

砂岩ブロック载荷試験による岩盤の初期応力測定装置の精度検証

フジタ技術センター 正会員 ○池田奈央, 村山秀幸
 北海道大学 濫谷啓太, 福田大祐, 児玉淳一
 エーティック 釣賀雅人, 中村健太

1. はじめに

トンネル掘削時や供用後に発生する変状の対策として、従来からFEM (Finite Element Method) を用いた設計が行われており、入力する初期応力によって結果が大きく異なることが知られている。適切な初期応力状態を把握することは設計を行う上で重要な要素であり、入力値を決定する手段の一つとして、岩盤の初期応力測定¹⁾を利用することが考えられる。筆者らは初期応力測定の手法の中でも、特に孔径変化法²⁾に注目して検討を進め、その測定装置の開発を行っている。開発中の初期応力測定装置(写真1)は、孔内に挿入して孔壁を変形させると、図1で示す7ch.のうちch.1~3で孔壁周方向の変位を、ch.4~7で孔壁軸方向の変位を取得する。本報告では砂岩ブロックを用いた载荷試験とその再現解析を実施し、この装置の精度検証を行った。

2. 砂岩ブロックを用いた载荷試験

試験はGhimire et al.³⁾を参考にして行った。供試体は図2に示す寸法の砂岩ブロックとした。供試体中央に設けた円孔に初期応力測定装置を挿入し、载荷した。初期応力測定装置や孔壁変位の角度依存性についても検討するため、装置の挿入角度 θ (図3)が異なる2ケースの実験を行った。試験条件を表1に示す。供試体 x 方向、 y 方向の正の面からそれぞれ水平荷重と鉛直荷重を与え、荷重は油圧ジャッキを用いて制御した。また、供試体の x 方向、 y 方向の負の面にテフロンシートを挿入し、面に垂直な方向のみを拘束した(図4)。 z 方向の面は自由面とした。

3. 载荷試験の再現解析

三次元FEM解析ソフト(GTS NX)を用いて载荷試験の再現解析を行った。解析モデルはヤング率4.2 GPa, ポアソン比0.2の等方の線形弾性体とした。実験と同様に x 方向、 y 方向の正の面から鉛直応力、水平応力を与え、負の面を垂直方向に拘束した。 z 方向の拘束や载荷は行わず、自重は考慮しなかった。

キーワード 初期応力測定, 孔径変化法, FEM, 载荷試験, 再現解析

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野2025-1 (株)フジタ 技術センター TEL:046-250-7095

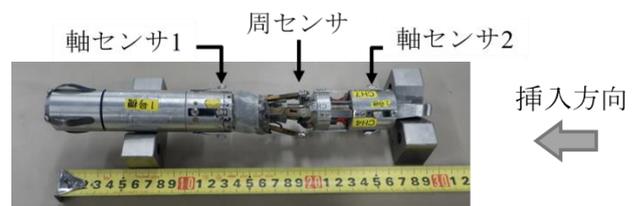


写真1 初期応力測定装置

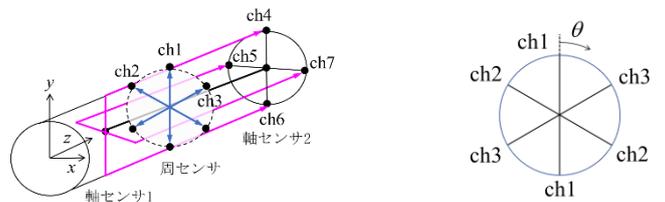


図1 初期応力測定装置のセンサ位置 図3 挿入角度 θ

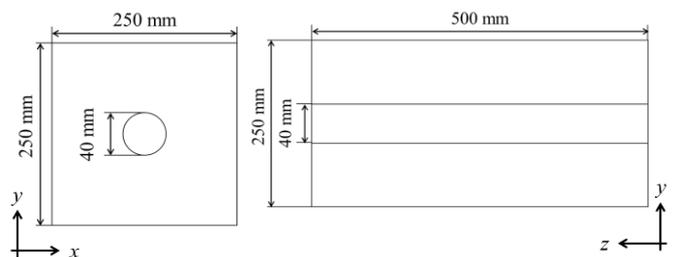
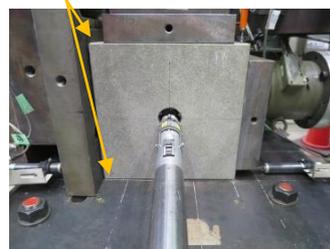


図2 供試体寸法 (左: 正面図, 右: 断面図)

表1 試験条件

		試験ケース	ケース1	ケース2
初期応力測定装置	挿入角度 θ [°]		0	45
供試体物性	ヤング率 E [GPa]		4.2±0.2	
	ポアソン比 ν		0.2±0.01	
载荷条件	水平応力[MPa]		2.0	
	鉛直応力[MPa]		0 / 2.0 / 4.0	

テフロンシート



鉛直荷重

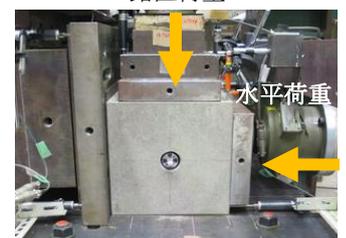


図4 試験時状況 (ケース1)

(左: 初期応力測定装置挿入状況, 右: 载荷状況)

