

トンネルデザインとマネジメントシステム(9)

トンネルの性能照査型マネジメント手法の検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○安田 亨
 鉄建建設(株) 正会員 畑生 浩司
 東京電力(株) 正会員 内藤 幸弘
 前田建設工業(株) 正会員 野田 賢治

1. はじめに

性能規定に基づく設計の体系化を進めるにあたり、維持管理段階を含めた統合型のマネジメント手法を検討する必要がある。本論文は、トンネル構造物の長寿命化を実現するために、計画から維持管理段階を含めたライフサイクルデザインの考え方に基づき、性能照査型マネジメント手法適用のあり方について報告するものである。

2. ライフサイクルデザイン (LCD) の考え方

LCD とは供用過程の中で変化する様々な要因（外部環境）を取り入れ、変動する機能や要求性能を適宜見直しながら、構造物の延命化を図るための統合的・継続的な設計法である¹⁾。具体的には、計画→調査・設計→施工→維持管理段階の全ての段階において要求性能を整理し、統一的な性能評価指標を定め、各段階において性能照査を行い、戦略的なマネジメントを実施するという考え方である。

3. 性能照査型マネジメント手法

上記の LCD の考え方を基本とし、性能規定に基づくマネジメント手法を、「性能照査型マネジメント手法」と呼ぶことにする。

3.1 性能照査型マネジメント手法の望ましいフロー

図1に望ましいフローを示す。様々なトンネルに要求される機能・性能は、道路、鉄道、電力などの用途に応じて異なり、工法によっても性能が異なる。これらの対象に応じて、要求性能を整理し、性能を定量的に規定するため照査指標を定め、指標に対応した照査法を決定することが基本的な流れとなる。LCD の各段階において指標は同一であっても照査法は異なることが想定され、特に維持管理段階では現地で取得する点検結果や計測データを用いて、現在状態での性能を照査することが要求される。さらに将来的な性能低下を予測し、管理者の維持管理戦略に基づいて、LCC の最適化手法を適用し、対策工選定・実施時期などを意思決定する。

3.2 サービスレベルに応じた分類

包括設計コード²⁾に代表される性能設計への国際的な

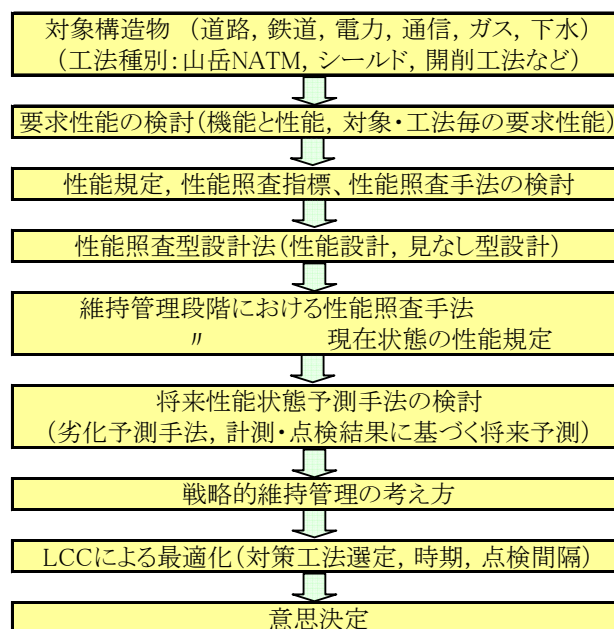


図-1 性能照査型マネジメント手法のフロー

サービスレベル	低位	高位
	交通量小、劣化進行低 山間部	交通量大、劣化進行高 重要路線、緊急輸送路
性能規定	利用者の安全性能・使用性能、構造安定性能、耐久性能 管理者の使用性能、維持管理性能、周辺への影響度	
性能照査指標	極力数値化が可能な指標を選定	
設計法	見なし型設計	性能設計
モニタリング	点検＋必要に応じて簡易計測	点検＋計測
健全度評価法	レーティングが基本	性能照査型評価法
維持管理段階における性能照査手法	点検（＋簡易計測）結果によるレーティング	計測を主体とした数値化指標による照査
将来状態予測手法	確定論的予測（残存耐力）	信頼性、確率論的手法などによる不確実性を考慮した予測法
LCC最適化による意思決定	点検、補修を想定したLCC	LCC最適化を実施

図-2 サービスレベルに応じた分類

移行を受け、トンネル構造物に対しても同様の方向性を意識した性能照査型マネジメント手法を適用することが望まれる。しかし、トンネルの主部材である周辺地山の性能を定義することは、不確実性や不均質性の問題や、直接測定することが不可能に近いという理由などによ

り、材料の性能・特性把握が困難であるばかりか、外力の算定にも相当の困難を伴う。そのため、図2に示すように、サービスレベルに応じたマネジメント手法を提案する²⁾。サービスレベルが低位である場合、見なし型設計法により点検を主とする照査法によって性能を把握するという手法を採用することが現実的である。以上より、ここで議論する性能照査型マネジメント手法は、サービスレベルが高位である場合を念頭に置いて構築するものとし、中間的なサービスレベルにあるトンネルについては、適宜手法を組み合わせることが求められる。

