

横手市 トンネル長寿命化修繕計画



城山トンネル

令和 5年 1月

横手市 建設部 建設課

目 次

1. 長寿命化修繕計画の目的	1
1.1 背景	1
1.2 目的	2
2. 長寿命化修繕計画の対象トンネル	3
3. 健全度の把握及び日常的な維持管理に関する基本的な方針	4
3.1 健全度の把握の基本的な方針	4～6
3.2 日常的な維持管理に関する基本的な方針	6
4. 対象トンネルの長寿命化修繕に係る費用の縮減に関する基本的な方針	7
4.1 修繕費用の縮減に関する基本方針	7
4.2 新技術等活用の令和5年度から令和9年度までの短期的な数値目標 及びコスト縮減	7
5. 対象トンネルごとの概ねの次回点検時期	8
6. 長寿命化修繕計画による効果	9

1. 長寿命化修繕計画の目的

1.1 背景

横手市が管理するトンネルは、令和4年度で5本である。このうち、建設後50年を経過するトンネルは、現在は存在しないが、30年後の令和34年度には、40%に増加します。これらの老朽化を迎えるトンネル群に対して、従来の対症療法型の維持管理を続けた場合、トンネルの修繕に要する費用が増大となることが懸念されます。

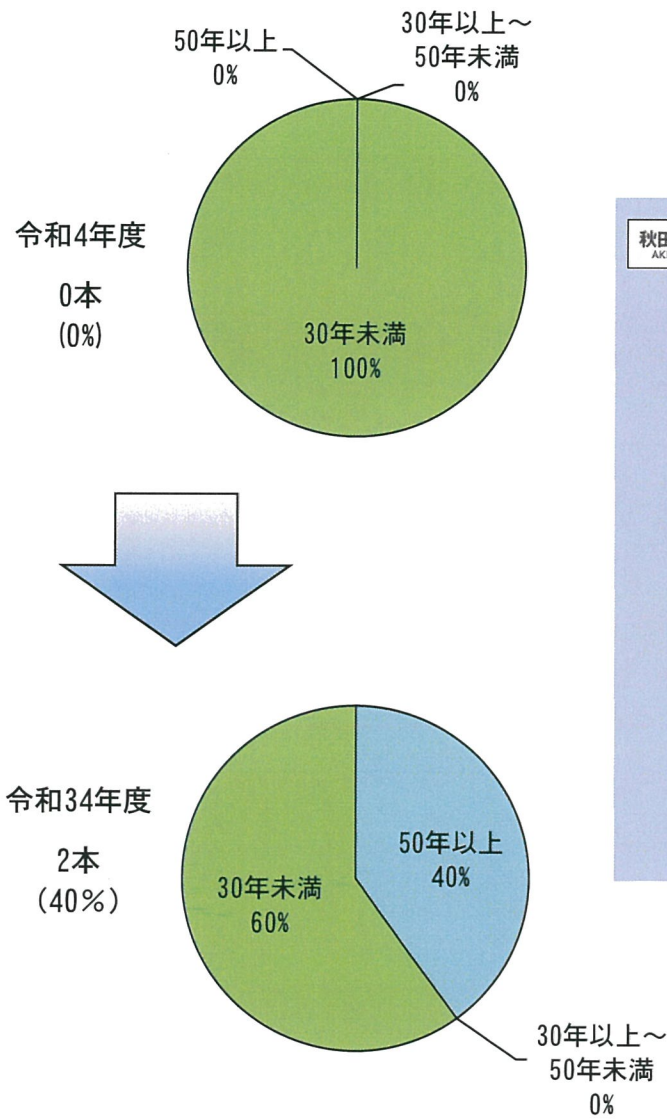


図1.2 横手市位置図

図1.1 供用後50年以上のトンネルの割合

1.2 目的

このような背景から、より計画的なトンネルの維持管理を行い、限られた財源の中で効率的にトンネルを維持していくための取り組みが不可欠となります。コスト削減のためには、従来の対症療法型から、“損傷が大きくなる前に予防的な対策を行う”予防保全型へ転換を図り、トンネルの寿命を延ばす必要があります。そこで横手市では、将来的な財政負担の低減および道路交通の安全性の確保を図るために、トンネル長寿命化修繕計画を策定します。

