

トンネル・スノーシェッド・大型カルバート 長寿命化計画



令和4年12月



トンネル・スノーシェッド・大型カルバート

長寿命化計画

1. 長寿命化修繕計画の見直し	1
1.1 目的.....	1
1.2 長寿命化修繕計画策定にあたって.....	1
2. 施設のメンテナンスサイクルの基本的な考え方	2
①点検.....	2
＜画像計測技術の試行的活用＞.....	2
②診断.....	3
③措置.....	3
＜補修工法の見直し＞.....	3
④記録.....	3
3. 長寿命化修繕計画	4
3.1 計画期間.....	4
3.2 点検計画(案).....	4
3.3 修繕時期の考え方.....	5
(1)修繕時期.....	5
(2)修繕優先順位の設定.....	5
3.4 2018 年度の点検結果.....	6
3.5 施設毎の長寿命化修繕計画(案).....	6
4. 計画の見直し・費用の縮減に関する具体的な方針の検討	7
(1)修繕.....	7
(2)撤去・更新.....	7
(3)集約化.....	7
(4)点検.....	7
4.1 新技術の活用検討.....	8
4.1.1 点検.....	8
4.1.2 修繕.....	9
4.2 新技術活用による維持管理費用.....	9

1. 長寿命化修繕計画の見直し

1.1 目的

南砺市が管理するトンネル・スノーシェッド・大型カルバートについて、2018 年度に長寿命化修繕計画を策定しました。

2022 年度（本年度）では、道路メンテナンス事業補助制度要綱などの通知を受けて、点検支援新技術の活用方針の検討を行うとともに、上記計画の見直しを行い、維持管理に関する事業の費用縮減や品質向上を図ることを目的としています。

1.2 長寿命化修繕計画策定にあたって

福岡トンネルのはく落事故に伴い、道路トンネルについては、国土交通省から 2002 年 4 月に道路トンネル定期点検要領（案）が発行され、同年 8 月から全国の道路トンネルを対象に一斉に定期点検等が実施されました。

2012 年 12 月 2 日、山梨県大月市笹子町の中央自動車道上り線笹子トンネルで天井板のコンクリート板が約 130m の区間にわたって落下し、走行中の車複数台が巻き込まれて死者もでています。これは社会資本の中でも地下構造物の維持管理が抱えてきた問題点が顕著化したものです。

従来のように損傷がある程度大きくなった時点で対策を行う「事後保全型」の管理手法を続けると維持修繕にかかる費用は膨大となるほか、工事に伴う交通規制によって流通の停滞による社会的損失の増大、崩落に至るような事故による人命の危険に及ぶリスクは極めて大きいものとなります。

近年は、社会構造の変化により土木施設への予算は高度経済成長期と比較して大幅に減少しています。従って、そのような限られた予算の中で維持管理にかかる費用の縮減を図るとともに、道路ネットワークの安全性や信頼性の高い維持管理手法が求められています。

