

山岳トンネルの健全度評価と劣化予測に関する一考察

(株)鴻池組 土木技術部 正会員 ○山田 浩幸
 パシフィックコンサルタンツ(株) 大阪本社 交通技術部 正会員 駒村 一弥
 中央復建コンサルタンツ(株) 道路・トンネル系グループ 正会員 山本 雅広

1. はじめに

近年、覆工コンクリートのはく落事故、地震によるトンネル神話崩壊に伴い、今後の山岳トンネルの維持管理において、一斉点検時の費用増大という課題や計画的な補強対策の必要性がクローズアップされている。

山岳トンネルでは、主たる構造物である覆工コンクリートが無筋構造であることや、種々の施工条件により、トンネルそのものを容易に更新できないといった特徴を持っている。

一方、建設投資の抑制や今後、建設後30年を超えるトンネルが増加するという背景もあり、費用対効果に基づくLCCの検討(アセットマネジメント)や計画的な維持管理(予防保全)が必要となっており、今後急速に増加するであろうトンネル構造物の合理的かつ効果的な維持管理が緊急の課題となっている。本研究では、実トンネルに基づいたモデルトンネルの健全度評価を試行し、提案する評価指標および評価手法(レイティング方法)に関する検討結果に基づき今後の劣化予測手法に関する考察を行った。

2. 判定指標と健全度評価表の提案

点検結果をもとに劣化予測を行う場合、これまでの点検結果のA, B, Sの判定のみでは劣化予測モデルの構築や劣化予測の評価が困難であり、点検結果を定量的な判定指標としてとらえる必要がある。

今回、表-1に示すとおり、点検結果で得られるデータを考慮し、劣化予測のための判定項目を抽出し、判定項目毎に劣化度(健全度)を表す指標を細分化、かつ定量化した健全度判定表(案)を作成した。

提案した健全度判定表に基づき評価を実施するにあたり、判定表の評価にあたっては、変状の影響度合いに配慮して、判定区分I(利用者被害を誘発する変状)の各項目の最大値をの最終評価点とし、判定区分II(構造的な変状)の各項目の平均点を最終評価点とした。

表-1 健全度判定表(案)

		A		B		S		着目点	
		30	20	20	10	10	0		
判定区分I 利用者被害を誘発する変状	浮き、剥離(覆工)	ひび割れ性状	連続した2方向ひび割れ	部分的~不連続な2方向ひび割れ	部分的にひび割れ	健全		○打音検査時の濁音とひび割れ状況 ・ひび割れ発生パターン(閉合型) ・貫通ひび割れか ・ひび割れ発生部位(天端、側壁部)	
		亀甲状	ひび割れ面積 2.0m ² 程度	ひび割れ面積 1.5m ² 程度	ひび割れ面積 1.0m ² 程度	ひび割れ面積 なし		○亀甲状のひび割れ面積	
		閉合型	ひび割れ長さ 10cm程度	ひび割れ幅 tc×(0.75以上)	ひび割れ幅 tc×(0.5~1.0)	ひび割れ幅 tc×(0.5未満)	ひび割れ幅 なし		○閉合型ひび割れの長さ(長辺方向)
			20cm程度	ひび割れ幅 tc×(0.75以上)	ひび割れ幅 tc×(0.75未満)	—	ひび割れ幅 なし		・ひび割れ幅の基準値(tc) (設計覆工巻厚(td)30cmの場合) tc=td×0.35%=300mm×0.0035=1.0mm
			20cm以上	ひび割れ幅 tc×(0.5以上)	ひび割れ幅 tc×(0.5未満)	—	ひび割れ幅 なし		
		交差分岐	10箇所以上	5~9箇所	1~4箇所	健全		○ひび割れの交差分岐箇所	
	放射状	ひび割れ幅 tc×0.75	ひび割れ幅 tc×(0.5~0.75)	ひび割れ幅 tc×0.5未満	健全		○放射状のひび割れ幅 ・ひび割れ幅の基準値(tc)は閉合型と同じ		
	浮き、剥離(補修材料)	材質劣化、車輪接触により早期、落下の恐れがある。	材質劣化、車輪接触により、将来的に落下の恐れがある。	軽微な変状はあるが、材質劣化、車輪接触による落下の可能性が少ない。	健全		○補修材の工種毎に個別に判断 ・シートの浮き ・アウター繊維 ・モルタルのクラック など		
	突発性崩落	覆工背面空洞高さ Hm=1m	覆工巻厚 t=td×0.33~0.5	覆工巻厚 t=td×0.5~0.67	覆工巻厚 t=td×0.67以上	健全		○覆工厚さと覆工背面空洞の有無 ・Hm:覆工背面空洞高さ ・t:覆工巻厚(調査値) ・td:設計覆工巻厚	
		Hm=0.5m	覆工巻厚 t=td×0.33以下	覆工巻厚 t=td×0.33~0.5	覆工巻厚 t=td×0.5~0.67	覆工巻厚 t=td×0.67以上		○工法の確認 ・矢張は力学的機能あり ・NATMは力学的機能なし	
漏水	アーチ	噴出	流下	滴水	にじみ		○漏水の量とその位置 ・天端はランクアップ		
	側壁	—	噴出	流下	滴水 ~にじみ				
つらら等	非常に多い	多い(面的に分布)	少ない~中程度(散在)	なし		○ツラらの量とその位置 ・天端はランクアップ			
土砂流出等	同上	同上	同上	なし		○土砂流出の量とその位置 ・天端はランクアップ			

