

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2)

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○佐藤 成 西丸あずさ
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・同解説V耐震設計編」(平成24年日本道路協会、以下「道路橋示方書」と略記)、「建築基礎構造設計指針」(平成13年日本建築学会)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、宅地の液状化被害程度の簡易判定手法の構築を目的とする。その1¹⁾では、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(P_L 法、 H_1 - H_2 法)を用いた判定結果とを比較し、課題を整理・評価した。本報告では、その2として、その1で検討された課題点を修正し、さらに複数の指標を組み合わせる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. 既存の液状化判定手法の課題とその修正方法

その1¹⁾による検討の結果、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、既存の液状化判定手法の課題として挙げられた。それぞれに対する修正方法について述べる。

1) 地震動の継続時間の影響

道路橋示方書では、東北地方太平洋沖地震で観測されたような継続時間の長い地震動に対する補正係数 C_w は考慮されていない。このため、安田ら²⁾は、道路橋示方書で示されている液状化強度の補正係数 C_w について、タイプI地震動の場合の $C_w=1.0$ に対して、浦安の地震動および採取試料を用いた実験結果より $C_w=0.82$ を求めた。本研究では、安田ら²⁾の実験結果を参考に $C_w=0.8$ とし、動的せん断強度比 R を低減することとした。

2) 軟弱粘性土層の変状の影響

盛土・埋土層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る。そこで、本研究では、盛土・埋土層内に N 値2以下の軟弱な粘性土が含まれる場合には、非液状化層厚 H_1 の算定には含めないこととした。したがって、 H_1 の定義は「地下水位よりも上にある層」「粘性土層(判定対象外となる層、ただし、盛土、埋立土内の N 値が2以下の粘性土は H_1 に含まない)」「 $F_L > 1.0$ となる層」の連続層厚を採用した。

3) 液状化強度に対する地盤生成年代の影響

田口・東畑ら³⁾は、東日本大震災の液状化被害において、 F_L 値による液状化の有無を判定する際、その境界は、 $F_L=1$ ではなく、地盤生成年代が古くなるほど F_L 値が小さくなることを示した。本研究においても、田口・東畑ら³⁾の研究結果を踏まえ、地盤生成年代効果を自然地盤の沖積層に対して見込むこととした。図1より、沖積層の圧密時間が400~500年と考えると、液状化強度は1.4倍程度となることから、400年以上経過した沖積層については、道路橋示方書の液状化強度比の値を1.4倍して F_L 値を算出することとした。

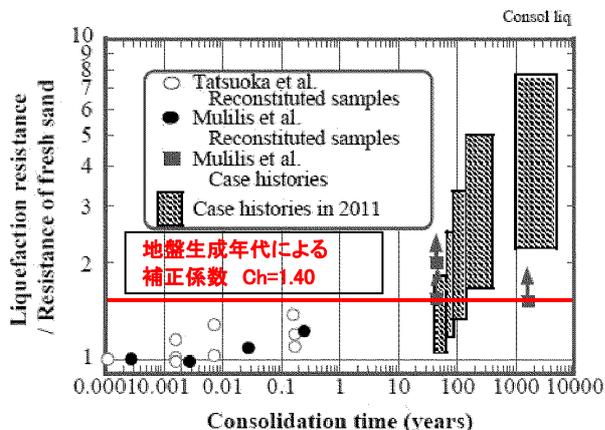


図1 液状化強度増加率の経年変化³⁾

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

3. 再現性に着目した液状化判定手法の提案

1) 既存の液状化判定手法を修正した H_1 - H_2 判定結果

図3は、前述した1)~3)の修正を行った H_1 - H_2 判定結果である。既存の手法(図2)と比較すると、「液状化の影響が地表面に及ばない」と判定されるゾーンに「大」「中」がプロットされる地点数が、大幅に減少している。一方、「軽微~なし」の地点が「液状化の影響が地表面に及ぶ」範囲に多くプロットされている。この理由として、 H_1 - H_2 法は、 H_1 層以深において、非液状化層と液状化層が互層に堆積している場合、 H_2 層厚の設定方法が明確化されておらず、 H_2 層厚を過大に設定している可能性が考えられる。

2) 指標を組み合わせた H_1 - P_L 法の提案

1)で挙げた H_1 - H_2 法の課題を解決するため、液状化層の液状化程度を定量的に反映できる P_L 値と非液状化層厚 H_1 を組み合わせた H_1 - P_L 判定図にプロットすることで、判定精度の向上を図った。

図4に既存の手法による H_1 - P_L 判定図、図5に2)で述べた1)~3)の修正を行った H_1 - P_L 法による算定結果を示す。その結果、被害「大」「中」のほとんどが $H_1 \leq 3$ 、 $P_L \geq 5$ にプロットされ、「軽微~なし」のほとんどが $P_L < 5$ もしくは $H_1 > 3m$ にプロットされており、 H_1 - P_L 判定図により「軽微~なし」と「大」「中」を概ね区別でき、 $H_1=3$ 、 $H_1=5$ 、 $P_L=5$ を閾値として液状化被害程度を説明できる結果となった(図6および表1参照)。

