

建物の沈下解析における群杭のモデル化の検討
(その2: 粘性土地盤における適用性)

(株) ジオトップ 正会員 ○二見智子
同上 正会員 小椋仁志
同上 正会員 伴野松次郎
安井建築設計事務所 正会員 松尾雅夫

1. はじめに

建物の沈下現象を設計に合理的に取り入れることを目的として、筆者らの一人は実用的な解析法を提案している¹⁾。この解析法は、上部構造は線形要素、地盤は弾性論に基づいて相互作用を考慮し、杭と地盤間に摩擦要素を設定して、いずれの要素も非線形性を考慮した手法である。実用にあたっては、計算機の容量や計算時間の関係から杭基礎の場合は一柱一杭形式を考えていた。このようなことから、筆者らは、この解析法を群杭基礎にも拡張するため、そのモデル化として仮想単杭法を提案し、砂地盤における適用性はすでに確認した²⁾。本報告では、その手法の粘性土地盤での適用性を検討した結果について述べる。

2. 解析モデル

モデルとした地盤は、図-1, 2に示す2種類の粘性土地盤 A, B である。両者とも、ある実構造物が建設されている首都圏の実地盤をモデル化したものである。杭は実際に用いられているものと同様とし、地盤 A では杭径φ440-300mm(節部径-軸部径)、杭長 12m、地盤 B ではφ500-400mm、杭長 8m の埋込み節杭とした。杭の設計支持力は、地盤 A では98kN/本、地盤 B では147kN/本である。

両地盤とも杭先端が位置するのはN値 1~2 程度の過圧密状態の粘性土である。解析に用いる地盤定数や e-log p 関係は、土質調査結果などから想定し図-1, 2中に合わせて示す。a, b は、杭周面の摩擦抵抗~すべり変位関係を剛塑性型としたときの摩擦ばね係数であるが、勾配 1/b は双曲線モデルとして N 値から推定した値の 100 倍として

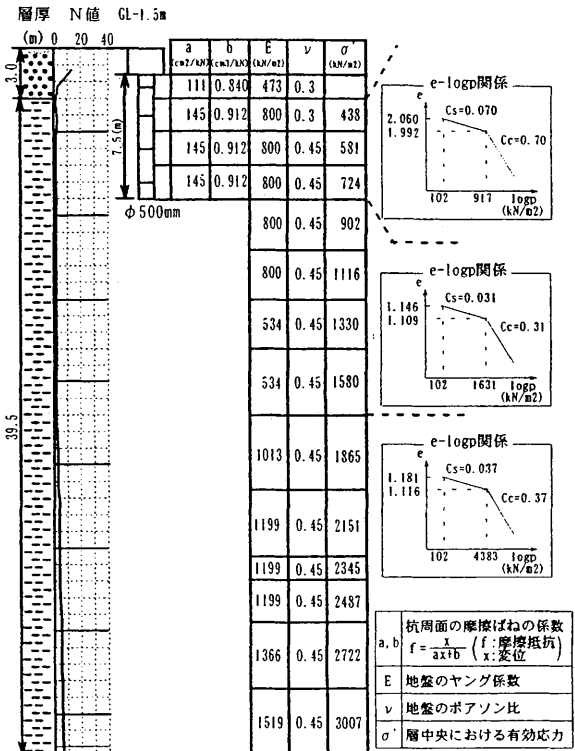


図-2 地盤条件 (地盤 B)

いる。また、杭の周面摩擦力の作用面は節部径を径とする円筒面で評価し、杭の圧縮剛性は軸部で評価した。n本群杭を仮想単杭法で近似化する場合、これらの節部径や剛性を全てn倍で評価する。

この条件で、文献 2) と同じ平面や杭配置 (杭本数 49 本) を持つ建物を想定して解析を行った。建物平面、設計支持力、杭本数から、RC 造 2~3 階建ての建物を想定したことになる。その架構剛性は、簡略化のため基礎梁 (断面 80×100cm) の曲げ剛性で代表させている。

想定した建物は平面的には対称形であることから、全体の 1/4 のみを解析の対象としてモデル化した。図-3 は詳細法の解析に、図-4 は仮想単杭法の解析に用いるモデルである。

