

軟弱地盤で中間層で支持される基礎 布基礎＋細径鋼管杭工法

株式会社ソイル ● 若命善雄

はじめに

千葉県や埼玉県の一部でよく見られる宅地地盤では、地表面付近は軟弱な粘性土や有機質土層により構成され、 N 値 15 以上の硬い地層は GL-20 m 以深に存在し、かつ地域全体が地盤沈下を生じている。

このような地盤に建物を建設する場合には、地表面付近の地層の支持力が小さくかつ沈下を生じやすいので、上記硬質層で支持する杭基礎を採用することが多い。

しかし、杭基礎を採用すると、施工コストが高くなるほか、建物の沈下を防止できても周辺地盤の沈下により基礎の破損や上下水道施設に支障をきたす恐れがある。

このようなことから、重量の軽い戸建住宅などの基礎地盤補強工法は摩擦杭、柱状改良、細径鋼管工法などで地表面 (GL-5~7m) を地盤補強して建物の荷重を分散し、支持力の増加と沈下の低減を図る工法が用いられている。その1つである細径鋼管工法 (Res-P 工法) の適用について述べる。

地盤補強の考え方

戸建住宅は柱や壁が細かく配置されるため、基礎形式には一般的に布基礎またはべた基礎 (直接基礎) が用いられる。このような基礎では、

表 1 建築概要

建物規模	木造 2 階建 (工業化住宅)
建物面積	1F : 55.48m ² 2F : 49.68m ²
軒 高	6m
建物高さ	9m
基礎形式	基礎幅 360mm, 5t/m ² 布基礎

建物の荷重は基礎スラブをかえして地盤に直接伝達される。その荷重の影響範囲は基礎幅の 1.5~2.0 倍までの深さといわれており、基礎底面に近いほど地中応力と沈下量は大きくなる。

当然、基礎の大きさによって異なり、布基礎形式よりべた基礎形式の方が深い地層まで荷重の影響があることがわかる。

そこで、主要な地中応力圏 (GL-5~7m) の範囲を地盤補強して支持力の増加と沈下低減を図る。

ただし、この工法では地盤全体の沈下は生じるが不同沈下を減少させるという設計の考え方である。

実施例

1) 建物概要

建築概要を表 1 に示す。また、建物の平面図および立面図の概略を図 1 に示す。

2) 地盤概要

敷地内ではスウェーデン式サウンディング調査 (以下 SS 調査という) を 3 か所で行い、その結果の一部を図 2 に示す。

この敷地は、SS 調査結果では地

表面より GL-2.0 m 付近まで W_{sw} = 75~100 kg で自沈。GL-2.0~4.0m には W_{sw} = 50~75Kg で自沈。GL-4.0~7.0m に N_{sw} = 5~10 程度、GL-7m 以深は N_{sw} = 75 kg 自沈の層が分布している軟弱な粘性土地盤である。

3) 支持力ー沈下有無の判定

地盤の支持力と沈下の有無の判定方法は、種々の考え方があるが、ここでは SS 調査で求められる W_{sw} , N_{sw} を 1 軸圧縮強度 (q_u) に換算し、その値を用いて地盤の支持力と沈下の有無について判定する方法を提案する。 W_{sw} , N_{sw} を (1) 式に代入して 1 軸圧縮強度 (q_u) が求められる。その値から支持力^{*1)} や沈下^{*2)} を求める算定方法である。

$$q_u = 0.0045 W_{sw} + 0.0075 N_{sw} \quad (\text{kgf/cm}^2) \dots\dots\dots (1)$$