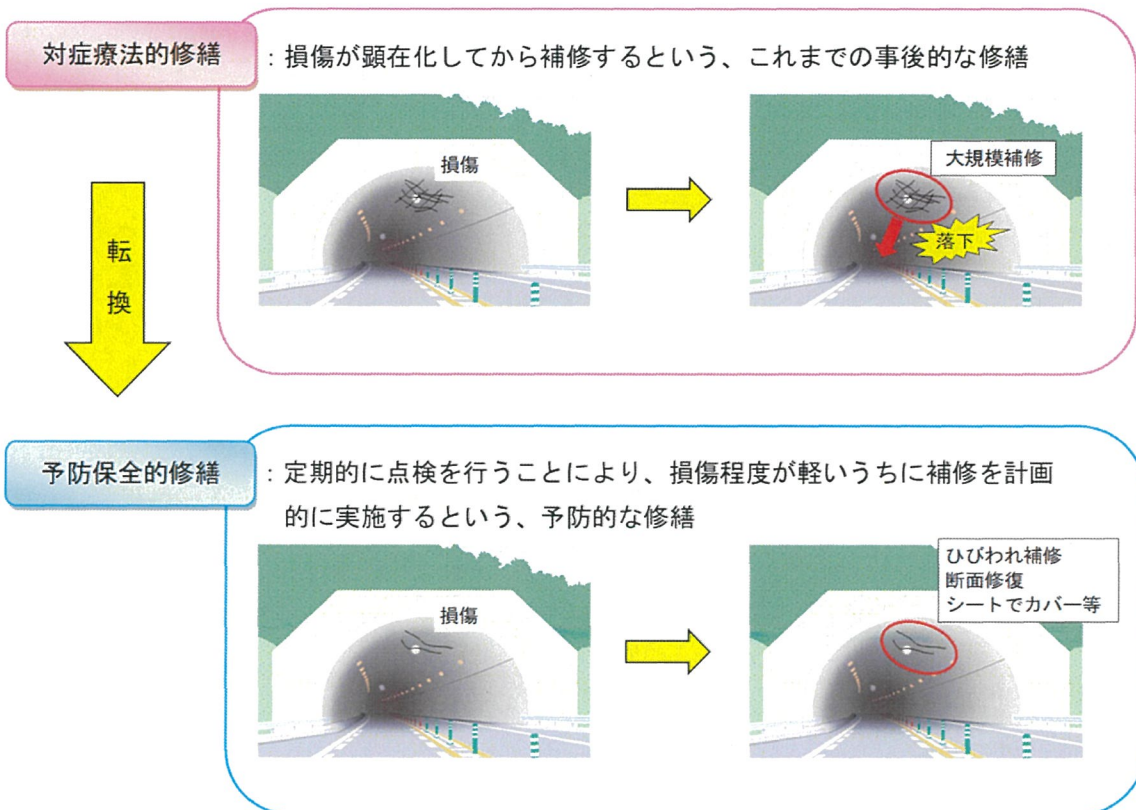


図1.3 対症療法型と予防保全型

2. 長寿命化修繕計画の対象トンネル

横手市が管理する5本のトンネルについて、長寿命化修繕計画を策定しました。

	市道 1級	市道 2級	市道 その他	合計
管理トンネル数	5	0	0	5

維持管理計画の対象：横手市が道路施設として管理するトンネル

長寿命化修繕計画
対象トンネル

城山トンネル



清水沢トンネル



大沢トンネル



まぐらトンネル



防山トンネル



3. 健全度の把握及び日常的な維持管理に関する基本的な方針

3.1 健全度の把握の基本的な方針

3.1.1 点検の種類

トンネルを適切に管理していくうえで、個々のトンネルの健全度の把握のために、点検が必要となります。この点検の大きな目的は、「管理するトンネルの現状を把握し、その安全性や使用性に悪影響を及ぼしている重大な損傷を早期に発見して、適切な措置をとる事により、安全かつ円滑な交通を確保する。」ことにあります。健全度の把握を目的としたトンネルに関する点検は、通常点検（道路パトロール）、定期点検、異常時点検に分類できます。