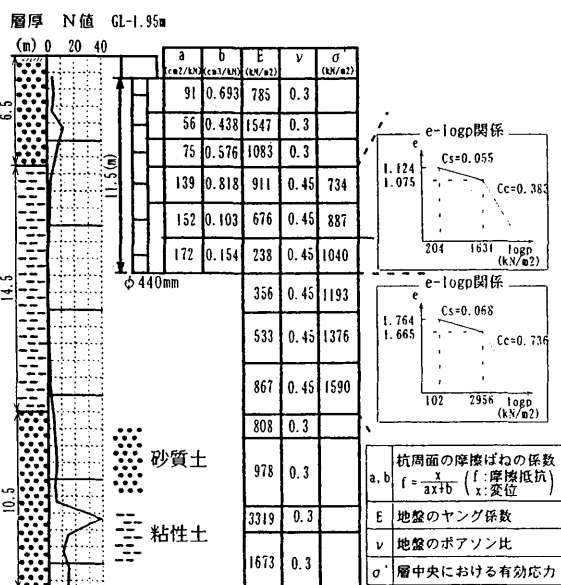


図-1 地盤条件 (地盤 A)

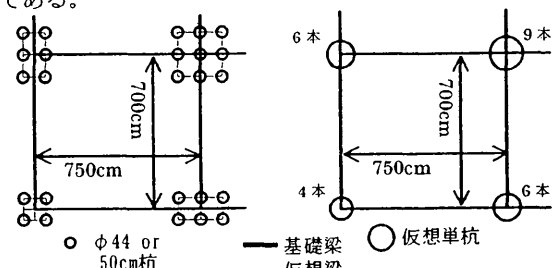


図-3 詳細法のモデル

図-4 仮想単杭法のモデル

Investigation on Modeling of Pile Groups in the Settlement Analysis of Buildings(Part 2: Application to Clayey Soil Conditions), Tomoko FUTAMI (GEOTOP Corporation), Hitoshi OGURA (GEOTOP Corporation), Matsujiro TOMONO (GEOTOP Corporation) and Masao MATSUO (Yasui Architects & Engineers, Inc.)

3. 解析結果と考察

地盤条件 A,B について解析を行った。得られた杭頭部の沈下量と反力を図-5,6に示す。また、表-1,2には、柱位置の杭頭沈下量と反力を示す。詳細法の場合は、平均沈下量と合計反力の値である。この表には、詳細法の値を基準とした割合(%)も併記した。

これらの図や表から、仮想単杭法と詳細法とによる解析値の差は、沈下量では15%程度、杭頭反力では10%以下になっていることが分かる。砂地盤の場合の結果²⁾も含めて、仮想単杭法と詳細法で得られる解析値の差をまとめると次のようになる。

- ①沈下量については、杭先端が砂地盤の場合は両者はほとんど差が出ない²⁾。
- ②杭先端が粘性土地盤の場合は、差は生じるものの15%程度の相違である。
- ③杭頭反力に関しては、杭先端地盤種別によらず差は10%以下となっている。

上記のうち、②の理由を考察する。表-3は、各柱位置における先端反力の分担率を比べたものであるが、仮想単杭法の方が小さくなっている。これから、先端反力の分

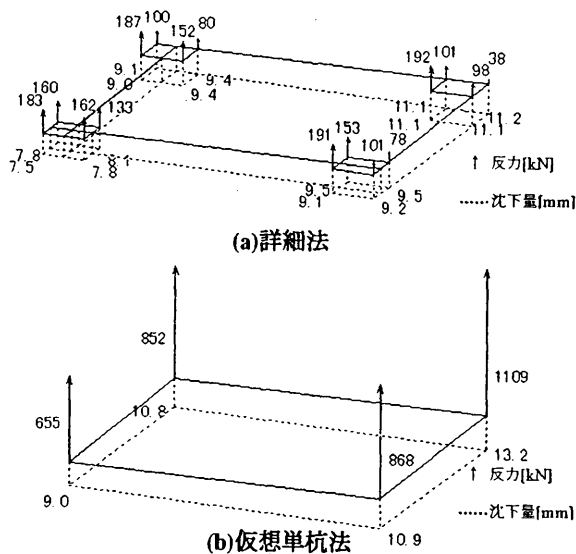


図-5 杭頭沈下量と反力分布 (地盤 A)

