

新見市トンネル長寿命化修繕計画



令和2年3月

岡山県新見市建設部建設課

目 次

1	まえがき	-----	1
2	位置図	-----	2
3	トンネル長寿命化計画		
3-1	対象施設	-----	3
3-2	計画期間	-----	3
3-3	健全度の判定区分・実施時期、優先順位	-----	3
4	定期点検および健全度診断結果		
4-1	健全性診断の判定結果	-----	5
4-2	健全性診断の結果分布	-----	5
5	修繕計画の策定		
5-1	トンネルの現状	-----	6
5-2	トンネルの諸元表	-----	7
5-3	維持管理目標	-----	8
5-4	状態把握	-----	9
6	LCC 分析・予算の平準化		
6-1	長寿命化投資計画の検討	-----	10
6-2	トンネルの LCC 算定手法	-----	10
6-3	トンネルの耐用年数(寿命)	-----	12
6-4	年間投資額を平準化(予算の平準化)	-----	12
6-5	トンネルの LCC 算定結果	-----	13

1. まえがき

新見市には令和元年度3月末現在において、市が管理する道路トンネルが合計6箇所あります。この内、現時点で供用後50年を超えるトンネルは4本あり、15年後には5本、28年後には全てのトンネルが供用後50年を超えることなどから維持管理費も増大していくことが予想され、適切な維持管理を行わなければ、補修や補強対策が一時期に集中し、膨大な費用が必要となることが懸念されている。

このため、新見市では、岡山県が定めたトンネル点検マニュアルに準拠して、これまでに平成26年度と、平成26年度から平成31年度の間にて計2回のトンネル点検を実施しており、その点検結果を現在のトンネル本土工における維持管理に反映している。

さらに、点検データによって得られた最新の知見や行動方針の内容等を反映し、より一層の効率的、効果的な道路トンネルの維持管理・運営を行っていくため、トンネル長寿命化計画を策定するものとした。

