

山口県トンネル長寿命化修繕計画



平成28年3月

山口県土木建築部道路整備課

目 次

1. トンネル長寿命化修繕計画の目的	1
2. 県内の道路トンネルの現状	6
3. 道路トンネルの維持管理の考え方	13
4. 点検結果に基づく損傷判定	16
5. トンネル長寿命化修繕計画の内容	20
6. 事業計画の策定	25
7. 今後の取り組み方針	29
8. 意見を聴取した学識経験者	32

表紙写真

左上：国道で最も長い（延長1,265m）美祢トンネル（在来工法）

右下：地方道で最も長い（延長1,915m）小郡トンネル（NATM）※県管理最長

1. トンネル長寿命化修繕計画の目的

1. 1 背景

社会資本は、社会・経済活動や安全で快適な県民生活を支える最も重要な基盤であり、これまで橋梁・道路トンネル（以下「トンネル」で記述）などの社会資本を計画的に整備してきたところです。トンネルは一般に地形の制約をうける箇所であり、通行が困難となった場合に適当な迂回路がない場合が多く、交通に与える影響が大きいため、きめ細かい維持管理が必要とされています。

山口県は中央部に中国山脈があり、丘陵性の山地、台地により山陽と山陰に分かれる地形となっています。このため、これまで数多くのトンネルが建設されており、県が管理するトンネルは平成28年3月現在129本、総延長は41.6kmとなっています。

山口県が管理するトンネルは、1965年（昭和40年）以降に建設されたものが多く、供用後50年以上を経過したトンネルは2014年（平成26年）現在では全体の約1割ですが、10年後には約3割、20年後には約5割となります。このため、従来の事後保全型の維持管理を継続した場合、大規模な補修が一時期に集中することとなり、限られた予算の中でトンネルを適切に維持管理できなくなる恐れがあります。

このことから、昨今の厳しい財政状況の下、今あるトンネルを計画的・効果的に修繕しながら長期的に利用するため、これまで以上に戦略的な取組みが求められています。

1. 2 目的

本計画の目的は以下のとおりです。

- 「山口県トンネル点検要領（案）（平成28年度改訂）」に基づき、山口県が管理するトンネルの計画的な点検及び診断を実施していきます。
- 「山口県トンネル調査・対策マニュアル（案）（平成28年度策定）」等に基づき、必要な対策を適切な時期に着実かつ効率的・効果的に実施していきます。
- これらの取組を通じて得られた情報を記録し、次期の点検・診断等に活用するなど「メンテナンスサイクル」を構築し、継続的に発展させていきます。
- 県民の安全・安心を確保し、中長期的な維持管理に係るトータルコストの縮減や予算の平準化を図り、県民の財産であるトンネルを適切に管理することを本計画の目的とします。

1. 3 計画策定の経緯

山口県では平成 21 年度に学識経験者のご意見を踏まえて「山口県トンネル点検マニュアル（案）」を策定しました。その後、平成 22 年度から当該マニュアルにより平成 26 年度までに全てのトンネルの初回点検を実施したところです。

こうした中、平成 27 年 3 月に公表した「山口県公共施設等マネジメント基本方針」を踏まえ、公共土木施設等の維持管理・更新等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を示す「山口県土木建築部インフラマネジメント計画」を平成 27 年 7 月に公表しました。

これに基づき、中長期的なアセットマネジメントの考え方のもと、予防保全の観点から、トンネルを含む道路施設ごとに点検結果に基づく個別施設計画（長寿命化修繕計画）を策定し、維持管理・更新費用の縮減や平準化を図り、効率的な維持管理を推進することとなりました。

表 1-1 山口県におけるトンネル点検の経緯

年度	点検トンネル数	備考
平成 19 年度 (2007)	1 本	<ul style="list-style-type: none"> ・国点検マニュアルによる点検実施 ・県点検マニュアル策定に係る意見交換会（第 1 回） （学識経験者、道路整備課、土木建築事務所等）
平成 20 年度 (2008)	1 本	<ul style="list-style-type: none"> ・国点検マニュアルによる点検実施 ・県点検マニュアル策定に係る意見交換会（第 2・3 回） （学識経験者、道路整備課、土木建築事務所等） ・職員による定期点検の試行実施（県東部・西部で計 2 回）
平成 21 年度 (2009)	5 本	<ul style="list-style-type: none"> ・「山口県トンネル点検マニュアル（案）」策定 ・山口県トンネル点検検討会議の実施（計 3 回） ・県点検マニュアルによる試行点検の実施 （5 トンネルのうち、2 トンネルが県のマニュアル）
平成 22 年度 (2010)	2 本	<ul style="list-style-type: none"> ・県点検マニュアルによる点検実施
平成 23 年度 (2011)	20 本	<ul style="list-style-type: none"> ・県点検マニュアルによる点検実施

