

III-314

地山初期応力測定のための
孔壁ゲージ法の基礎的検討

鳥取大学工学部 正会員 木山 英郎
鳥取大学工学部 正会員 藤村 尚
鳥取大学工学部 正会員 ○西村 強

1. まえがき

地山の応力状態を正確に知ることは、地下構造物を合理的に設計し、安全かつ能率よく施工する上で重要である。地山の応力状態を測定する方法として、1) 応力解放法 2) 応力補償法 3) 水压破碎法 などがある。そのうち、応力解放法の1つである孔壁ゲージ法は対象とする地山に1本のボアホールを穿孔し、ストレインゲージ（ロゼット型3枚）を図-1のように貼付し、オーバーコアリングによる応力解放前後のひずみ変化量から解放応力を測定し、ボアホール穿孔以前の地山初期応力を決定する方法である。本研究は、孔壁ひずみ測定器を試作し、応力測定精度の実験的検討を行ったものである。

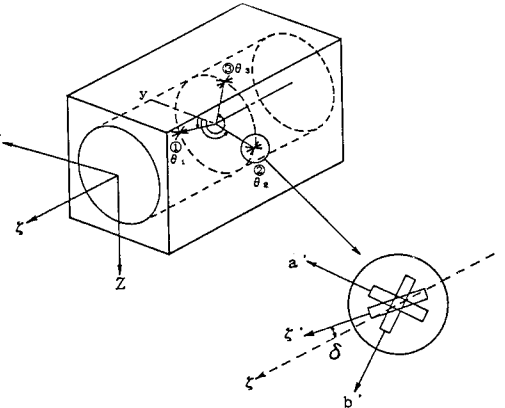


図-1 ボアホールとストレインゲージの配置

2. 応力測定精度の理論的検討

壁面上のひずみ測定値 $\varepsilon^T = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_9\}$ と地山初期応力 $\sigma^T = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{xy}\}$ との関係を示す観測方程式は次式で表わされる。

$$E \cdot \varepsilon = A \cdot \sigma \quad (1)$$

ここに、 E はヤング係数、 A は 9×6 の係数行列であり、成分はポアソン比 ν および測点座標 (θ, δ) の関数である。

測定されたひずみから地山初期応力 σ を決定するために、まず、式(1)を正規化し、次式を得る。

$$B \cdot \sigma = E \cdot \bar{\varepsilon} \quad (2)$$

ここに、 $B = A^T \cdot A$ 、 $\bar{\varepsilon} = A^T \cdot \varepsilon$ である。ここで、対称行列 B の逆行列 C が求まれば、 σ の最確値 $\bar{\sigma}$ は次式となる。

$$\bar{\sigma} = E \cdot C \cdot \bar{\varepsilon} \quad (3)$$

いま、測定値 ε_i の分散を $\xi_{\varepsilon_i^2}$ とすると、 $\bar{\sigma}$ の分散 $\{\xi_{\sigma_i^2}\}^T = \{\xi_{\sigma_1^2}, \xi_{\sigma_2^2}, \dots, \xi_{\sigma_6^2}\}$ は最小二乗推定の性質より

$$\xi_{\sigma_i^2} = C_{ii} \cdot E^2 \cdot \xi_{\varepsilon_i^2} \quad (4)$$

で与えられる。ここに、 C_{ii} は行列 C の対角成分であり、各応力成分とは $C_{11} \rightarrow \sigma_x$ 、 $C_{22} \rightarrow \sigma_y$ 、 $C_{33} \rightarrow \sigma_z$ 、 $C_{44} \rightarrow \tau_{yz}$ 、 $C_{55} \rightarrow \tau_{zx}$ 、 $C_{66} \rightarrow \tau_{xy}$ と対応している。

図-2は、一例として δ と C_{11} の関係を示している。各応力成分の測定精度の評価は C_{11} を用いて行うことができ、 C_{11} が小さい値であれば精度が高く、また、大きくなれば精度が低下するといえる。

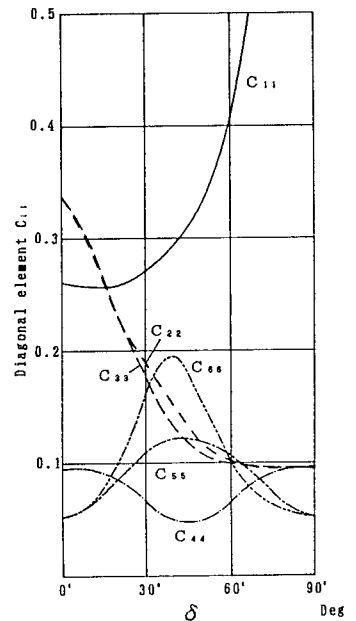


図-2

C_{11} と δ の関係 ($\nu=0.25$)

