



大分県 姫島村

# 姫島村トンネル長寿命化修繕計画



大分県姫島村の村道松原大海線 大海トンネル

令和4年3月

姫島村役場建設課

## 4.1 老朽化対策における基本方針の検討

### 4.1.1 長寿命化計画の目的

#### (1) 背景

近年、わが国では中央自動車道「笹子トンネル」の天井板落下という重大事故が発生し、また他のトンネルや橋梁においてもコンクリート塊等の落下や落橋といった事故が相次いで発生しており、社会資本の高齢化に伴う維持管理・更新が喫緊の課題となっています。

国土交通省は平成25年に「社会資本メンテナンス元年」を標榜し、平成26年の社会資本整備審議会では「最後の警告-今すぐ本格的なメンテナンスに舵を取れ」と強い警告を発しています。

姫島村においても、管理する「大海トンネル」は建設から50年以上が経過し高齢化が進んでいます。また、中山間地域に位置するトンネルが担う役割は比較的大きく、村民の生活のみならず、災害時の救助・物資の輸送等の緊急活動を迅速に行うためにも重要な基盤施設です。

したがって、今後は**生活の利便性と安全性の確保、また地域活性化のためにも、より計画的なトンネル維持管理を行い、限られた財源の中で「効率的」にトンネルを維持していく必要があります。**



村道松原大海線 大海トンネル

#### (2) 目的

本計画では、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、持続可能な維持管理体制を確立し、事後保全的な修繕から「**計画的かつ予防措置的な修繕**」に転換することで、安全で安心な道路サービスの提供を行うとともに、トンネル寿命を延命することで、必要予算の平準化および維持管理コストの縮減を図ることを目的にトンネル長寿命化修繕計画を策定します。

##### ① 持続可能な維持管理体制の確立

管理するトンネルの点検頻度や点検方法を明確に定め、トンネルの健全度（状態）を把握することで、個別施設計画における基礎データを得ながら早期対策を講じます。

##### ② 事後保全的な対応から計画的な**予防保全**への転換

これまでのトンネル維持管理は、損傷が顕在化した時点で、その都度劣化状況に応じて修繕を行う事後保全型でした。

このような管理体制では、不測の交通規制などが発生し、一時的なサービス低下に繋がり、社会的損失が大きくなります。

したがって、今後は維持管理体制を見直すとともに、定期点検と適切な対策を効果的かつ効率的に行う「**予防保全型**」に転換することによって、安全で安心な道路サービスの提供を確保し、社会的影響を小さくしていきます。

また、予防的な修繕や計画的な更新によって、長期的な観点からみたライフサイクルコスト（LCC）の縮減を図ります。

##### ③ 維持修繕工事の中長期的な計画による予算の平準化

劣化予測に基づいたトンネルの中長期的な修繕計画を立てることにより、予算の平準化を図ります。これによって、安定的で弾力的かつ効率的な行財政運営が可能となり、分権型社会への対応と村民へのサービス水準が確保できると考えられます。

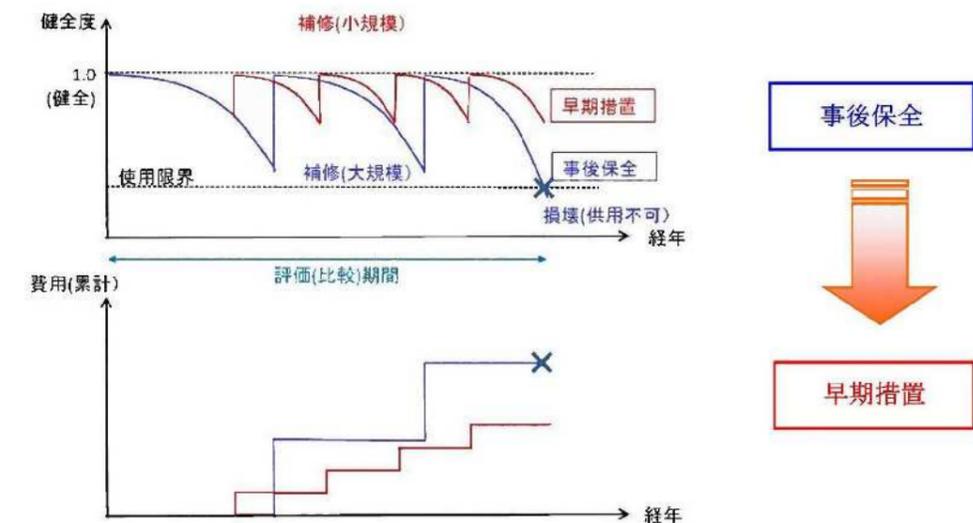


図4.1.1 事後保全型と予防保全型の管理イメージ

## 4.1 老朽化対策における基本方針の検討

### 4.1.2 計画対象施設

#### (1) 対象施設の位置

今回のトンネル長寿命化修繕計画対象トンネルは、姫島村役場が管理する村道松原大海線の「大海トンネル」1トンネルである。



#### 【姫島村】

姫島村は、大分県国東半島の北に位置する離島である。島の長さは東西約7km、南北約3kmで東西に細長い形をしている。島中央部に標高266mの矢筈山、島西端に標高105mの達磨山、島西北部に標高62mの城山があり、この3つの山間が中心集落になっている。人口は約2,000人で「漁業」が島の基幹産業となっている。



