

小規模建築物の地盤補強用極細径鋼管の支持力評価

その1 各種地盤調査に基づく地盤物性評価

正会員 同 ○高田 徹*1 真島 正人*1 若命 善雄*1
石井 祐子*1 長坂 光泰*1 小川 侑子*1

小規模建物 地盤物性 標準貫入試験
スウェーデン式サウンディング試験 三成分コーン貫入試験

1. はじめに

スウェーデン式サウンディング(SWS)試験は簡便で低コストの地盤調査法として小規模建築物の基礎・地盤補強の設計で広く利用されている。ただし、自沈層($W_{sw} \leq 1$ kN)の強度・変形特性の推定に信頼性が欠けるといった課題も抱えており、自沈層が厚い地盤では基礎・地盤補強の設計に苦慮することが多い。今回、このような軟弱地盤で極細径鋼管の鉛直載荷を実施するのに先立ち、①標準貫入試験+土質試験(BO)、②SWS 試験、③電気式三成分コーン貫入試験(CPT)を行った。本報では、①によって直接求めた地盤物性値 (N 値, q_u 値, p_c 値)と②および③の試験による換算値の比較検討結果について報告する。

2. 地盤調査結果と土質試験結果

調査地は A, B, C の3ヶ所である。図1に土質柱状図、SWS, CPTの結果、表1に土質試験結果を示す。

(1) 調査地 A (埼玉県八潮市八条)

表層 1.8 m 盛土 (改良土), $N = 0$ のシルト層 3.0 m, $N = 3 \sim 7$ のシルト混じり砂層, $N = 0$ の砂混じりシルト層 6.0 m, $N = 30 \sim 40$ の粘土層 4.3 m, $N > 50$ の細砂層により構成されている。SWS では深さ 5 m まで自沈層である。

(2) 調査地 B (神奈川県横浜市港北区)

表層 1.8 m 盛土 (瓦礫混じり砂質シルト), $N = 0$ のシルト層 16 m, $N = 1 \sim 2$ のシルト層により構成されている。SWS では深さ 15 m 以下まで自沈層が続き、深くなるほど W_{sw} 値が減少する特異な地盤である。

(3) 調査地 C (佐賀県杵島郡港北町)

表層 1.8 m 盛土 (砂混じりシルト), $N = 0$ のシルト 13 m 層, $N = 2 \sim 8$ 粘土層, $N = 10 \sim 20$ の砂層により構成されている。SWS では深さ 15 m まで自沈層が続き、深さと伴に W_{sw} 値が増加する傾向にある。

3. 各種試験結果による地盤物性

SWS 及び CPT の結果から N 値, F_c , q_u 値, p_c 値の換算式を以下に示す。

- ① SWS 砂質土: $N = 2W_{sw} + 0.067N_{sw}$ (W_{sw} : kN)
- 粘性土: $N = 3W_{sw} + 0.050N_{sw}$ (W_{sw} : kN)
- $q_u = 45W_{sw} + 0.75N_{sw}$ (kN/m^2)

② CPT¹⁾

$$N = \begin{cases} 0.34I_c^{1.94} (0.001 \cdot q_t - 0.2)^{(1.34 + 0.0927I_c)} & \dots q_t > 200 kN/m^2 \\ 0 & \dots q_t \leq 200 kN/m^2 \end{cases}$$