山口県トンネル長寿命化修繕計画（H28.3）

平成 24 年度 (2012)	40 本	<ul style="list-style-type: none"> ・ 県点検マニュアルによる点検実施 ・ 全トンネルの附属物等のストック総点検を実施
平成 25 年度 (2013)	56 本	<ul style="list-style-type: none"> ・ 県点検マニュアルによる点検実施
平成 26 年度 (2014)	4 本	<ul style="list-style-type: none"> ・ 県点検マニュアルによる点検実施 ・ 山口県トンネル長寿命化修繕計画の策定に着手
平成 27 年度 (2015)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山口県トンネル点検要領（案）の策定 ・ 山口県トンネル調査・対策マニュアル（案）の策定 ・ 山口県トンネル長寿命化修繕計画の策定・公表
合計	129 本	

1. 4 トンネル長寿命化に資する計画・要領等について

本計画は、「山口県土木建築部インフラマネジメント計画」で位置づけられた土木建築部所管の個別施設策定対象施設のうち、道路（トンネル）に関する計画であり、下図 1-1「計画の位置付け」のとおりです。

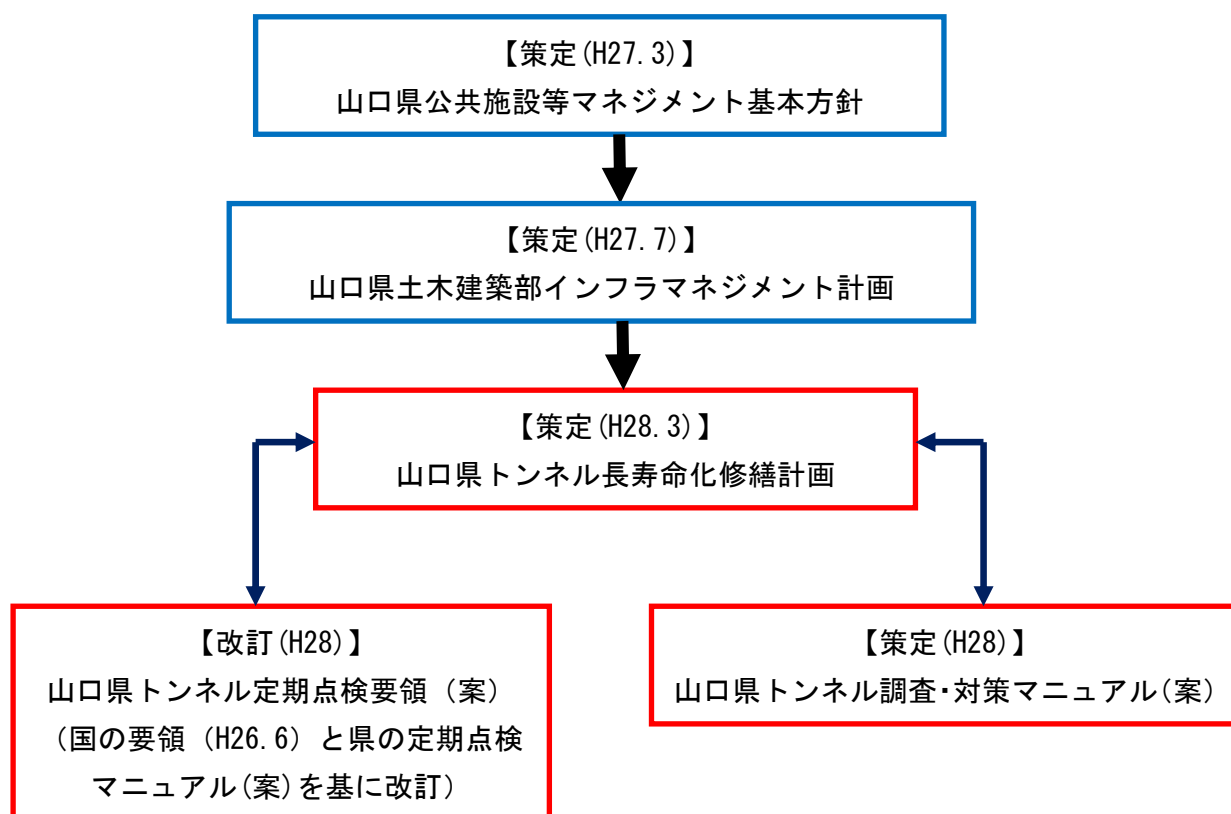


図 1-1 計画の位置付け

山口県トンネル定期点検要領（案）は、本県が管理するトンネルの定期点検を行ううえでの体制、対策区分の判定、健全性の診断方法等の基本的な事項を取りまとめたものです。

山口県トンネル調査・対策マニュアル（案）は、トンネル本体工について定期点検を踏まえた調査方法と対策に関する設計及び施工の考え方を取りまとめたものです。

1. 5 長寿命化修繕計画の対象範囲

本計画の対象施設は、図 1-2 及び図 1-3 のとおりです。

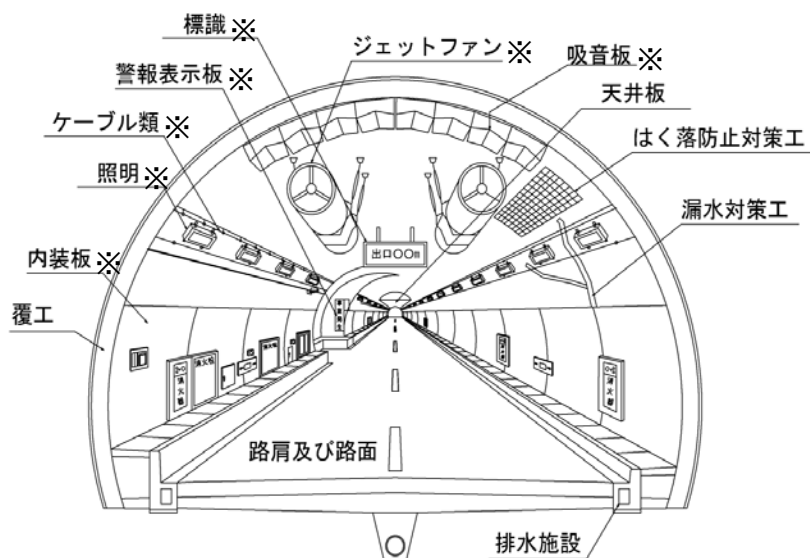
トンネルは大きく分けるとトンネル本体工と附属物で構成されており、具体的には下記に示す施設で構成されています。

