

中央の小孔を省略した原位置孔底三軸試験におけるひずみ計測方法の提案

横浜国立大学大学院 学生会員 ○岸雅文
横浜国立大学工学部 正会員 谷和夫

1, はじめに

原位置岩盤試験法の一つとして、応力～ひずみ関係を直接計測することができる原位置孔底三軸試験法が提案されている¹⁾。この試験法はボーリング孔底において中空円筒形状の試験体を成形し、三軸試験を行う岩盤試験である。現在岩盤試験の主流となっている平板載荷試験や岩盤せん断試験に比べて、原位置孔底三軸試験は①ベディングエラーを含まない局所ひずみを測定して、正確な応力～ひずみ関係を求めることができる、②ゆるみの影響を受けにくい、③強度特性と変形特性を一つの試験法で求められる、④深部地盤にも適用できるなどの点で優れている。しかし、ひずみの計測が容易ではないし、室内の三軸試験と比べて中央の小孔を必要とするので複雑である。そこで、中央の小孔を必要としない新しいひずみの計測方法を考案した。

2, 原位置孔底三軸試験のひずみの計測に関する問題点

原位置孔底三軸試験はボーリング孔底で行うため、ひずみの計測には3つの制約がある。①計測装置を設けるスペースは限られている。②正確な軸ひずみを計測するためには局所ひずみを測定する必要がある。③試験体が周辺岩盤と連続しているため、体積ひずみを測定して半径または周方向のひずみを算定することができないため、側方ひずみを直接計測する必要がある。ここで現在採用されている原位置孔底三軸試験でのひずみの計測方法²⁾の特徴と問題点を挙げる。

特徴	問題点
試験体の中央の小孔で軸ひずみを計測	中空円筒形状に試験体を成形しなければならない
試験体の中央の小孔及び側面にて周方向ひずみを計測	軸ひずみの計測と別個の計測が必要で複雑
ひずみの計測方法は磁気センサーを利用した方法	機械的に複雑でマーカー(磁石)位置の測定分解能がやや低い

3つの制約条件と、これらの問題点から以下の条件を満たす新しい計測方法が必要である。①中央の小孔を省略しても精度よく計測できる。②計測装置が複雑でない(一つの計測ユニットで軸ひずみ、側方ひずみ(半径または周方向ひずみ)の両方が測定できる)。

3, 新しい計測方法の提案

(1) 方法: 提案する新しいひずみの計測方法の基本的概念は、試験体(メンブレン)の表面にマーカーをあらかじめ配置しておき、マーカーの位置をセンサー(例えば CCD フォトセンサー)を用いて検出し、三角測量の原理を利用して、一つの計測ユニットで2方向のひずみ(軸方向、側方向)を計測することである。

(2) メリット: ①構造がシンプル、②非接触で測定できる(計測器の取り付けの手間がない)、③将来的に CCD の性能向上が期待できる、④低コスト、⑤中央の小孔を省略できる、⑥マーカーを複数設けることにより局所的なひずみ分布が得られる、等である。

4, 計測原理

(1) 計測原理: 原理は三角測量と同等である。図1に示すように測点間距離(基線 = $y_{11}-y_{12}$)と、2つの測点におけるマーカーの視準角度 θ_1 、 θ_2 を測定することによりマーカーの軸方向の位置 $y (= \{y_{11}-(y_{11}-y_{12})/(1+\tan \theta_1/\tan \theta_2)\})$ 、水平方向の位置 $x (= (y_{11}-y_{12})/(1/\tan \theta_1+1/\tan \theta_2))$ が確定する。つまり、マーカーを検出できるセンサーを視準角度 θ_1 、 θ_2 を一定にした2つの、測点に配置すればよい。

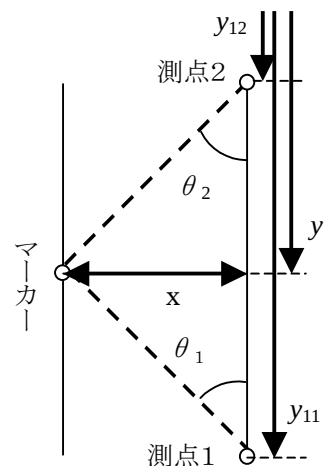


図1 計測原理

キーワード: 原位置試験, 岩盤, 三軸試験, 計測, 三角測量, ひずみ分布

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5, Tel:045-339-4030, FAX:045-331-1707

(2) 軸ひずみの計測: 二点のマーカー間の距離を載荷段階ごとに測定することにより軸ひずみが求まる。

(3) 平均側方ひずみ(半径または周方向ひずみ)の計測: 図2はマーカーを同一の高さに3つ設けた場合で、試験体の周りに環状の計測ユニット(固定枠)が設置されている。固定枠から各マーカーの距離 x_1, x_2, x_3 及び固定枠の中心から各マーカーに伸ばした直線間の角度 $\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}$ を測定する。固定枠の直径を D とすると、各マーカー間の直線距離は

$$a_{ij} = \sqrt{\left(\frac{D}{2} - x_i\right)^2 + \left(\frac{D}{2} - x_j\right)^2 - 2 \times \left(\frac{D}{2} - x_i\right) \times \left(\frac{D}{2} - x_j\right) \times \cos \theta_{ij}} \quad (i, j=1, 2, 3) \text{ と表せる。}$$

$s = (a_{12} + a_{23} + a_{31})/2$ とするとヘロンの公式より三角形 1, 2, 3 の面積 S は

$$S = \sqrt{s(s - a_{12})(s - a_{23})(s - a_{31})} \text{ と表され、面積 } S \text{ と三角形の外接円の}$$