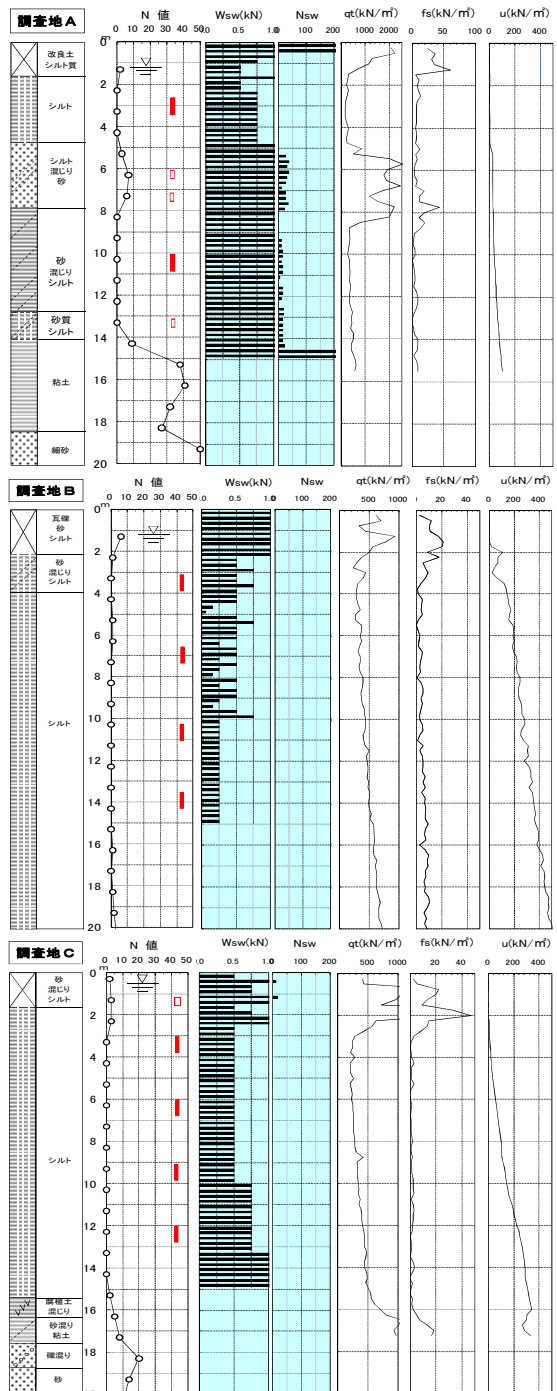


図1 土質柱状図、SWS、CPT結果

$$q_u = 2 \cdot (q_t - \sigma_{vo}) / 13.4 \quad \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

$$p_c = (q_t - \sigma_{vo}) / 3.44 \quad \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

q_t : 先端抵抗値(kN/m²) , f_s : 周面摩擦抵抗値(kN/m²)

I_c : 土質分類指数

$$I_c = \left\{ (3.47 - \log Q_t)^2 \right\} + \left\{ (\log F_r + 1.22)^2 \right\}^{0.5}$$

$$Q_t = (q_t - \sigma_{vo}) / \sigma_{vo}'$$

$$F_r = f_s / (q_t - \sigma_{vo}) \times 100 (\%)$$

Q_t : 正規化先端抵抗, F_r : 正規化周面摩擦抵抗

σ_{vo} , σ_{vo}' : 当該深さの鉛直応力, 鉛直有効応力(kN/m²)

各種地盤調査・試験法(BO, SWS, CPT)による N 値, q_u 値, p_c 値を対比して図 2~図 4 に示す。

(1) N 値

調査地 A では 5~8 m 付近に砂質土が堆積しており、この層では実測 N 値(BO)が SWS, CPT の値を上回っているが、 $N = 0 \sim 1$ を示す軟弱なシルト・粘土層ではいずれの調査点共に、実測値を SWS, CPT の換算 N 値が上回っている。特に、SWS ではこの傾向が著しい。

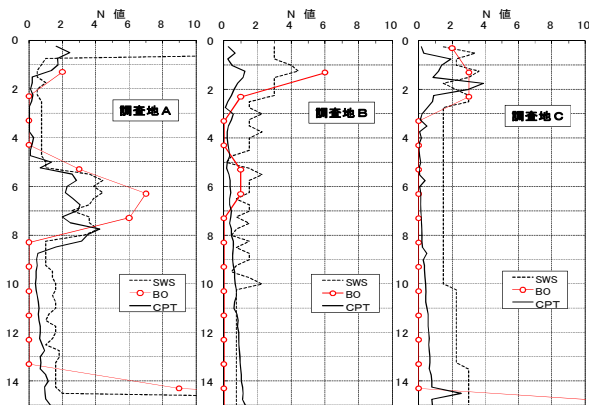


図 2 実測 N 値と換算 N 値の比較

(2) q_u 値

調査地 A : BO は 2 深度のみであるが、3 m 付近に比べ 10 m 付近は約 2.5 倍の値になっている。これに対し、SWS, CPT では深さ方向に増加する傾向にあるものの増加度合は大きくない。特に、CPT では増加度合が鈍い。

