

山岳トンネルの要求性能と照査項目に関する一考察

○（株）鴻池組 正会員 山田 浩幸 （株）ドーコン F10-会員 岡田 正之
清水建設（株） 正会員 藤原 康政

1.はじめに

我が国では昭和 30 年代に建設され、今後供用後 50 年以上経過するトンネルが、急激に増大すると予測される。トンネル構造物は容易に作り変えができないため、計画的な維持再生を行い、社会ストックとしての延命化を図ることが必要となる、しかしながら、現状ではトンネルの要求水準や耐用年数が明確でないため、対処療法的な補修・補強による維持管理が進められている。本研究では、トンネルに求められる必要機能や要求性能を抽出し、それらの評価を行うための照査項目と方法について検討し、トンネルの維持再生に関する課題を明らかにした。

2.トンネル覆工の現状

トンネルは、地中に建設される線状構造物であり、周辺地山の状況等を完全に把握することは困難なうえに覆工は型枠と地山の狭い空間において施工されるため、建設時のみならず維持管理上もさまざまな課題がある。

覆工の施工技術の変遷とともに品質の向上が図られ、当初、矢板工法では力学的な機能を付加した厚肉構造であったものから、現在標準工法である NATM ではグラントアーチを期待した薄肉構造となっている。さらに、原則的には無筋構造であり、周辺地山の劣化にも関連するため、一般の明かり構造物とは異なり、劣化予測が困難である。表 - 1 に我が国のトンネル現況を示す。

表 - 1 トンネル状況一覧

用 途	全延長	施工方法 (NATM比率)	覆工材料	建設後50年 以上経過
鉄 道 (JR各社、新幹線等)	2,200km	1割程度	レンガ、石、コンクリートブロックが数多く現存している	30%
道 路 (高速国道含む)	2,600km	約半数	ほとんど場所打ちコンクリート	6%
水 路 (水力発電用のみ)	4,700km	1割程度	場所打ちコンクリートが多い	55%

3.山岳トンネルの要求性能と照査項目

山岳トンネルを対象に、変状実績や維持管理に係わる事例等を参考にトンネルの必要機能と要求性能について図 - 1 に示す KJ 法（川喜田二郎氏による創造的問題解決法）により抽出し、さらに要求性能を評価するための照査項目と照査内容について検討した。山岳トンネルの要求性能として

- 耐久性能（内空変位、耐荷力、地山安定、排水性、耐久性）
- 安全性能（剥落無し、避難路、耐火性、消火可能）
- 利便性・快適性（走行性、閉塞感、照度、換気）
- 周辺環境への影響性能（景観性、振動・騒音、地下水影響）
- 維持管理性能（点検が容易、補修・補強が容易）
- 経済性（建設費、維持管理費、湧水処理費、LCC）

の 6 項目が抽出された。

次に、これらの要求性能を照査する項目を表 - 2 に示すように要求性能との関連性についてマトリックス表に整理した。照査項目としては、防災設備や避難路の規模、線形・視距、照度のように、道路トンネルにおいて特に重要とされるものがいくつかあるものの、概ね鉄道と道路で共通する項目が多い。さらに、経済性といった項目のように、トンネルの機能には直接関連性はないものの、要求性能としては重要と考えられる項目については検討項目として抽出した。