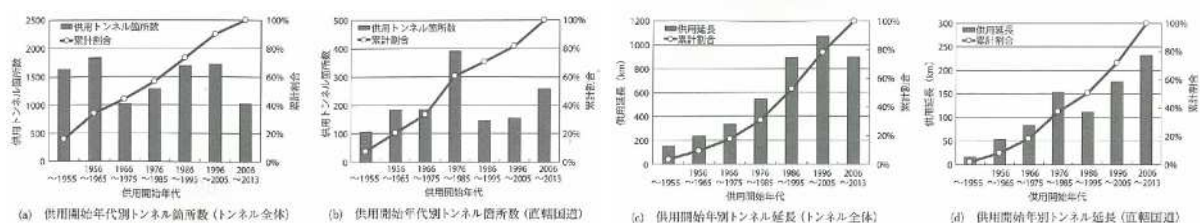


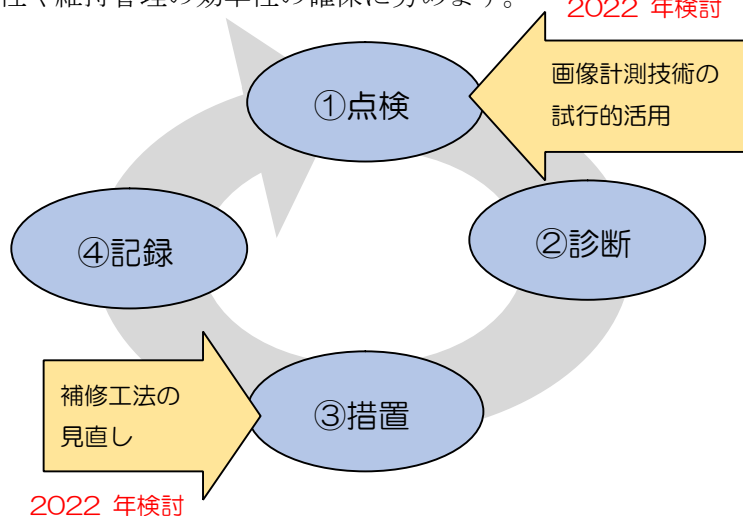
図 1 供用開始年代別トンネル数（2013 年 4 月 1 日現在）

出典：道路トンネル維持管理便覧【本編】、平成 27 年 6 月、日本道路協会

上記より、2018 年度には、南砺市が管理するトンネル・スノーシェッド・大型カルバートについて、最新の定期点検結果（2018 年度実施）を踏まえ、安全性・信頼性の高い維持管理、および財政支出の抑制（ライフサイクルコストの最小化）を図ることを目的に、長寿命化修繕計画を策定しています。

2. 施設のメンテナンスサイクルの基本的な考え方

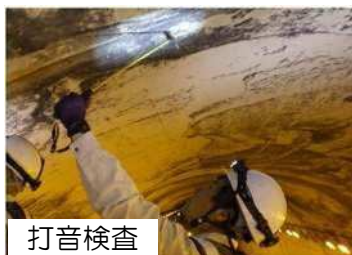
施設の維持管理にあたっては、「点検⇒診断⇒措置⇒記録⇒（次の点検）」のメンテナンスサイクルをこなし、施設の安全性や維持管理の効率性の確保に努めます。



①点検

南砺市は、国の基準（道路トンネル定期点検要領 H31.2、シェッド、大型カルバート等定期点検要領 H31.2）に準拠し、5年に1回の頻度で定期点検を実施していきます。

定期点検の代表的な手法として、「近接目視」、「打音検査」、「触診」があります。

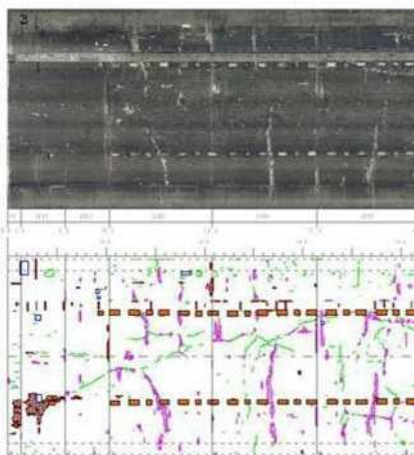


出典：道路トンネル定期点検要領 H31.3 国土交通省道路局

＜画像計測技術の試行的活用＞

南砺市におけるトンネル点検へ適用性の高い新技術として、点検支援技術性能カタログ掲載技術のうち、画像計測技術について調査し、活用方針の検討を行いました。詳細については、後述します。

画像計測技術の例）MIMM-R



出典：点検支援技術性能カタログ R3.10 国土交通省

②診断

国の基準に準拠し、健全性（Ⅰ～Ⅳ）の診断を実施していきます。

区分		状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
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著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

