

長期計測結果に基づいたトンネル覆工におけるひび割れの挙動に関する考察

独立行政法人土木研究所 正会員 ○笹田俊之・砂金伸治・石村利明

1. はじめに

近年、維持管理の重要性が高まっており、適切な点検や対策を実施して構造物の長寿命化を図ることが求められている。トンネルにおいては点検時に覆工に対して目視および打音検査等を実施し、それにより得られる情報を基にトンネルの状態を把握しているが、実際の覆工コンクリートにおける変状、特にひび割れの長期的な挙動等のメカニズムについては解明されていない部分も残されている。

そこで、過去に試験施工が行われた実際のトンネル¹⁾²⁾において、継続してトンネルのひび割れに関するデータを収集し、その長期的な挙動について検討を行った。また、当時使用した覆工の材料がその挙動に対して及ぼす影響について検証した結果について報告する。

2. 試験施工トンネルの概要

2.1. Aトンネルの概要

Aトンネルは2001年竣工の2車線道路トンネルで、試験施工として確保した区間は覆工に鋼繊維補強コンクリート(以下、SFRC)を用いた区間が2スパン(それぞれスパンA、Bと称する、合計延長20m)、プレーンコンクリートを用いた区間が1スパン(スパンC、延長10m)であり、覆工コンクリートに発生するひび割れ等の計測を実施した。なお、スパンAおよびBにおいて使用した繊維は同一の仕様であり、3スパンとも支保パターンはD I パターンである。

2.2. Sトンネルの概要

Sトンネルは2004年竣工の2車線道路トンネルで、試験施工として確保した区間は覆工にプレーンコンクリートを用いた区間が2スパン(スパンA、B、合計延長19.75m)、SFRCを用いた区間が1スパン(スパンC、延長9.25m)、さらに坑口部の補強鉄筋を用いた区間を1スパン(スパンD、延長10.5m)対象として設定し、覆工コンクリートに発生するひび割れ等の計測を実施した。なお、スパンA～Cの支保パターンはD I である。

3. 計測結果

3.1. Aトンネルの計測結果

図-1にAトンネルの試験施工区間における2013年9月時点で計測された幅0.05mm以上のひび割れの変状展開図を示す。また、各スパンにおいて最大のひび割れ幅が得られた箇所を図中に示した。また、図-2に各スパンにおけるひび割れ密度の経時変化を示す。

これより、どのスパンも天端部周辺にひび割れが発生していることが多いことがわかる。スパンCのみ両側の側壁部に横断方向のひび割れが認められた。ひび割れ密度はスパンA(SFRC)、C(プレーン)、B(SFRC)の順に大きい結果となったが、その最大の差は2006年の時点で $0.07\text{m}^2/\text{m}^2$ であり、現段階で明確な差異があるとは判断できない。

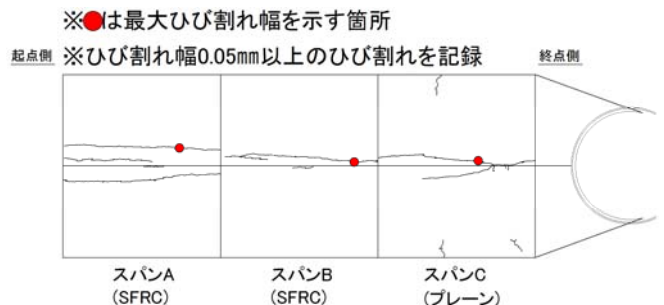


図-1 Aトンネルの変状展開図(2013年9月時点)

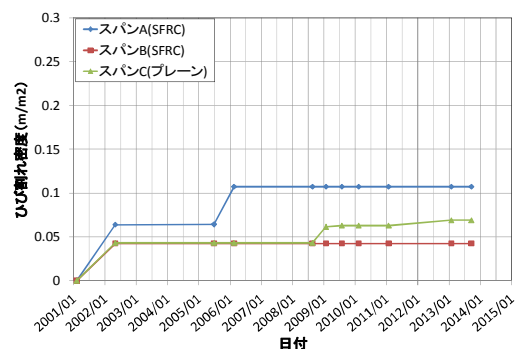


図-2 Aトンネルのひび割れ密度の経時変化

図-3にAトンネルの各スパンにおいて図-1に示した最大のひび割れ幅が得られた箇所のひび割れ幅および覆工内部の温度の経時変化を示す。

これより、どのスパンにおいても最大ひび割れ幅は1.5～2.0mmであり、覆工の材料によるひび割れ幅

キーワード：トンネル、覆工、ひび割れ、現地計測

連絡先（茨城県つくば市南原1-6・TEL:029-879-6791・FAX:029-879-6796）

の明確な差異は本計測結果からは認められなかった。

ここで、覆工打設から2006年までは計測回数が少ないため評価が難しく、一部データの欠損があるが、2006年以降のひび割れ幅は覆工内部の温度に連動して変化していることがわかる。

