

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1: 結果概要)

正会員	○小川正宏*1	同	渡辺佳勝*2	同	加藤清次*3
同	大賀雅則*1	同	相沢彰彦*2	同	垣内広志*3
非会員	新松正博*4	正会員	藤井 衛*5	同	杉山太宏*5

スウェーデン式サウンディング試験 小規模建築物
沖積層 一軸圧縮強さ 圧密降伏応力

1. はじめに

現在、住宅地盤の調査は、スウェーデン式サウンディング試験 (以下、SWS 試験) が主流であり、SWS 試験結果から地盤の支持力を求める方法が平成 13 年国土交通省告示第 1113 号第 2 で定められている。そこには、SWS 試験結果を用いる(3)項に掲げる式を用いる場合において、「基礎の底部から下方 2m 以内の距離にある地盤にスウェーデン式サウンディングの荷重が 1kN 以下で自沈する層が存在する場合若しくは基礎の底部から下方 2m を超え 5m 以内の距離にある地盤にスウェーデン式サウンディングの荷重が 500N 以下で自沈する層が存在する場合にあっては、建築物の自重による沈下その他の地盤の変形等を考慮して建築物又は建築物の部分に有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめなければならない。」とある。地盤の変形を詳細に把握するためには、土の力学試験結果から検討する必要があるが、SWS 試験結果を利用した検討手法が提案されたことにより、後者にて検討することが大半である。

そこで筆者らは、同じ宅地内で実施された SWS 試験とその付近で行われた力学試験の結果を収集し、SWS 試験結果を用いた推定式と、その適用性について検討した。その 1 では、検討に用いた試験結果の概要について述べ、詳細検討についてはその 2 に示す。

2. 検討に用いたデータ

検討に用いたデータの一覧を表-1 に示す。収集したデータ数は、SWS 試験と一軸圧縮試験および圧密試験の結果が得られている粘性土層 35 データ、有機質土層 3 データ、高有機質土層 (腐植土) 1 データでありすべて沖積層である。沖積層であることから水平成層地盤だと考えられるが、SWS の測点と試料採取位置の距離は 10m 以内のデータに絞り、土の力学試験実施用の乱れの少ない試料を採取した区間の、中央深度または層厚に重みをつけて平均した区間平均の W_{sw} および N_{sw} を抽出している。三軸圧縮試験の粘着力 c から一軸圧縮強さ q_u を求めた場合は $c=q_u / 2$ の関係より求め、値の横に印 (*) で示している ($\phi < 6$ 度)。この他、物理特性についても記載している。

3. SWS 試験および土質試験結果

乱れの少ない試料を採取した区間の W_{sw} および N_{sw} と、深度の関係を図-1 に示す。住宅建設時の土の力学試験は、軟弱な粘性土を対象に実施されることが多いため、 N_{sw} は最大でも 32 であり、荷重 1kN 以下の「自沈層」のデータが多数を占める。

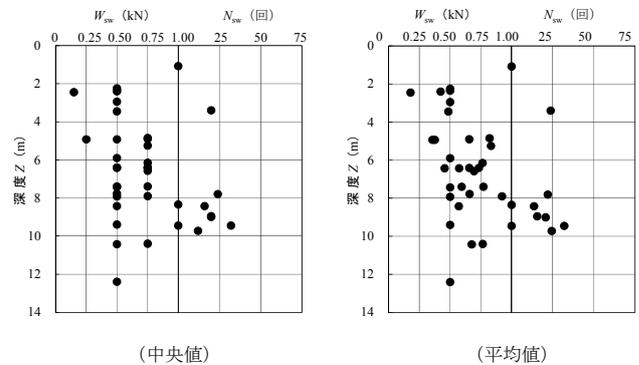


図-1 W_{sw} および N_{sw} と深度の関係

W_{sw} および N_{sw} の平均値と、一軸圧縮強さ q_u の関係を図-2 に、圧密降伏応力 p_c との関係を図-3 に示す。圧密降伏応力 p_c は非常にバラつく結果となり、平均 0.50kN の自沈層でも、30.1~210.7kN/m² と約 7 倍の差が見られる結果となった。これは、SWS 試験の貫入抵抗が同じであっても、荷重履歴や堆積状況により力学・圧密特性が大きく異なることを示唆している。