#### (2) 対象施設の概要

大海トンネルは、1968年に建設され竣工後54年が経過している。工法は矢板工法にて施工されコンクリートで巻き立てられている。

トンネル延長はL=107.4m、幅員はW=4.5mである。

トンネル位置図 S=1:1000

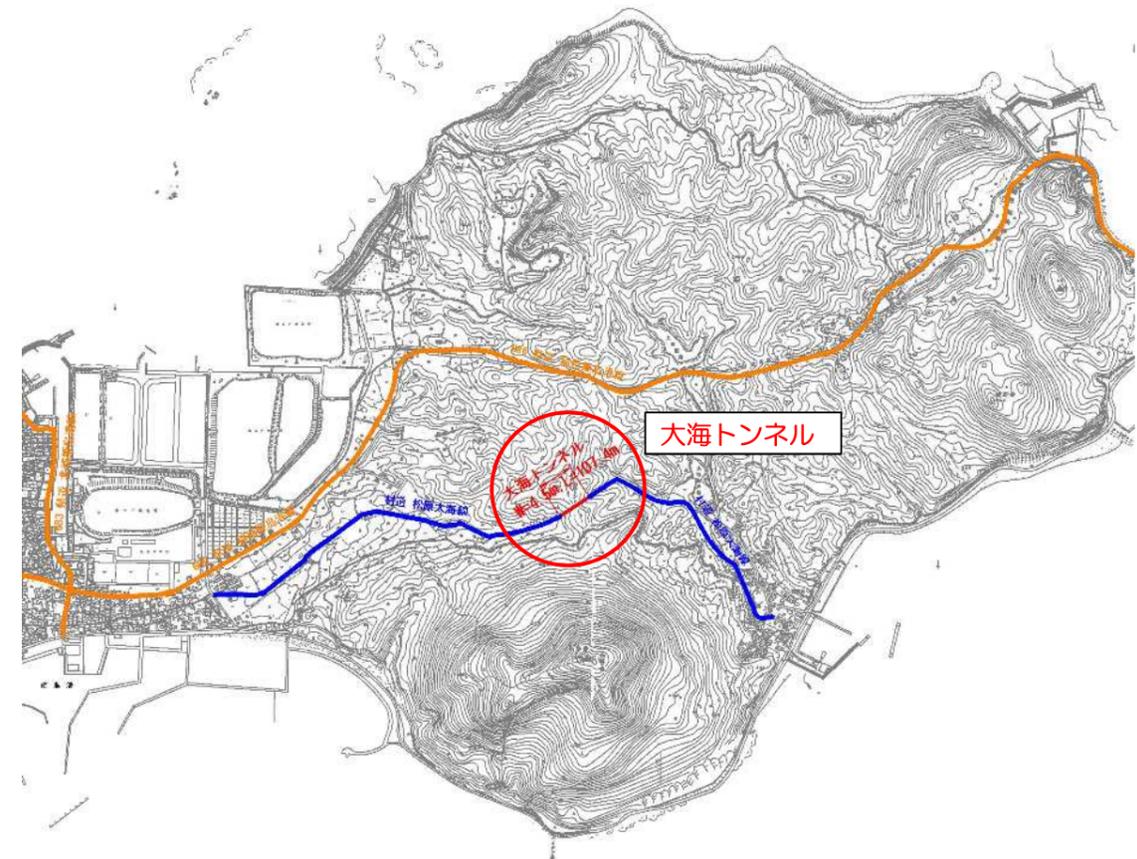


図4.1.2 対象施設の位置

## 4.1 老朽化対策における基本方針の検討

### 4.1.3 現況分析

#### (1) 計画対象トンネルの状態分析

計画対象トンネルの大海トンネルは、平成25年度に初回のトンネル定期点検を実施されている。その際、特にアーチ部にひびわれ、うき・はく離、はく落が顕著に確認されたため、同年度に詳細調査を行い、平成26年度～平成27年度に補修・補強工事が実施されている。

その後、平成30年度に2巡目のトンネル定期点検が実施された。

平成25年度に実施されたトンネル定期点検時は「国土交通省総点検実施要領(案)【道路トンネル編】(H25年02月版)」に準じ点検している。

よって、平成30年度点検時に使用した「大分県トンネル定期点検要領(平成28年7月版)」に照らし合わせ対策区分を評価した。

以下に、対策区分の相違を示す。

前回調査時との対策区分の相違（大海トンネル）

No.	路線名	トンネル名	延長(m)	全幅(m)	竣工年次	トンネルの種類	所在地	トンネル点検年次	トンネル本体工							付属施設				総合評価(代表的変状)				判定区分
									覆工		坑門	路面	路肩	排水施設	補修・補強材	換気施設	照明施設	非常用施設	ケーブル	対策区分	部材名	変状状況	健全性	
									アーチ部	側壁部														
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 宇越地・瀬丸	平成25年度 (2013年)	III	IIb	III	IIb	I	I	-	-	○	-	○	III	アーチ部	うき、はく離、はく落	III	早期措置段階
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 宇越地・瀬丸	平成30年度 (2018年)	I	IIb	I	IIb	I	I	-	○	-	○	IIb	側壁部	漏水	II	予防保全段階	

図4.1.4 既往点検結果の比較

#### (2) 分析結果

平成25年度に初回のトンネル定期点検を実施し、その際、特にアーチ部にひびわれ、うき・はく離、はく落が顕著に確認された。また、背面空洞調査により覆工背面に空洞があることが確認されたため、同年度に詳細調査を行い、平成26年度～平成27年度に補修・補強工事が実施されている。

その後、平成30年度に2巡目のトンネル定期点検が実施された。

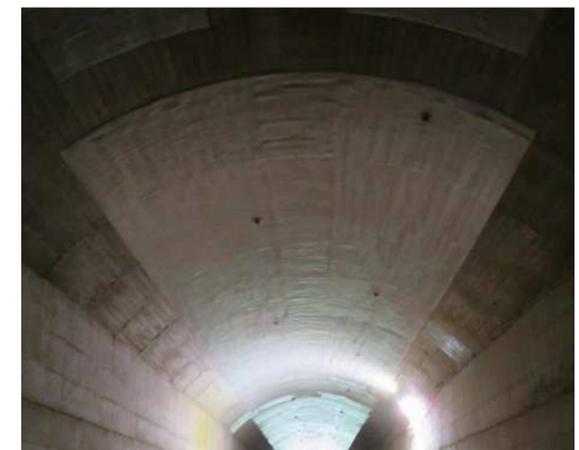
その際の健全性の診断結果はII判定で、III判定の早期措置段階からII判定の予防保全段階へとランクが下がったものである。

#### (3) 補修・補強対策実施履歴

平成25年度に実施した詳細調査結果から、ひびわれ、うき・はく離、はく落が確認されたことから平成26年度～平成27年度に補修・補強工事を行っている。

実施した対策内容は、アーチ部の背面空洞調査の結果、各所に空洞が確認されたことから覆工と地山の風化防止を目的として「背面空洞充填工」が施されている。また、覆工巻厚が不足する箇所は事前に炭素繊維シート接着による「内面補強工」を行っている。さらに、うき・はく離、はく落防止として「断面修復工」が、ひびわれの進行抑制対策として「ひびわれ注入工」、漏水対策として「導水樋設置工」が施されている。

以下に、施工後の写真を抜粋して添付する。



炭素繊維シート接着による内面補強対策



炭素繊維シート接着による内面補強対策

## 4.1 老朽化対策における基本方針の検討

### 4.1.4 基本方針の検討

#### (1) 管理区分および維持管理水準の検討

トンネルの長寿命化を図り、長期的な維持管理コスト削減を実現するためには、損傷を早期に把握し、LCCを最小とすることが出来る最適な時期に予防保全を行うことが重要となる。  
また、定期的な点検による確実な健全性の評価、その結果に応じて予防保全の考え方にに基づき計画的な対策を実施するとともに、これらのプロセスにおいて蓄積される情報を記録し、活用していくことが肝要である。  
健全性が著しく低下した段階では、損傷規模が大きくなり対策費用が膨大となる。そのため、定期点検などの結果に基づき、健全性が低下する前の適切な時期に補修を実施することなどにより施設の長寿命化を図り、補修や更新にかかる費用を低減していくことが重要となる。

本トンネルの場合、平成27年度に補修・補強工事が完了し、平成30年度の点検時には「予防保全段階」と判定されていることから、これに基づいた管理目標と維持管理計画を策定することが望ましいと考える。

管理区分は、以下の2段階に分類する。

- レベル1：予防保全段階（計画的に予防保全を実施していく維持管理水準）
- レベル2：事後保全段階（事後的な保全での対応を行う維持管理水準）

表4.1 管理区分および維持管理水準

管理区分	維持管理水準	損傷限界イメージ	対策実施イメージ
レベル1 (予防保全)	部位・部材の健全度を確保しトンネルとしての機能を高い水準で維持する（直轄国道と同程度の維持管理レベル）	部位・部材の安全性に問題なく、簡易的な対策を施すことで進行を防止できる程度の損傷状態。	予防的な修繕への移行期間として、H25～H30点検で把握した管理水準を満たさない健全性Ⅲ・Ⅳに対する修繕を実施し、 <b>以後修繕実施後の状態保持を目的とした予防的修繕を実施</b> する。
レベル2 (事後保全)	トンネルとしての機能を最低限のレベルで維持する。	部位・部材の損傷は著しく進行するものの、トンネルとしての機能が致命的とならない損傷状態。	予防的な修繕への移行期間として、H25～H30点検で把握した管理水準を満たさない健全性Ⅲ・Ⅳに対する修繕を実施し、以後点検時に健全性Ⅲ・Ⅳを把握した段階で <b>事後的修繕あるいは更新を実施</b> する。

#### (2) 点検の基本方針

安全・安心な道路交通の確保と損傷の早期発見の必要性から「道路パトロール」、「定期点検」、「異常時点検」の3種類の点検を実施することが望ましい。

##### ●通常点検（姫島村職員）

安全性を損なう著しい損傷を早期に発見するために車上または徒歩により日常的に行う目視点検。点検内容としては、導水樋・排水溝の土砂詰まり、舗装の段差等が確認された場合には維持作業で対応する。

##### ●定期点検（専門技術者）

近接目視を原則とし、トンネル点検車等を用いて「定期的」にトンネル全体の目視を行い、変状の早期発見・状態の把握を行うとともに予防保全のための基礎資料を作成することを目的に原則5年に1回行う点検。