		A		B		S		着目点
		30	20	20	10	10	0	
判定区分II 構造的な変状	ひび割れ(進行性あり)	進行性	ひび割れ長さ 1m/5年	—	—	ひび割れ幅 1mm/1~2年	健全	
			1m/2年	—	ひび割れ幅 1mm/1年	ひび割れ幅 1mm/2~5年	健全	○ひび割れの進行性(幅と長さ) ・天端はランクアップ
			1m/1年	ひび割れ幅 1mm/1年	ひび割れ幅 1mm/2年	ひび割れ幅 1mm/5年	健全	
	変形、沈下	10mm/年以上	10mm/2年	10mm/5年	健全		○内空変位量、絶対変位量 ・沈下量、不等沈下によるねじれ	
外力による変状	せん断ひび割れがあり、圧縮が見られる。変形あり	山側肩部以外に軸方向引張りひび割れあり。変形なし	山側肩部に軸方向引張りひび割れあり	健全		○変形、沈下と同様(トンネルの変形) ○地すべり地、膨張性土山、偏圧地形等 特殊地山条件の有無		
ひび割れ(進行性なし)	最大ひび割れ幅	ひび割れ密度	45cm/m ² 以下	30cm/m ² 以下	15cm/m ² 以下	0(健全)		○ひび割れの発生状態 ・ひび割れ発生パターン(軸方向、横断方向) ・発生部位(天端、側壁部) ・ひび割れ幅
		最大ひび割れ幅	2.0~3.0mm未満	1.0~2.0mm未満	0.2~1.0mm未満	0.2mm未満(健全)		

キーワード 山岳トンネル, 維持管理, 健全度評価, 判定指標, 劣化予測手法

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 (株)鴻池組大阪本店土木技術部 TEL 06-6244-3684

3. モデルトンネルにおける健全度評価と分析

モデルトンネルとして、NATMで施工され、実際に変状を生じ調査結果の判明しているAトンネル(41スパン)をもとにモデル的に設定した。(なお、本報告ではそのうち、No.20~30スパン、計11スパンに関して示す。)

