

壁面ひずみ法によるトンネル覆工応力測定における削孔深度

応用地質株式会社^{*1} 正会員 ○奥井 裕三応用地質株式会社^{*1} 國村 省吾公立大学法人 首都大学東京^{*2} 正会員 西村 和夫

1. はじめに

地圧等の外力によりトンネルに変状が発生した場合、トンネル覆工の健全性評価のためには、覆工に発生している応力を把握することが重要である。本研究では、応力解放法的一种である壁面ひずみ法[1]による覆工表面の応力の把握に必要な削孔深度について知見を得るために、現場計測と数値解析を行った。

2. 壁面ひずみ法の概要と問題のモデル化

応力解放法による覆工応力測定には孔壁変形法や壁面ひずみ法等があるが、山岳トンネルでは、覆工厚が 300mm 程度であることから、覆工表面の応力状態を測定する壁面ひずみ法が良く用いられている(例えば[2])。壁面ひずみ法とは、覆工表面に写真 1 に示すロゼット・ゲージを貼付けコアカッターによる削孔により応力解放させることで解放時のひずみを測定する方法である。図 1 にその概念図と後述する数値解析の解析条件について示す。

本研究では、コアリング時の必要な削孔深度を求めるために、解放ひずみと削孔深度をリアルタイムで計測し、解放ひずみと削孔深度との関係を現場計測により計測した。さらに、これを模擬する数値解析を行い現場で得られた結果と比較することで、必要な削孔深度を求めることとした。図 2 に典型的な計測結果を示す。実際の計測では、概ね 50mm の深度にピークがあり、その後一定値に収束するカーブが得られることが多い。

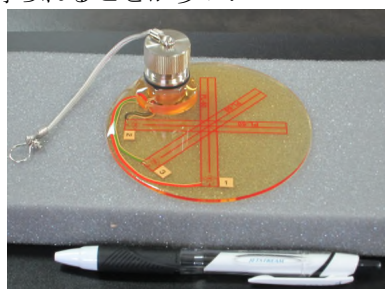
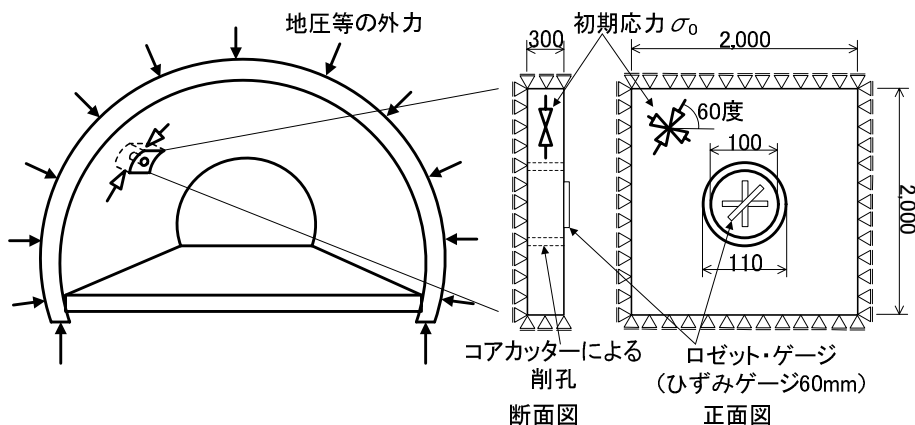


写真 1 ロゼット・ゲージの例
(ゲージ長: 60mm)



a) トンネル覆工表面の応力測定のイメージ

b) 解析条件

図 1 壁面ひずみ法による応力測定の模式図と解析条件

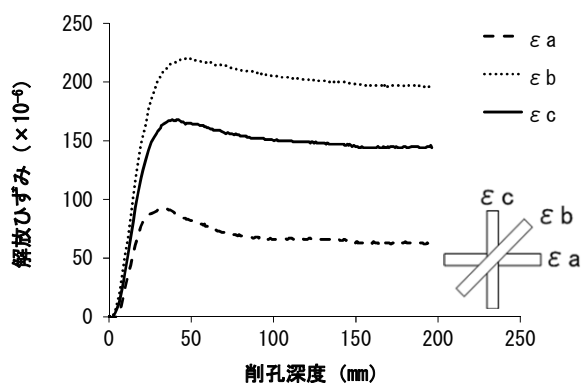
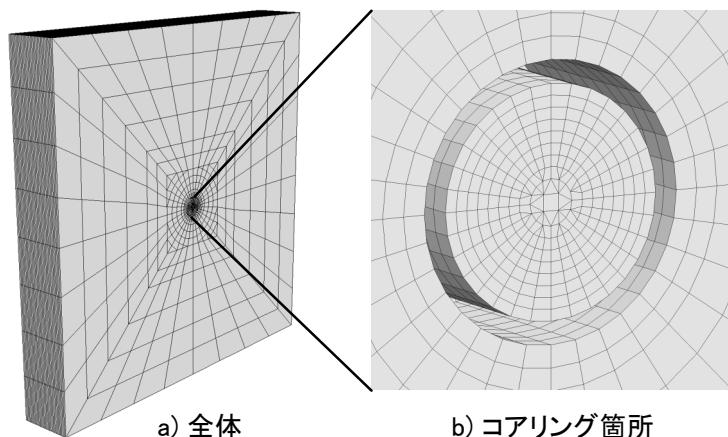


図 2 典型的な計測結果



a) 全体

b) コアリング箇所

図 3 解析モデル (FLAC 3D)

キーワード トンネル変状, 塑性圧, 健全性評価, 覆工応力測定, 応力解放法, 数値解析

連絡先 ※1 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 応用地質株式会社 TEL048-652-4956