##### ●異常時点検（専門技術者）

地震発生時や洪水発生後などの災害発生時に、トンネルの安全を確認するための点検。

トンネルの維持管理体系における点検の位置付けを下表に示す。

表4.2 トンネルの維持管理体系と作業内容

項目	目的	頻度 及び時期	調査方法	対象部材		
トンネル点検	通常点検	損傷の早期発見	巡回等に併せて実施	車内より目視、または徒歩	車中から確認出来る部材	
	定期点検	トンネル全体の健全性を確認する	原則5年に1回実施	近接目視	全部材	
				近接目視	主要部材	
異常時点検	地震等発生時にトンネルの安全性を確認する	異常発見ごとに実施	遠望目視	異常が確認出来る部材		
維持修繕	補修計画	追跡調査注1)	進行状況を把握する必要がある損傷の調査	補修調査計画で設定	近接目視	必要とされる部材
		詳細調査注2)	損傷原因の特定や詳細な損傷内容の把握	補修調査計画で設定	機器等の使用	
		補修検討及び設計	補修が必要な損傷に対する設計・検討	詳細調査結果を基に実施	—	
	維持工事	損傷部について健全な状態への回復	年間の維持作業内で実施	—	全部材	
	補修工事	損傷部について健全な状態への回復	補修設計結果を基に実施	—		
緊急対応	第三者被害到着の恐れがある損傷の応急措置	損傷発見後早急に実施	—			

## 4.1 老朽化対策における基本方針の検討

### (3) トンネル長寿命化修繕計画の基本方針

トンネルの長寿命化とは工学的寿命の永久化を目指すことであり、「補修を予防的に繰り返すことにより最小限の補修費用で更新を行わずに永久的に使用できる」という管理の概念である。

#### 1) 予防保全型の修繕計画

修繕計画の基本コンセプトは、変状が軽微な段階で予防的な補修を行い、長寿命化を図ることである。

従来は、変状が顕在化し健全度が大きく低下した構造物に対して大規模な修繕や更新を行う「事後保全型な補修・補強対策」を行ってきたが、今後は定期的な点検と健全性の診断・評価により変状が顕在化する前に対策を講じる「**予防保全型補修**」を繰り返し行うことで、トンネルの長寿命化を図ることとする。本計画における補修とは、耐震型補強は対象外とし補修に対する要求性能は建設当時までの性能に回復することを基本とした。

#### 2) トンネル点検

姫島村が管理する道路トンネルは「大海トンネル」1トンネルのみである。点検は「大分県トンネル定期点検要領(平成28年7月版)」に基づいた点検を実施している。トンネル定期点検は、構造の安全性及び交通の安全性に影響する変状や第三者被害が懸念される変状の早期発見と、これに対する適切な措置を行うとともに、トンネルの効果的な維持管理「**予防保全型維持管理**」を行うために必要な蓄積を目的として実施する。

トンネル長寿命化修繕計画の履行に関しては点検の確実な実施が不可欠である。点検実施計画に基づいて計画的に点検を実施し、その状態を記録し、健全性の診断・評価が可能となる資料の蓄積により、効果的な修繕計画の立案が可能となる。

#### 3) コスト縮減

定期的な点検と健全性の診断・評価により、変状が顕在化する前に対策を講じる予防的な補修の実施により従来の事後的な補修および更新に比べて管理コストの縮減が図られることは、これまでのアセットマネジメント計画においても明白である。

管理コストの縮減を行う長寿命化修繕計画はこれから最も有効な手法と考える。

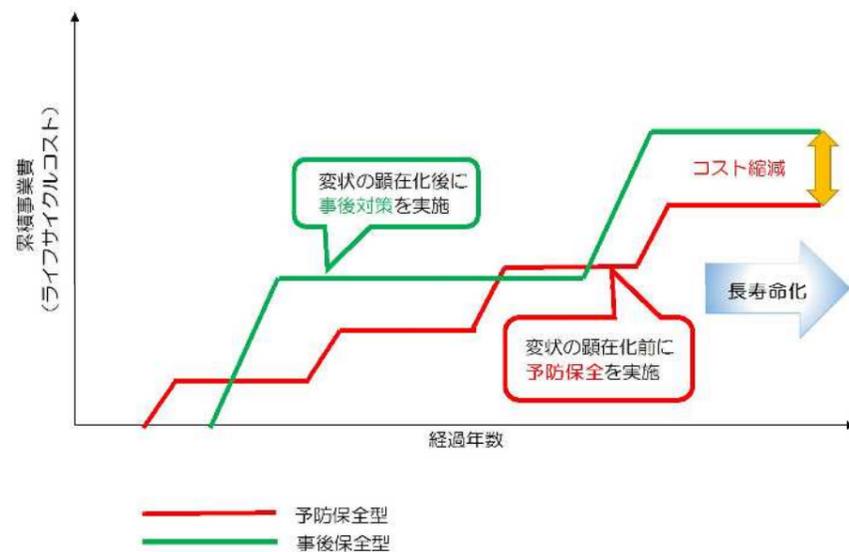


図4.1.13 長寿命化によるコスト縮減イメージ

## 4.2 新技術等の活用方針の検討

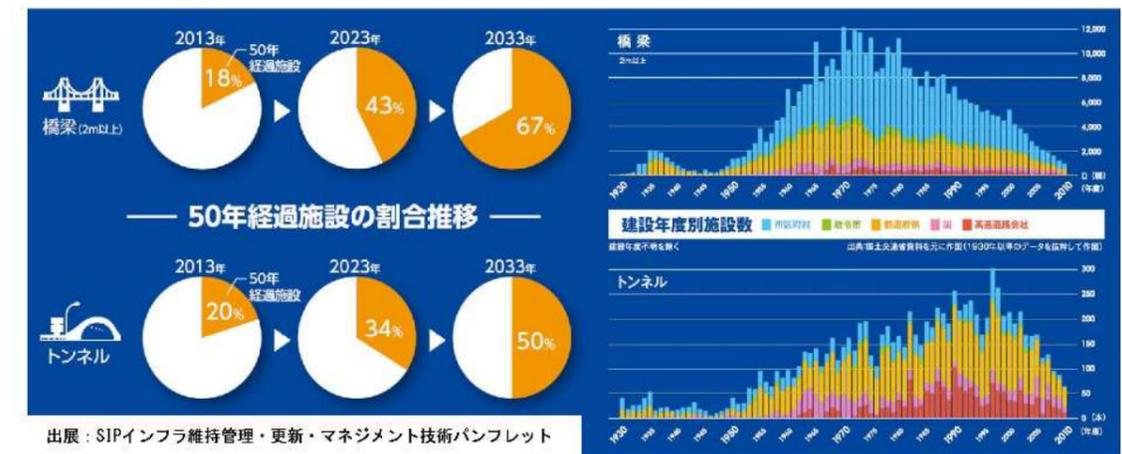
### 4.2.1 定期点検における新技術の活用方針

#### (1) 背景

インフラの急速な老朽化時代を迎え、非破壊検査技術やロボット技術等の新技術やITの活用により、維持管理・更新システムを高度化し、インフラ管理の安全性、信頼性、効率性の向上を図ることが求められています。

#### 開発の背景

**インフラの高齢化・老朽化**や**熟練技術者の減少**が進み、**予防保全による事故の防止とライフサイクルコストの最小化**のための**新技術を活用したインフラマネジメントシステムの確立が必要**



- 2033年には、**道路橋の67%、道路トンネルの50%が建設から50年以上経過する**
- **道路橋、道路トンネルの多くは市区町村や都道府県が管理している**