1) トンネル本体工

覆工、坑門、内装板、天井板、路面、路肩、排水施設および補修・補強材

2) 附属物

付属施設（照明施設、非常用施設、換気施設）、標識、情報板、吸音板等、トンネル内や坑門付近に設置されるものの総称



※ トンネル内附属物は点検時に取付状態の確認を行う。

図 1-2 点検対象箇所（トンネル内）



図 1-3 点検対象箇所（トンネル坑口部）

2. 県内の道路トンネルの現状

2. 1 トンネルの整備状況

山口県が管理する国道および県道の道路トンネルの本数は、2016年（平成28年）3月現在で129本であり、トンネル延長の合計は約41.6kmです。

1) トンネルの位置

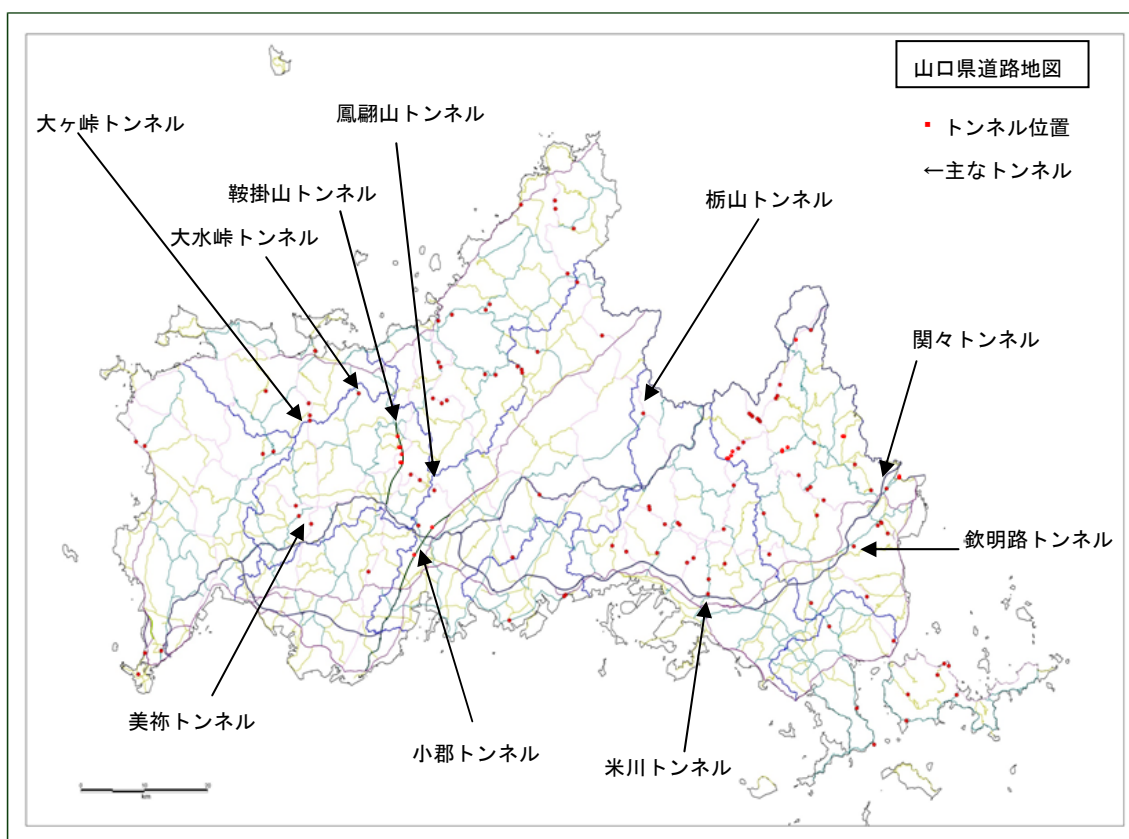


図2-1 山口県管理道路トンネル位置図

事務所別のトンネル数では岩国（32本）が最も多く、次いで萩（20本）、周南（17本）が多くなっています。トンネル延長では岩国（9,020m）が最長となっています。

表 2-1 事務所別のトンネル数とトンネル延長

2014 年 (平成 26 年) 現在

事務所 (支所・分室)	合計 上段:トンネル数 (下段:延長m)	トンネル延長					供用年数					
		100m 未満	100m ~200m	200m ~500m	500m ~1km	1km 以上	10年未満	10~20年	20~30年	30~40年	40~50年	50年以上
岩国	32 (9,020)	11 (675)	7 (929)	8 (2,691)	6 (4,725)	0	7 (2,748)	8 (3,284)	3 (1,263)	3 (1,015)	8 (643)	3 (67)
玖珂	7 (2,204)	2 (120)	2 (317)	2 (631)	0	1 (1,136)	0	1 (195)	2 (197)	0	3 (1,767)	1 (45)
柳井	4 (1,109)	0 (0)	1 (128)	3 (981)	0	0	0	2 (589)	2 (520)	0	0	0
大島	6 (1,084)	2 (107)	1 (140)	3 (837)	0	0	0	0	4 (977)	1 (43)	0	1 (64)
