

石巻市トンネル長寿命化修繕計画



市道中卒塚橋石巻大橋伊原津一丁目線
牧山西トンネル(1972年竣工)



市道中卒塚橋石巻大橋伊原津一丁目線
牧山東トンネル(1973年竣工)



市道梨木畑・祝田藤ヶ崎線
サン・ファントンネル(1996年竣工)



市道水浜波坂線
雄勝トンネル(不明)



市道黄金浜七ノ坪線
渡波稲井トンネル(2021年竣工)

令和5年3月



目 次

	PAGE
1. トンネル長寿命化修繕計画の背景と目的-----	1
2. 管理トンネルの現状-----	5
3. 計画の基本方針-----	8
4. トンネルの修繕計画-----	10
5. 事後評価・今後の有効な取り組み-----	16

1. トンネル長寿命化修繕計画の背景と目的

■背景

石巻市が管理するトンネルは令和5年3月時点で計5本あり、石巻市湊（みなと）に牧山西・東トンネル（竣工後50年が経過）、石巻市祝田（いわいだ）にサン・ファントンネル（竣工後26年が経過）、石巻市雄勝町分浜（おがつちょうわけはま）に雄勝トンネル（竣工後50年以上が経過）のほか、新たに石巻市渡波（わたのは）に渡波稲井トンネル（竣工後1年）が完成しました。

これらのトンネルでは、24年後には50年以上経過するものが4本になり、老朽化の進行に対して道路利用者への安全・安心なサービス提供が困難となることが予想されます。

■目的

構造物の機能を健全に維持していくために、対処療法的な『事後保全型』の管理から、『予防保全型』の管理に転換し、効率的かつ計画的な維持補修により施設の延命化とライフサイクルコストの縮減を図ることが必要となります。そこで、トンネルの長寿命化修繕計画を策定し、投資費用の低減と平準化を図りつつ道路の安全性・信頼性を確保します。

表 1.1 トンネル諸元表

トンネル名	路線名	所在地	竣工年	延長	幅員	交通方式	トンネル工法
牧山西トンネル	中埠橋石巻大橋伊原津一丁目線	石巻市湊	S47年 (1972年)	L=805m	車道幅 7.6m (全幅 9.6m)	2車線 対面通行	矢板工法
牧山東トンネル	中埠橋石巻大橋伊原津一丁目線	石巻市湊	S48年 (1973年)	L=780m	車道幅 7.6m (全幅 9.6m)	2車線 対面通行	矢板工法
サン・ファン トンネル	梨木畑・祝田藤ヶ崎線	石巻市祝田	H8年 (1996年)	L=689m	車道幅 9.4m (全幅 11.95m)	2車線 対面通行	NATM工法
雄勝トンネル	水浜波坂線	石巻市雄勝町分浜	不明	L=146m	車道幅 5.95m (全幅 5.95m)	2車線 対面通行	矢板工法
渡波稲井トンネル	黄金浜七ノ坪線	石巻市渡波	R3年 (2021年)	L=698m	車道幅 8.00m (全幅 10.5m)	2車線 対面通行	NATM工法

※雄勝トンネルの竣工年は1965年(S40年)と推定される。

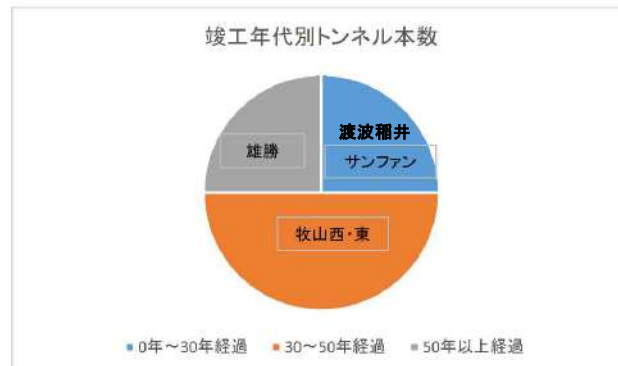


図 1.1 竣工年代別トンネル本数

■石巻市の特徴

地形は、市街地が旧北上川河口付近に広がり、流域の肥沃な平野に位置し丘陵地が点在しており、市域東部から牡鹿半島にかけては、北上山地の最南端に位置し、太平洋側・牡鹿半島は風光明媚なりアス式海岸となっています。また、石巻湾側は砂浜と変化を見せています。

(石巻市中心市街地活性化基本計画 平成 27 年 1 月)

気象は、海洋性の気候であり、内陸部と比較すると寒暖の差が少なく、東北地方のなかでは 1 年を通じて比較的温暖な気候となっています(平均月別気温は 0.5~23.5℃、降水量は 1,064.4mm/年間、積雪は 15cm 未満)(石巻市中心市街地活性化基本計画 平成 27 年 1 月)。

地震は、3.11 東日本大震災以降の震度 3 以上の地震発生回数は 1,100 回以上を数えています。近年においても震度 3 以上の地震が年間 70 回程度発生しています(地震調査研究推進本部地震調査委員会の資料参照)。石巻市はこの地震多発地帯の中に位置しています。