点検調査は、平成12年と平成16年の2回実施しており、トンネルの変状状況を図-1に示すとおり設定した。

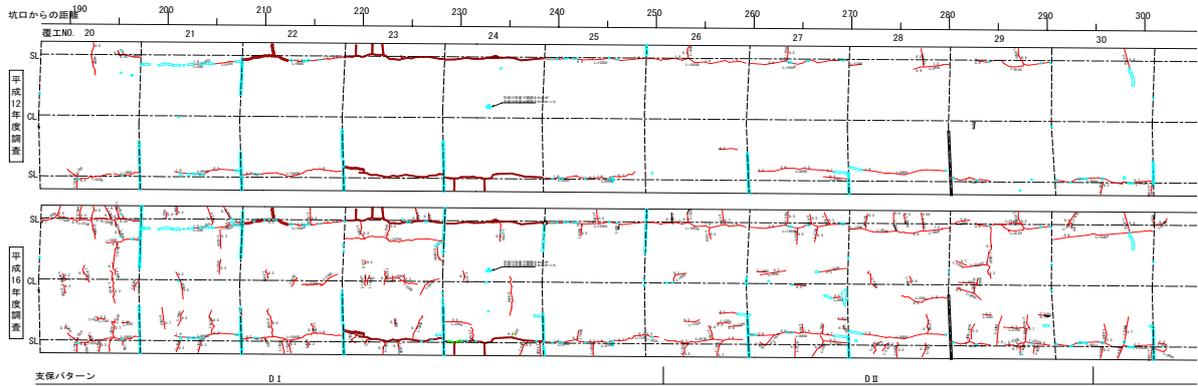


図-1 Aトンネル変状展開図

図-2に(一例として)No29スパンの健全度評価を示し、以下に今回得られた健全度評価の分析結果を示す。

- ①スパン全体での評価では、判定区分Ⅱより、判定区分Ⅰの劣化度の方が大きくなっており、管理側として発生があってはならない判定区分Ⅰ(利用者被害)に関する評価が優先する結果となった。
- ②H12年度の評価において、アーチ部に閉合ひび割れのあるスパンでは、判定区分Ⅰの劣化度は高く評価されているが、それらを除いては、判定区分Ⅰ、Ⅱの評価はほとんど同程度であった。

判定区分Ⅱのバラツキは、側壁部の水平ひび割れを外圧によるものとして評価するかどうかで異なると考えられる。

③H16年度の評価において、判定区分Ⅱでは一部のスパンを除いて劣化度の増分は5程度未満であるが、判定区分Ⅰでは10~20程度となっている。

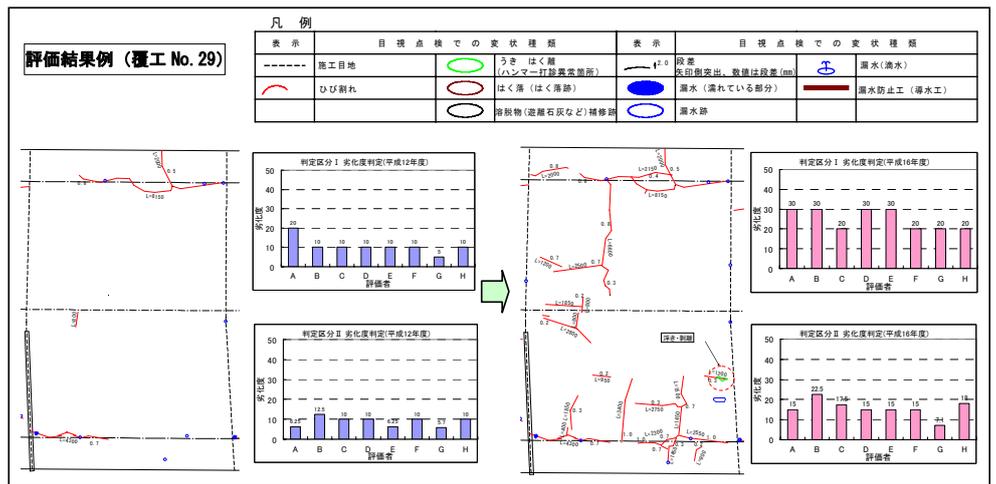


図-2 Aトンネル健全度評価結果 (No29スパン)

④健全度評価のバラツキに関しては、ひび割れ性状(発生位置、幅、長さ)や閉合ひび割れのはく落評価において評価者の判断によるバラツキが大きくなっていることが分かる。

⑤判定区分Ⅱの劣化度の増分が小さい理由としては、SL付近のひび割れはH12年度時点ですでにスパン間に発生しており、H16年度に進行しているひび割れは横断方向に延びる比較的小さいひび割れ幅、長さの小さいものであること、判定区分Ⅱの評価が平均値評価となっていることなどが考えられる。

4. まとめ

今回提案した健全度判定指標は、あくまで点検結果をもとに劣化予測を行うための健全度判定の一指標として作成したものであり、短期的(応急的)な維持管理レベルにおける指標と中長期的(計画的)な維持管理レベル(アセットマネジメント)における指標がいくらか混在していると考えられる。今後は、専門技術者による経験的判断、実際のトンネル劣化対策事例などをもとに、劣化予測手法の検討を進め、それぞれの維持管理レベルに応じた重要な判定項目の洗い出しや適切な健全度判定指標の設定および重み付けなどの検討を行う必要がある。今後も、さらに研究を進め、道路構造物の一部であるトンネル構造物の保全技術の向上に貢献できるよう努める所存である。