出典：道路トンネル定期点検要領 H31.2 国土交通省道路局

シールド、大型カルバート等定期点検要領 H31.2 国土交通省道路局

③措置

健全性の診断結果に基づいて、施設の機能や耐久性等を回復させることを目的に、対策や監視を実施します。

＜補修工法の見直し＞

対策について、費用削減を目的に、NETIS 掲載技術から補修工法の見直しを実施しました。
詳細については、後述します。

見直し後の補修工法例)ハイブリッドエポキシ樹脂



出典：NETIS「ハイブリッドエポキシ樹脂」

④記録

点検および診断の結果ならびに措置内容等を記録しす。

3. 長寿命化修繕計画

3.1 計画期間

5年に1回の定期点検サイクルを踏まえ、計画期間は2021～2030年の10年間とします。

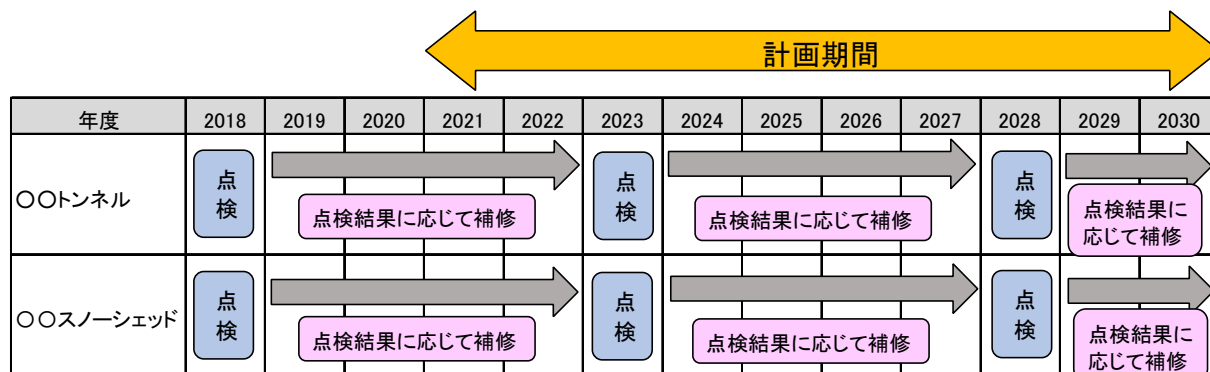


図2 長寿命化修繕計画イメージ

3.2 点検計画(案)

南砺市が管理するトンネル、スノーシェッド、大型カルバート25施設は、前回定期点検を2018年度に全施設で実施しています。

次回定期点検は5年後の2023年度予定ですが、年予算の偏りをなくするため、一部施設では2023年度を待たず定期点検を実施します。

2021年から10年間の点検計画（案）を表1に示します。

表1 点検計画（案）

年度	施設数	施設名
2020年	0施設	—
2021年	0施設	
2022年	20施設	上梨2スノーシェッド、上梨1スノーシェッド 山の神トンネルスノーシェッドA～F 漆谷1スノーシェッド、漆谷2スノーシェッド 湯谷スノーシェッド、蛇谷橋スノーシェッド 祖山スノーシェッド、皆律線屋根付階段、小瀬スノーシェッド 葎島スノーシェッド、大鋸屋スノーシェッド、梨谷スノーシェッド 坂上ボックスカルバート、田下ボックスカルバート
2023年	5施設	新山の神トンネル、湯谷隧道、 打越トンネル、細尾トンネル、菅沼歩道トンネル
2024年	0施設	—
2025年	0施設	—
2026年	20施設	上梨2スノーシェッド、上梨1スノーシェッド 山の神トンネルスノーシェッドA～F 漆谷1スノーシェッド、漆谷2スノーシェッド 湯谷スノーシェッド、蛇谷橋スノーシェッド 祖山スノーシェッド、皆律線屋根付階段、小瀬スノーシェッド 葎島スノーシェッド、大鋸屋スノーシェッド、梨谷スノーシェッド 坂上ボックスカルバート、田下ボックスカルバート
2027年	2施設	新山の神トンネル、湯谷隧道
2028年	3施設	打越トンネル、細尾トンネル、菅沼歩道トンネル
2029年	0施設	—
2030年	0施設	—