4. まとめ

既往の液状化判定手法について、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を考慮し、 H_1 と P_L 値の組み合わせでプロットすることにより、東日本大震災の宅地の液状化被害を概ね判断することができることが明らかとなった。また、 H_1 - P_L 判定図を用い、図6のABCの3つのゾーンで区分し、表1に示すような液状化被害の可能性を概ね評価できる簡易判定手法を構築した。なお、設計の場合には危険性を過大評価することが安全側の配慮となるため、年代効果は考慮しない方がよい。本提案の目的は、あくまで宅地の性能(液状化被害の可能性)を評価することであり、設計とは異なることに留意頂きたい。

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)西丸・佐藤・加藤・吉田・東畑: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)、土木学会第68回年次学術講演会, 2013. 2)安田・石川・青柳:東京湾岸エリアで液状化した砂の強度や変形特性の影響要因に関する研究, 第47回地盤工学研究発表会, 2012. 3)田口・東畑・青山・大坪:東北地方太平洋沖地震による東京湾周辺地帯の液状化に基づく年代効果の検討, 第47回地盤工学研究発表会, 2012.

表1 本論文で提案する H_1 - P_L 判定図の数値表

判定結果	H_1 の範囲	P_L 値の範囲	液状化被害の可能性
C	3m以下	5以上	顕著な被害の可能性が高い
B3		5未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3mを超え、5m以下	5以上	
B1		5未満	
A	5mを超える	-	顕著な被害の可能性が低い

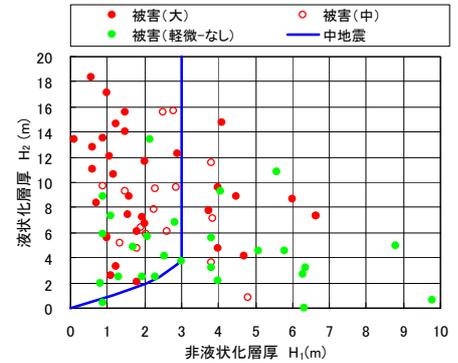


図2 既存の判定手法に基づき算定した H_1 - H_2 判定図¹⁾

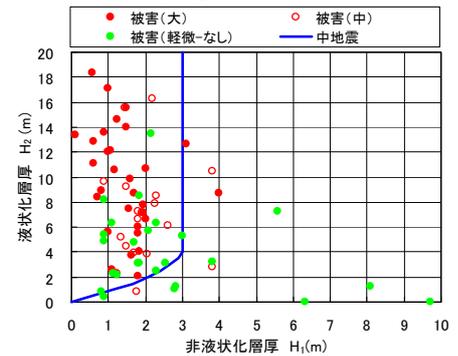


図3 2章1)~3)を考慮した H_1 - H_2 判定図

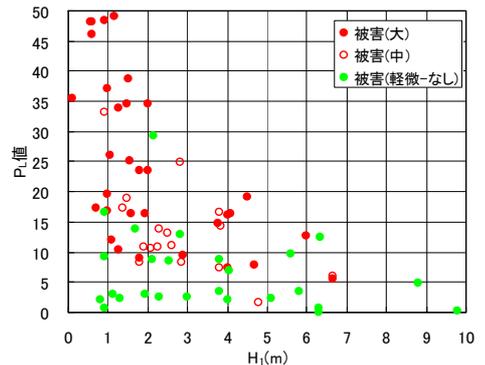


図4 既往の判定手法に基づき算定した H_1 - P_L 判定図

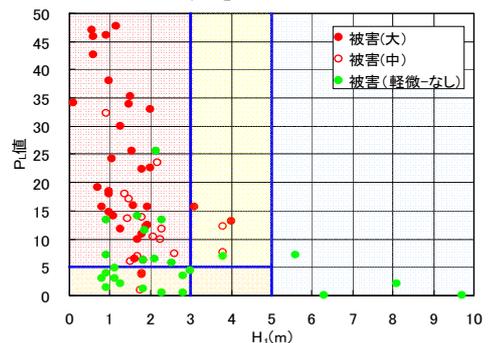


図5 2章1)~3)を考慮した H_1 - P_L 判定図

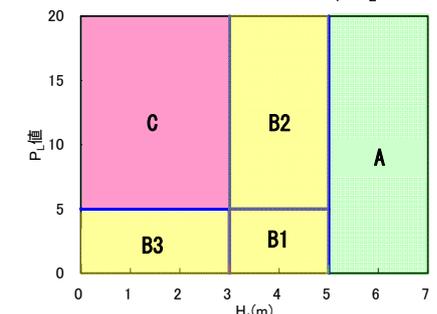


図6 本論文で提案する H_1 - P_L 判定図