

寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートの要求性能と劣化現象の AHP による考察

地崎工業 技術部

地崎工業 技術部

北海道大学大学院工学研究科

土木研究所寒地土木研究所

地崎工業 北海道本店土木部

正会員

○

田中亮介

正会員

須藤敦史

フェロー会員

三上 隆

正会員

佐藤 京

正会員

河村 巧

1. はじめに

北海道内では昭和 30 年代後半から山岳トンネルの整備が進んでいるが、建設から 30 年以上を経過したトンネルでは老朽化が進行してきており、今後改築や補強・補修など何らかのメンテナンス時期を向かえるトンネルが増加すると予測される。しかしトンネル供用下の補修・改修が様々な制約条件より難しく、膨大な維持更新費用が発生するものと考えられる。

一方、昭和 60 年以降 NATM の普及により、覆工面からの漏水や坑口部における地山凍結防止対策などトンネル覆工における耐久性は改善されてきているが、今後は構造物としての性能水準の低下防止対策に関する検討が急務となっている。

そこでトンネルの計画的な維持管理と延命対策を行う予防保全（図 1 B 点→D 点）の考え方により、トンネルの長寿命化および耐久性の向上等を行う、ライフサイクルマネジメント（Life Cycle Management : LCM）や社会資本のアセット（資産）と見なすアセットマネジメントに対する様々な技術的な検討を行っている¹⁾²⁾。

このような背景より、本論文では寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートの健全度評価手法の確立を目的として、覆工コンクリートの劣化現象の要求性能への影響度を点検技術者のアンケート調査より考察したものである。

2. 覆工コンクリートの要求性能と劣化現象

複合的な機能を要求されている覆工コンクリートの要

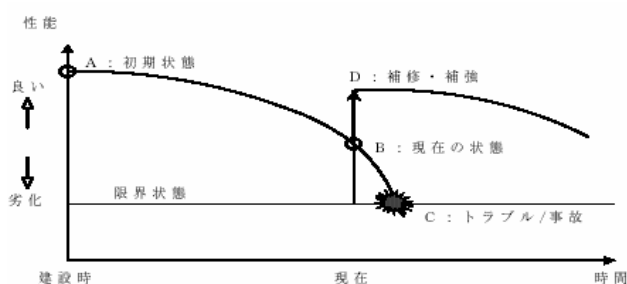


図 1 トンネルの維持管理（劣化曲線）の概念図

求性能を明確に示すことは非常に難しく、その検討手法はまだ確立されていないのが現状であるが、文献³⁾などを参考にするると覆工コンクリートの要求性能は以下となる。

- (a)安全性能: 耐荷性（施工後の付加外力を含む）、耐震性能、その他の安全性（構造物の転倒や滑動）
- (b)使用性能: 道路として必要な内空断面の保持、高い防水性の保持、供用時の機能性を満足、路面凍結により走行安全性が損なわれない
- (c)第三者影響度に関する性能: コンクリート片・目地材等の落下防止、つらら、結氷、側氷の落下による危険がない
- (d)美観・景観: 壁面の必要輝度の確保、ひび割れ、錆汁等による汚れの防止、視界の確保や心理的圧迫感の軽減
- (e)耐久性能: 供用期間中に要求性能を満足する性能

次に、覆工コンクリートの劣化現象はトンネルの点検項目⁴⁾を参考にして変状の種類ごとに以下の6種類となる。

- ①ひび割れ、②浮き・剥離、③漏水、④目地ズレ・開き、⑤豆板・空洞、⑥遊離石灰

3. 覆工コンクリートの劣化現象と要求性能の

階層化分析法（AHP法）⁵⁾による評価

トンネル点検で得られた6つの覆工コンクリートの劣化現象が、各要求性能に与える影響度を定量的に把握するため、トンネル点検技術者および一般の土木技術者に対するアンケートを実施して、その結果を階層化分析法⁵⁾（Analytic Hierarchy Process : AHP法）で分析して個々の劣化現象が与えるトンネル覆工コンクリートの要求性能に対する重要度のランク付けを行う。ここでAHP法は下記の特徴を有している。

- ① 評価基準が多く共通尺度がない場合でも判断が可能
- ② 不明瞭な要因を持つ定量分析が不可能な問題も可能
- ③ データ種類に影響されず、かつ修正が容易

ここでアンケート対象者は覆工コンクリートの各要求性能（Ⅰ安全性能、Ⅱ使用性能、Ⅲ第三者影響度に関する性能、Ⅳ美観・景観、Ⅴ耐久性能）に対して2つの劣化現象間で一対比較を行い回答用紙に記入する。

キーワード: 寒冷地トンネル, アセットマネジメント, 覆工コンクリート, 要求性能, 劣化現象, AHP

連絡先（〒105-8488 東京都港区西新橋 5-11-3 TEL 03-3436-3178 FAX 03-3502-2646 E-mail 1714@chizaki.co.jp）

このアンケート回答結果より、劣化現象（要素）間の各要求性能に対する重み付けを行う。ここでアンケート調査では精度を評価する整合度(Consistency Index)は $C.I. = 0.02 \sim 0.22$ でありアンケートと結果の整合性は取れている。

4. 要求性能に対する技術者の劣化現象間の重み

トンネル点検技術者および一般の土木技術者に対するアンケートによるトンネル覆工コンクリートの各要求性能に対する劣化現象間の重要度ランク（重み）付けを表.1～表.5に示す。

