

電気式コーン貫入試験における単位体積重量の推定式の検討事例

(株)日さく ○ 小野 篤, 石川 恵司, 堺田 佳人
(株)地盤試験所 北條 豊, 小曾納 弘文

1. はじめに

電気式コーン貫入試験(以降、CPTU と記す)は、機械ボーリングと比べ掘進速度が速く、さらに原位置にて物理・力学特性を把握するという特徴を持つ。CPTU では、先端抵抗(q_t)、周面摩擦(f_s)、間隙水圧(u)の三成分を測定し、土質の判定や地盤定数を評価することができる。本事例では、CPTU を用いて実施した地盤調査結果より、単位体積重量に関する推定式を検討した事例を報告する。

2. 調査概要

本調査では、CPTU を2箇所で行い、その近傍でサンプリングおよび標準貫入試験を目的として調査ボーリングを実施した。本発表は、この調査における CPTU の結果とボーリング試料からの室内土質試験結果を比較し、単位体積重量の推定式を検討した。

調査地は、低地に位置し近傍を流れる河川に沿って設けられた河川堤防上で実施した。地層構成は、図-1に示すように表層から盛土層(B)、粘性土層(Auc)、砂質土層(Aus)、粘性土層(Amc)、砂質土層(Ams)、粘性土層(Alc)、砂質土層(Als)、礫質土層(Ag)である。そのうち、粘性土層(Auc、Amc、Alc)においてサンプリングを行い、室内土質試験(粒度試験、圧密試験)を実施した。

3. CPTU による提案式

CPTU による単位体積重量の提案式は、土質分類より求める方法(式1)と直接推定する方法(式2、式3)がある。

(1) 土質分類による推定式

土質分類より求める方法では、 Q_t (基準化先端抵抗)と F_r (基準化周面摩擦比)を求めて決定する。 Q_t と F_r は式1¹⁾に示すように上載圧を考慮するため、道路橋示方書等の基準(表-1)をもとに仮の単位体積重量を設定し、土質分類に合うまで繰り返し計算を行い決定する。

表-1 土質性状別の単位体積重量

土質性状タイプ (SBT)	単位体積重量(kN/m ³)	
	地下水上	地下水面下
1 鋭敏粘性土	12.0	14.0
2 有機質土	12.0	14.0
3 粘土	15.5	17.5
4 粘土質シルト	16.0	18.0
5 砂質シルト	17.0	19.0
6 砂	18.0	20.0
7 礫	18.0	20.0
8 密な砂	19.0	21.0
9 固結粘土	18.0	20.0

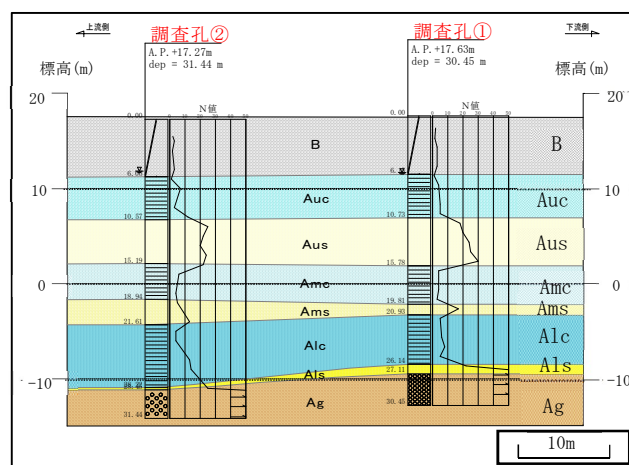


図-1 調査地における推定地質断面図

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \quad F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \quad \text{式1}$$

ここに、
 f_s = 周面摩擦力度 (kPa)
 q_t = 補正先端抵抗 (kPa)
 σ_{v0} = 全上載圧 (kPa)
 σ'_{v0} = 有効上載圧 (kPa)

