

21. 覆工コンクリートの健全性評価手法として実施した応力測定の実例 — 青函トンネルにおいて —

Case Study on Evaluation Trial for Tunnel Lining Concrete Soundness using Stress Measurement
— at SEIKAN Tunnel under TSUGARU Straits —

深沢成年 ((独)鉄道・運輸機構大阪支社), 三谷憲司 ((独)鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局)

○知本康男 (基礎地盤コンサルタンツ株式会社北海道支社)

Naritoshi FUKAZAWA, Kenji MITANI, Yasuo CHIMOTO

1. はじめに

青函トンネルは営業運転が開始され約26年が経過した。この間トンネルには目立った変状は発生していないが、新幹線共用を見据え、トンネル構造物の健全性に対する評価の高度化が求められるようになった。本稿では覆工コンクリートの健全性を評価する一手法として試行的に実施したコンクリート応力測定の結果について報告する。

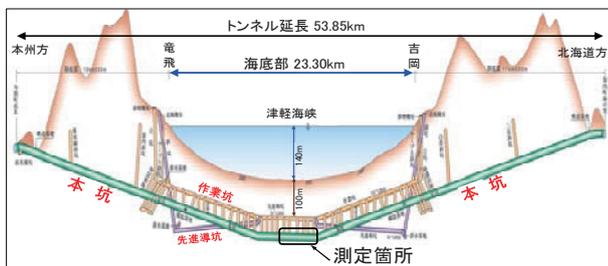


図-1 青函トンネルの概要図

2. 調査経緯

供用後20余年を経過した時点で、一部の断面においては、外観上ほとんど変化が認められないものの、内空変位量が漸増し管理基準値に近づきつつある箇所が確認された。そこで覆工コンクリートに内在する応力を直接測定することで、よりの確な健全性判断に結び付けることを目的に、岩盤の初期地圧測定での実績¹⁾がある孔底ひずみ法による応力測定を試行した。

3. 測定方法

数枚の歪ゲージをマウントした平面形や円錐形のゲージセル(モールド)を孔底に貼付し、オーバーコアリングによって周囲の拘束応力から解放することで生じる微小な変形を歪ゲージで計測し、採取したコアの室内試験から得た弾性係数とポアソン比を与えて、現況

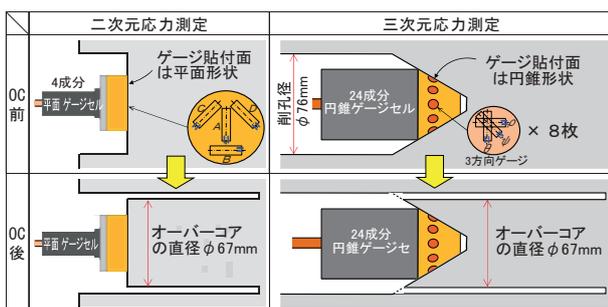


図-2 オーバーコアリングOCのイメージ図

の応力値とその方向を算出するものである。図-2にオーバーコアリングOCのイメージを示す。試験方法および解析方法の詳細はJGS-3751-2012²⁾を参照されたい。

4. 応力測定的位置

応力測定は測定対象断面においてアーチ部で4箇所、インバート部で2箇所の計6箇所に試験孔を配置し、各孔の浅部(内空壁面側)で二次元応力測定、覆工中立軸付近で三次元応力測定を実施した。なお、測定断面周辺の地質は軟質な堆積軟岩から構成される³⁾。

5. 測定結果と考察

覆工コンクリートアーチ天端部での測定結果を図-3に示す。覆工中立軸付近の三次元応力測定結果図から、トンネル接線方向(X方向)の応力が卓越しており、トンネル半径方向(Z方向)やトンネル軸方向(Y方向)の応力は小さいことがわかる。また、内空壁面側の浅部で実施した二次元応力測定結果においてもトンネル接線方向の応力が卓越し、その値は中立軸付近7.5MPaに対し内空壁面側5.7MPaとなっており、覆工コンクリート厚さ全体でアーチ作用による軸圧縮力を受けた状態であると考えられる。

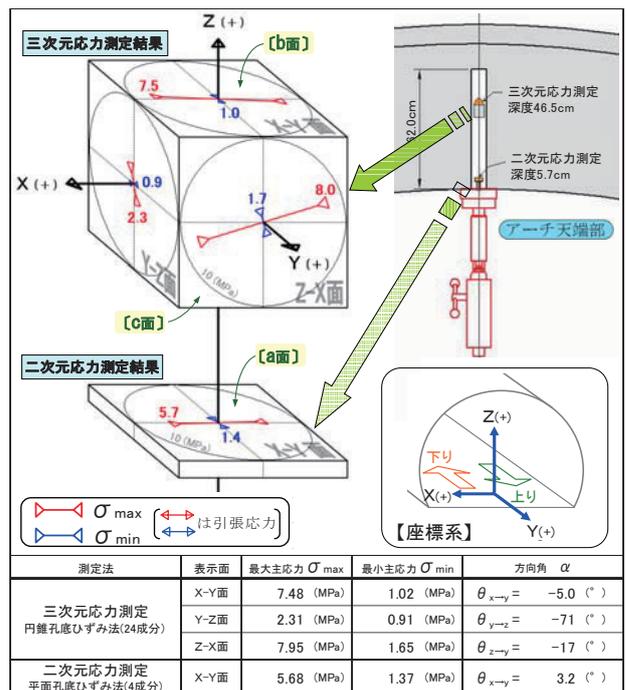


図-3 アーチ天端部の応力分布立体図

測定断面すべての試験孔の応力分布を図-4 に示す。トンネル断面内の最大主応力は、天端部、肩部、側壁部、インバート部すべてがトンネル接線方向に概ね合致しており、また圧縮応力となっていることから、トンネル覆工コンクリートが地圧等の外力を受けた際にアーチ効果によって部材に軸圧縮力が作用している状態を示しており、健全な支保機能を発揮していると推考される。なお、建設中(当時)の新幹線トンネルにおいても上述したような円形構造物の軸力分布を把握した事例報告がある⁴⁾。