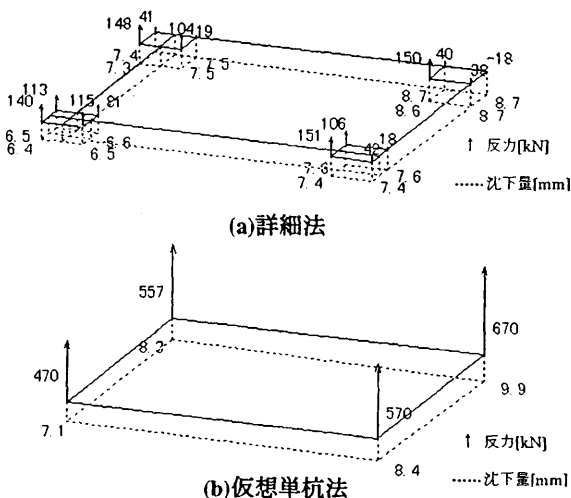


図-6 杭頭沈下量と反力分布 (地盤 B)

表-1 杭頭沈下量の比較

	沈下量(mm)			
	地盤A		地盤B	
	詳細法	仮想単杭法	詳細法	仮想単杭法
隅柱	7.8	9.0	6.5	7.1
	100%	115%	100%	109%
側柱	9.3	10.9	7.5	8.4
	100%	117%	100%	112%
側柱	9.2	10.8	7.4	8.3
	100%	117%	100%	112%
中柱	11.1	13.2	8.7	9.9
	100%	119%	100%	114%
平均%	100%	117%	100%	111%

表-2 杭頭反力の比較

	反力(kN)			
	地盤A		地盤B	
	詳細法	仮想単杭法	詳細法	仮想単杭法
隅柱	638	665	448	470
	100%	104%	100%	105%
側柱	869	868	574	570
	100%	100%	100%	99%
側柱	859	852	564	557
	100%	99%	100%	99%
中柱	1205	1109	738	670
	100%	92%	100%	91%
平均%	100%	101%	100%	101%

表-3 支持力分担率の比較

先端反力分担率 (=先端反力/杭頭反力)	地盤 A		地盤 B	
	詳細法	仮想単杭法	詳細法	仮想単杭法
隅柱	0.24	0.19	0.31	0.26
側柱	0.28	0.21	0.34	0.30
側柱	0.28	0.21	0.34	0.30
中柱	0.31	0.26	0.38	0.39

担率が小さいと、杭頭反力はほぼ同じであっても沈下量は大きい値になることが分かる。

詳細法で仮定した杭間隔は節部径の2倍と小さい。このため群杭はブロック破壊の状態になっているものと考えられる。この状態では、みかけの先端面積は各杭の断面積の合計よりも大きく、周面積は小さくなる。一方、仮想単杭法は群杭を杭の周面積や断面積を本数倍した単杭に置き換えたものであるから、貫入破壊の状態に近い。その結果、仮想単杭法(貫入破壊)では、詳細法(ブロック破壊)よりもみかけの先端面積は小さく周面積は大きくなるため、相対的に先端反力の分担率は小さくなる。それによって、沈下量の解析値が大きくなったものと推測される。

ブロック破壊は、同じ杭間隔でも粘性土の方が生じやすいため、粘性土地盤では沈下量に差が現れたのであろう。ただし、差は15%程度であり、群杭を仮想単杭法によってモデル化しても実用上は問題がないものと判断される。

4. おわりに

本論文では、沈下解析に用いる群杭のモデル化手法として提案した仮想単杭法の粘性土地盤への適用性について検討した。その結果、砂地盤に比べて粘性土地盤では、詳細法に対する沈下量の差が大きいものの、実用上はほぼ問題なく適用できることが分かった。今後は、仮想単杭法によって解析された沈下量を、実測された沈下量と比較することによって、その適用性を検討していきたい。

