

第四編 長寿命化計画

目 次

| | |
|-----------------------|--------|
| 1. 基本方針 | 1- 1 |
| 1.1 目的 | 1- 1 |
| 1.2 点検 | 1- 4 |
| 1.3 健全性の診断 | 1- 8 |
| 1.4 本体工の対策区分の判定 | 1- 9 |
| 1.5 附属物の対策区分の判定 | 1-13 |
| 1.6 優先順位の指標 | 1-13 |
| 1.7 管理水準の設定 | 1-16 |
| 2. 健全性の診断 | 2- 1 |
| 2.1 トンネルの健全性の判定区分 | 2- 1 |
| 2.2 対策トンネルの優先順位 | 2- 4 |
| 3. 短期計画の策定 | 3- 1 |
| 3.1 対策工法 | 3- 1 |
| 3.2 事業計画 | 3- 3 |
| 4. 中長期計画の策定 | 4- 1 |
| 4.1 トンネルの耐用年数 | 4- 1 |
| 4.2 予防保全型維持管理費の集計 | 4- 4 |
| 4.3 事後保全型維持管理との比較 | 4- 8 |
| 5. 今後の取り組み方針 | 5- 1 |
| 資料-1 予防保全型維持管理費の将来推計表 | 資料-1-1 |
| 資料-2 予防保全型維持管理費の将来推計表 | 資料-2-1 |

第 1 章 基本方針

1. 基本方針

1.1 目的

長南町が維持管理する 7 トンネルに対して、定期的な点検とこれにもとづく予防保全の考え方を取り入れた補修・補強対策を行うことにより、道路網の安全性・信頼性を確保することを目的とする。

トンネルの安全な通行が確保できなくなった状態で補修や補強対策を施す管理手法を「事後保全」という。この場合、大規模な修繕が必要となり、復旧には多額の費用を要することがある。

これに対し、定期的な点検と損傷の健全性を評価し、損傷が軽微な段階で補修・補強対策をこまめに実施する管理手法を「予防保全」といい、一定の水準で安全性を確保するとともに維持管理費の縮減が可能となる。

長南町が管理する 7 トンネルに対し、従来の「事後保全」的な維持管理に代えて、定期的な点検と健全性の診断にもとづく**予防保全型維持管理**を行うことで、損傷が健全化する以前の段階で対策を実施してトンネルの安全を確保し、トンネルの長寿命化を図るものである。

表-1.1.1 長南町が管理するトンネルの概要

| 番号 | トンネル名 | 路線名 | 延長 (m) | 完成年度 (西暦) | 経過年数 (年) | 掘削工法 | 覆工 |
|----|--------------|------------------|-----------|-------------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 望地谷 トンネル | 三級町道 長南蔵持線 | 48.0 | 昭和 10 年 (1935) | 81 | 矢板工法 (全断面) | アーチ：ライナー 側壁：コンクリート |
| 2 | 堀之内 トンネル | 二級町道 堀之内佐坪線 | 71.0 | 平成 2 年 (1990) | 26 | 矢板工法 (全断面) | コンクリート |
| 3 | 第二永井 トンネル | 二級町道 西湖永井線 | 58.8 | 昭和 1 年 (1925) | 89 | 素掘り(上半 先進盤下) | 吹付けコンクリート |
| 4 | 三川 トンネル | 二級町道 熊野三川線 | 85.0 | 平成 5 年 (1993) | 23 | 矢板工法 (全断面) | コンクリート |
| 5 | うぐいす トンネル | 二級町道 山内市原線 | 83.0 | 平成 7 年 (1995) | 21 | N A T M (上半先進) | コンクリート |
| 6 | 千田谷 トンネル | 三級町道 長南 1 号線 | 55.1 | 昭和 10 年 (1935) | 81 | 素掘り (全断面) | 素掘り |
| 7 | 中谷 トンネル | 三級町道 坂本 32 号線 | 69.2 | 昭和 47 年 (1935) | 44 | 矢板工法 (全断面) | コンクリート |



図-1.1.1 位置図

【「事後保全」、「予防保全」の定義】

出典 土木学会：地下空間ライブラリー第1号 地下構造物のアセットマネジメント、P36,37

(1) 事後保全

トンネルが壊れる、あるいは過大な変形が生じるなど、トンネルの機能を脅かす、すなわち安全に通行できる空間を確保できない程度まで性能が低下し、要求性能レベルを下回った段階で補修や補強等の対策を施す管理手法を事後保全と定義する(図-2.5.3 参照)。

環境作用の影響や地震時荷重の影響などによって、保有性能が経時的、または瞬時に低下することが考えられる。この場合、大規模な修繕が必要となり、その損傷の程度や回復レベルに応じて必要となる費用は変動する。

(2) 予防保全

建設時、または維持段階において、調査や点検を通じて不具合を評価するとともに、保有性能の低下を予測し、要求性能レベルを下回る前に補修や補強などの対策を施す管理手法を予防保全と定義する(図-2.5.4 参照)。点検に基づき損傷が軽微な段階で補修工事を短いサイクルで行うなど、構造物が致命的な損傷を受ける前に対策を実施するもので早期保全と称している文献も見られる。

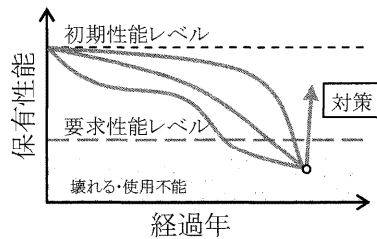


図-2.5.3 事後保全の概念

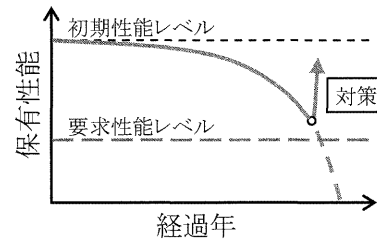


図-2.5.4 予防保全の概念

1.2 点検

(1) 点検の種類

トンネル点検は、道路維持管理業務の一環として、トンネル本体工の変状やトンネル内附属物の取付状態の異常を発見し、その程度を把握、さらに合理的なトンネルの維持管理のための資料収集・蓄積を目的に実施する。

点検の種類は、図-1.2.1、図-1.2.2に示されるように、その実施内容や時期等により日常点検、定期点検、異常時点検、および臨時点検に区分される。

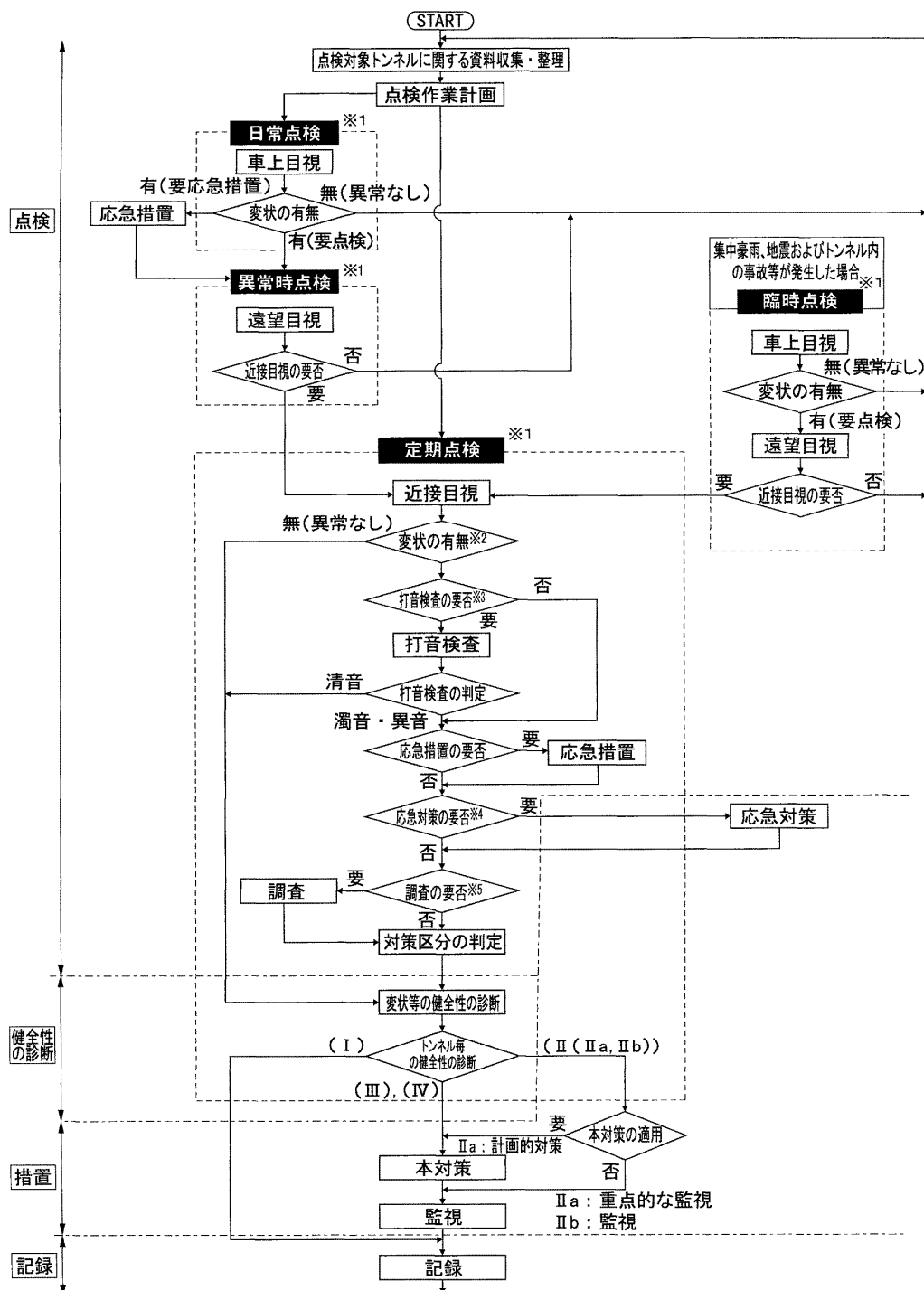


図-1.2.1 本体工の維持管理に関する一般的な手順

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P22

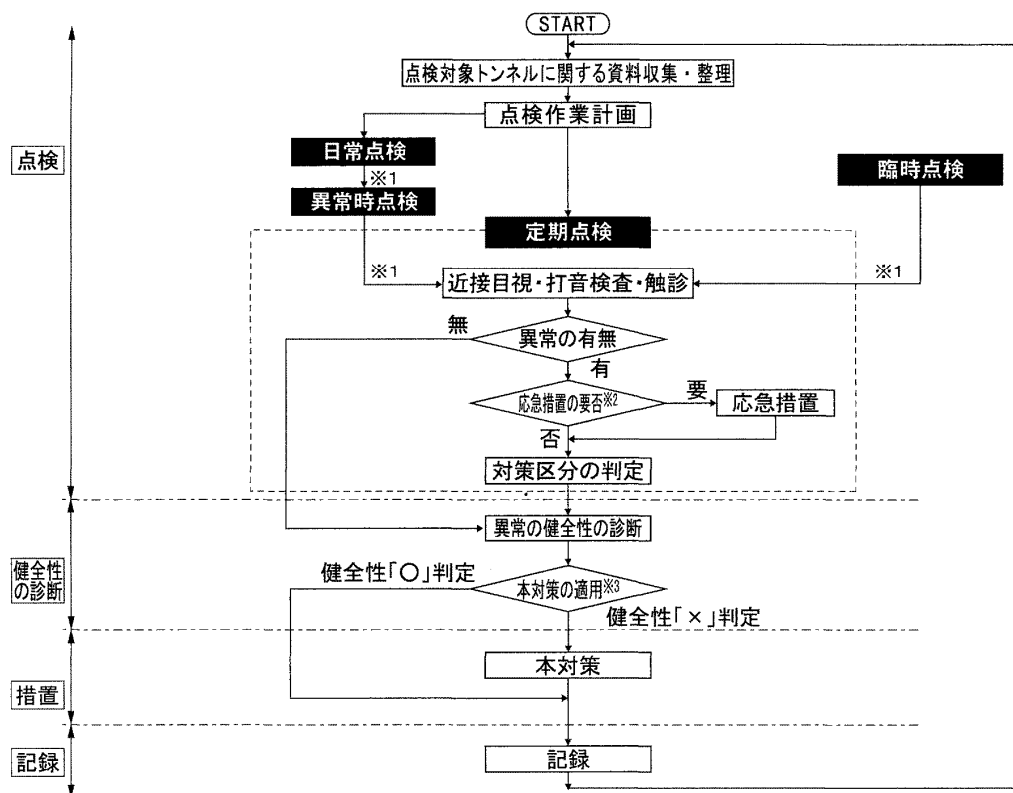


図-1.2.2 附属物取付状態の判定に関する一般的な手順

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P24

1) 日常点検

日常点検は、道路の通常巡回に併せて巡視員が車上目視または車上感覚によってトンネル状況ならびに道路の利用状況を把握し、変状等の異常を早期に発見を図るものである。

2) 定期点検

定期点検は、近接目視等によりトンネルの変状を把握して、利用者被害の可能性のあるコンクリート等のうき、はく離部等を撤去したり、附属物の取付状態の改善等を行う応急処置を講ずる。また、点検結果を基にトンネルごとでの健全性を診断する。図-1.2.3 に定期点検を対象としたメンテナンスサイクルの基本的なフローを示す。

