

CPT データを利用した設計強度定数の推定 —その2 砂質土の内部摩擦角について—

CPT	(株)地盤試験所	国際会員 宮坂 享明	山口大学	国際会員 兵動 正幸
設計強度定数	(株)地盤試験所	正会員 西村 真二	(株)地盤試験所	正会員 ○岡 信太郎
内部摩擦角	(株)地盤試験所	正会員 岩崎 崇雄	(株)地盤試験所	正会員 北条 豊

1 はじめに

近年、産業技術の進歩に伴いコーン貫入試験も目覚ましい変化を遂げている。具体的には国内の多種多様な地盤に対応できるように貫入圧入装置の小型化・ドリリングやハンマリングなどの多機能化および反力装置の小型化・効率化などである。コスト的にはまだ問題点が若干残っているが、性能設計時代に実用的な地盤調査法と云えよう。本論文はコーン貫入試験から取得したデータから砂質土の設計用土質強度定数(ϕ)の推定について述べるものである。

2. 砂質土のせん断強度

一般的に、飽和粘性土地盤の設計強度は非排水せん断強度が用いられるのに対して、砂質土地盤の場合ではせん断強度(τ_u)の推定に、粘着力(c)のほかにせん断抵抗角(ϕ)が必要である。ここでは電気式3成分静的コーン貫入試験(以下CPTと略す)から得られたデータを用いて砂質土の内部摩擦角に着目し、検討を行なった。

砂質土のせん断強度は以下の式に示すように粘着力(c)とせん断抵抗角(ϕ)によって推定される。

$$\tau_u = c + \sigma_{vo} \tan \phi \quad \dots\dots(1)$$

$$= c' + \sigma'_{vo} \tan \phi' \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 $'$ は有効応力による表記である。

式(2)において、砂質土の粘着力(c')は第2項の $\sigma' \tan \phi'$ に比べて値が小さいことから、安全を見て無視されるのが一般的である。よって欧米では、 q_c から砂質土のせん断強度を推定ときには、図-1のように q_c と $\tan \phi'$ の相関性に注目して行われている。実用的に使われている2種類の推定式を以下に示す。

$$N_q = \frac{q_c}{\sigma'_{vo}} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \cdot e^{\left(\frac{\pi}{3} + 4\phi' \right) \tan \phi'} \quad \dots(3)$$

$$\tan \phi' = \frac{1}{2.68} (\log N_q + 0.29) \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 N_q は支持力数であり、CPTによる結果である。

式(3)はLunneら¹⁾が、式(4)はRobertsonら²⁾が同じく1983年に提唱したものであり、両式に基づく $N_q \sim \phi'$ 相関曲線を併せて図-2に示す。図-2をみると、式(3)による ϕ' の算定結果は式(4)によるものよりも若干低めになっていることがわかる。式(4)に基づく日本国内の適用結果では、 ϕ' を若干過大評価していることが報告されており、下方修正の必要性が指摘されている³⁾。

式(3)を全応力表記に直して算定したせん断抵抗角(ϕ)と、国内でよく使われているN値と ϕ の相関式⁴⁾を用いたせん断抵抗角(ϕ)の算定結果とを併せて図-3に示す。