参考文献

- 1) 松尾雅夫、山肩邦男：地盤の変形を考慮した杭基礎の鉛直荷重時実用解法、日本建築学会構造系論文集、第477号、pp.67-76、1995.11
- 2) 二見智子、松尾雅夫、小椋仁志、伴野松次郎：建物の沈下解析における群杭のモデル化の検討、第35回地盤工学研究発表会(岐阜)、pp.1851-1852、2000。

829

建物の沈下解析における群杭のモデル化の検討
(その3: 仮想単杭法を用いた計算値と実例値との比較1)

(株) ジオトップ 正会員 ○伴野松次郎
同 上 正会員 小椋仁志
同 上 正会員 二見智子
安井建築設計事務所 正会員 松尾雅夫

1. はじめに

地盤および上部構造の変形を適合させた実用的な沈下解析法¹⁾を群杭基礎に拡張するため、群杭のモデル化手法として仮想単杭法を提案した^{2) 3)}。本報告では、その実用性を検討するために、粘性土地盤上に建設された節杭基礎建物を対象として、解析で得られた沈下量と実測された沈下量とを比較検討した例を紹介する。

2. 建物および地盤の概要

対象とする建物は、川崎市内に建つ建築面積約 190m²、5階建て(一部2階建て)のRC造店舗付き集合住宅である⁴⁾。1階平面図を図-1に示す。この建物の全重量は約 17.5MN である(94kN/m²)。杭は、杭径φ440-300mm(節部径一軸部径)、杭長 12m の埋込み工法による節杭であって、設計支持力は 147kN/本となっている。杭配置は図-2に示すように、1.1m 間隔で 119本の節杭が、べた基礎状に打設されている。

地盤は、図-3に示すように、N値2程度の沖積粘性土層がGL.-6.6~21.0mの間に厚く堆積した地盤である。杭先端はその中に位置する。その層は、以前、低下していた地下水位が現在は回復したことにより、過圧密状態となっている。過圧密比は、1.6~2.5である。

