

建築基礎構造設計指針(2001)による建物沈下量の計算値と実測値との比較
(その1 総沈下量について)

正会員 ○小椋 仁志*
同 板東 真平**

設計基準 摩擦杭 現場計測
即時沈下量 圧密沈下量 地盤のヤング係数

1. はじめに

筆者らは、昨年¹⁾の報告で摩擦杭を用いた5件の建物を対象として、日本建築学会「建築基礎構造設計指針(1988)」²⁾(以下「旧指針」と呼ぶ)による沈下量の計算値と実測値とを比較した。その結果、総沈下量で考えると、計算値は実測値の約3倍の値となることが分かった。2001年10月に改定された指針³⁾では、沈下量の計算方法が少し変更されている。そこで、対象とする建物の数を9件に増やしたうえで、新しい指針による方法で沈下量を計算し、その値と実測値とを比較したので、その結果を報告する。

2. 節杭を用いた建物の沈下量の計測結果

摩擦杭(節杭)を用いた建物の沈下量の計測結果は、文献4)~6)などに20件以上報告されている。それらを再整理して、地盤や建物に関する情報が比較的そろっていて、建物荷重による沈下量が明確なものを選んだ。その結果、表-1に示す9件が本検討の対象となった。これらの建物には、節部径450~500mm、杭長6~12mの節杭が用いられている。表-1中の基礎形式で、「独立」は柱下のパイルキャップの下に、「布」は基礎梁の下に、「ベタ」は柱や基礎梁に関係なく床の下にほぼ等間隔に、杭が配置されているものである。

3. 沈下量の計算方法

旧指針では砂質土層は即時沈下、粘性土層は圧密沈下として沈下量を計算していた。それが改定指針では、粘性土でも即時沈下を考慮することになっている。すなわち、正規圧密状態の場合は即時沈下と圧密沈下の両方を合算し、過圧密状態の場合は即時沈下のみを考えるわけである。なお、砂質土層は、旧指針と同様、即時沈下のみとしている。

即時沈下量の計算方法は、指針に示された方法のうち、Steinbrennerの多層近似解を用いた。この時用いる地盤のヤング係数Eは、表-2に示す関係式によってN値から推定した。砂質土の場合は指針に示されている式であるが、粘性土の場合は指針には示されていない。そこで、最も一般的と考えら

れるE~一軸圧縮強さ q_u の関係式^{7),8)}および q_u ~N値の関係式⁹⁾を用いた。後者はcase1とcase2の2通り考えている。地盤のポアソン比は、指針に示された0.3(砂質土)と0.5(粘性土)を用いた。圧密沈下量は、建物荷重による沈下のみを対象とし、圧密試験の結果をもとにCc法によって計算した。建物荷重による地盤の増加応力 $\Delta\sigma_z$ は、杭先端から杭長の1/3の深さに荷重の仮想作用面を設定し、文献1),10)で示した「集中荷重」・「等分布荷重」・「30度分散」の3つの方法により求めた。詳細は文献10)を参照されたい。

4. 沈下量の計算値と実測値の比較例

沈下量の計算値と実測値を比較した一例として、石川県の圧密沈下地帯に建つS造平屋(一部2階)建ての倉庫の例を示す。杭長10m、杭径 ϕ 440(節部径)-300(軸部径)のPHC節杭が、埋込み工法で図-1の位置に175本施工されている。

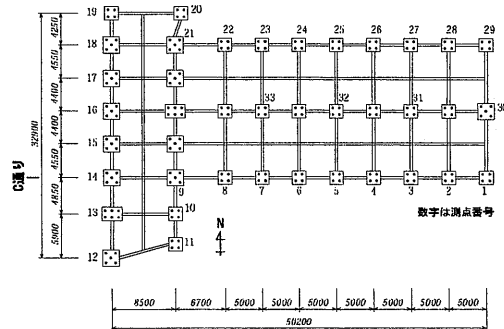


図-1 杭伏せ図

図-2に地盤状況を示す。沈下量の計測は1990年9月の基礎梁打設時に始められ、2001年6月まで行われている。この間の建物荷重による沈下量は最大で50mmであるが、この他に地表面沈下が約73mm生じている。なお、建物には沈下による障害は見られていない。

