

株) 共和電業 正会員 黒沢信行
 愛知工業大学 正会員 大根義男
 愛知工業大学 正会員 成田国朝
 愛知工業大学 正会員 奥村哲夫

1. まえがき

土木工学に関連する計測ではひずみゲージ式の変換器が間隙水圧や土圧、変位、傾斜など各種の計測目的のために使用される。これらの変換器類は土中に埋設して使用されることが多いが、埋設後に変換器の健全性や計測値の信頼性に関する情報を得ることは困難である。本報告では新しく開発した計測値の信頼性判定機能が付加されたひずみゲージ式間隙水圧計の概要について述べる。

2. 判定機能の原理

ひずみゲージ式変換器の計測誤差には①温度影響②経時変化③クリープ影響などがある。今回開発した間隙水圧計はこれら誤差要因の影響度を判断する機能を有するものである。変換器によって得られる計測値は

$$\text{計測値}(E_i) = \text{真値}(P) + \text{零点の温度影響}(E_T) + \text{クリープ影響}(E_F) + \text{零点の経時変化}(E_o) \quad (1)$$

として表すことができる。ここで、ひずみゲージ式変換器の起歪部上に、零点の経時変化、クリープ影響などに関わる条件は A 回路と同一であり、ひずみ出力が異なるような複数のひずみゲージ回路 B, C (図 1) を形成すると、それぞれの回路の出力は(2), (3), (4)に示すようになる。

$$\text{A 回路のひずみ出力 } E_a \text{ は } E_a = P/K_a + \alpha T + C_a \quad (2)$$

$$\text{B 回路のひずみ出力 } E_b \text{ は } E_b = P/K_b + \beta T + C_b \quad (3)$$

$$\text{C 回路のひずみ出力 } E_c \text{ は } E_c = P/K_c + \gamma T + C_c \quad (4)$$

ただし

P : 真の圧力 (未知) T : 温度変化量 (未知)

K_a, K_b, K_c : A, B, C それぞれの回路出力による校正値

α, β, γ : A, B, C それぞれの回路の零点温度係数

C_a, C_b, C_c : A, B, C それぞれの回路の経時変化量 (未知)

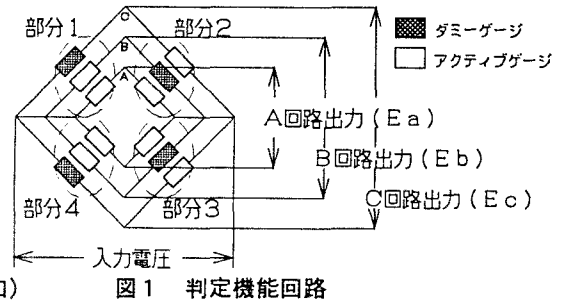


図1 判定機能回路

である。

ここで各ひずみゲージ回路の経時変化に関わる条件が同一であれば、 $C_a = C_b = C_c$ であると仮定し、(2), (3), (4)から真の圧力 (P)、温度変化 (T) 及び経時変化量 (C_a, C_b, C_c) などを算出する式を求める。

$$P = [(E_a - E_b)(\beta - \gamma) - (E_b - E_c)(\alpha - \beta)] / [(\beta - \gamma)(1/K_a - 1/K_b) - (\alpha - \beta)(1/K_b - 1/K_c)] \quad (5)$$

$$T = [(E_a - E_b)(1/K_b - 1/K_c) - (E_b - E_c)(1/K_a - 1/K_b)] / [(\alpha - \beta)(1/K_b - 1/K_c) - (\beta - \gamma)(1/K_a - 1/K_b)] \quad (6)$$

$$C_a = E_a - P/K_a - \alpha T = C_b = C_c \quad (7)$$

(5), (6)の右辺の数値は全て既知のものであるから P, T を計算により求め、さらに(7)で経時変化量を算出し、これらの数値と通常の圧力変換器出力である A 回路の出力との比較や B, C 回路出力との比較などにより計測値の信頼性の検証が行える。

3. 間隙水圧計の試作と試験

判定機能の有効性検証のため、間隙水圧計の試作を行い屋外放置試験を実施した。

3.1 間隙水圧計の試作

判定機能の精度向上には、ひずみゲージの図2に示す部分1～4毎に環境条件(温度、時間など)の変化

キーワード 間隙水圧 埋設計器 信頼性 判定機能
 連絡先 東京都調布市調布が丘3-5-1 (株) 共和電業 TEL 0424 85 6623 FAX 0424 86 1436