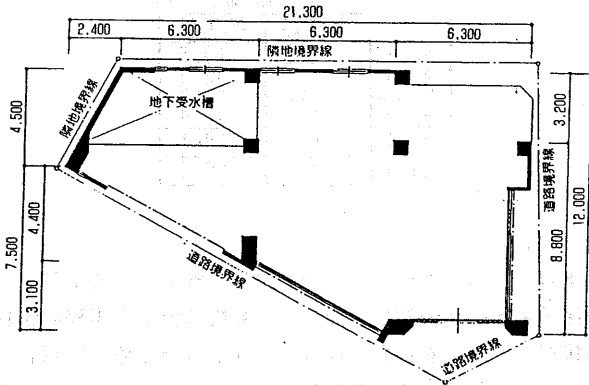


図-1 建物の一階平面図

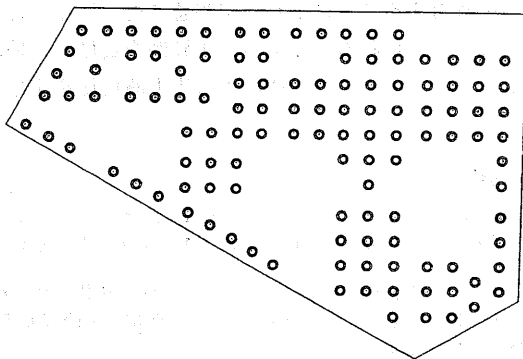


図-2 杭伏せ図

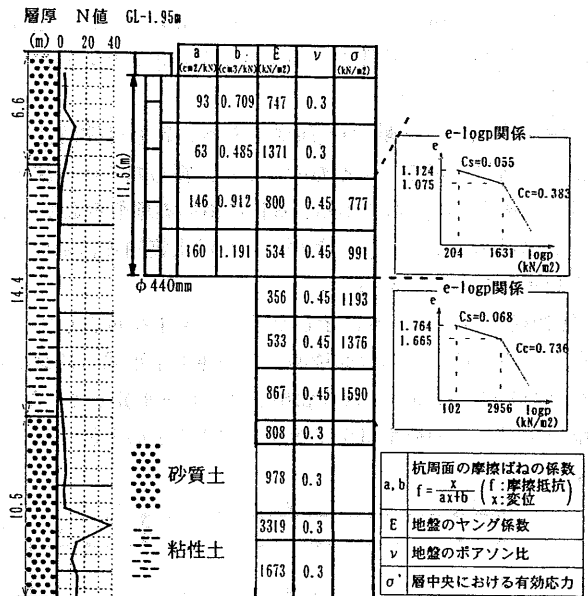


図-3 地盤条件

3. 沈下量の計測

建物の沈下量計測が、1階床打設後に開始され約2年間にわたり行われている⁴⁾。側点は、図-4に示すように建物外周の5点である。

図-4に、測定開始から3ヶ月後と2年後の実測沈下量分布図を示した。同図より、5~6mmの沈下が生じていることがわかる。

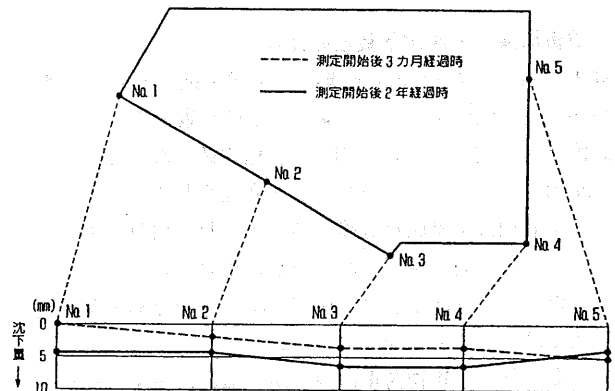


図-4 沈下量側点位置と計測結果

4. 解析モデル

図-1の構造物を解析するにあたって、図-5に示すようなモデルを設定した。基礎は119本の杭を27組の3~7本の群杭とみなし、それらの群杭を27本の仮想単杭

Investigation on Modeling of Pile Groups in the Settlement Analysis of Buildings(Part 3: Comparison by virtual single pile method, example 1), Matsujiro TOMONO (GEOTOP Corporation), Hitoshi OGURA(GEOTOP Corporation), Tomoko FUTAMI (GEOTOP Corporation) and Masao MATSUO (Yasui Architects & Engineers, Inc.)

に置き換えた。図-5中には、仮想単杭に置き換えた杭本数と、解析時に設けた節点の位置も併記している。

杭他には、基礎梁と基礎スラブもモデルに入れている。基礎梁は、実際に用いられているものの5倍の曲げ剛性の基礎梁を想定した。これは、上部構造物の架構剛性を基礎梁に置き換えたためである。基礎スラブは、長方形板曲げ要素として考慮した。建物平面を図-5のように、基礎底版の形状が全て四角形となるようモデル化したのは、このためである。

解析方法は、文献3)と同様である。砂層は即時沈下、粘性土層は圧密沈下するものとした。得られる圧密沈下量は、圧密完了時の値である。解析に用いる地盤定数やe-log p関係は図-2中に示したが、これは土質調査結果などから想定したものである。

建物荷重は、図-5に示した節点に集中荷重として与えた。荷重の値は、単位面積あたりの建物全重量（積載荷重を含む）に、各節点の負担面積を考慮して算定した。なお、解析では、この荷重は全て杭が負担するものと仮定している。

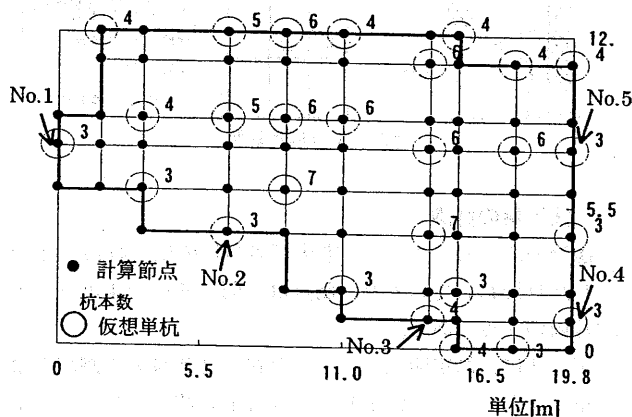


図-5 仮想単杭法による解析モデル

5. 解析結果と実測沈下量との比較

解析で得られた杭頭沈下量の分布図を図-6に、計測開始から2年後の実測沈下量との比較を表-1に示す。解析値は、実測値に対して約3~5倍の値となっている。この原因として、次のようなことが考えられる。