以下に、参考として我が国と岡山県における道路トンネル点検内容の変遷をまとめた(図1.1)。

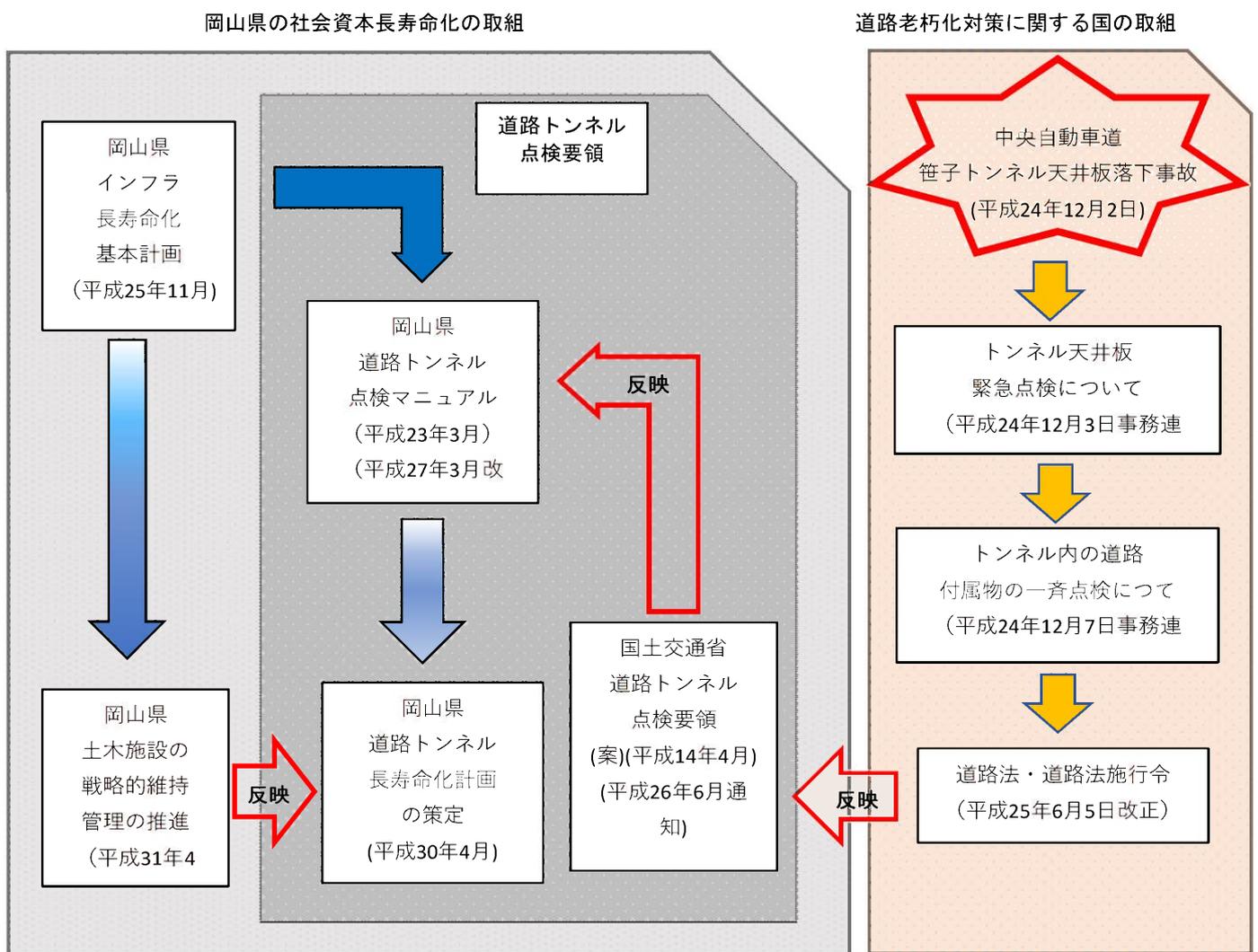


図 1.1 定期点検等の制定経緯

2. 位置図

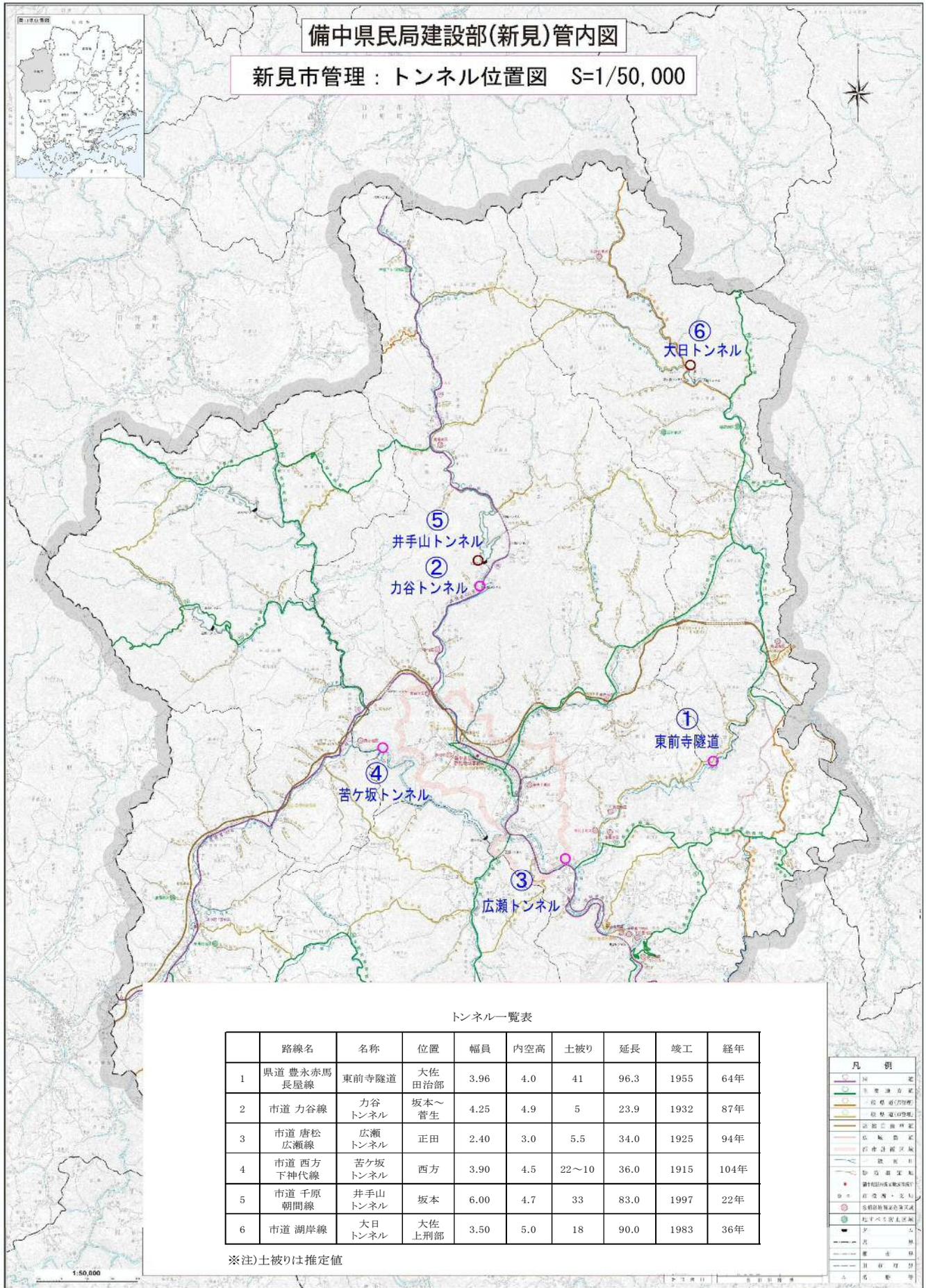


図 2.1 トンネル位置図

3. トンネル長寿命化計画

3-1 対象施設

本計画は、新見市が管理する計6トンネルを対象とします。

3-2 計画期間

今年度に行ったトンネル定期点検から、次回のトンネル定期点検までの期間、2019年度より2024年度までの5年間とします。

3-3 健全性診断の判定区分と対応方針・対策の実施時期、対策の優先順位について

3-3-1 健全性診断の判定区分と対応方針・対策の実施時期

1) 判定区分と対応方針

定期点検時の各トンネルでの健全度の判定区分により、以下の優先順位で対策を行います。

ここで、区分Ⅱについてはトンネルの健全度判定の強弱によって、軽度：Ⅱbと重度：Ⅱaにさらに細分化する。

表 1: 健全度の判定区分、状態と対応方針

区分		状態	対応方針・期間
Ⅳ	緊急措置段階	「利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い」 構造物の機能に支障が生じている、又は、生じる可能性が極めて高く、緊急に措置を講ずべき状態	直ちに対策 1年以内 通行止めなどの応急措置を含め、緊急対応を行う
	早期措置段階	「早晚、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い」 構造物の機能に支障が生ずる可能性が予見され、早期に措置を講ずべき状態	早急に対策 2年以内 監視および対策の実施: 対策を実施するまでの期間は監視する。
重度Ⅱ (Ⅱa)	予防措置段階	「将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性がある」 構造物の機能に支障は生じていないが、予防保全の観点から、監視などの措置を講ずる事が望ましい状態	定期点検 10年以内 監視: 変状箇所の進行を確認する。
軽度Ⅱ (Ⅱb)	予防措置段階	「将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性がある」 構造物の機能に支障は生じていないが、予防保全の観点から、次回定期点検時に確認を必要とする状態	定期点検 30年以内 補修なし
Ⅰ	健全	「利用者に対して影響が及ぶ可能性がない」 構造物の機能が、当初計画のとおり発揮され必要とされる性能を満足している状態	定期点検 対応不要 補修なし

2) 対策の実施時期

岡山県トンネル定期点検マニュアルに示されるように、以下の健全度に至る段階で、対策を実施する。

対策区分	応急対策の計画・実施	変状原因究明や対策工設計のための調査計画・実施	変状の進行把握のための監視、計測計画・実施
Ⅳ	○	○	○
Ⅲ		○	○
Ⅱa			○

緊急措置: 健全度ランクⅢの変状が健全度ランクⅣに推移した段階で、緊急対応等を実施する。

早期措置: 健全度ランクⅡaの変状が健全度ランクⅢに推移した段階で、補修等の対策を実施する。