図4.2.1 開発の背景

## 4.2 新技術等の活用方針の検討

### (2) 新技術の概要

現在、トンネル定期点検では、トンネル点検車を使用して点検作業を行っている。  
ここでは新技術を活用したトンネル点検「トンネル点検・診断システム」について技術概要を紹介します。  
以下に、点検診断システムを使用した場合の点検模式図を示す。

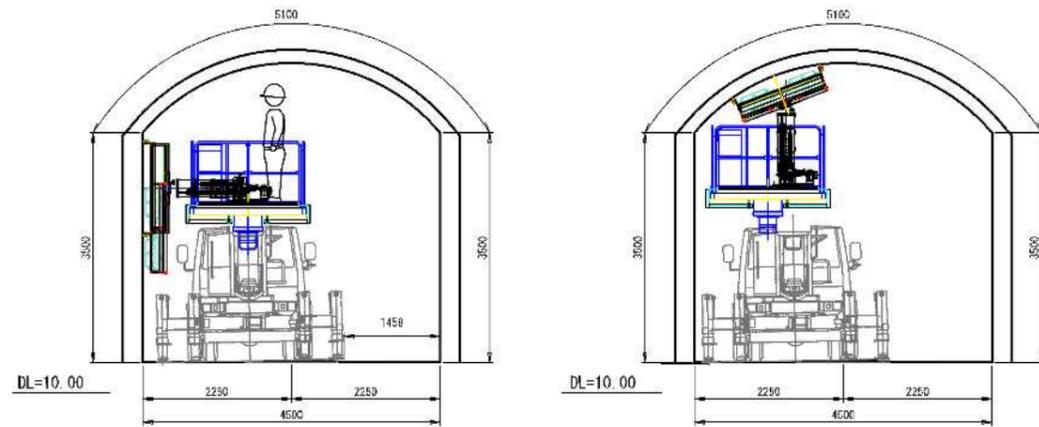


図4.2.2 大海トンネル点検模式図

点検診断システムは、高所作業車へ取り付けられたユニット保持アームと、アーム先端に取り付けられたコンクリート覆工のひび割れと浮きを自動検出する打音検査ユニットとひび割れ検出ユニットとの各要素にて構成される。各要素で取得された点検データを元に自動的に変状判定が可能な新技術である。

本技術は内閣府総合技術・イノベーション会議（CSTI）が主導する「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」に掲載された新技術である。



図4.2.3 システムの概要図

## 4.2 新技術等の活用方針の検討

### (3) コスト比較

以下に、通常点検と新技術による点検の場合のコスト比較を示す。



費目	種別	規格	単位	CASE①: 通常点検の場合		CASE②: 新技術による点検の場合		摘要	
				数量	単価	数量	単価		
①直接人件費					820,000		724,000		
	計画準備		トンネル	1.0	240,000	240,000	1.0	240,000	現地踏査、関係機関協議等含む
	状態の把握(点検)	昼間作業	m2	1,300.0	60	78,000	1,300.0	40	52,000
	健全性の診断		トンネル	1.0	80,000	80,000	1.0	80,000	
	報告書等作成	報告書の作成	トンネル	1.0	220,000	220,000	1.0	150,000	点検調書の作成含む
	報告書等作成	点検記録様式の作成	m2	1,300.0	40	52,000	1,300.0	40	52,000
	打合せ協議	中間1回	業務	1.0	150,000	150,000	1.0	150,000	
②直接経費					335,000		402,000		
	機械経費		式	1.0	180,000	180,000	1.0	250,000	CASE①: トンネル点検車 CASE②: トンネル点検システム
	安全費	交通誘導警備員	式	1.0	80,000	80,000	1.0	80,000	
	旅費交通費		式	1.0	10,000	10,000	1.0	10,000	
	電子成果品作成費		式	1.0	65,000	65,000	1.0	62,000	5.1 × (直接調査費 × 0.38) × 1000
業務原価					1,596,000		1,515,000		
③その他原価	α=35%		式	1.0	441,000		389,000	直接人件費 × 0.35 / (1-0.35)	
④一般管理費	β=35%		式	1.0	859,000		815,000	業務原価 × 0.35 / (1-0.35)	
業務価格	(①+②+③+④)				2,450,000		2,330,000	120千円のコスト減	
消費税相当額					245,000		233,000		
委託費計					2,695,000		2,563,000		

定期点検に新技術を活用することにより、点検コストが約120千円の費用縮減が図れます。

なお、本技術は令和4年度に「NETIS（新技術情報提供システム）」に登録予定です。

## 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

### 4.3.1 集約化・撤去等に関する方針

#### (1) 計画方針

現状では管理するトンネルは大海トンネルのみであり、平成26年度～平成27年度に補修・補強工事も完了しており健全度は高い水準にあります。  
また、村民の生活のみならず、災害時の救助・物資の輸送等の緊急活動を迅速に行うためにも重要な施設となっていることから撤去等は検討しないものとしします。

トンネル位置図 S=1:1000

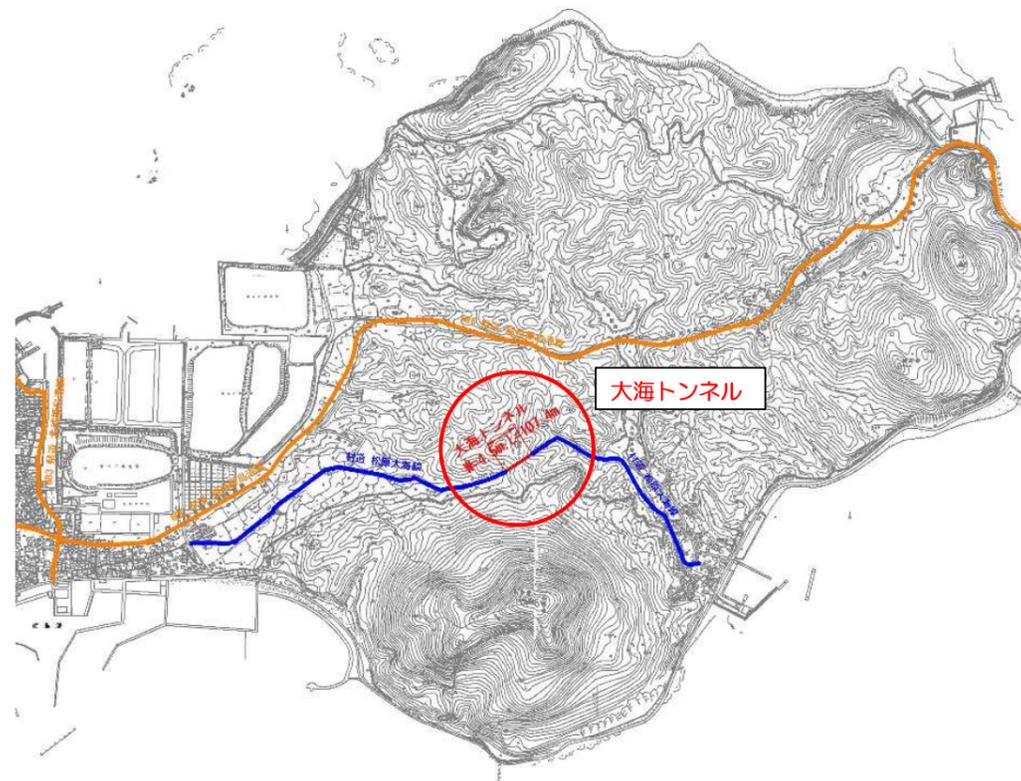


図4.3.1 対象施設の位置

### 4.3.2 費用の縮減に関する具体的な方針

#### (1) 過年度対策実施履歴

平成25年度に実施した詳細調査結果から、ひびわれ、うき・はく離、はく落が確認されたことから平成26年度～平成27年度に補修・補強工事を行っています。

実施した対策内容は、アーチ部の背面空洞調査の結果、各所に空洞が確認されたことから覆工と地山の風化防止を目的として「背面空洞充填工」が施されている。また、覆工巻厚が不足する箇所は事前に炭素繊維シート接着による「内面補強工」を行っている。さらに、うき・はく離、はく落防止として「断面修復工」が、ひびわれの進行抑制対策として「ひびわれ注入工」、漏水対策として「導水樋設置工」が施されています。

