

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

金沢工業大学大学院(現,ハザマ) 学生員 ○山本 一也*1
佐藤工業 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にともなって、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⁾。はく落現象に着目した場合、要求性能が損なわれた段階で対策を施す事後保全技術や、計画・設計段階ではく落災害に防止あるいは抑制する保全予防技術および予防保全技術がある。しかしながら、これらの保全技術の有効性を検討する上で、その経済的効果を評価する手法は確立されておらず、技術のみの評価とするケースが多いことが実情である。

本報告では道路トンネルを対象とし、はく落現象の経済損失を具体的に分析するための経済要因を選定し、経済損失を評価する手法の基本式を構築した。

2. はく落による損失の基本式

道路斜面災害リスクの分析²⁾を参考にし、トンネル分野のはく落による損失を定量化するための手法として、新たに点検費を加えたものを提案する。直接損失は人身損失D₁、復旧施工費D₂および点検費D₃である。また、間接損失は迂回損失D₄および救急医療損失D₅である。1トンネルあたりのはく落損失Dは、式(1)によって算出する。図1にはく落による損失イメージを示す。

$$D = \sum_{i=1}^5 D_i \tag{1}$$

ここで、

- 直接損失 D₁: 人身損失(円)
- D₂: 復旧施工費(円)
- D₃: 点検費(円)
- 間接損失 D₄: 迂回損失(円)
- D₅: 救急医療損失(円)

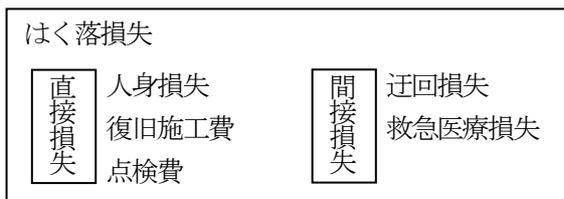


図1 はく落による損失イメージ図

a) 人身損失

人身損失D₁は、はく落に伴う人身災害の直接損失であり、はく落したコンクリート片が人や車に衝突することによって生じる損失である。1トンネルあたりの人身損失D₁は、式(2)によって与える。

ここでは、コンクリート片のはく落に対して損失を算出し、はく落件数の総計分を加算することで人身損失D₁を求める。これは、はく落したコンクリート片の寸法によって衝突確率および人身への被害損失も異なると考えたからである。表1に人身への被害損失を死亡、後遺症および軽傷に分けて提示させた文献資料^{3)~7)}における損失を示す。

$$D_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 I_i \cdot C_j \tag{2}$$

ここで、

- N: はく落発生件数
- I_i: 衝突確率
- C₁: 死亡による人身損失 (円)
- C₂: 後遺症による人身損失 (円)
- C₃: 軽傷による人身損失 (円)

表1 人身への被害損失^{3)~7)}

死亡	後遺症	軽傷
31,533	9,374	644
245,674	9,529	1,378
30,000	75~30,000	1,200
32,470	12,440	670
5,428	5,225	167

単位: 千円

b) 復旧施工費

復旧施工費D₂は、はく落に伴う復旧施工のための直接損失である。1トンネルあたりの復旧施工費D₂は、式(3)によって与える。

ここでは、はく落したコンクリート片の復旧施工の面積が異なると考え、コンクリート片のはく落に対して復旧施工費を算出し、はく落件数の総計分を加算することで復旧施工費D₂を求める。

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, 経済的分析

連絡先 *1: 〒924-0838 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

*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

$$D_2 = \sum_{i=1}^N Cr_i \cdot A_i \quad (3)$$

ここで、

- N : はく落発生件数 (個)
- Cr_i : 復旧施工単価 (円/ m^2)
- A_i : 復旧施工面積 (m^2)

c) 点検費

点検費 D_3 は、トンネルの点検方法による日常、定期および非常時点検等の点検に費やす直接損失である。また、はく落箇所の復旧施工前に行うことで、他の部位のはく落の特定および原因を解明するための直接損失である。1トンネルあたりの点検費 D_3 は、式(4)によって与える。

