

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

フジタ技術センター 正会員 ○池田奈央, 村山 秀幸, 新井 智之  
北海道大学 片岡嵩弥, 児玉淳一, 福田大祐

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解析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<sup>1)</sup>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<sup>2)</sup>に注目して検討を進めている。孔径変化法とは、応力の作用している岩盤から岩石を切り離す応力解放過程で生じる計測孔の変位を測定し、その値から岩盤応力を測定する方法である。本報告では、孔径変化法での応力測定をモデル化したFEM解析を行い、現場計測で得られる孔壁の変位挙動を事前に予測すると共に、測定装置に必要な精度を検証した。

2. 孔径変化法の応力測定をモデル化した解析

2-1) 解析条件

解析モデルを図1に示す。岩盤は単位体積重量が25.0 kN/m<sup>3</sup>の均質な弾性体とした。初めに、岩盤全体に土被り40 mに相当する荷重と自重を与え、計測孔部分(図1(c)破線部)を掘削した。その後、現場での測定手順を考慮して、厚さ5 mmのオーバーコアリング部分(図1(c)点線部)をy軸方向に10 mmずつ掘削するSTEP解析を行った。表1、図2に示すように側圧の有無と側方境界条件を変えて解析を行った。

孔径変化法では、計測孔に入れた測定器でオーバーコアリング時の孔の周方向と軸方向の変位を取得する。今回解析で注目する変位箇所(A, B, C地点, 変位成分1~7ch)は、現場で使用する測定機の仕様から図1(c)および図3に示すように決定した。周方向変位は1~3chの3成分、軸方向変位は4~7chの4成分で、それぞれのy座標はy=1130 mm (B点), y=1070 mm (A点), 1180 mm (C点)とした(図1(c), 図3参照)。

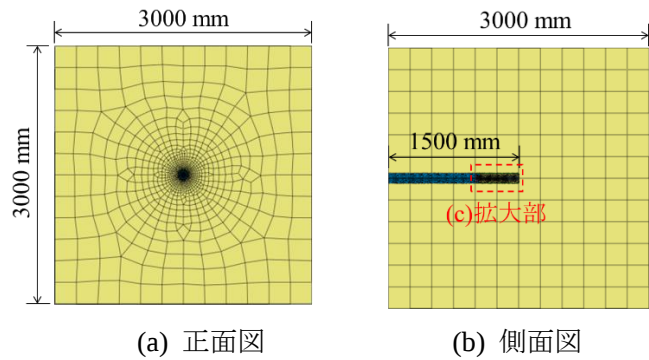


表 1 解析ケース

| 解析ケース | ヤング率 [GPa] | ポアソン比 | 上載荷重 [MPa] | 載荷条件<br>境界条件 | 側圧<br>係数 |
|-------|------------|-------|------------|--------------|----------|
| 1     | 1.0        | 0.25  | 1.0        | 条件1          | -        |
| 2     | 1.0        | 0.25  | 1.0        | 条件2          | 1.0      |

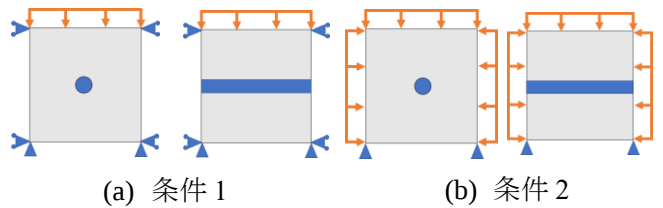


図 2 載荷条件, 境界条件

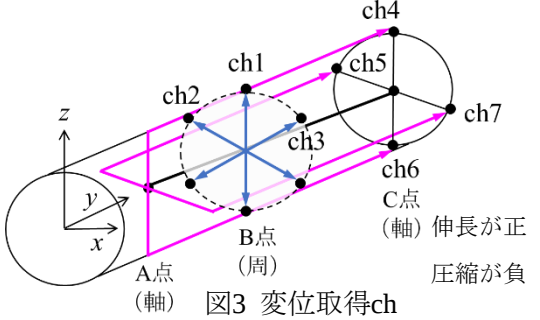


図 3 変位取得ch

図1 解析モデル

キーワード 山岳トンネル, 初期応力測定, 孔径変化法, FEM, 予測解析

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

## 2-2) 解析結果と考察

解析結果を図4に示す。グラフは全て伸長方向を正、圧縮方向を負としている。ch1は2点間のz方向の変位差から、ch2, 3は2点間のx-z平面の変位差から、ch4～7は2点間のy方向の変位差から算出した。解析ケース1, 2ともに周方向変位は変位取得位置( $y = 1130 \text{ mm}$ )を境に符号が逆転する、周、軸方向ともにオーバーコアリングが計測孔先端を通過した後一定値になるなど、過去に実験で得られた変位と同様の挙動が見られた。