1 巡目

2 巡目

3.3 修繕時期の考え方

(1) 修繕時期

修繕は、定期点検結果に応じて実施します。

損傷が大きくなる前の、軽微なうちに補修することでコスト削減を図る「予防保全型」修繕にて計画します。

また、健全性Ⅲの施設については、早期（５年程度以内）に補修・補強を実施します。

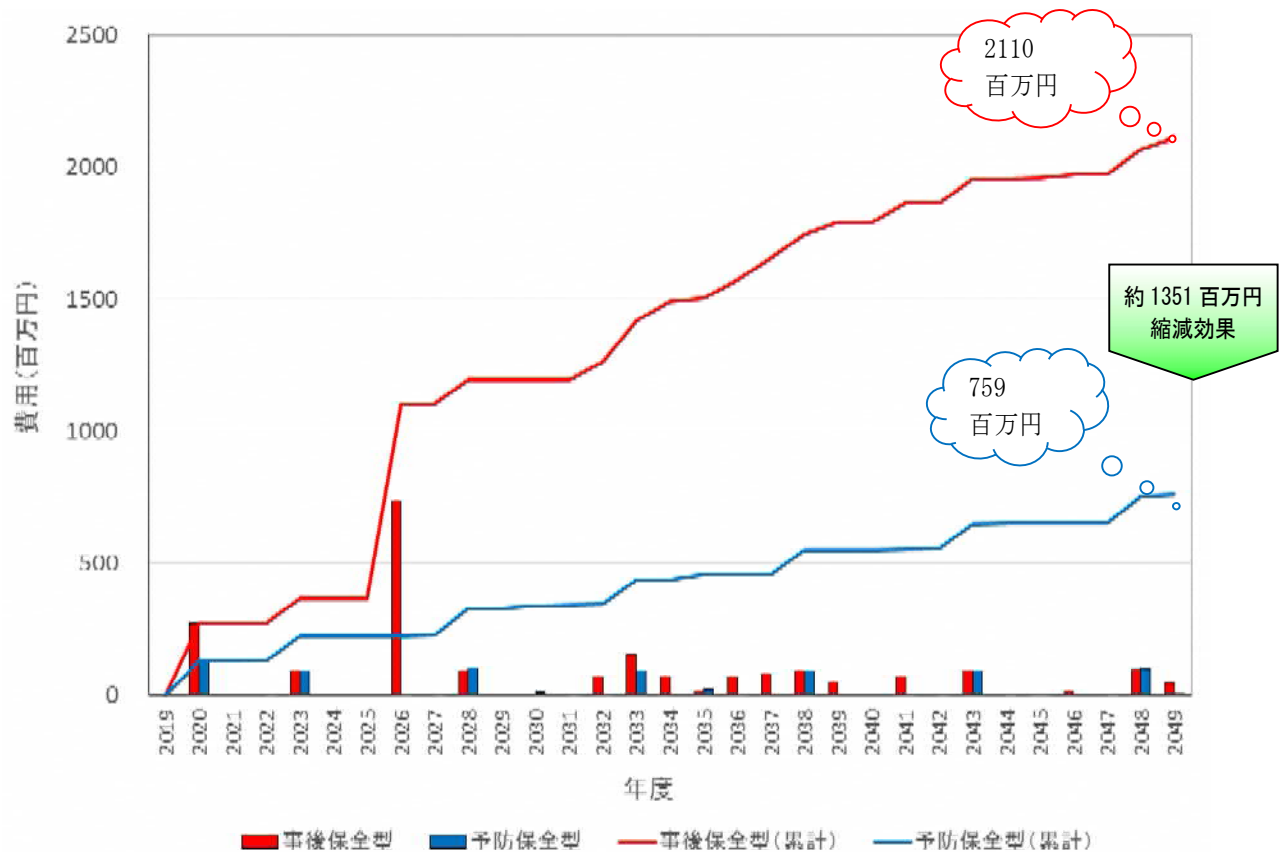


図3 予防保全型修繕計画による維持管理費のコスト削減効果（2018年度検討時）

(2) 修繕優先順位の設定

限られた予算の中で、健全性が低い施設の中から優先的に修繕を実施していくものを選択する必要があります。

修繕計画における修繕順序は、施設本体の損傷程度を表す「健全度」に加え、道路種別や交通容量（車道幅員）、施設延長による「重要度」を考慮して、決定します。

3.4 2018 年度の点検結果

2018 年度の点検結果を表 2 に示します。

表 2 施設毎の健全性

健全性	施設数	施設名
IV	0 施設	
III	9 施設	新山の神トンネル、湯谷隧道、打越トンネル、菅沼歩道トンネル、 上梨 2 スノーシェッド、新山の神トンネルスノーシェッド E、 蛇谷橋スノーシェッド、祖山スノーシェッド、葎島スノーシェッド
II	15 施設	細尾トンネル、上梨 1 スノーシェッド、 新山の神トンネルスノーシェッド A～D、F、 漆谷 1 スノーシェッド、漆谷 2 スノーシェッド、 湯谷トンネルスノーシェッド、皆葎線屋根付階段、 小瀬スノーシェッド、大鋸屋スノーシェッド、 梨谷スノーシェッド、田下ボックスカルバート
I	1 施設	坂上ボックスカルバート

3.5 施設毎の長寿命化修繕計画(案)

施設毎の長寿命化修繕計画（案）を表 3 に示します。

表 3 長寿命化修繕計画（案）

	番号	施設名	健全性 のランク	修繕 順位	計画の年度・時期									
					2018 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年
トンネル	1	新山の神トンネル	III	1			補修	補修	補修/点検				点検	
	2	湯谷隧道	III	4				点検	補修			点検		
	3	打越トンネル	III	2			補修	補修/点検					点検	
	4	細尾トンネル	II	10				点検				補修	点検	