- ①沈下計測は1階床打設後から始められており、実測値にはそれ以前に生じた沈下量が含まれていない。
- ②解析での圧密沈下量は圧密完了時のものであるが、実測ではそこまでは至っていない。
- ③計算で与えた建物荷重は設計用の積載荷重を含んだものであるが、実際の積載荷重はこれより小さいものと考えられる。
- ④地盤のヤング係数などの地盤定数の多くはN値から推定しているが、これらの推定式は一般に安全側（沈下量が大きめに計算される）の定数値が与えられるものが多い。
- ⑤使われている杭は摩擦杭であるため、基礎スラブの底面は地盤面に接している。そのため、建物荷重は杭だけでなく、基礎スラブの底版も負担していると考えら

れる。すなわち、実際には、摩擦杭と基礎スラブ底版により支持されるパイルド・ラフト基礎として機能している可能性が高い。

以上の①の原因によって実測値が10~20%小さくなり、②~④によって解析値が各々20%程度大きくなっていった可能性がある。したがって、①~④の原因を取り除いたとすると、解析値は実測値の2~3倍に近づくものと思われる。さらに、最も大きい原因と考えられる⑤について試算を行った結果、パイルド・ラフト基礎としたときの沈下量は杭基礎としたときの半分程度となった。この試算については改めて報告するが、①~⑤の原因を考慮することにより解析値は実測値に1~2倍まで近づき、仮想単杭法は実用計算法として満足できるものになると判断される。

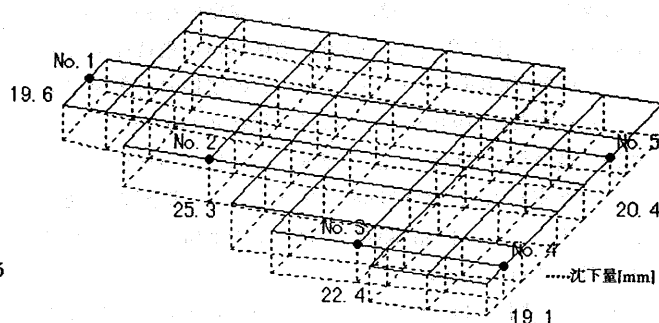


図-6 解析沈下量分布図

表-1 実測沈下量と解析沈下量の比較

	沈下量 (mm)	
	実測値	解析値
No. 1	4.5	19.6
No. 2	4.5	25.3
No. 3	6.3	22.4
No. 4	6.4	19.1
No. 5	4.0	20.4

6. おわりに

本論文では、仮想単杭法を適用して解析した沈下量と実測沈下量との比較例を紹介した。解析の仮定と実際の建物の状況などが必ずしも一致していなかったため、計算値と実測値にかなりの差が生じた。しかし、パイルド・ラフト基礎等を考慮することにより、実測値に近づけることは可能であると考えられる。今後も、比較例を蓄積し、検討を加えることにより、この手法による沈下解析法を実用化していきたい。

参考文献

- 1) 松尾雅夫、山肩邦男：地盤の変形を考慮した杭基礎の鉛直荷重時実用解法、日本建築学会構造系論文集、第477号、pp.67-76、1995.11
- 2) 二見智子、松尾雅夫、小椋仁志、伴野松次郎：建物の沈下解析における群杭のモデル化の検討、第35回地盤工学研究発表会、pp.1851-1852、2000.6
- 3) 二見智子、松尾雅夫、小椋仁志、伴野松次郎：建物の沈下解析における群杭のモデル化の検討（その2：粘性土地盤における適用性）、第36回地盤工学研究発表会、2001.6
- 4) 河津亘、小椋仁志：軟弱地盤に建設されたRC造店舗付き集合住宅、建築知識 vol.412、pp.116-119、1992.6