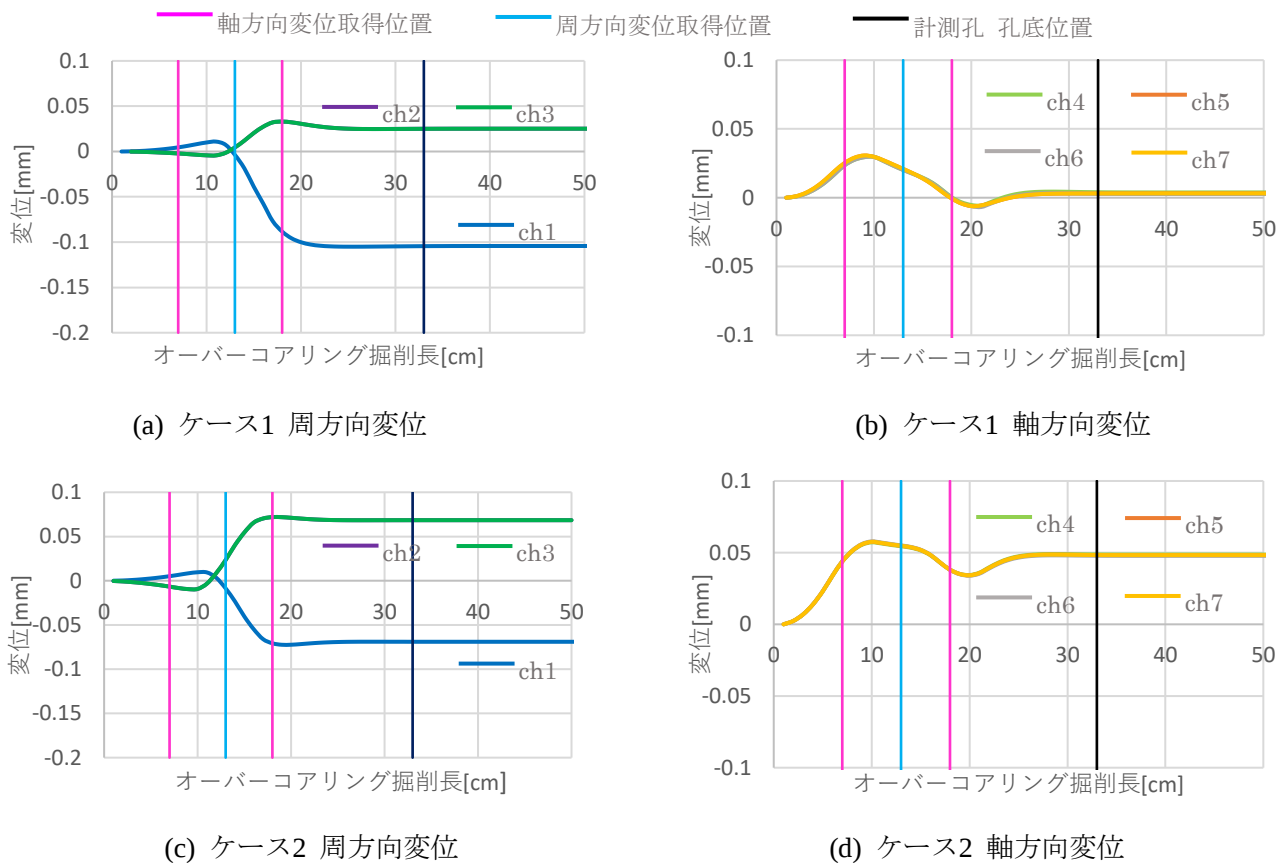


図4 解析結果 (ケース1, 2)

両ケースとも、ch5, ch7の変位は全く同じ値を示したが、ch4, ch6の値はそれぞれやや異なる。これはオーバーコアリングの際に切り離された岩石が片持ち梁の状態となり、その自重分の変位が生じたためと考えられる。

ケース1と2を比較すると、ch1の変位はケース1の方が大きい値となっている。一方、軸方向の変位はケース2の方が全体的に大きい値をとっている。また、ケース2における最小変位は軸方向の0.05 mm程度であった。測定現場の土被りが100 mの場合、最小変位は0.1 mm程度と予想されるため、測定装置の精度をその1/10と見積もると最低でも0.01 mmを認識できることが必要とされる。また、この結果から軸方向の変位が最小となることが想定され、装置の精度は軸方向に依存すると考えられる。

## 3. おわりに

孔径変化法での応力測定をモデル化した解析を行い、オーバーコアリング時の孔壁の変位挙動の予測と測定装置の精度の検証をした。予測された変位は既往の試験結果と同じ挙動を示した。また、解析から予測される変位の最小値は0.05 mm程度であった。この値は初期応力測定をする位置の土被りや岩盤密度にも影響されるが、試験に使用する測定装置の精度は最低でも0.01 mmを認識する必要があると考えられる。

今回は基礎的な検討としてモデルには直応力しか与えていないが、今後は実験で得られた初期応力を入力し、解析結果と実験結果との差がどの程度かを確認したい。また、現場条件から100%の応力解放が期待できない状態における測定も想定され、数値解析で取得された測定データを補う方法についても検討したい。

【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-550，2019.10.

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