

室内土質試験法に関する連載を始めるにあたって

高田 徹*

* TAKATA Toru、(株)設計室ソイル 代表取締役社長 東京都中央区日本橋 3-3-12

1. はじめに

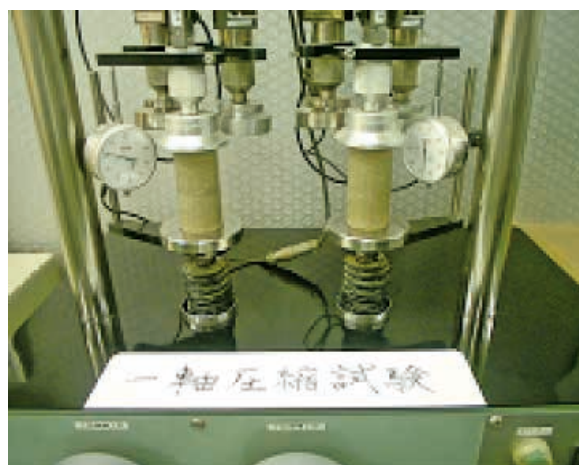
これまで本誌の連載企画には、「沈下修復事例」、「戸建住宅で行われている各種地盤調査法とその留意点（継続中）」、「全国の特種地盤と戸建住宅対策例（継続中）」など、住宅地盤に関する技術的な話題を取り上げてきた。また、Vol.3 より秋野卓生弁護士には、「住宅地盤に関する裁判事例」、「住宅地盤業者のための戦略的法務」と題して、訴訟事例を交えながら住宅地盤の法的な話題について解説して頂いている。これについては、技術者として日常触れる話題ではないが、地盤事故や訴訟に遭遇した時を考えると重要なトピックである。また、各方面から好評を得ており、話題が続く限り継続して執筆をお願いしたいところである。

さて本号より、「室内土質試験法とその留意点」と題して、土質試験法に関する連載を開始する。本連載では、室内土質試験法を毎号取り上げ、試験時の留意事項やデータの見方など、各手法の特徴を分かりやすく解説する。本号は、当連載を始めるにあたり、戸建住宅で室内土質試験法を用いる場合の有用性ならびに今後の連載予定について述べる。

2. 戸建て住宅で室内土質試験は必要か？

筆者が予想するに、住品協資格を有する会員でも、室内土質試験（例えば、写真-1、写真-2）を実際に行ったことのある人は少ないのではないだろうか。現に筆者も学生時代の土質力学演習で室内土質試験を行ったぐらいである。そして社会人になってやるかと思えば、原位置で地盤調査を行ってはいいたが、室内土質試験については試験屋さんにサンプリング試料を提出して結果をもらうだけであった。室内土質試験は専門性が強いせいか、餅は餅屋という認識が強かった。

では、住宅地盤で室内土質試験を行う頻度はどれだけあるのか。土質試験など顧客から言われない限りやらないし、無縁だと言う方も多いだろう。しかし、柱状改良工法や表層改良工法の品質管理では、一般にセメント安定処理土の供試体作成による強度試験が行われるが、これも室内土質試験の一種である。そう考えると、身近に携わる機会が多いともとれる。

写真-1 室内土質試験状況（粒度試験）¹⁾写真-2 室内土質試験状況（一軸圧縮強度試験）¹⁾

話題を地盤調査に戻そう。住品協の技術基準書¹⁾では、原則としてスウェーデン式サウンディング試験を基本とし、土質試験に関しては、“必要に応じて土質試験を行う”とあり具体的な利用については示していない。これは様々な利用が想定され、基準化して示すまでには至らなかったからだと思われる。

土質試験のメリットは、その対象土質の目視観察ができる点であり、粒度組成、混入物、成層状況、硬さ、色調など実体の把握が詳しくできる。また乱れの少ない試料採取を行えば、強度特性も限りなく実態に近い定数が把握でき