なお、定期点検の頻度は5年に1回を基本とする。

3) 異常時点検

異常時点検は、日常点検により発見された変状や異常に対して、遠望目視により観察し、近接目視の必要性を判定するために行う。

4) 臨時点検

臨時点検は、地震、集中豪雨等の自然災害およびトンネル内の事故災害等が発生した場合に実施する。臨時点検は、トンネル全延長に対して日常点検に準ずる内容の点検を行うが、新たに変状が発生した箇所やこれまでの点検履歴から類似の変状の発生が想定される場合において異常時点検に準ずる内容の点検を実施する。

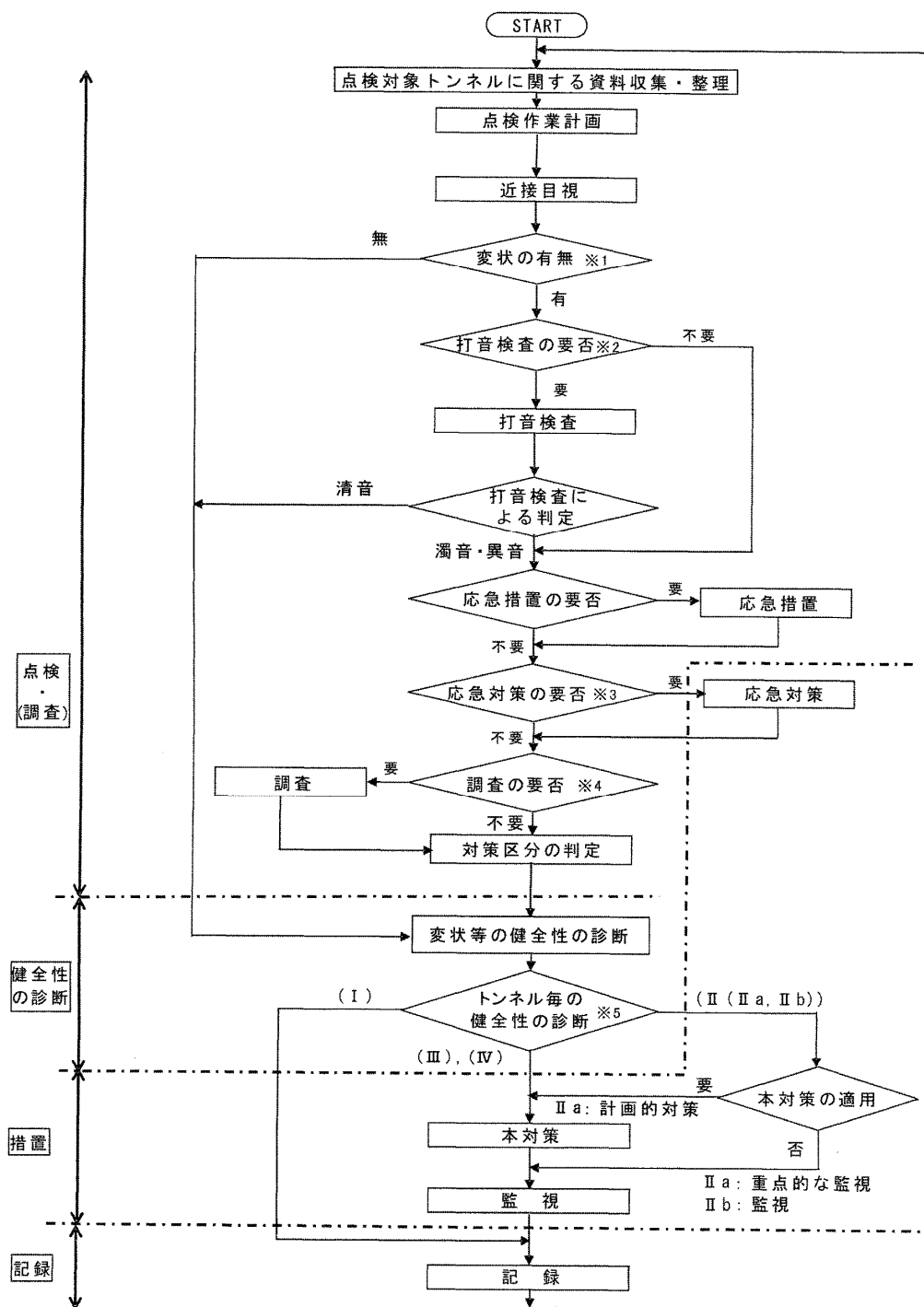


図-1.2.3 定期点検を対象としたメンテナンスサイクルの基本的なフロー

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P102

(2) 点検の頻度

点検の頻度および内容を表-1.2.1に示す。

表-1.2.1 点検の頻度と内容

| 点検区分 | 内容 | 頻度 | 適用 |
|-------|---|-------------------|----|
| 日常点検 | 道路パトロール時に行う車上目視。 | 1日1回 | |
| 定期点検 | 高所作業車等を用い、近接目視と打音検査による覆工観察ならびに点検結果にもとづく健全性の診断 | 5年に1回 | |
| 異常時点検 | 遠望目視により近接目視の要否を判断。 | 日常点検により異常が発見された場合 | |
| 臨時点検 | 災害時に実施する車上目視または遠望目視。 | 自然災害や事故災害が生じた場合 | |

1.3 健全性の診断

(1) トンネル本体工

トンネル本体工に関する健全性の診断は、「1.4 本体工の対策区分」の判定結果に基づき、表-1.3.1の判定区分により行う。

表-1.3.1 健全性の判定区分

| 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 |

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P236

(2) 附属物

附属物の取付状態に対する変状等の健全性の診断は、「1.5 附属物の対策区分」の判定結果に基づき、表-1.3.2の判定区分により行う。なお、異常箇所は早期に対策を実施する。

表-1.3.2 附属物の取付状態に対する異常判定区分

| 異常判定区分 | 異常判定の内容 |
|--------|---------------------------|
| × | 附属物の取付状態に異常がある場合 |
| ○ | 附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合 |

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P236

(3) 健全性の診断後の措置

各覆工スパンの健全性の診断結果の中で、最も厳しい判定区分をそのトンネルの「健全性の診断の判定区分」とし、表-1.3.3に示す措置を行う。

表-1.3.1 健全性の診断の判定区分にもとづく措置の例

| 健全性の診断の判定区分(表-1.3.1) | 対策区分の判定区分(表-1.4.1) | 措置 | |
|----------------------|--------------------|----------|-----------------|
| | | 対策 | 監視 |
| I | I | 実施しない | 実施する |
| II | II b | 実施しない | 実施する |
| | II a | 計画的に実施する | 本対策を行わない場合に実施する |
| III | III | 早期に実施する | 本対策を行わない場合に実施する |
| IV | IV | 緊急に実施する | 本対策を行わない場合に実施する |

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P240

1.4 本体工の対策区分の判定

(1) 本体工の対策区分

本体工を対象とした対策区分の判定は、点検、調査より把握した変状状況にもとづき、表-1.4.1により判定する。

表-1.4.1 本体工における対策区分

| 判定区分 | | 定 義 |
|------|------|---|
| I | | 利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態 |
| II | II b | 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態 |
| | II a | 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 |
| III | | 早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態 |
| IV | | 利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急 ^{注1)} に対策を講じる必要がある状態 |

注 1) 対策区分IVにおける「緊急」とは、早期に措置を講じる必要がある状態から、交通開放できない状態までをいう

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P196

本体工における対策区分の判定は以下の 3 種類について実施する。

- ①外力による変状に対する対策区分
- ②材質劣化による変状に対する対策区分
- ③漏水による変状に対する対策区分

対策区分の判定の単位は、外力による変状については覆工スパンごとに行い、材質劣化、漏水については個々の変状ごとに行う。

(2) 外力による変状に対する対策区分

外力による変状には、圧ざ、ひび割れ、うき、はく離、変形、移動、沈下のような通常の外力による変状現象と突発性の崩壊現象がある。これらの変状に対する対策区分は表-1.4.2 とする。

表-1.4.2 外力による変状に対する対策区分

| 変状区分 | | 通常の外力 | | | 突発性の崩壊 ^{注1)} |
|--------------|------|---|---|--|--|
| 変状種類 判定区分 | | 圧ざ、ひび割れ ^{注2)} | うき、はく離 ^{注3)} | 変形、移動、沈下 | 巻圧不足・背面空洞 |
| | | | | | |
| I | | ひび割れが生じていない、または生じていても軽微で、措置を必要としない状態 | ひび割れ等によるうき、はく離の兆候がないもの、またはたたき落としにより除去できたため、落下する可能性がなく、措置を必要としない状態 | 変形、移動、沈下等が生じていない、またはあっても軽微で、措置を必要としない状態 | 覆工背面の空洞が小さいもしくはない状態で、有効な覆工厚が確保され、措置を必要としない状態 |
| II | II b | ひび割れがあり、その進行が認められないが、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、監視を必要とする状態 | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離の兆候があり、将来的に落下する可能性があるため、監視を必要とする状態 | 変形、移動、沈下等しており、その進行が停止しているが、監視を必要とする状態 | — |
| | II a | ひび割れがあり、その進行が認められ、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離の兆候があり、将来的に落下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 | 変形、移動、沈下等しており、その進行が緩慢であるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 | 覆工アーチ部または側面の覆工背面に空洞が存在し、今後、地山の劣化等により背面の空洞が拡大する可能性がある、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 |
| III | | ひび割れが密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が低下しているため、早期に対策を講じる必要がある状態 | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離等がみられ、落下する可能性があるため、早期に対策を講じる必要がある状態 | 変形、移動、沈下等しており、その進行が見られ、構造物の機能低下が予想されるため、早期に対策を講じる必要がある状態 | アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し、背面の地山が岩塊となって落下する可能性がある、早期に対策を講じる必要がある状態 |
| IV | | ひび割れが大きく密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が著しく低下している、または圧ざがあり、緊急に対策を講じる必要がある状態 | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離等が顕著にみられ、早期に落下する可能性があるため、緊急に対策を講じる必要がある状態 | 変形、移動、沈下等しており、その進行が著しく、構造物の機能が低下しているため、緊急に対策を講じる必要がある状態 | アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し、有効な覆工厚が少なく、背面の地山が岩塊となって落下する可能性がある、緊急に対策を講じる必要がある状態 |