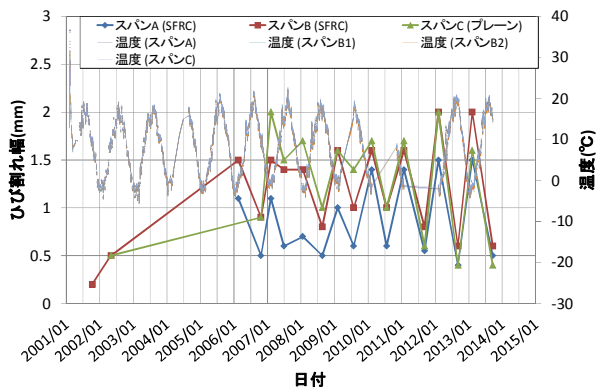


図-3 Aトンネルのひび割れ幅および覆工内部の温度の経時変化

3.2. Sトンネルの計測結果

図-4にSトンネルの試験施工区間における2013年9月時点で計測された幅0.05mm以上のひび割れの変状展開図を示す。また、各スパンにおいて最大のひび割れ幅が得られた箇所を図中に示した。図-5に同区間におけるひび割れ密度の経時変化を示す。

これより、ひび割れ密度はスパンD(補強鉄筋)、A(プレーン)、B(プレーン)、C(SFRC)の順に大きい結果となった。スパンDはその他のスパンと比較するとひび割れ密度およびひび割れの本数は多かったが、ひび割れの延長が短く、覆工表面全体にひび割れが発生していることが確認された。

図-6にSトンネルの各スパンにおいて図-4に示した最大のひび割れ幅が得られた箇所のひび割れ幅および覆工内部の温度の経時変化を示す。

Sトンネルも覆工打設から2009年までは計測回数が少なく評価が難しいが、2009年以降のひび割れ幅は覆工内部の温度の変動に応じて変化していることが認められた。また、スパンD(補強鉄筋)の最大ひび割れ幅は0.7mm、その他のスパンの最大ひび割れ幅は1.1~1.6mmと補強鉄筋を覆工コンクリートに用いた区間では、最大ひび割れ幅が小さいことが認められた。

4. まとめと今後の課題

概ね10年以上の期間でひび割れの挙動を計測した結果、ひび割れ幅は覆工内部の温度の影響に左右される結果が得られた。そのため、ひび割れを評価する際は点検を実施する時期に留意する必要がある。

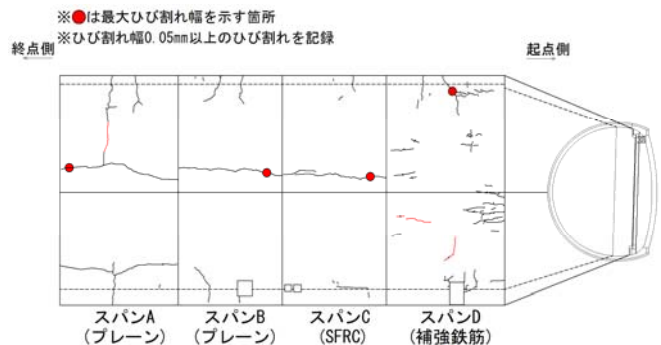


図-4 Sトンネルの変状展開図(2013年9月時点)

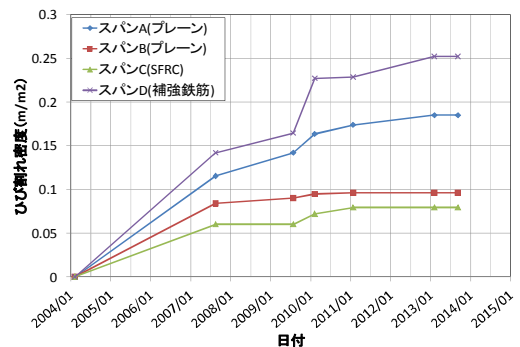


図-5 Sトンネルのひび割れ密度の経時変化

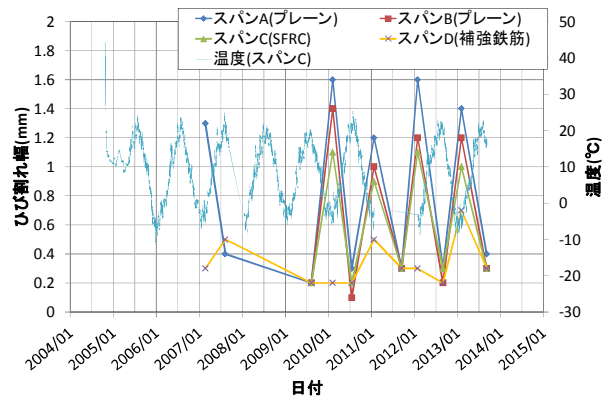


図-6 Sトンネルのひび割れ幅および覆工内部の温度の経時変化

また、覆工の材料等の条件によってひび割れ密度の傾向が異なる可能性があることが分かった。引き続き検討を要するが、覆工材料をはじめとしたトンネルの条件に留意してひび割れの評価を行う必要がある。

今後の課題として、覆工応力や内空変位等の計測データとの関連、うきやはく離の発生状況も含めてひび割れの長期的な挙動の分析を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 真下英人、砂金伸治、木谷努、遠藤拓雄：繊維補強コンクリートを用いたトンネル覆工のひび割れに関する研究報告書、土木研究所資料、第4000号、2006.3
- 2) 真下英人、砂金伸治、木谷努、遠藤拓雄：トンネル覆工の収縮ひび割れに関する研究、トンネル工学論文集、第15巻、pp1-11、2005.12