周南	17 (5,046)	3 (229)	4 (637)	7 (1,956)	2 (1,065)	1 (1,159)	0	3 (879)	3 (386)	7 (2,920)	3 (810)	1 (51)
防府	5 (2,353)	0	1 (178)	1 (318)	3 (1,857)	0 (0)	0	0	1 (587)	0	2 (1,270)	2 (496)
山口	8 (3,976)	4 (254)	0	2 (777)	0	2 (2,945)	2 (2,270)	1 (422)	1 (1,030)	0	4 (254)	0
阿東	4 (1,905)	1 (78)	0 (0)	1 (480)	2 (1,347)	0 (0)	0	0	2 (558)	2 (1,347)	0	0
宇部	1 (60)	1 (60)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (60)
美祿	11 (4,862)	0 (0)	3 (481)	5 (1,520)	1 (578)	2 (2,283)	2 (1,596)	4 (1,148)	4 (853)	1 (1,265)	0	0
下関	4 (1,878)	0	0	3 (1,010)	1 (868)	0	0	0	0	2 (1,133)	1 (385)	1 (360)
豊田	4 (793)	2 (163)	1 (182)	1 (448)	0	0	0	1 (448)	0	1 (182)	0	2 (163)
長門	6 (3,470)	0	0	4 (1,230)	0	2 (2,240)	0	1 (1,175)	1 (285)	3 (1,782)	0	1 (228)
萩	20 (3,881)	7 (488)	7 (949)	4 (1,114)	2 (1,330)	0	0	3 (490)	9 (2,418)	1 (211)	6 (730)	1 (32)
合計	129 (41,641)	33 (2,174)	27 (3,941)	44 (13,993)	17 (11,770)	8 (9,763)	11 (6,614)	24 (8,630)	32 (9,074)	21 (9,898)	27 (5,859)	14 (1,566)