注 1) 見かけ上の変状がほとんど見られない状態で、突然トンネルの覆工が崩壊する可能性があることをいう。

注 2) 外力に起因するひび割れを対象とする。

注 3) 外力に起因するひび割れ等にもなって発生するうき、はく離を対象とする。

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P200

(3) 材質劣化による変状に対する対策区分

材質劣化に対する判定は表-1.4.3 とする。なお、望地谷トンネルのライナープレート覆工は、表-1.4.3 の鋼材腐食により判定する。

表-1.4.3 材質劣化による変状に対する判定区分

| 変状種類 判定区分 | | うき、はく離 ^{注1)} | 鋼材腐食 | 有効巻厚の減少 |
|--------------|------|---|--|---|
| I | | ひび割れ等によるうき、はく離の兆候がないもの、またはたたき落としにより除去できたため、落下する可能性がなく、措置を必要としない状態 | 鋼材腐食が生じてない、またはあっても軽微なため、措置を必要としない状態 | 材質劣化等がみられないか、みられても、有効巻厚の減少がないため、措置を必要としない状態 |
| II | II b | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離の兆候があり、将来的に落下する可能性があるため、監視を必要とする状態 | 表面的あるいは小面積の腐食があるため、監視を必要とする状態 | 材質劣化等がみられ、断面強度への影響がほとんどないが、監視を必要とする状態 |
| | II a | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離の兆候があり、将来的に落下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 | 孔食あるいは鋼材全周のうき錆がみられるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 | 材質劣化等により有効巻圧が減少し、構造物の機能が損なわれる可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 |
| III | | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離等がみられ、落下する可能性があるため、早期に対策を講じる必要がある状態 | 腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が損なわれているため、早期に対策を講じる必要がある状態 | 材質劣化等により有効巻圧が著しく減少し、構造物の機能が損なわれたため、早期に対策を講じる必要がある状態 |
| IV | | ひび割れ等により覆工コンクリート等のうき、はく離等が顕著にみられ、早期に落下する可能性があるため、緊急に対策を講じる必要がある状態 | 腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が著しく損なわれているため、緊急に対策を講じる必要がある状態 | 材質劣化等により有効巻圧が著しく減少し、構造物の機能が著しく損なわれたため、緊急に対策を講じる必要がある状態 |

注1) ここでいうひび割れとは、材質劣化に起因するひび割れをいう。

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P215

(4) 漏水等による変状に対する対策区分

漏水等に対する判定は表-1.4.4とする。

表-1.4.4 漏水等による変状に対する判定区分

| | | |
|-----|------|---|
| I | | 漏水がみられないもの、または漏水があっても利用者の安全性に影響がないため、措置を必要としない状態 |
| II | II b | コンクリートのひび割れ等から漏水が浸出しており、利用者の安全性にはほとんど影響がないが、監視を必要とする状態 |
| | II a | コンクリートのひび割れ等から漏水の滴水があり、将来的に利用者の安全性を損なう可能性のあるもの、または、排水不良により、舗装面に滞水を生じるおそれのあるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態 |
| III | | コンクリートのひび割れ等から漏水の流下があり、または、排水不良により舗装面に滞水があり、利用者の安全性を損なう可能性のあるため、早期に対策を講じる必要がある状態 |
| IV | | コンクリートのひび割れ等から漏水の噴出があり、または、漏水に伴う土砂流出により舗装が陥没したり沈下する可能性があり、寒冷地において漏水等により、つららや側氷等が生じ、利用者の安全性を損なうため、緊急に対策を講じる必要がある状態 |

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P222

1.5 附属物の対策区分の判定

附属物の取付状態の異常の判定は、附属物本体、取付金具、ボルト・ナット、アンカー類ごとに、表-1.5.1 により行う。

表-1.5.1 附属物の取付状態に対する異常判定区分

| 異常判定区分 | 異常判定の内容 | 附属物の取付状態 |
|--------|---------------------------|--|
| × | 附属物の取付状態に異常がある場合 | <ul style="list-style-type: none"> ・利用者被害の可能性がある場合 ・ボルトの緩みを締め直したりする応急措置が講じられたとしても、今後も利用者被害の可能性が高く、再固定、交換、撤去や、設備全体を更新するなどの方法による対策が早期に必要な場合 |
| ○ | 附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合 | <ul style="list-style-type: none"> ・異常はなく、とくに問題のない場合 ・軽微な変状で進行性や利用者被害の可能性はなく、とくに問題がないため、対策が必要ない場合 ・ボルトの緩みを締め直する応急措置が講じられたため、利用者被害の可能性はなく、とくに問題がないため、対策が必要ない場合 ・異常個所に対策が適用されて、その対策の効果が確認されている場合 |

(公社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P229

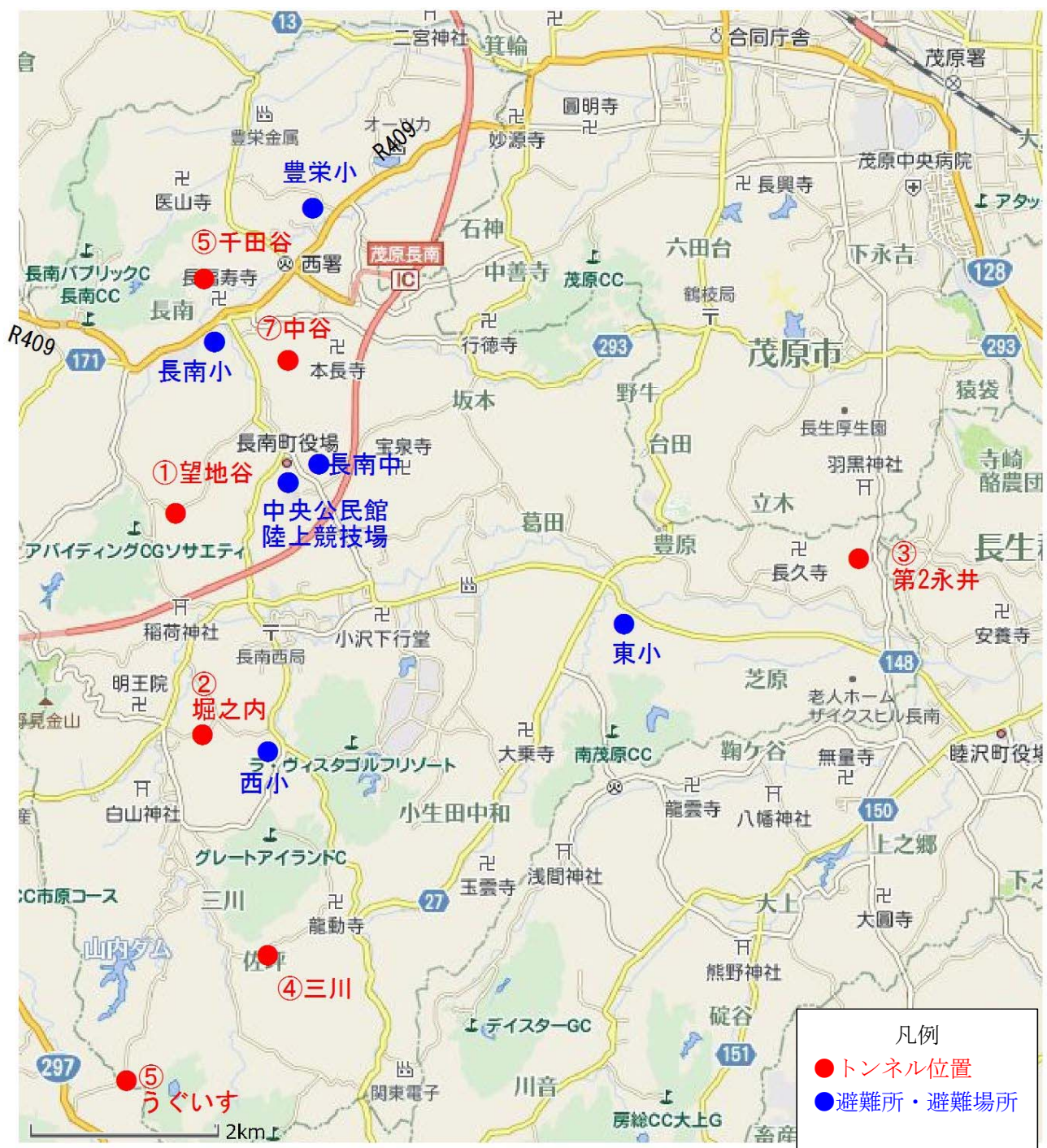
1.6 優先順位の指標

対策を実施するトンネルの優先順位の指標は表-1.6.1 に示す 7 項目とする。優先順位は評価点により判定し、①健全性の診断の判定区分を最優先として評価点を 40～10 点を付与する、②町道等級は一級が 2 点、二級が 1 点、③その他の項目は各 1 点として、評価点の合計が高得点のトンネルを優先に補修工事を実施する。

表-1.6.1 対策を実施するトンネルの優先順位の指標

| 番号 | 指標 | 評価点 | 備考 |
|----|--------------------------|-----|----|
| 1 | 健全性の診断の判定区分 | IV | 40 |
| | | III | 30 |
| | | II | 20 |
| 2 | 町道等級 | 一級 | 2 |
| | | 二級 | 1 |
| 3 | 緊急輸送路に連絡する路線 (R409、R297) | 1 | |
| 4 | 避難所および避難場所へ接続する路線 | 1 | |
| 5 | 隣接市町村へ連絡する路線 | 1 | |
| 6 | 通学路 (小中学校) | 1 | |
| 7 | 幅員 5.5m 以上の路線 | 1 | |

各トンネルの位置および避難所・避難場所の位置を次ページの位置図に示す。



【避難所および避難場所】

出典：長南町ホームページ

<http://www.town.chonan.chiba.jp/kurashi/kinkyuu/153/>

避難場所・避難所

最終更新日: 2015年9月18日

避難場所

災害時、生命に危険がおよぶような場合には、避難が必要となり、あらかじめ安全な場所を確保しておく必要があります。町の避難場所は次の6か所です。

| 地区名 | 施設名 | 所在地 |
|------|-------|-------------|
| 長南地区 | 長南中学校 | 長南町長南2060 |
| | 長南小学校 | 長南町長南770-1 |
| 豊栄地区 | 豊栄小学校 | 長南町米満101 |
| 東地区 | 東小学校 | 長南町地引1239 |
| 西地区 | 西小学校 | 長南町佐坪1351 |
| | 陸上競技場 | 長南町報恩寺547-1 |

避難所

災害により住居が倒壊・焼失したり、救助を要する被災者に対して、宿泊・給食・医療などの救援を行ないます。町の避難所は次の6か所です。

| 地区名 | 施設名 | 所在地 |
|------|-------|------------|
| 長南地区 | 中央公民館 | 長南町長南2125 |
| | 長南中学校 | 長南町長南2060 |
| | 長南小学校 | 長南町長南770-1 |
| 豊栄地区 | 豊栄小学校 | 長南町米満101 |
| 東地区 | 東小学校 | 長南町地引1239 |
| 西地区 | 西小学校 | 長南町佐坪1351 |

1.7 管理水準の設定

短期計画で計画した対策工実施以降は、対策区分「Ⅲ」「Ⅳ」の変状を「許容しない（変状は発生させない）」こととする。また、変状が顕在化しない段階で予防保全型維持管理を行うこととし、管理水準は「Ⅱa」とする。

表-1.7.1 長寿命化計画における管理水準

| 健全性の診断 の判定区分 | 対策区分の 判定区分 | 変状の程度※1 | 維持管理便覧での 対策実施の措置※2 | 長寿命化計画での 管理水準 |
|-----------------|---------------|---------|-----------------------|------------------|
| I | I | 変状なし・軽微 | 実施しない | 対策なし |
| II | II b | 軽微 | 実施しない | 対策なし |
| | II a | 将来的に顕在化 | 計画的に実施する | 対策実施 |
| III | III | 変状が顕在化 | 早期に実施する | 許容しない（発生させない） |
| IV | IV | 変状が顕著 | 緊急に実施する | 許容しない（発生させない） |

※1（公社）日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P197

※2（公社）日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】、平成 27 年 6 月、P240

第2章 健全性の診断

2. 健全性の診断

2.1 トンネルの健全性の判定区分

(1) 点検の判定結果

平成 26 年度に実施されたトンネル点検結果から、各トンネルの健全性の診断の判定区分は表 2.1.1 のように判定された。

表-2.1.1 点検結果による各トンネルの健全性の診断の判定区分

| 番号 | トンネル名称 | 健全性の診断 の判定区分 | 備考 |
|----|----------|-----------------|----|
| ① | 望地谷トンネル | Ⅱ | |
| ② | 堀之内トンネル | Ⅱ | |
| ③ | 第二永井トンネル | Ⅱ | |
| ④ | 三川トンネル | Ⅱ | |
| ⑤ | うぐいすトンネル | Ⅱ | |
| ⑥ | 千田谷トンネル | Ⅱ | |
| ⑦ | 中谷トンネル | Ⅲ | |

(2) 調査による判定結果

平成 27 年度に堀之内トンネル、三川トンネルおよび中谷トンネルの 3 トンネルについて電磁波探査による覆工背面空洞調査が実施され、「突発性の崩壊に対する判定区分」と「有効巻厚の減少に対する判定区分」が追加された。これらの覆工スパン別とトンネル毎の健全性診断結果を表 2.1.2～表 2.1.4 に示す。