予防措置: 健全度ランクⅡbの変状がⅡaに推移した段階で、監視に着手する。

※監視に着手後は変状箇所の進行を確認するため、日常点検及び職員点検による監視を併用する。

3-3-2 重要度による区分

補修対策が必要なトンネルから、優先順位を持たせて対策を行いますが、同等程度の補修対応が必要なものが複数箇所発生した場合には、重要度を指数化した評価を行い、重要度の高いものから、対応します。

$$\text{優先順位決定指数 } \alpha = W_a \times X_a + W_b \times X_b + W_c \times X_c + W_d \times X_d$$

表 2: 評価項目毎の基礎評点

評点	X _a :路線の重要度	X _b :利用頻度(交通量) 台/日	X _c :迂回路の有無 +迂回時間	X _d :トンネル延長 m
5	一般県道:市管理 (2車線)	500 以上	なし	100 以上
4	同上 (1車線)	100 ~ 500	あるが遠い (+30 分程度)	75 ~ 100
3	市道 (幹線1級,2級,一般市道)	50 ~ 100	あるが中程度 (+15 分程度)	50 ~ 75
2	同上 (バス路線)	10 ~ 50	あるが近い (+5 分程度)	25 ~ 50
1	その他(歩道等)	10 未満	あり (至近)	25 未満
重み 係数	W _a =4	W _b =3	W _c =2	W _d =1

表 3: 基礎評点による重要度指数の試算結果

判定 順位	名称	要補修 項目	延長	重要度指数				
				X _a	X _b	X _c	X _d	指数
1	東前寺隧道	無し	96.3	4	2	4	4	34
4	力谷トンネル	無し	23.9	3	1	1	1	18
5	広瀬トンネル	無し	34.0	1	1	4	2	17
2	苦ヶ坂トンネル	無し	36.0	3	1	5	2	27
3	井手山トンネル	無し	83.0	3	2	2	4	26
3	大日トンネル	無し	90.0	3	2	2	4	26

4. 定期点検および健全度診断結果

4-1 健全性診断の判定結果

新見市では、平成26年度より、岡山県トンネル点検マニュアルに基づき、5年に1度の頻度でトンネル定期点検を実施しており、今回：R01年度の点検結果は、以下の区分で診断しています。

表 4:健全度診断の判定結果

区分		状態	東前寺	力谷	広瀬	苦ヶ坂	井手山	大日
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない						
II	予防措置段階	構造物の機能に支障は生じていないが、予防保全の観点から、早期の措置を講ずる事が望ましい状態	漏水	劣化 漏水	漏水	劣化 漏水	劣化 漏水	劣化
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生ずる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	外力 劣化					
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は、生じる可能性が極めて高く、緊急に措置を講ずべき状態						

