山岳トンネルにおけるアセットマネジメント適用に関する一考察

㈱鴻池組　土木事業本部企画部　正会員　○山田　浩幸
金沢工業大学大学院　学生会員　篠田　将希
金沢工業大学　正会員　木村　定雄

１．はじめに

我が国の社会基盤構造物は，新規建設によるインフラ整備から合理的な維持管理による延命化・長寿命化の時代へと変わりつつある．維持管理における対策技術は，各機関で研究・開発が行われ発展してきたが，合理的な維持管理に向けた評価手法は確立されたとは言えない．本論文では，山岳トンネルにおける計画的な維持管理を行うにあたり，アセットマネジメント的な考え方を導入して実施した劣化予測に関する考察を行ったものである．

２．モデルトンネルにおける健全度評価

健全度評価は，モデルトンネル全覆工，99 スパン（約 1km）において H12 年度と H16 年度の点検結果覆工展開図を参照し，複数の専門技術者により健全度判定を行った．**図－1** に展開図の一部を示す．

健全度判定の項目は，覆工展開図より判読可能である「ひび割れ」「漏水」「浮き・はく落」を対象に行った．

表-1 にモデルトンネルの健全度判定の際に使用した判定区分と基準を示す．判定区分Ⅰは「利用者被害を誘発する変状」に対して行う判定，判定区分Ⅱは「トンネルの構造的変状」に対して行う判定である．

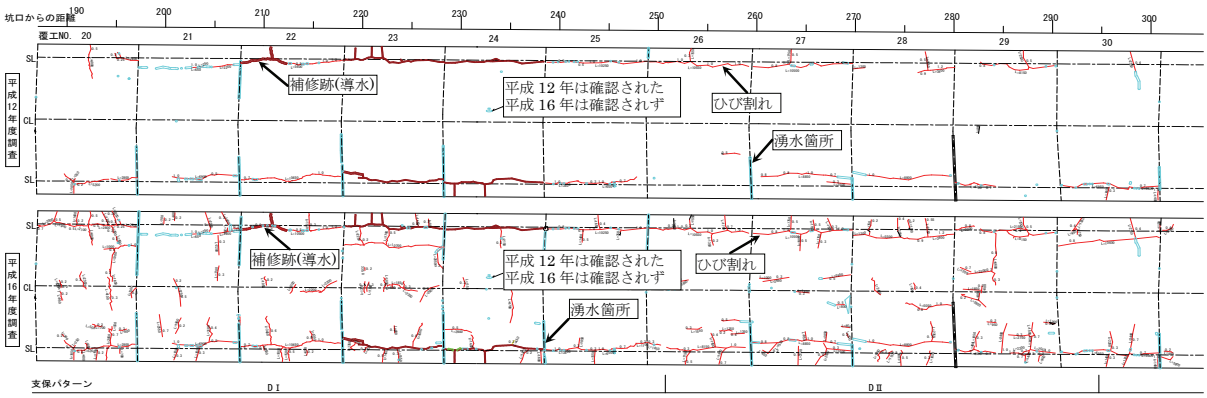

図-1　モデルトンネル変状展開図（変状著しいスパン）

表-1　変状判定区分

判定区分Ⅰ（利用者被害を誘発する変状）

判定区分Ⅰ	判定の内容
３Ａ－Ⅰ	変状が大きく、歩行者及び通行車両に対して危険があるため、直ちになんらかの対策を必要とするもの。
２Ａ－Ⅰ	変状があり、それが進行して、早晩、歩行者及び通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの。
Ａ－Ⅰ	変状があり、将来、歩行者及び通行車両に対して危険を与える可能性があるため、必要に応じて対策工を計画的に実施するもの。
Ｂ－Ⅰ	変状があっても軽微な変状で、現状では歩行者及び通行車両に対して大きな影響はなく、日常点検および定期点検での注視を実施するもの。

判定区分　Ⅱ（構造的な変状）

判定区分Ⅱ	判定の内容
３Ａ－Ⅱ	変状が大きく、トンネル構造自体の安定に問題があり、早急に対策を必要とするもの。
２Ａ－Ⅱ	変状があり、それが進行して、トンネル構造自体の安定に問題が生じるため、計画的に対策を必要とするもの。
Ａ－Ⅱ	変状があり、将来的にトンネル構造自体の安定に問題が生じる可能性があると考えられ、継続的な調査または調査項目を追加し再調査を必要とするもの。
Ｂ－Ⅱ	軽微な変状で、現状ではトンネル構造の安定に問題はなく、日常点検および定期点検での注視を実施するもの。

３．健全度評価結果に基づく劣化予測

マルコフ過程を用いてモデルトンネルのスパンにおける劣化の生起確率を算出した．

算出方法は，最終的な再判定結果を右記の**表-2** に示すように変状要因ごとにグレード化し，その変状要因ごとに予測時点(H20)において発生する確率を算出するものである．

表－3，4 に健全度評価で得られた結果を示す．また，**図-2** に判定区分（ひび割れ）に

表-2　グレードと判定区分

グレード	判定区分	
Ⅴ	3A－Ⅰ	
Ⅳ	2A－Ⅰ	3A－Ⅱ
Ⅲ	A－Ⅰ	2A－Ⅱ
Ⅱ		A－Ⅱ
Ⅰ	B－Ⅰ	B－Ⅱ
0	空欄(-)	