表-2.1.2 背面空洞調査によるトンネルの健全性の診断判定区分（堀之内トンネル）

| スパン | PS | S001 | S002 | S003 | S004 | S005 | S006 | PE | | 合計 |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|--|----|
| 最小覆工厚 (cm) | 46 | 50 | 41 | 42 | 42 | 36 | 50 | 48 | | |
| 最大空洞厚 (cm) | 0 | 37 | 43 | 42 | 23 | 29 | 23 | 0 | | |
| 突発性崩壊判定 | I | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅱ a | Ⅱ a | Ⅱ b | I | | |
| 有効巻厚判定 | Ⅱ b | Ⅱ b | Ⅱ b | Ⅱ b | Ⅱ b | Ⅱ a | Ⅱ b | Ⅱ b | | |
| トンネルの健全性 診断の判定区分 | Ⅲ | | | | | | | | | |

表-2.1.3 背面空洞調査によるトンネルの健全性の診断判定区分（三川トンネル）

| スパン | PS | S001 | S002 | S003 | S004 | S005 | S006 | S007 | S008 | S009 |
|-----------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最小覆工厚(cm) | 72 | 72 | 72 | 66 | 65 | 64 | 68 | 70 | 65 | 67 |
| 最大空洞厚(cm) | 0 | 0 | 0 | 8 | 10 | 14 | 4 | 2 | 8 | 15 |
| 突発性崩壊判定 | I | I | I | Ⅱb | Ⅱa | Ⅱa | Ⅱb | I | Ⅱb | Ⅱa |
| 有効巻厚判定 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| スパン | S010 | S011 | S012 | S013 | PE | | 合計 | | | |
|---------------------|------|------|------|------|----|--|----|--|--|--|
| 最小覆工厚(cm) | 64 | 72 | 72 | 72 | 72 | | | | | |
| 最大空洞厚(cm) | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 突発性崩壊判定 | Ⅱa | I | I | I | I | | | | | |
| 有効巻厚判定 | — | — | — | — | — | | | | | |
| トンネルの健全性 診断の判定区分 | Ⅱ | | | | | | | | | |

表-2.1.4 背面空洞調査によるトンネルの健全性の診断判定区分（中谷トンネル）

| スパン | S001 | S002 | S003 | S004 | S005 | S006 | S007 | | | 合計 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|----|
| 最小覆工厚(cm) | 17 | 16 | 20 | 25 | 20 | 10 | 21 | | | |
| 最大空洞厚(cm) | 34 | 42 | 27 | 15 | 20 | 27 | 15 | | | |
| 突発性崩壊判定 | Ⅳ | Ⅳ | Ⅱa | Ⅱa | Ⅱa | Ⅱa | Ⅱa | | | |
| 有効巻厚判定 | Ⅲ | Ⅲ | Ⅱa | Ⅱa | Ⅱa | Ⅲ | Ⅱa | | | |
| トンネルの健全性 診断の判定区分 | Ⅳ | | | | | | | | | |

(3) 判定区分の見直し

背面空洞調査結果を踏まえたトンネル毎の健全性診断結果を表-2.1.5に示す。

表-2.1.1 点検結果による各トンネルの健全性の診断の判定区分

| 番号 | トンネル名称 | 健全性の診断の判定区分 | | | 備考 |
|----|----------|-------------|------------------|---------------|----|
| | | H26 点検 | H27 調査 (背面空洞) | 見直し後の 判定区分 | |
| ① | 望地谷トンネル | Ⅱ | — | Ⅱ | |
| ② | 堀之内トンネル | Ⅱ | Ⅲ | Ⅲ | |
| ③ | 第二永井トンネル | Ⅱ | — | Ⅱ | |
| ④ | 三川トンネル | Ⅱ | Ⅱ | Ⅱ | |
| ⑤ | うぐいすトンネル | Ⅱ | — | Ⅱ | |
| ⑥ | 千田谷トンネル | Ⅱ | — | Ⅱ | |
| ⑦ | 中谷トンネル | Ⅲ | Ⅳ | Ⅳ | |

(3) 変状の分析

トンネル本体工に生じている変状のうち、判定区分がⅡ以上となった変状の種類と箇所数を表-2.1.2に示す。

7トンネルの変状の特徴は以下のように整理できる。

- ①地質や地下水その他に外力に起因する変状は生じていない。
- ②各トンネルとも、本体工に生じている変状は材質劣化または施工法に起因する変状である。
- ③覆工も変状は、材質劣化によるうき・はく離が全体の変状の78%を占めている。
- ④矢板工法で施工されたトンネルには背面空洞が生じている。

表-2.1.2 各トンネルに生じている変状の種類と箇所数

| 番号 | トンネル名 | うき・はく離 | ひび割れ | 段差 | 漏水 | 腐食 | ゆるみ | 背面空洞 | 計 |
|----|----------|--------|------|----|----|----|-----|------|------|
| ① | 望地谷トンネル | 3 | | | 1 | 3 | 3 | | 10 |
| ② | 堀之内トンネル | 2 | | | | | | ○ | 2 |
| ③ | 第二永井トンネル | 1 | | | | | | | 1 |
| ④ | 三川トンネル | 3 | | | | | | ○ | 3 |
| ⑤ | うぐいすトンネル | 11 | 2 | | | | | | 13 |
| ⑥ | 千田谷トンネル | | | | | | | | 0 |
| ⑦ | 中谷トンネル | 38 | 4 | 1 | 2 | | | ○ | 45 |
| 計 | | 58 | 6 | 1 | 3 | 3 | 3 | | 74 |
| 割合 | | 78% | 8% | 1% | 4% | 4% | 4% | — | 100% |

※背面空洞欄の○印は、背面空洞が生じているトンネル。

2.2 対策トンネルの優先順位

基本方針で設定した優先順位の指標（表-1.6.1 参照）により各トンネルの優先順位の評価点を算出した結果を表-2.2.1 に示す。

表-2.2.1 より、評価点の合計が最も高くなる中谷トンネルを最優先とし、以下堀之内トンネル、うぐいすトンネル、三川トンネルの順とする。なお、評価点が同点となった望地谷トンネル、第二永井トンネル、千田谷トンネルについては、その時点の社会状況や予算状況により管理者が判断して順位を決定する。

表-2.2.1 対策を実施するトンネルの優先順位

| 番号 | 指標 | 評価点 | 望地谷 | 堀之内 | 第二永井 | 三川 | うぐいす | 千田谷 | 中谷 |
|------|-------------------------|-----|-----|-----|------|----|------|-----|----|
| 1 | 健全性の診断の判定区分 | Ⅳ | 40 | | | | | | 40 |
| | | Ⅲ | 30 | 30 | | | | | |
| | | Ⅱ | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| 2 | 町道等級 | 一級 | 2 | | | | | | |
| | | 二級 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3 | 緊急輸送路に連絡する路線（R409、R297） | 1 | | | | | 1 | 1 | |
| 4 | 避難所および避難場所へ接続する路線 | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| 5 | 隣接市町村へ連絡する路線 | 1 | | | | | 1 | | |
| 6 | 通学路（小中学校） | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 7 | 幅員 5.5m 以上の路線 | 1 | | | | | 1 | | |
| 合計 | | | | 21 | 33 | 21 | 22 | 24 | 40 |
| 優先順位 | | | | ② | | ④ | ③ | | ① |

第 3 章 短期計画の策定

3. 短期計画の策定

3.1 対策工法

(1) 対象期間

今後5年程度の期間の事業計画（補修計画）を策定する。

(2) 対策工の工種

対象トンネルに生じている変状は、①うき・はく離、②ひび割れ、③段差、④漏水、⑤ライナープレートの腐食、⑥ライナープレートのボルトのゆるみ、⑦背面空洞である。これらの変状に対する対策工法を表-3.1.1に示す。なお、素掘りの千田谷トンネルについては、地山のはく落防止のため吹付けコンクリートによる覆工を計画する。

表-3.1.1 対策工法の工種

| 変状の種類 | 変状の概要 | 対策工 | 備考 |
|-------------------|-------------------------------|--|----|
| ①うき・はく離 | ・横断目地のうき ・目地間の覆工のうき | はく落防止工（たたき落とし工、断面修復工、FRP メッシュ工、繊維シート接着工） | |
| ②ひび割れ | ・目地付近の閉合ひび割れ ・ひび割れ周辺の覆工のうき | | |
| ③段差 | ・段差周辺の覆工のうき | | |
| ④漏水 | ・目地や覆工の材質劣化箇所からの漏水 | 漏水対策工（導水樋） | |
| ⑤ライナープレートの腐食 | ・ライナープレート覆工の部分的な腐食 | 防錆工 | |
| ⑥ライナープレートのボルトのゆるみ | ・ライナープレート締結ボルトのゆるみ | 再締め付け | |
| ⑦背面空洞 | ・覆工背面の空洞 | 裏込め注入工 | |

(3) 補修工数量

対象トンネルの補修工事数量を表-3.1.2に示す。

表-3.1.2 対策工の数量

| 工種 | 単位 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | 計 |
|------------------------|----------------|---------|---------|----------|------|----------|---------|------|-------|
| | | 望地 谷 | 堀之 内 | 第二 永井 | 三川 | うぐ いす | 千田 谷 | 中谷 | |
| はつり落とし工 | m ² | | 0.02 | | 0.05 | 1.07 | | 3.4 | 4.54 |
| 断面修復工 | m ² | 0.4 | | | | | | 4.2 | 4.6 |
| FRP メッシュ工 | m ² | | 6.7 | 2.2 | | 21.2 | | 76.2 | 106.3 |
| 繊維シート接着工 | m ² | | | | | | | 3.5 | 3.5 |
| 導水樋工 B=300 | m | | | | | | | 54.0 | 54.0 |
| 導水樋工 B=1000 | m | | | | | | | 13.0 | 13.0 |
| 裏込め注入工 (40 倍発泡ウレタン) | m ³ | | 39.9 | | 18.7 | | | 38.6 | 97.2 |
| 防錆工 | m ² | 0.14 | | | | | | | 0.14 |
| ボルト再締め付け 工 | 箇所 | 3 | | | | | | | 3 |
| トンネル掘削工 | m ³ | | | | | | 195.4 | | 195.4 |
| 吹付けコンクリー ト | m ³ | | | | | | 189.4 | | 189.4 |
| 既存施設復旧工 (坑内照明) | ヶ所 | | | | | | 3.00 | | 3 |
| 復旧工 (舗装版埋戻し) | m ³ | | | | | | 16.2 | | 16.2 |

3.2 事業計画

(1) 概算工事費

各トンネルの概算直接工事費を表-3.2.1に示す。

表-3.2.1 各トンネルの概算直接工事費

(単位 千円)

| 工種 | 望地谷 | 堀之内 | 第二永井 | 三川 | うぐいす | 千田谷 | 中谷 | 計 |
|-------------|-----|-------|------|-------|------|-------|-------|--------|
| はつり落とし工 | | 1 | | 1 | 23 | | 74 | 99 |
| 断面修復工 | 36 | | | | | | 374 | 410 |
| FRP メッシュ工 | | 145 | 48 | | 460 | | 1,654 | 2,307 |
| 繊維シート接着工 | | | | | | | 126 | 126 |
| 導水樋工 B=300 | | | | | | | 1,010 | 1,010 |
| 導水樋工 B=1000 | | | | | | | 337 | 337 |
| 裏込め注入工 | | 3,204 | | 1,724 | | | 3,701 | 8,629 |
| 防錆工 | 17 | | | | | | | 17 |
| ボルト再締め付け工 | 2 | | | | | | | 2 |
| トンネル掘削工 | | | | | | 1,696 | | 1,696 |
| 吹付けコンクリート覆工 | | | | | | 4,680 | | 4,680 |
| 付帯工 | | | | | | 2,544 | | 2,544 |
| 合計 | 55 | 3,350 | 48 | 1,725 | 483 | 8,920 | 7,276 | 21,857 |
| 優先順位 | | ② | | ④ | ③ | | ① | |

(2) 事業年度

補修工事は、健全性の診断の判定区分がⅣとなる中谷トンネルを最優先に行う。その後、優先順位と予算の平準化を踏まえ、千田谷トンネルを除く 5 トンネルを同時に補修し、最後に千田谷トンネルの対策を行う。3 年度に分割した補修工事実施トンネルの組み合わせと概算直接工事費を表-3.2.2 に示す。