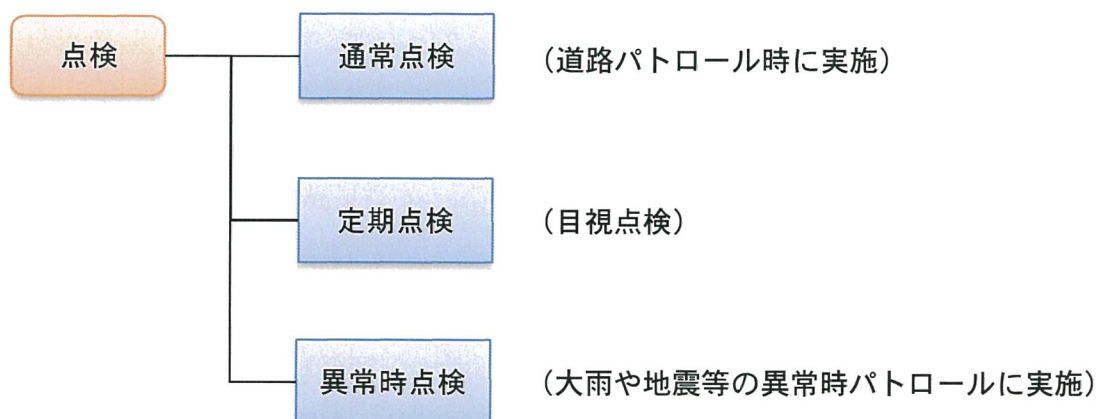


図3.1 点検の種類

表3.1 点検実施頻度

	対象トンネル	点検頻度
通常点検	全トンネル	日常パトロール時
定期点検	全トンネル	概ね5年ごと
異常時点検	全トンネル	異常時

3.1.2 通常点検

一般的には道路巡回や道路パトロールと呼ばれます。トンネルにおける通常点検は、路面から確認できるトンネル構造の異常や損傷を発見するものです。通常点検はトンネルの保全を図るために日常的な点検として実施するものであり、主に道路パトロール時に車内から、もしくは徒歩による目視点検を実施します。

3.1.3 定期点検

定期点検は、トンネルの保全を図るために定期的に行われるもので、主に目視及び簡易な点検機械・機器(梯子、リフト車、点検車等)を使用して行われる点検をいいます。横手市では、『道路トンネル定期点検要領』平成31年2月 国土交通省 道路局 及び『道路トンネル定期点検要領』平成31年3月 国土交通省 道路局 国道・技術課により実施し、原則として概ね5年ごとに実施します。



写真3.1 点検車による点検



写真3.2 打音検査作業状況

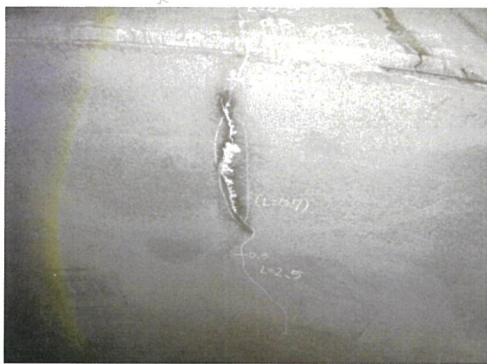
3.1.4 異常時点検

異常時点検とは、地震、台風、豪雨及び豪雪などの災害や大きな事故が発生した場合、あるいは予期していなかった異常がトンネルに発生した場合などにおいて、必要に応じてトンネルの安全性を確認し、安全で円滑な交通確保と沿道や第三者への被害の防止を図るための点検です。前回定期点検結果との対比及び未点検トンネルは構造の安全性を確認します。