	5	菅沼歩道トンネル	III	5				点検	補修				点検	
シェッド	1	上梨 2 スノーシェッド	III	8				点検				点検		
	2	上梨 1 スノーシェッド	II	16				点検				点検	補修	
	3	新山の神トンネルスノーシェッド A	II	14				点検				点検	補修	
	4	新山の神トンネルスノーシェッド B	II	11				点検				補修/点検		
	5	新山の神トンネルスノーシェッド C	II	15				点検				点検	補修	
	6	新山の神トンネルスノーシェッド D	II	12				点検				補修/点検		
	7	新山の神トンネルスノーシェッド E	III	3			補修	点検				点検		
	8	新山の神トンネルスノーシェッド F	II	13				点検				点検	補修	
	9	漆谷 1 スノーシェッド	II	17				点検				点検		補修
	10	漆谷 2 スノーシェッド	II	21				点検				点検		補修
	11	湯谷トンネルスノーシェッド	II	20				点検				点検		補修
	12	蛇谷橋スノーシェッド	III	9				点検			補修	点検		
	13	祖山スノーシェッド	III	6				点検		補修		点検		
	14	皆葎線屋根付階段	II	23				点検				点検		
	15	小瀬スノーシェッド	II	19				点検				点検		
	16	葎島スノーシェッド	III	7				点検			補修	点検		
	17	大鋸屋スノーシェッド	II	24				点検				点検		補修
	18	梨谷スノーシェッド	II	18				点検				点検		補修
大型 カルバート	1	坂上ボックスカルバート	I					点検				点検		
	2	田下ボックスカルバート	II	22				点検				点検		補修

4. 計画の見直し・費用の縮減に関する具体的な方針の検討

(1) 修繕

修繕の実施にあたり、国土交通省「新技術情報提供システム（NETIS）」より新技術・新材料・新工法等について活用を検討を行い、費用の縮小や効率化などに努めます。

修繕の方針は「予防保全型」による計画とし、道路ネットワークの安全性・信頼性の確保（トンネル・スノーシェッド・大型カルバートの健全性向上）に努めます。短期間でのコスト縮減効果は期待出来ませんが、ライフサイクルコストを見込むことで効果が見込めます。

