

現地レポート：土工・舗装・トンネルにおける維持管理の取組み

# 北九州市におけるトンネル長寿命化の取組み

平田大三・井上和広

## 1. はじめに

2013年4月現在、北九州市の道路ネットワークは4,200kmを超え、地域経済の活性化や生活環境の向上など、市民生活に欠かせない最も基礎的な社会資本となっています。

一方、道路施設の老朽化が全国的な課題となるなか、東日本大震災が一昨年3月に発生し、昨年12月には中央自動車道の笹子トンネルでの天井板落下事故など道路施設の適切な維持管理、安全強化への取組みは益々重要となって参りました。

なかでも橋梁やトンネルは、道路を構成する重要な施設であり、特に適切な維持管理が求められています。

そこで、本市では2010年3月に道路橋を対象とした「北九州市橋梁長寿命化修繕計画」を策定し、トンネルにつきましても2013年2月に「北九州市トンネル長寿命化修繕計画」を識者の御指導のもとに策定いたしました。

本稿では、北九州市におけるトンネル長寿命化修繕計画の概要と維持管理の取組みを紹介するものです。

## 2. トンネル長寿命化修繕計画について

### 2.1 計画策定の背景

#### 2.1.1 北九州市のトンネル概要

トンネル長寿命化修繕計画策定時に北九州市が管理する道路トンネルは42本です。特徴的なのは、これらの約60%が1990年代から2000年代に建設され、建設時期が集中していることです。

また、現在、建設から50年を経過したトンネルは全体の9%に過ぎませんが、30年後には35%のトンネルが該当することになります。

トンネルの構造別では、山岳トンネルが22本、開削トンネルが18本、山岳・開削混合トンネルが2本となっています。

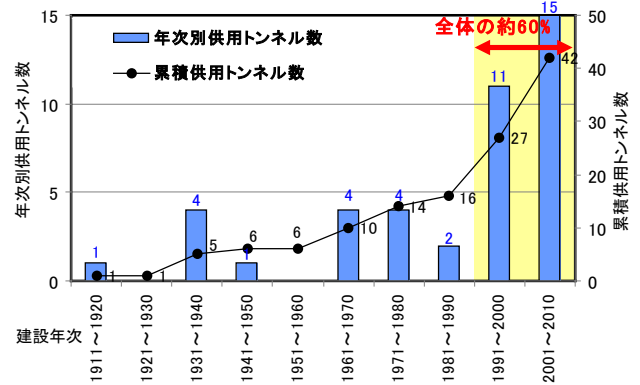


図-1 トンネル建設の推移

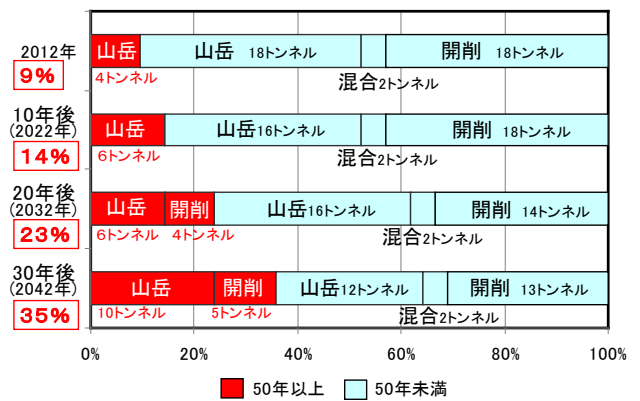


図-2 建設後50年経過したトンネルの割合

### 2.1.2 維持管理方法の転換の必要性

これまででは、傷みがひどくなったら補修する対処療法型の維持管理を行ってきましたが、複数のトンネルを同時期に補修することになると、通行止め等の交通規制による道路ネットワーク機能の低下や財源の確保が課題になることが予測されます。

これらの課題に対応するため、新たな維持管理手法として「予防保全」の考え方を取り入れ、総合的な維持管理コストの縮減と予算の平準化及び社会的損失の回避・抑制を図る計画を策定する必要性が生じました。