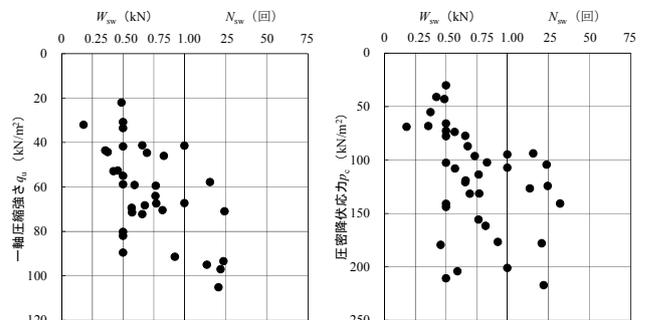


図-2 W_{sw} , N_{sw} と q_u の関係 図-3 W_{sw} , N_{sw} と p_c の関係

表-1 検討に用いたデータ一覧

No.	都道府県	市町村	土質区分 *1 粒度試験あり *2 粒度・液塑性限界試験あり	SWSとBor との距離 (m)	採取区間 中央深度Z (m)	採取区間 中央深度		採取区間 平均値		ボーリング の初期水位 (G.L.-m)	自然含水比 W_n (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	間隙比 e	一軸圧縮強さ q_u (kN/m^2)	圧密降伏応力 p_c (kN/m^2)
						W_{sw}	N_{sw}	W_{sw}	N_{sw}						
A001	宮城県	仙台市太白区	砂混じり粘土(CH)*2	1.00	1.08	1.00	0	1.00	0	1.95	57.7	1.620	1.536	41.4*	107.1
A002	秋田県	大館市	砂混じり細粒土(F-S)*1	3.00	3.40	1.00	20	1.00	24	5.50	60.3	1.624	1.647	93.4	104.4
A003	埼玉県	川越市	粘土(CH)*2	6.34	2.35	0.50	0	0.50	0	不明	52.2	1.681	1.371	33.5	65.8
A004-1	埼玉県	川口市	砂混じり細粒土(F-S)*1	2.70	4.93	0.25	0	0.36	0	1.50	72.1	1.572	1.919	43.6	68.1
A004-2	埼玉県	川口市	砂混じり細粒土(F-S)*1	2.70	8.43	0.50	0	0.57	0	1.50	96.7	1.448	2.643	69.4	73.8
A004-3	埼玉県	川口市	細粒土(F)*1	2.70	10.43	0.50	0	0.68	0	1.50	100.5	1.449	2.692	68.3	87.0
A005	埼玉県	川口市	砂質細粒土(FS)*1	2.68	6.15	0.75	0	0.76	0	0.78	50.1	1.684	1.398	64.0*	155.7
A006-1	埼玉県	川口市	砂質細粒土(FS)*1	1.80	4.93	0.50	0	0.37	0	0.65	74.8	1.553	2.050	44.2	55.1
A006-2	埼玉県	川口市	砂質細粒土(FS)*1	1.80	8.43	1.00	16	1.00	14	0.65	62.1	1.593	1.702	95.0	126.6
A007	埼玉県	川口市	砂混じりシルト	1.00	10.40	0.75	0	0.77	0	0.90	65.1	1.609	1.755	59.4	113.5
A008	埼玉県	春日部市	シルト質粘土	4.80	3.45	0.50	0	0.49	0	不明	69.6	1.543	1.859	22.0	43.0
A009	埼玉県	春日部市	細粒土(F)*1	1.50	2.45	0.15	0	0.18	0	不明	80.2	1.498	2.015	32.0	69.0
A010-1	埼玉県	草加市	砂質シルト(MLS)*2	1.07	6.43	0.75	0	0.57	0	0.60	63.1	1.624	1.690	71.4	108.0
A010-2	埼玉県	草加市	砂質シルト(MLS)*2	1.07	7.43	0.50	0	0.50	0	0.60	51.5	1.753	1.230	80.2	210.7
A011	埼玉県	蕨市	砂質細粒土(FS)*1	2.20	6.40	0.50	0	0.66	0	0.82	71.8	1.564	1.935	72.2	77.3
A012	埼玉県	八潮市	砂質細粒土(FS)*1	2.30	6.43	0.50	0	0.46	0	0.65	59.8	1.635	1.602	52.6	179.3
A013	埼玉県	三郷市	砂質細粒土(FS)*1	5.50	6.58	0.75	0	0.69	0	1.00	49.4	1.704	1.354	44.6	131.5
