

# 小型三成分コーン貫入試験機の開発と 住宅地盤調査への適用性の検証（その2）

三成分コーン貫入試験 サウンディング 地盤調査

(株)設計室ソイル 正会員 高田 徹  
住友林業(株) 正会員 佐藤 隆  
(独)建築研究所 国際会員 田村 昌仁

## 1.はじめに

『住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）』では、地盤は、瑕疵担保責任の基本構造部分に含まれない。しかしながらその前提として地盤状況に対応した基礎の設計・施工を行うべき義務があるものと解されるため、それを考慮しないで基礎の設計・施工を行って障害が生じた場合は、基礎の瑕疵として品確法の適用対象となり、決して地盤は免責の対象にはならない。安全な基礎を構築する上では、地耐力の他、液化化判断や地盤踏査をふまえた地域特性や地盤履歴なども重要であり、今後、この分野においてもさらに信頼性の高い地盤調査法や評価手法の開発が望まれる。

上記問題点を解決する調査法として、筆者らは、わが国よりも海外で広く用いられている「三成分コーン貫入試験(CPT)」に注目している。本稿(その2)では(その1)<sup>1)</sup>で述べた小型三成分コーン貫入試験機を用いた住宅地盤調査結果とその評価手法について、実現場で調査した結果をもとに説明する。なお、ここでは住宅地盤において重要視される地盤の支持力と沈下判定について述べる。

## 2.許容支持力の算定

一般に地盤の許容支持力は、テルツァーギの支持力式(1)によって計算できる<sup>2)</sup>。

$$q_a = \frac{1}{3} \left( c \cdot N_c + r_1 \cdot B \cdot N_r + r_2 \cdot D_f \cdot N_q \right) \dots (1)$$

- $q_a$  : 許容支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $c$  : 基礎底面下にある地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $r_1$  : 基礎底面下にある地盤の平均単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
地下水水位下にある部分については水中単位体積重量
- $r_2$  : 基礎底面より上方にある地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
地下水水位下にある部分については水中単位体積重量
- $N_c, N_r, N_q$  : 支持力係数・内部摩擦角  $\phi$  の関数
- $B$  : 基礎幅 (m)
- $i_c, i_r, i_q$  : 荷重の傾斜に対する補正係数
- $\lambda$  : 基礎の形状係数

コーン先端抵抗より粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  を推定する式は、多々提案されている<sup>5)</sup>。ここでは以下の式を用いる。

$$q_c / N = 5.48 + 1.36 \log D_{50} \dots (2)^{3)}$$

$$= \sqrt{20N_1 + 20} (3.5 N_1 - 20) \dots (3)$$

$$= 40 (20 < N_1)$$

$$N_1 = \sqrt{98 / v_o'} \times N \dots (4)$$

$$q_u = \frac{1}{5} \cdot 0.741 q_c = 0.148 q_c \dots (5)$$

- $D_{50}$  : 平均粒径
- $N_{kt}$  : コーン係数
- $q_c$  : 先端抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)
- $q_t$  : 水圧の影響を考慮した先端抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)
- $v_o$  : 鉛直全応力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $v_o'$  : 鉛直有効応力 (kN/m<sup>2</sup>)

CPT では先端抵抗  $q_t$  から粘性土における非排水せん断強さ  $c_u$  を、 $q_t = N_{kt} \cdot c_u + v_o$  で関連づけることができる。しかし、コーン係数が地盤によってバラツキが大きく十分な配慮が求められるため、ここでは  $q_c$  と  $q_u$  の相関式(5)より  $c = q_u / 2$  として求めることとした。なお平均粒径は Robertson の土質分類チャート<sup>5)</sup>を用いて土質判別後、各土質の代表値を用いた。ここで求めた  $c$ 、 $\phi$  を(1)式に代入し地盤の許容支持力を算出することができる。

## 3.沈下の判定

建物の沈下量の予測は、FEM などの数値解析を用いて精度よく推定する方法が最良であると考えられるが、実務レベルでは機能しにくい。精度は低くとも簡易に推定する手法があれば、大きな間違いはなく感覚的にも理解できる。若命・妹尾<sup>4)</sup>は、SWS 試験結果をもとに建物荷重に対する有害な地盤沈下の有無を「有効土被り圧 + 建物荷重による増加応力」が「圧密降伏応力」より大きい場合には地盤が沈下を起こす可能性があるとした判定手法を提案している。ここではこの手法を三成分コーン貫入試験に代用して沈下の判定を行うものとする。