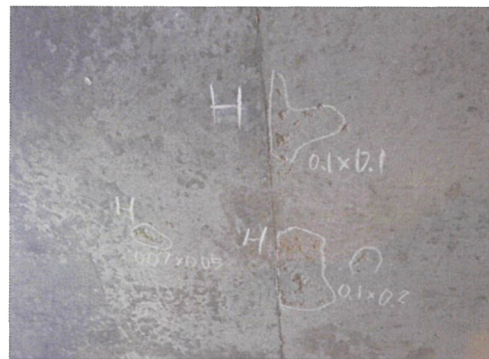
3.2 日常的な維持管理に関する基本的な方針

3.2.1 日常的な維持管理

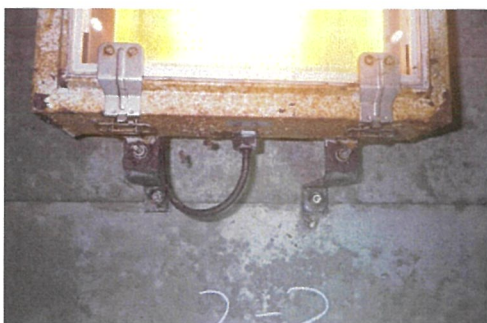
パトロール車による走行面の変状について点検を行います。



アーチ部の遊離石灰を伴うひびわれ



アーチ部のはく落



照明の腐食



ガードパイプの破損・変形

写真3.3 損傷状況

4. 対象トンネルの長寿命化修繕に係る費用の縮減に関する基本的な方針

4.1 修繕費用の縮減に関する基本方針

横手市が管理するトンネルの中で、今後30年間で建設後50年を経過するトンネルは全体の約40%を占めるため、近い将来一斉に更新時期を迎えることが予想されます。したがって、計画的かつ予防的な修繕対策の実施へと転換を図り、トンネルの長寿命化を図ることを目標とし、修繕に要するコストを縮減します。

さらに、定期点検の効率化や高度化、修繕等の省力化や費用縮減を図るため、点検車では不可能な箇所でのUAVを用いたひび割れ自動抽出システムによる近接目視調査などの新技術の活用に取り組めます。

