分するほどの明確な差は確認されなかった。その理由として、①地震動の継続時間の影響、②軟弱粘性土層の変状の影響、③液状化強度に対する地盤生成年代の影響が課題として挙げられた。

謝辞 本論文は、国土交通省 H24 年度宅地の液状化対策の推進に関する研究会の検討成果の一部を取りまとめたものである。研究会委員はじめご協力いただいた方々に感謝の意を表します。

参考文献 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2012. 2)日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 2001. 3)国土庁：液状化地域ゾーニングマニュアル, 1999. 4)UR 都市機構：宅地耐震設計マニュアル(案), 2018. 5)千葉県環境研究センター：平成23年東北地方太平洋沖地震時の房総半島における液状化－流動化現象第1報～第5報, 2012.

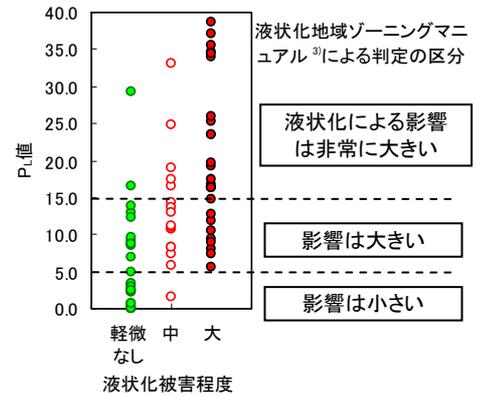


図2 P_L 値法による判定結果

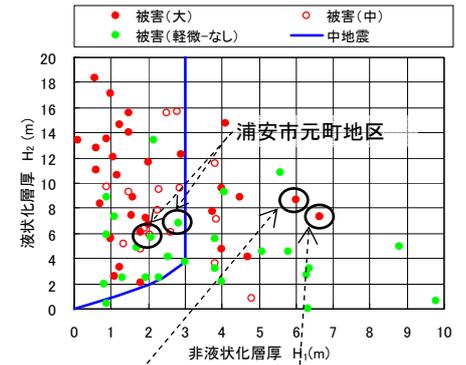


図3 H_1-H_2 法による判定結果

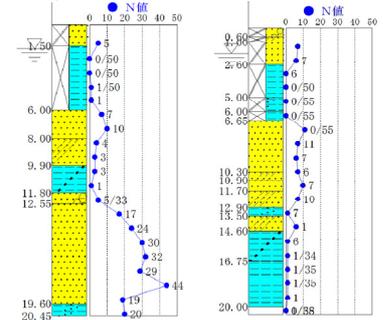


図4 地表面に軟弱粘性土が堆積する地点

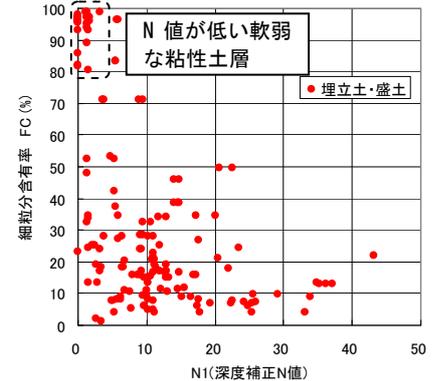


図5 液状化被害「大」「中」地点の $FC-N_1$ 関係図(埋立土・盛土)