

道路トンネルにおけるコンクリート片のはく落現象の経済的分析

金沢工業大学大学院 学生員 ○山本 一也*1
 佐藤工業 (株) 正会員 宇野 洋志城*2
 金沢工業大学 正会員 木村 定雄*1

1. はじめに

トンネルの供用年数の増加ともなっていて、覆工コンクリートの一部がはく落する現象が増加する傾向がある¹⁾。道路や鉄道など、常に一般人が利用するトンネルにおいては、利用者の安全性を確保する観点から、はく落現象の防止はとくに重要であり²⁾、メンテナンスフリーを目指す保全予防技術の開発が求められている。そこで、筆者らは、道路トンネルを対象として、無筋覆工コンクリートに繊維シートをあらかじめ埋設することで、はく落現象を防止する技術を開発した³⁾。ここで、保全予防技術は長期にわたるはく落災害による損失および維持管理費を低減できる可能性があると考えられる。しかしながら、これらをライフサイクルの中で具体的に経済効果を評価する手法は確立されていないのが実情である。

本報告では道路トンネルを対象として、はく落防止技術の保全予防としての経済的な有効性を検討している。すなわち、供用中のトンネル覆工のはく落現象の実績から、その経済的損失を評価する手法を構築し、初期投資となる保全予防技術の経済効果を分析する。

2. はく落事象の検討

1987年と1993年に竣工した道路トンネル⁴⁾を対象として、コンクリート片がはく落した事例を用いて経済性を分析する。両トンネルはNATMによって施工されている。断面積は約80m²、延長は約1000mの道路トンネルである。両トンネルは供用開始から10年~20年の間で、図1⁴⁾に示すコンクリート片のはく落が生じている。なお、コンクリート片のはく落が、どのような箇所が生じたか不明であるが、他の文献⁵⁾によると、コンクリートの継目部の浮きやはく離は、覆工コンクリートの他の部位に比べて多く約2倍であると報告されている。これを勘案して、図1のはく落現象はすべてつま部で発生したものと仮定する。

両トンネルの周辺と路線との関係を図2⁶⁾に示す。図中にはトンネルの位置およびインターチェンジを示してある。図中の青線は高速自動車道を、赤線は迂回路を各々表している。高速自動車道の路線と迂回路の交通条件を表1に示す。Aトンネルは区間にジャンクションを介しているため、2パターンの迂回路を考慮する。

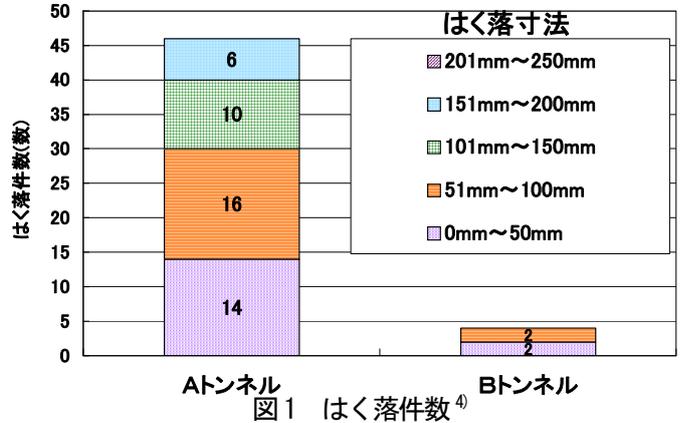


表1 高速自動車道の路線と迂回路路線の交通条件

路線環境	単位	Aトンネル		Bトンネル
		地域高規格道路	地域高規格道路	地域高規格道路
路線区間	IC~IC	Iインターチェンジ	Iインターチェンジ	IVインターチェンジ
		ジャンクション	ジャンクション	~
		IIインターチェンジ	IIIインターチェンジ	Vインターチェンジ
IC区間距離	km	14.2	15.7	14.9
指定最高速度	km/時	80	80	80
指定最高速度時	分	11	12	11
交通環境		一般道路(平地)	一般道路(平地)	一般道路(山地)
迂回路距離	km	24.2	23.1	16.6
指定最高速度	km/時	54	50	43
指定最高速度時	分	27	28	23



図2 トンネルの周辺と路線

め、2パターンの迂回路を考慮する。

キーワード：はく落, 保全予防, リスクマネジメント, 繊維シート

連絡先 *1: 〒924-0838 石川県白山市八束3-1(地域防災環境科学研究所) TEL: 076-274-7009 FAX: 076-274-7102

*2: 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 TEL: 046-270-3091 FAX: 046-270-3093

3. 経済的分析手法の考え方

(1) はく落防止技術の経済性(保全予防技術の経済性)