「事後保全型」による計画では、中長期で多大な費用が発生するとともに、道路ネットワークの安全性・信頼性の確保が困難です。

(2) 集約化・撤去

集約化・撤去は実施しない方針とします。同一路線のトンネル・スノーシェッド・大型カルバートはなく迂回路も存在しないため、集約化によるメリットは見込めません。

今後の維持管理にかかる費用や、損傷状況、劣化の進行具合、利用状況、または周辺環境の変化が認められた場合には、必要に応じて集約化・撤去等の対応について改めて検討します。なお、更新については、LCCの検討により補修より更新の方が有利な場合は検討します。

(3) 点検

5年に一度の定期点検の実施にあたり、国土交通省「点検支援技術性能カタログ（令和4年9月）掲載技術一覧表（トンネル）」より、近接目視や打音検査といった従来の点検方法と併せて、品質確保を目的に、画像計測技術の試行的な活用を検討します。

適用対象は、適用効果の期待される条件『トンネル点検総延長 1km 以上』を満足する施設を予定します。

表-トンネル変状、諸元と支援技術の適用効果の関係

トンネル点検延長	トンネル変状からの適用性	点検延長に伴う省力化	摘 要
100m 未満	小規模トンネルは低土被りで変状が発生しやすく適用性は高い	支援技術による省力化は期待できない	トンネル延長に関わらず、若経年で変状が進行している場合には、支援技術活用が推奨される
100～500m 未満	小規模トンネルは低土被りで変状が発生しやすく適用性は高い	変状が少ない場合には支援技術による省力化が期待できる	
500m～1km 未満	経年変化把握のため、支援技術の適用が推奨される	変状の多少に関わらず支援技術による省力化が期待できる	
1km 以上	経年変化把握のため、支援技術の適用が推奨される	変状の多少に関わらず支援技術による省力化が期待でき <u>適用性は高い</u>	

※ここで延長とは、1 点検ロットでの点検総延長であり、個別トンネル延長の総和を意味する

引用：新都市社会技術融合創造研究会 トンネル点検支援技術の高度化に関する研究、研究成果報告書
トンネル点検支援技術の高度化に関する研究プロジェクト、令和3年9月(p.11-4)

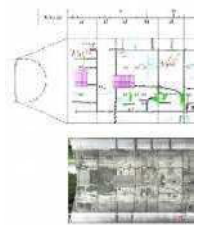
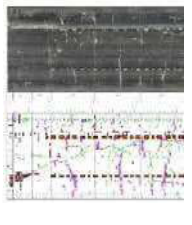
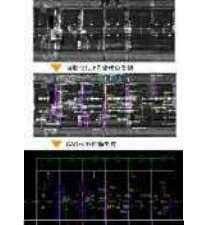
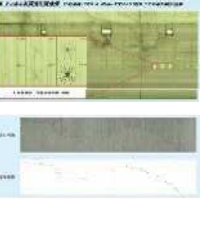
4.1 新技術の活用検討

