

トンネルのデザインとマネジメント(その6)

- トンネルの維持管理における定量的性能評価の試み -

中電技術コンサルタント(株) 正会員・石田滋樹 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 佐野信夫
(独)土木研究所 正会員 日下 敦 金沢工業大学 正会員 木村定雄

1. はじめに

現在の国内のトンネル総延長は、交通施設やライフラインなどを含めて 20,000km を越える。それぞれのトンネルの機能を維持して継続的に使用していくためには膨大な維持管理費用を要することから、効率的な維持管理計画が不可欠となっている。本来、トンネルの維持管理では、そのトンネルの機能が発揮されるための要求性能の現状評価を行い、評価レベルに応じて対処する必要がある。しかし、トンネルの要求性能が十分に整理されていない現状では、劣化箇所毎に補修・補強の必要性を評価して維持管理計画が策定されてきている。このような従来の維持管理における補修・補強評価方法(以下、従来法)では、補強・補修プライオリティの客観的評価を行いにくいのが実情である。筆者らは、前報¹⁾にて整理された工法・用途毎のトンネルの機能と性能を用いて各要求性能項目に重みを与えるとともに、維持管理段階での性能評価項目と性能評価基準を設定し、トンネルの現況性能評価について単位調査区間毎の定量的な評価点算出方法(性能評価法(案))の策定を試みている。本報文では、これらの試みのうち、山岳工法による道路トンネルの定量的性能評価の具体的な方法と性能評価の今後の課題について報告するものである。

2. 性能評価基準の設定(性能評価項目・レーティング・配点)

前報¹⁾のとおり、トンネルの要求性能は大項目・中項目・小項目と階層化される。本研究ではトンネルの性能を定量的に評価するためには、要求性能(小項目)を評価するモニタリング項目を設定し、その評価基準をレーティングして配点し、調査結果をトンネルの性能評価点P(式-1)に点数化することを試みた。評価基準のレーティングは、道路トンネルの維持管理実績の多い指針²⁾³⁾を参考として設定した。紙面の都合上、成果イメージを図-1に示す。

性能評価基準は、問題ないもしくは健全と想定される、日常点検にて注意が必要、詳細調査が必要、適切な時期での対策が望ましい、直ちに対策が必要、の5段階にレーティングした。配点 P_i は要求性能に対して危険性の高い については総合評価点が上位にランク付けされるよう高配点とした(図-2)。

$$P = \sum_i C_i P_i \dots\dots\dots (式-1)$$

ここに、 C_i : 重み係数
 P_i : 配点

要求性能			重み係数	配点 P_i	性能評価基準				
大項目	中項目	小項目			①	②	③	④	⑤
利用者の安全性能	安全に走行できる	良好な道路線形確保 (維持管理段階では評価されない)							
		運転者の視認性が良好である							
	利用者の安全を直接脅かさない	コンクリートがはく落しない							
		漏水を生じない							
	非常時に防災設備が利用できる	防災設備を適切に配置・使用でき、利用者の避難経路を確保できる							

AHPで
設定

損傷程度・損傷箇所
に応じたレーティング

図-2 参照

図-1. 性能評価基準設定のイメージ(利用者の安全性能を抜粋)

配点 : 1	配点 : 3	配点 : 5	配点 : 7	配点 : 15
問題ないもしくは健全と想定される	日常点検にて注意・継続監視が必要	詳細調査・評価が必要	適切な時期での対策が望ましい	直ちに対策が必要
・アーチ部のひび割れ幅が 0.3mm 以下の軽微なもの、もしくは認められない ・側壁部については、0.3mm 以上のひび割れが認められても集中しておらず、はく落の恐れがない	・アーチ部に部分的に幅 0.3 mm 以上のひび割れがあるがはく落の恐れはない ・ひび割れの進行性が認められない ・側壁部については、部分的に 0.3mm 以上のひび割れ集中箇所が認められ、進行性があるがはく落の危険性は低い(ひび割れ密度は 20 cm/m ² 以下)	・アーチ部に幅 0.3 mm 以上のひび割れ集中箇所があり進行性があるが、当面はく落の恐れはない(ひび割れ密度は 20 cm/m ² 以下)。部分的に補修要 ・側壁部広くに幅 0.3 mm 以上の進行性ひび割れ、圧さ・浮きがあり、はく落の危険あり(ひび割れ密度 20~50 cm/m ²)	・アーチ部全体に幅 0.3mm 以上の進行性のひび割れが認められ、将来的にはく落の危険性がある(・ひび割れ密度は 20~50 cm/m ²) ・側壁部の全域に圧さ・浮きがある(・ひび割れ、はく落の危険性がある(・ひび割れ密度は 50 cm/m ² 以上))	・アーチ上部の覆工コンクリート片が、ひび割れの密集や、圧さ、浮きにより剥落の危険性がある(ひび割れ密度は 50 cm/m ² 以上)