A014-1	埼玉県	幸手市	細粒土(F)*1	4.80	4.85	0.75	0	0.82	0	不明	60.9	1.593	1.540	70.4	161.6
A014-2	埼玉県	幸手市	細粒土(F)*1	4.80	7.90	0.75	0	0.92	11	不明	53.7	1.663	1.390	91.4	176.5
A015	埼玉県	三郷市	砂混じりシルト	6.80	9.45	1.00	0	1.00	0	1.80	60.0	1.636	1.592	-	94.8
A016	東京都	江東区	シルト	3.70	7.93	0.50	0	0.50	0	2.00	58.6	1.619	1.704	58.8	102.6
A017-1	東京都	足立区	砂質細粒土(FS)*1	2.25	4.90	0.75	0	0.66	0	1.90	47.1	1.730	1.282	41.2	120.8
A017-2	東京都	足立区	砂質細粒土(FS)*1	2.25	7.40	0.50	0	0.59	0	1.90	48.0	1.724	1.292	59.1	204.0
A018-1	東京都	足立区	砂質粘土(CLM)*2	4.10	5.90	0.50	0	0.50	0	1.70	59.7	1.669	1.502	55.0	72.7
A018-2	東京都	足立区	砂混じりシルト(ML-S)*2	4.10	7.40	0.75	0	0.77	0	1.70	51.2	1.714	1.324	67.4	131.2
A018-3	東京都	足立区	砂混じりシルト(ML-S)*2	4.10	9.40	0.50	0	0.50	0	1.70	62.0	1.617	1.710	82.0	143.8
A018-4	東京都	足立区	シルト(MH)*2	4.10	12.40	0.50	0	0.50	0	1.70	77.1	1.539	2.086	89.5	140.9
A019	新潟県	柏崎市	粘土	4.00	7.78	0.50	0	0.66	0	0.19	72.1	1.560	1.910	-	119.1
A020	石川県	七尾市	砂混じりシルト	1.40	9.73	1.00	12	1.00	24	0.35	78.6	1.526	2.293	70.9	124.3
A021	石川県	小松市	粘土質シルト	1.00	9.00	1.00	20	1.00	21	0.40	44.6	1.761	1.191	105.1	177.9
A022	大阪府	大阪府浪速区	砂質シルト	8.00	7.80	1.00	24	1.00	22	1.80	50.2	1.697	1.367	97.0	217.0
A023	大阪府	東大阪市	貝殻混じり粘土	2.50	8.35	1.00	0	1.00	0	1.90	79.9	1.517	2.086	67.2*	201.0
A024	兵庫県	尼崎市	粘土	1.00	6.40	0.75	0	0.73	0	0.90	76.4	1.515	2.118	-	96.3
A025	兵庫県	明石市	砂混じりシルト質粘土	1.50	5.25	0.75	0	0.83	0	1.75	39.2	1.784	1.041	46.0	102.2
A026	鳥取県	鳥取市	砂質シルト	1.00	9.45	1.00	32	1.00	32	1.33	66.5	1.564	1.749	-	140.7
O001	山形県	酒田市	有機質粘土(OH)*2	10.00	2.95	0.50	0	0.50	0	0.40	197.3	1.198	4.274	41.7	77.7
O002	埼玉県	川越市	有機質土(O)*1	2.70	2.25	0.50	0	0.50	0	0.78	143.6	1.317	3.580	30.7	30.1
O003	千葉県	我孫子市	有機質土	2.30	8.95	1.00	20	1.00	16	2.60	179.7	1.205	4.176	57.7	93.8
P001	埼玉県	川口市	高有機質土(Pt)*1	2.70	2.40	0.50	0	0.42	0	1.50	330.4	1.107	6.988	52.8	41.0