建物荷重による地中応力の増分  $\sigma_z$  は、Steinbrenner の式で算出し、建物荷重による地中応力の鉛直方向成分  $\sigma_z$  は

$$\sigma_z = v_o' + \frac{P_{yz}}{z} \dots (6)$$

で表される。 $q_u$  を式(5)より求め、Skemton の式(7)に代入し圧密降伏応力  $P_{yz}$  を求める。

$$P_{yz} = 1.5 \times q_u \dots (7)$$

沈下の判定は、式(8)により、「沈下する地盤」と判定された層の厚さや連続性によって判断する。

$$\left. \begin{array}{l} z < P_{yz} / \sigma_z \text{ (沈下しない地盤)} \\ z > P_{yz} / \sigma_z \text{ (沈下する地盤)} \end{array} \right\} \dots (8)$$

#### 4.調査結果

調査場所は神奈川県横浜市で、戸建住宅新築工事に伴う地盤調査である。建物は2階建（B7.3×L9.1m）、べた基礎、基礎設計荷重：30kN/m<sup>2</sup>を予定していた。ここではCPTの他、標準貫入試験（SPT）、土質試験、SWS、表面波探査を行った（図1）。図2に表面波探査結果、図3にCPTによる先端抵抗  $q_t$ 、周面摩擦力  $f_s$ 、間隙水圧  $u_d$  の深度分布と土質分類をボーリング柱状図と照合して示す。

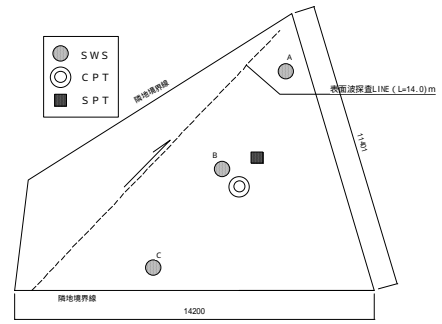


図1 調査位置図

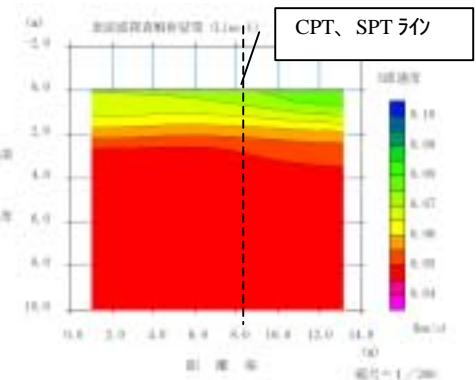


図2 表面波探査結果

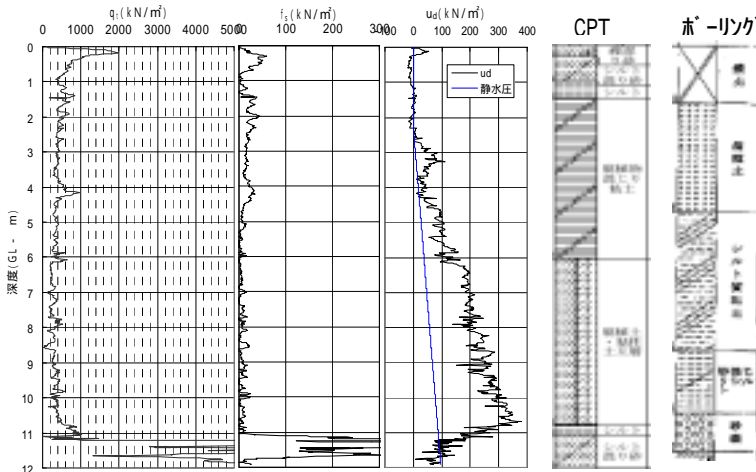


図3 CPT結果

CPTの土質分類をボーリング柱状図と比較すると、大まかな区分（粘土・砂）はほぼ合致している。ただし腐植土については「腐植物混じり」と判断され明瞭ではなかった。図4に3つの調査法によるN値の深度分布、図5に地盤の許容支持力  $q_a$  の深度分布を示す。CPTによるN値はSWSのそれに比べて、SPTとほぼ類似傾向にあった。また許容支持力についても、CPTの方が土質試験結果から求めた値と合致していた。