図-2. 性能評価基準(「コンクリートがはく落しない」部分を抜粋)

3. 要求性能の重み付け

要求性能は工法・用途毎に内容・重要度が異なるため、トンネルの性能を定量的に評価するためには工法・用途に応じた要求性能の重み付けが必要となる。

キーワード：トンネル，維持管理，階層分析法，アセットマネジメント，機能，要求性能
連絡先：〒734-8510 広島市南区出汐 2-3-30 道路部交通技術グループ Tel.082-256-3353

重み係数 C_i は本研究関係者 (29 名) に対してアンケートを行って設定した。アンケート解析方法は多基準分析の一種である階層分析法 (AHP: Analytic Hierarchy Process) を用いた。AHP を用いることで、相対比較を体系的かつ定量的に行え、決定プロセスを明確にすることができる。重み係数の設定結果を図-3に示す。

大項目	中項目	小項目
A 利用者の安全性能 0.317	A1 安全に走行できる。 0.128	A11 良好な道路線形確保 0.031
		A12 ハンドルをとられない。 0.061
		A13 運転者の視認性が良好である。 0.036
	A2 利用者の安全を直接脅かさない 0.115	A21 コンクリートがはく落しない。 0.066
B 利用者の使用性能 0.135		A22 漏水を生じない。 0.018
		A23 適正な換気能力があり、利用者の健康を害さない。 0.032
	A3 非常時に防災設備が(確実に)利用できる。 0.074	
	B1 快適に走行できる。 0.035	
	B2 通行規制を最小限とすることができる。 0.030	
C 構造安定性能 0.187	B3 乗り心地がよい。 0.030	
	B4 利用者に不快感・不安感を与えない。 0.040	
	C1 常時作用する荷重に対して安定する。 0.084	B41 覆工のクラックや漏水が視認されない。 0.015
		B42 必要な視認性を確保している。 0.016
	C2 必要な耐震性能がある。 0.033	B43 圧迫感のない坑門 0.009
D 耐久性能 0.110	C3 想定されている荷重変化に対して安定する。 0.040	C11 覆工が安定する(無筋コンクリート)。 0.023
		C12 覆工が安定する(鉄筋コンクリート)。 0.021
	C4 火災に対してトンネルが安定する。 0.030	C13 地山が安定する。 0.040
		C21 覆工が安定する。 0.017
		C22 地山が安定する。 0.016
E 管理者の使用性能 0.044	D1 防食性が良い。 0.021	C31 覆工が安定する。 0.018
	D2 防水性が良い。 0.036	C32 地山が安定する。 0.022
	D3 コンクリートの耐久性に影響するひび割れを生じない 0.053	C41 (一時的に)地山が自立できる。 0.010
F 維持管理性能 0.063	E1 必要な交通容量を確保できる。 0.028	C42 火災時に覆工の耐荷力が維持できる(後荷重が作用時) 0.010
	E2 トンネル設備を収容できる。 0.016	C43 火災時に覆工の耐荷力が維持できる(耐火材を設置時) 0.010
	F1 安全・容易に点検・清掃ができる。 0.041	
G 周辺への影響度 0.144	F2 容易に補修ができる。 0.022	
	G1 周辺での騒音が少ない。 0.030	
	G2 周辺での振動が少ない。 0.029	
	G3 地下水への影響が少ない。 0.026	
	G4 坑口周辺への排気ガス影響が少ない。 0.021	
	G5 地表面への影響が少ない。 0.030	
	G6 坑門が周辺景観と調和する。 0.008	

図-3. AHPにより設定した重み係数(山岳道路トンネルの場合)

4. 今後の課題

前報¹⁾にて設定された要求性能は、中項目、小項目の一部に重み付けが馴染みにくい項目があるため、より定量的総合評価を行いやすくするために、要求性能の再検討を行う必要がある。また、1・3・5・7・15とした性能評価基準のレイティング配点も、従来法での評価結果に対する妥当性を感度分析によって検証する必要がある。

本報文では山岳道路トンネルについて整理したが、現在、シールド・開削といった他工法、鉄道・ケーブルなどの他用途についても同様の検討を行っている。工法や用途によって、要求性能の評価項目や重み付けがどのように変わるのかなどについて整理し、報告していきたいと考えている。

5. おわりに

本報文は、トンネル工学委員会技術小委員会における「トンネル構造物の設計法の将来像と国際標準への対応に関する検討部会」の部会活動成果の一部である。

・参考文献

- 1) 山本努, 白井孝典, 野田賢治, 内藤幸弘, 藤橋一彦: トンネルのデザインとマネジメント(3)土木学会第62回年次学術講演会, , 2007.9
- 2) (社)日本道路協会: 道路トンネル維持管理便覧, 1993.11
- 3) 高速道路3会社共通: 設計要領第三集トンネル本体工保全編, 2006.4, 保全点検要領, 2006.4