

検定手法を用いた既存山岳道路トンネル覆工の保有性能の定量的評価(1)

金沢工業大学大学院 学生員○篠田 将希^{*1}金沢工業大学 正会員 木村 定雄^{*1}(株)鴻池組 正会員 山田 浩幸^{*2}

1. はじめに

トンネルの維持管理では、性能規定に基づくマネジメント手法が検討され、幾つかの手法が提案されている¹⁾。そこで、筆者らは性能照査手法の一つとして、現行の維持管理で適用されている点検評価手法²⁾と定量的な保有性能評価手法¹⁾の整合性について検討した³⁾。その結果、現行の道路トンネル維持管理便覧の判定区分と性能規定に基づく手法の結果との関係性を確認した。一方、トンネル内において不具合が発生している箇所や、その強度といった不確定な保有性能を確率密度で表現した場合、現行の判定区分に応じた保有性能のメジアンとボラティリティを分析して、保有性能の定量的な評価を行う必要があることがわかった。

そこで、道路トンネル維持管理便覧の判定区分をベースとして、B 判定(健全であるとしている)と 3A 判定(対策が直ちに必要としている)の判定区分を、より定量的な保有性能として評価する手法を検討した。

本文では変状の異なる2つの山岳道路トンネルの点検データを用いて、性能評価基準値のパラメータスタディを行い、健全区間と変状区間の違いをメジアンとボラティリティの検定から、その違いを明確にする手法を述べている。

2. 保有性能評価の概要

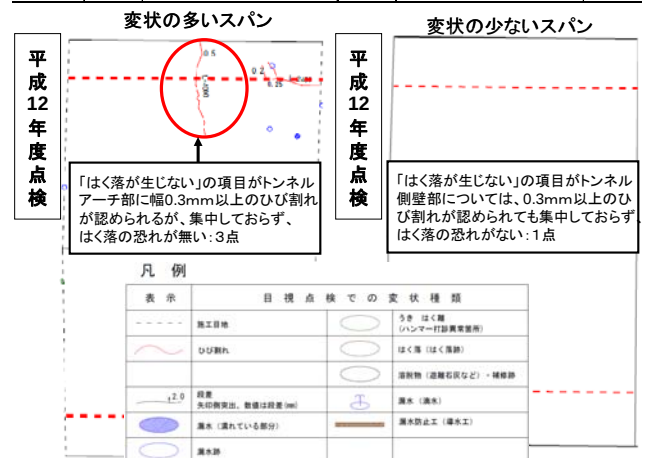
保有性能評価(以下、*TPI*)は、山岳道路トンネルの覆工展開図より評価する。評価対象とした山岳道路トンネルの覆工展開図の例を図1に示す。*TPI*¹⁾の評価は、H12年度点検時における山岳道路トンネルの健全区間(変状スパンの少ない区間)と変状区間(変状スパンの多い区間)を対象として、式(1)を用いて算出する。

$$TPI = \sum_{i=1}^n C_i \cdot P_i \quad (1)$$

ここで、*TPI*はトータル性能インデックス、*C_i*は重み係数(表1参照)、*P_i*は性能評価基準の配点である。性能評価基準の配点*P_i*は5段階のレーティングから定