- (1) 安全性能：各劣化現象の重要度ランク（重み）は、ひび割れ>浮き・剥離>目地ずれ・開き>豆板・空洞>漏水>遊離石灰の順となった。
- (2) 使用性能：各劣化現象の重要度ランク（重み）は、漏水>浮き・剥離>ひび割れ>目地ずれ・開き>豆板・空洞>遊離石灰の順となった。
- (3) 第三者影響度に関する性能：各劣化現象の重要度（重み）は、浮き・剥離>漏水>ひび割れ>目地ずれ・開き>豆板・空洞>遊離石灰の順となった。
- (4) 美観・景観：各劣化現象の重要度ランク（重み）は、漏水>遊離石灰>豆板・空洞>目地ずれ・開き>浮き・剥離=ひび割れの順となった。
- (5) 耐久性能：各劣化現象の重要度ランク（重み）は、ひび割れ>浮き剥離=目地ずれ・開き=豆板・空洞>漏水>遊離石灰の順となった。

5. ま と め

覆工コンクリートの性能において安全性・使用性・耐久性に対しては、ひび割れや浮き・剥離、目地ずれ・開きなど、第三者への影響度や景観・美観においては、浮き・剥離、漏水などの点を点検に際に重要視している。今後も寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートの健全度評価手法の確立のため、様々な調査・試験を実施して検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 須藤敦史, 三上隆, 岡田正之, 河村巧, 角谷俊次: 寒冷地トンネルにおける二次覆工コンクリートの長寿命化に関する一考察, 土木学会 第 21 回建設マネジメント問題に関する研究発表会, pp. 191-194, 2003.
- 2) 岡田正之, 三上隆, 川村浩二, 須藤敦史, 角谷俊次: 寒冷地トンネルにおけるライフサイクルマネジメントの基礎考察, 土木学会 第 59 回年次学術講演会 VI-397, pp. 791-792, 2004.
- 3) 土木学会: トンネルの維持管理, トンネル・ライブラリー 第 14 号, 丸善, pp. 27-31, 2005.
- 4) 道路トンネル定期点検要領（案）, 国土交通省道路局

表.1 安全性能と劣化現象の比較表

	①	②	③	④	⑤	⑥	幾何平均	重み
①ひび割れ	1	3	5	3	5	5	3.2250	0.4318
②浮き・剥離	1/3	1	1	3	1	3	1.2007	0.1608
③漏水	1/5	1	1	1/3	1	1	0.6367	0.0852
④目地ずれ・開き	1/3	1/3	3	1	3	3	1.2005	0.1507
⑤豆板・空洞	1/5	1	1	1/3	1	3	0.7646	0.1024
⑥遊離石灰	1/5	1/3	1	1/3	1/3	1	0.4413	0.0591

表.2 使用性能と劣化現象の比較表

	①	②	③	④	⑤	⑥	幾何平均	重み
①ひび割れ	1	1/3	1	1	3	3	1.2007	0.1746
②浮き・剥離	3	1	1/3	1	3	3	1.4420	0.2097
③漏水	1	3	1	3	3	3	2.0801	0.3025
④目地ずれ・開き	1	1	1/3	1	1	3	0.9998	0.1454
⑤豆板・空洞	1/3	1/3	1/3	1	1	1	0.5771	0.0839
⑥遊離石灰	1/3	1/3	1/3	1	1	1	0.5771	0.0839

表.3 第三者影響度に関する性能と劣化現象の比較表

	①	②	③	④	⑤	⑥	幾何平均	重み
①ひび割れ	1	1/5	1	1	3	3	1.1029	0.1566
②浮き・剥離	5	1	3	1	3	3	2.2649	0.3216
③漏水	1	1/3	1	3	3	3	1.4420	0.2048
④目地ずれ・開き	1	1	1/3	1	1	3	0.9998	0.1420
⑤豆板・空洞	1/3	1/3	1/3	3	1	3	0.8323	0.1182
⑥遊離石灰	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	0.4000	0.0568

表.4 美観・景観と劣化現象の比較表

	①	②	③	④	⑤	⑥	幾何平均	重み
①ひび割れ	1	1	1/3	1	1/3	1/3	0.5771	0.0928
②浮き・剥離	1	1	1/3	1	1/3	1/3	0.5771	0.0928
③漏水	3	3	1	3	1	1	1.7321	0.2784
④目地ずれ・開き	1	1	1/3	1	1	1/3	0.6931	0.1114
⑤豆板・空洞	3	3	1	1	1	1/3	1.2007	0.1928
⑥遊離石灰	3	3	1	1/3	3	1	1.4420	0.2318

表.5 耐久性能と劣化現象の比較表

	①	②	③	④	⑤	⑥	幾何平均	重み
①ひび割れ	1	1	3	1	1	3	1.4422	0.2241
②浮き・剥離	1	1	1	1	1	3	1.2009	0.1863
③漏水	1/3	1	1	1	1	3	0.9998	0.1551
④目地ずれ・開き	1	1	1	1	1	3	1.2009	0.1863
⑤豆板・空洞	1	1	1	1	1	3	1.2009	0.1863
⑥遊離石灰	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	0.4000	0.0621

国道課, 平成 14 年 4 月。

- 5) Saaty, T. L. : The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.
- 6) 中村一樹, 竹内明男, 山田正: トンネルマネジメントシステムの構築, 土木学会, 建設マネジメント研究論文集, Vol.11, 2004.12