4.2 新技術等活用の令和5年度から令和9年度までの短期的な数値目標及びコスト縮減

管理する5本のうち、すべてのトンネルで新技術を活用し、約3割程度のコスト縮減を目指します。

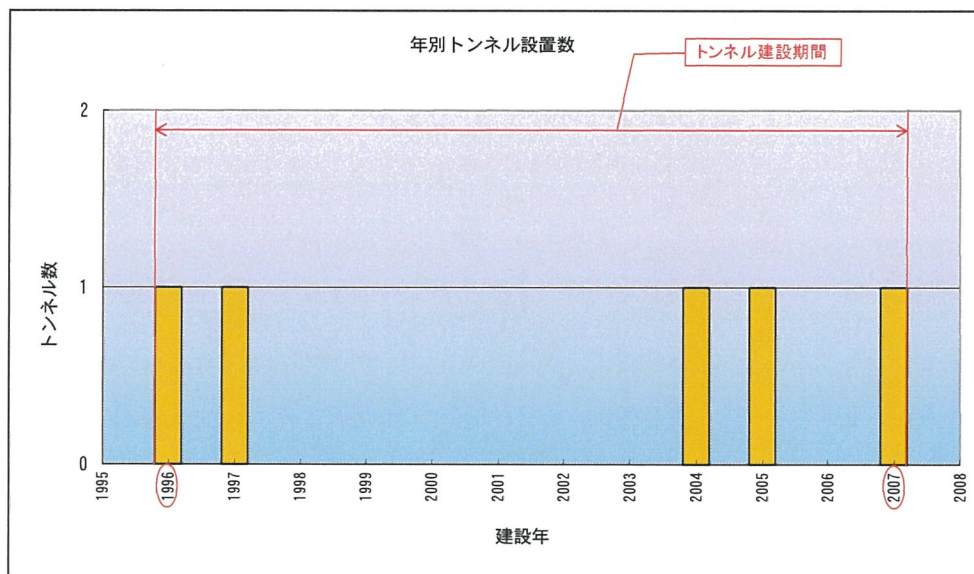


図4.1 年別トンネル建設数

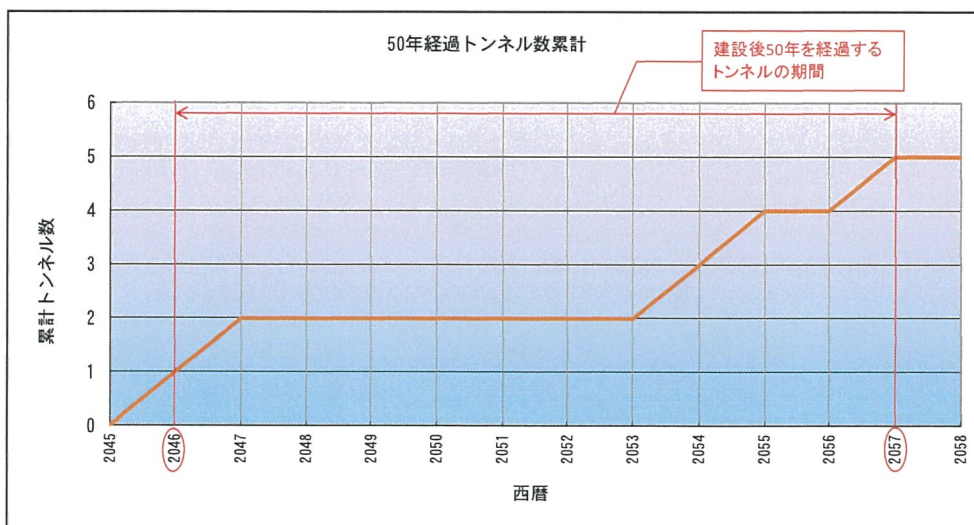


図4.2 50年経過トンネル数累計

5. 対象トンネルごとの概ねの次回点検時期

No.	施設名	道路種別	路線名	延長(m)	建設年度	最新点検年次	次回点検年次	健全度
1	城山トンネル	市道	旭川金沢線	509.3	2005	R1	R6	II
2	清水沢トンネル	市道	旭川金沢線	348.0	2007	R4	R9	II
3	大沢トンネル	市道	旭川金沢線	279.0	2004	R4	R9	II
4	まぐらトンネル	市道	横手平鹿増田線	123.3	1997	R4	R9	II
5	防山トンネル	市道	横手平鹿増田線	265.0	1996	R4	R9	II

6. 長寿命化修繕計画による効果

長寿命化修繕計画を策定する5本のトンネルについて、今後50年間の事業費を比較すると、従来の対症療法型が1,550,411千円に対し、長寿命化修繕計画の実施による予防保全型が1,476,814千円となり、コスト削減効果は73,597千円となります。