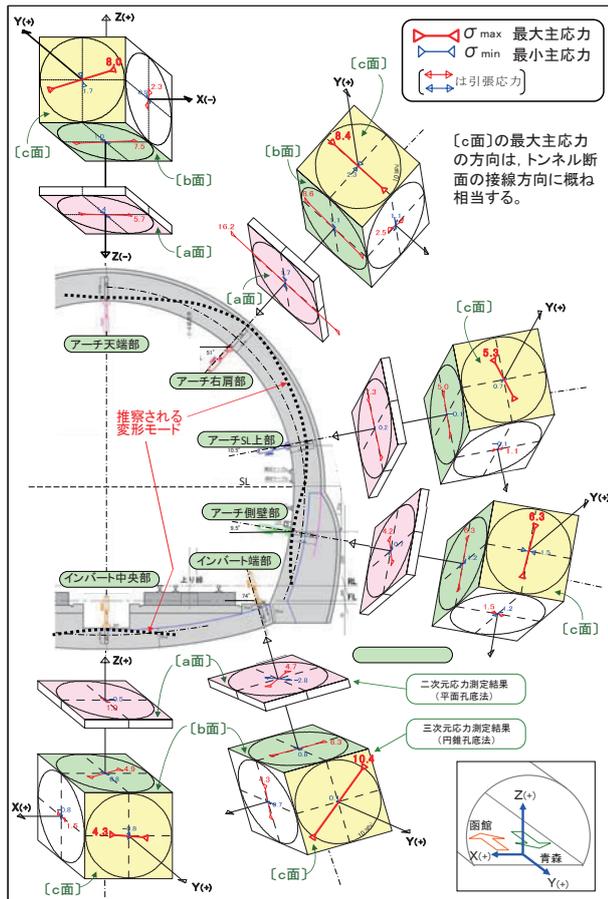


図-4 測定断面の応力分布総括図

本断面の応力測定で確認した最大圧縮応力値は $\sigma_{max} = 16.2$ MPaであり、この応力は二次覆工コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 16$ MPaにほぼ等しい。しかしながら、オーバークォの一軸圧縮強度は図-5に示すように平均値 $\sigma_{ave} = 36.5$ MPaであり、設計基準強度 σ_{ck} を大きく上回るため安全性は確保されていると考える。

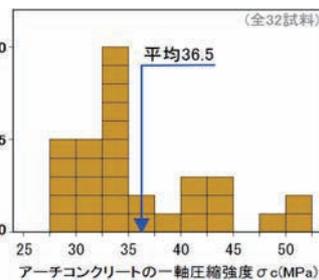


図-5 コンクリートの圧縮強度

つぎに、内空壁面側[a面]に発生している接線方向の応力と覆工中立軸付近[b面]の同方向の応力との大小

関係から、覆工コンクリートの変形モード(撓み形状)を推察すると図-4中の太点線で示すような形状が想定される。ただし、覆工コンクリートに内在する応力は覆工の曲げのみに支配される訳ではないので、応力分布(縁応力の大小関係)と変形モードに関する解釈は今後の検討課題としたい。

インバート中央部のトンネル接線方向の応力は内空側ではわずかに引張応力となるが、0に近い値であること、他の応力はすべて圧縮応力となっていることから、現時点においては問題の無い現象であると考えられる。なお、覆工中立軸付近[b面]では相応の応力を示しているのに対し、内空壁面側[a面]でほぼ0であることはインバートコンクリートの支保機能を検証する上で重要な事象と考える。

今回採用した測定方法は、接着性が確保できること、応力解放歪曲線がスムーズな経時変化を描いて収束すること、応力分布が予察された傾向に整合すること等から、覆工コンクリートにも十分適用できるものと判断される。

6. まとめ

本稿では覆工コンクリートを対象に実施した孔底ひずみ法による応力測定について報告したが、つぎのことが把握された。

- ⇒ 孔底ひずみ法による応力測定手法がコンクリートの応力測定にも適用できること。
- ⇒ 各測定箇所の最大主応力の方向は概ね覆工コンクリートの接線方向と一致し、アーチ構造物としての支保機能が効果的に発揮されている。
- ⇒ コンクリート内応力に対してコンクリート部材強度は十分な余裕を有する。

以上のことから、当該箇所の覆工コンクリートが応力的には健全であることが把握された。本測定法は、トンネル覆工コンクリートの応力状態の把握や強度的な比較検証ができることから、トンネル外観や内空変位測定と併せて、地圧などを受ける覆工コンクリートの健全性の評価に有用であることがわかった。

参考文献

- 1) 鈴木・高橋・知本・大森(2005):京極発電所における初期地圧測定の実例, 日本応用地質学会平成17年度研究発表会論文集, pp249-252
- 2) 公益社団法人地盤工学会(2013):地盤調査の方法と解説, 第10編, 第10章
- 3) 日本鉄道建設公団青函建設局(1988):青函トンネル地質調査誌
- 4) 飯田・井浦・知本・千代(2006):応力解放方法を用いた場所打ちライニングコンクリートの応力測定, 土木学会第16回トンネル工学研究発表会, 報告II-16