

戸建住宅における宅地の液状化危険度評価

(その2: 液状化判定手法の比較)

正 高田 徹 \*1      正 真島 正人 \*2  
正 松下 克也 \*3    正 藤井 衛 \*4

戸建住宅                  液状化                  地盤調査  
宅地                      サウンディング

1.はじめに

その1<sup>1)</sup>で示した2007年新潟県中越沖地震による液状化被害調査に引き続き、本稿ではその調査データを用いた液状化による建物被害の危険度評価結果について報告する。

2. 宅地の液状化による危険度評価手法

液状化による危険度評価手法は、その対象構造物の重要度に応じて、各種協会・学会等で指針や基準が立案されている。小規模建築物基礎設計指針(以下、小規模指針)<sup>3)</sup>では、SWSで判定できる簡易な評価手法として、微地形からの概略判定と液状化の影響が地表面に及ぶ被害程度を液状化層厚 $H_2$ と非液状化層厚 $H_1$ から推定する簡易判定法を示している。

一方、建築基礎構造設計指針(以下、建築指針)<sup>2)</sup>では、 $F_L$ 値判定を利用した液状化指数( $P_L$ )、地表面動的変位( $D_{cy}$ )といった表層地盤全体としての液状化程度を評価する指標が示されている。また $F_L$ 値を求める際、簡易法として、標準貫入試験(SPT)による $N$ 値と粒度試験による細粒分含有率( $F_c$ )から液状化抵抗比 $R$ を推定する手法と、CPTによる貫入抵抗値 $q_t$ と周面摩擦 $f_s$ から推定する手法の2つを推奨している。本稿ではこれらの評価手法を対象として、結果を整理した。

3. 液状化による危険度評価と適応性について

図1,2に柏崎市松波と柏崎市橋場町における両調査法(SPT, CPT)から推定した $F_L$ 値の深度分布を示す。この結果より、両宅地は設計用の中地震動であれば対象とする砂層はほとんど液状化しないが、大地震動になると砂層の大半が液状化することが示されている。

図1,2より、両調査法で推定された $F_L$ 値の深度分布は概ね類似した傾向を示している。両者の $F_L$ 値は、建築指針に基づき、SPTは $N$ 値と粒度試験による $F_c$ で、CPTは先端抵抗値と $F_c$ を推定して求めている。図3にCPTから推定される $F_c$ と実測値(粒度試験)の比較を示す。また参考として、図4にCPT, SWSによる換算 $N$ 値と実測値(SPT)の比較を示す。CPTによる換算 $F_c$ や換算 $N$ 値は、ほぼ実測値と一致しており、この結果が $F_L$ 値への整合性にも繋がっていると考えられる。図3,4に用いた $N$ 値, $F_c$ の

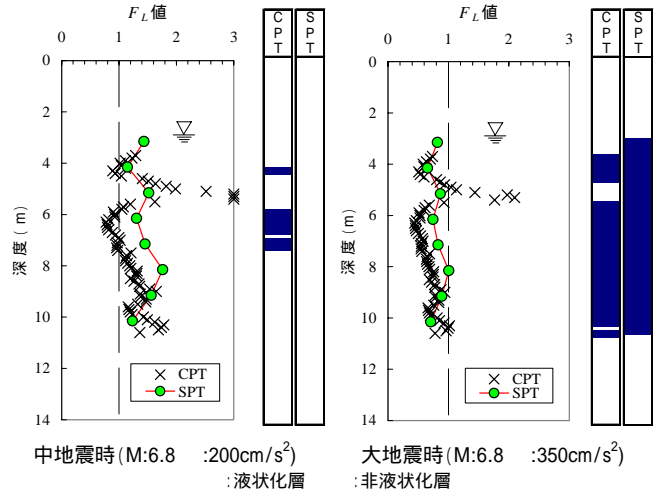


図1  $F_L$ 値の深度分布(柏崎市松波)