※注)区分IIについては、軽度：II bと重度：II aに細分している。

4-2 健全性診断の結果分布

今回：R01年度の点検結果に基づく、トンネル健全度の分布は以下のとおりです。

- ① 区分I N = 0
- ② 区分II N = 5 力谷,広瀬,苦ヶ坂,井手山,大日トンネル
- ③ 区分III N = 1 東前寺隧道
- ④ 区分IV N = 0

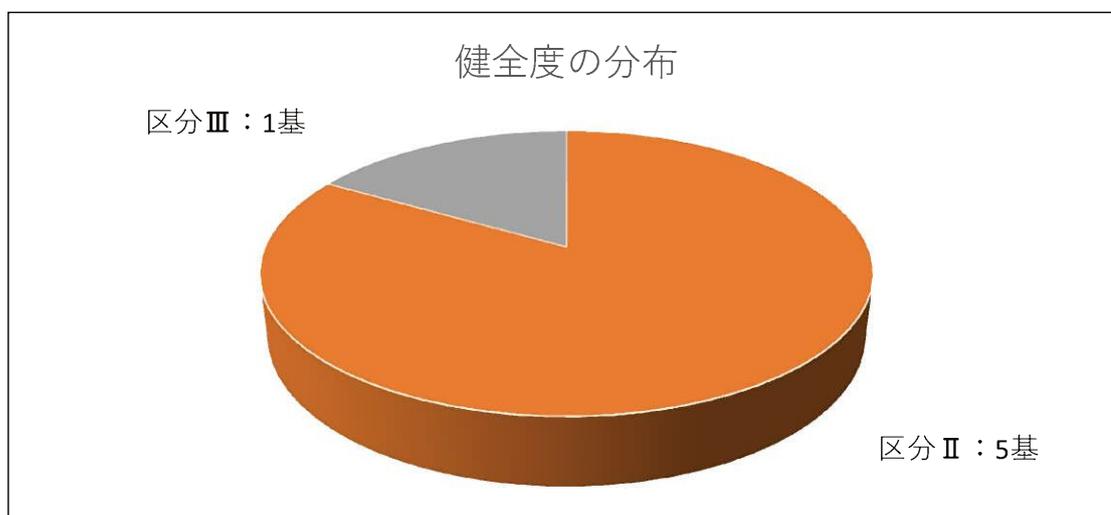


図 4. 1:健全度の分布

5. 修繕計画の策定

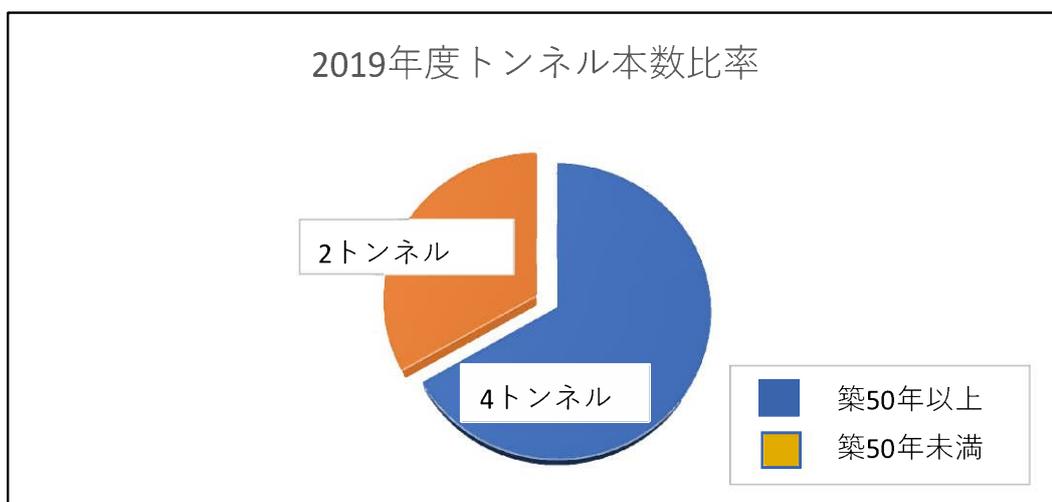
5-1 トンネルの現状

現在、新見市が管理するトンネルは計6本あり、最も古いものは大正4年(1915年)に竣工の「苦ヶ坂トンネル:築104年」であり、高齢化の目安を築後50年とした場合に、既に2/3が高齢化トンネルである。

また、新しいものでも平成9年(1997年)に竣工の「井手山トンネル:築22年」と昭和58年(1983年)に竣工の「大日トンネル:築36年」であり、管理トンネルの大半が既に設置後60年を超え、未だに健在である。