一軸圧縮強さ q_u および圧密降伏応力 p_c と深度の関係を図-4 および図-5 にそれぞれ示す。強度及び地域特性が異なっているデータを収集しているが、 q_u 、 p_c はそれぞれ全体的に深度方向に増加している傾向が認められた。 W_{sw} および N_{sw} と q_u の関係については、 $q_u=45 W_{sw} + 0.75 N_{sw}$ が提案されているので²⁾、図-4 には採取区間の平均 SWS 試験結果から q_u を求めた値もプロットした。SWS 試験結果から q_u を求めた場合は一軸圧縮試験より得られた q_u より小さくなる傾向が見られた。

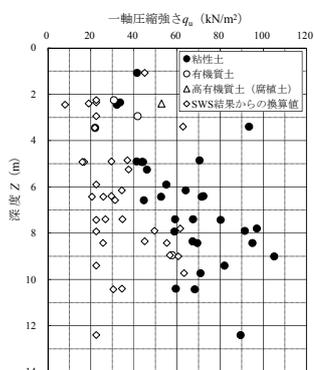


図-4 q_u と深度の関係

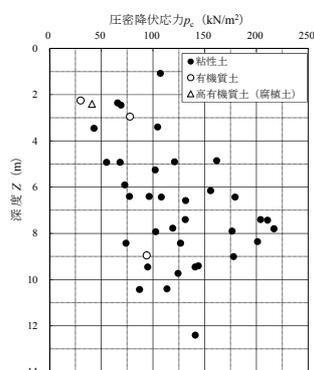


図-5 p_c と深度の関係

収集した q_u と p_c の関係を図-6 に示す。一軸圧縮強さ q_u と圧密降伏応力 p_c の関係は、土質試験結果から $p_c=2 q_u$ ³⁾⁴⁾、 $p_c=1.778 q_u$ ⁵⁾、非排水せん断強さ c と受けている有効土被り圧 p との比から $p_c \approx 1.5 q_u$ ⁴⁾ の関係が導かれている。今回のデータも q_u 、 p_c との相関性が認められ、これらの既往式と似たような傾向が認められた。

これらのデータを用い、 W_{sw} および N_{sw} と q_u 、 p_c との関係について整理したので、その 2 で詳述する。

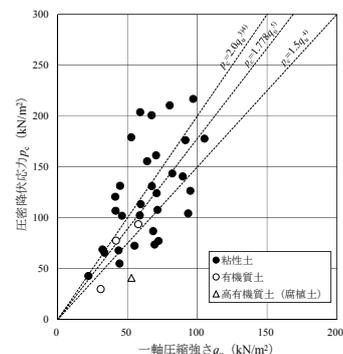


図-6 q_u と p_c の関係

【参考文献】

- 1) 小規模建築物基礎設計指針, pp.79-87, 2008
- 2) 稲田倍穂: スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について, 土と基礎, Vol. 8(1), pp.13-18, 1960.2
- 3) 地盤工学会編: 地盤工学・実務シリーズ 6 地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例, 地盤工学会, pp.48-49, 1998.3
- 4) 渡辺ほか: 現場技術者のための軟弱地盤対策工事ポケットブック, 山海堂, pp.74-76, 1986.6
- 5) 西田ほか: 小規模建築物の地盤調査と簡易地耐力評価法, 土と基礎, Vol.40(12), pp.23-28, 1992.11

*1 報国エンジニアリング *2 トラバース *3 アクテック
*4 地盤優良事業者連合会
*5 東海大学

*1 Hokoku Engineering *2 Travers *3 Accutech
*4 High Quality Ground Engineering Business Association
*5 Tokai University