

トンネルの調査及びはく落対策工設計事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○上 田 竜 也

論文要旨

対象トンネルは、建設から30年以上経過しており、トンネル毎の健全度判定でⅢ判定とされたことから補修対策が必要とされた。とりわけ広範囲の打音異常部やブロック閉合の存在が特徴的であり、第三者被害の可能性が懸念される。これらの変状は発生メカニズム等の考察を行い適切な対策を行う必要がある。本稿では調査及びはく落対策工の事例を報告する。

キーワード：トンネル、維持管理、打音異常、覆工背面調査、はく落対策工

まえがき

高度経済成長期以降、集中的に建設されたインフラ施設は長い年月を経て老朽化が進行している。

2012年12月の笹子トンネル天井版落下事故を境に、2014年に国土交通省令により道路の維持・修繕に関する基準が制定された。これにより全国の道路トンネル約1.1万本において、5年に1度の頻度で近接目視点検を実施し、健全性の診断をする必要がある。この健全性の診断に基づき、道路の効率的な維持・修繕を図るため、適切な対策を行う必要がある。本稿では、早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に措置を講じる状態とされる判定区分Ⅲ判定¹⁾の広範囲の打音異常部に対して行った背面覆工調査とはく落対策工について報告する。

1. 対象トンネルの概要

対象トンネルは、建設後30年以上が経過したNATMにより施工されたトンネルで、延長は約650mである。トンネルの特徴を以下に示す。

a) コンクリート試験

過去の業務において、トンネルの起点部、中間部、終点部の3ヵ所で覆工のコア抜きを実施し、コンクリート中性化試験およびコンクリート圧縮強度試験が実施されている。圧縮強度試験結果としては、コンクリート設計基準強度を上回る強度を有しているため、コンクリート強度として問題となる材質劣化は確認されなかった。また、中性化試験においても、中性化深さが最大で30mm程度と覆工の鉄筋部分にまで達しておらず、中性化残りも30mm以上残していることから問題ないとされた。

b) 近接目視調査・打音調査

定期点検において、トンネル天端付近に広範囲のうきが数ヵ所で確認され、覆工背面に空洞がある可能性が高いとされている。

上記のような、広範囲のうきが確認された箇所に対して、トンネル覆工厚とコンクリートの性状を把握することを目的に背面覆工調査を実施した。

2. 覆工背面調査

覆工背面調査では、過年度点検で打音異常が確認された中で特に危険と考えられる箇所、例えば打音異常の大きい箇所をドリルハンマーで削孔し、濁音の原因となる覆工の状況を確認した。また、本トンネルはNATMにより施工されているため覆工と地山の間に防水シートが存在する。そのため、防水シートに損傷を与えないように削孔深度は最大25cmとした。以下に作業手順を示す。

a) 削孔位置の選定

削孔前に鉄筋探査を実施し、鉄筋を避けた位置を削孔位置とした。

b) 覆工厚の確認

選定した削孔位置でドリルハンマーを用いて削孔を行い、覆工厚の確認を行った(写真1)。その際、削孔状況として覆工を貫通した場合はその削孔深さをその箇所の覆工深さとし、貫通しない場合は覆工深さを250mm以上として記録した。