以下に、施工履歴表を示す。

表4.3.1 施工履歴表

工種	背面空洞	覆工補強	ひび割れ対策	断面修復	漏水対策	排水	処分	計
直工	342	12,285	522	2,888	380	103	23	16,543
設計額	623	22,386	951	5,263	692	188	42	30,145

工種	背面空洞	覆工補強						計
直工	2,714	682						3,396
設計額	6,283	1,579						7,862

工種	背面空洞	覆工補強	ひび割れ対策	断面修復	漏水対策	排水	処分	計
設計額	6,906	23,965	951	5,263	692	188	42	38,007

## 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

### (2) 長寿命化計画の条件整理

#### 1) 健全度判定

- ①トンネル長寿命化修繕計画を策定する上で使用する指標として、部材の損傷種類と要因によって決定される**健全度のランク**を設定する。
- ②健全度のランクは**A～Eの5段階**とする。
- ③個々の部材の健全度からトンネル全体の健全度を算出する。
- ④劣化曲線の補正は、点検時の健全度を通過するよう劣化曲線の補正を行う。

修繕計画の健全度の設定については、**A～Eとした5段階**で評価を行うものとし、「大分県トンネル定期点検要領」に記載する判定区分との整合を図るものとする。

定期点検では、トンネルの変状を把握したうえで、変状毎に表 9.1 の判定区分による判定を行う。

表 9.1 判定区分

区分	定義
I (A)	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 (B) (C)	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およ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 (D)	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 (E)	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態。

※1 判定区分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言う。

出典先：大分県道路トンネル定期点検要領（H28年7月版）P-44より

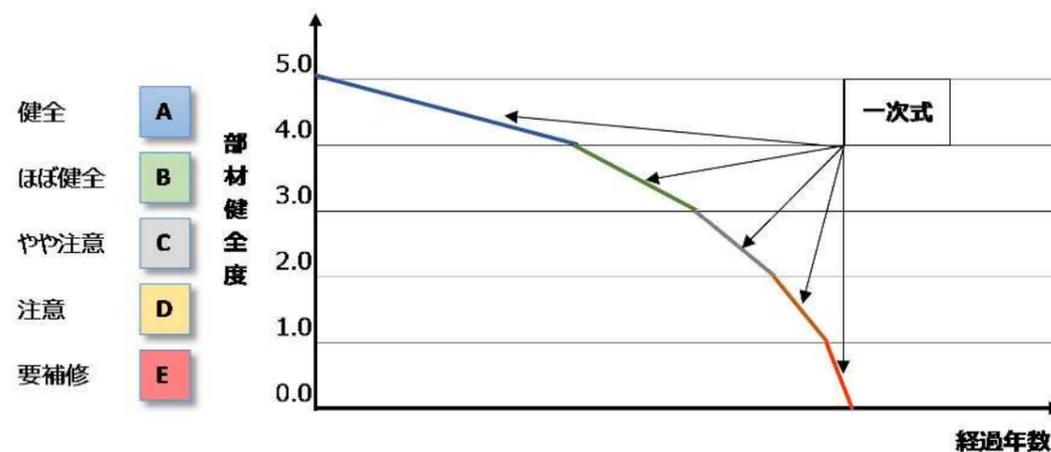


図4.3.2 劣化曲線のイメージ図

大分県トンネル定期点検要領に記載する「健全性の診断」は4段階である。A～Eの5段階の位置付けとして以下の通り設定した。

変状等の健全性の診断は、表 10.1 の判定区分により行うことを基本とする。

表 10.1 判定区分

区分	状態
I (A)	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態。
II (B) (C)	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 (D)	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 (E)	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。

#### 【解説】

健全性の診断は、「8.変状状況の把握」及び「9.対策区分の判定」に基づき行う。ここで各変状に対しては、対策区分の判定において5段階において判定が行われている。「変状等の健全性の診断」においては、II bとII aを併せてIIとして取り扱うこととするが、実際の措置は対策区分の判定に基づいて検討するのが望ましい。また、健全性の診断は、「変状等の健全性の診断」を実施後に構造物単位で実施する「トンネル毎の健全性の診断」の2段階で行う。なお、一般的な健全性の診断の流れの例を後述の図解 10.1 に示す。

ここで、変状等の健全性の診断は、トンネルの変状・異常が利用者には及ぼす影響を詳細に把握し、適切な措置を計画するために行うものである。

出典先：大分県道路トンネル定期点検要領（H28年7月版）P-70より

表-解 10.1 判定区分 I～IVと措置との関係

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	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、又は予防保全の観点から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、緊急に対策を講じる必要がある状態

出典先：大分県道路トンネル定期点検要領（H28年7月版）P-71より

### 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

以下に健全度ランクA～E5段階評価の定義を示す。

健全度ランク	状態（構造物の安全性と対策工法の規模）
I (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状がほとんど認められない。</li> <li>機能的に問題がない。</li> </ul>
II (B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽微な劣化や変状が認められる。</li> <li>部材の機能低下は見られず、利用者等への影響はない。</li> </ul>
III (C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が進行している。</li> <li>部材の機能低下は小さく、利用者等への影響はほとんどない。</li> <li>一般的に小規模な対策により機能回復が図られる。</li> </ul>
IV (D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が広範囲に進行している。</li> <li>部材の機能低下が進行し、利用者等への影響が危惧される。</li> <li>比較的規模の大きな対策が必要となる。</li> </ul>
V (E)	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が著しく進行している。</li> <li>部材の機能低下が大きく低下しており、利用者等に危険が及ぶ恐れがある。</li> <li>大規模な対策、更新が必要となる。</li> </ul>

出典先：国土交通省 国土技術政策総合研究所資料（H21年3月）

### (3) 劣化予測

劣化予測は、部材毎の劣化要因別に滞留年数を設定し、点検時の健全度を通過するように劣化曲線の補正を行った。

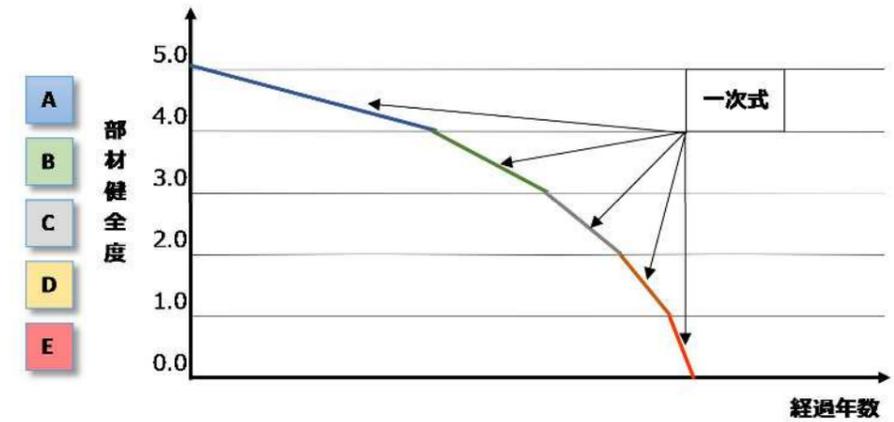


図4.3.2 劣化曲線のイメージ図

対象トンネルは、山間地に位置しており海岸からは1.0km以上離れているため「塩害」の影響はないものと判断する。よって、劣化要因としては「中性化」に観点を置いて検討を行う。