による出力の影響が同一となるような配置とする事が重要である。具体的には可能な限り起わい部上で各部分毎のひずみゲージを近接させる設計となる。これらの条件を満たすためひずみゲージはスパッタ手法で起歪部に直接作成する方式とし、起わい部はダイヤフラム型とした。また、4辺のひずみゲージ全てが圧力によるひずみ変化を検出する回路(A回路)の出力を計測用とし、他の回路(B, C回路)による出力を判定用出力とした。図2に試作した間隙水圧計の概略構造を示し、表1に特性値を示す。

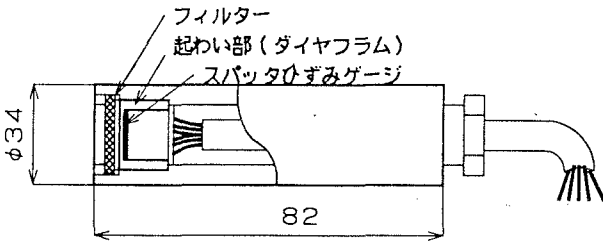


図2 間隙水圧計構造概要

表1 試作間隙水圧計特性

容量	196KPa 2Kgf/Cm ²
定格出力	$\times 10^{-6}$
A回路	1623
B回路	850
C回路	874
零点の温度特性	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
A回路	-7.9
B回路	-2.9
C回路	-0.4

3.2 試験結果

判定機能の検証を行うため、試作の間隙水圧計を用いて約4.5カ月間の屋外放置試験を実施した。試験は大気圧の状態に放置、密封容器内取付など負荷条件を変え、1時間毎に計測した。結果は出力を圧力換算し、経時変化図(図3-a)で示した。試験開始から約2カ月までは計測用出力と判定用出力とは概略一致しているが、その後の約2カ月半で次第に差が拡大し15KPa程度の相違が発生した。

4 判定機能の検証

計測用出力と判定用出力路からの換算圧力に差がある事は計測値に温度や経時変化などの誤差を含むことを示している。そこで温度による影響を判断するため(6)により間隙水圧計の温度変化を算出すると、図3-bに示す結果となり、このデータをもとに個々の零点温度変化量補正を行うと図4-aに示す結果となり差が4KPa程度に減少し、比較的近似した圧力を示すようになる。図4-bは温度補正後のA, B, C出力平均を(6)による零点変化量(図4-c)で補正した圧力と(5)による演算圧力の比較である。

これらの結果をもとに計測値を総合的に判断すると、試験開始後約2カ月は演算圧力と実測圧力とはほぼ一致しており計測値の信頼性は高いが、それ以降の計測値に関しては温度補正と零点の変動量補正を行った後でも7KPa程度の誤差を見込む必要があると判断できる。

5 まとめ

信頼性判定機能を付加したスパッタひずみゲージ間隙水圧計を試作し、屋外放置試験の計測データについて検証を行った結果、試験開始から約2カ月までと、それ以降で計測値の信頼性に差があることが判明すると同時に、計測データの温度補正の必要性や誤差圧力が明確となり、判定機能の有効性が確認された。

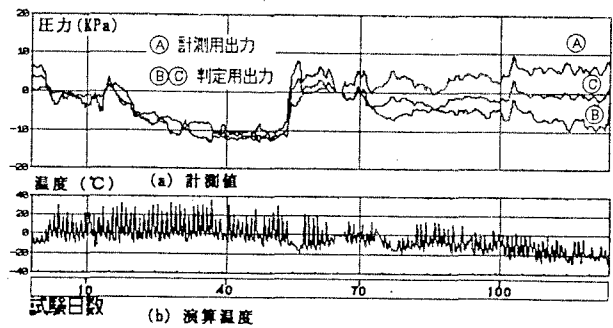


図3 計測値と温度の経時変化図

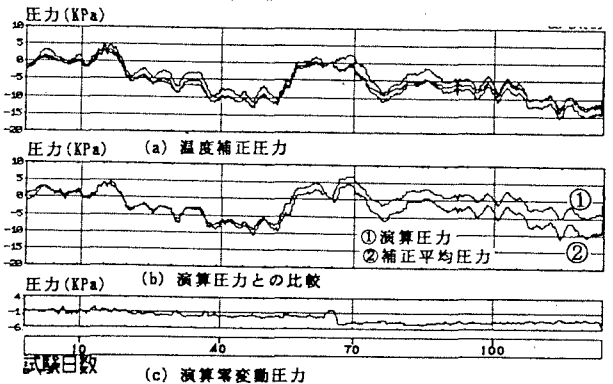


図4 補正データの経時変化図