### 2.2 トンネル長寿命化修繕計画の目的

トンネル長寿命化修繕計画（以下、長寿命化修繕計画）は、①長期展望に立った維持修繕計画の策定、②対処療法型から予防保全型の維持管理へ

の転換、③将来に亘る維持管理の仕組みづくりの3つを主な目的としています。

長期展望に立った維持修繕計画の策定は、応急的で部分的な対策ではなく、長期的に現在の要求性能を維持することが可能な計画を策定し、これに基づく確実な維持管理の実施を目標としています。

また、対処療法型から予防保全型の維持管理への転換は、傷みがひどくなる前に補修を行う予防保全型の維持管理への転換を図り、大規模補修・全面改修工事の一時的な集中を回避すること、トンネルの総合的な維持管理コストの縮減および交通規制等による社会的損失の回避や抑制を目標としています。

さらに、トンネル点検、データベースの信頼性の向上及び長寿命化修繕計画の継続的な見直しを行うことによって、恒久的な維持管理の仕組みの構築を目標としています。

**2.3 トンネルの変状調査**

長寿命化修繕計画を策定するにあたって、まず管理する全トンネル（42本）の変状及びその要因を推定することに着手しました。

**2.3.1 画像観測調査**

トンネルの変状は、遠望目視や近接目視によって確認することが一般的ですが、効率よくトンネルの変状を把握することを目的として、走行型計測車両による画像観測調査を実施しました。

この調査でトンネル覆工の連続写真やひびわれ等の変状をプロットした展開図（CAD）を得ることができ、近接目視・打音による点検計画や長寿命化計画策定に有益な基礎資料を得ることができました。

**2.3.2 トンネル点検**

画像観測調査では、覆工コンクリートの浮きや覆工背面空洞の有無が把握できないため、近接目視・打音・触診によるトンネル点検を実施しました。トンネル点検前に、画像観測調査で得られた情報を基に、特に注意して点検すべき箇所を選定できたことは大変意義のあるものでした。

**2.3.3 詳細調査**

画像観測調査及び近接目視・打音・触診によって確認された変状の要因推定を主な目的として、覆工コンクリートのコア採取、圧縮強度試験、電磁波レーダー探査及びひびわれ変動測定などの詳

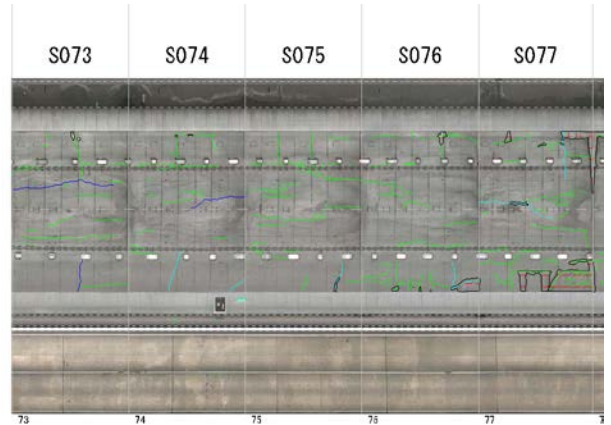


写真-1 画像観測調査結果



(左写真)たたき落としたコンクリート片

写真-2 トンネル点検状況（近接目視・打音）

表-1 健全度ランクと対策分類

健全度 ランク	I	II	III	IV	V
状況	健全	ほぼ 健全	やや 健全	注意	要補修
対策 分類	監視		予防保全 工事	リニューアル 工事	

細調査を実施しました。

**2.4 健全度ランク**

トンネル長寿命化修繕計画では、点検から得られた変状の状況と詳細調査から推定された変状要因によって判定される「健全度ランク」を表-1のように設定しました。

健全度ランクは、健全な状態であるIから、補修が必要なVまでの5段階とし、トンネルのスパン毎に判定します。各スパンの健全度ランクのうち、最も低い健全度ランクを当該トンネルの健全度ランク（代表値）とし、対策分類の判定に用いています。

**2.5 対策分類と優先順位**

トンネルの対策は、健全度ランクに応じて表-1

に示すとおり「監視」、「予防保全工事」、「リニューアル工事」の3つに分類しました。

健全度ランクⅠ・Ⅱのトンネルは監視、健全度ランクⅢは予防保全工事の対象としています。健全度ランクⅣ・Ⅴの場合は、リニューアル工事の対象トンネルとして、長寿命化修繕計画では概ね5年以内に工事を完了することにしています。なお、リニューアル工事が完了するまでは、2年に1回の定期点検を行う計画です。