※2 〒192-1397 八王子市南大沢 1-1 公立大学法人 首都大学東京 TEL 042-677-2785

3. 3次元有限差分解析

数値解析には、FLAC 3D(ITASCA 社)を使用し、図1に示すように実際の計測状況の一部を切り出した要素モデルを作成した。図3に解析モデルを示す。初期応力として、図1の正面図に示すように最大主応力 1.0MPa, 最少主応力 0.5MPa, 主方向は 60 度を初期値として与えた(圧縮を正)。また、断面方向の応力はゼロとして設定した。数値解析の解析ステップはコアカッターによる削孔に相当する要素を断面方向に 10mm 単位で取除き、削孔深度毎にひずみを読み取りロゼット解析を行って主応力を求めた。なお、削孔は深度 290mm まで行った。

図4に深度 290mm まで削孔した最終段階の解放ひずみからロゼット解析より算出した主応力を示す。図4より与えた初期応力が再現できることがわかる。次に、削孔深度と解放ひずみの関係に着目して、図5に解放ひずみと削孔深度との関係、図6に覆工に発生する主応力と削孔深度との関係として数値解析結果を整理した。数値解析結果の図5および図6は計測結果の図2と同様に概ね 50m の深度にピークがありその後一定値に収束しており、概ね同様の傾向を示している。また、削孔深度約 150mm を超えた削孔深度で一定値に収束していることがわかる。

これらの結果から、次のことがわかった。

- ① 計測で得られたピークは、削孔による 3 次元効果である。
- ② 覆工に発生している応力を把握するためには、削孔径の 1.5~2 倍程度の削孔深さが必要である。

なお、削孔深度、0~50mm の間にも与えた初期応力値が存在するが、値が削孔深度に依存するため、より確実な収束値が得られる深度を提案する。

4. まとめ

トンネル覆工に対する壁面ひずみ法による応力測定に必要な削孔深度は、削孔径の 1.5~2 倍程度以上であることがわかった。

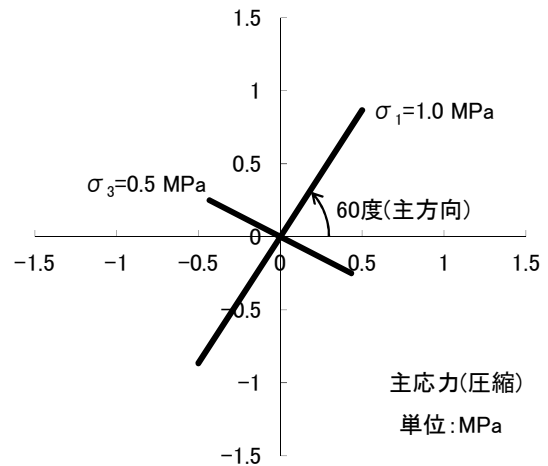


図4 覆工応力解析結果

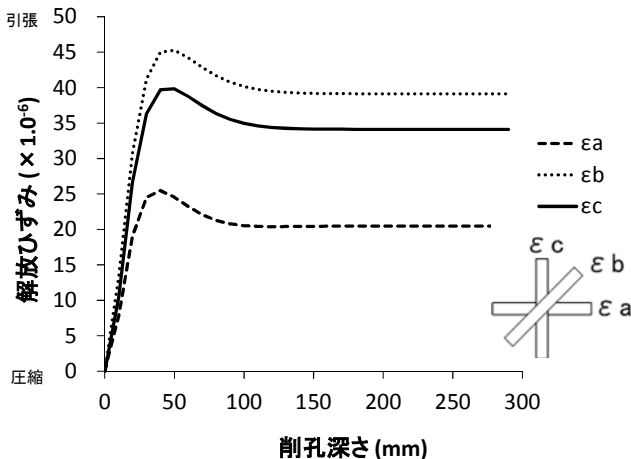


図5 解放ひずみと削孔深さの関係

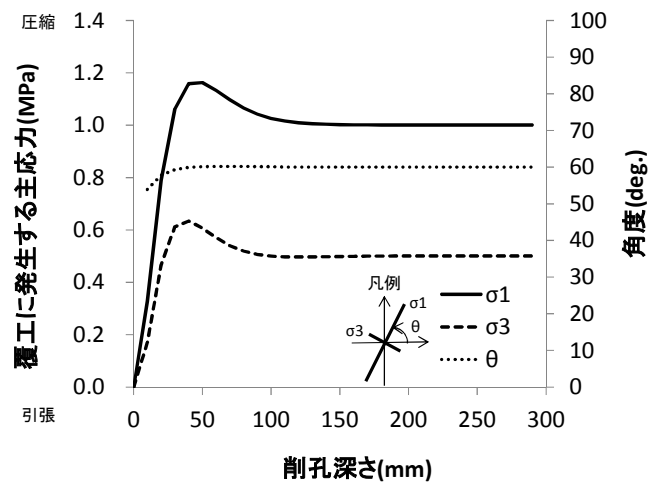


図6 解放ひずみから推定される応力と削孔深さの関係

5. 今後の課題と展望

今回は軸力のみが発生する状態を仮定したが、今後は軸力と曲げモーメントが同時に作用するような問題についても知見を深めたい。また、覆工に発生している軸力と曲げモーメントを把握するためにどのような計測を実施する必要があるかについても研究を進めたい。

<参考文献>

- [1] 横山幸也, 地圧測定技術の改良とその適用性に関する研究, 山口大学大学院理工学研究科学位論文 p.12, 2002.
- [2] 奥井裕三, 太田裕之, 早川泰史, 伊佐治晋, 緩慢に進行する盤ぶくれ現象の調査とトンネルの安定性評価に関する一考察, 土木学会 トンネル工学報告集第 20 巻/pp.85-92, 2010.