※ 1) 地盤の支持力

建築基礎構造設計指針 (日本建築学会編) の 14 条に述べている方法を用いて、粘性土の地盤の長期許容支持力度 (q_a) を (2) 式で求める。

$$q_a = 1/3 (5.5 \times c) \dots\dots\dots (2)$$

粘着力 c : $q_u/2$

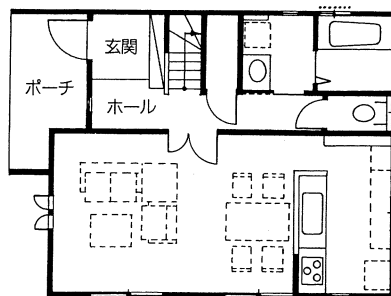
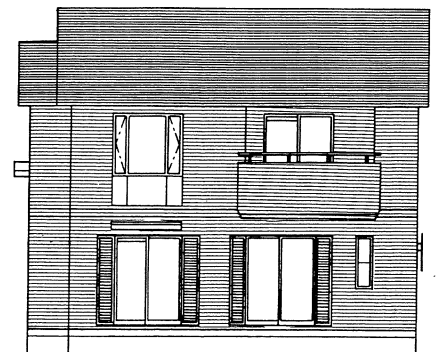


図 1 建物平面および立面 S=1:200



基礎底面より層厚までの間を0.25 mごと8か所について支持力を求め、その平均値が3.0 t/m²以上あるかどうか確認する。

※2)地盤の沈下の有無

沈下量を算定するためには詳細な土質試験結果が必要であり、スウェーデン式サウンディング試験結果からでは求めることができない。しかし、沈下するかしないかの判定は q_a 値より推定することができる。『有効土かぶり圧(σ_{oz}) + 建物荷重(σ_z)による増加応力(p_z)』が『先行荷重値(圧密降伏応力)を q_{uz} 値で換算した値(p_{yz})』より大きい場合には、地盤の沈下が生じる可能性がある。ただし、 $p_{yz} = 1.2 q_{uz}$ (skemptonの提案式)

$p_z \leq 1.2 \times q_{uz}$: 沈下しない地盤

$p_z > 1.2 \times q_{uz}$: 沈下する地盤

25 cm ごとに求められるので8か所以上となる。

この判定方法は沈下の有無については判断できるが、沈下量を直接求めることができない。ここに沈下の有無についての判定結果例を図2に示す。

表2の基準試験値より小さい値が2 m以上ある場合は沈下する可能性がある。ただし、スウェーデン式サウンディング試験結果は

表2 建物荷重 3tf/m²時の地中応力分布と試験値

深度 (m)	有効土かぶり圧 (tf/m ²)	増加応力(tf/m ²)			地中応力 (tf/m ²)	基準試験値	
		中央	隅角	平均		W_{sw}	N_{sw}
1	1.65	2.98	0.75	1.86	3.51	75	
2	3.30	2.86	0.74	1.80	5.10	100	
3	3.95	2.62	0.73	1.67	5.62		4
4	4.60	2.33	0.71	1.52	6.12		8
5	5.25	2.02	0.69	1.35	6.60		16
6	5.90	1.74	0.65	1.20	7.10		20
7	6.55	1.49	0.62	1.05	7.60		24
8	7.20	1.28	0.58	0.93	8.13		32
9	7.85	1.12	0.54	0.83	8.68		36
10	8.50	0.96	0.50	0.73	9.23		44

