

温度変化が三成分コーン測定値に与える影響に関する室内実験

正 ○ 高田 徹 1*
大友 勲 2*
金子克也 3*

小規模建築物 地盤調査 CPT
電気式コーン

1. はじめに

三成分コーン貫入試験 (CPT) は国内よりも海外で広く普及した地盤調査法であるが、近年、小規模建築物の地盤調査においても利用頻度が増えつつある。

CPT は、コーン内部に先端抵抗値 q_t 、周面摩擦 f_s 、間隙水圧 u が測定可能な電気式コーンを用いる調査法であり、従来から、コーン内部に接着されたひずみゲージが温度変化によって抵抗値が変化することが指摘されている¹⁾²⁾。例えば、5℃の温度変化で先端抵抗が 10 kPa 異なる結果が得られたとの報告³⁾や、特に測定値の絶対値が小さな f_s や浅層部粘土地盤の q_t などは温度補正しなければかなりの誤差を含むとの報告がある⁴⁾。

以上の背景のもと、本稿では、CPT コーン測定値の温度変化に対する影響を把握するための室内実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験概要

図 1、写真 1(b)に実験に用いた CPT コーン概要を示す。表 1 は内蔵センサーの概要である。コーン形状は、JGS-1435 (2003) に準拠して製作されており、標準タイプと言える。一般コーンとの違いは、各センサーの回路内部に、温度変化に伴う見かけ上の出力電圧を補正する回路(部品)が組み込まれていることである。

図 2 に本実験の模式図を示す。実験では恒温槽 (写真 1 (a)) 内にコーンを入れて温度管理した。コーンは、無負荷の状態ゼロリセットし、初期温度から槽内温度を可変させながら、コーンのゼロ点のドリフト値をデータロガーにて測定した。ただし、ひずみゲージ部の実温度は、外部が温度変化したとしても、金属部の熱伝導率に起因した非定常状態で変化すると考えられたので、図 3 に示す箇所に熱電対を接着し、同時測定した。

表 1 内蔵センサーの概要 (公称値)

	先端抵抗 q_t	周面摩擦 f_s	間隙水圧 u
定格容量	20 kN	5 kN	1 MPa
定格出力	約 1 mV/V		
非直線性	±0.5 %R.O.		
ヒステリシス	±0.5 %R.O.		
零点の温度影響	±0.3 %R.O./10℃		
出力の温度影響	±0.5 %LOAD/10℃		
入出力抵抗値	約 350 Ω		
推奨印加電圧	5V AC,DC		
許容印加電圧	15V AC,DC		
ケーブル	φ5 mm、8 芯シールド付		

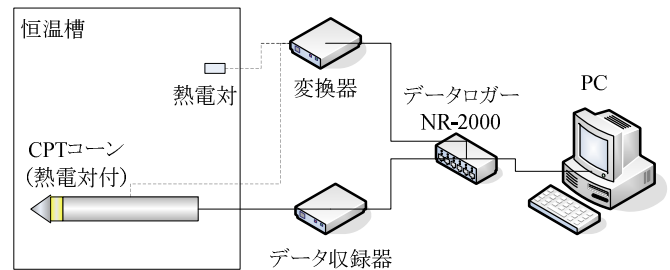


図 2 実験模式図



写真 1 恒温槽(a)と CPT コーン(b)

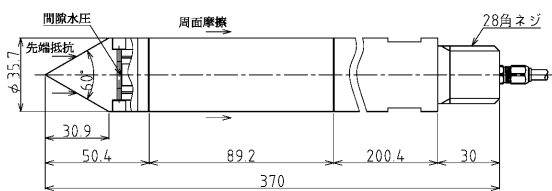


図 1 実験に用いた CPT コーン形状

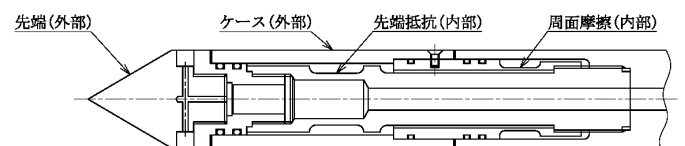


図 3 熱電対の貼付位置

The laboratory test to understand influence that temperature change gives to the electric cone measurements.

TAKATA Toru, OTOMO Isao,
KANeko Katsuya

3. 実験結果と考察

図 4 に恒温槽とコーンの各位置の温度の経時変化を示す。実験では、コーンの各位置の温度が定常状態になるのを確認してから、恒温槽温度を 25→1→50→25 °C に可変した。図より、各コーン位置の温度は、恒温槽の温度が急激に変動しても 180~240 分程度の非定常な時間を経て恒温槽の温度へと定温化する。この非定常な時間は、空気（触媒）と金属（媒体）間の境膜伝熱量によって変化するので、実際の土・水を媒質とする場合は、この非定常時間は短縮される。ただしコーンの外部温度が T_1 に変化してから、内部温度が T_1 に変化するまでに見られる時間差は、土・水中でも変わらないと考える。