表1 重み係数¹⁾

大項目	中項目	小項目	重み係数
A 利用者の安全性能	A1 安全に走行できる	A11 良好な道路幅員の確保	0.034(0.180)
		A12 ハンドルを握らない	0.066(0.188)
		A13 運転者の視認性が良好である	0.038(0.175)
	A2 利用者の安全を直接脅かさない	A21 コンクリートがはく落ししない	0.066(0.178)
		A22 漏水を生じない	0.017(0.102)
		A23 適正な換気能力があり、利用者の健康を害さない	0.032(0.174)
B 利用者の使用性能	B1 快適に走行できる	B11 非常時に防災設備が確実に利用できる	0.073(0.142)
		B12 通行規制を最小限とすることができる	0.029(0.163)
		B13 乗り心地がよい	0.032(0.149)
	B4 利用者に不快感・不安感を与えない	B41 覆工のクラックや漏水が見られない	0.013(0.221)
		B42 必要な視認性を確保している	0.017(0.220)
		B43 圧迫感のない視界	0.009(0.134)
C 構造安定性能	C1 常時作用する荷重に対して安定する	C11 覆工が安定する鉄筋コンクリート	0.023(0.150)
		C12 覆工が安定する鉄筋コンクリート	0.021(0.117)
		C13 地山が安定する	0.038(0.208)
	C2 必要な耐震性能がある	C21 覆工が安定する	0.017(0.178)
		C22 地山が安定する	0.016(0.178)
		C23 覆工が安定する	0.019(0.268)
D 耐久性能	D1 防食性がよい	D11 覆工が安定する	0.021(0.268)
		D12 地山が安定する	0.021(0.268)
		D13 地山が安定する	0.010(0.158)
	D2 防水性がよい	D21 一時的に地山が自立できる	0.010(0.158)
		D22 火災時に覆工の耐荷力が維持できる(後継者が作用している場合)	0.010(0.157)
		D23 火災時に覆工の耐荷力が維持できる(耐火材を設置する場合)	0.010(0.157)
E 管理者の使用性能	E1 必要な交通量を確保できる	E11 覆工が安定する	0.027(0.197)
		E12 トンネル設備を収容できる	0.017(0.197)
		E13 安全・経費に点検・清掃ができる	0.039(0.190)
F 維持管理性能	F1 容易に補修ができる	F11 容易に補修ができる	0.022(0.190)
		F12 容易に補修ができる	0.027(0.190)
		F13 容易に補修ができる	0.027(0.190)
G 周辺への影響度	G1 周辺への振動が少ない	G11 周辺への振動が少ない	0.027(0.094)
		G12 周辺への振動が少ない	0.028(0.103)
		G13 周辺への振動が少ない	0.019(0.065)
	G2 地下水への影響が少ない	G21 地下水への影響が少ない	0.027(0.115)
		G22 地下水への影響が少ない	0.027(0.115)
		G23 地下水への影響が少ない	0.007(0.036)
合計	1.000	1.000	1.000

図1 山岳道路トンネルの覆工展開図⁵⁾表2 判定区分の内容²⁾

判定区分	判定の内容
3A	変状が大きく、通行者・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	変状があり、それらが進行して、早晚、通行者・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	変状があり、将来、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの。
B	変状がないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが、監視を必要とするもの。

めている。覆工展開図より評価できない項目は健全であるとして1点を配点する。*TPI*は最も健全なもので1点、変状が厳しく劣化した状態では配点を大きくする。

キーワード：トンネル、性能規定、維持管理、アセットマネジメント

連絡先 *1: 〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1 地域防災環境科学研究所 TEL: 076-274-7704 FAX: 076-274-7102

連絡先 *2: 〒530-8517 大阪市北区梅田3丁目4-5 TEL: 06-6343-3290 FAX: 06-6343-3176

3. 性能評価基準値のパラメータスタディ

性能評価基準の配点をパラメータとした。すなわち、性能評価基準における「直ちに対策が必要である」とされるAA判定の配点を3ケース、「適切な時期での対策が望ましい」とされるA判定の配点を3ケース、計6ケースの配点基準を用いてTPIを求めるパラメータスタディを実施した。検定フローを図2および図3に示す。TPI評価結果からF検定、t検定、Welch検定⁴⁾を行い、採択や棄却域を5%とした。

4. 結果および考察

各検定結果を表3および図4に示す。表3をみるとボラティリティの検定であるSTEP1では、パターン1、パターン2、パターン3のすべてにおいて、健全区間と変状区間の各母集団が“等分散である”ことを確認した。一方、パターン4、パターン5、パターン6では、健全区間と変状区間の各母集団がすべて“等分散でない”という結果を得た。これらは図4をみても“等分散でない”ということが概ねみてとれる。STEP2のメジアン検定では、すべてのパターンが棄却された。したがって、健全区間と変状区間の各母集団が“メジアンに有意差がある”ということが確認された。

以上の結果より、パラメータスタディを行った6ケースすべてがメジアン検定で棄却されたことから、健全区間と変状区間の違いを定量的に把握することができる可能性が示された。一方、パターン1、パターン2、パターン3では“等分散である”という結果を得ている。これは、今回用いた山岳道路トンネルのデータでは、「直ちに対策が必要である」とされる変状がないため、パラメータスタディを行っても、TPIに影響しなかったものと考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、土木学会：トンネル・ライブラリー第21号 トンネルの維持管理，2009.10.
- 2) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，2005.11.
- 3) 篠田将希，木村定雄：点検データを用いた既存山岳道路トンネルの保有性能の評価，中部支部研究発表会，VI部門，2010.3
- 4) 木谷理志，清水幸範，木村定雄：トンネル覆工の長期構造成能評価・予測に関する研究(1)―初期の力学性能の確立論的評価に関する一考察―，土木学会第59回年次学術講演会，VI部門，2004.9
- 5) 山田浩幸，駒村一弥，山本雅広，田中康弘：山岳トンネルにおける健全度評価と劣化予測に関する一考