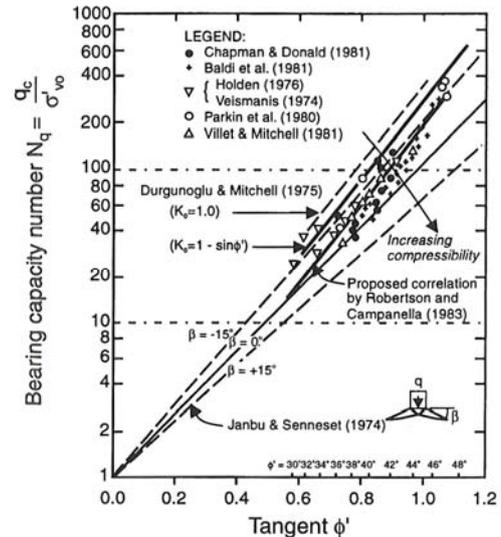


図-1 大型室内土槽試験による砂質土の支持力数 N_q と $\tan \phi'$ との相関

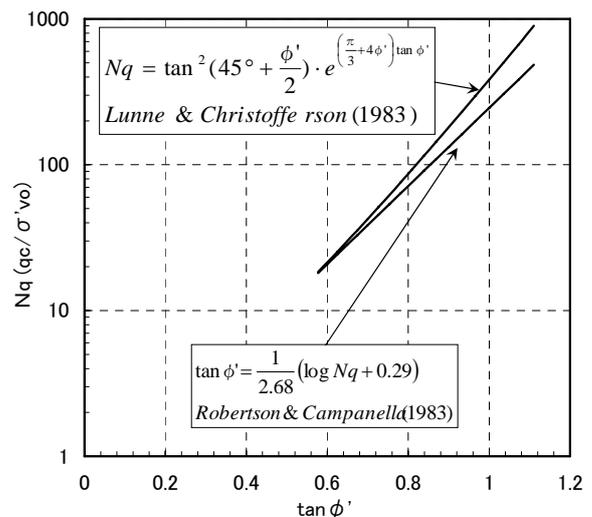


図-2 支持力数 N_q とせん断抵抗角(ϕ')との相関

Estimation of Soil Strength Parameter Based on CPT Data: Part 2 Internal Friction Angle

T. MIYASAKA¹⁾, M. HYODO²⁾, S. NISHIMURA¹⁾, S. OKA¹⁾, T. IWAZAKI, Y. HOJO¹⁾

¹⁾Jibanshikenjo Co., ²⁾University of Yamaguchi

図-3.をみると、式(3)の全応力表記に基づいた算定結果は、国内でよく使われているN値とφの相関性に基づいた道路橋示方書の式と大崎の式によるせん断抵抗角(φ)の算定結果との間に分布していることがわかる。式(4)よりも式(3)のほうが妥当であることがいえる。

また、近年ではqtと換算N値(N60またはN0)との相関に関する研究発表が多く報告されており、実用レベルに耐えることが明らかになっている^{5),6)}。したがって、前述のように直接的にqtを用いたφへのアプローチのほか、換算N値を経由して、国内でよく使われているN値とφの相関式を用いたアプローチもCPTの補正先端抵抗力度(qt)からせん断抵抗角(φ)を算定する手法の選択肢の一つとして考えられる。

3. 粘性土と砂質土の区分け

時松・鈴木らは国内での適用結果に基づいて、式(5)による細粒分含有率(FC)の算定を提案している⁵⁾。2007年に横浜で実施したCPT一斉試験の結果をこの提案式で整理した結果を図-4に示す⁷⁾。粒度試験結果とほぼ一致しており、式(5)は細粒分含有率FCを適正に評価していることがわかる。

なお、一般的に粘性土と砂質土との区分けは、FC=50%とされている。FC≧50%であれば粘性土として扱い、粘着力(c)を用いてせん断強さを求め、FC<50%であれば砂質土として扱い、せん断抵抗角(φ)を用いてせん断強さを求める。

$$FC = 1.0I_c^{4.2} \dots\dots\dots(5)$$

ここで、Icは土質性状タイプ指標、Qtは正規化先端抵抗、FRは正規化摩擦抵抗率である。

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

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

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

4. まとめ

砂質土地盤においては、コーン指数を適用することができないため、欧米では砂質土の設計せん断強度の推定はqcとφ'の相関によって行われている。国内の適用結果から、式(3)に基づいた算定結果は、国内でよく使われているN値とφの相関式を用いた道路橋示方書の式と大崎の式との間に分布しており、式(3)は妥当であることがいえる。また、換算N値を経由して、国内でよく使われているN値とφの相関式を用いたアプローチもCPTの補正先端抵抗力度(qt)からせん断抵抗角(φ)を算定する手法の選択肢の一つとして考えられる。