上段：トンネル数、下段()内はトンネル延長(m)

2) 路線種別ごとのトンネル整備状況

	補助国道	主要県道	一般県道	合計(本)
トンネル数	66	43	20	129

3) トンネル延長

トンネル延長の平均値は約 300m であり、約半数のトンネルが延長 200m 以下です。

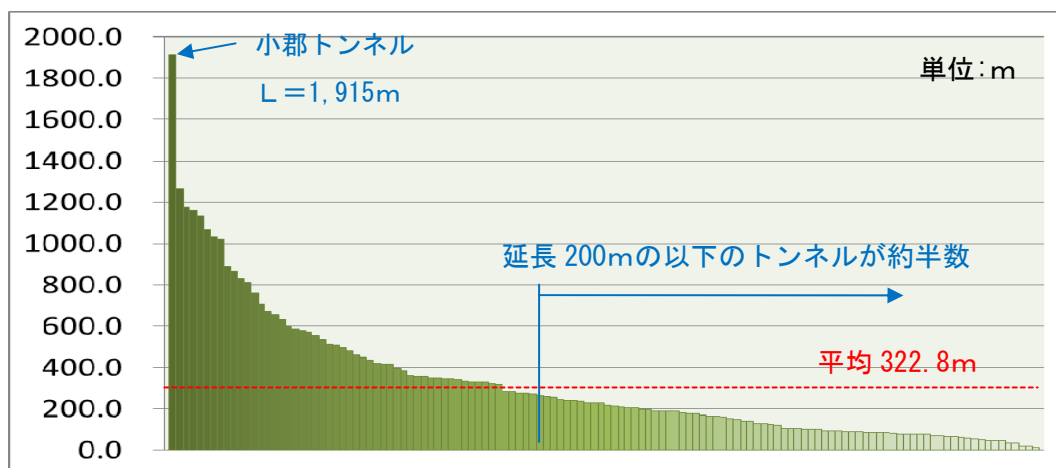


図 2-2 トンネル延長の一覧

表 2-2 主なトンネル一覧（国道・地方道）

国道					
番号	トンネル名称	路線名	延長（m）	工法	建設年
1	美祢	316号	1,265	在来	1984
2	大ヶ峠	316号	1,065	在来	1980
3	鳳翔山	435号	1,030	NATM	1991
4	鞍掛山	490号	1,018	NATM	2010
5	枋山	315号	810	在来	1976

地方道					
番号	トンネル名称	路線名	延長（m）	工法	建設年
1	小郡	（主）山口宇部線	1,915	NATM	2009
2	大水峠	（主）秋芳三隅線	1,175	NATM	2000
3	米川	（主）下松鹿野線	1,159	在来	1983
4	欽明路	（主）岩国玖珂線	1,136	在来	1971
5	関々	（主）岩国大竹線	889	NATM	2005