中性化の劣化予測は「コンクリート標準示方書[維持管理編]」を主な参考資料として滞留年数を決定した。以下に各健全度における滞留年数の決定条件を示す。

### 2) 定期点検結果（平成25年度及び平成30年度）

表4.3.2 トンネル点検結果一覧表

No.	路線名	トンネル名	延長 (m)	全幅 (m)	竣工年次	トンネルの種類	所在地	トンネル点検年次	トンネル本体内工										付属施設		総合評価(代表的変状)			判定区分
									覆工アーチ部	側壁部	坑門	路面	路肩	排水施設	補修・補強材	換気施設	照明施設	非常用施設	ケーブル	対策区分	部材名	変状状況	健全性	
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 宇羅地・瀬丸	平成25年度 (2013年)	III	IIb	III	IIb	I	I	-	-	○	-	○	III	アーチ部	うき、はく離、はく落	III	早期措置 段階
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 宇羅地・瀬丸	平成30年度 (2018年)	I	IIb	I	IIb	I	I	I	-	○	-	○	IIb	側壁部	漏水	II	予防保全 段階

表4.3.3 滞留年数の決定条件表

### 滞留年数の決定条件

健全度	グレード	滞留年数 決定項目	決定条件
A	潜伏期	√則	中性化残り（10mm）
B	進展期	-	文献で5年以内とされているので3年と仮定
C	加速期 劣化期	鋼材体積 減少率	0.025を超えるまでの期間
D			0.050を超えるまでの期間
E			0.200を超えるまでの期間

当該トンネルの滞留年数の設定表を以下に示す。

表4.3.4 滞留年数設定表

### 滞留年数（覆工・側壁）

示方書 種別	建設環境	想定かぶり (cm)	滞留年数				
			A	B	C	D	E
大正15年 ↳ 昭和55年	海岸から1km未満	3.0	63	3	17	4	6
	市街地		63	3	17	4	6
	上記以外		63	3	17	4	6
平成2年 ↳ 平成15年	海岸から1km未満	4.0	100	3	17	4	6
	市街地		100	3	17	4	6
	上記以外		100	3	17	4	6

## 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

### (4) 対策設定

対策設定は、各健全度において補修の割合を設定し、工事費の算出を行うものとする。  
以下に健全度に応じた対策工法および単価等の設定例を示す。

表4.3.3 健全度ごとの対策工法及び単価設定例

#### 対策設定例

健全度	対策工法	単価 (千円/m <sup>2</sup> )	補修範囲 種別	補修割合
A	—	—	—	—
	—	—	—	—
B	ひび割れ注入工	5.0	覆工・側壁	0.20
	—	—	—	—
C	ひび割れ注入工	5.0	覆工・側壁	0.20
	断面修復工	20.0	覆工・側壁	0.30
D	断面修復工	20.0	覆工・側壁	0.30
	覆工補強工	50.0	覆工	0.50
E	更新	360.0	全体	1.00
	—	—	—	—

(良い) 健全度 (悪い)

### (5) 劣化設定

以下に対策後の劣化設定を示す。

表4.3.4 対策後の劣化設定表

#### 劣化設定

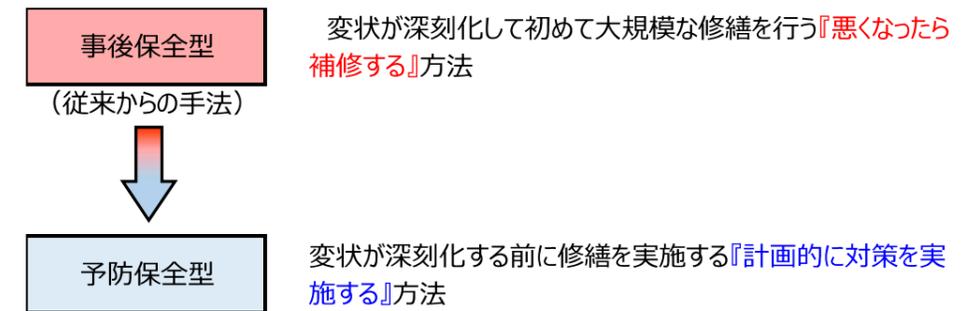
健全度	対策情報					対策 時期	対策後の劣化曲線						
	対策工法	単価 (千円/m <sup>2</sup> )	補修範囲 種別	補修割合	対策繰 返回数		回復度	A	B	C	D	E	
A	1	—対策なし—	0.0	—	0.00	—	—	A	5	5	5	5	5
	2	—対策なし—	0.0	—	0.00								
	3	—対策なし—	0.0	—	0.00								
B	1	ひび割れ注入工	5.0	覆工・側壁	0.20	—	末期	A	5	5	5	5	5
	2	—対策なし—	0.0	—	0.00								
	3	—対策なし—	0.0	—	0.00								
C	1	ひび割れ注入工	5.0	覆工・側壁	0.20	3	末期	A	5	5	5	5	5
	2	断面修復工	20.0	覆工・側壁	0.30								
	3	—対策なし—	0.0	—	0.00								
D	1	断面修復工	20.0	覆工・側壁	0.30	—	末期	A	5	5	5	5	5
	2	覆工補強工	50.0	覆工	0.50								
	3	—対策なし—	0.0	—	0.00								
E	1	更新	360.0	全体	1.00	1	末期	A	5	5	5	5	5
	2	—対策なし—	0.0	—	0.00								
	3	—対策なし—	0.0	—	0.00								

### (6) 予防保全の取り組み

#### 1) 予防保全について

大切な資産であるトンネルを長く大事に保全し、安全で安心な道路サービスの提供やライフサイクルコストの縮減等を図るため、定期的な点検により早期に変状を発見し、事故や更新による大規模な修繕に至る前に適切な対策を実施する。

#### 2) 予防保全による効果



#### 3) ライフサイクルコスト (LCC) 縮減の修繕シナリオ

- ・ケース①：予防保全型の修繕
- ・ケース②：事後保全型の修繕

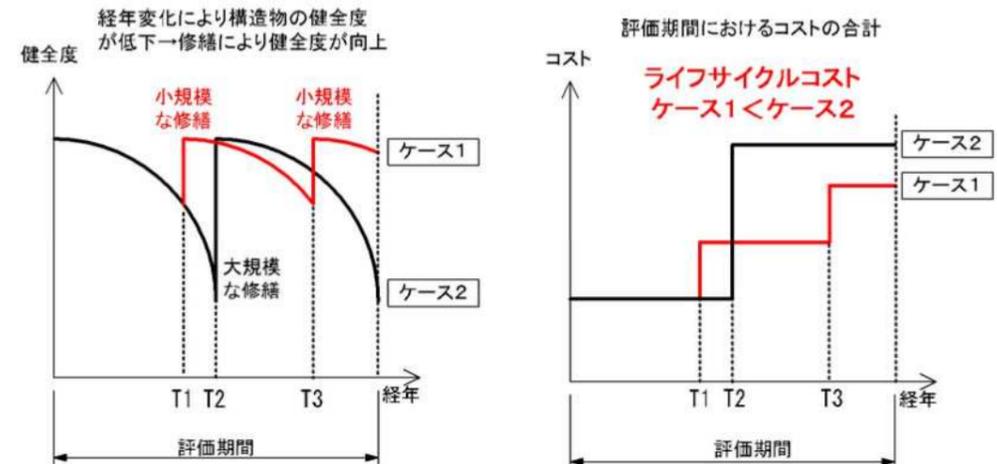


図4.3.3 ライフサイクルコスト計算のシナリオ

## 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

### (7) ライフサイクルコスト（LCC）の検討

ライフサイクルコスト（LCC）の検討は、以下の条件により実施した。

1) LCCの計算期間は当該トンネルの補修・補強工事が完了した平成28年度から30年間とする。

表4.3.5 LCCの計算期間

示方書種別	建設環境	想定かぶり (cm)	滞留年数				
			A	B	C	D	E
大正15年	海岸から1km未満	3.0	63	3	17	4	6
	市街地		63	3	17	4	6
昭和55年	上記以外		63	3	17	4	6
平成2年	海岸から1km未満	4.0	100	3	17	4	6
	市街地	3.0	100	3	17	4	6
平成15年	上記以外		100	3	17	4	6