なお、これらの地勢を踏まえると、本計画で対象としている 5 本のトンネルについては、地勢に基づく維持管理上の特段の配慮は必要ではないと判断されるので、一般的な考え方で進めるものとしています。

石巻市はこの他に【石巻市地域防災計画 共通編、地震編、風水害等編、津波編他 1 編 平成 26 年 12 月改正】を策定しています。これらの上位計画(交通輸送活動、二次災害の防止、応急復旧の措置等)を踏まえて実効ある計画とします。

震災前の石巻市中心部



震災 津波後の住宅地の状況



(写真提供：宮城県観光プロモーション推進室)

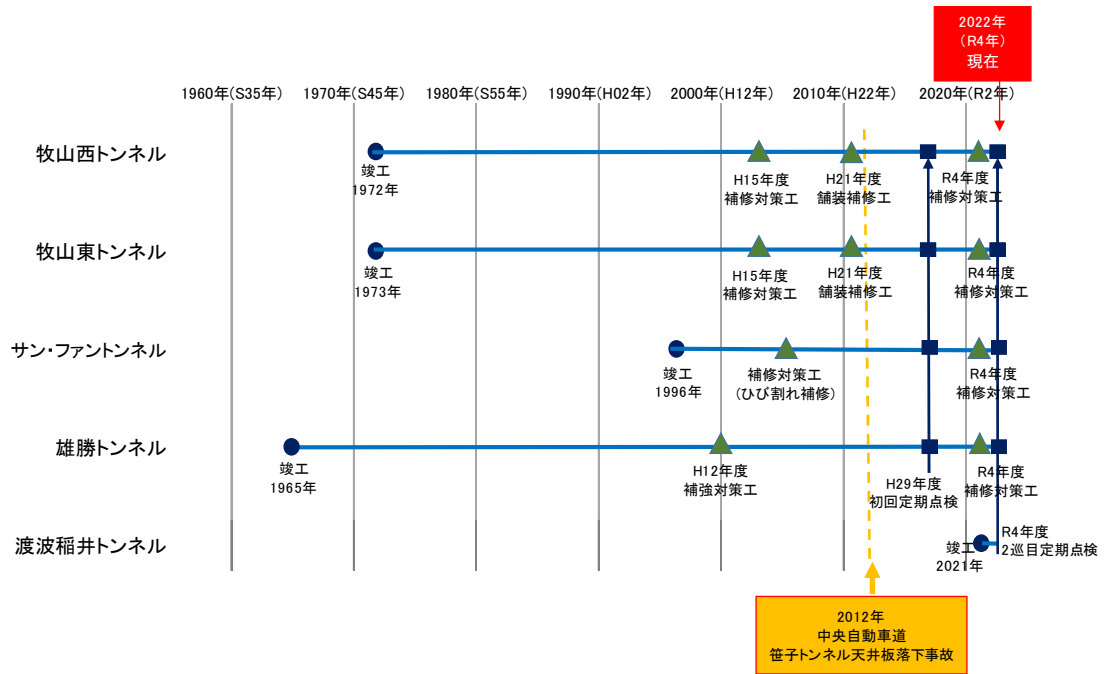
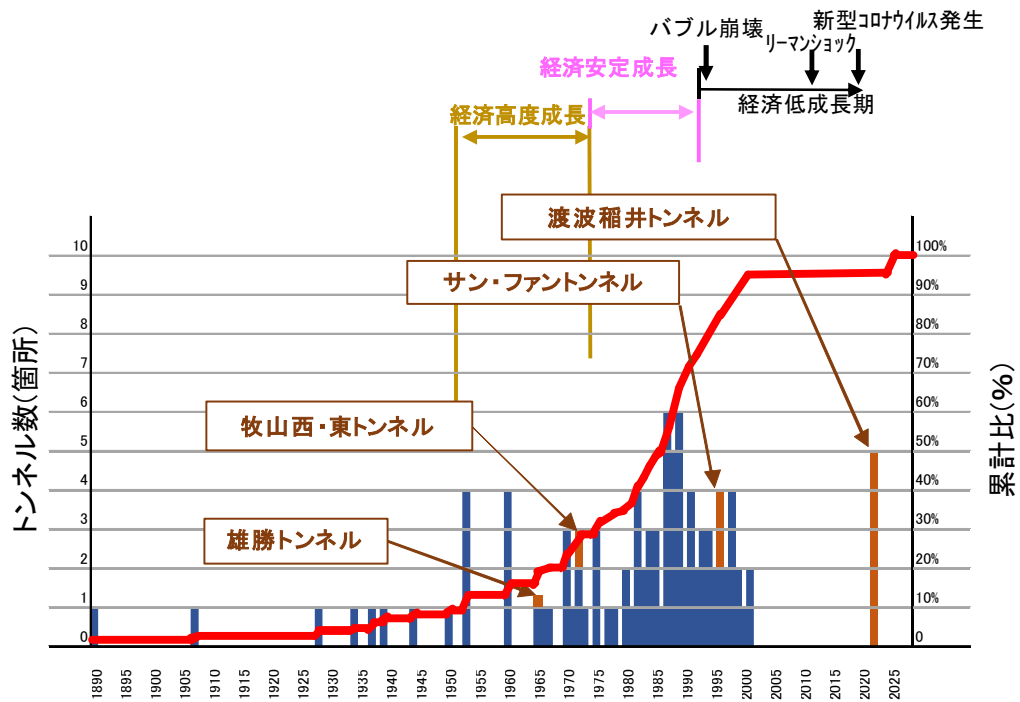