なお、土質性状指数 I_c を下式により与え土質分類の境界を定義している。

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

(2) 直接推定する式

直接推定する方法では、代表的な式として Robertson and Wride の提案式²⁾と阪田らによる提案式³⁾で検討する。

① Robertson and Wride (2010) の提案式

$$\gamma_t / \gamma_w = 0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log(q_t / p_a) + 1.236 \quad \text{式2}$$

② 阪田らの提案式

$$\gamma_t = 3.53 \log(q_t / p_a) + 2.65 \log(f_s / q_t \cdot 100) + 12.11 \quad \text{式3}$$

ここに、 γ_w : γ_t と同単位の水の単位体積重量

p_a : q_t と同単位の大気圧

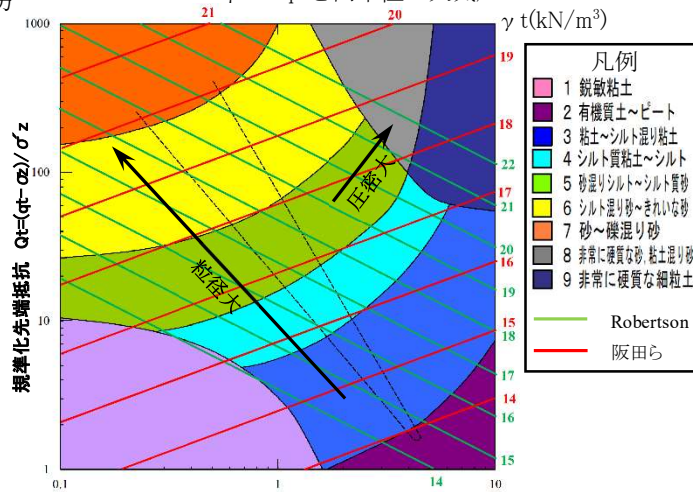


図-2 土質性状分類図(単位体積重量を記載)

式2、式3を図化したものが、図-2である。図では、土質分類を灰色の線で示し、左上にいくにつれて粒径が大きい土質、右上にいくにつれて圧密度が高い土質になっている。一方、赤線および緑線で示した γ_t (単位体積重量)をみると、Robertson の推定式では圧密度に応じて、阪田らの推定式では粒径に応じて単位体積重量が変化する式となっている。

4. 調査結果

(1)土質分類

本調査で実施した CPTU と室内試験結果を表-2に CPTU で求めた土質性状分類を図-3に示す。

各試験結果より、Auc 層で砂分の混入が確認されたものの、調査地に分布する粘性土層は細粒分含有率が80%以上を示すシルト、粘土主体の均質な地層である。

また、室内土質試験結果より、圧密試験を行い現状の土被り圧と比較し、過圧密比(OCR)の算出を行った。結果として、Auc 層では OCR=2~4の過圧密状態、Amc 層では OCR=1の正規圧密状態、Alc 層では OCR=2.6のやや過圧密状態であった。

表-2 試験結果

地層名	CPTU		室内土質試験		
	土質分類	細粒分含有率	土質名	細粒分含有率	OCR
Auc 層	粘土～シルト	67.7 ～100.0	砂質粘土 ～粘土	53.3 ～99.1	1.94 ～4.34
Amc 層	粘土～ シルト混り粘土	84.0 ～100.0	シルト ～粘土	98.8 ～99.7	1.56 ～1.88
Alc 層	粘土～ シルト混り粘土	86.5 ～100.0	粘土	96.4 ～98.3	2.62 ～2.69

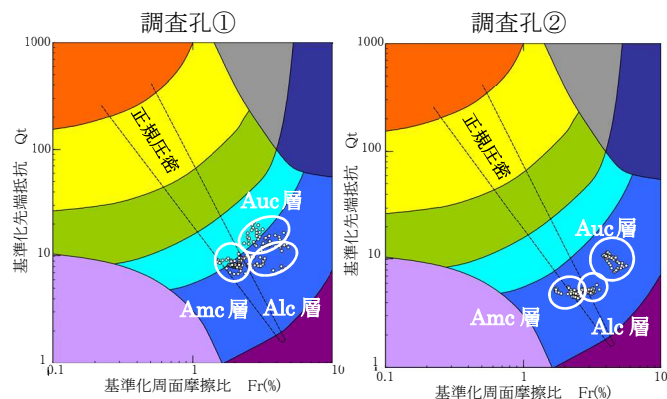


図-3 土質性状分類図

(2) 単位体積重量

推定式より算出した単位体積重量を表-3に示し、算出した結果をプロットした深度分布図を図-4に示す。

室内土質試験結果と比較すると Auc 層では、Robertson の式との相関性が高い。上記の層の調査孔①では OCR=1.94、調査孔②では OCR=4.34であることから、過