経過15年後には大日トンネルが、経過28年後には井手山トンネルが築後50年となり、全てのトンネルが超高齢化を迎えることとなる。

2019年度



2034年度:経過15年

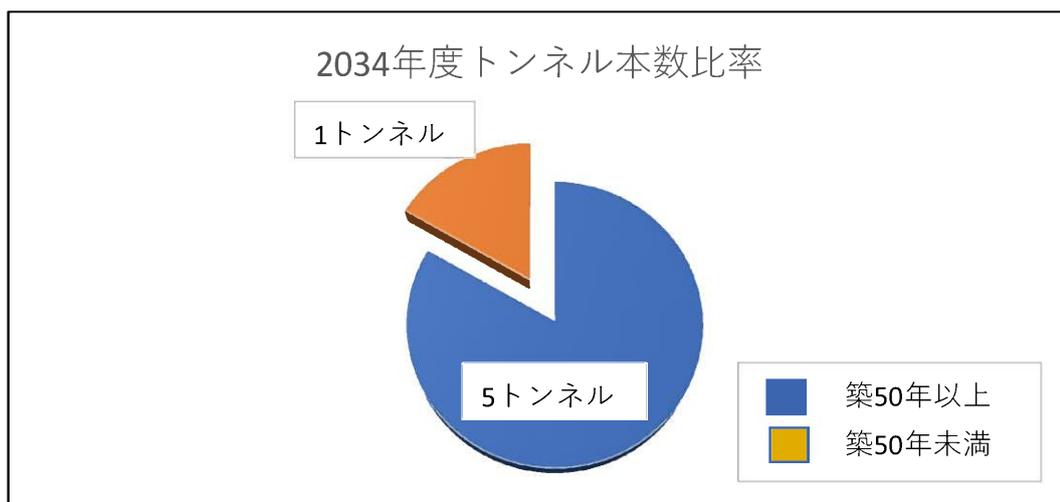


図 5. 1 2019年と2034年のトンネル経年割合

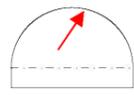
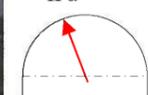
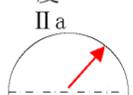
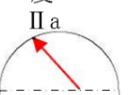
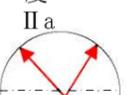
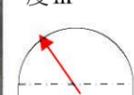
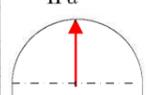
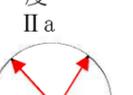
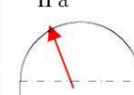
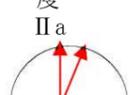
2.2 トンネルの諸元表

・トンネル立地条件・施工法

項目 名称	延長・土被		施工法等						道路種別				交通量 台/日				迂回路の有無				点検実施				点検結果※注)					健全度評価※注)				補修項目	
	延長	土被	NATM	シールドBOX	不明	覆工トンネル	吹付トンネル	露岩トンネル	県道	市道	バス路線	歩道	～10	～50	～100	～500	あり/至近	あり/近方	あり/遠方	なし	H26	R01			I	IIb	IIa	III	IV	I	II	III	IV	有り	無し
1 東前寺隧道	96.3	41			○	○	○		○				○					○		○	○			○	○	○	○				○		○		
2 力谷トンネル	23.9	5		○					○			○				○				○	○			○	○	○				○			○		
3 広瀬トンネル	34.0	5.5			○			○			○	○						○		○	○			○	○					○			○		
4 苦ヶ坂トンネル	36.0	22～10			○		○		○			○							○	○	○			○	○	○					○			○	
5 井手山トンネル	83.0	33	○			○			○				○				○			○	○			○	○	○					○			○	
6 大日トンネル	90.0	18	○			○			○				○				○			○	○			○	○	○					○			○	

※注)健全度評価は、令和元年点検結果に基づく

・トンネル補修工事

点検結果・要補修項目:緊急度は高	点検結果・要補修項目:緊急度は低	点検結果・要補修項目:緊急度は低	点検結果・要補修項目:緊急度は低	点検結果・要補修項目:緊急度は極低	点検結果・要補修項目:緊急度は極低
東前寺(トウゼンジ)隧道	力谷(シコタニ)トンネル	広瀬トンネル	苦ヶ坂(ニガサカ)トンネル	井手山トンネル	大日トンネル
<p>・S02-3:右アーチ貫通ひび割れ(延長の進行)</p>  <p>外力健全度 III</p> 	<p>・S03-1:左アーチに40ml/分の滴水</p>  <p>漏水健全度 II a</p> 	<p>・S01~04:アーチ、側壁に漏水(にじみ)</p>  <p>漏水健全度 II b</p>	<p>・S01-7:右アーチにうき</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 	<p>・S04-1:左アーチ目地ブロック閉合ひび割れ</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 	<p>・S05-2,3:左右アーチ目地部補修跡にうき</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 
<p>・S05-3~S11-2:左アーチにひび割れ/うき</p>  <p>材質劣化健全度 III</p> 	<p>・S03-2:アーチ天端に50ml/分の滴水</p>  <p>漏水健全度 II a</p> 		<p>・S03-2:左側壁にひび割れを伴ううき</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 	<p>・S11-2:右アーチ目地/92ml/分の流下</p>  <p>漏水健全度 II a</p> 	<p>・S014-2,3:左右アーチ目地部補修跡にうき</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 
<p>・S14-3:左アーチの骨材露出/10ml/分滴水</p>  <p>漏水健全度 II a</p> 			<p>・S04-2:天端,右アーチにうき</p>  <p>材質劣化健全度 II a</p> 		