図 1.2 管理トンネル経緯図



(出典: www.tunnelweb.jp 2006年1月より)

図 1.3 山岳トンネル建設年次分布 (箇所数ベース)

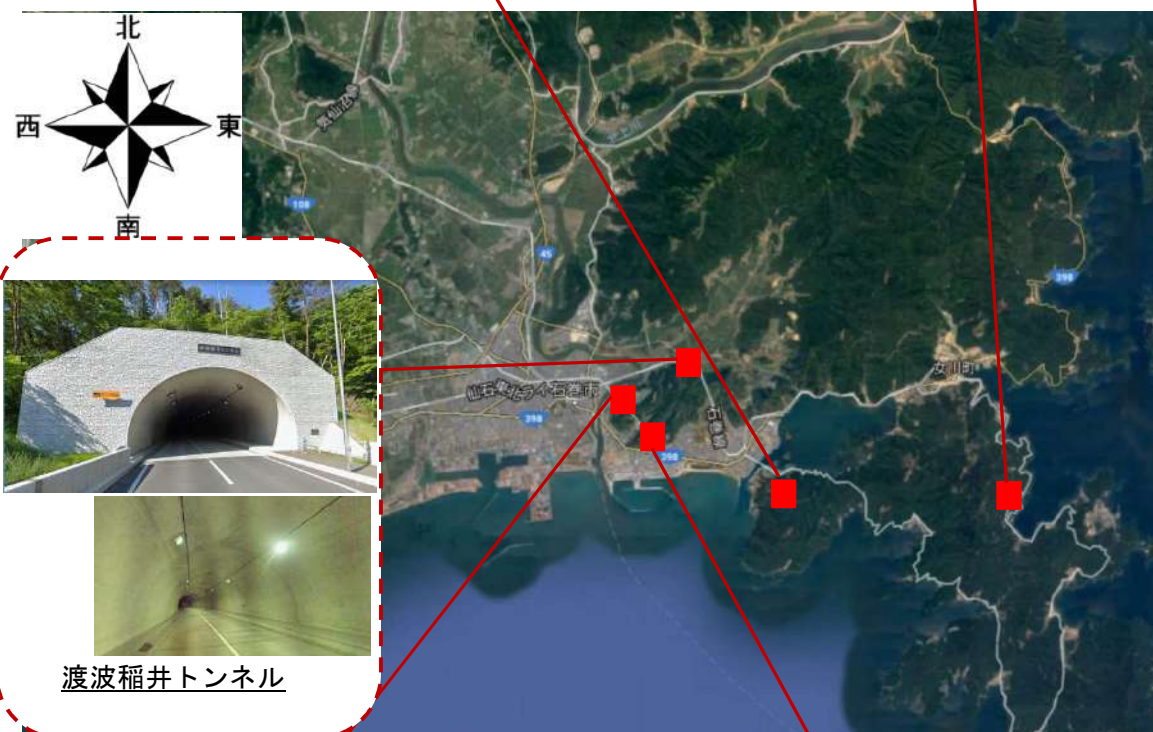


図 1.4 管理トンネル位置図

2. 管理トンネルの現状

石巻市では、管理トンネルの老朽化状況を把握するため、平成 29 年度に 1 巡目、令和 4 年度に 2 巡目の点検を実施し、現状のトンネル本体の健全性評価を実施しました。

点検結果からは、覆工に見られる変状として、ひび割れ、浮き・はく離、漏水等の変状が確認され、修繕が必要な変状か否かを評価しました。

1) 定期点検の実施状況

石巻市では、令和 4 年度に 2 巡目の点検を行っています。点検内容は、高所作業車を利用した近接目視／打音検査、A I 技術を活用した新技術の活用で計測を行い覆工表面の変状を確認しています。



定期点検状況（サン・ファントンネル）



近接目視・打音検査状況



漏水状況

2) 日常の取り組み

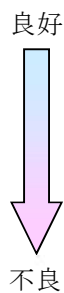
石巻市は利用者への安全・安心を提供するために、巡回によるパトロールを実施しています。そこで異常を確認した際には、速やかに安全確保のための措置を行います。

3) 点検結果に基づくトンネル本体の健全度判定

点検結果は、「宮城県道路トンネル定期点検基準,平成 27 年 12 月,宮城県土木部道路課」に準拠し変状種類ごとに健全性評価を行いました。代表的な変状は、トンネル覆工面の「ひび割れ」、「漏水」、また、道路利用者への影響を伴う「浮き・はく離」変状が確認されました。ただし、3.11 東日本大震災による変状・損傷は確認されませんでした。