ここでは、覆工コンクリートの延長に対して点検費を算出し、二次覆工数の総計分を加算することで点検費 D_3 を求める。これは、はく落したコンクリート片数が多いトンネルと少ないトンネルによって、点検箇所および頻度が変化すると考えたからである。

$$D_3 = \sum_{i=1}^S Ce_i \cdot L_i \quad (4)$$

ここで

- S : 二次覆工数 (スパン)
- Ce_i : 単価 (円/ m)
- L_i : 二次覆工の単位長さ(m /スパン)

d) 迂回損失

迂回損失 D_4 は、はく落による交通規制により道路利用者が迂回することによる間接損失である。1トンネルあたりの迂回路損失 D_4 は、式(5)によって与える。

本来使用する道路が使用できず、迂回路を使用した際に発生する移動コスト⁴⁾の差から算出する。図2に本来使用する道路と迂回路のイメージを示す。さらに、交通規制日数は復旧施工の期間とする。

$$D_4 = T \cdot \sum_{i=1}^M Q_i \cdot (Co - C) \quad (5)$$

ここで、

- M : 車種の数
- T : 復旧日数 (日)
- Q_i : 平均交通量 (台)
- C : 本来使用する場合の一般化費用⁴⁾(円/台)
- Co : 迂回路を使用する場合の一般化費用⁴⁾(円/台)

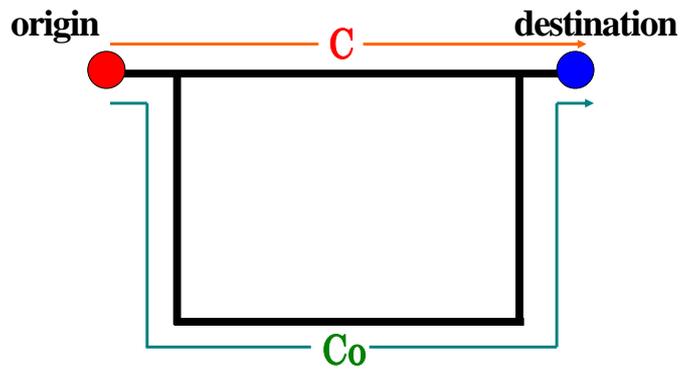


図2 本来使用する道路と迂回路のイメージ図

e) 救急医療損失

救急医療損失 D_5 は、はく落により本来使用するルートを利用できず、医療をうけるまでの時間が長くなることで発生する間接損失であり、迂回損失 D_4 では評価できない損失である。1トンネルあたりの救急医療損失 D_5 は、式(6)によって与える。

表1に人身への被害損失を死亡、後遺症および軽傷による損失をまとめたものを示す。

$$D_5 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 i_j \cdot E_j \quad (6)$$

ここで、

- N : はく落発生件数 (個)
- i_j : 迂回する確率
- E_1 : 迂回による死亡損失 (円)
- E_2 : 迂回による後遺症損失 (円)
- E_3 : 迂回による軽傷損失 (円)

3. まとめ

本報告では、はく落損失を評価する基本式を構築した。これにより、はく落現象をコストによって評価することが可能となる。今後は事後保全、保全予防および予防保全における、経済分析を行う予定である。

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)土木研究所材料地盤研究グループ:道路斜面災害リスクの分析・マネジメント支援マニュアル
- 3)日本総研研究所:道路投資の評価に関する指針(案)
- 4)(社)交通工学研究会 交通技術研究委員会:第28回交通技術セミナー 道路事業評価の最近の動向と評価手法
- 5)(社)日本損害保険協会:
<http://www.sonpo.or.jp/useful/insurance/jibai/>
- 6)(社)日本損害保険協会:自動車保険データにみる交通事故の実態, pp.272, 2007.3.
- 7)(社)生命保険協会 年次統計資料