図 5 に温度変化による各センサーの出力電圧の経時変化を示す。図 4, 図 5 より、温度変化を急激に与えると、その初期段階で各抵抗値の出力電圧は急激に変化する。そして温度変化の少ない時間帯（定常状態）になるにつれ、そのドリフト量は初期の変化と逆方向に小さくなっている。この現象は過渡温度特性によるもので、その変化量は定格出力電圧に対して非常に小さな値である。また 3 つのひずみゲージの内、温度変化に伴って速くかつ大きくドリフトするのは間隙水圧である。これは間隙水圧計だけがダイヤフラムタイプのひずみゲージで、その他は円筒形状部にひずみゲージを貼付けてあるため、ダイヤフラムはその他の部分に比べて薄膜なため、金属自身が温度変化によって収縮や膨張し易いことが起因していると推測する。

図 5 で示した温度変化の内、1 → 50 °C 時の各センサーの出力電圧の最大変化量を基に、各測定値へ換算した値を表 2 に示す。これより温度上昇 10 °C あたりの温度変化による各測定値の影響は、 $q_t = -16 \text{ kPa}$, $f_s = 0.3 \text{ kPa}$, $u = -0.9 \text{ kPa}$ の変化であった。ただしこの値は、安全を見て過渡温度状態での変化を含む最大変化量であり、緩やかに温度変化する場合であればこの数値よりも小さな変化量になると予想する。

4. おわりに

本結果より、3 成分コーンの各測定値は温度変化によって影響するが、その絶対量は既往の文献値と同等かそれよりも小さな量であった。また急激な温度変化に対してはドリフト量が多くなることも示された。以上より、コーンを貫入するときは、コーン自身を地温に近い温度に保持してから貫入することが望まれる。

今後は当コーンの他、一般コーンも含め、温度に関する影響について原位置にて実証すると共に、これらが地盤定数の推定値に与える影響についても研究したいと考える。

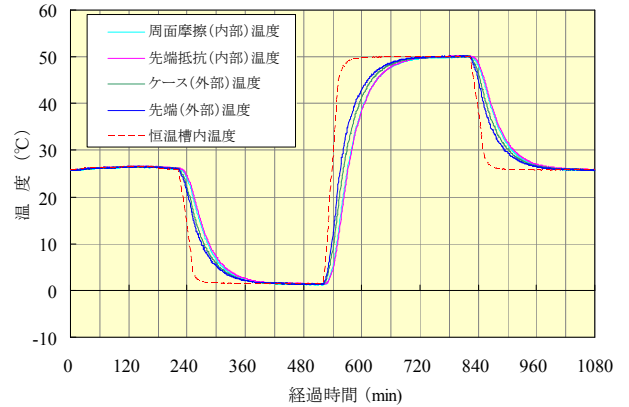


図 4 恒温槽、各コーン位置の温度の経時変化

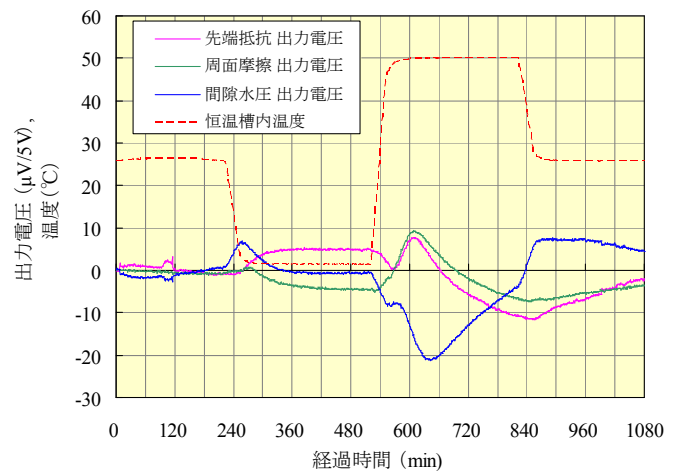


図 5 各センサーの出力電圧の経時変化

表 2 温度変化による測定値の影響

温度差	先端抵抗 q_t	周面摩擦 f_s	間隙水圧 u
最大変化量 ($\mu\text{V}/5\text{V}$)	-19	14	-21
変化率 (%R.O./49°C)	-0.38	0.28	-0.42
10°Cあたりの変化率 (%R.O./10°C)	-0.08	0.06	-0.09
10°Cあたりの変化量の各測定 値への換算値 (kPa)	-16	0.3	-0.9

参考文献

- 1) Lunne, T., Robertson, P. K. and Powell, J.J.M.: Cone penetration testing in geotechnical practice, Spon Press, 1997.
- 2) Lunne, T., Eidsmoen, T., Gillespie, D. and Howland, J.D.: Laboratory and field evaluation of cone penetrometers, Proc. of the ASCE Specialty Conference, In-situ '86, Use of In Situ tests in Geotechnical Engineering, pp. 714~729, 1986.
- 3) Post, M. L. and Nebbeling, H.: Uncertainties in cone penetration testing, Proc. of International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT' 95, 2, pp. 73~78, 1995.
- 4) 三村衛, 吉村貢: 多機能型 RI 密度コーン貫入試験機の開発と測定精度向上に関する研究, 土木学会論文報告集 C, Vol.63, No.2, pp. 649~661, 2007.

*1 設計室ソイル

*2 エイ・アンド・ディー

*3 東洋測器

*1 Soil Design Inc.

*2 A&D Co., Ltd.

*3 Toyo Sokki Co., Ltd.