また、損傷に起因する通行制限等が減少し、道路の安全性・信頼性が確保されます。

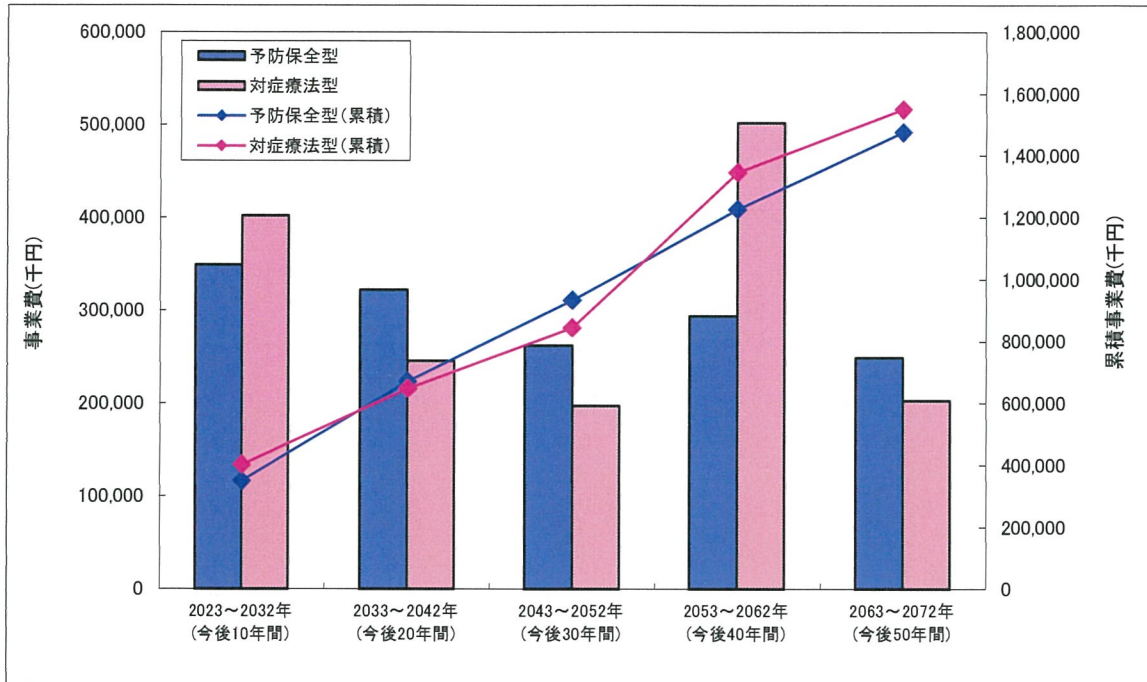



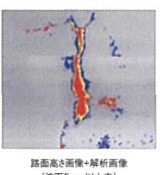
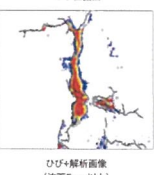
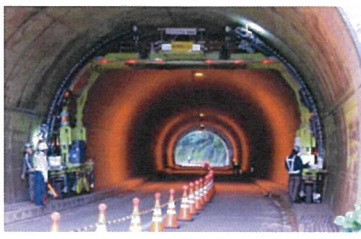
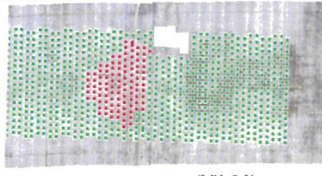


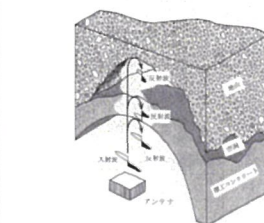

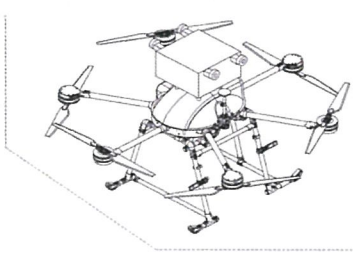





表6.1 トンネル 点検方法比較表 (画像計測技術)

	第1案：社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」	第2案：iTAMS：データベースシステムオンサイトシステム	第3案：走行型高速3D点検システム MIMM-R/MIMM	第4案：3Dトンネルレーザー計測システム	第5案：光波測量機「KUMONOS」及びレーザースカナを用いたトンネル調査技術										
工法概要	コンクリート構造物の写真からチョークまたはひび割れを自動検出するシステムである。	MIMM-Rにより画像・レーザ・レーザ計測を行い、各種3次元解析やAIによる変状原因把握を行う画像解析システムである。	車両で走行しながらトンネルの覆工面カラー画像と高精度な3次元空間位置データのシステムにより変状箇所を抽出し、抽出箇所を高所作業車で打音検査により点検者が耳で聞き分け変上部をマーキングし、うき・剥離をハンマーでたたき落とすものである。	レーザースカナを用いて、変状箇所のマーキング結果を三次元点群データとする3D点検システムである。	光波測量機と地上型レーザースカナ計測を組み合わせたデータ解析技術で、遠方より計測し自動化(CAD化)できるシステムである。										
概要図															
対象変状	ひびわれ	圧挫、ひびわれ、うき・剥離(自視確認できる場合や範囲を示すマーキングがあるもの)、鋼材腐食、巻厚不足、背面空洞	圧挫、ひびわれ、うき・剥離(自視確認できる場合や範囲を示すマーキングがあるもの)、鋼材腐食、漏水等による変状	圧挫、ひびわれ、うき、剥離	圧挫、ひびわれ、剥離、沈下、鋼材腐食、漏水等による変状										
施工性	現場でのスケッチ作業が削減できる。しかし、別途撮影機が必要である。 △	現場でのスケッチ効率化、帳票の自動抽出を行うことによって、現場作業効率化、内業の省力化を図ることができる。 ○	道路使用許可の申請無しに走行計測ができるため、一般車両に混じって計測を行うことが可能である。 ○	マーキング結果を三次元点群データとして高速に取得できるため、変状の見逃し・記入漏れが生じなくなる。 ○	対象物の変状の形状・ひびわれ幅を遠方より計測できるため、施工性が高い。 ○										
安全性	地上で作業する事が可能なため安全性が高い。 ○	計測機器を車載し走行しながらの計測が可能であるため、通行止めや交通規制が必要なく安全である。 ○	計測機器を車載し走行しながらの計測が可能であるため、通行止めや交通規制が必要なく安全である。 ○	従来技術より交通規制の日数が減るため交通事故によるリスクを低減できる。 ○	十分な経験を有する有資格者が行うため安全である。 ○										
経済性	経済性で最も優れる。(経済比率：1.0) ○	経済性で劣る。(経済比率：8.9) ×	経済性で劣る。(経済比率：8.9) ×	経済性で第1案の次に優れる。(経済比率：1.1) ○	経済性で第4案の次に優れる。(経済比率：5.6) △										
経済性 直工費 (税抜き) (延長 500m 円周16m と想定)	工種	数量	金額(円)	工種	数量	金額(円)	工種	数量	金額(円)	工種	数量	金額(円)			
	ひびみっけ費用	1式	450,000	点検(近接、打音)	1式	350,000	点検(近接、打音)	1式	350,000	外業費	1式	300,000	外業費	1式	1,200,000
				内業(変状抽出、レーザ解析等)	1式	1,100,000	内業(変状抽出、レーザ解析等)	1式	1,100,000	解析	1式	200,000	内業費	1式	1,300,000
				直接経費	1式	350,000	直接経費	1式	350,000						
				その他費	1式	2,200,000	その他費	1式	2,200,000						
合計	1式	450,000	合計	1式	4,000,000	合計	1式	4,000,000	合計	1式	500,000	合計	1式	2,500,000	
総合評価	施工性で劣る			経済性で大きく劣る			経済性で大きく劣る			総合的に最も優れる			経済性で劣る		