計算期間30年 → H28年度

2) 予防保全型および事後保全型の健全度（管理）レベル設定を以下に示す。

- ① 予防保全型：健全度がCとなった時点で補修対策を実施する。
- ② 事後保全型：健全度がEとなった時点で施設の更新を実施する。

表 9.1 判定区分

区分	定義
I (A)	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 (B) (C)	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およ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 (D)	早晚、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 (E)	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態。

予防保全型 (B) (C)  
事後保全型 (E)

出典先：大分県道路トンネル定期点検要領（H28年7月版）P-44より

表 10.1 判定区分

区分	状態
I (A)	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態。
II (B) (C)	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 (D)	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 (E)	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。

予防保全型 (B) (C)  
事後保全型 (E)

出典先：大分県道路トンネル定期点検要領（H28年7月版）P-70より

3) LCC計算の対象部材は覆工部および側壁部を劣化予測部材として評価する。

トンネル標準断面図

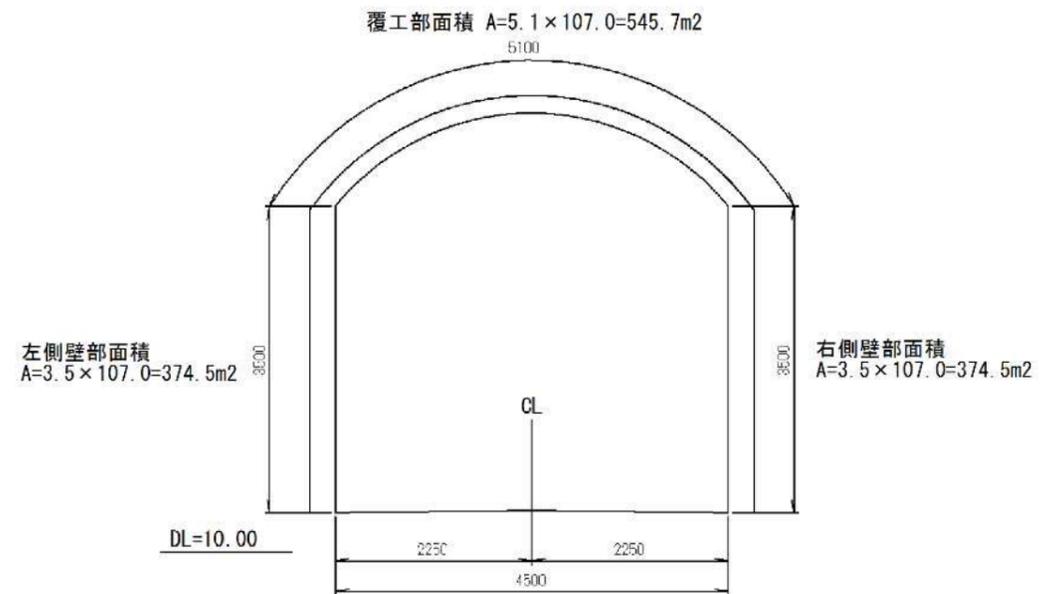


図4.3.4 トンネル標準断面図

4) 予防保全型は5～10年毎に補修を実施し、事後保全型は耐用年数を考慮し30年後に更新を実施するものとした。

5) 補修後の健全度は全て100%回復（健全度A）させるものとした。

## 4.3 費用の縮減に関する具体的な方針の検討

### (8) コスト縮減効果

前項のライフサイクルコスト検討条件により、予防保全型と事後保全型でコスト比較した結果、**47,000千円の縮減効果**となる。

以下にライフサイクルコスト検討結果を示す。

表4.3.6 LCC計算表

LCC計算表 (30年期間)

対象トンネル	対策年	予防保全型	予防保全型累計 (千円)	事後保全型 (千円)	事後保全型累計 (千円)
大海トンネル	2016～ 2020年	6,500	6,500	0	0
	2021～ 2025年	7,500	14,000	0	0
	2026～ 2030年	2,500	16,500	0	0
	2031～ 2035年	6,500	23,000	0	0
	2036～ 2040年	7,500	30,500	0	0
	2041～ 2045年	2,500	33,000	80,000	80,000
	累計			33,000	

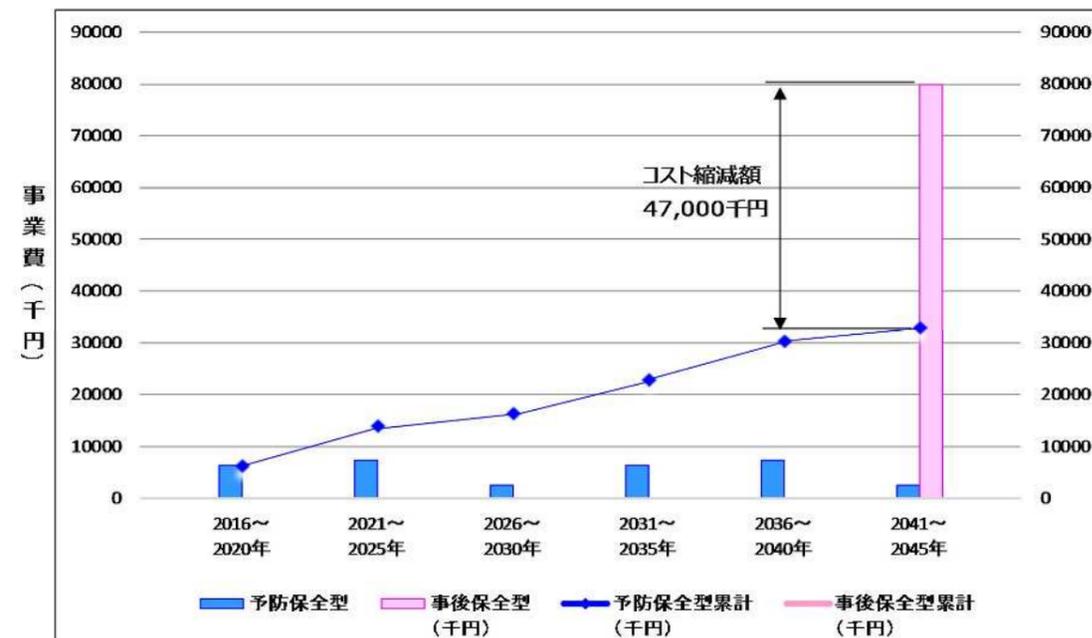


図4.3.5 コスト縮減効果のグラフ

## 4.4 構造物の諸元

### 4.4.1 構造物の諸元

#### (1) 架設年の決定および当年までの経過年

トンネル長寿命化修繕計画の対象施設は村道松原大海線の「大海トンネル」1箇所のみである。当該トンネルは**1968年に建設され、当年までの経過年数は54年**である。



村道松原大海線 大海トンネル

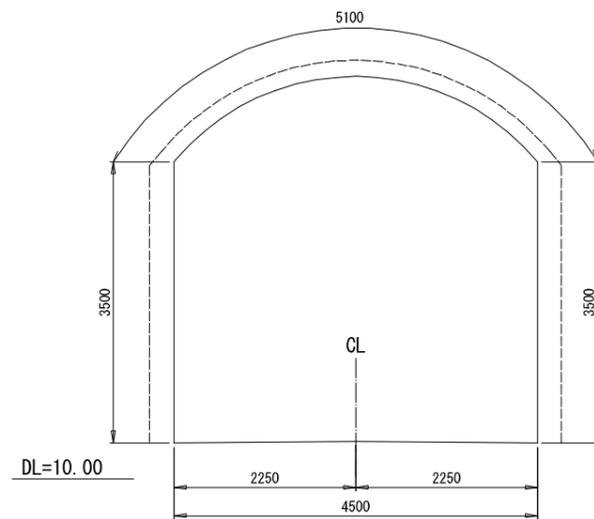
## 4.4 構造物の諸元

### (2) 構造物の諸元

以下に、構造物の諸元を示す。

- トンネル名：大海トンネル
- 竣工年：1968年（昭和43年）
- 路線名：村道 松原大海線
- 場所：姫島村字越地、瀬丸
- 延長・幅員：107.3m・4.5m