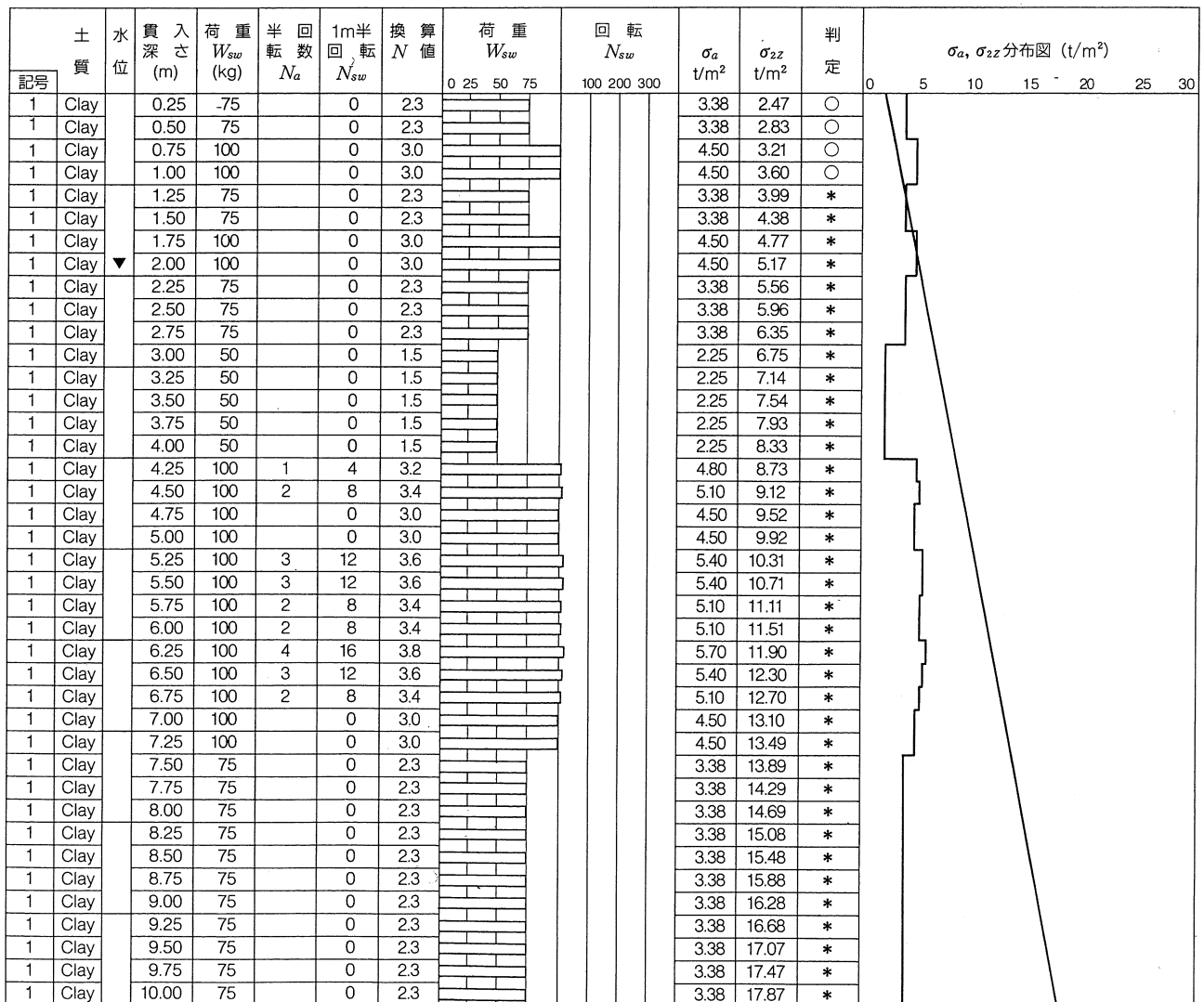
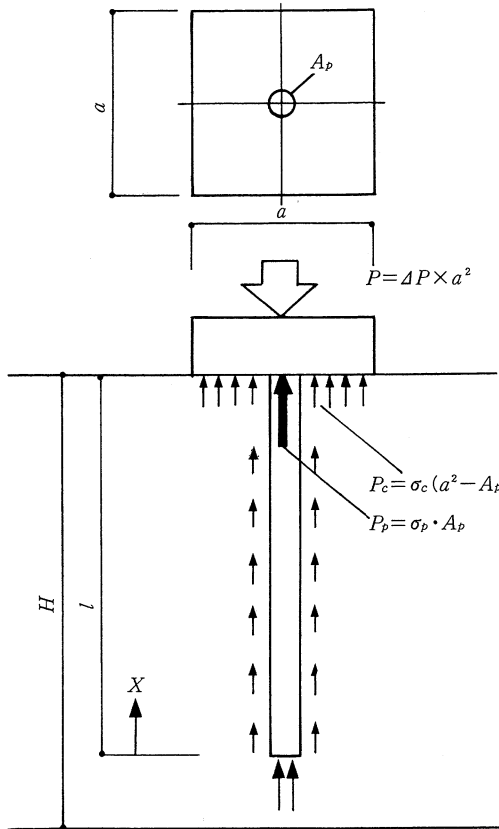