表-3.2.2 補修工事の優先順位と組み合わせ

| 順位 | トンネル名 | 概算直接工事費 (千円) | 実施年度 |
|----|--|--------------|----------|
| 1 | 中谷トンネル | 7,276 | 平成 28 年度 |
| 2 | 堀之内トンネル うぐいすトンネル 三川トンネル 望地谷トンネル 第二永井トンネル | 5,661 | 平成 29 年度 |
| 3 | 千田谷トンネル | 8,920 | 平成 30 年度 |

(3) 工程および交通規制

各トンネルの補修工事に要する日数(準備・片付けを除く)および交通規制期間を表-3.2.3 に示す。ここに、

規制時間：8:30～17:00

作業時間：9:30～16:30 の 6 時間とする (休憩 1 時間)

1 月当たり作業日数：21 日／月

とする。

表-3.2.3 補修工事日数・交通規制期間

| 区 分 | 工事日数 (日) | 交通規制方法 | 交通規制期間 (日) | | 備 考 |
|-----------|-------------|----------|---------------|------------|-----|
| ①望地谷トンネル | 4 | 昼間交通止め | 4 | 合計 39 日 | |
| ②堀之内トンネル | 20 | 昼間片側交互通行 | 19 | | |
| ③第二永井トンネル | 1 | 昼間交通止め | 1 | | |
| ④三川トンネル | 12 | 昼間片側交互通行 | 11 | | |
| ⑤うぐいすトンネル | 4 | 昼間片側交互通行 | 4 | | |
| ⑥千田谷トンネル | | 全面通行止め | 38 | | |
| ⑦中谷トンネル | 36 | 昼間交通止め | 36 | | |

※1 準備、跡片付けは含んでいない。

※2 千田谷トンネルは、吹付けコンクリート強度が設計強度を満足するまで(1日程度)交通止めとする必要がある。したがって、吹付けコンクリート施工期間は全面交通止めとする。

(3) 予算計画

各年度の事業費を計画する。

1) 間接工事費

① 共通仮設費

a. 率計上分

共通仮設費の率計上分は、道路維持工事を採用し（式-1）により算出する。

$$Kr = A \cdot P^b \quad (\text{式-1})$$

ただし Kr : 共通仮設費率 (%)

P : 対象額 (直接工事費)

$$A = 34,596.3$$

$$b = -0.4895$$

ただし、千田谷トンネルは $Kr = 28.71\%$ (トンネル工事) とする。

b. 積み上げ計上分

交通費規制として 100 千円/日を計上する。

② 現場管理費

現場管理費は、道路維持工事を採用し（式-2）により算出する。

$$Jo = A \cdot Np^b \quad (\text{式-2})$$

ただし Jo : 現場管理費率 (%)

Np : 対象額 (純工事費 = 直接工事費 + 共通仮設費)

$$A = 316.8$$

$$b = -0.1257$$

ただし、千田谷トンネルは $Jo = 43.96\%$ (トンネル工事) とする。

3) 一般管理費

一般管理費は（式-3）により算出する。

$$Gp = -4.63586 \times \text{LOG}(Cp) + 51.34242 \quad (\text{式-3})$$

ただし Gp : 一般管理費率 (%)

Cp : 対象額 (工事原価 = 直接工事費 + 間接工事費)

$$A = 316.8$$

$$b = -0.1257$$

各年度の補修工事費(請負工事費)を表-3.2.4 に示す。

表-3. 2. 4 各年度の補修工事費

| 区分 | | H28 年度 (1916) | H29 年度 (1917) | H30 年度 (1918) | 計 |
|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|--------|
| | | 中谷トンネル | 5 トンネル | 千田谷トンネル | |
| 1. 直接工事費 | | 7,276 | 5,661 | 8,920 | 21,857 |
| 2. 間接工事費 | | | | | |
| (1) 共通仮設費 | ①率計上 | 1,100 | 968 | 2,561 | 4,628 |
| | ②積上げ計上 | 3,600 | 3,900 | 3,600 | 11,100 |
| | 共通仮設費計 | 4,700 | 4,868 | 6,161 | 15,728 |
| 純工事費 | | 11,976 | 10,529 | 15,081 | 37,585 |
| (2) 現場管理費 | | 4,890 | 4,370 | 6,629 | 15,890 |
| 間接工事費計 | | 9,590 | 9,237 | 12,790 | 31,618 |
| 3. 工事原価 | (1 + 2) | 16,866 | 14,899 | 21,710 | 53,475 |
| 4. 一般管理費 | | 3,009 | 2,695 | 3,763 | 9,466 |
| 5. 工事価格 | (1 + 4) | 19,875 | 17,594 | 25,473 | 62,941 |
| 6. 消費税 | | 1,590 | 1,407 | 2,038 | 5,035 |
| 7. 請負工事費 | (5 + 6) | 21,465 | 19,001 | 27,511 | 67,977 |

第 4 章 中長期計画の策定

4. 中長期計画の策定

4.1 トンネルの耐用年数

(1) 覆工コンクリートの耐用年数

トンネルに求められる重要な要求性能は、地中を安全に走行するための空間を確保することである。地すべり等により継続的な外力が作用しているか、あるいは酸性水などにより化学的に材質劣化が促進されない無筋覆工のトンネルにおいては、覆工表面の材質劣化箇所を適切に補修することにより覆工コンクリートを更新することなく長期にわたりトンネルを使用することができると考えられる。従って、覆工コンクリートが施されている4トンネル（堀之内、三川、うぐいす、中谷）トンネルの耐用年数は永年とする。

(2) 吹付けコンクリート覆工の耐用年数

吹付けコンクリートの耐用年数は明確ではないが、無筋の覆工コンクリートと同様の耐久性を有すると考えられる。従って、現在吹付けコンクリートが施されている第二永井トンネルと、短期計画で吹き付けコンクリートが施工される千田谷トンネルの耐用年数は永年とする。

(3) ライナープレート覆工の耐用年数

ライナープレートは両面に亜鉛メッキが施されている。覆工表面は亜鉛メッキの補修が可能であるが、背面は補修不能であることから、亜鉛メッキの耐用年数は亜鉛メッキの耐用年数とする。亜鉛メッキの耐用年数は図-4.1.1 が公表されている。ライナープレートの亜鉛付着量は片面 $450\text{g}/\text{m}^2$ であることから、耐用年数は92年程度である。望地谷トンネルのライナープレート覆工を施工した時期は不明であるが、仮に30年程度経過しているものとし、残りの耐用年数を $92-30=63 \rightarrow 60$ 年とする。

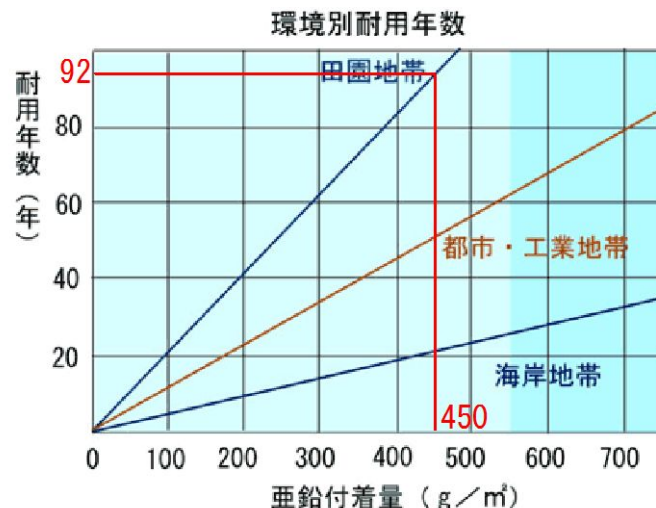


図-4.1.1 ライナープレートの耐用年数

出典：一般社団法人 日本溶融亜鉛鍍金協会

<http://www.aen-mekki.or.jp/mekki/tabid/75/Default.aspx>

【トンネルの耐用年数を永年とする事例】

(出典-1) 土木学会：地下空間ライブラリー第1号 地下構造物のアセットマネジメント、P21

d) ライフサイクル

構造物のライフサイクルを検討する方法として現状の変状状態から数値解析により劣化予測する方法と既定の耐用年数（例えば、法定耐用年数）を適用する方法が考えられる。

トンネルは無筋構造物が基本であるため劣化機構が明確でない。RC 構造物では中性化や塩害に伴い鉄筋が腐食し構造的な安全性が低下するため構造物としての劣化を予測することができる。しかし、トンネルについては永久構造物であるという判断をしている自治体も多く、数値解析により劣化予測している例は少ない。この方法は合理的であり、限定された構造物や構造物の特定の部位の改修方法を立案する場合には適している。しかし、ネットワーク全体や構造物群の長期維持管理計画を立案する際には、基本計画であり高い精度は求められないため便宜的に既定の耐用年数を適用することも考えられる。

(出典-2) 長野県：長野県トンネル長寿命化修繕計画、平成 25 年 6 月、P3

山岳トンネルでは、以下に示す理由から、橋梁・舗装で用いられている劣化予測・予防保全の考え方をそのまま適用できない

- ① 橋梁は、修繕を繰り返してもいずれは寿命が来て全面的に架け替えが必要となる。一方トンネルは、覆工コンクリートに交通荷重が加わることも無く、同じトンネルでも地質（土圧）や地下水（漏水）の分布状況が異なるので、一律に劣化が進行することはない。地すべりなど特別な原因がない限り、トンネルは劣化した箇所を適切に補修して維持管理すれば継続的に使用は可能で、耐用年数は永年と考えるのが実態に即している。
- ② RC 橋梁では、コンクリートにひび割れが発生すると、中性化が深部まで進み鉄筋が発錆して耐荷力が大きく減少するため多大な補修費用が発生する。このため、ひび割れ初期に安価な対策工種（ひび割れ注入工など）を行うことで結果的に LCC を低減して長寿命化を図れることになる。一方、長野県の道路トンネルの大半を占める山岳工法トンネルの場合、本体工覆工の大半が無筋コンクリートであるため、鉄筋の発錆を防ぐような軽微な対策工種というものはなく、覆工コンクリートのはく落防止対策（当て板工）や漏水対策など対策工種（大分類）は限定され、どのタイミングで補修しても変状規模が変わらない場合は、コストはそれほど変わらない。また変状の大半が材質劣化（うき・はく離）と漏水であり、外力作用によってトンネルが圧壊するような事例は極めて少ない。

(出典-2) 静岡県建設部道路局道路保全室：トンネルガイドライン（案）、平成 19 年 6 月、P18

6.1. 耐用年数

トンネルの耐用年数は永年と考える。

トンネルは橋梁や舗装と異なり、基本的に架け替えや取替え、すなわち更新を考慮しない構造物である。したがって、適切な維持管理のもと永年使い続けるものと考え、耐用年数を永年と考える。

【現存する国内最古の覆エコンクリートのトンネル例】

（出典-3）土木紀行 松坂隧道、建設マネジメント技術 2012 年 2 月号, P62

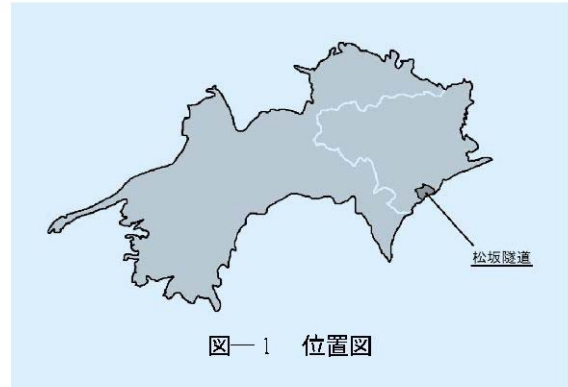
さて、この隧道は大正9年（1920年）9月に起工し、翌大正10年（1921年）7月に完成。現場にてコンクリートを打ち込む工法を用いたトンネルとしては国内最古であることが確認された。

隧道の詳細については、当時の資料に延長87.27m、有効幅員4.5m、有効高4.0m、巻立方法：場所打ちコンクリート（配合1：2：4）、巻厚63.6cm、路面工：砂利敷と記載されている。