5-3 維持管理目標

限界管理水準は、管理上、絶対に下回れない施設状態(水準)であり、表 4.1 の健全度ランク表の状態、措置の内容から、健全度ランクⅣとⅢとの境界とする。

また、(図 4.1)に示す様に、目標管理水準は、健全度ランクⅡaとⅢとの境界とし、定期点検等による状態監視の上、健全度ランクⅡaの変状が健全度ランクⅢに推移した段階で、対策を実施することを基本とする。

近年に多発している「局所豪雨」、震度4以上の「地震被害」など天災や坑内事故など、緊急対応を講ずる様な突発性の崩壊要因に対する対策時期は、個別に判断する。

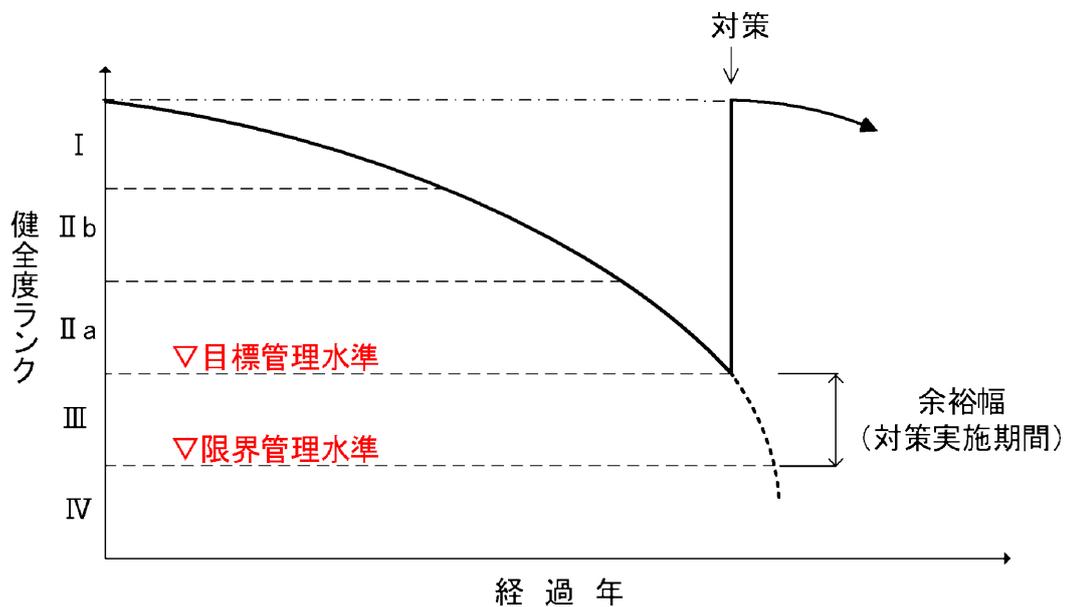


図 5.2 トンネル変状の健全度ランクと維持管理水準との関係

また、維持管理区分は補修による健全度回復のタイミングを設定し、各トンネルのLCCを算出します。

表 5:維持管理タイミングの区分

区分	対応の目安
予防保全型	健全度Ⅲの手前で対応
事後保全型	健全度Ⅳの手前で対応

予防保全型のタイミング 健全度Ⅲの直前にトンネルを修繕する ⇒ トンネルの状態が悪くなる前に対応

事後保全型のタイミング 健全度Ⅳの直前にトンネルを修繕する ⇒ トンネルの状態が悪くなった後に対応

5-4 状態把握

トンネルの点検は、日常点検、異常時点検、定期点検、監視、臨時点検及び付属施設点検から構成されるが、トンネルマネジメントに必要な情報は定期点検によって得ることを基本とする。

新見市が管理するトンネルの点検は、表 5.1 に示すように日常点検、異常時点検、定期点検、監視、臨時点検及び付属施設点検から構成され、トンネル本体工における各点検の関係は、下表 5.1 に示すとおりとする。