図2 スウェーデン式サウンディング試験の調査結果および沈下の有無の判定結果例

設計

建物の荷重 P は地盤の支持力 P_c とパイプの支持力 P_p の両方で複合して支持される。長期許容支持力



- 記号
- P : 建物荷重
 - P_c : 地盤支持力
 - P_p : パイプ支持力
 - a : パイプピッチ
 - A_p : パイプ全閉塞面積
 - $P_c = 5.5 \times c$ (粘性土)
 - $P_p = q_u A_p + 2\pi r \cdot l \cdot c$ (摩擦抗)
 - l : パイプ長さ
 - H : 粘性土層厚さ
 - σ_c : 地盤に生じる応力
 - σ_p : パイプに生じる応力
 - A : パイプの支配面積
 - r : パイプの半径

図3 補強地盤の支持力の概念図

B (mm)	~300	~350	~400	~450	~500		~550	~600	~650	~700
a (mm)	610	550	500	455	400		610	610	610	550
b (mm)	-	-	-	-	-		450	450	450	450
A (m ²)	0.183	0.193	0.200	0.205	0.200		0.168	0.183	0.198	0.193

図4 パイプの配置間隔の例

3.0 ton/m² の地盤において Res-P 工法を用いて地盤の補強を施せば、長期許容地耐力を 5.0 ton/m² に強化することができる。

パイプの数は地盤とパイプとが受ける荷重の割合からパイプ1本当たりの基礎ベースの支配面積 A が求められる。以下に提案式を述べる。

建物荷重 P は地盤 P_c とパイプ P_p の複合作用によって支持される (図3)。

$$P = P_c + P_p \dots\dots\dots(1)$$

補強地盤の支持力特性は荷重を加えると地盤性状やパイルピッチなどでパイプと地盤に生じる応力が異なるので、その割合 (荷重分担比 n) を求めて支持力を算定する。

その割合を実験より求めた結果、複合地盤の長期許容支持力は(2)式で示すことができる。

$$q_{rd}/F_s = q_d/F_{s1} + (P_d/A)/F_{s2} \dots\dots\dots(2)$$

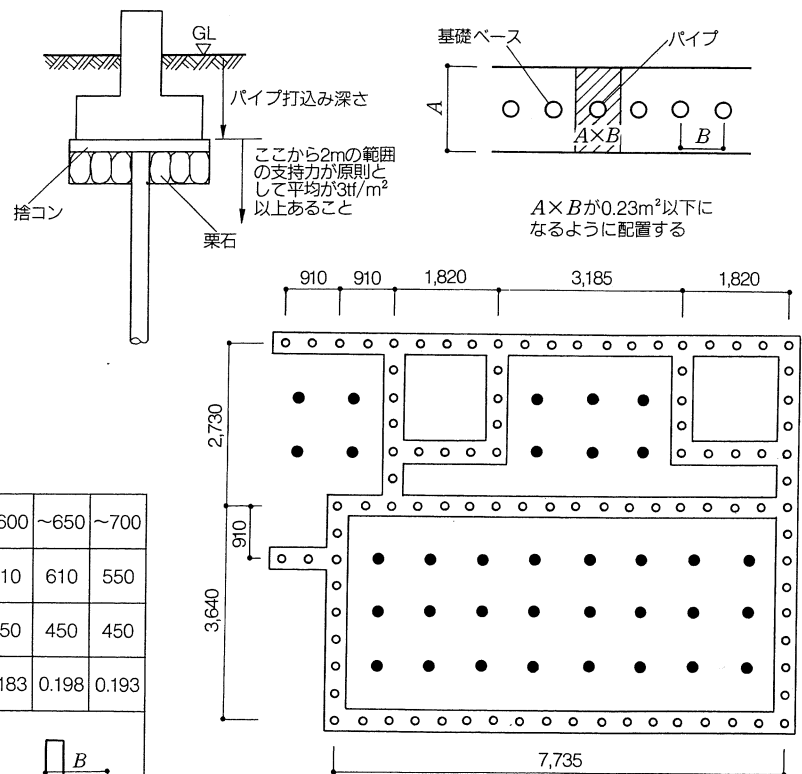
q_{rd} : 補強地盤の極限支持力 tf/m²
 q_d : 地盤の極限支持力 tf/m² (9 tf/m²)