キーワード　地下空間，山岳トンネル，維持管理，アセットマネジメント，劣化予測
連絡先　〒530-8517　大阪市北区梅田 3-4-5　㈱鴻池組　土木事業本部企画部　TEL06-6343-3448

関するグレードの変化を度数として示す．この結果を見ると，H12 年と H16 年の評価から予測した平成 20 年のグレード（変状レベル）が上がっていることが分かる．漏水，うき・はく離についても同様の傾向となっており，これらは確率理論を用いることにより，現状の健全度からの劣化予測を行うことができることを示している．

表-5 に H16 年の判定区分の確率を，**表-6** に H20 年の生起確率を示す．

表-3 グレード化の集計結果(H12)

H12	グレード						総スパン数
	0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	
ひび割れ	19	57	19	4	0	0	99
漏水	47	37	0	9	6	0	99
うき･はく落	65	34	0	0	0	0	99

表-4 グレード化の集計結果(H16)

H16	グレード						総スパン数
	0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	
ひび割れ	0	63	35	1	0	0	99
漏水	44	32	0	6	17	0	99
うき･はく落	50	24	0	22	3	0	99

表-5 H16における判定区分(ひび割れ)の確率

0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
0.00	0.64	0.35	0.01	0.00	0.00

表-6 H20 における判定区分(ひび割れ)の生起確率

0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
0.00	0.50	0.48	0.01	0.00	0.00

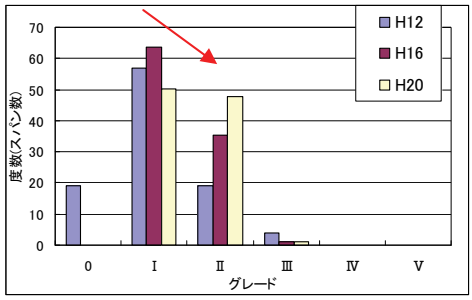

図-2 マルコフ過程結果(ひび割れの生起確率)

4．トンネルの要求性能と健全度評価における課題

トンネルの健全度を評価するにあたっては，対象となるトンネルが保有すべき機能と性能をふまえて考える必要がある．既往の研究では，「機能については，トンネルが存在する本来的な目的すなわちトンネルの果たす役割ととらえ，性能は対象構造物が持っている能力と定義し，要求性能は対象構造物が機能を果たす上で要求される性能」と定義している．要求性能の 1 例を**表-7** に示す．

ここで，トンネルの要求性能の確保といった観点から健全度評価を行う際の課題を以下に示す．

①健全度評価は日常点検（目視）よるものであり，要求性能に対応しないものがある．

②維持管理性能と健全度はなじみにくい．

③周辺への影響度がトンネルごとに異なる．

④耐久性能に関しては，覆工（本体構造物）に限定すれば，構造安定性能とラップする．

⑤利用者の使用性能には，個人差が影響する．

表-7 要求性能の分類（ひび割れ進行性有り）

大項目	中項目	小項目
利用者の安全性能	利用者の安全を直接脅かさない	剥落が生じない
利用者の使用性能	利用者に不快感･不安感を与えない	利用者が不快感･不安感を持つような漏水･ひび割れが見られる
構造安定性能	常時作用する荷重に対して安定する	覆工が安定する
	必要な耐震性能を有する	供用期間中に想定される地震動に対して覆工が必要な耐震性能
	想定されている荷重変化に対して安定する	供用期間中に想定される近隣施工による影響や周辺環境の変化など荷重条件の変化に対して必要な耐荷性能を有する
耐久性能	防水性が良い	鉄筋腐食が少ない

5．まとめ

今回，劣化予測の一例を示したが，高度経済成長期を境に急速に整備された社会基盤構造物の合理的維持管理は重要な課題であり，**図-3** に示すように，現状を把握した上でその構造物に求められる性能の変化を予測し，対策技術の選定や実施時期を，費用対効果の観点から合理的に評価するアセットマネジメントへの期待は大きい．今後，計画的に維持管理を進める上で，性能とコストを追及するハード(施工)技術とともにアセットマネジメントというソフト技術が重要となる．

本研究は，土木学会地下空間研究委員会維持管理小委員会での検討成果の一部である．今後も合理的な維持管理にむけた研究と検証を行っていきたいと考えている．

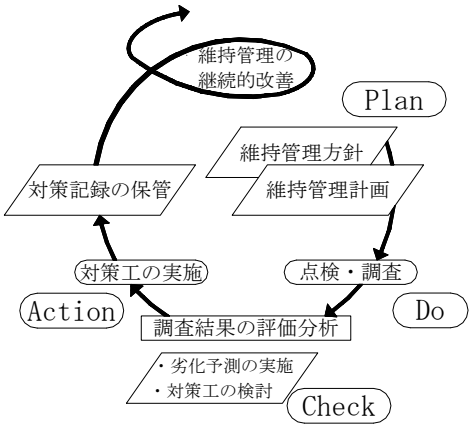

図-3 合理的な維持管理の流れ