同一グループ内に分類されたトンネルの対策優先順位は、図-3に示すとおり、緊急輸送道路指定の有無及び代替え車線確保の可否を指標とした「社会的重要度」、外力、中性化、塩害及びアルカリ骨材反応等の推定される変状要因を指標とした「管理者判断」によって行いました。迂回路の有無を評価の指標として取り入れることも検討しましたが、本市の長寿命化修繕計画では、上下線が分離した構造で片側2車線以上のトンネルの場合には、片側1車線の対面交通とすることで車両等の通行が確保できると考え、代替え車線確保の可否を指標として採用しました。

2.6 期待される効果

長寿命化修繕計画の策定によって、①道路交通安全性の確保、②大きな社会的損失発生回避・抑制、③維持管理トータルコストの縮減と予算の平準化の3つを効果として期待しています。

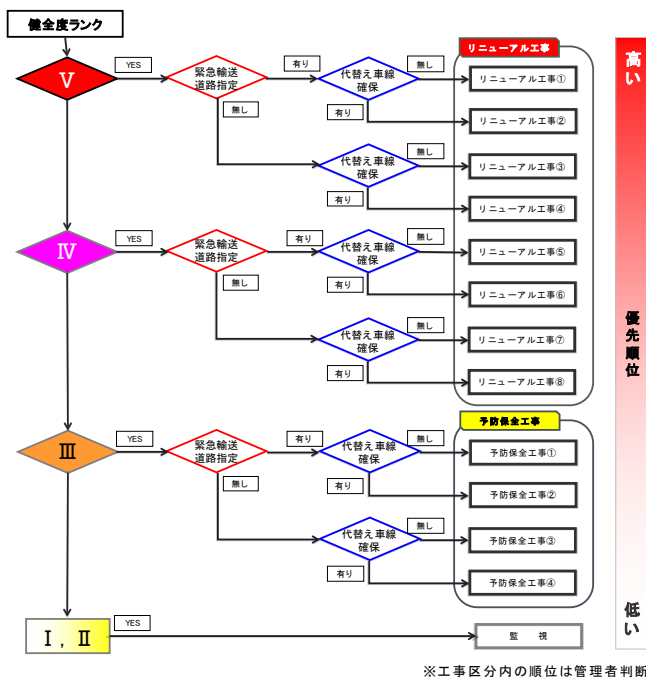


図-3 優先順位のフロー

道路交通安全の安全性・信頼性は、長寿命化修繕計画に基づく定期的な点検の実施、健全度ランクの判定および優先順位の更新によって、傷みがひどくなる前に補修を行い（予防保全）、トンネルが健全な状態で維持されることで確保されると考えています。

大きな社会的損失の発生は、長寿命化修繕計画に基づく予防保全を繰り返し、トンネルを健全な状態に保ち続け、長期の交通規制を伴う補修工事などをコントロールすることで回避・抑制できると考えています。

2.6.1 開削トンネルの維持管理コストの試算

予防保全型維持管理の導入効果を予測するために、開削トンネルに対して対処療法型と予防保全型の維持管理コストの試算を行いました。対象とした開削トンネルは20本です（開削18本、混合2本）。

対処療法型の試算条件は、建設から75年後にトンネルの健全度ランクがⅤになり、断面修復工（鉄筋防錆含む）、ひびわれ注入工、炭素繊維補強工及び表面保護工をトンネル延長の50%に対して実施するものとししました。なお、開削トンネルの寿命は、財務省令「減価償却資産の耐用年数に関する省令」に基づき75年と設定しました。

予防保全型の試算条件は、材料の劣化が主に中性化と塩害によって生じると仮定し、ひびわれ注入工、断面修復工及び表面保護工の補修を15年サイクルで実施するものとししました。

試算期間を今後100年とした場合の結果を図-4に示します。今後100年間の維持管理コストは、対処療法型の場合で約180億円、予防保全型の場合で約90億円となり、予防保全型の導入による維持管理コストの縮減効果は約90億円と試算されました。また、対処療法型の維持管理では2050年代に約60億円、2070年代に約120億円と多大な予算が集中することに対して、予防保全型