半径 r との関係 $S = (a_{12} \times a_{23} \times a_{31}) / (4 \times r)$ より、試験体の半径が $r = (a_{12} \times a_{23} \times a_{31}) / (4 \times S)$ として求まる。

以上より、 $x_1, x_2, x_3, \theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}$ を測定することにより、平均的な側方ひずみが求まる。

4, 計測システムの概要

CCD フォトセンサーを利用した計測ユニットの形態を図3に示す。CCD フォトセンサーはスリット、またはレンズで規定された方向に、マーカーが存在するか否かを検出する。この計測ユニットを組み込んだ原位置試験装置の例を2つ挙げる。1つは計測ユニットを試験体に対して円周方向に連続して配置(環状配置)する(図4)。計測ユニットは固定したガイドに沿って自由に上下できる構成である。計測ユニットが試験体の側面を軸方向に走査することによってマーカーの位置を検出し、検出した時の計測ユニットの位置を変位計を用いて計測する。もう1つは計測ユニットを試験体の軸方向に対して平行に配置(縦型配置)する(図5)。試験体の側面を円周方向に走査することによってマーカーの位置を検出し、検出した時の計測ユニットの位置を回転計を用いて計測する。いずれの方法も計測ユニットは1基以上であればよく、数が多ければ走査距離が短くて済む。

5, 今後の課題

計測原理を実証するため、この計測ユニットを実際に試験機に組み込んで、室内一軸ないし三軸試験を行う予定である。その後、原位置孔底三軸試験装置に組み込むため、耐圧・防水性能や経済性なども検討していく。

参考文献 (1) 谷(1998)“岩盤の強度・変形特性を調査する2つの新しい原位置試験法の提案”, 第42回地盤工学シンポ, pp.71-76. (2) 谷, 立川, 金子, 豊岡(2001)“孔底の中空円筒試験体を利用した新しい岩盤試験装置の開発”, 第31回岩盤力学シンポ, pp.82-86.

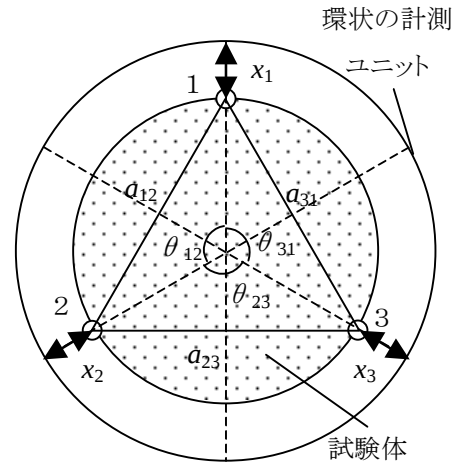


図2 平均側方ひずみの計測方法

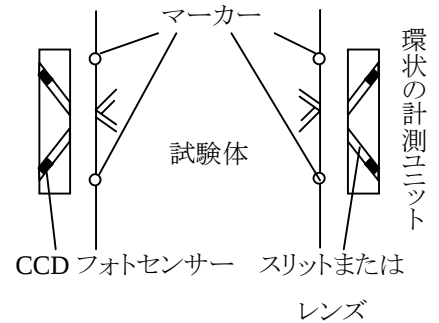


図3 計測ユニット

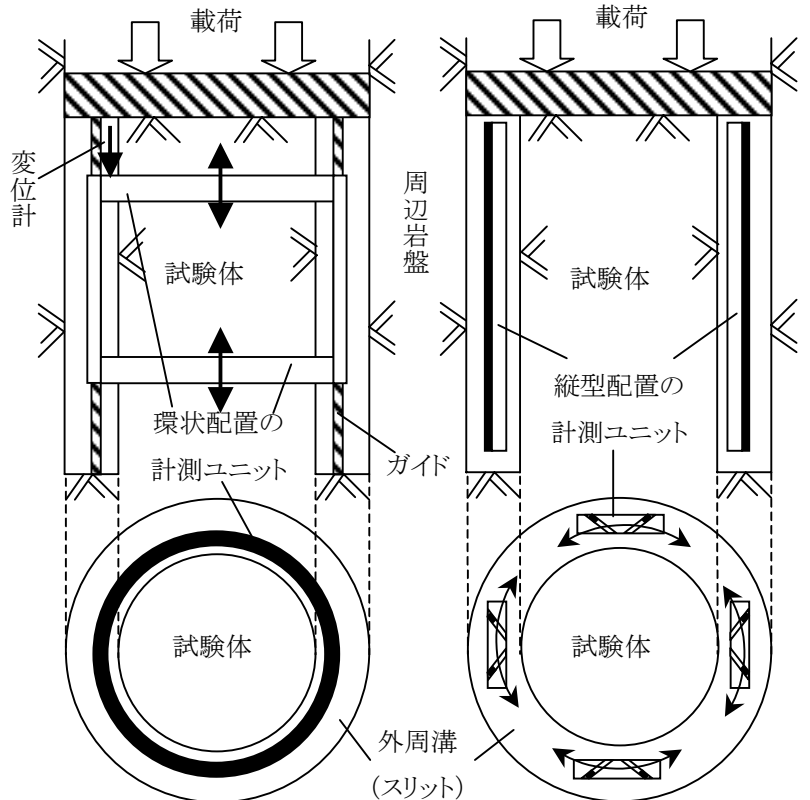


図4 環状配置の計測ユニット

図5 縦型配置の計測ユニット