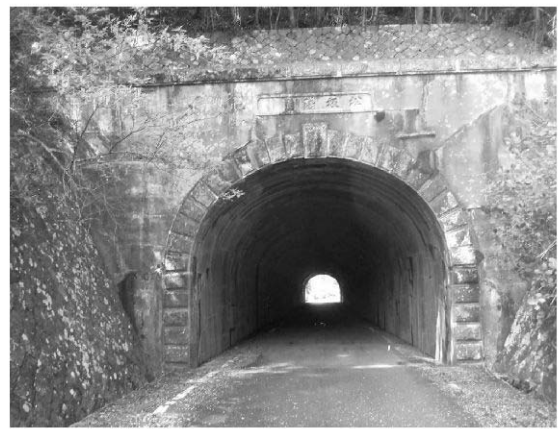
路線については、国道番号制で指定される。県道11和佐一川浦線に編入、昭和43年国道55号線に編入、昭和59年4月町道に編入、現在に至る。

供用後年数：94年（1915年現在）

国の登録有形文化財



図一 1 位置図



写真一 1 松坂隧道（徳島県側）

4.2 予防保全型維持管理費の集計

予防保全型維持管理の将来費用は、本体工補修費と照明設備の維持費を計上する。

(1) 覆工コンクリートの補修費

5年毎の定期点検により判定区分Ⅱaと判定された変状に対し補修を実施する。短期計画での補修工事を実施後に補修の対象となる変状は、覆工コンクリートのうき・はく落、ひび割れ、漏水などの覆工表面の変状である。

表-4.2.1は、覆工コンクリートを有する4トンネルについて、短期計画における補修費から裏込め注入工の費用を除いた、はく落や漏水等の覆工表面の変状に対するトンネル1m当たり補修費を算出したものである。

表-4.2.1 覆工コンクリート表面のトンネル延長1m当たり直接工事費

| 番号 | トンネル名称 | 経過年数 (年) | 直接工事費 (千円) | 延長 (m) | 1m当たり補修費 (千円) |
|----|----------|-------------|---------------|-----------|------------------|
| 1 | 堀之内トンネル | 26 | 146 | 71 | 2.1 |
| 2 | 三川トンネル | 23 | 1 | 85 | 0.01 |
| 3 | うぐいすトンネル | 21 | 483 | 83 | 5.8 |
| 4 | 中谷トンネル | 44 | 3,575 | 69.2 | 51.7 |
| 合計 | | | | 308.2 | |

表-4.2.1からトンネルの供用後経過年数とトンネル1m当たり補修費の関係は図-4.2.1に示すように式4.2.1の回帰式に近似できる。補修費の将来予測は式4.2.1により算出する。

$$y = 2.26x \quad \dots \dots (\text{式 } 4.2.1)$$

ここに

y : トンネル1m当たり直接工事費

x : 経過年数

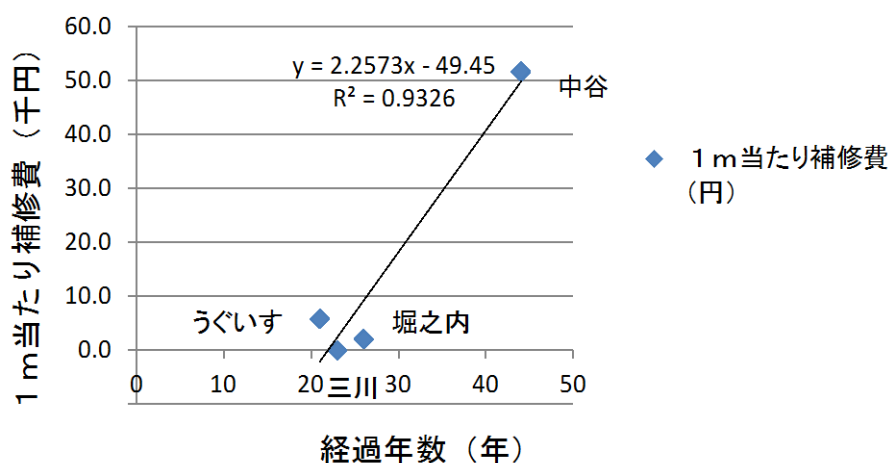


図-4.2.1 経過年数とトンネル延長1m当たり補修費の関係

5年毎の定期点検により発見された変状に対する補修費は以下とする。

$$5 \text{ 年毎の補修費 (直接工事費)} = 2.26 \times 5 \text{ 年} \times 308.2 \text{ m} = 3483 \text{ 千円} / 5 \text{ 年}$$

(2) 吹付けコンクリートの補修費

吹付けコンクリートの今後の補修費は、覆工コンクリート同様式 4.2.1 により算出する。

対象トンネルの延長 第二永井トンネル L= 58.8m

千田谷トンネル L= 55.1m

合計 L=113.9m

5 年毎の補修費(直接工事費) = $2.26 \times 5 \text{ 年} \times 113.9\text{m} = 1287 \text{ 千円} / 5 \text{ 年}$

(3) ライナープレートの補修費(望地谷トンネル)

5 年毎の点検により、短期計画と同等の補修費が発生するものとする。耐用年数に達する 60 年後はライナープレートを更新する。

5 年毎の補修費(直接工事費) = 55 千円

60 年後のライナープレート更新費用 = 撤去 + 更新 = 9,200 千円

表-4.2.2 望地谷トンネル ライナープレート更新費

| 項目 | 単位 | 単価 (千円/m) | 数量 (m) | 価格 (千円) | 備考 |
|----------|----|--------------|-----------|------------|---------|
| 1. 直接工事費 | | | | | |
| 撤去費 | m | 42 | 48 | 2,016 | |
| 更新費 | m | 150 | 48 | 7,200 | |
| 直接工事費 計 | | 192 | | 9,216 | |
| 2. 諸経費 | | | | 14,897 | |
| 3. 工事価格 | | | | 24,113 | |
| 4. 消費税 | | | | 1,929 | |
| 5. 事業費 | | | | 26,042 | ≒26 百万円 |

(4) 附属物の補修費

照明の維持補修費を計上する。各トンネルに設置されている照明の現況を表-4.2.3 に示す。

表-4.2.3 照明施設の現況

| トンネル名称 | 延長(m) | 照明の種類 | 灯数 | 備考 |
|----------|-------|--------|----|----|
| 望地谷トンネル | 48.0 | 蛍光灯 | 3 | |
| 堀之内トンネル | 71.0 | 蛍光灯 | 5 | |
| 第二永井トンネル | 58.8 | 蛍光灯 | 4 | |
| 三川トンネル | 85.0 | LED | 6 | |
| うぐいすトンネル | 83.0 | ナトリウム灯 | 6 | |
| 千田谷トンネル | 55.1 | 蛍光灯 | 4 | |
| 合計 | | | 28 | |

注：灯数は 15m 間隔に設置しているものと想定し計上。

年間電力使用量は 40w 蛍光灯として計算する。

電力料金 31 円/kwh (税込み)

年間電力料金 = $0.04\text{kw} \times 28 \text{ 灯} \times 24\text{h} \times 365 \text{ 日} = 9,811 \text{ 円/年} \rightarrow 1 \text{ 万円/年}$

(5) 定期点検・補修設計費の費用

定期点検は5年に1回実施する。これに基づく補修設計も5年に1回実施する。

| | | |
|---------------|----------|------------|
| 定期点検費（7トンネル）＝ | 12百万円／5年 | （業務委託費の実績） |
| 補修設計費（7トンネル）＝ | 3百万円／5年 | （業務委託費の実績） |
| 合計 | 15百万円／5年 | |

(6) 定期点検後の覆工表面の補修費

5年毎の定期点検後に実施する覆工表面の変状に対する補修費として、覆工コンクリートの補修費と吹付けコンクリートの補修費、望地谷トンネル補修費を計上する。

表-4.2.4 5年毎の補修費

| 項目 | 価格(千円) | 備考 |
|--------------|--------|--------|
| 1. 直接工事費 | | |
| 覆工コンクリート補修費 | 3,483 | |
| 吹付けコンクリート補修費 | 1,287 | |
| 望地谷トンネル補修費 | 55 | |
| 直接工事費 計 | 4,825 | |
| 2. 諸経費 | 7,719 | |
| 3. 工事価格 | 12,544 | |
| 4. 消費税 | 1,004 | |
| 3. 合計 | 13,548 | ≒14百万円 |

(7) 維持管理費の算出

予防保全型維持管理の今後の維持管理費を以下の条件により算出する。

1) 算定期間

望地谷トンネルが耐用年数を迎える今後60年間の維持管理費を算出する。

2) 算定条件（シナリオ）

- ①平成30年度までに短期計画の補修工事を実施する。
- ②次回定期点検は平成31年度（2019年）とし、トンネルの健全度が「Ⅱb」であることを確認する。以降、5年毎に定期点検を実施する（12百万円）。
- ③「判定区分Ⅱa」の変状に対しては、定期点検実施年の翌年に補修設計（3百万円）と補修工事を実施する（14百万円）。補修後のトンネル健全度の判定区分は「Ⅱb」とする。
- ④照明維持費として1万円/年（0.01百万円）を計上する。
- ⑤60年後（2075年）に望地谷トンネルのライナープレートを更新する（設計費5百万円、更新費26百万円）。望地谷トンネルのトンネル健全度の判定区分は「Ⅰ」になる。