4.1.1 点検

近接目視や打音検査といった従来の点検方法と併せて、品質確保を目的に、画像計測技術の試行的な活用を検討します。

適用対象は、施設延長が 1km を超える、新山の神トンネルと打越トンネルとします。

表 4 複数社による画像計測技術比較

技術番号	TN010003-V0221	TN010005-V0121	TN010006-V0221	TN010007-V0222	TN010008-V0322
技術名	走行型高精細画像計測システム (トンネルトレーサー)	社会インフラモニタリングシステム (MMSD II)	走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM(ミーム)	一般車両搭載型トンネル点検システム	トンネル覆工表面撮影システム
開発社名	中外テクノス	三菱電機株式会社	パシフィックコンサルタンツ(株) 計測検査部	株式会社リコー	(株)三井 E&S マシナリー (株)ノックス
写真 (計測車両)					
成果品例					
技術概要 (点検支援性能カ タロ ※下線は他社と明 確がより引用)な違 いが認められる事 項	走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)は、民生用 4K ビデオカメラとラインセンサカメラの 2 種類の画像センサを搭載した走行型画像計測システムである。ラインセンサカメラを主に使用し、ラインセンサカメラが通さないトンネル(漏水が多く発生し、画像が白飛びするトンネルや路面が不陸なトンネル)では 4K ビデオカメラを使用して撮影を行う。 計測の原理やプロセス: 車両等に搭載したカメラを撮影対象に対して平行に走行しながら撮影する。 計測結果の活用: 交通規制なしで高解像度の覆工表面画像を取得し、ひび割れやその他の変状を検出して展開画像や変状展開図を作成することができる。	三菱インフラモニタリングシステム(MMSD II)は、 <u>8K ラインカメラ</u> 、 <u>高解像度レーザー</u> を搭載し、交通規制を行わずに走行しながらトンネル覆工面や路面を計測する技術である。 <u>計測した結果は、車載画像データ・3 次元点群データとして出力する。</u> これらのデータを三菱電機が独自に開発したソフトウェアにより解析し、ひび割れ、遊離石灰、漏水等の変状を抽出する。抽出した変状は変状展開図や変状写真台帳として出力可能。	トンネル覆工壁面の連続画像撮影システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れや漏水等の変状を計測する。 走行型計測結果により覆工壁面展開画像および変状展開図を作成することで、変状位置を正確に把握することが可能となることから、高品質な変状展開図を作成することが可能となる。	<u>一般車両に搭載したトンネル壁面計測装置</u> とその展開画像を利用した調査作成支援のソフトである。計測装置は、複数の主/副カメラの組合せで構成された <u>ラインカメラ(※)</u> と単色光のライン照明で構成され、40km/h 程度で走行しながらトンネルの覆工部の画像を撮影する。画像処理技術により作成した(覆工面の)展開画像では、本体工における最小幅 0.3mm のひび割れや漏水・チョーキング等の変状や附属物のねじの緩み等(合いマーク)を判別可能である。 ※被写界深度拡大カメラは通常のレンズと比べ、明るさを維持したまま中心の合焦範囲を 4-5 倍近く広げることができる。トンネルボウレイにひびきなどあり、リコー独自の技術である。	トンネル覆工コンクリート表面を高輝度 LED ライトで照射し、13 台のカラーラインセンサカメラで高速撮影することで、覆工コンクリート表面のひび割れ等の変状を高解像度に計測する車載型システムである。トンネル覆工表面撮影システムは、カラーラインセンサカメラを搭載した専用車両で覆工表面を撮影しトンネル全体の展開図を作成する技術である。

<画像計測技術を活用することによるメリット・デメリット>

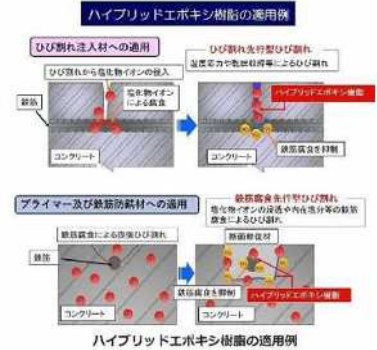
メリット	デメリット
- 画像から変状展開図を作成するため、正確な変状位置を把握することができる。 - 車両搭載型の画像計測装置を使用するため、規制を行わずに画像の撮影ができる。	従来点検とは別途、1m 当たり約 6 千円の費用が発生する。(当社参考見積より)

国の通達より、国管理のトンネルにおける点検では画像計測実施の原則化の動きがあります。市町村ではまだ原則化の動きはありませんが、画像計測技術を活用することで、より正確な変状位置を把握することができ、品質の向上が期待できます。

