

コア法による吹付けコンクリートの応力測定に関する研究

大成建設 正会員 ○谷 卓也
 北大工 新谷 猛
 北大院 藤井義明

1. はじめに

山岳トンネルの施工においては、支保の健全性の確認や適切な設計条件を得る目的で、B計測に分類される支保工応力、吹付けコンクリート応力、ロックボルト軸力等の測定が行われている。しかしながら、B計測はコスト等の理由からその数を多くは実施できない。そのため、支保に想定外の変状が生じた場合、必ずしもデータを必要とする箇所にB計測断面が設けられているとは限らない。中でも吹付けコンクリートはトンネルの主要な支保部材であり、従来の埋設型の応力計に変わる簡易・迅速(≒低コスト)で任意の箇所でも実施でき、且つ信頼性の高い計測方法の開発が望まれている。そこで、著者らは岩盤の原位置応力測定に用いられる「コア法」に着目し、吹付けコンクリートの応力測定への適用を考えた。ただし、吹付けコンクリートは、岩石と比較してクリープが大きく、また、材齢によって剛性が変化する。さらに、空隙量や均質性についても岩石とは異なる性質を有すると考えられる。そのため、コア法による応力評価の適用性検討の最初のステップとして、材齢28日以上吹付けコンクリートについて試験を行い、DRA法と接線ヤング率法により評価精度の確認を行った。

2. DRA法と接線ヤング率法

コア法の内、DRA法では円柱形のコアに一軸で5回程度の繰り返し載荷を行う。応力-軸ひずみ線図よりひずみ差関数を算出し、その屈曲点を岩盤応力(本試験ではサンプル採取までに吹付けコンクリートに作用した最大の応力)とするものである。ひずみ差関数の計算方法は藤井ら¹⁾の方法で行い、今回の応力評価では、1回目の載荷と2回目の載荷データによるひずみ差関数を用いた。一方、接線ヤング率法¹⁾とは、繰り返し載荷試験時の1回目の載荷過程の接線ヤング率を求め、応力-接線ヤング率線図を描き、その屈曲点もしくは変化点を岩盤応力とする方法である。接線ヤング率法はデータ解析等における労が少ない上、通常の一軸圧縮試験で用いる機器で実施できるというメリットがある。

3. 吹付けコンクリートへの適用性の確認試験

供試体は、単位セメント量が 360kg/m^3 の標準的な配合の吹き付けコンクリートから作成した。設計基準強度は 18N/mm^2 、粗骨材最大寸法は 15mm 、スランプは $12\pm 2\text{cm}$ である。現場で作成した吹付けコンクリートのブロックからコアを採取し、さらに直径 50mm 、長さ 100mm の円柱形に整形した。その後、 80°C の恒温槽で24時間乾燥させた後、14日間以上常温大気中に静置して気乾状態とし、試験に供した。コア法での評価に先立ち、供試体3本について一軸圧縮試験を行い、一軸強度の平均値 27.6MPa を得た。

載荷パターンを図-1に示す。試験では、一軸強度の30%レベルの 8.3MPa で定荷重載荷し、先行応力履歴を与えた後、 0.1MPa から 13.8MPa (50%レベル)の応力で4回繰り返し載荷を行った。その載荷過程のデータからDRA法と接線ヤング率法で、先行載荷時の応力を評価した。載荷条件としては、先行載荷時の最大応力保持時間 t_L を0分、1分、1時間とし、先行載荷後の試験開始までの

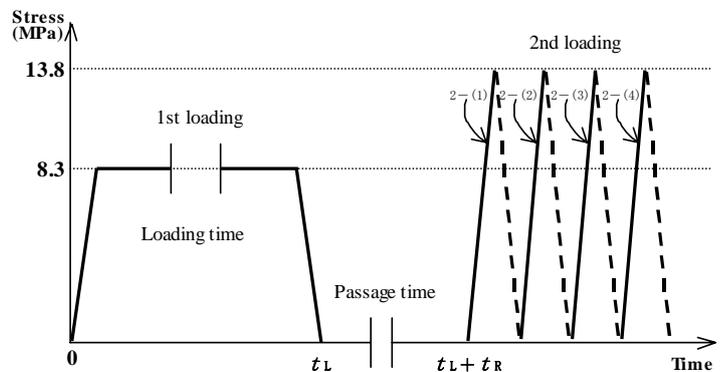


図-1 載荷パターンの模式図

キーワード 吹付けコンクリート, 岩盤応力, 接線ヤング率法, DRA法

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター 谷 卓也 TEL 045-814-7237

時間 t_R を 1 分 (t_L が 1 分のケースのみ), 1 時間, 7 日, 1 ヶ月と変化させた。

4. 試験結果

先行载荷の荷重保持時間を 1 時間, 先行载荷後 1 時間で試験をした際に得られた, 応力とひずみの関係 (4 回繰り返し) を図-2 に示す。また, 図-2 で示した応力とひずみのデータから, DRA 法と接線ヤング率法で先行応力を評価した結果を, 図-3 と図-4 に示す。試験では, クリップゲージで計測した軸ひずみと, 载荷板のストロークから計算したひずみが得られるため, 図-3 と図-4 にはこれらを用いて応力を評価した例をそれぞれ示す。さらに, 表-1 には実施した全てのケースについて, DRA 法, 接線ヤング率法による先行応力の評価結果を示す。表中, コア法で評価した応力が, 先行载荷応力 8.3 MPa の $\pm 20\%$ 以内の場合は \bigcirc , それ以外の場合は \times で示している。