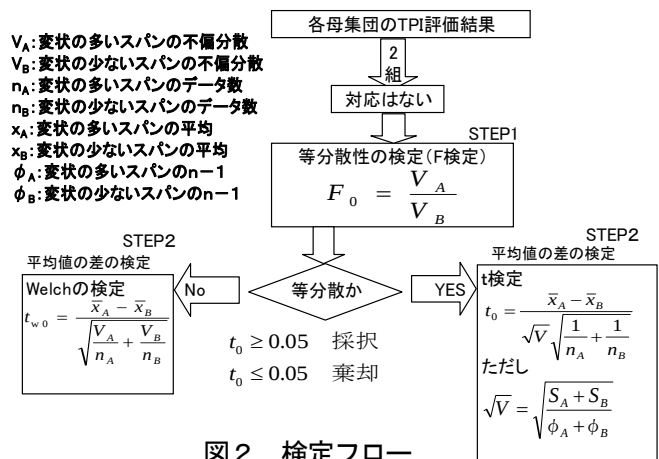


図2 検定フロー

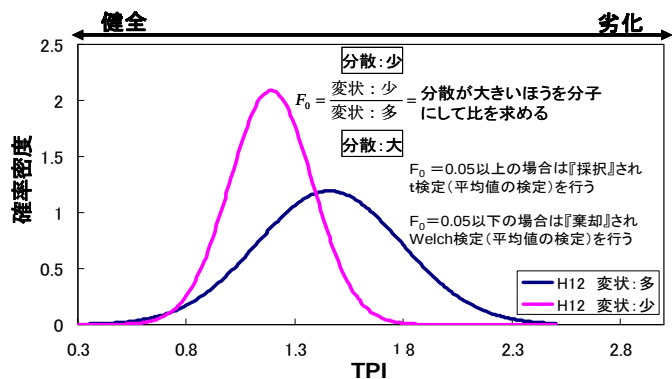


図3 F検定 (等分散の検定)

表3 検定結果 (F検定, t検定, Welch検定)

H12年度点検データ						STEP1	STEP2	STEP2	
性能評価基準 (配点パターン)						F検定 (分散)	t検定 (平均)	welch検定 (平均)	検定結果
①	1	3	5	7	15	0.605 > 0.05	1.93E-08 < 0.05		F変状多 = F変状少
						採択	棄却		t変状多 ≠ t変状少
②	1	3	5	7	30	0.605 > 0.05	1.93E-08 < 0.05		F変状多 = F変状少
						採択	棄却		t変状多 ≠ t変状少
③	1	3	5	7	60	0.605 > 0.05	1.93E-08 < 0.05		F変状多 = F変状少
						採択	棄却		t変状多 ≠ t変状少
④	1	3	5	20	60	1.56E-2 < 0.05		3.19E-03 < 0.05	F変状多 ≠ F変状少
						棄却		棄却	tw変状多 ≠ tw変状少
⑤	1	3	5	30	60	5.81E-05 < 0.05		1.07E-02 < 0.05	F変状多 ≠ F変状少
						棄却		棄却	tw変状多 ≠ tw変状少
⑥	1	3	5	40	60	4.39E-07 < 0.05		2.13E-02 < 0.05	F変状多 ≠ F変状少
						棄却		棄却	tw変状多 ≠ tw変状少

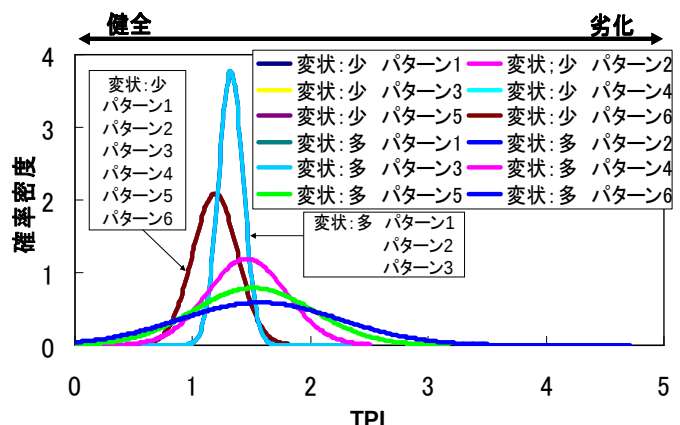


図4 パラメータスタディ結果

察，地下空間シンポジウム，pp.1-10,2006.10.