写真-1 覆工厚確認状況

c)コンクリートの性状の確認

削孔後にコンクリートの性状の確認をするためにファイバースコープを挿入して削孔内の観察をした。また、調査後も削孔内が観察できるように写真撮影も行った。

d)復旧作業

削孔内の観察後、復旧作業としてロードキャップを設置した。

3. 覆工背面調査結果

(1) 覆工厚の確認

表1に示す通り、調査の結果、覆工の巻厚不足が確認された。また、防水層との境界部に10mm程度の充填不足(空洞)がみられた。

表-1 覆工厚一覧

調査No.	覆工厚 (mm)
No.1	180
No.2	120
No.3	140
No.4	170
No.5	250
No.6	180
No.7	170

(2) コンクリートの性状の確認

削孔内を確認すると、削孔面のコンクリートが多孔質となっており、覆工中に充填不良による充填不足(空洞)がみられる箇所が確認された(図1)。

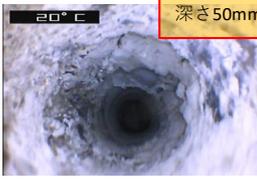
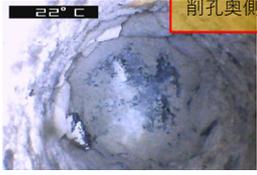
調査結果		削孔写真
調査位置	S039	
調査番号	No.6	
削孔深さ	180mm	
削孔状況	貫通(防水層あり)	
備考		
覆工厚180mm 表面より深さ50mmの位置、防水層との境界部に10mm程度の充填不良(空洞)が見られる。		

図-1 No.6の調査結果

4. はく落対策工

(1) 対策方針

対策対象の打音異常部の変状面積は、最大で23.5m²、それ以外は10m²以下となっており、覆工背面調査の結果、打音異常箇所の覆工巻厚は基準値を下回り(表2)、防水層との境界部に10mm程度の充填不足(空洞)がみられたことから、本トンネルの打音異常は施工不良によって生じた空洞部に起因する変状と考えられる。また、打音異常部に沿うひび割れは発生しておらず、打音異常部全体の覆工コンクリートのうきとは判断できない。さらに、過去のコンクリート圧縮強度においては、コンクリートの設計基準強度は基準値以上であった。これらを勘案すると、当該箇所は覆工背面の防水シートとの間の部分的な隙間による打音異常であり、ひび割れを伴っていないため打音異常部が一体化してはく落する可能性は極めて低いと考えられる。よって、打音異常部の範囲内での部分的なはく落に対してはく落対策工を講じる方針とした。

表-2 トンネルの覆工状況

項目	設計基準	対象トンネル
覆工巻厚	30cm	基準値以下
設計基準強度	18N/mm ²	基準値以上

(2) はく落対策工の選定

前述のとおり、打音異常部で明確なうきの変状規模は判断できず、はく落に対する予防措置のため、コンクリートのはつり落としは行わないこととし、当て板工を適用することとした。なお、覆工厚は設計巻厚より薄く、打音異常部の掘削面のコンクリートは多孔質になっていることから、健全なコンクリート厚が明確でない。よって、広範囲のうきに対しては、アンカー設置(埋込深さ5cm)によるはく落対策工であるネット系当て板工(例えば、FRPメッシュ工)は、適切でないと判断した。

以上より、本トンネルの広範囲の打音異常部に対しては繊維シート系当て板工を用いることとした。なお、シート工設置後も変状部の目視確認ができ、維持管理に適している可視樹脂繊維シート工を選定した。

5. まとめ

本稿では、広範囲の打音異常部が確認されたトンネルにおいて覆工背面調査を行い、その調査結果に基づき適切なはく落対策工の検討を行った事例を報告した。

調査結果および選定したはく落対策工について以下に記述する。

- ・過去の業務においてコンクリート中性化試験および圧縮強度試験が実施されており、中性化の進行は問題なく、設計基準強度でも基準値以上であった。
- ・覆工背面調査の結果、覆工の巻厚不足が確認され、防水層との境界部に10mm程度の充填不足(空洞)が確認された。また、掘削面のコンクリートは多孔質になっていた。
- ・以上より、健全なコンクリート厚が明確でないため、アンカー固定による対策は適当でないと考えた。よって、打音異常部に発生する可能性のある部分的なうき・はく離に対しての予防的措置として可視樹脂繊維シート工を選定した。

あ と が き

最後に、本業務の遂行や本稿の執筆にあたりご指導、ご協力いただきました関係者の皆様に感謝の意を示します。

参 考 文 献 (または 引 用 文 献)

- 1) 山口県トンネル定期点検要領: 山口県土木建築部道路整備課, R2.3., 21 p.