

## 独立型データロガーを用いた円錐孔底ひずみ法による初期応力測定について

フジタ 正会員 ○池田奈央, 村山秀幸  
北海道大学 澁谷啓太, 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

山岳トンネルでは、特殊な設計条件の場合や施工中あるいは供用後に変状が発生した場合に、FEM (Finite Element Method) 等の数値解析を用いた設計・検討がなされている。その際、トンネル周辺の応力状態が解析結果に大きく影響することが知られており、現在は、地形効果を考慮した自重解析や、側圧係数をパラメータとした応力状態の推定などが一般的に行われている。一方、山岳トンネルにおいて周辺岩盤の初期応力を測定した事例は極めて少ない。

筆者らは山岳トンネルの合理的な設計を目指し、現場での初期応力測定と数値解析に関する研究を進めている。本稿では、初期応力測定において実績のある円錐孔底ひずみ法<sup>1)</sup>において課題となる信号線ケーブルを開発中の独立型データロガーに置き換え、現場測定によって改良した本手法の利便性や測定精度を検証した結果を報告する。

### 2. 円錐孔底ひずみ法と測定概要

#### 2-1 円錐孔底ひずみ法の課題と改良

地盤工学会では、初期応力の現地測定基準として、埋設ひずみ法 (JGS 3741-2012)、円錐孔底ひずみ法 (JGS 3751-2012)、水圧破碎法 (JGS 3761-2017) の3手法を規定しており、円錐孔底ひずみ法は我が国で最も利用されている手法の1つである<sup>1)</sup>。

図1に、円錐孔底ひずみ法の測定概念図を示す。本手法は、2軸または3軸のひずみゲージを8箇所貼付した円錐形の樹脂製ひずみセルを円錐形に整形したボーリング孔底に貼り付け、オーバーコアリングによって解放ひずみを計測する。図1から、ひずみゲージの信号線は、オーバーコアリング時に掘削ロッド内に通線し、特殊ウォータスイベルを介して、ロッド外に取り出し汎用データロガーに接続し計測する。よって、オーバーコアリング時に信号線ケーブルが断線したり、ケーブルが傷ついて絶縁不良となっ

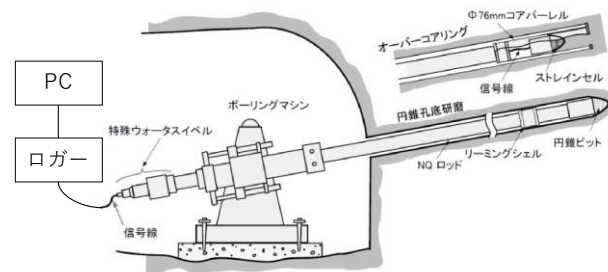


図1 円錐孔底ひずみ法の測定概念図<sup>1)</sup>



(a)従来型 (ケーブル)



(b)独立型 (ケーブルレス)

図2 円錐孔底ひずみセルの外観

たりする可能性があり、ケーブルレスで安全に測定することが望まれる。そこで、筆者らが孔径変化法で使用する目的で開発を進めている独立型(制御CPU, A/D変換, 電池, メモリー等を装備)の小型ひずみロガー<sup>2)</sup>を改良し、ロガーとひずみセルを一体化したケーブルレスの測定装置を開発した。図2に、従来型と独立型の円錐孔底ひずみセル外観を示す。

#### 2-2 測定現場と測定概要

測定現場は廃道となった道路トンネル<sup>3)</sup>で、周辺岩盤は安山岩溶岩や火砕岩から構成される。測点は、最大土被り(約165m)付近で湧水の少ない健全な岩盤とした。測定は、坑壁から長さ10mのボーリング孔を削孔し従来型と独立型で1回ずつ行った。計測頻度は従来型が1秒、独立型が2秒である。

キーワード 初期応力測定, 円錐孔底ひずみ法, データロガー

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

### 3. 測定結果

従来型と独立型での計測結果および座標系を図3に示す。計測ひずみを応力に直す際には、別途行った繰り返し一軸載荷試験の除荷時の挙動から求めたヤング率  $E$  とポアソン比  $\nu$  の平均値を用いた。算出された応力には、どちらも最大主応力  $\sigma_1$  がトンネル軸方向と近くなる傾向がみられた。また、独立型のひずみセルは、従来型と比較して重心が後方にあるためボーリングの振動の影響を受けやすいことや、計測頻度が低いことが原因でデータが乱れる懸念があったが、データは滑らかに変化していた(図4)。以上のことから、独立型ひずみセルでの計測が問題なく行われたことを確認した。