図-3に旧指針および改定指針による計算値と最終計測時の実測値の分布を示す。計算値はいずれも実測値より大きな値となっている。特に、改定指針は、旧指針よりもかなり大きな沈下量の値を与えることが分かる。

表-1 検討物件

No.	場所	用途	地盤	上部	階数	基礎型式	杭種	施工法	計測開始時期	測点数
1	石川県	倉庫	砂+粘	S	1F(一部2F)	独立	節杭	埋込み	基礎梁打設時	29
2	神奈川県	店舗・集合住宅 ⁵⁾	粘+砂	RC	5F(一部2F)	ベタ	節杭	埋込み	1階スラブ打設後	5
3	東京都	店舗・集合住宅	粘	S	5F(一部6F)	ベタ	節杭	埋込み	3階鉄骨組立時	8
4	大阪府	集合住宅 ⁶⁾	砂+粘	RC	3F	布	三角節杭	埋込み	竣工時	10
5		集合住宅 ⁶⁾	砂+粘	RC	3F	布	三角節杭	埋込み	竣工時	16
6	大阪府	宿舎 ⁶⁾	粘+砂	RC	4F	布	三角節杭	打込み	捨てコン施工時	14
7	大阪府	倉庫 ⁶⁾	粘+砂	S	1F	ベタ	三角節杭	打込み	竣工時	29
8		倉庫 ⁶⁾	粘+砂	S	1F	ベタ	三角節杭	打込み	竣工時	32
9	大阪府	学校 ⁶⁾	砂+粘	RC	3F(一部2F)	独立	三角節杭	埋込み	竣工時	53

表-2 土質条件と関係式

土質条件		換算式
砂	過圧密	$E=2.8N(\text{MN}/\text{m}^2)$
	正規圧密	$E=1.4N(\text{MN}/\text{m}^2)$
粘性土	case1	$E=105q_u, q_u=N/8 \times 10^{-1}(\text{MN}/\text{m}^2)$ (ただし洪積粘性土は $E=240q_u$)
	case2	$E=105q_u, q_u=(4+N/2) \times 10^{-2}(\text{MN}/\text{m}^2)$ (ただし洪積粘性土は $E=240q_u$)

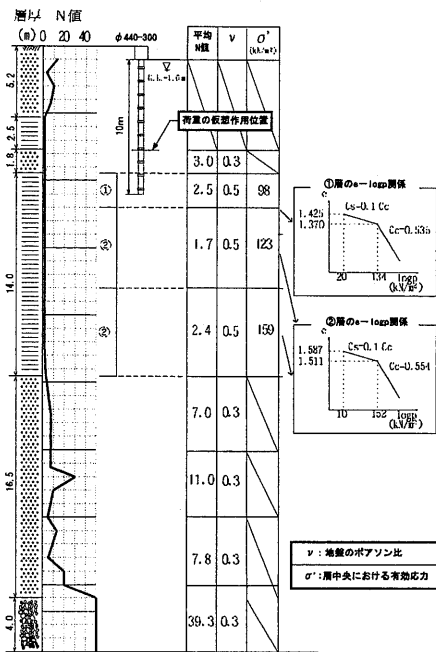


図-2 地盤状況

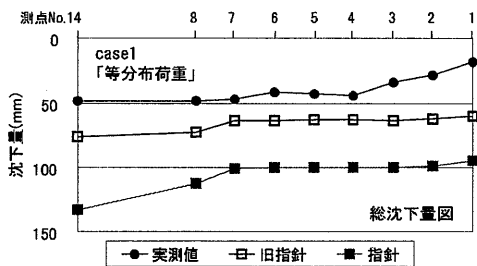


図-3 沈下量分布図

5. 総沈下量の計算値の検証

表-1 に示した 9 件の建物に設置された全ての計測点 (196 点) について、総沈下量の最終実測値と改定指針による計算値との相関図を図-4 に示す。この図から、改定指針による計算値は、実測値よりも非常に大きいことが分かる。