表 2.1 トンネル本体工の判定区分

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。



※参照：宮城県道路トンネル定期点検基準，宮城県土木部道路課,平成 27 年 12 月

【トンネル本体に見られる代表的な変状状況】



ひび割れ変状状況（牧山東トンネル）



漏水変状状況（牧山西トンネル）



浮き・はく離変状状況（牧山東トンネル）

竣工後の経過年数が最も長い雄勝トンネルの維持管理については、定期・異常時等の点検およびパトロールにおいては、補強材の固定状況、錆汁の状況等に着目した確認を行ないます。更に、安全・安心を確保するための多面的な検討を行うものとします。

4) 付属施設の老朽化

石巻市が管理しているトンネルには、それぞれの構造に応じて付属施設(非常用施設、照明施設)が整備されており、建設後20年以上経過した中で施設の老朽化も進行しています。

表 2.2 石巻市管理トンネルの付属施設一覧

トンネル名	非常用施設	照明施設
牧山西トンネル	○	○
牧山東トンネル	○	○
サン・ファントンネル	○	○
雄勝トンネル	—	○
渡波稲井トンネル	○	○



トンネル内に設置された非常用施設
(牧山西トンネル)



トンネルアーチ部に設置された照明施設
(牧山東トンネル)



トンネルアーチ部に設置された照明施設
(雄勝トンネル)



トンネルアーチ部に設置された照明施設
(サン・ファントンネル)

3. 計画の基本方針

維持管理計画の基本方針は、道路利用者の安全・安心を確保する観点において施設の延命化と維持管理・更新コストの削減を図る効率的な維持管理と位置づけます。そこで石巻市が管理するトンネルでは適切に管理水準を定め、対処療法的な『事後保全型』の管理から、『予防保全型』の管理へ転換を図ります。

1) 予防保全型と事後保全型維持管理のイメージ

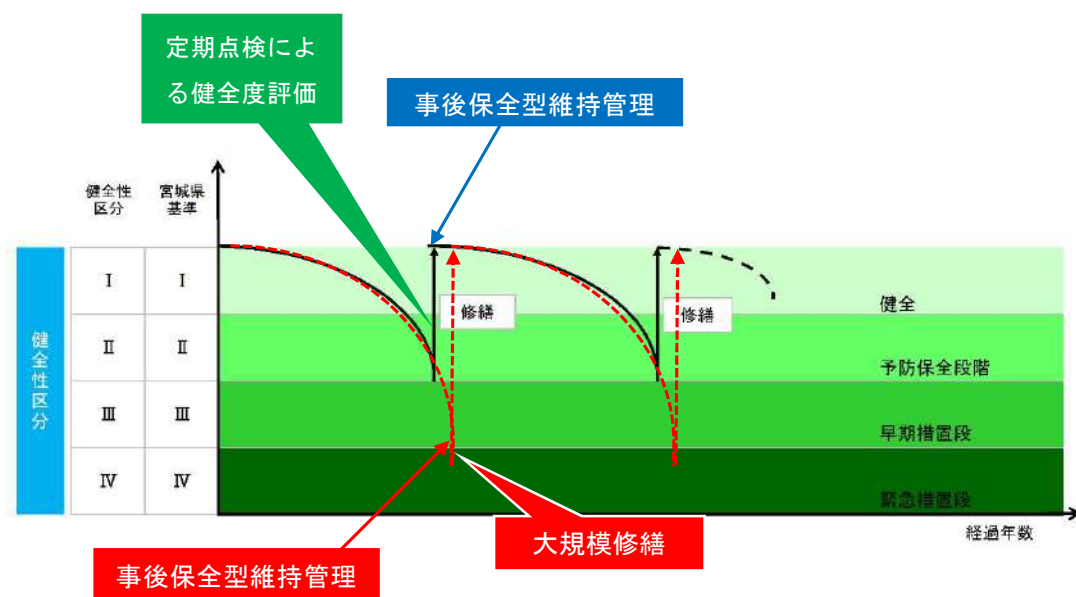


図 3.1 維持管理区分の概念

2) 維持管理基準

平成 29 年度の点検結果において健全度区分「III」と評価された変状・損傷は、平成 30 年に全て補修を行いました。

健全度区分「II」と評価された牧山西・牧山東トンネル、サン・ファントンネル、雄勝トンネルも補修を実施しています。

今後実施していく予防保全型の維持管理は、管理水準を健全度区分の「II」と定め、定期点検の結果から、健全度区分が「II：予防保全段階」に達したときに路線重要度における優先度に応じて修繕を行い、「I：健全」の状態を保持するよう適切に実施していきます。なお、今回補修を行った箇所においても、定期点検により変状を顕在化させないために確認を行いません。