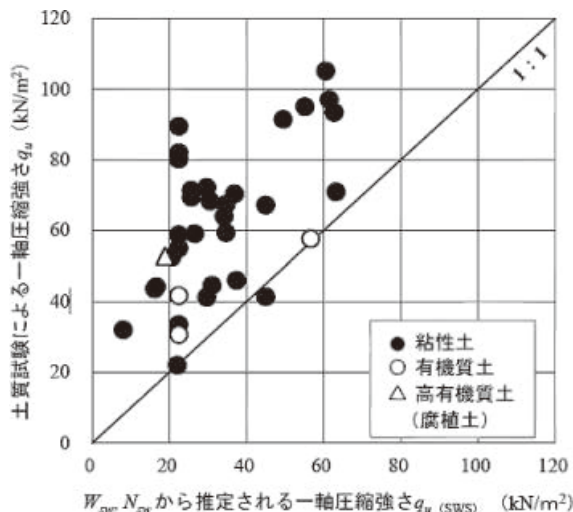


図-1 一軸圧縮強さの土質試験値と推定値との比較²⁾

る。だからどうしたと思われるかも知れない。

確かに良好地盤であれば、資料調査とスウェーデン式サウンディング試験結果で、基礎設計は十分可能だ。問題は軟弱地盤であり、 N 値ゼロや自沈層が延々と連続すれば圧密が懸念され、推定による地盤定数を用いても基礎設計は難しくなる。また液状化危険度の高い地域だと、土質が分からないままでは詳細な検討はできない。これに対し、小口径鋼管で支持層まで補強するのも一案だが、コスト的に採用し難いことも多々ある。こういった場合に、土質試験により土の実態を把握してみてもどうか。

例えば、図-1 は、一軸圧縮強度試験で得られた一軸圧縮強さ q_u と、スウェーデン式サウンディング試験から推定した q_u の比較実験例である。図-1 を見て分かるように、スウェーデン式サウンディング試験から推定した q_u よりも土質試験にて得られた一軸圧縮強さの方が大半大きくなっている。この差異の要因は多々あり、ここでは触れないが、室内土質試験で意外に良好な地盤だと分かって効率的な設計が出来る可能性が高いと言える。

またその逆のケースもある。例えば、沈下修正工事（沈下要因把握）のために、ボーリング調査を行って土質の実態を把握したときである。建設時はスウェーデン式サウンディング試験結果だけで評価して、土質はよく分からなかったが、ボーリング調査により産業廃棄物が混入していたとか、高有機質土が厚く堆積していたという経験をお持ちの方も多いのではないだろうか。

土木構造物や一般建築物と同じ様に、地盤調査にそこそこ費用がかけられれば、戸建て住宅でも室内土質試験と深く接する機会が増え、少なからず費用対効果の高い基礎提案や沈下事故の低減に繋がっていくだろう。残念ながら、戸建て住宅の建設では、コストに対してより強い意識を持って調査計画を企てていく必要がある。よって、ここぞという時しか追加調査の提案はできないが、ここぞという時を見極めるのも技術者の技量である。

土質試験で全く異なる結果が出ると、顧客に説明しにくいから敬遠したいという方がいたりする。サウンディング結果から求めた地盤定数の大半は、限られた実験結果から

得られた推定値でしかないことを今一度認識されたいと思っている。

3. 試料採取と室内土質試験

前節では、室内土質試験が限りなく実態に近い地盤定数が把握できると述べたが、少しばかり注意が必要である。室内土質試験を行うには、主に、ボーリング孔から土質試料を採取するが、この試料採取が適切でないと、後の試験結果や基礎設計に大きく影響を及ぼしてしまう。

まずは、土質試料の箇所数について。土質試料のことをサンプリング試料と呼んだりする。いわゆる“標本”であり、採取した深度（一部分）の試料でしかなく、その一部分で全体（母集団）を評価することとなる。通常、把握したい地層の代表深度でサンプリングしたいが、複雑な地層だと対象層を見極めるのも容易でないこともある。その場合はサンプリング数を増やすなどの工夫が必要である。

次に、土質試料の乱れについて。土質試料は、少なからず乱れが生じる。従来は、「乱れた試料」と「乱さない試料」に大別されていたが、乱さない試料があたかも品質が保証されるような誤解を招くため、「乱さない試料」を「乱れの少ない試料」に改めている¹⁾。よって室内土質試験は、採取した試料の品質の評価も重要だと言える。

表-1 は、Eurocode に規定されている室内土質試験のための土試料の品質クラスを示したものである。試料品質が 5 クラスに区分され、数字が小さいほど土の品質が良い試料である。圧縮性、せん断強度などを求める場合の試

表-1 室内土質試験のための土試料の品質クラス (Eurocode7)³⁾

試料品質のクラス	1	2	3	4	5
変化しない土の性質					
粒径	*	*	*	*	
含水比	*	*	*		
密度,相対密度,透水性	*	*			
圧縮性,せん断強度	*				
求める性質					
層相	*	*	*	*	*
層相の境界—概略	*	*	*	*	
層相の境界—詳細	*	*			
アッターベルク限界, 土粒子の密度	*	*	*	*	
有機物含有量					
含水比	*	*	*		
密度,相対密度,間隙率,透水性	*	*			
圧縮性,せん断強度	*				
サンプリングカテゴリー	A				
			B		
					C
・ カテゴリー A : 試料採取や土試料を扱う中で土の構造の乱れがほとんど無いか、無いもの。そして含水比や間隙比が原位置のそれと等しい。土の構成や化学成分の変化がない。					
・ カテゴリー B : 土の構造は乱れているが含水比や構成は原位置のそれと同じである。土層やその構成は特定できない。					
・ カテゴリー C : 土の構造が全体的に変化している。土層やその構成が原位置の状態から変化して正確に特定できない。含水比も原位置のそれを反映していない。					