今後60年間の維持管理費の総計は、約4.3億円程度と推計する（資料-1 予防保全型維持管理費の将来推計表参照）。

予防保全型維持管理の模式図を図-4.2.2に、維持管理費の推移を図-4.2.3に示す。

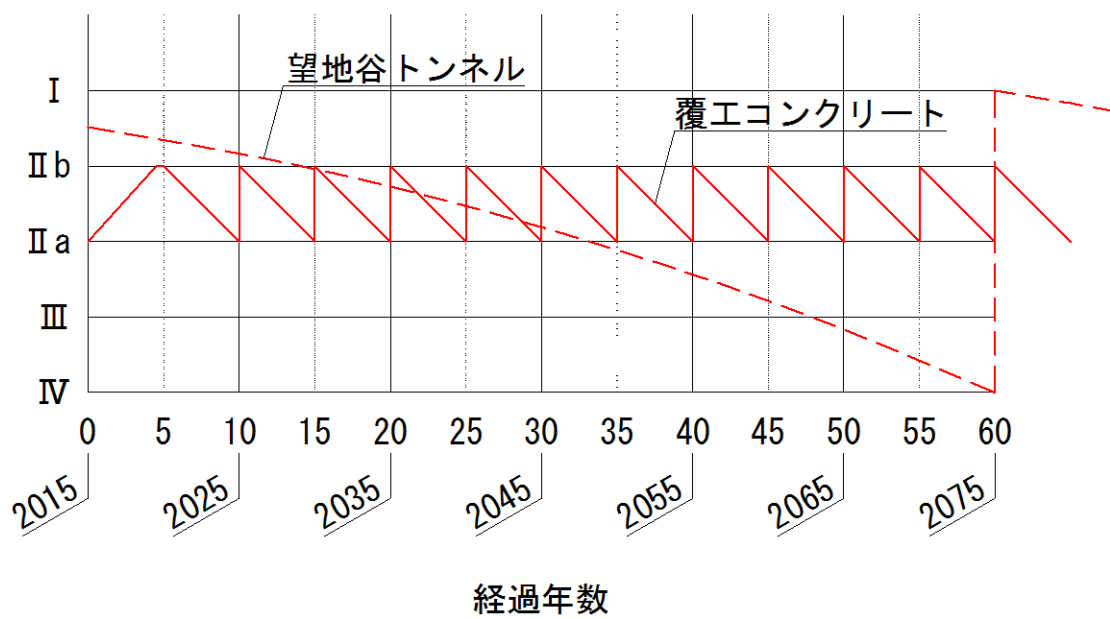


図-4.2.2 予防保全型維持管理の模式図

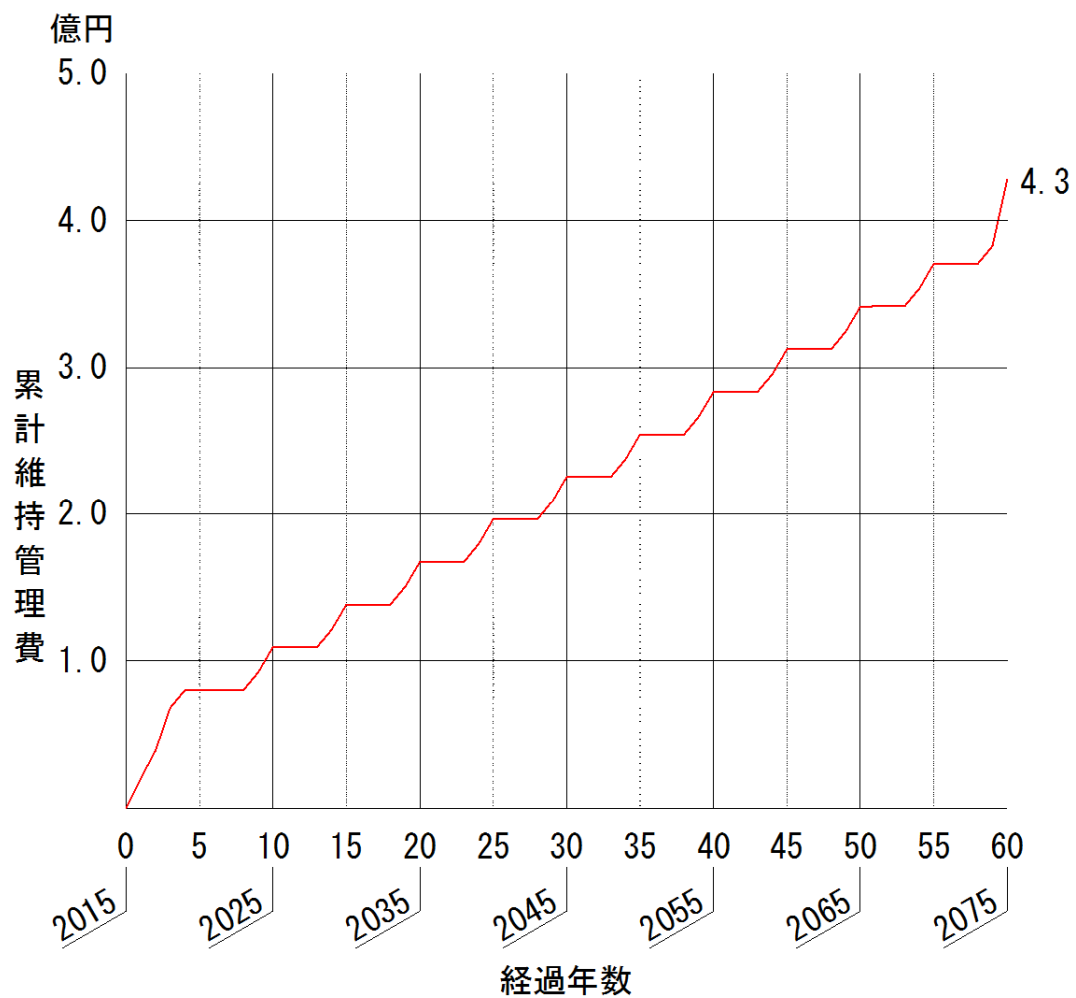


図-4.2.3 予防保全型維持管理費の推移

4.3 事後保全型維持管理との比較

(1) 対策工と耐用年数

事業保全型管理手法は、変状によりトンネルの機能が果たせなくなった状態で抜本的対策を実施し機能回復を図る管理手法で、判定区分が「Ⅳ」と評価された変状に対して対策工を実施する。短期計画での対策工実施後は、対策工法の材料が耐用年数に達した時点を「判定区分Ⅳ」とする。

各対策工の耐用年数を表-4.3.1に示す。

表-4.3.1 対策工の耐用年数と費用

| 対策工 | 仕様 | 耐用年数 | 備考 |
|-----------|--------------|----------------------|-------------|
| はつり落とし工 | | 10 年 | 含浸材の耐用年数 |
| 断面修復工 | ポリマーセメントモルタル | 10～20 年 (20 年とする) | |
| FRP メッシュ工 | | 20 年 | 断面修復施工時に再設置 |
| 導水樋 | | 20 年 | メーカーヒアリング |

出典：農業水利施設の機能保全の手引き、社団法人農業土木事業協会、平成 19 年 8 月 P 参-134

【耐用年数設定例】

出典：農業水利施設の機能保全の手引き、社団法人農業土木事業協会、平成19年8月P参-134

| 工法名 | 仕様 | 工事費 | | | 単位 | 耐用年数 | |
|------------------|----------------|---------|----|---------|---------|------|------|
| | | 金額 | 平均 | | | | |
| I コンクリート補修工法 | | | | | | | |
| A 表面保護工法 | | | | | | | |
| 1 塗装材被覆工法 | | 8,100 | ～ | 10,100 | 9,100 | 円/㎡ | 10年 |
| 2 含浸材塗布工法 | | 2,600 | ～ | 4,000 | 3,300 | 円/㎡ | 10年 |
| B ひび割れ補修工法 | | | | | | | |
| 1 注入工法 | 幅1mm、厚300mm | 16,000 | ～ | 20,000 | 18,000 | 円/m | 10年 |
| 2 充填工法 | | 15,000 | ～ | 20,000 | 17,500 | 円/m | 10年 |
| 3 ひび割れ被覆工法 | | 25,000 | ～ | 35,000 | 30,000 | 円/㎡ | 10年 |
| C 断面修復工法 | | | | | | | |
| 1 左官工法 | 厚 20mm | 17,000 | ～ | 19,000 | 18,000 | 円/㎡ | 10年 |
| | 厚 40mm | 9,000 | ～ | 12,000 | 10,500 | 円/㎡ | 10年 |
| 2 吹付け工法 | 厚 30mm | 22,000 | ～ | 27,000 | 24,500 | 円/㎡ | 10年 |
| | 厚100mm | 70,000 | ～ | 100,000 | 85,000 | 円/㎡ | 10年 |
| | 吹付量単位 | 600,000 | ～ | 800,000 | 700,000 | 円/m³ | 10年 |
| 3 モルタル注入工法 | 厚100mm | 65,000 | ～ | 90,000 | 77,500 | 円/㎡ | 10年 |
| 4 劣化部処理工法 | 厚100mm | 70,000 | ～ | 90,000 | 80,000 | 円/㎡ | 10年 |
| | はつり量単位 | 800,000 | ～ | 900,000 | 850,000 | 円/m³ | 10年 |
| D 電気化学的工法 | | | | | | | |
| 1 電気防食工法 | | 65,000 | ～ | 75,000 | 70,000 | 円/㎡ | 20年 |
| 2 脱塩工法 | | 60,000 | ～ | 70,000 | 65,000 | 円/㎡ | 不明 |
| 3 再アルカリ化工法 | | 200,000 | ～ | 240,000 | 220,000 | 円/m³ | 不明 |
| E 目地補修工法 | | | | | | | |
| 1 目地補修工法 | | 20,000 | ～ | 35,000 | 27,500 | 円/m | 不明 |
| II コンクリート補強工法 | | | | | | | |
| A プレストレス導入工法 | | | | | | | |
| 1 P C鋼材による補強工法 | 橋梁を想定 | 36,000 | ～ | 40,000 | 38,000 | 円/㎡ | 50年 |
| 2 連続繊維緊張材による工法 | | | ～ | | | | 不明 |
| B 接着工法 | | | | | | | |
| 1 鋼板接着工法 | 水路を想定 | | ～ | 23,000 | 23,000 | 円/㎡ | 40年 |
| 2 パネル接着工法 | | 25,000 | ～ | 30,000 | 27,500 | 円/㎡ | 40年 |
| 3 連続繊維シート接着工法 | シート1層 | 28,780 | ～ | 29,000 | 28,890 | 円/㎡ | 40年 |
| | シート4層 | | ～ | 132,770 | 132,770 | 円/㎡ | 40年 |
| C コンクリート増厚工法 | | | | | | | |
| 1 R C巻立て工法 | 厚 50mm | | ～ | 63,000 | 63,000 | 円/㎡ | 30年 |
| 2 P C巻立て工法 | 厚 24mm | | ～ | 36,800 | 36,800 | 円/㎡ | 50年 |
| 3 プレキャストパネル巻立て工法 | 施工規模 780㎡ | | ～ | 140,000 | 140,000 | 円/㎡ | 100年 |
| | 施工規模 140㎡ | | ～ | 450,000 | 450,000 | 円/㎡ | |
| 4 吹付け工法 | 厚 24mm | 70,000 | ～ | 100,000 | 85,000 | 円/㎡ | 不明 |
| 5 上面増厚工法（橋梁床版） | 厚 50mm | | ～ | 60,000 | 60,000 | 円/㎡ | 15年 |
| 6 下面増厚工法（橋梁床版） | 厚 24mm | 60,000 | ～ | 90,000 | 75,000 | 円/㎡ | 15年 |
| D 部材の増設工法 | | | | | | | |
| 1 コンクリート増設工法 | | 22,000 | ～ | 40,000 | 31,000 | 円/㎡ | 不明 |
| 2 支持点増設工法 | 橋梁；構造ごとにより別途積算 | | | | | | 不明 |
| 3 鋼材による押さえ工法 | 鋼合成パネル | 55,000 | ～ | 65,000 | 60,000 | 円/㎡ | 不明 |
| E 打換え工法 | | | | | | | |
| 1 部分打換え工法 | 厚100mm×900mm | | ～ | 330,000 | 330,000 | 円/㎡ | 30年 |
| 2 全面打換え工法 | 厚 17mm×400mm | | ～ | 288,000 | 288,000 | 円/㎡ | 30年 |
| F アンカー工法 | | | | | | | |
| 1 コンクリートの縫い合わせ工法 | | | ～ | | | | 不明 |
| G トンネル背面補強工法 | | | | | | | |
| 1 背面注入工法 | | 32,000 | ～ | 40,000 | 36,000 | 円/m³ | 不明 |

（２）維持管理費の算出

事後保全型維持管理の今後の維持管理費を以下の条件により算出する。

1) 算定期間

望地谷トンネルが耐用年数を迎える今後 60 年間の維持管理費を算出する。

2) 算定条件（シナリオ）

- ①平成 30 年度までに短期計画の補修工事を実施する。
- ②次回定期点検は平成 31 年度（2019 年）とし、以降、5 年毎に定期点検を実施する（12 百万円／5 年）。
- ③短期計画で対策した劣化防止コーティング剤の耐用年数は 10 年程度である。3 度目の定期点検（2029 年、経過年数 14 年）で劣化防止コーティング剤の劣化により補修箇所にはひび割れを伴う「うき」が生じるものとする。トンネルの健全性は「判定区分Ⅳ」となる。
- ④変状深さは 10cm 程度に拡大すると想定し、翌年（2030 年）に、補修設計（5 百万円）を実施する。はく落防止工として、不良部分の断面修復工（短期計画のはつり落とし工の 2 倍の数量）、断面修復部の当て板として FRP メッシュ工（短期計画の FRP メッシュの 2 倍の数量）、導水樋が耐用年数を迎えることから導水樋の再施工（短期計画の 2 倍の数量）などの対策工を実施する（57 百万円）。補修後のトンネル健全度の判定区分は「Ⅱb」とする。
- ⑤さらに 20 年後（2050 年）に断面修復工および導水樋が耐用年数を迎えることから、④と同様の再補修（設計 5 万円、補修工事 57 百万円）を実施する。
- ⑥⑤の 20 年後（2070 年）に、再度断面修復工および導水樋が耐用年数を迎えることから、④と同様の再補修（設計 5 万円、補修工事 57 百万円）を実施する。
- ⑦照明維持費として 1 万円/年（0.01 百万円）を計上する。
- ⑧望地谷トンネルが耐用年数を迎える（2075 年）にライナープレートと側壁コンクリートを更新する（設計 5 百万円、更新費 55 百万円）。望地谷トンネルのトンネル健全度の判定区分は「Ⅰ」になる。