表6.2 トンネル 点検方法比較表（非破壊検査技術）

	第1案：道路性状測定車両イーグル （トンネル形状計測）	第2案：打音検査ユニット	第3案：道路トンネル防災車 「トンネルマスター」	第4案：電磁波探査ドローンによる 覆工探査技術	第5案：表面波トモグラフィ法																																																									
工法概要	走行型のトンネル形状計測システムで、撮影画像、形状測定データを自動補正・結合し展開図化し任意設定した異常部を抽出するシステムである。	打音の自動変状抽出システムによる音響解析とAIによる変状自動抽出を行うフレーム走行型のシステムである。	巻厚不足・背面空洞に特化した走行型レーダ探査システムである。	ドローンに搭載された地中レーダアンテナを覆工天端部に押し当てて時速2km程度で走行させながらデータを取得していく工法である。	片面にセンサを配置した状態で内部状態を広範囲に2D、3Dで可視化することができる、弾性波法を応用したトモグラフィ技術である。																																																									
概要図	 <p>トンネル工事調査画像</p>  <p>可視画像</p>  <p>ひび位置図</p>  <p>路面高さ画像+解析画像 (沈下5mm以上赤)</p>  <p>ひび+解析画像 (沈下5mm以上赤)</p>	 <p>打音検査ユニットによる計測結果</p>  <p>緑健全赤うき</p>	 <p>非接触型電磁波覆工背面調査 (非接触レーダ)</p>  <p>接触型電磁波覆工背面調査</p>  <p>トンネルマスター</p>	 	  																																																									
対象変状	ひび割れ、うき、剥離、表面の損傷や劣化、錆等の異常	うき、剥離、表面近くの空洞	うき、剥離、巻厚の不足、表面近くの空洞	うき、剥離、巻厚の不足、表面近くの空洞	うき、剥離、劣化、ひびわれ、豆板・ジャンカ、空洞																																																									
施工性	車両から法定速度で撮影、計測が可能。 ○	トンネル形状や坑内設備に合わせて自由にフレームの変形が可能。分割は可能だが、トラックによる運搬、組立が必要である。 △	非接触型の場合、車両から探査可能。 ○	計測車両、高所作業車、仮設足場等の準備が不要であり、ドローンの操縦者と補助者の2名で探査が可能。しかし、対象部位は覆工天端部のみ。 △	センサ設置のために計測箇所に近接する必要がある。また、計測箇所から波形収録機までケーブルを配線する必要がある。 △																																																									
安全性	車両の走行のみで交通規制が不要のため、安全性が高い。 ○	コンクリート片の落下防止のためのフレーム付きで、交通を妨げないため安全性が高い。 ○	非接触型の場合、車両の走行のみで交通規制が不要のため、安全性が高い。 ○	十分な経験を有する有資格者が行うため安全である。 ○	地上、または高所作業車を使用するため安全性が高い。 ○																																																									
経済性	経済性で最も優れる。 (経済比率：1.0) ○	経済性で劣る。 (経済比率：24.8) ×	経済性で第5案の次に優れる。 (経済比率：1.2) ○	経済性で第3案の次に優れる。 (経済比率：1.4) ○	経済性で第1案の次に優れる。 (経済比率：1.0) ○																																																									
経済性 区工費 (税抜き) (延長 500m 円周16m と想定)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>金額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>トンネル点検車、投光車</td> <td>1式</td> <td>37,520</td> </tr> <tr> <td>人件費</td> <td>1式</td> <td>176,200</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1式</td> <td>213,720</td> </tr> </tbody> </table>	工種	数量	金額(円)	トンネル点検車、投光車	1式	37,520	人件費	1式	176,200	合計	1式	213,720	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>金額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>打音検査+ひび割れ検出</td> <td>1式</td> <td>5,300,000</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1式</td> <td>5,300,000</td> </tr> </tbody> </table>	工種	数量	金額(円)	打音検査+ひび割れ検出	1式	5,300,000	合計	1式	5,300,000	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>金額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>非接触型レーダ</td> <td>1式</td> <td>250,000</td> </tr> <tr> <td>機械の輸送費</td> <td>1式</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1式</td> <td>253,000</td> </tr> </tbody> </table>	工種	数量	金額(円)	非接触型レーダ	1式	250,000	機械の輸送費	1式	3,000	合計	1式	253,000	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>金額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>背面空洞調査</td> <td>1式</td> <td>300,000</td> </tr> <tr> <td>機械の輸送費</td> <td>1式</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1式</td> <td>303,000</td> </tr> </tbody> </table>	工種	数量	金額(円)	背面空洞調査	1式	300,000	機械の輸送費	1式	3,000	合計	1式	303,000	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>金額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>表面波トモグラフィ法</td> <td>1式</td> <td>100,000</td> </tr> <tr> <td>高所作業車(ローラージャッキ) ※500m当たり25箇所と想定</td> <td>1式</td> <td>117,500</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1式</td> <td>217,500</td> </tr> </tbody> </table>	工種	数量	金額(円)	表面波トモグラフィ法	1式	100,000	高所作業車(ローラージャッキ) ※500m当たり25箇所と想定	1式	117,500	合計	1式	217,500
工種	数量	金額(円)																																																												
トンネル点検車、投光車	1式	37,520																																																												
人件費	1式	176,200																																																												
合計	1式	213,720																																																												
工種	数量	金額(円)																																																												
打音検査+ひび割れ検出	1式	5,300,000																																																												
合計	1式	5,300,000																																																												
工種	数量	金額(円)																																																												
非接触型レーダ	1式	250,000																																																												
機械の輸送費	1式	3,000																																																												
合計	1式	253,000																																																												
工種	数量	金額(円)																																																												
背面空洞調査	1式	300,000																																																												
機械の輸送費	1式	3,000																																																												
合計	1式	303,000																																																												
工種	数量	金額(円)																																																												
表面波トモグラフィ法	1式	100,000																																																												
高所作業車(ローラージャッキ) ※500m当たり25箇所と想定	1式	117,500																																																												
合計	1式	217,500																																																												
総合評価	総合的に最も優れる	経済性で大きく劣る	経済性で劣る	施工性、経済性で劣る	施工性、経済性で劣る																																																									

