孔径変化法による初期応力測定装置の改良と変形追随性の検証

（株）フジタ　正会員　○新井　智之　村山　秀幸　池田　奈央
北海道大学　管原　隆之　児玉　淳一
（株）エーティック　釣賀　雅人　中村　健太

１．はじめに

山岳トンネルの設計では，特殊な設計条件の場合，数値解析的な手法が用いられることが一般的である [1]．このトンネル設計における数値解析では，地山の初期応力状態に結果が依存するため初期応力を正確に捉えることは非常に重要となる．本稿で検証する測定装置は Gimire ら [2]が開発したものである．これは測定孔に装置を挿入し周辺岩盤をオーバーコアリングして応力を解放し，周辺岩盤の変位を測定する手法である．いわゆる孔径変化法の一つに相当する．本装置の特長はロガー内蔵で軽量・小型な装置を用い，測定が容易なこと等である．既に開発から十数年が経過し陳腐化・劣化したため，筆者らは本装置のメリットを継承した改良器の作製に着手した．本稿では，開発中の応力測定装置における従来装置からの改良箇所と改良に伴う変形追随性の検証試験の結果について報告する．

２．測定装置の改良と検証実験装置

従来法では測定終了後に装置をコアと一緒に引き上げる必要があり，コア内に亀裂が内在するなどで装置を破損する恐れがあった．測定完了後に装置を単独で回収できる機構としたことが今回の改良の最大の特徴である．装置は，孔軸方向と孔周方向の変位を測定するセンサーを備えている．測定には孔軸方向、孔周方向それぞれのセンサーを 4ch ずつ使用している．これらのセンサーを改良することで，装置単独での回収を実現した．軸方向センサーは接点をピンに変更して，孔内壁でのグリップを確実にできるよう改善した．また，挿入・回収時にピンが孔壁に引っかからないように，磁力によりピンが収納・張り出しできる機構とした．一方，周方向のセンサーには先端にローラーを取り付けて，挿入・回収時の孔内移動の摩擦を軽減した．なお，本装置は一般的なボーリング削孔径 86mm に対応できるよう，測定孔の適用範囲は内径 39～42mm の測定孔である．

改良したセンサーが変形する測定孔に追随可能かを簡易的に検証するために塩ビ管を用いた室内実験を行った（図 1）．実験は内径 41mm の塩ビ VP 管に装置を入れて，管をクランプで変形させる．実験は内径 41mm

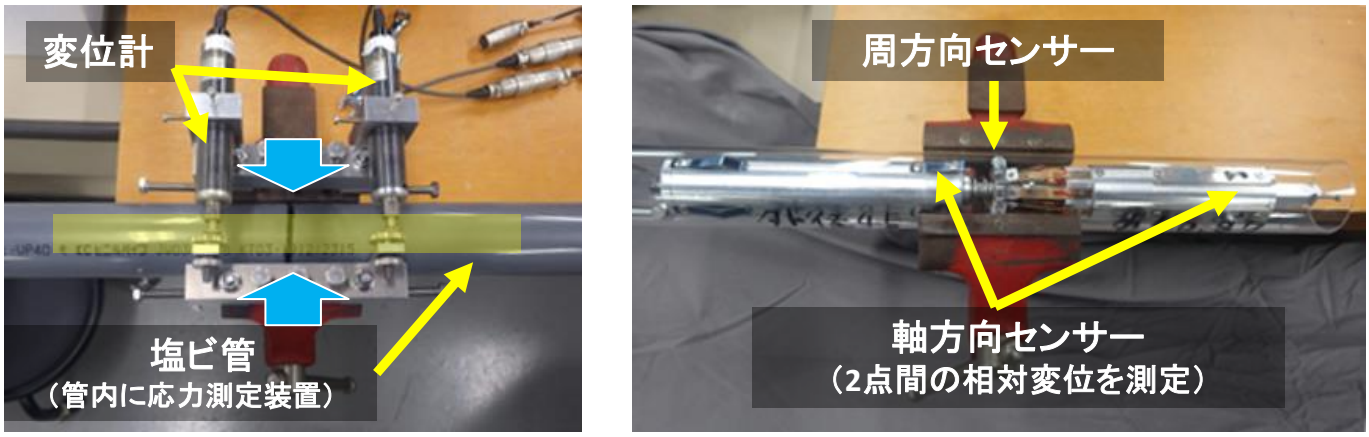

図１　検証実験装置と初期応力装置の改良器

左：塩ビ管を用いた実験装置と実験状況，右：透明アクリル管中の新規測定装置（センサー位置の明示）

キーワード　初期応力測定，孔径変化法，オーバーコアリング
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 土木研究部　TEL 046-250-7095