今後 60 年間の維持管理費の総計は、約 4.6 億円程度と推計する（資料-2 事後保全型維持管理費の将来推計表参照）。

事後保全型維持管理の模式図を図-4.3.1 に、維持管理費の推移を図-4.3.2 に示す。

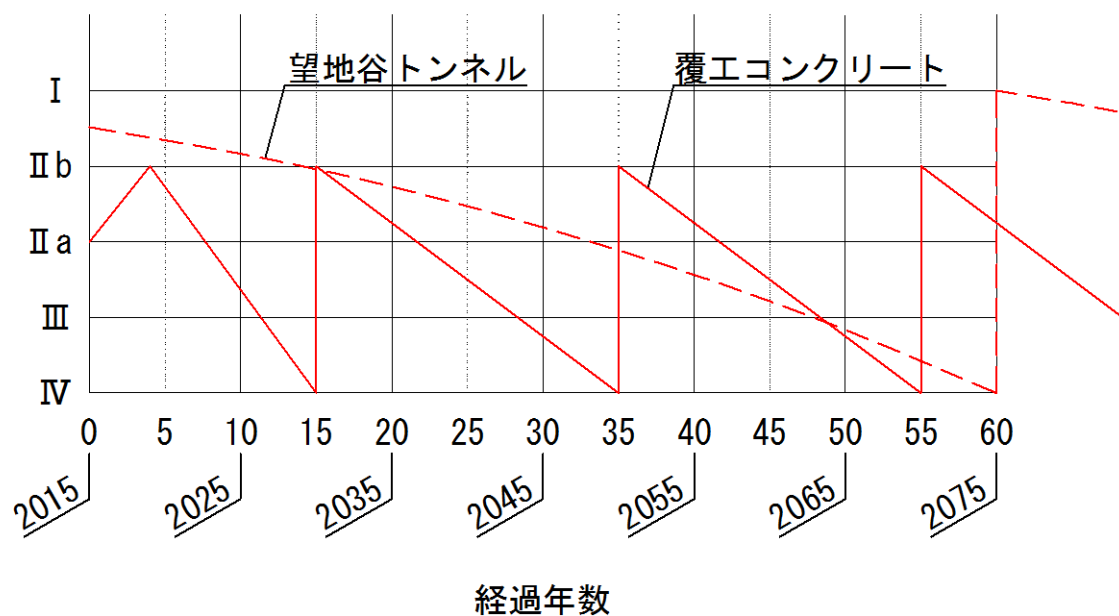


図-4.3.1 事後保全型維持管理の模式図

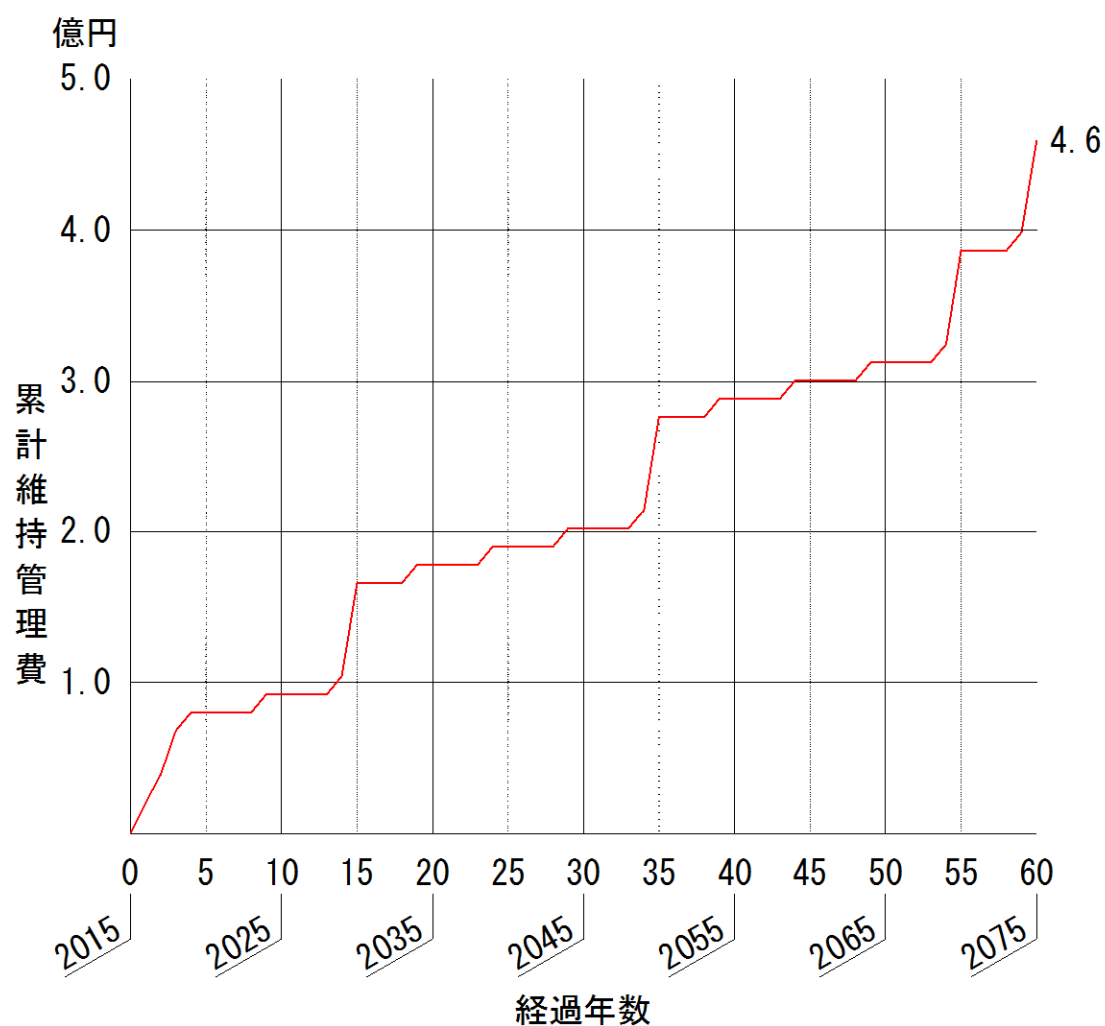


図-4.3.2 事後保全型維持管理の模式図

（３）管理手法の比較

60年間の維持管理費を比較すると、予防保全型管理手法は事後保全型管理手法より安価となる。予防保全型管理手法を採用することにより、一定の水準の安全性が常時確保されるとともに、維持管理費も7%程度縮減できる。

表-4.3.2 維持管理費の比較

| 区分 | 予防保全型管理手法 | 事後保全型管理手法 | 備考 |
|---------|-----------|-----------|----|
| 管理水準 | 判定区分 II a | 判定区分 IV | |
| 60年間維持費 | 4.3億円 | 4.6億円 | |
| 縮減効果 | -0.3億円 | — | |
| 縮減率 | 7% | — | |

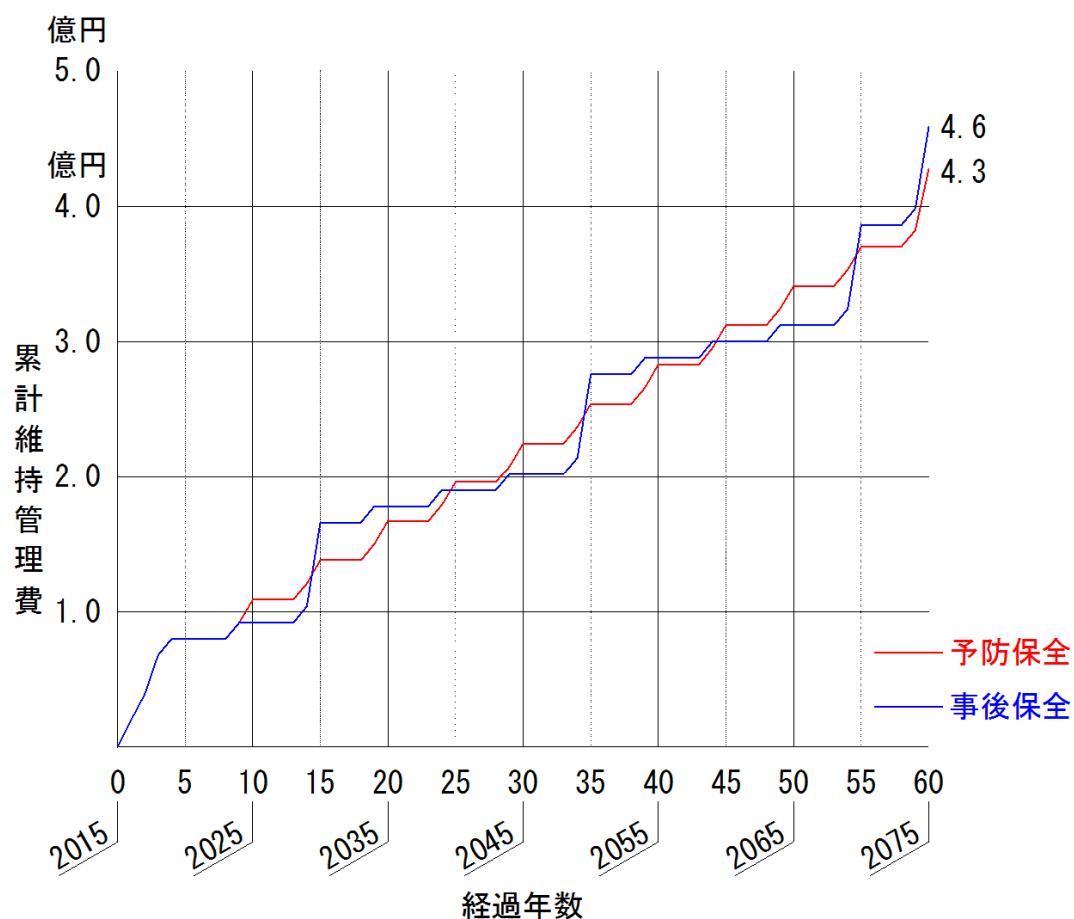


図-4.3.3 維持管理費の推移比較

第 5 章 今後の取り組み方針

5 今後の取り組み方針

長寿命化計画では、トンネル点検結果に基づく管理水準に従って、修繕計画（Plan）をたて、修繕を実施（Do）し、継続的にトンネル点検（Check）を実施することにより、新たな劣化現象の有無や修繕効果の検証を行う。そして、トンネル点検結果や修繕結果に基づいて得られた知見をデータベースとして保存・蓄積し、その後の劣化予測や補修材の耐用年数の修正などPDCAサイクルの体系を構築していくこととする。

PDCAサイクルを体系化することにより、点検や調査で得られたトンネルの状態把握および補修材の耐久性等の情報から既存の長寿命化計画を精査し、必要に応じてライフサイクルコストの再算定および長寿命化計画の再策定を行い、さらにライフサイクルコストの低減を図ることに活用することが重要である。

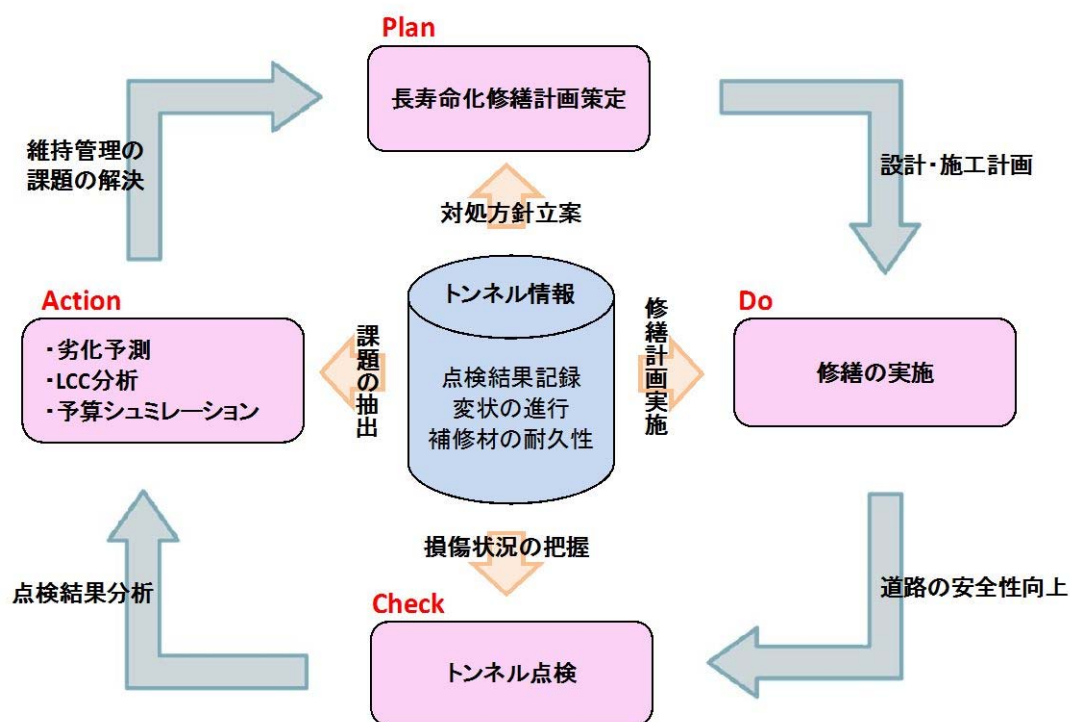


図-5.1 PDCA サイクルイメージ図