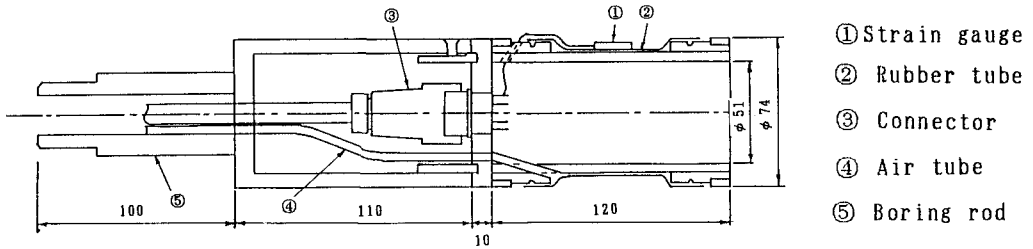


図-3 孔壁ひずみ測定器断面図

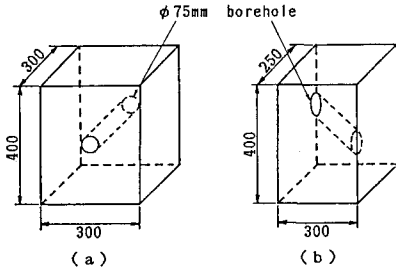


図-4 コンクリート試験片寸法

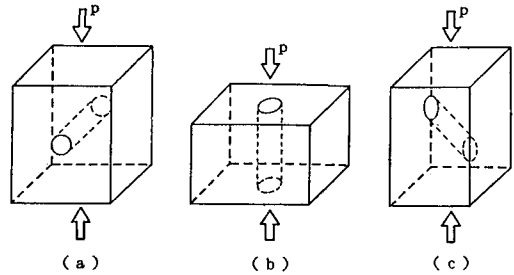


図-5 荷重方向

この図から C_{11} , C_{22} , C_{33} が δ の変化に対して大きく変化しており, δ が大きいほど σ_x の測定精度が低下し, また, σ_y , σ_z の測定精度が向上することがわかる。測定精度を向上させるためには, ゲージの貼付け位置・方向に注意する必要がある。

3. 応力測定精度の実験的検討

図-3 の試作孔壁ひずみ測定器と図-4 に示す2種類のコンクリート片を用い, 一軸圧縮試験を実施した。試験片(a)は一側面中央からこの面に直角に反対側面に向かった円孔を持ち, 試験片(b)は一側面の上方中央からこの面に対して 45° に反対側下方に向かって円孔を持ったものである。荷重は図-5に示すように, 基本的には3つの方向から行い, 0~30tonfまで2.5tonfごとに測定を行った。図-6は測定値と解析値を比較した一例で, 縦軸はひずみと弾性係数の積を荷重応力で除した無次元量 $E\varepsilon/\sigma$ (ひずみ係数と呼ばれる), 横軸はY軸からの回転角 θ であり, 側点位置を表わしている。○印は測定値, 実曲線は解析値である。今一步の測定精度の向上が望まれ, 検討を進めている。

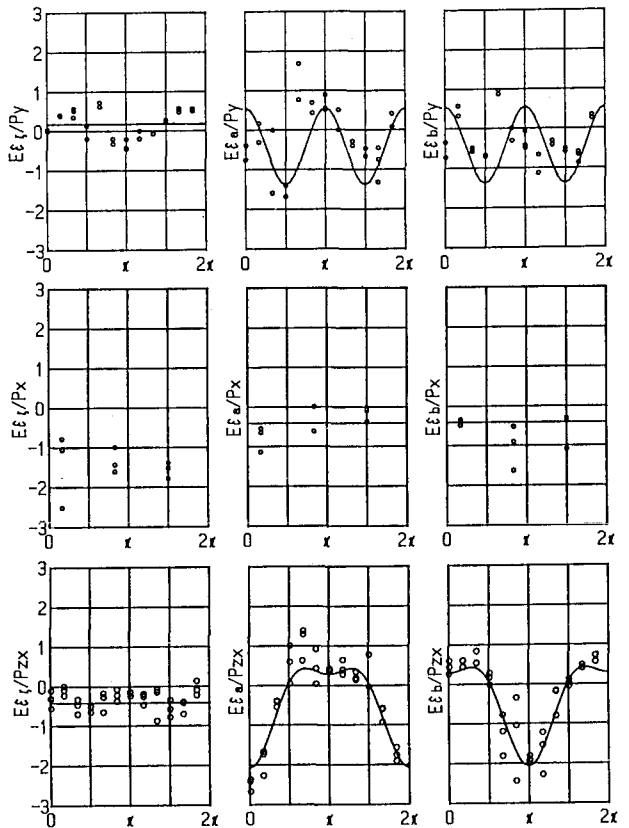


図-6 測定ひずみと解析値の比較

($E=3.27 \times 10^5 \text{ Kgf/cm}^2$)