

トンネル覆工のひび割れの進展に関する一考察

(独)土木研究所 道路技術研究グループ(トンネル) 正会員 真下英人¹⁾、角湯克典¹⁾、○正会員 森本智¹⁾

1. はじめに

変状が発生している道路トンネルの合理的で経済的な維持管理を行うためには、変状の発生原因を適切に推定するとともに、変状が今後どのように進行するかの予測を行い、適切な補修・補強工を実施する必要がある。本報文は、トンネル覆工のひび割れが経年的にどのように進展するのかを予測するモデルの確立に向けての検討について、その結果を報告するものである。

2. 予測モデルの作成

トンネルに発生する主な変状には、ひび割れ、うき・はく離・はく落、漏水等がある。これらの変状は様々な原因で発生するが、本研究では頻繁に発生する、変状として重大性が高いという視点から、外力に起因するものと、温度応力または乾燥収縮によるものを対象にしてモデルの作成を試みた。

ひび割れ進展のモデル化の対象とする定量的パラメータとしては、ひび割れ長、ひび割れ幅が考えられるが、ひび割れ幅はトンネル内の温度変化により周期的に変動しており、変動幅が大きいことから不適切であると考え、ひび割れ長を覆工コンクリートの打設単位であるスパンの表面積で除した「ひび割れ密度」を用いることとした。

3. ひび割れ密度と経過年の関係

本研究では少なくとも過去2回以上にわたってトンネルの点検を行い、ひび割れ密度を調査した33本のトンネルを対象に、その進展について検討を行った。

図1に、33本のトンネルのひび割れ密度と供用後の経過年の関係を示す。なお、矢板工法で建設されたトンネルについては建設直後からの状態は不明なため、ひび割れ密度のデータは建設から数十年経過後からのものとなっている。全体的にひび割れ密度が増加していない、または微増のトンネルが多いが、幾つかのトンネルについてはひび割れ密度が増加しているものがある。

以下に、33本のトンネルについて推定されたひび割れ発生原因に着目して検討を行った結果を示す。なお、ひび割れの発生原因はひび割れなどの変状の形態と既存資料から得られたトンネルのおかれている条件に関する情報等から推定した。

3. 1 温度応力、乾燥収縮に起因すると考えられるひび割れ密度と経過年の関係

図2に、「温度応力又は乾燥収縮」に起因するひび割れと推定された NATM トンネルのひび割れ密度と供用後の経過年の関係を示す。データが得られた9トンネルすべてにおいて、完成後5～10年程度でひび割れ密度が一定値又は微増に留まる傾向が見られた。

図3に、温度応力又は乾燥収縮に起因するひび割れと推定トンネル、ひび割れ、温度応力、乾燥収縮、外力

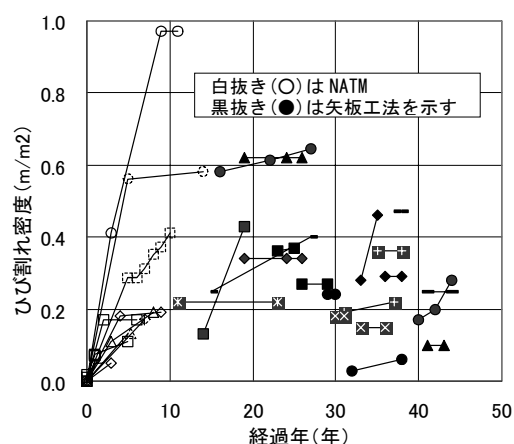


図1 33本のトンネルのひび割れ密度と経年変化

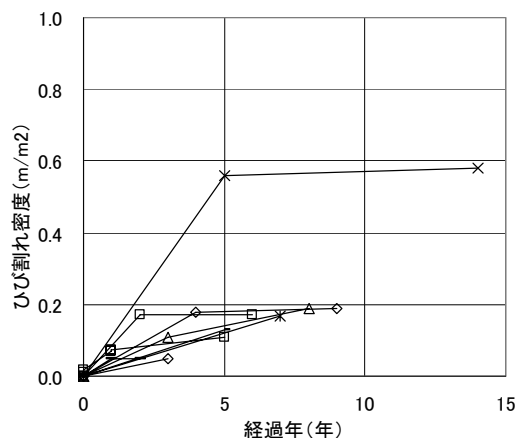


図2 温度応力・乾燥収縮に起因すると考えられるひび割れ密度と経年変化 (NATM)

された矢板工法の18トンネルのひび割れ密度と供用後の経過年との関係を示す。大半のトンネルではひび割れの増大は認められないが、一部のトンネルでは経過年数が20年以上であるにもかかわらずひび割れ密度の増加が見られるものもある。これらのトンネルについてはひび割れ発生原因を温度応力又は乾燥収縮と推定したものの、ひび割れ発生原因の推定に必要な資料が十分得られていないものもあり、別の原因で発生している可能性もあると考えられる。