4) 整備工法

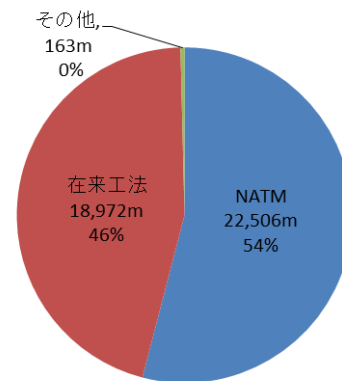
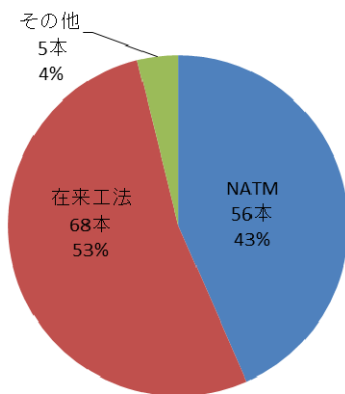
工法別のトンネル数内訳は、在来工法^{※1}が68本（53%）、NATM^{※2}が56本（43%）、その他が5本（4%）となっています。

工法別トンネル延長では、トンネル数とは逆で、NATMが過半（54%）・在来工法も46%となっています。

※1 在来工法：トンネルを掘り、掘削壁面に木製や鉄製の板をあてがい、鉄製の枠で支えて、表面をコンクリートで仕上げる従来からの工法です。

※2 NATM：トンネルを掘り、掘削壁面にコンクリートを吹付けし、鉄製の棒を地山に挿入して安定させ、表面をコンクリートで仕上げる近年の工法です。

（New Austrian Tunneling Method：ナトム）



※ その他：石積・素掘・吹付

図 2-3 工法別の内訳・トンネル数

図 2-4 工法別の内訳・トンネル延長

年代別では1970年（昭和45年）代から1980年（昭和55年）代に多くのトンネルが建設されています。

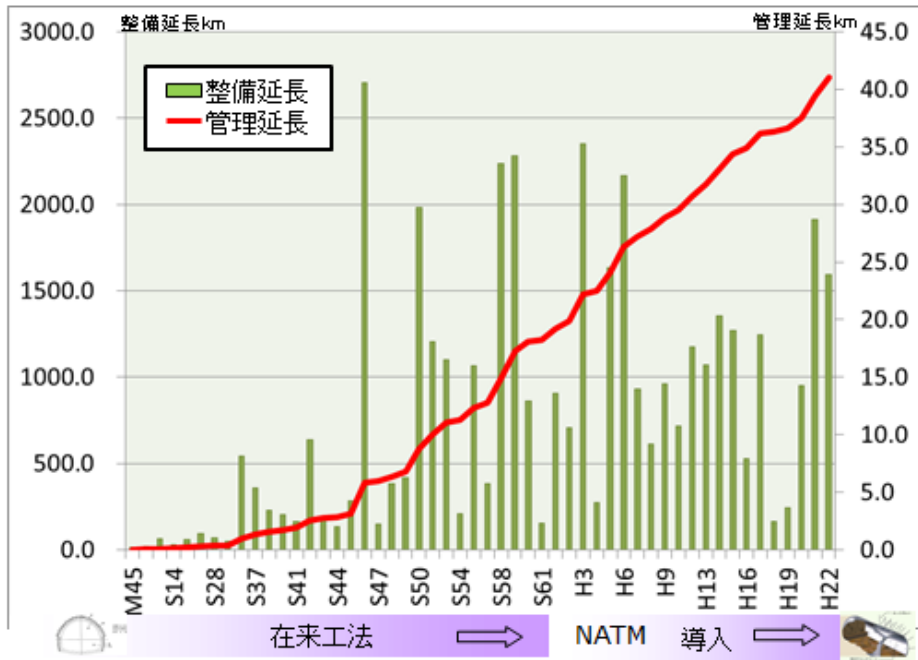


図 2-5 山口県管理トンネルの年度別整備状況

事務所別の工法別トンネル数では、岩国及び美祢でNATMが多く、逆に周南及び萩では在来工法が多くなっています。相対的に瀬戸内海側にNATMが多く、日本海側には在来工法が多くなっています。