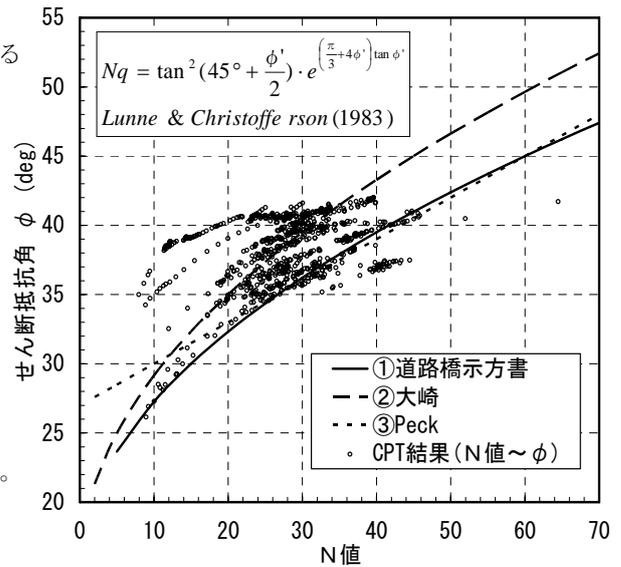


図-3 式(3)に基づくせん断抵抗角(φ) 100

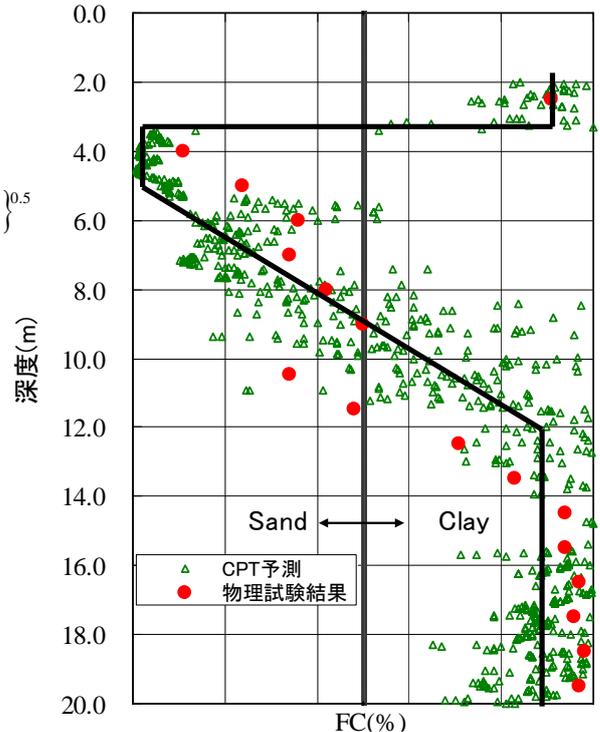


図-4 式(5)に基づく細粒分含有率 FC

【参考文献】

- 1) T. Lunne, H.P. Christoffersen; Interpretation of Cone Penetration Data for Offshore Sands; Proc. 15th OTC, Houston, Vol. No.1, pp.181-192; 1983
- 2) P.K. Robertson, R.G.Campanella; Interpretation of Cone Penetration Tests. Part 1:Sand; Can. Geotech. J.,20, pp718-733; 1983
- 3) 青木一二三, 宮坂享明他; 多成分コーン貫入試験結果その1 土質性状分類や換算N値について; 第41回地盤工学研究発表会, C03, pp149-150; 2006年7月
- 4) 地盤調査の方法と解説; (社)地盤工学会 pp264; 2004
- 5) 鈴木康嗣, 時松孝次他; コーン貫入試験結果と標準貫入試験から得られた地盤特性との関係; 日本建築学会構造系論文集, 第566号, 73-80, 2003年4月
- 6) 宮坂享明, 岡田太郎他; CPT換算N値と標準貫入試験N値; 最近のサウンディング技術と地盤評価シンポジウム 2009年10月
- 7) 地盤工学会; 最近のCPTテクノロジーとその設計・環境・防災への適用に関する研究委員会報告書; 2009年10月