© Japan Society of Civil Engineers

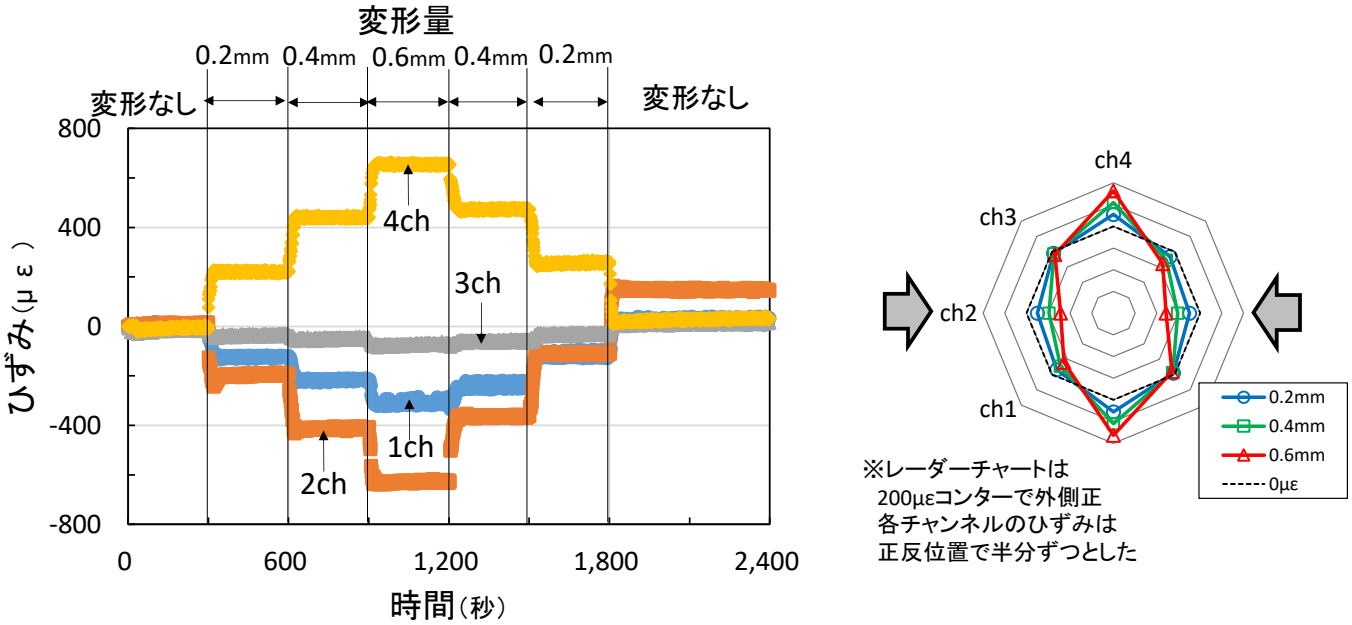

図２　初期応力測定装置　周方向センサーの発生ひずみ

左：ひずみの経時変化，右：ch 毎の変位に対する平均ひずみ

の塩ビ VP 管に装置を入れて，管をクランプで変形させる．クランプ外側に設置した変位計で，管の変位量を確認できるようにした．塩ビ管は最大変位 1mm 程度まで弾性変形することを事前に確認している．今回は 0～0.6mm までを 0.2mm ピッチで変形させ，0.6mm に達した時点で，0.2mm ピッチで変形を戻した．

３．検証実験の結果と考察

検証実験の結果を図２に示す．周方向センサーは，0.2mm 変形させると約 200μεのひずみが発生することが確認できた．よって，変位の検出感度は約 0.001mm/με であると考えられる．また 0.6mm 変形させる間では線形性も保たれている．すなわち変形量に応じて適切にひずみが増減しており，センサーが孔内変形に確実に追随できていることが確認できた．また，変位方向に対して斜め 45 度のチャンネル(図 2 のケースの場合 1ch と 3ch)は本来同一値であるはずだが，挿入方向を完全に変位方向と一致できないため，同一値とはならなかった．一方，軸方向センサーについては一部，変形に対して応答しているものの，変形を安定して正確に捉えることはできなかった．これは，変形方向が円周方向であり，塩ビ管のポアソン比が約 0.38 程度で，軸方向の変形が周方向の半分以下となってしまい検出しくいこと等が原因と考えられる．

４．まとめ

本稿では，応力測定装置の改良と，改良した装置のうちセンサーの変形追随性の検証実験を行い今回の改良が良好であることを述べた．得られた知見を以下に示す．

・応力測定の変形追随性を簡易検証するには，塩ビ VP 管をクランプで変形させる方法が有効である．

・周方向センサーは良好に変形に追随し，変位の検出感度は約 0.001mm/με であった．

・軸方向センサーについては塩ビ管の軸方向の変形が小さい等の理由で十分な検証ができなかった．

今後，岩石ブロックを使った室内実験や，ボーリング孔を使った現地実験等でより詳細なセンサーの挙動を検証していきたい．

参考文献

1)　土木学会：2016 年度制定　トンネル標準示方書[共通編]・同解説　[山岳工法編]・同解説,丸善出版,p.61, 2016

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

© Japan Society of Civil Engineers