トンネル標準断面図



トンネル内部の状況

## 4.5 直近における点検結果

### 4.5.1 直近における点検結果

#### (1) 既往点検履歴

当該トンネルは、平成25年度および平成30年度において、社会資本整備総合交付金事業としてトンネル定期点検業務を実施している。

また、平成25年度時にアーチ部および側壁部にひびわれ、うき・はく離、はく落が顕著に確認されたため、Ⅲ判定（早急措置段階）となり、平成26年度～平成27年度に補修・補強対策工事を行った。このことから平成30年度時の点検ではⅡ判定（予防保全段階）となっている。

平成25年度に実施されたトンネル定期点検時は「国土交通省総点検実施要領(案)【道路トンネル編】(H25年02月版)」に準じ点検している。

よって、平成30年度点検時に使用した「大分県トンネル定期点検要領(平成28年7月版)」に照らし合わせ対策区分を評価した。

以下に、対策区分の相違を示す。

前回調査時との対策区分の相違（大海トンネル）

No.	路線名	トンネル名	延長(m)	全幅(m)	竣工年次	トンネルの分類	所在地	トンネル点検年次	トンネル本体内								付属施設				総合評価(代表的変状)			判定区分
									覆工		坑門	路面	路肩	排水施設	補修・補強材	換気施設	照明施設	非常用施設	ケーブル	対策区分	部材名	変状状況	健全性	
									アーチ部	側壁部														
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 字越地・瀬丸	平成25年度 (2013年)	Ⅲ	Ⅱb	Ⅲ	Ⅱb	Ⅰ	Ⅰ	-	-	○	-	○	Ⅲ	アーチ部	うき、はく離、はく落	Ⅲ	早期措置段階
1	松原大海線	大海トンネル	107.30	4.50	1968	陸上トンネル 矢板工法	姫島村 字越地・瀬丸	平成30年度 (2018年)	Ⅰ	Ⅱb	Ⅰ	Ⅱb	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	-	○	-	○	Ⅱb	側壁部	漏水	Ⅱ	予防保全段階

図4.5.1 既往点検結果の比較



## 4.5 直近における点検結果

### 4.5.2 次回点検時期

#### (1) 計画期間

長寿命化計画の計画期間は、5年に1回の定期点検サイクルを踏まえ、点検間隔が明らかとなるよう計画期間は「10年」とします。

なお、点検結果を踏まえ、適宜、計画を更新します。

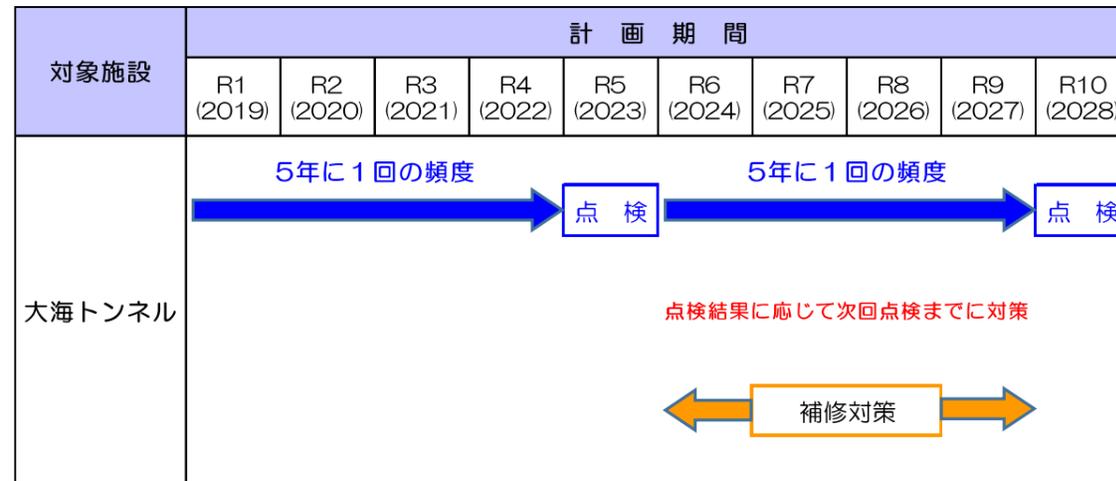


図4.5.4 10年間の点検計画

#### (2) 点検時期

点検時期は、以下の条件で設定した。

- ① 前回点検から5年後、以後5年間隔で実施する。
- ② 修繕工事の前年。（調査・設計に合わせて実施する詳細調査）
- ③ 修繕工事完了から5年後。

## 4.6 対策内容

### 4.6.1 対策内容

平成25年度に実施した詳細調査結果から、ひびわれ、うき・はく離、はく落が確認されたことから平成26年度～平成27年度に補修・補強工事を行っている。

表4.6.1 施工履歴表

工種	背面空洞	覆工補強	ひび割れ対策	断面修復	漏水対策	排水	処分	計
直工	342	12,285	522	2,888	380	103	23	16,543
設計額	623	22,386	951	5,263	692	188	42	30,145

工種	背面空洞	覆工補強						計
直工	2,714	682						3,396
設計額	6,283	1,579						7,862

工種	背面空洞	覆工補強	ひび割れ対策	断面修復	漏水対策	排水	処分	計
設計額	6,906	23,965	951	5,263	692	188	42	38,007

このうち、背面空洞対策及び覆工補強対策は完了している。また、漏水・排水対策についても施工済みである。それ以外については今後劣化の進行により修繕対策が必要と想定される。よって、長寿命計画上の対策内容としては以下の変状について対策を行うものとする。

- ① ひびわれ対策
- ② 断面修復（うき、はく離、はく落）

## 4.7 対策の着手・完了予定年度

### 4.7.1 対策の着手・完了予定年度

以下に計画期間（10年間）の補修対策を示す。

表4.7.1 計画期間の補修計画

#### 補修計画（予防保全型）

トンネル名	道路種別	路線名	竣工年	供用年数	最新点検年度	対策種別	対策の内容・時期																			
							R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10										
大海トンネル	村道	松原大海線	1968	54	H30																					
						点検					点検													点検		
						設計								設計												
						ひびわれ対策										ひびわれ補修										
						断面修復												断面修復	断面修復							

## 4.8 対策に係る全体概算事業費

### 4.8.1 対策に係る全体概算事業費

対策内容の項で述べたように、今後の修繕対策について、計画期間の年度別事業費の内訳を以下に示す。補修規模は、平成25年度詳細調査時の変状と同規模と想定した。

#### 年度別事業費内訳

対象トンネル	対策年	部材種別	対策工法	事業費内訳（千円）					年度別事業費（千円）
				直接工事費	共通仮設費	現場管理費	一般管理費	調査設計費	
大海トンネル	R01 (2019)		-	0	0	0	0	0	0
	R02 (2020)		-	0	0	0	0	0	0
	R03 (2021)		-	0	0	0	0	0	0
	R04 (2022)		-	0	0	0	0	0	0
	R05 (2023)	測量試験費	定期点検費	0	0	0	0	2,500	2,500
	R06 (2024)	"	調査設計費	0	0	0	0	3,000	3,000
	R07 (2025)	覆工・側壁	ひびわれ対策	520	96	201	130	0	947
	R08 (2026)	覆工・側壁	断面修復	1,440	266	557	360	0	2,624
	R09 (2027)	覆工・側壁	断面修復	1,440	266	557	360	0	2,624
	R10 (2028)	測量試験費	定期点検費	0	0	0	0	2,500	2,500
合計									14,195