3.2 外力に起因すると考えられるひび割れ密度と経過年の関係

図4に、ひび割れ発生原因が温度応力又は乾燥収縮以外の外力に起因すると推定されたトンネルのひび割れ密度と供用後の経過年の関係を示す。Cトンネル以外の3トンネルでは、経過年数が10年以上であるにもかかわらずひび割れ密度が増加している。また、地すべりが原因でひび割れが発生しているBトンネルについては、10年間近い長期間にわたってひび割れ増加が続いている。

一方、同じ地すべりが原因のA、Cトンネルではそれぞれ経過年10、20年程度以降でひび割れ密度の増加が見られないなど異なる傾向が見られることから、外力に起因するひび割れも、一定期間増加した後は安定する場合があることを示していると考えられる。

図5に、ひび割れ発生原因が地すべりによるものと推定された3トンネルのひび割れ密度と経過年の関係についてひび割れ密度の増加状況に対して、最小自乗法による近似曲線を求めた結果を示す。3トンネルのひび割れ密度の増加は以下の式でモデル化出来ると考えられる。

$$f = A \cdot y^B$$

ここに、 f ：トンネル内のスパン中で最もひび割れが多いスパンのひび割れ密度 (m/m^2)、 y ：経過年 (年)、 A および B はトンネル毎に定まる定数であり、概ね $0.1 < A < 0.4$ 、 $0.2 < B < 0.8$ の範囲にある。

4. まとめ

トンネルに発生するひび割れのうち、大きな割合を占める温度応力又は乾燥収縮によるひび割れについては、当初5年程度進行した後にほとんど進行しなくなるものが大半を占める。また、外力(地すべり)に起因するひび割れ密度は経過年数の増加に応じて増加し、またその傾向は指数曲線によりモデル化することが出来る場合がある。

これらのことから、将来の維持管理計画を考える上で、ひび割れの発生原因の特定が非常に重要となる。また、何十年経過しても問題が発生していないトンネルは、今後も問題が発生しない可能性が高いと考えられることから、点検方法の合理的が図られる可能性が示唆される。

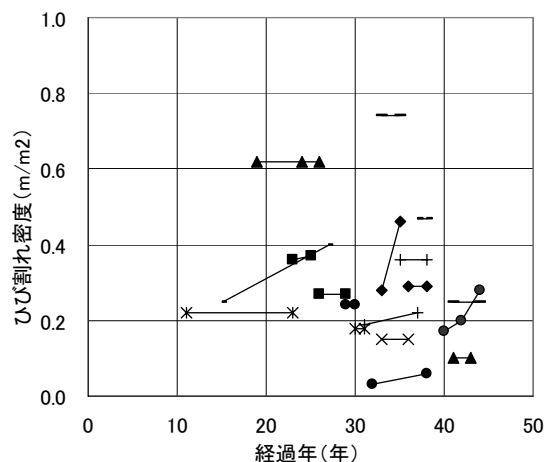


図3 温度応力又は乾燥収縮に起因すると考えられるひび割れの経年変化(矢板工法)

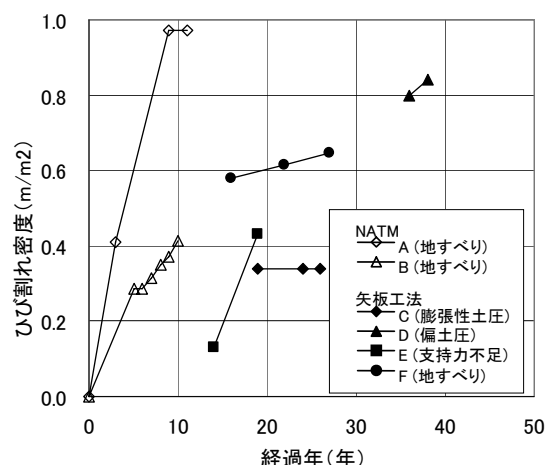


図4 外力に起因すると考えられるひび割れ密度の経年変化

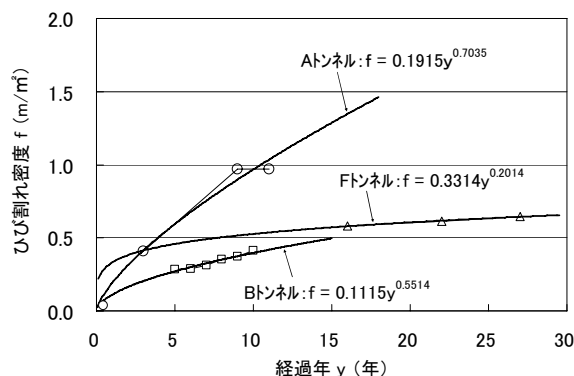


図5 トンネルひび割れ密度増加のモデル化