3) 維持管理の基本方針

本計画では、効率的かつ効果的なメンテナンスサイクルを確立することを基本とし、継続的な維持管理を行う中でトンネルの健全性を保ちます。

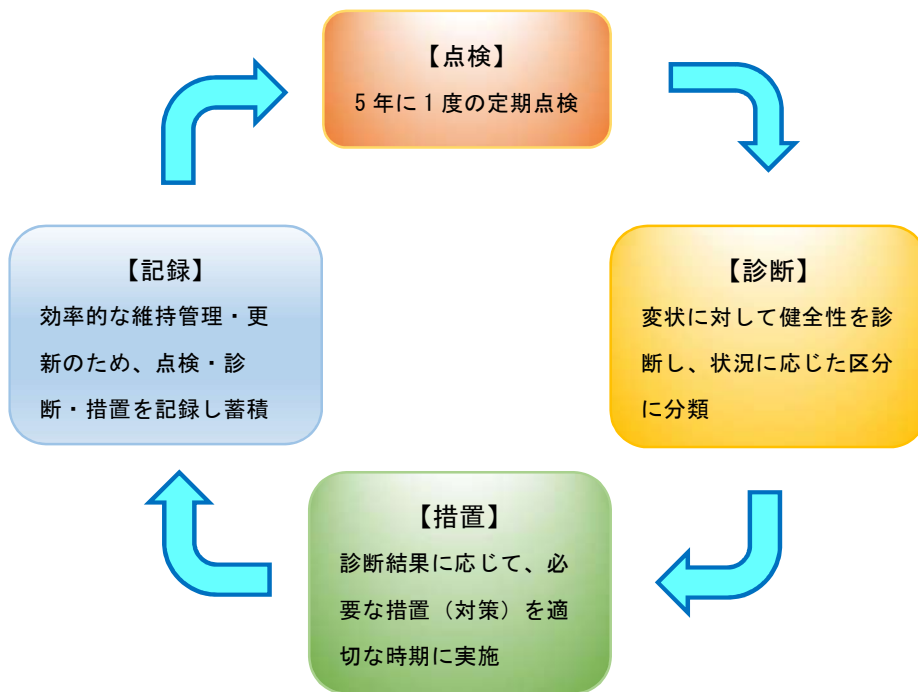


図 3.2 メンテナンスサイクルの概念

4. トンネルの修繕計画

1) 優先順位の設定

トンネル本体工の補修対策および付属設備の更新を実施する優先順位は、変状の健全性ととともに、トンネルの路線重要度としての役割、機能、利用状況、重要性を考慮して設定します。

a) トンネル本体の健全性に伴う優先順位

トンネル本体は、点検結果に基づき変状の健全性を踏まえたうえで、健全性が低くトンネル構造および利用者影響度が高いものから優先的に対策を行うものとします。

b) 設備更新に伴う優先順位

設備の更新は、計画的に実施していくものとし、当該路線の重要度を評価して優先度を設定しました。路線重要度としての評価項目は、以下の7つの評価項目を採用し、それぞれの項目に独自に設定した重み係数を掛け合わせた合計値から優先度を評価します。