表-2 土のサンプリングカテゴリー (ISO 22475-1) 文献3に加筆

土の種類	適用例	サンプリング		
		カテゴリー-A	カテゴリー-B	カテゴリー-C
粘土	剛性,強度,鋭敏性,塑性	PS-PU	OS-T/W-PE	AS
		OS-T/W-PU ^b	OS-TK/W-PE	
		OS-T/W-PE ^a	CS-ST	
		OS-TK/W-EP ^{a,b}	HSAS	
		CS-DT,CS-TT	AS ^a	
		LS,S-TP,S-BB		
シルト	剛性,強度,鋭敏性,地下水位	PS	CS-DT	AS
		OS-T/W-PU ^b	CS-TT	CS-ST
		OS-T/W-PE ^{a,b}	OS-TK/W-PE	
		LS,S-TP	HSAS	
砂	粒径,密度,地下水位	S-TP	OS-TK/W-PE ^b	AS
		OS-T/W-PU ^b	CS-DT	CS-ST
			CS-TT	
			HSAS	
礫	粒径,密度,地下水位	S-TP	OS-TK/W-PE ^{a,b}	AS
			HSAS	CS-ST
泥炭	腐食の状況	PS	CS-ST,HSAS	AS
		OS-T/W-PU ^b	AS ^a	
		S-TP		

^a状況の良いときのみに使用できる

^b詳細形状は参考文献3を参照

凡例

OS-T/W-PU	オープンチューブサンプラー、薄肉、押込み
OS-T/W-PE	オープンチューブサンプラー、薄肉、動的貫入
OS-TK/W-PE	オープンチューブサンプラー、厚肉、動的貫入
PS	ピストンサンプラー
PS-PU	ピストンサンプラー、押込み
LS	大口径サンプラー
CS-ST	ロータリーコア、単管
CS-DT、CS-TT	ロータリーコア、二又は三重管
AS	オーガー
HSAS	ホロステムオーガー
S-TP	テストビットからのサンプリング
S-BB	ボアホールからのサンプリング

料品質はクラス1が要求されるのが分かる。そしてサンプリングカテゴリーもAとなるため、表-2に示したサンプラーで採取する必要がある。

このように、求めたい土の性質と要求される試料品質、使用するサンプラー、および適応する土質には、密接な関係がある。ただし適応したサンプラーだとしても、乱れが生じる要因は多々あって、概ね以下の事項が上げられる。高精度な調査であるがゆえ、十分注意して試料採取することが肝心だと言える。

① 試料採取時

- ・ボーリングによる孔底地盤の乱れ
- ・サンプリングチューブの変形もしくは破損
- ・サンプリングチューブの無理な押し込みによる試料の変形
- ・サンプラー引き上げ時の引っ張りまたはねじり変形
- ・サンプラー解体時および試料運搬時の衝撃及び振動

② 室内試験時

- ・試料の押し出し時または、無理な成形による変形

表-3 室内土質試験法とその留意点の連載予定

発行年	Vol	題 名
2018	14	室内土質試験法に関する連載を始めるにあたって
	15	土粒子の密度試験
		土の含水比試験
		土の湿潤密度試験
2019	16	土の粒度試験（ふるい、沈降）
		土の細粒分含有率試験
	17	土の液性限界・塑性限界試験
2020	18	土の一軸圧縮強度試験
	19	砂の最大密度・最小密度試験
2021	20	土の圧密試験
	21	土の三軸圧縮強度試験
2022	22	土の強熱減量試験
		土の有機物含有量試験
		土の PH 試験
	23	土の透水試験（定水位、変水位）
2023	24	改良土の六価クロム溶出試験
		土壌汚染対策法に基づく調査
執筆内容		
①図表や写真を用い、JIS、JGS 基準を解説する。		
②得られる主な地盤定数について概説する。		
③住宅地盤では、どのようなケースで用いられるか。		

4. 今後の連載テーマについて

表-3に今後の連載予定について示しておく。表は現時点での計画であり、変更することがあることをお断りしておく。また、表-3に示していない土質試験法でもよく用いている方法など御意見も頂戴したいと思っている。

最後に、当連載企画が皆さまの技術向上の一助になることを期待する。

5. 参考文献

- 1) NPO 住宅地盤品質協会：住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書 第3版、2016.
- 2) 加藤 他8名：沖積層におけるスウェーデン式サウンディング試験と土質試験の結果比較（その2：一軸圧縮強さと圧密降伏応力の推定）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2017.8.
- 3) (公社) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、丸善出版、2013.3