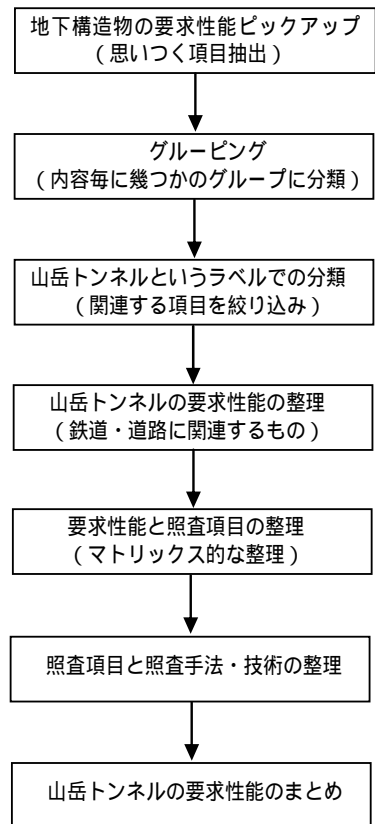


図 - 1 山岳トンネル要求性能検討フロー（KJ 法）

キーワード：山岳トンネル，必要機能，要求性能，照査項目，維持再生

連絡先：大阪府中央区北久宝寺町 3 - 6 - 1

（株）鴻池組 TEL (06)-6244-3684 FAX (06)-6244-3632

表 - 2 山岳トンネルにおける要求性能と照査項目

要求性能	必要な指標	内空形状 寸法	内空変位 沈下量	地形 地質	緩み 領域	覆工 残余耐力	覆工の ひび割れ	覆工強度	防災設備 規模	避難路の 規模	照度	騒音 振動レベル	漏水量 水圧・水質	覆工・内装 の耐火性	線形 視距	坑門工の デザイン
耐久性	内空変位が無い	○		○	○	○										
	荷重に対し覆工安定						○									
	周辺地山が安定					○	○									
	排水性が良い												○			
安全性	耐久性がある	○		○	○		○						○			
	覆工が剥落しない		○	○	○											
	非常時避難路の確保								○ (道路)	○ (道路)						
	耐火性がある					○	○									
利便 快適性	消化活動が可能								○ (道路)	○ (道路)	○ (道路)					
	走行性が良い	○	○								○ (鉄道) ○ (道路)					
	閉塞感が無い	○ (道路)	○ (道路)								○ (道路)					
	必要な照度がある	○ (道路)														
周辺環境へ の影響性能	換気が良好			○ (道路)											○ (道路)	
	周囲の景観と調和			○ (道路)											○ (道路)	○ (道路)
	騒音・振動が無い															
	地下水への影響無い															
維持管理 性能	点検が容易								○	○						
	補修・補強し易い			○	○		○	○								
経済性	建設費が安価			○					○	○ (道路)				○		
	LCCが安価	○							○				○			

(道路)や(鉄道)とあるのは、道路もしくは鉄道に關係した項目評価

4. トンネルの要求性能と維持再生における課題

(1) トンネルの劣化予測と評価

既設トンネルの場合、ひび割れや覆工強度等を定量的に計測しても、要求性能である耐久性等といかに関連するのか、その評価方法やプロセスを明確にする必要がある。鉄筋コンクリート構造物とは異なりトンネル覆工は通常無筋構造であることから、鉄筋の腐食による耐久性評価ができない等、劣化の予測と評価が極めて困難である。今後は覆工コンクリートの劣化機構の解明や劣化過程における評価基準の確立、さらには劣化予測のモデル化の研究を進め、さらに耐久性に関する各種の指標と総合的な評価方法やプロセスを明らかにする必要がある。

(2) データの蓄積

トンネルに発生する変状や劣化には多岐の内容があり、その要因としては材料、環境、外力、設計・施工など複数の要因が重複している場合が多い。今後は調査から設計、施工、維持管理に至るまでのデータをカルテとして一元的に作成・管理し、データの活用を図っていく必要がある。さらに広く変状や劣化状況、改修内容等を開示し、情報の共有化を図ることも重要である。

(3) 計画的維持管理手法の確立

現状ではトンネルの補修・補強の対策は、変状が生じてから対策を立てて対処することが一般的である。しかしながら、下水道分野のように、管渠全体のライフサイクルコスト分析から経済的耐用年数を試算し、その結果を基に管渠の計画的な再構築を行っている例もある。今後は事業者を主体とし、LCC（ライフサイクルコスト）分析等を通じ、事後保全から予防保全へと移行する手法の確立が望まれる。

5. まとめ

山岳トンネルの過去の変状事例等に基づき、山岳トンネルに必要とされる機能と要求性能を抽出し、それらを評価するための照査項目・内容について検討した。今後は山岳トンネルにおいても、適切な対策を施すことで延命化を図る（再生させる）ことが維持管理上、ますます重要となってくる。さらに、大深度地下利用の促進が図られるといった観点からも、今後建設される山岳トンネルにおいては、これまで我々が経験した山岳トンネルの変状や補修・補強対策などの実績を踏まえた上で、トンネルの用途に応じた要求性能に着目し、新設トンネルの計画・設計・施工に際し、社会が望むメンテナンスミニマムで長寿命な山岳トンネルの建設を目指す必要がある。

最後に、本論文が今後トンネルの計画的な維持管理や長寿命化を進める上で参考となれば幸いである。また本研究は土木学会地下空間研究委員会維持・再生小委員会の活動成果であり、今後、更に研究を進める予定である。

参考文献

- 1) (社)土木学会, トンネルの変状メカニズム, pp16-20, 2003.9.