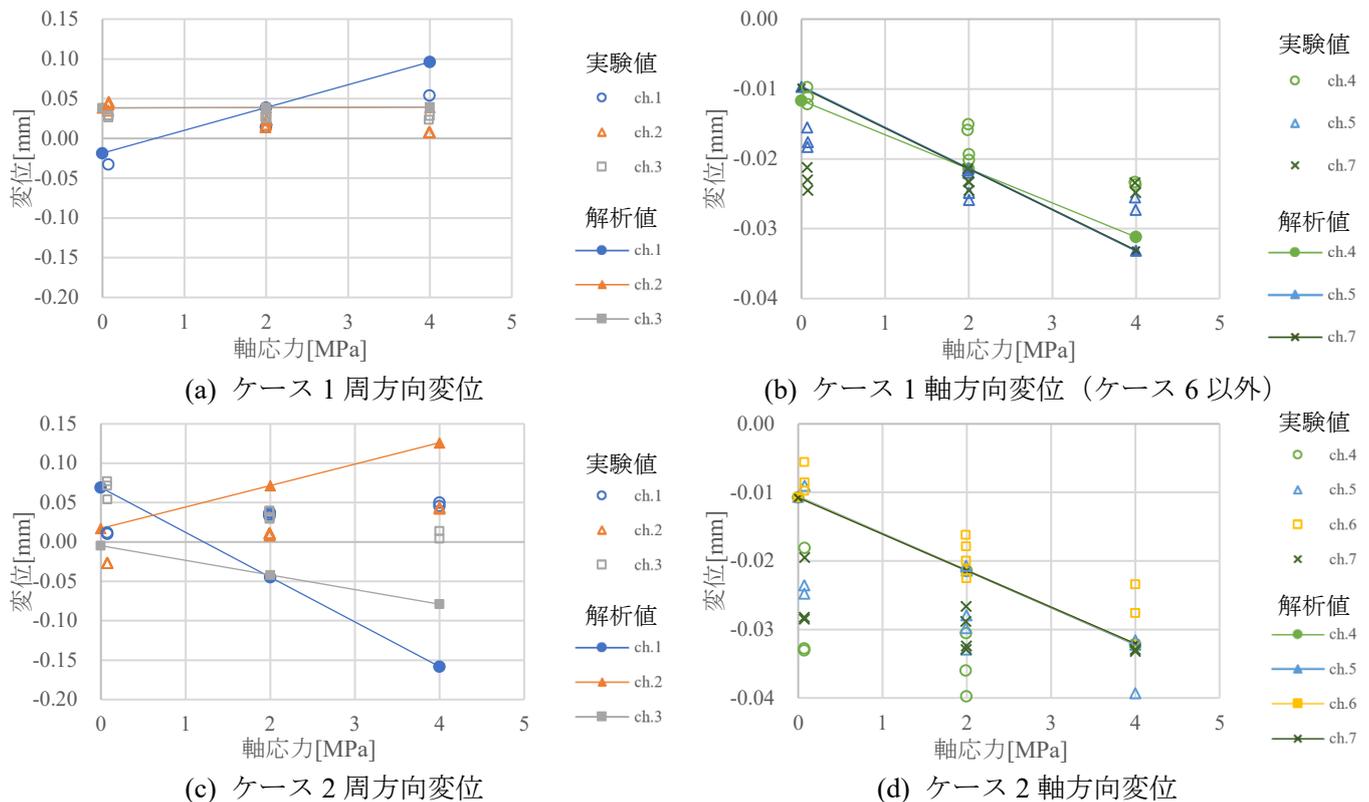


図 5 試験結果と解析結果

4. 結果と考察

载荷試験から得られた各センサ変位と、解析から得られた孔壁の変位を図 5 に示す。結果は全て圧縮が正、伸長が負とする。ケース 1 の ch.6 は接触不良でデータが取れていないため省いている。

グラフから、試験値と解析値の傾向は一致している。また、孔壁の周方向変位、特に ch.2, 3 についてケース 1 と 2 で解析値に大きな差がみられ、角度依存性があることが分かった。これにより、周方向変位を取得する位置によって、初期応力測定装置への要求精度が変わることが示唆される。

試験値と解析値を比較すると、周方向変位は応力が大きい条件で試験値と解析値の差が大きく、軸方向変位は応力が小さい条件で差が大きい。このことから、周方向センサの可動範囲が小さく、変位にセンサが追従できていないことや、応力が小さい条件において、軸方向センサと孔壁の接触状態が不良であることが考えられる。

既往の検討³⁾で、初期応力測定装置の要求精度は 0.01 mm オーダーでの計測が可能であることとされている。本試験では、周方向変位の解析値との最大差は 0.2 mm 程度であり、軸方向センサでは 0.02 mm 程度であった。軸方向センサは要求制度におおむね達

しているが、周方向センサは現在の装置では要求精度には至らない結果となった。

5. おわりに

初期応力測定装置の精度検証を行うため、砂岩ブロックを用いた载荷試験とその再現解析を行い、結果を比較した。試験値と解析値は定性的に一致した。さらに、数値解析より周方向変位には角度依存性がある事を確認した。

軸センサは要求精度程度の精度であった。一方周センサは要求精度に達していなかった。

今後は、今回の検討で課題として挙げられた、周方向接点の感度向上やセンサの孔壁との接地を中心に測定装置の改良を行う予定である。

参考文献

- 1) 村山秀幸他：変状トンネルにおける初期応力測定の活用に関する考察，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，VI-550，2019.9.
- 2) Ghimire H. et al. : Development of Stress Measuring System by Overcoring Method Suitable for Soft Rocks, 資源と素材, Vol.120, pp.32-38, 2004
- 3) 池田奈央他：岩盤の初期応力測定における計測孔壁の挙動予測解析について，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，III-223，2020.9