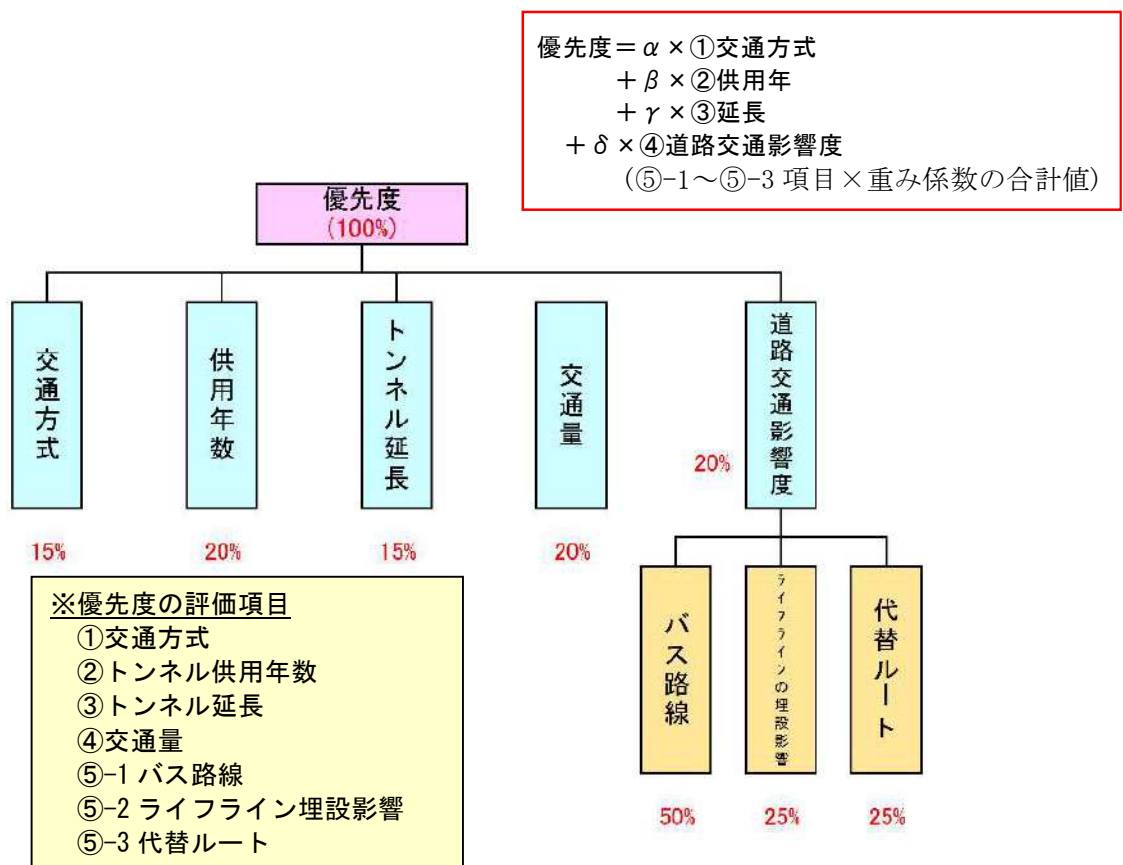


図 4.1 路線重要度の優先度評価における評価項目の構成

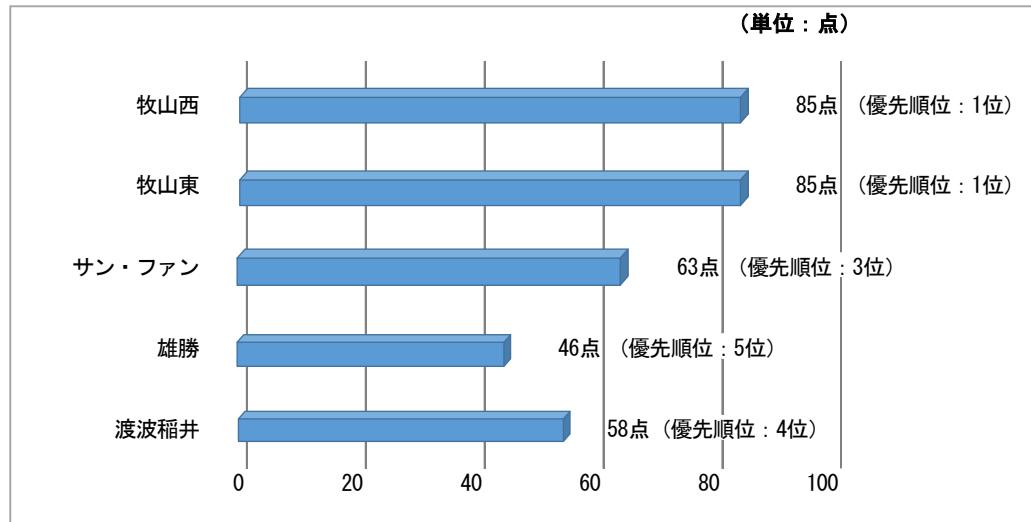


図 4.2 路線重要度の優先度評価結果

2) 劣化予測

トンネルの劣化予測は、点検結果を利用して建設年から点検時までの劣化進行状態を踏まえた分析から、劣化予測をします。

トンネルの劣化予測は、直近の点検結果を基に、各変状に対して建設年から点検時までの劣化進行度を健全度評価結果により分析し、その結果を利用して劣化曲線の評価しました。この劣化曲線からは、長寿命化修繕計画を策定するうえで健全な状態（健全度区分：「Ⅰ」）から対策工が必要となる時期（健全度区分「Ⅱ」に到達する時期）の期間設定に使用し、その劣化サイクルを25年と設定しました。

3) 対策工法の選定

対策工は、点検結果を基に劣化の種類や規模、範囲等に応じた対策となるよう適切に設定します。

対策工は点検結果を基に、基準等に基づき適切に設定します。トンネル各種劣化に対する対策工は表 4.1 に示す工法が挙げられ、適宜選定を行うものとします。

表 4.1 対策工一覧表

劣化の種類	対策工法	備考
ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ充填工 ・ひび割れ注入工 	ひび割れの規模に応じて選定する。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ロックボルト工 ・鋼板接着工 ・ライニング工 ・炭素繊維接着工 	主に外力に対する対策として採用する。
浮き・はく離	<ul style="list-style-type: none"> ・はつり工 ・断面修復工 ・金網、ネット工 ・当て板工 	変状の規模や覆工の状況に応じて選定する。
漏水	<ul style="list-style-type: none"> ・線導水工 ・導水樋工 ・水抜きポーリング工 	漏水量や範囲に応じて選定する。
空洞	<ul style="list-style-type: none"> ・裏込め注入工 	