P_d : パイプの極限支持力 t (1.5 t)
 F_s (3), F_{s1} (5), F_{s2} (2) : 安全率以上より、パイプは $15/3 \leq 9/5 + (1.5/A)/2$ となり、 $A \leq 0.23 \text{ m}^2$ に1本配置することとなる。

配置間隔は地耐力 5.0 ton/m² で設計された基礎のベース幅をもとに図4により決定し、パイプの貫入深さはスウェーデン式サウンディング試験の結果より図5のように算定する。パイプの配置の例を図6に示す。

施工

施工は、パイプの垂直性、貫入深さ、貫入抵抗を測定できる専用機械で行い、施工方法は図7および写①、

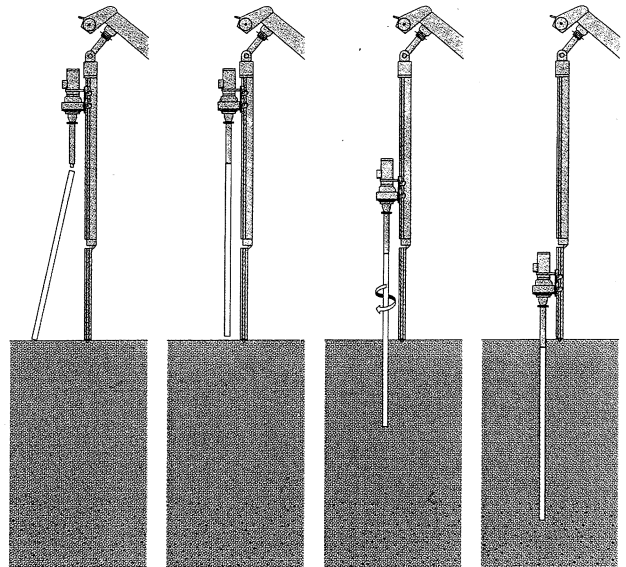
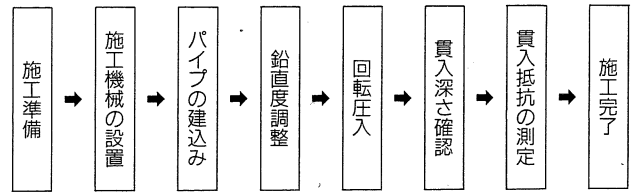