図6に簡易沈下判定を行った結果を示す（設計建物荷重20kN/m<sup>2</sup>とし、土の単位体積重量は一律16kN/m<sup>3</sup>とした）。SWSではGL-0.75m～4.25mで圧密沈下の可能性があるが、CPTでは浅層部で沈下せず、深部で  $P_{yz}$  と  $z$  が同等な数値を示している。この違いは圧密降伏応力を  $q_u$  の係数として算出するため、このような差異が生じている。浅層部では、CPTによる  $q_a$  はほぼ土質試験から得られる  $q_a$  と一致している。また過去の地盤履歴より既存建物があったことから浅層部での圧密沈下は終息していると考えられる。

#### 5.おわりに

CPTによる地盤支持力と沈下判定の手法を提案した。CPTはSWSよりSPTや室内土質試験結果と整合性が高く得られていた。将来的には一般の戸建住宅で行われるSWSの追加調査としてあるいはSWSと併用して使用することで、より精度の高い調査が可能であると推測する。しかしCPTで使った式中には、多くの換算式が使用されている。今後、調査実績を積み重ねた上でさらに精査していきたいと考える。

#### 《参考文献》

- 1) 佐藤ら（2006）：小型三成分コーン貫入試験機の開発と住宅地盤調査への適用性の検証（その1）；第41回地盤工学研究発表会（投稿中）、2）日本建築学会：建築基礎構造設計指針（2003）、3）室町・小林（1980）： $q_c$  / N値の粒度による変化の実測例について；サウンディングシンポジウム発表論文集、4）若命・妹尾（1997）：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、5）地盤工学会（2004）：地盤調査の方法と解説、

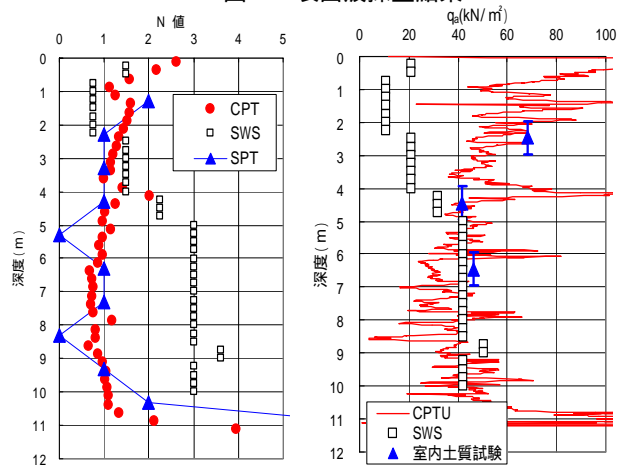


図4 N値の比較

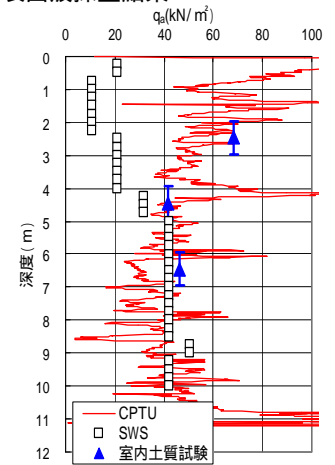


図5 許容支持力の比較

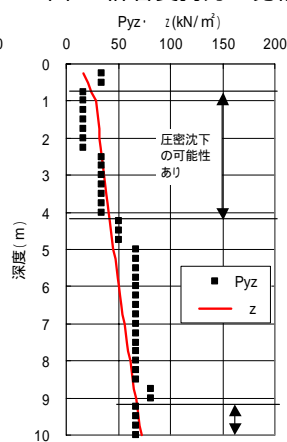
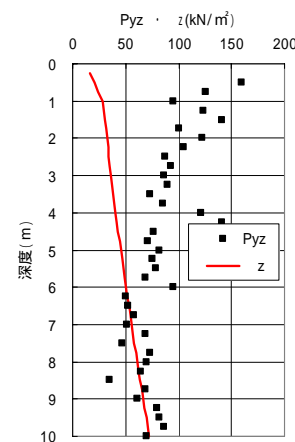


図6 沈下判定図（左：CPT、右 SWS）