調査地 B : BO, CPT は深さ方向に僅かながら増加する傾向にあるが、SWS では深さ方向に一定である。

調査地 C : BO, SWS, CPT 共に深さ方向に増加する傾向にあるが、SWS, CPT で増加度合がやや鈍い。

(3) p_c 値

調査地 A : BO は有効応力(σ_v')線より右側に位置し、過圧密と判定されるが、CPT の 9 m 以深は未圧密と判定される。

調査地 B : BO, CPT 共に深さ方向に漸増傾向にあり過圧密と判定され、両者は比較的よい対応を示している。

調査地 C : BO, CPT 共に深さ方向に漸増傾向にあり、正規圧密からやや過圧密と判定され、両者は比較的よい対応を示している。

4. まとめ

地盤物性値の比較結果をまとめると以下のようになる。

- N 値 : SWS, CPT 共に砂質土では過小評価するものの、 $N = 0 \sim 1$ の軟弱粘性土では過大評価する傾向にある。

表 1 土質試験結果

調査地 A	採取深度(m)		2.5~3.45	6.15~6.45	7.15~7.45	10.00~10.85	13.15~13.53
	湿潤密度 ρ_t	(g/cm ³)	1.549	-	-	1.591	-
自然含水比 w_n	(%)	74.7	29.3	32.9	69.1	59.3	-
粒度	礫・砂分	(%)	2	83.4	77.8	15.5	42.8
	シルト分	(%)	59.6	10	14.2	60.1	43.4
	粘土分	(%)	38.4	6.6	8	24.4	13.8
平均 q_u	(kN/m ²)	29.2	-	-	72.3	-	-
圧密	p_c	(kN/m ²)	37.1	-	-	123.2	-
	C_c		0.668	-	-	0.698	-

調査地 B	採取深度(m)		3.15~3.95	6.75~7.50	10.25~11.15	13.50~14.30
	湿潤密度 ρ_t	(g/cm ³)	1.649	1.559	1.471	1.488
自然含水比 w_n	(%)	57.6	69.3	84.8	85.2	
粒度	礫・砂分	(%)	9	4	2	2
	シルト分	(%)	62	52	44	41
	粘土分	(%)	29	44	54	57
平均 q_u	(kN/m ²)	40.3	35.9	52	52.8	
圧密	p_c	(kN/m ²)	71.1	73	103.7	112.3
	C_c		0.475	0.545	1.389	1.374

調査地 C	採取深度(m)		1.15~1.45	3.00~3.85	6.00~6.70	9.10~9.90	12.00~12.75
	湿潤密度 ρ_t	(g/cm ³)	-	1.333	1.403	1.419	-
自然含水比 w_n	(%)	74.7	135.1	114.4	109.1	59.3	
粒度	礫・砂分	(%)	2	0.6	1	0.8	42.8
	シルト分	(%)	59.6	31.4	33.8	30.7	43.4
	粘土分	(%)	38.4	68	65.2	68.5	13.8
平均 q_u	(kN/m ²)	-	22.8	37.5	43.9	54.7	
圧密	p_c	(kN/m ²)	-	49.4	45.1	48.7	83
	C_c		-	1.644	1.438	1.389	1.374

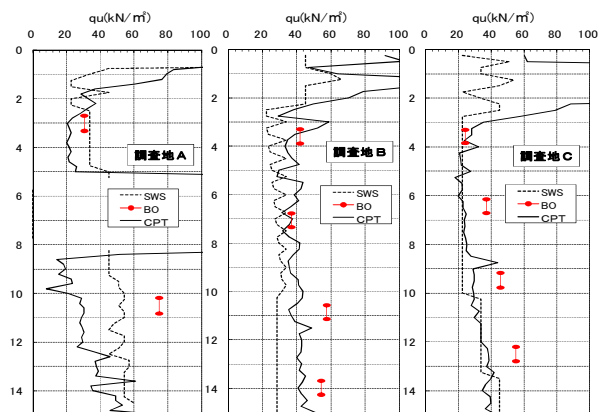


図 3 q_u 値の比較

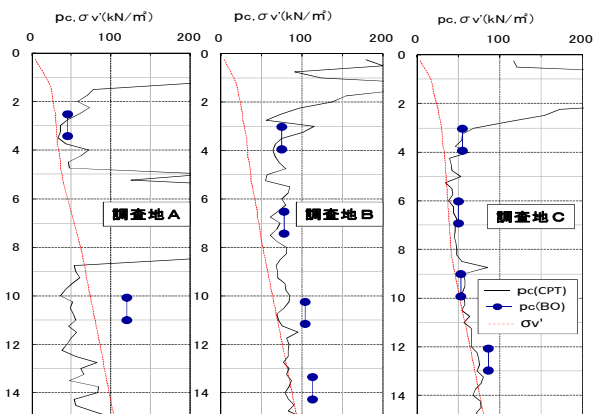


図 3 p_c 値の比較

- q_u 値 : SWS, CPT 共に過小評価する傾向にある。
- p_c 値 : 圧密試験結果と CPT は良い対応を示す。実測値と SWS, CPT の換算値との関係は土質によって異なる予想されるので、今後も機会を得て実測値と換算値に関するデータを蓄積する予定である。

参考文献

- 1) 竹林他 : 小型電気式静的コーン貫入試験機を用いた地盤調査結果の評価, 第 40 回地盤工学研究発表講演集, pp.151~152, 2005.7