表-3 単位体積重量(kN/m³)の推定結果

地層名	CPTU による			室内土質 試験結果
	土質分類	Robertson and Wride(2010)	阪田ら	
Auc 層	17.5～17.0	16.4～18.1	14.6～16.2	17.6～18.5
Amc 層	17.0	16.5～17.6	14.9～16.6	15.5～16.3
Alc 層	17.0	16.8～18.0	15.2～16.8	16.6～17.1

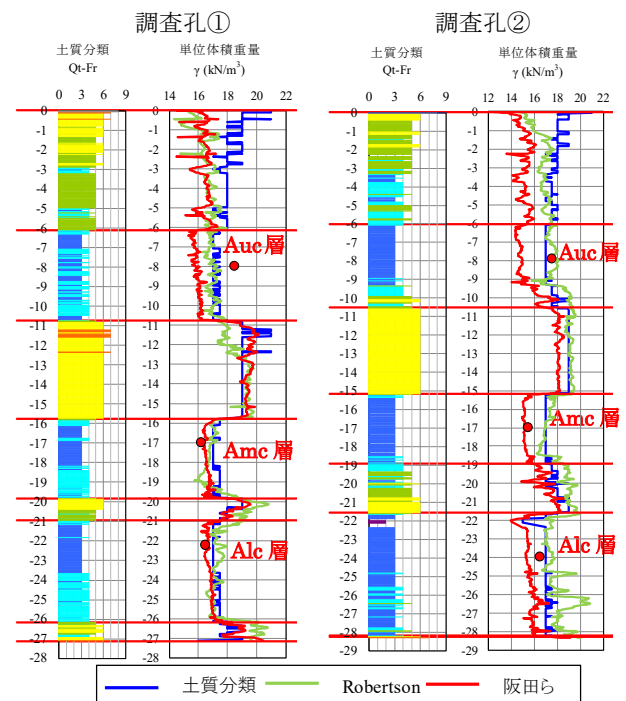


図-4 単位体積重量深度分布図

圧密状態で適合すると考えられる。

Amc 層では、阪田の式との相関が良い。上記の層では OCR=1.56～1.88であり、正規圧密状態と適合する。

Alc 層では、どの推定方法とも相関性が高い。過圧密比は、OCR=2.62～2.69であり、やや過圧密状態である。

5. 考察

各提案式で比較検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 正規圧密の粘性土は、阪田の式と最も相関が良い。
- 2) やや過圧密の粘性土は、土質分類による式、Robertson の式、阪田の式、どの推定式とも相関が良い。
- 3) 過圧密の粘性土では、Robertson の式と相関が良い。

本検討では、盛土による上載荷重がある地点での調査結果を用いて比較検討を行った。CPTU で算出する単位体積重量は、推定式によって圧密状態に依存することが明らかになった。

今回検討した単位体積重量は、CPTU を用いて地盤定数を設定する際に重要な要素である。地盤状況によって適切な推定式を選定することでより精度の良い結果を得ることを提案すると共に、さらに妥当性を検討していきたいと考える。

《引用・参考文献》

- 1) Robertson, P.K.: Soil classification using the cone penetration test, Canadian Geotechnical Journal, 1990.
- 2) Robertson, P.K.: Estimating soil unit weight from CPT, Huntington Beach, 2010.
- 3) 阪田暁ほか：コーン貫入試験(CPT)による地盤定数算定手法に関する研究(その1),第51回地盤工学研究発表会,2016.