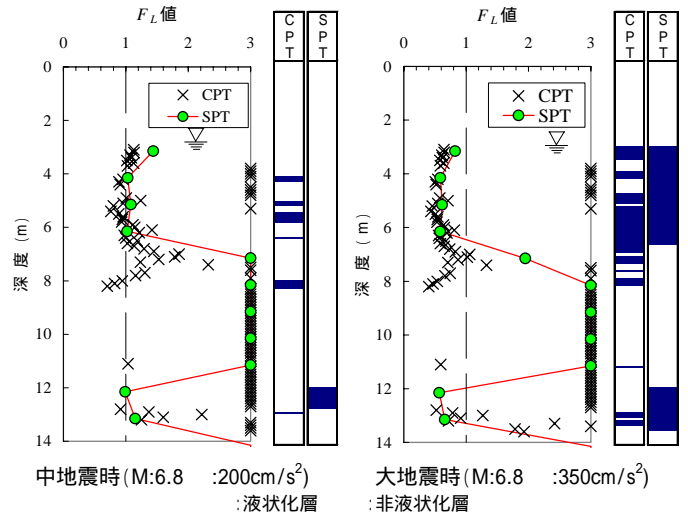


図2  $F_L$ 値の深度分布(柏崎市橋場町)

換算式を以下に示す。

SWSによる換算式

$$\begin{cases} N = 3W_{sw} + 0.050N_{sw} & (\text{砂質土}) & \dots\dots\dots (1)^2 \\ N = 2W_{sw} + 0.067N_{sw} & (\text{粘性土}) & \dots\dots\dots \end{cases}$$

CPTによる換算式

$$\begin{cases} N = 0.341I_c^{1.94} \cdot (q_t - 200)^{(1.34 - 0.0927I_c)} & (q_t > 200\text{kN/m}^2) & \dots\dots (2)^4 \\ N = 0 & (q_t \leq 200\text{kN/m}^2) & \dots\dots \end{cases}$$

$$F_c = I_c^{4.2} \dots\dots\dots (3)^4$$

ここに、 $I_c$ : 土質分類指数

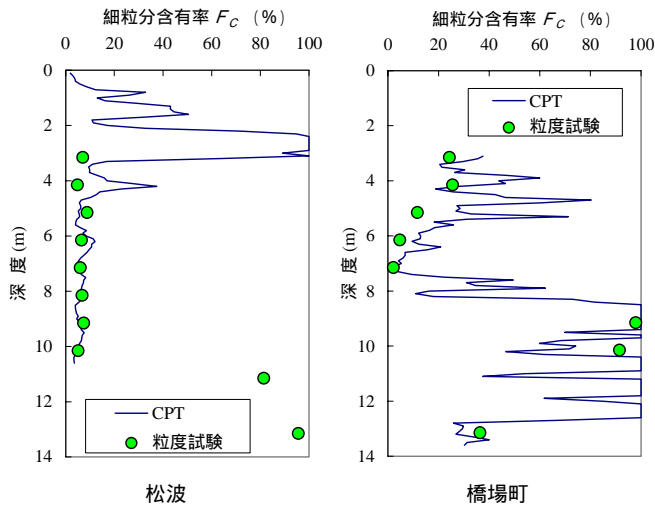


図3 細粒含有率 ( $F_c$ ) の比較

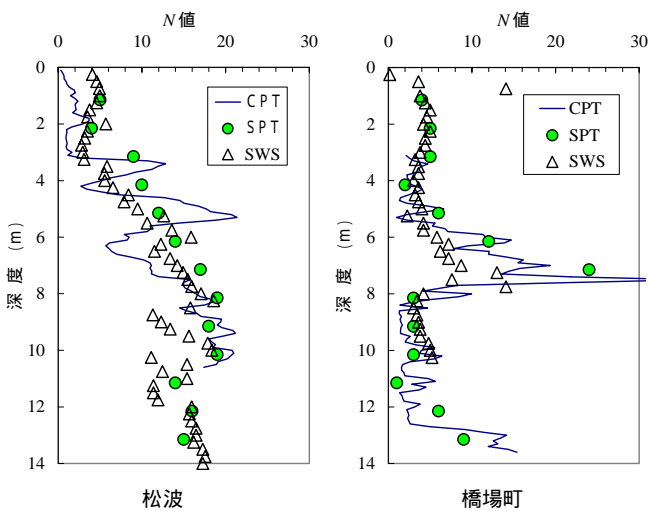


図4 N値の比較

表1に建物全体に及ぼす液状化程度を評価する3手法の結果を示す。表1より両宅地とも図1,2に示した $F_L$ 値と同様、中地震動(損傷限界)であれば被害程度は小さく、大地震動(終局限界)であれば被害程度は“中”程度となることが分かり、またCPTとSPTによる評価結果はほぼ一致していた。実際の建物被害程度と比較すると、松波において地盤改良効果がはたらいたと考えられる。