4) LCC の計算

トンネル事業費の経済性評価は、LCCの算出を基に行うことを原則とします。

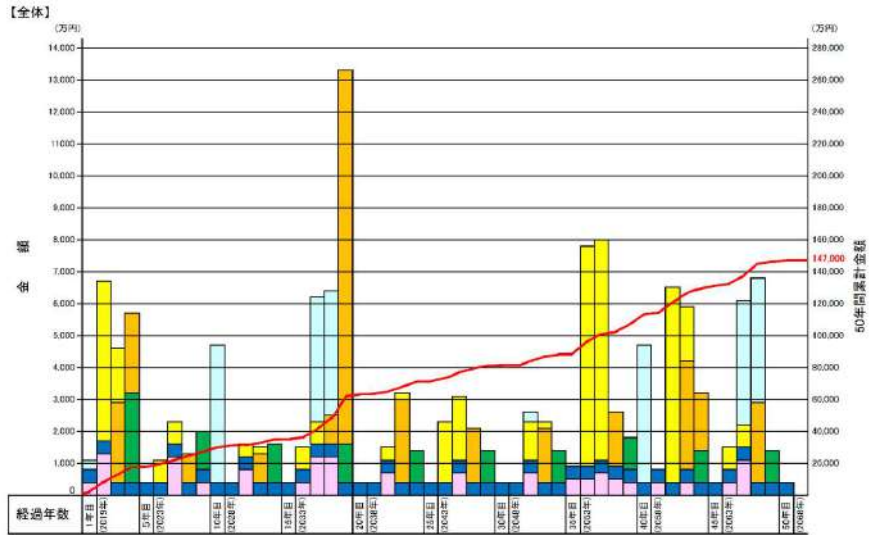
○LCC の算出方法

LCC の算出は、今後 50 年間で必要となる費用を計算するものとし、以下の項目で計算します。

LCC = 補修対策費用（本体） + 設備更新費 + 維持管理費
 ここで、補修対策費：トンネル本体の書く変状の対策工費用
 設備更新費：非常用施設、照明施設の更新費
 維持管理費：点検費、清掃費等

○LCC 分析による予防保全型維持管理計画の効果

トンネルの管理を予防保全型に変換することで、従来の事後保全型に比べて約 16 億円の維持管理費の低減が可能になります。



凡例

- 設計費
- 非常用施設
- 照明施設
- 定期点検
- 補修・補強費
- 維持費(牧山西・東)

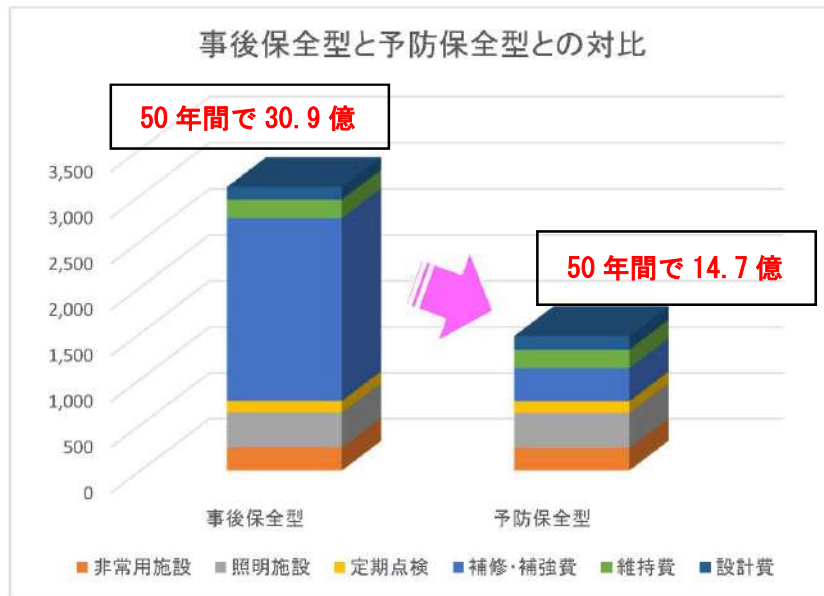


図 4.3 50年間の維持管理・更新費のLCC分析結果

5) 長寿命化修繕計画の策定

a) 短期維持管理計画

トンネル本体の点検結果、付属施設の老朽化状況に応じて、早期に対策等が必要なものを優先的に修繕していきます。また、5年に1回の定期点検も併せて実施していきます。

石巻市が管理するトンネルについて、本体部分と付属施設の中で早期に対策が必要であると判明している箇所については優先的に対応を行います。令和4年度から令和8年度の5年間では表4.2に示す設計、維持、修繕、更新を予定しています。

表 4.2 短期維持管理計画

年度	牧山西トンネル	牧山東トンネル	サン・ファントンネル	雄勝トンネル	渡波稲井トンネル	事業費
R4年度	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	95,000 千円
	定期点検	定期点検	定期点検	定期点検	定期点検	
	本体外修繕工事	本体外修繕工事	本体外修繕工事	本体外修繕工事		
R5年度	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	76,000 千円
	長寿命化修繕計画	長寿命化修繕計画	長寿命化修繕計画	長寿命化修繕計画	長寿命化修繕計画	
	—	—	照明施設更新工事	—	—	
R6年度	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	76,000 千円
	補修設計	補修設計	照明施設更新工事	—	—	
R7年度	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	50,000 千円
	本体外修繕工事	本体外修繕工事	—	照明施設更新工事	—	
R8年度	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	維持業務	18,000 千円
	—	—	—	—	—	

※あくまで実施予算ベースでの検討。今後予防保全での取り組み考慮を実施

短期目標（5年）・・・判定区分Ⅲの早期措置段階は速やかに修繕を行い、将来的に利用者に対して影響が及ぶ可能性がある判定区分Ⅱaの予防保全の補修についても計画的に取り組んでいく。

新技術等の活用も点検、修繕工事においても、比較検討を行い施設の規模に応じ採用するなど費用の縮減に努める。

b) 中長期維持管理計画

維持管理計画は、点検結果やLCC分析による経済性評価結果を用いて策定されますが、予算の制約や事業の効率的な執行のため、適宜予算の平準化を行うことを基本とします。

予防保全型の計画として、修繕時期が集中すると、事業費が大きくなり適切な維持管理を行うことが困難になります。限られた財源の中で維持管理を行っていくには計画的な予算の確保と効率的な事業の執行が不可欠です。そこで維持管理を行うために必要となるLCCによりの確に推定し、その結果を基に無理のない事業の執行となるよう、年間予算が偏らないよう適宜平準化を行うことが重要です。