これを定量的に検討するために、文献 10) と同様、総沈下量の実測値 S_m と計算値 S_c の比の対数 $\ln(S_m/S_c)$ によって統計処理を行った。その結果、計算値は実測値の約 5 倍 (case1) ~ 約 7 倍 (case2) の値となることが分かった。すなわち、改定指針の計算方法は、実際よりも非常に大きな総沈下量を与えることになる。旧指針の方法による計算値は実測値の約 3 倍であった¹⁾ ことを考えると、改定指針で粘性土にも即時沈下を考慮したことが、その原因の一つであると言える。その他の原因には、建物重量の設計値は実際より大きめの値が用いられること、実測値には計測開始までの初期沈下量が入っていないこと、N 値から求める地盤の E は実際より小さい値を与えられることなどが考えられる。詳しくは文献 10) を参照されたい。

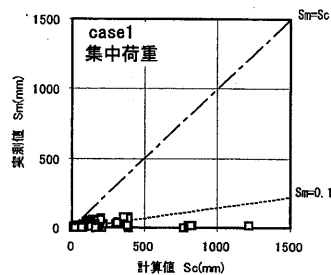


図-4 総沈下量の相関図

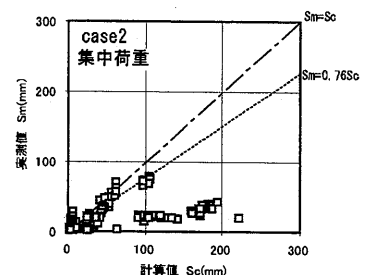


図-5 総沈下量の相関図

(E を大きくした場合)

6. ヤング係数 E の検討

前節で述べたように即時沈下の計算に用いる E は N 値から求めているが、E ~ N 関係、E ~ q_u 関係および q_u ~ N 関係の諸式の精度は良いとはいえない。また、表-2 の諸式は、「安全側」の配慮から小さめの E を与える傾向がある。

そこで、粘性土の E を表-2 の関係式から得られた値に対して、仮に 10 倍の値にしてみる。また、砂の E も、指針に示されている N 値と E の関係図の元データ¹¹⁾ を参考に、表-2 の関係式から得られる値の 3 倍の値にしてみる。これらの E を用いて得られた計算値と、実測値との相関図を図-5 に示す。これを前節と同様の手法で定量的に検討すると、計算値は実測値の約 4/3 倍の値となる。計算値が実測値よりも大きくなるのは前節で述べた他の原因もあることや安全側の配慮などを考えると、実測値の 4/3 倍というのは妥当計算値であるといえる。本報では、表-2 の式 (粘性土は case2) で得られた値を、砂質土では 3 倍、粘性土では 10 倍した E を沈下計算に用いることを提案したい。

7. おわりに

本報では、改定された指針による建物沈下量の計算値と長期沈下計測による実測値とを比較・検討した。その結果、総沈下量では計算値は実測値の 5~7 倍の値になることが分かった。N 値から求めた E を、砂質土では 3 倍、粘性土では 10 倍するとほぼ妥当な沈下量が得られることも分かった。

参考文献

- 1) 板東真平・小椋仁志：摩擦杭基礎の沈下量の計算値と実測値との比較、日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) B-1, pp.507~508, 2001.9.
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 1988.1.
- 3) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 2001.10.
- 4) 節杭協会：節杭による建物の沈下測定, 1983.4.
- 5) 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 (摩擦杭)、建築知識, pp.116~119, 1992.5.
- 6) 桐原英秋・福井 実・青柳 司・川村政美：埋立地盤における摩擦杭基礎の設計例、日本建築学会学術講演梗概集 (東北) pp.2181~2182, 1982.10.
- 7) 竹中準之介：粘土のサンプリングとその信頼度、土質材料の力学と試験法における最近の問題点、日本材料試験協会関西支部, pp.1~22, 1962.
- 8) 西垣好彦：粘土のヤング率の歪レベルによる変化、第 26 回土木学会年次学術講演梗概集, pp.93~96, 1971.
- 9) 大崎順彦：建築基礎構造, pp.399~400, 技報堂出版, 1991.10.
- 10) 板東真平・小椋仁志・二見智子：摩擦群杭を用いた建物の沈下量の計算値と実測値の比較、第 46 回地盤工学シンポジウム, pp.205~210, 2001.
- 11) 玉置克之・桂 豊・岸田 了：施工時の鉛直変位測定に基づく支持地盤のヤング係数、清水建設研究報告, Vol.55, pp.11~20, 1992.

* 株式会社 ジオトップ 技術開発本部・工博
** 株式会社 ジオトップ 技術開発本部

* GEOTOP Corporation, Dr. Eng.
** GEOTOP Corporation