次に、過去に従来法で計測した応力値<sup>4)</sup>と、今回計測した応力値を比較した。過去の測定点は、今回の測定点と同じ断面であり、これら2つの応力状態はほぼ同じであることが予想される。計測結果から、どちらも最大主応力  $\sigma_1$  の方向がトンネル軸方向に近くなっていることが分かった。また、応力の大きさについても似た傾向を示している。応力値が1~3 MPa程度違うが、これは応力算出時に用いたヤング率  $E$  とポアソン比  $\nu$  の違いによるもので、計測結果自体に大きなばらつきが生じているわけではないと考えられる。

以上のことから、円錐孔底ひずみ法を用いた初期応力の計測において、独立型のひずみセルは十分に利用できるものといえる。

### 4. まとめと今後の展望

円錐孔底ひずみ法の課題を解決するため、独立型データロガーを用いた計測のケーブルレス化を試みた。独立型の計測では、計測中のデータをリアルタイムで見ることができないという欠点はあるものの、ボーリングによるケーブルの破損や絶縁不良などの心配がなくなり、安全に計測することが可能となった。また、計測中にロガーが破損するなどのトラブルはなく、計測が順調に行われていることを確認した。

今後は、本トンネルで多点計測を行い、トンネル周辺の広域応力を算出<sup>4)</sup>することで、広域応力から推定される合理的な初期応力を用いて数値解析を行うことを検討している。また、独立型ロガーを使用した際でも計測結果や設置状況をリアルタイムで把握するために、測定データを無線送信する手法を現在検討中である。得られた成果は、今後も順次報告する。

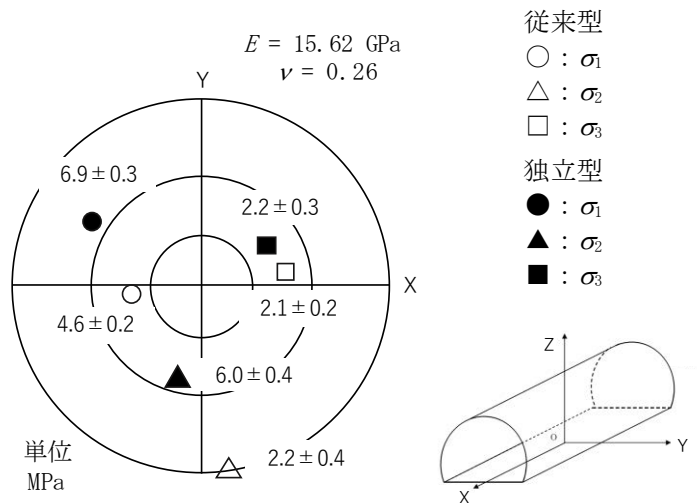


図3 計測結果の比較(圧縮が正, 引張が負)

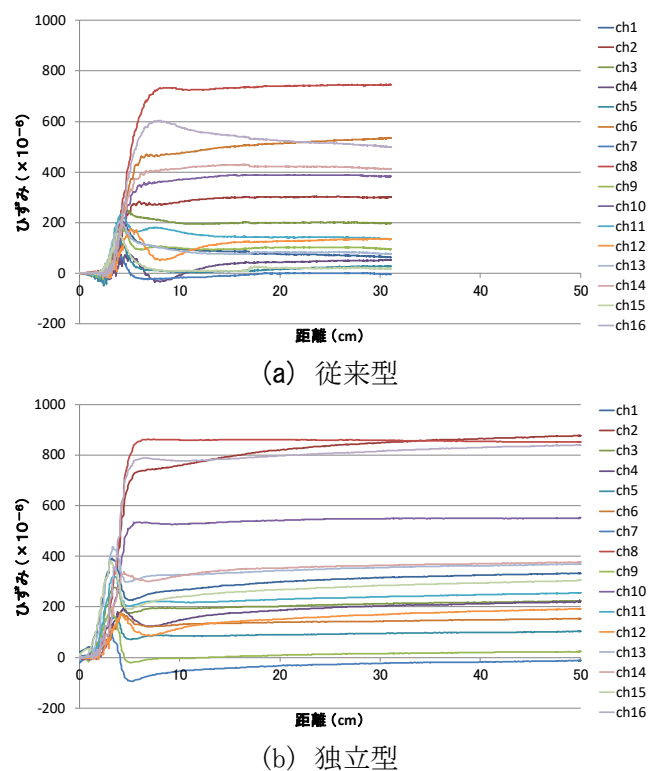


図4 計測されたひずみデータ(伸長が正, 収縮が負)

### 参考文献

- 1)横山幸也：初期地圧測定法の現状と基準化，応用地質技術年報No.36，pp.71-91，2017。
- 2)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。
- 3)岡崎健治他：供用トンネルにおける時間依存性を有する変状と診断技術の研究，応用地質，第56巻，第6号，pp.308-315，2016。
- 4)澁谷啓太他：トンネル周辺地域の広域応力状態の推定に関する基礎的検討，土木学会トンネル工学報告集，第31巻，I-16，2021.11。