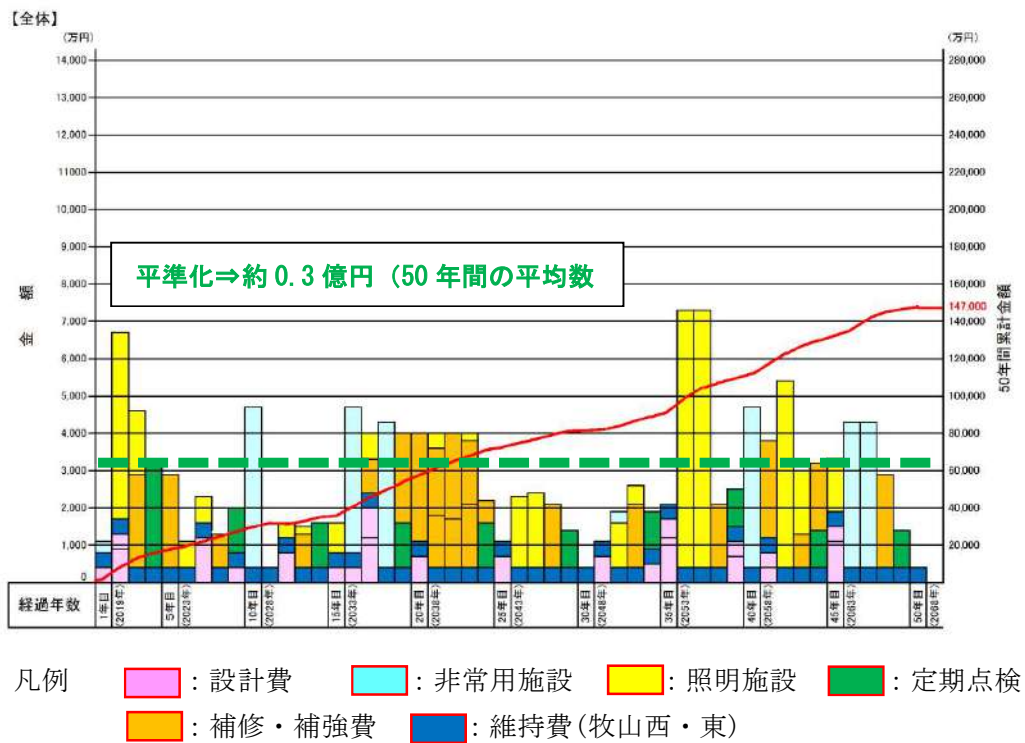


図 4.4 年間事業費の平準化イメージ

5. 事後評価・今後の有効な取り組み

1) 事後評価

計画策定後 10 年程度を目安として事業の見直し評価を行い、維持管理計画の計画修正や新規計画立案に役立てるものとします。

初回点検結果の限られた情報を基に、可能な限り現実的な想定を行いましたが、今後の点検結果を含めた見直しにより更に適切な管理が行えるよう対応を行っていきます。

事業評価においては、5年に1回の頻度で行われる定期点検結果の推移を取りまとめ、実施効果の検討に用います。また、計画策定後 10 年程度を目安として既往の事業に対する評価や改善点、追加点等の見直しを行い、維持管理計画の計画修正や新規計画立案に役立てるものとします。

2) 今後の有効な取り組み

トンネルの維持管理における調査法や対策工は、今後の研究や技術開発に期待される場所が大きく、より経済的で効率の良い維持管理が可能となることが十分に考えられます。そこで石巻市では新しい技術を積極的に導入に対する検討を行い、維持管理計画に反映させるよう取り組むものとします。また、今後の維持管理における新たなシステム・体制を構築していきます。

トンネルの維持管理に関する技術は他分野の維持管理技術と共に日々向上しています。そこで、点検調査や劣化予測手法に関する技術、補修・補強対策に関する技術、附属施設のランニングコストの低減に関する技術革新など、より効率的で効果的な新技術が確立された場合は、適時それらを取り入れ計画に反映させるよう取り組むものとします。

現在、石巻市は震度 4 以上の地震が発生した場合は、緊急パトロールを実施しています。そこで、何時も利用される路線において異常が見られた場合は市役所担当課へ連絡を頂き、市が速やかに行動し利用者の安全・安心を早期に確保する体制・システムを構築してまいります。

— 石巻市トンネル長寿命化修繕計画策定時意見聴取 —

この石巻市トンネル長寿命化修繕計画(案)は、学識経験者のご意見を踏まえて策定いたしました。(平成 31 年 3 月)

長寿命化修繕計画(案)策定において意見を聴取した学識経験者

職 名	氏 名
東北大学大学院 インフラ・マネジメント研究センター	久田 真 教授



第 2 回意見聴取 (平成 31 年 3 月 26 日)

次回の、トンネル長寿命化修繕計画は令和 5 年度に計画しており学識経験者のご意見も踏まえながら取り組む予定としております。

石巻市トンネル長寿命化修繕計画

平成31年3月 策定

令和5年3月 一部改定