3.3 性能評価型照査手法（健全度評価）

図3に維持管理段階における性能照査型評価手法の考え方を示す。7区分した要求性能に応じて、極力定量評価が可能となる性能照査指標を定めた¹⁾。これらの指標は性能を直接的に定義するものであり、点検・計測によって得られたデータを間接的に用いて、解析や統計的手法などを援用し上記の指標に換算するという手続きが必要となる項目も含んでいる。要求性能のうち、構造安全性能や耐久性能のように、比較的数値化が容易である項目もあれば、使用性能などは現実的に定量的照査が困難となる場合も考えられる。したがって、数値化による定量的評価が困難である場合は、5段階程度の評価基準を設定しておき、レーティング手法によってデータ化することも想定している。対象トンネルの用途、工法、事業者の戦略、サービスレベル等によって、性能照査を行う上で各性能の優先度は異なることとなる。そのため、各性能に対して重み付けを行って統合化する手法¹⁾や、主要となる部材や優先度の高い性能を抽出して照査する手法などを想定している。以上のように性能ごとに照査を行い、統合化を図り、スパン毎、あるいはトンネル毎に、トータル性能インデックス（例えば100点満点）によって、性能を一元管理することができるようになる。

3.4 将来状態の予測法

上記のトータル性能インデックスを縦軸とし、経時的に性能が低下する状態を、図4に示した。図のように現在時点に至るまでの点検回数が多ければ、それ以降の将来状態の性能低下予測を精度良く行うことができる。一般には、点検頻度は5年に一度（多い場合では2年に一度）程度であり、点検数が極端に少ない場合は不確実性が増加することとなる。性能照査型手法を導入するトンネルにおいては、計測を併用したモニタリングを行うことになると思われ、その場合は比較的連続的に時系列データを取得することが可能となり、将来状態の予測精度を向上させることが可能となる。さらに、将来状態には不確実性が伴うため、確率論的な予測手法を導入し、信頼性設計の考え方を取り込んだ柔軟な評価手法が望ま

要求性能	性能照査指標	照査手法 (判定基準策定)		重み付け
		数値評価	レーティング ²⁾	
利用者の安全性能	内空形状寸法、内空変位、ひび割れ、線形視距、漏水など	B	5段階	w1
利用者の使用性能	内空変位、ひび割れ、線形視距、漏水など	B	5段階	w2
構造安定性能	部材耐力、継手耐力、継手変形性能	A	5段階	w3
耐久性能	部材品質、ひび割れ、漏水	A	5段階	w4
管理者の使用性能	内空形状寸法、ひび割れ、線形視距、防災設備規模、漏水	B	5段階	w5
維持管理性能	内空形状寸法	B	5段階	w6
周辺への影響度	騒音振動、地盤変動、漏水質、地下水変動	B	5段階	w7

数値評価A：計測、数値解析等により積極的に数値化する

数値評価B：計測可能な項目以外は、判定基準に照合しレーティング²⁾。

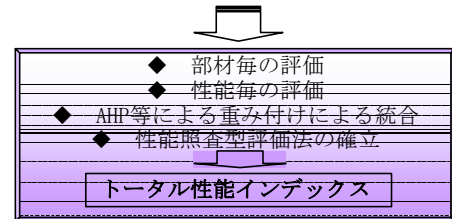


図-3 性能照査型照査手法（性能評価手法）

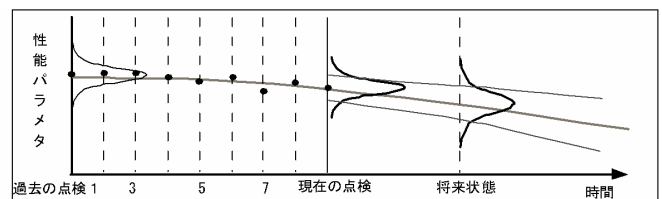


図-4 将来状態の予測法

れる。

4. おわりに

性能規定、評価指標の照査手法、トンネルの特殊性のモデル化など課題は山積されているが、供用過程における機能変化や要求性能の変動を考慮し、維持管理段階において性能を再照査しながら、LCCの見直しを繰り返しながら、柔軟なマネジメントを実施することが長寿命化への最適な手法といえる。なお本稿は、土木学会トンネル工学委員会「トンネル構造物の設計法の将来像と国際標準の対応に関する検討部会」において検討中である「LCDとアセットマネジメント」の一部である。

参考文献

- 1) トンネルのデザインとマネジメント(その1～その8)、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、VI、2007.9
- 2) 安田、大津、大西、厳しい制約条件下におけるトンネル構造物のミニマムメンテナンス、2006.9、建設マネジメント勉強会サマースクール2006