小規模指針で示された簡易判定法は、中地震動における被害程度の有無を判定するものであり、仮に被害があると判定されても、その大きさを数値として捉えにくい。また、 $H_1$ が2.0m以浅では、 $H_1 > H_2$ の関係でも液状化被害は発生するとの報告もある<sup>5)</sup>。よって $D_{cy}$ 、 $P_L$ を用いた評価は、地下水位が高い場合や、液状化対策工法を検討する上でも主要な評価法と考えられる。

表1 液状化による危険度評価手法の比較

判断指標	建築指針 <sup>2)</sup>				小規模指針 <sup>3)</sup>		
	$P_L$ 値		$D_{cy}$ (cm)		微地形からの概略判定	簡易判定( $H_1, H_2$ )	
調査法	SPT	CPT	SPT	CPT	事前調査	SWS*	
損傷限界	値	0.0	1.2	0.0	1.0	盛土地 砂丘間低地	$H_1$ 3.3m; $H_2$ 1.7m
	評価	小	小	なし	軽微	大	小
終局限界	値	10.0	13.2	8.0	9.2	-	-
	評価	大	大	小	小	-	-
実際の建物被害	基礎地盤	柱状改良:4.0m		推定加速度		400cm/s <sup>2</sup>	
	不同沈下量	50 mm (建物損傷:少ない)					

判断指標	建築指針 <sup>2)</sup>				小規模指針 <sup>3)</sup>		
	$P_L$ 値		$D_{cy}$ (cm)		微地形からの概略判定	簡易判定( $H_1, H_2$ )	
調査法	SPT	CPT	SPT	CPT	事前調査	SWS*	
損傷限界	値	0.02	1.1	1.5	0.3	盛土地 旧河道	$H_1$ 3.1m; $H_2$ 1.9m
	評価	小	小	軽微	軽微	大	小
終局限界	値	13.2	11.0	10.5	6.6	-	-
	評価	大	大	中	小	-	-
実際の建物被害	基礎地盤	直接基礎		推定加速度		400cm/s <sup>2</sup>	
	不同沈下量	180 mm (建物損傷:大きい)					

備考  $P_L$ 値 :3段階(小,大,甚大)  
 $D_{cy}$  :6段階(なし,軽微,小,中,大,甚大)  
 $H_1-H_2$  :3段階(小,中,大)  
 \*粒度と地下水位は、粒度試験、ボーリング調査結果を利用した。  
 入力条件 マグニチュード(M):6.8  
 地表面水平加速度( $\gamma$ ):(損傷限界) 200cm/s<sup>2</sup>, (終局限界) 350cm/s<sup>2</sup>

#### 4. おわりに - 液状化判定法の提案 -

ここに示したCPTによる液状化評価手法は、粒度試験を行わずに評価するが、SPTと粒度試験を用いた判定法とほぼ類似した評価結果が得られていた。

戸建住宅において液状化を判定するには、調査法の経済性や省力化が要求されるため、SPT・粒度試験よりも、SWSやCPTによる評価法が適している。判定フローとしては、微地形からの概略判定やSWSによる簡易判定法を第一抽出法として位置付け、その抽出された液状化地盤に対してCPTを行えば、効率的な液状化対策工法の選定にも繋がるため有効であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 松下,他 3名:戸建住宅における宅地の液状化による危険度評価(その1),日本建築学会大会学術講演便概集2008.9(投稿中)
- 2) 日本建築学会編:建築基礎構造設計指針,2001
- 3) 日本建築学会編:小規模建築物基礎設計指針,2008
- 4) 實松・鈴木:コーン貫入試験結果と地盤物性との関係(その1:土質判別と標準貫入試験のN値の評価),第40回地盤工学研究発表講演集,pp.59~60,2005
- 5) 浅田秋江:住宅の液状化被害の簡易予測法とその防止法,1983年日本海中部地震15周年記念誌

\*1 設計室ソイル

\*2 設計室ソイル 工博

\*3 ミサワホーム総合研究所

\*4 東海大学工学部建築学科 教授 工博

\*1 Soil Design Inc.

\*2 Soil Design Inc., Dr.Eng.

\*3 Misawa Homes Institute of Research and Development Co., Ltd.

\*4 Professor, Dept.of Arch and Building Eng., Tokai Univ., Dr.Eng.