一方で、新山の神トンネルと打越トンネルで活用の場合、従来点検とは別に、約 2 千万円の費用が発生します。

4.1.2 修繕

ひび割れ対策工については、コスト削減を目的に、NETIS 掲載技術より新たな補修工法へ見直しを行います。

見直し後のひび割れ対策工		
施設種類	トンネル	スノーシェッド・大型カルバート
工法名	リポキシ CR-1500	ハイブリッドエポキシ樹脂
概要図	 リポキシCR-1500製品全景	 ハイブリッドエポキシ樹脂の適用例
単価※	6,389 円/m ⇒見直しにより 15,611 円/m 縮減	11,177 円/m ⇒見直しにより 3,934 円/m 縮減

※見直し前と見直し後の労務単価を揃えるため、令和 4 年富山県の労務単価を適用した金額を算出しています。

出典：NETIS「リポキシ CR-1500」、「ハイブリッドエポキシ樹脂」

4.2 新技術活用による維持管理費用

新技術を活用した場合の南砺市管理 25 施設の 10 年間の点検・修繕費用を図 4 に示します。

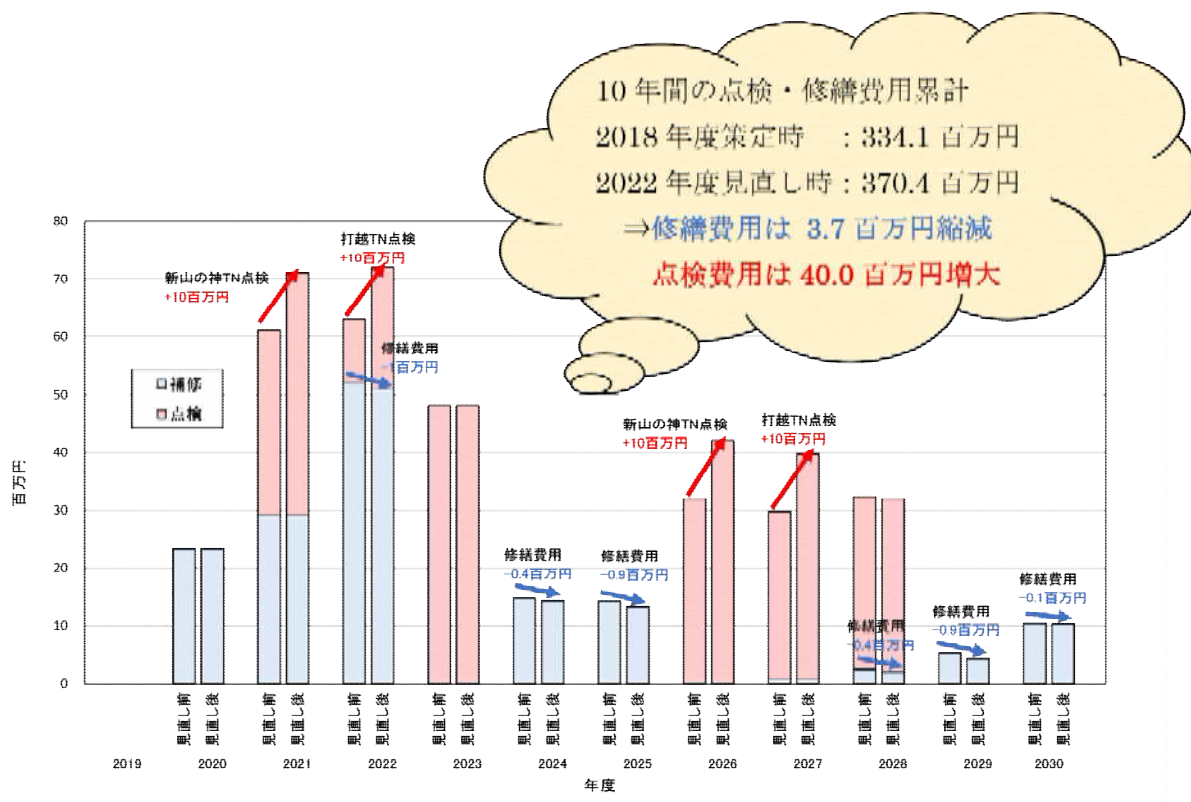


図 4 点検・修繕費用