トンネルの設計・施工時において、はく落防止技術を導入した場合、必然的に初期投資はそれを導入していないものと比べて増大する。1トンネルあたりのはく落防止技術の初期投資額 C_{ep} は式(1)によって与える。なお、ここでは打継目を境に、その両側に位置する既設と新設の覆工コンクリートの幅50cmに繊維シートを埋設するのを基本とする。また、設置位置はSLよりも上側とする。

$$C_{ep} = \sum_{i=1}^N A \cdot C_f \quad (1)$$

ここで、

N : 二次覆工継目数(箇所数)

A : 繊維シート埋設面積(m^2)

C_f : 繊維シート埋設施工単価 (円/ m^2)

(2) トンネル供用中のはく落による経済損失

はく落に伴う経済損失は直接損失および間接損失に大別される。1トンネルあたりのはく落による損失 D は式(2)によって与える。

$$D = \sum_{i=1}^4 D_i \quad (2)$$

ここで

直接損失 D_1 : 人身損失 (円)

D_2 : 復旧施工費 (円)

間接損失 D_3 : 迂回損失 (円)

D_4 : 救急医療損失 (円)

(a) 人身損失 D_1

人身損失 D_1 は、はく落したコンクリート片が人災となる直接損失である。はく落片が人身に衝突する確率はきわめて小さい。このことから、ここでは人身損失 D_1 をゼロと仮定する。

(b) 復旧施工費 D_2

復旧施工費 D_2 は、はく落箇所の復旧のための直接損失である。復旧施工単価は繊維シートを用いた復旧工法の平均復旧施工単価の実例⁷⁾から求める。なお、復旧施工費ははく落片1箇所あたり、約1 m^2 の繊維シートを使用するものと仮定する。

(c) 迂回損失 D_3

迂回損失 D_3 は、復旧施工期間の交通規制により、道路利用者が迂回することで発生する移動コスト⁸⁾による間接損失である。なお、復旧日数は前述した復旧工法の平均復旧日数の実例⁷⁾から求める。

(d) 救急医療損失 D_4

救急医療損失 D_4 は、復旧施工期間の交通規制により高速自動車道を利用できず、当該道路の周辺で発生する緊急車両が通行できず、医療を受けるまでの時間が付加すること

で生じる間接損失である。対象としたトンネルでは、インターチェンジ付近に、個々に救急病院が存在することから、ここでは応急医療損失 D_4 をゼロと仮定する。

4. 経済効果の分析結果およびその考察

はく落防止技術を適用した初期投資額およびはく落が発生した後の経済損失をまとめて表2に示す。両トンネルともに初期投資額に比べて、はく落による損失が大きくなるのがわかる。ここで、迂回損失は相当に大きい。両トンネルのはく落による損失は供用開始後10~20年で生じたはく落実績から求めている。よって20年以降に、はく落現象が生じた場合には復旧施工費はさらに大きくなると限定される。このことから、トンネルの供用年数を50年以上の長期として考えると、はく落防止技術はライフサイクルの中で直接損失のみからも経済的に有効であると考えられる。また、Aトンネルでは、交通経路が複雑であり、通行規制する路線区間が長くなること、Bトンネルでは、交通量が多いことから、道路トンネルの路線区間や交通状況によって迂回損失が変化する。したがって、路線区間が複雑で交通量が多い路線においては、はく落防止技術はより経済的効果が高くなる。

本報告ではトンネル覆工のはく落現象の経済性を分析した。その結果、建設当初において、はく落防止技術を保全予防として導入することで、はく落による経済損失を低減できることが確認された。

表2 はく落防止コストとはく落による損失

初期投資額	コスト	Aトンネル	Bトンネル
	はく落防止工法(千円)	4,611	4,611
はく落による損失	復旧施工費(千円)	1,691	147
	迂回損失(千円)	69,287	90,677
	損失の総計(千円)	70,978	90,824

5. 参考文献

- 1) 土木学会：トンネルライブラリー12号、山岳トンネル覆工の現状と対策、pp.30-46,2001.9.
- 2) 土木学会平成19年度全国大会研究討論会・研-14資料：地下空間のライフサイクルデザイン/マネジメント時代に求められる良質な地下構造物のつくり方のトレンド、pp.8-9,2007.9.
- 3) 例えば、山本一也、木村定雄、宇野洋志城：繊維シートを適用したトンネル覆工コンクリートのつま部のはく落現象の防止、トンネル工学報告集、No.18,pp.31-36,2008.11.
- 4) 伊藤哲男、馬場弘二、城間博通、吉武勇、中川浩二：トンネル覆工コンクリートのひび割れ形態調査による剥落危険評価、土木学会論文集、No.763,VI-63,pp.87-93,2004.6.
- 5) 山田隆昭、佐野信夫、馬場弘二、吉武勇、中川浩二、西村和夫：トンネル覆工コンクリートの定量的な健全度評価、土木学会論文集F、Vol.63, No-1, pp.86-96,2007.3.
- 6) yahoo!Japan
- 7) NETIS新技術情報システム
- 8) 日本総研研究所：道路投資の評価に関する指針(案)、pp.45-50,2008.4.