表-1 より, 軸ひずみに基づいた接線ヤング率法では, ほとんど正確な屈曲点応力が得られていないことが分かる。データを詳細に分析すると, これは, 応力-軸ひずみ線図が上に凸だったり, 軸ひずみがマイナスに出ている場合に顕著であり, 吹付けコンクリートの不均質性が一因として考えられる。一方, DRA 法では軸ひずみに基づいた場合でも, 先行応力に近い屈曲点応力を得る割合が大きい。これは, DRA では吹付けコンクリートの不均質さによりひずみの平均的な絶対量が正しく計測されていない場合でも, ひずみの差を取ることで誤差がキャンセルされているものと考えられる。ストロークひずみに基づいた場合, DRA 法と接線ヤング率法とで大差はない。また, 先行応力に近い屈曲点応力を評価できる最大の t_L と t_R との間に, 明確な相関は見受けられない。

5. おわりに

本研究で検討した範囲で得られた主な知見を示す。

- DRA 法, 接線ヤング率法ともに, ストロークに基づく方法により, 先行载荷 0 min を除けば 7 割以上の試験で先行応力を評価できた。
- 試料採取から試験実施までの期間については, 最長 1 ヶ月までは評価できる可能性が確認できた。

また, 岩石では, 供試体の水分変化が応力履歴の記憶に影響を与えるということが明らかにされつつある²⁾ので, 吹付けコンクリート応力の評価においても, 供試体の採取, 運搬, 整形といった一連の作業における水分変化の影響について, 検討の必要があると考えている。

参考文献

- 1) 藤井義明, 他: 接線ヤング率の変化に基づく岩盤応力の推定に関する基礎実験, 資源と素材, Vol. 122, No. 10, 11, p.483-488, 2006.
- 2) 田場裕也: 接線ヤング率法における静置時間・封圧・含水比変化の影響, 平成 18 年度北海道大学工学部卒業論文 4, 2007.

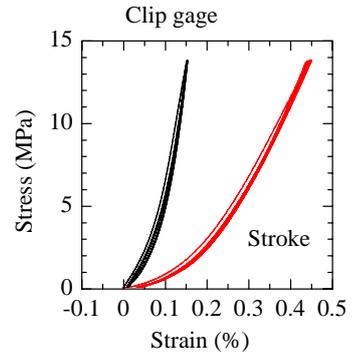


図-2 応力-ひずみ線図

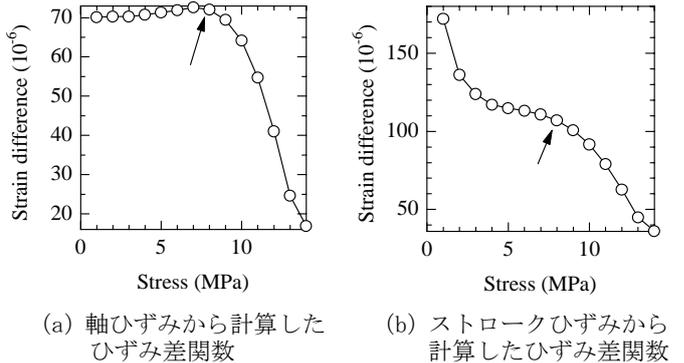


図-3 DRA 法による評価結果例

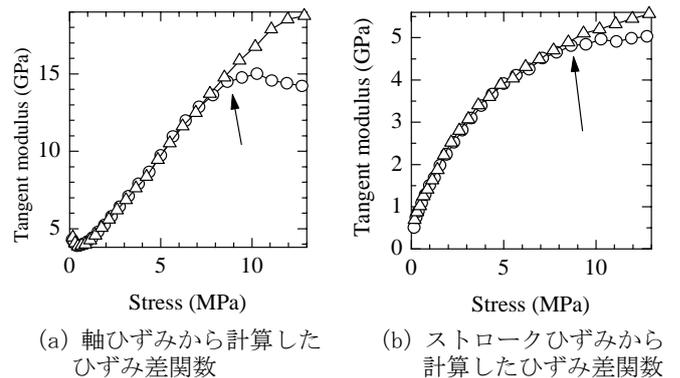


図-4 接線ヤング率法による評価結果例 [O:1 サイクル目 Δ:2 サイクル目]

表-1 コア法解析結果

t_L	t_R	DRA 法		接線ヤング率法	
		軸ひずみ	ストロークひずみ	軸ひずみ	ストロークひずみ
0 min	1 day	○	○	×	○
	7 days	×	○	×	×
	1 month	○	×	×	×
1 min	1 min	○	○	×	○
		×	○	×	○
	1 day	×	×	×	×
	7 days	○	○	○	○
1 hour	1 hour	○	○	○	○
		×	○	×	○
	7 days	○	○	×	○
	1 month	×	○	×	○
1 month	1 month	○	○	×	×
		×	×	×	×
	7 days	○	○	×	○
	1 month	×	○	×	○