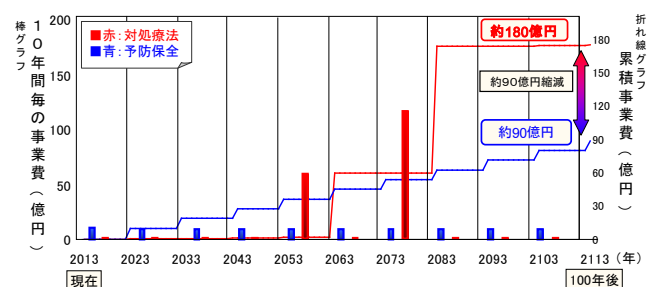


図-4 開削トンネルの維持管理費試算

の維持管理を導入すれば10年間で約10億円の予算配分になることがわかりました。

### 3. 事業の進捗と今後の取組みについて

#### 3.1 トンネル点検について

トンネル点検は、通常点検、定期点検、臨時点検及び付属設備点検の4種類としています。このうち定期点検は、トンネルの健全度ランクに応じて点検頻度を表-2のとおり設定しました。

長寿命化修繕計画の基礎資料とした定期点検は2012年に実施しており、健全度ランクがⅢ以上で2年に1回の定期点検が必要と判定されたトンネルは15本でした。これら15本のトンネル定期点検及び健全度ランクの判定は、計画どおり今年度中に完了する見込みです。

#### 3.2 対策工事について

健全度ランクがⅣ以上と判定され、リニューアル工事の対象とされたトンネルは、開削トンネル5本、山岳トンネル3本の合計8本でした。これらのトンネルについては、補修設計に着手しており、開削トンネル1本については補修工事に着手しています。

#### 3.3 トンネルデータベースについて

管理する全トンネルについて、トンネル台帳、点検結果及び補修補強工事の記録を一元管理するためのトンネルデータベースを構築しました。計画的な維持管理に着手したばかりですが、過年度における補修補強工事の記録、特に変状と対策工の関係を記録・保存しておくことは、維持管理を行っていくうえで重要であることが分りました。

#### 3.4 職員の技術力向上の取組み

今後、本格的なトンネルの補修工事に着手する計画ですが、本市の技術職員のうち何らかのトンネル工事に携わった経験のある土木職員は20名程度でした。このうち補修工事を行う部署に配属されている土木職員は数名で、トンネル工事に關する土木職員の技術力の底上げが課題となっています。

表-2 健全度ランクと定期点検の頻度

健全度ランク	点検頻度
Ⅳ又はⅤ	対策が講じられるまでは2年に1回程度
Ⅲ	対策が講じられるまでは2年に1回程度とするが、変状に進行性がないと判断される場合は5年に1回程度
Ⅰ又はⅡ	5年に1回程度

この課題に対処するために、トンネル工事に携わった経験がある土木職員で構成するワーキンググループを設置し、トンネル点検勉強会や点検実習などを開催することによって技術力の底上げを図る計画です。

### 4. まとめ

本稿では、北九州市におけるトンネル長寿命化修繕計画の概要と維持管理の取組みを紹介いたしました。この長寿命化修繕計画の策定に際して実施した詳細調査と識者の意見聴取から、管理するトンネルの変状状況が把握でき、変状の要因を推定し、健全度ランクに基づく計画的な維持管理に着手できたことは大変有意義なものでした。今後は、恒久的な維持管理の仕組みを確実に構築するためのグレードアップが肝要だと考えています。

北九州市トンネル長寿命化修繕計画は策定したものの、まだまだ補足や修正すべき点もあります。北九州市は42本のトンネルしか管理していませんが、他のトンネル施設管理者の点検手法や修繕計画等を参考に、トンネルの安全性が確実に確保できるよう鋭意取り組んでいきたいと考えております。

### 謝 辞

北九州市トンネル長寿命化修繕計画の策定にあたっては、(独) 土木研究所 真下英人道路技術研究グループ長、NPO法人臨床トンネル工学研究所 中川浩二理事長、国土交通省九州地方整備局道路部の皆様方から御指導を頂きました。ここに紙面を借りて御礼を申し上げます。

平田大三



北九州市建設局道路部  
道路維持課道路維持係  
主任  
Daizou HIRATA

井上和広



北九州市建設局道路部  
道路維持課道路維持係  
長  
Kazuhiro INOUE