

道路トンネルにおけるコンクリート片のはく落現象のリスク評価手法

佐藤工業 正会員 ○宇野洋志城^{*1}

金沢工業大学大学院(現,ハザマ) 学生員 山本 一也^{*2}

金沢工業大学 正会員 木村 定雄^{*2}

1. はじめに

供用中のトンネルにおいて、覆工コンクリートの一部がはく落する現象に関する報告は増加の傾向にある¹⁾。近年のコンクリート構造物全般において目立ち始めた材料の劣化は維持管理の重要性が問われる契機となり、現在ではコンクリート構造物を適切に維持管理するためのアセットマネジメント手法に関する研究が盛んに行われている²⁾。

一方、アセットマネジメントはライフサイクルコストの最小化を目的としている場合が多いが、コンクリート片のはく落現象のようなリスクマネジメントの概念は含まれていない。それは、はく落現象のようなリスクをコストに換算する手法がないことも一因となっている。

そこで、筆者らは道路トンネルにおけるコンクリート片のはく落現象を対象にリスクを定量化して分析する手法を構築し³⁾、はく落リスクとアセットマネジメントとを融合させた新しいマネジメント手法を確立することを目的として、はく落現象のリスク評価手法を検討した。

本報告は、道路トンネルにおけるコンクリート片のはく落現象をコストに換算したリスク評価手法について述べるものである。

2. リスク評価手法の概要

2. 1 はく落現象による損失

本研究で使用するはく落損失の算出手法³⁾を式-1に示す。

$$D = \sum_{i=1}^5 D_i = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5$$

式-1

ここで、D：はく落損失(円)、

D₁：人身損失(円)、D₂：復旧施工費(円)、D₃：点検費(円) → D₁+D₂+D₃：直接損失

D₄：迂回損失(円)、D₅：救急医療損失(円) → D₄+D₅：間接損失

2. 2 はく落現象のリスク評価

コンクリート片のはく落リスクの経時変化は、図-1に示すパターンが考えられる。初期のはく落リスクが小さく供用年数と共に急増するパターン、逆に初期のはく落リスクが大きく供用年数を経て増分が減少するパターン、および年数の経過とともに一定の割合で増加するパターンであり、はく落リスクの期待値Rは式-2で与えられる。

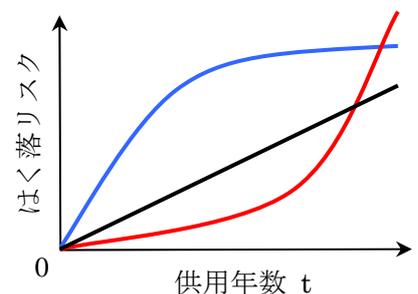


図-1 はく落リスクの例

$$R = P_n \times Dt$$

式-2

ここで、R：はく落リスクの期待値(円/年)

P_n：年平均はく落発生確率

D_t：年平均はく落損失(円/年)

キーワード はく落, トンネル, 覆工コンクリート, はく落損失, アセットマネジメント, リスク評価

連絡先 *1 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL : 046-270-3091 FAX : 046-270-3093

*2 〒923-0838 石川県白山市八束穂3-1 (地域防災環境科学研究所) TEL : 076-274-7009 FAX : 076-274-7102

3. ケーススタディー

過去にはく落状況に関する調査⁴⁾が実施された2つの道路トンネルを対象に、リスク評価を行った結果を表-1に示す。両トンネルはNATMで施工され、断面積が約80m²、延長が約1000mであり、構造条件がほとんど同じものである。一方、供用開始から調査実施までの期間におけるはく落件数は両者で異なり、Aトンネルは17年間で46件、Bトンネルは11年間で4件である。調査回数は1回のみである。そこで、リスクの評価にあたっては供用期間中にはく落が一定の割合で発生するものと仮定した。

人身損失は、コンクリート片と走行中の自動車が衝突する確率である。これは極めて小さく、その確率は0%とした。

復旧施工の時間帯には4ケースの交通規制を設定した。過去の実績から平日の指定速度を基本とし、①トンネル区間の昼8時間片側通行、②同区間の夜8時間片側通行、③トンネルを挟むIC区間の昼8時間通行止、および④同区間の夜8時間通行止である。復旧施工費は、NETISに登録されている繊維シート後貼り工法による6技術から求めた施工単価の平均をもとに計算した。なお、夜間は施工単価を3割増とした。点検費は、復旧施工費と同様にNETISに登録されている走行式の打音検査3技術から求めた施工単価の平均をもとに計算した。迂回損失は、復旧施工期間中の交通規制4ケースによる速度減や交通量の変化⁵⁾による道路交通の一般化費用の損失を車種ごとに加算して求めた。救急医療損失は、各IC付近に救急医療機関が存在するため、復旧施工期間中に救急車両が交通規制によって迂回することにより医療を受けられなくなる可能性は極めて小さく、その確率は0%とした。

以上の計算により、はく落リスクの期待値は年平均はく落発生確率に年平均はく落損失を乗じることで求める。その結果、同規模の2トンネルで年平均はく落発生確率に約8倍の差異があっても、交通規制ケースや交通量などの条件によってはく落損失は変動し、はく落リスクの期待値は4倍~11倍に変動することがわかる。

このようにはく落現象のリスク評価が可能となることにより、トンネルのアセットマネジメントにおいて、はく落リスクを評価することが可能になると考えられる。また、供用中の点検などの実績データを累積付加することにより、将来のリスク評価の精度を高めることが可能となる。

4. まとめ

今後は、道路トンネルにおけるはく落現象のコスト特性をより詳細に検討し、はく落現象のリスク評価をより実用的なものにしたいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネルライブラリー12, 山岳トンネル覆工の現状と対策, pp.30-46, 2001.9
- 2) たとえば土木学会：コンクリート技術シリーズ71, 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能, pp.169-177, 2006.9
- 3) 山本一也, 宇野洋志城, 木村定雄：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手法の構築, 土木学会年講第65回年次学術講演会, (投稿中), 2010.9
- 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) (社)交通工学研究会：平成17年度道路交通センサス

表-1 リスク評価のケーススタディー

項目	条件	Aトンネル	Bトンネル
供用期間(年)	供用開始~調査実施	17	11
はく落件数(件)	1スパンには1件と仮定	46	4
P_n :年平均はく落発生確率	一定の割合で発生するパターン	2.71	0.36
D_1 :人身損失(千円)	衝突確率0%	0	0
D_2 :復旧施工費(千円)	① IC区間昼8時間通行止	9,022	785
	② IC区間夜8時間通行止	11,729	1,020
	③ トンネル区間昼8時間片側通行	9,022	785
	④ トンネル区間夜8時間片側通行	11,729	1,020
D_3 :点検費(千円)	トンネル全延長	5,835	5,835
D_4 :迂回損失(千円)	① IC区間昼8時間通行止	22,710	33,479
	② IC区間夜8時間通行止	13,471	18,159
	③ トンネル区間昼8時間片側通行	846	6,831
	④ トンネル区間夜8時間片側通行	1,737	1,770
D_5 :救急医療損失(千円)	迂回確率0%	0	0
D :リスク損失(千円)	$D_1+D_2+D_3+D_4+D_5$	37,567	40,098
R :はく落リスクの期待値 = $P_n \times D$ /供用期間 (千円/年)	① IC区間昼8時間通行止	5,989	1,312
	② IC区間夜8時間通行止	4,948	819
	③ トンネル区間昼8時間片側通行	2,504	440
	④ トンネル区間夜8時間片側通行	3,076	282