横手市トンネル位置図

S=1:50,000

1 城山トンネル

2 清水沢トンネル

3 大沢トンネル

4 まぐらトンネル

5 防山トンネル

トンネル 事業計画

対策年	番号	トンネル名	スパン 番号	部材種別	工法	事業費 (千円)	
2023	4	まぐらトンネル		設計	設計費	3,231	
	5	防山トンネル		設計	設計費	6,723	
2024	1-1	城山第1トンネル		点検	定期点検	1,479	
	1-2	城山第2トンネル		点検	定期点検	1,534	
	1-3	城山シェルター		点検	定期点検	294	
	5	防山トンネル	1~26	照明	取替	37,447	
2025	4	まぐらトンネル	1~12	照明	取替	26,923	
				設計	設計費	2,284	
	5	防山トンネル	1~26	照明	取替	18,582	
2026	1-3	城山シェルター		設計	設計費	2,195	
	4	まぐらトンネル	1~12	ガードパイプ	取替	16,491	
				路面・路肩	打換	700	
				デリネータ	取替	168	
				センターポール	取替	1,677	
5	防山トンネル		設計	設計費	4,312		
2027	2	清水沢トンネル		点検	定期点検	3,219	
	3	大沢トンネル		点検	定期点検	2,581	
	4	まぐらトンネル		点検	定期点検	1,141	
	5	防山トンネル	1~26		点検	定期点検	2,451
				ガードパイプ	取替	31,770	
				路面・路肩	打換	632	
				デリネータ	取替	337	
	センターポール	取替	3,191				