トンネルマネジメントに必要となる変状毎の健全度ランクは、定期点検によって得ることを基本とする。なお、状態の把握方法については、県点検マニュアルに準拠する。

表 6 新見市トンネル点検の体系

点検種別	目的	点検間隔	点検項目	点検実施者	備考
日常点検	利用者の安全性を阻害する状態の発見	適宜 月に2回以上	車上目視	職員 (必要に応じ委託)	通常パトロールにて実施
異常時点検	日常点検で利用者の安全性を阻害する変状・異常が認められた場合の対応を判断	日常点検で変状・異常が認められた場合	遠望目視	職員 (必要に応じ委託)	
定期点検	措置の方法や修繕計画の検討のための健全度ランクの判定(状態把握) 叩き落とし等の応急措置による利用者の安全確保	5年に1回	近接目視 打音検査 触診	専門技術者 (外部委託)	附属物があれば、取付状態を併せて確認する
監視	健全度ランクの判定の結果、当面は本対策の適用を見送ると判断された箇所に対し、変状の挙動を追跡的に把握する	健全度ランク Ⅳ, Ⅲ: 2~3年程度 に1回	遠望目視	職員 (必要に応じ委託)	
		健全度ランク Ⅱa, Ⅱb: 日常点検で実施	車上目視	職員 (必要に応じ委託)	
臨時点検	利用者の安全性を阻害する状態の発見	異常気象時 、震度4以上の 地震時等	車上目視 遠望目視	職員 (必要に応じ委託)	
付属施設点検	付属施設の動作状態の把握	法定点検：詳細な点検等は別途施設ごとに必要に応じ実施			異常気象時等パトロールにて実施

注1) 遠望目視で変状状況に変化が認められた場合、または変状状況が確認できない場合は近接目視等を行う。

注2) 日常点検時に利用者被害を及ぼす可能性があると思われる場合は、異常時点検に準じて変状状況を遠望目視で確認する。

6. LCC 分析・予算の平準化

6-1 長寿命化投資計画の検討

長寿命化計画の策定に伴う長期管理計画の立案にあたっては、LCC 分析を行い、LCC 最小化(コスト縮減効果)を考慮した保全計画を検討する。

6-2 トンネルの LCC 算定

LCC は、次式のとおり計算する。

$LCC = \text{【1】本体工対策費} + \text{【2】付属施設更新費} + \text{【3】維持管理費}$

- ・LCC 分析において、耐用年数(寿命)は考慮しない。
- ・LCC 分析における評価期間は、45 年程度を目安とする。

なお、各構成費目の内訳を図 6.1 に示す。

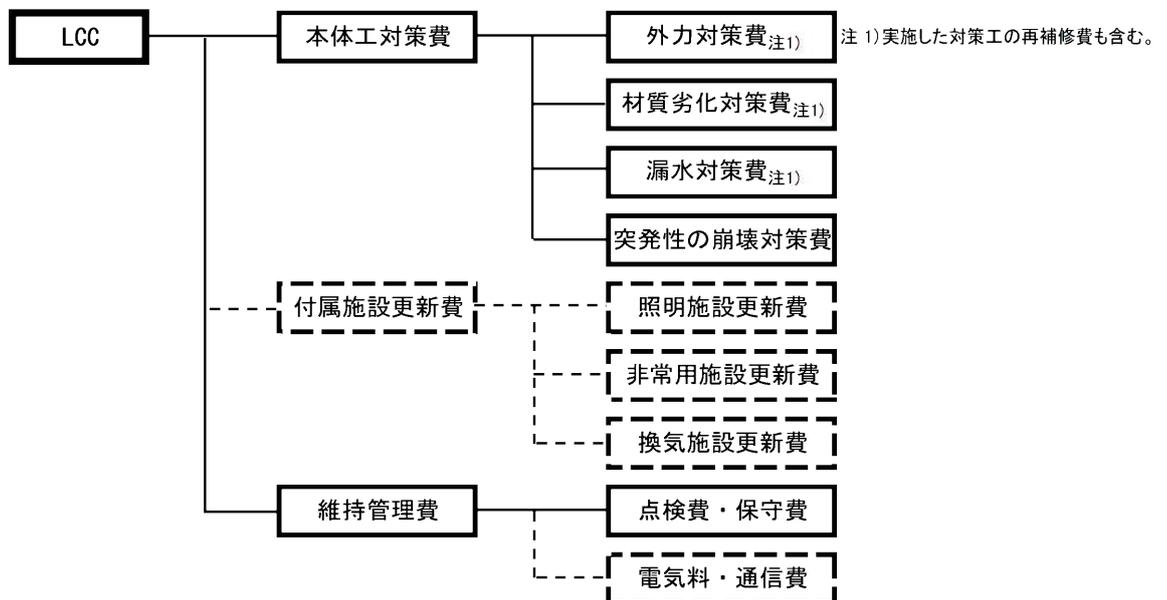


図 6.1 LCC 計算における各構成費目の内訳

6-2-1 本体工対策費

外力、材質劣化及び漏水に起因する変状は、定期点検で判定された健全度ランク毎の対策余寿命年に対策費を配分して計上する。対策費は、定期点検で採寸した変状数量(対策数量)に、表 6.1 で示す標準対策工の単価を乗じて算出する。なお、実施した対策工は、補修材の経年劣化等により再補修が必要になるため、適用した対策工の耐用年数経過年に再度同額の対策費(再補修費)を計上する。