口径	長さ	本数	基本ピッチ
φ48.6mm	7.0m	96	○455mm
φ48.6mm	7.0m	34	●910mm

図6 パイプの配置図例

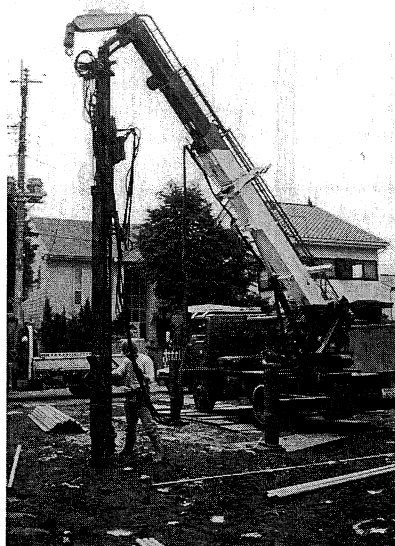
RES頭部深度:0.35(m)					
深度 (m)	W_{sw} (kg)	N_{sw} (回)	$1/2 \sum q_u \phi L$ (t)	$5 \cdot A_p \cdot q_u$ (t)	R_a (ton)
0.25	75	0			
0.50	75	0	0.04	0.03	0.02
0.75	100	0	0.12	0.04	0.06
1.00	100	0	0.21	0.04	0.08
1.25	75	0	0.27	0.03	0.10
1.50	75	0	0.34	0.03	0.12
1.75	100	0	0.43	0.04	0.16
2.00	100	0	0.51	0.04	0.18
2.25	75	0	0.58	0.03	0.20
2.50	75	0	0.64	0.03	0.22
2.75	75	0	0.70	0.03	0.25
3.00	50	0	0.75	0.02	0.26
3.25	50	0	0.79	0.02	0.27
3.50	50	0	0.83	0.02	0.28
3.75	50	0	0.88	0.02	0.30
4.00	50	0	0.92	0.02	0.31
4.25	100	4	1.01	0.04	0.35
4.50	100	8	1.11	0.05	0.39
4.75	100	0	1.19	0.04	0.41
5.00	100	0	1.28	0.04	0.44
5.25	100	12	1.38	0.05	0.48
5.50	100	12	1.49	0.05	0.51
5.75	100	8	1.58	0.05	0.54
6.00	100	8	1.68	0.05	0.58
6.25	100	16	1.79	0.05	0.61
6.50	100	12	1.89	0.05	0.65
6.75	100	8	1.99	0.05	0.68
7.00	100	0	2.08	0.04	0.71
7.25	100	0	2.16	0.04	0.73
7.50	75	0	2.23	0.03	0.75
7.75	75	0	2.29	0.03	0.77
8.00	75	0	2.35	0.03	0.80
8.25	75	0	2.42	0.03	0.82
8.50	75	0	2.48	0.03	0.84
8.75	75	0	2.55	0.03	0.86
9.00	75	0	2.61	0.03	0.88
9.25	75	0	2.68	0.03	0.90
9.50	75	0	2.74	0.03	0.92
9.75	75	0	2.81	0.03	0.95
10.00	75	0	2.87	0.03	0.97

図5 パイプ長さの算定例 (■:パイプの摩擦力1.5t以上)



- 1 パイプの頭部に貫入装置のロッドをセットし、パイプ芯位置にパイプを建込む
- 2 パイプの垂直性をリーダーを鉛直にすることにより保つ
- 3 貫入装置の圧入力および回転力によりパイプを貫入する
- 4 パイプの貫入深さおよび貫入抵抗を記録する

図7 施工方法



①専用施工機

②に示すとおりである。

おわりに

このように地盤全体が沈下している地域での住宅基礎は、荷重が小さ



②施工完了状況

いことや、コスト面で工法の選定がむずかしい。ここで述べた基礎地盤補強工法が最適かどうかは、いろいろ議論があると思われる。今後、長期間の観測を行い、データを蓄積し、少しでも戸建住宅の基礎性能の向上に役立てば幸いと思う。

(わかめ よしお)

【参考文献】

1) 若命善雄：“RES工法による低層建物基礎の設計・施工例”，基礎工，1985年12月，pp. 80～85

2) 若命善雄：“細径鋼管により地盤補強した基礎の沈下挙動とその予測法－第1報 基礎の沈下挙動と補強地盤の支持力特性”，日本建築学会構造系論文集，第455号，1994年1月，pp. 93～103

3) 若命善雄：“細径鋼管により地盤補強した基礎の沈下挙動とその予測法－第2報 沈下予測法の提案”，日本建築学会構造系論文集，第460号，1994年6月，pp. 69～76

4) 若命善雄：“戸建住宅の基礎地盤の支持力と沈下判定法の提案”，基礎工，1997年11月，pp. 56～60

5) 若命善雄：“戸建住宅の基礎の設計・施工例－RES-P工法”，基礎工，1997年11月，pp. 94～99