覆工背面空洞・巻厚不足等に起因する突発性の崩壊に対する対策費は、外力、材質劣化及び漏水に起因する変状の対策費と区分して計上する。

6-2-2 付属施設更新費^{注2)}

注 2) 将来時の追加整備を念頭にしている。

付属施設(照明施設、非常用施設及び換気施設)は、既存施設の耐用年数や過去の点検履歴等を考慮し、更新時期を個別に設定し、施設の更新が必要となる年に更新費を計上する。

6-2-3 維持管理費

点検費や照明ランプ交換等の保守費、付属施設運転に係る電気料等を計上する。

表 7 対策工の代表例

変状区分	代表的な変状現象	対策の区分	対策工 ^{注1)}		LCC 計算において再補修が必要となるまでの年数 ^{注2)}	備考
外力	ひび割れ変形	外力対策	裏込め注工	可塑性アマルタル	永年	
				発泡ウレタン	永年	
			ロックボルト工		永年	
			内面補強工	鋼板接着工	30	
				繊維シート補強工	30	
				格子筋補強工	30	
			内巻補強工	◎プレキャスト工	100	
鋼材補強工	50					
材質劣化	うきはく離	はく落防止対策	はつり落とし工		30	
			断面修復工		30	
			金網・ネット工	金網工、エキスパンダ [®] メタル工	10	
				ネット工（FRPメッシュ、樹脂ネット）	25	
			当て板工	形鋼系（平鋼、山形鋼等）当て板工	20	
				パネル系（鋼板、成板）当て板工	30	
				◎繊維シート系当て板工	30	
補強セントル工	鋼アーチ支保工	50	主に応急対策で適用			
漏水	漏水路面滞水つらら側氷	漏水対策	樋工		20	
			溝切り工		20	
			止水注工（ひび割れ注入）		20	
			◎面導水工（防水パネル工）		20	
			水抜きボーリング、水抜き孔		50	

注1) 表中、◎黄色着色をLCC計算の標準対策工とする。標準対策工は、汎用性があり施工実績が高い工法を選定。

注2) 対策工の耐用年数のことをいう。対策工の耐用年数は、一部のメーカー聞き取りにより暫定的に設定しており、今後の点検結果や補修実績等の分析により検証する。

6-3 トンネルの耐用年数(寿命)

トンネルの LCC 分析において、耐用年数(寿命)は考慮しない。なお、LCC 分析の評価期間は、トンネルの変状の対策余寿命の最大値が 45 年(健全度ランクⅡb)であることを考慮し、45 年程度を目安とし、LCC 分析における社会的割引率や外部費用(社会的コスト)の考え方は以下のとおりとする。

6-3-1 社会的割引率:考慮しない

社会的割引率は、将来発生するコストを現在価値に割り戻して評価するためのものであり、LCC を算出する際に用いられる。

$$C = I + \sum_{k=1}^n \left[\frac{\text{k年目のコスト}}{(1+i)^k} \right]$$

ここで、C：ライフサイクルコスト
n：計算期間
i：社会的割引率

新規事業の場合、社会的割引率を 4%として費用便益を算出する手法が国土交通省の指針で定められているが、既設構造物の維持管理計画を対象とした場合の扱いが明確化されていない。

また、評価期間が長期間となった場合、将来の事業が過小評価され実務者の直感と矛盾する評価結果となる事から、LCC 分析においては、社会的割引率を考慮しない。

6-3-2 外部費用(社会的コスト):考慮しない

同一路線内の管理が主となる国土交通省や各高速道路会社では、走行時間損失、走行経費損失、事故損失等を LCC 分析に考慮している。

しかし、対象路線が多数ある場合には、路線の条件(交通量、規制の難易度、迂回路の有無等)が異なることや、損失額が巨額となり実際に発生する工事費用が対策工法を選定するための判断材料とならなくなる恐れもある。このため LCC 分析では、これらの外部費用は考慮しない。

6-4 年間投資額を平準化(予算の平準化)

LCC 分析によって検討された投資計画において、限られた財源の中で効率的なトンネルの維持管理を実施していくためには、突出した年間投資額を平準化(予算の平準化)する必要がある。

本土工対策費の予算の平準化は、原則として、変状の健全度ランク毎の対策余寿命の範囲内で行うものとするが、平準化の検討にあたっては、以下の点に留意する。

① 健全度ランクⅡb 及びⅡa の変状の対策余寿命前の対策実施は、再補修の前倒しにより経済的にならないこと、加えて補修材による落下リスクも高まるため、慎重に検討する必要がある。

② 早期に対策が必要な健全度ランクⅢの変状は、措置の緊急度や利用者の安全性を早期に確保する観点から、前倒して対策を実施することは望ましい。

③ やむを得ず、健全度ランクⅢあるいはⅣの変状の対策(本対策)を、対策余寿命を超えて実施せざるを得ない場合は、応急対策等の措置を実施する必要がある。

④ 突発性の崩壊に対する背面空洞充填対策(裏込め注人工)は、対策工の再補修が必要ないため、前倒して実施することが望ましい。

付属施設更新費の平準化にあたっては、とくに非常用施設については、機能喪失によりトンネル運用に支障を来す恐れがあるため、無理な延命化はしない。