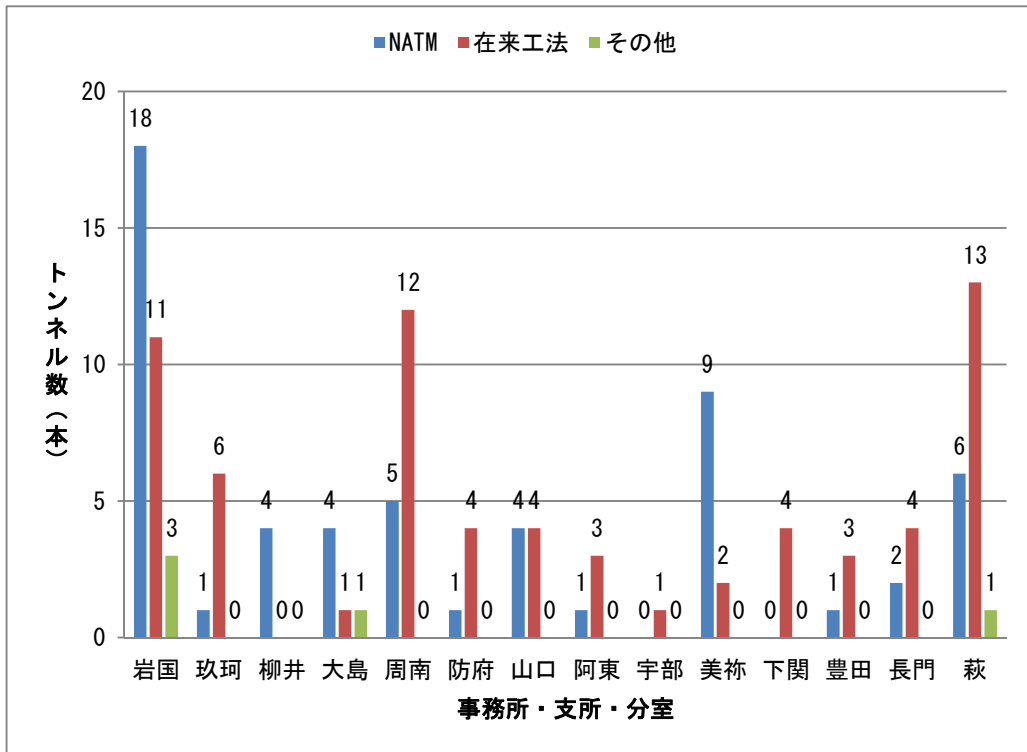


図 2-6 事務所別のトンネル数と整備工法の内訳

2. 2 トンネルの附属物の状況

山口県が管理する国道および県道の道路トンネルに設置されている附属物は、2016年（平成28年）3月現在で以下のとおりとなっています。

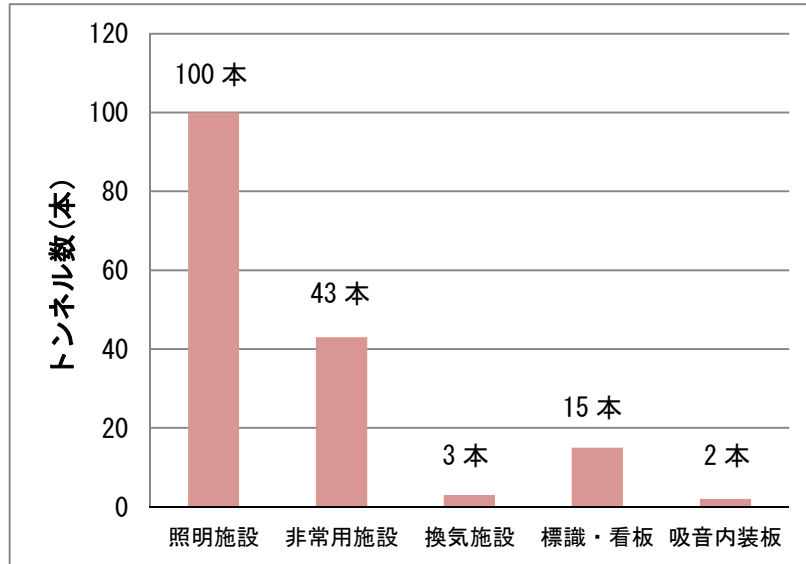


図 2-7 トンネル附属物の状況

照明施設は、トンネル内を走行する運転者が安全かつ快適に走行するため、トンネル全長にわたり一定間隔に配置された基本照明やトンネルの入口付近にある障害物を視認できるようにするための入口照明などが設置されています。

非常用施設は、火災や事故が発生した場合にトンネル利用者などにその発生を知らせ、トンネルへの進入を防止するなどの適切な対応を行うため、トンネルの等級区分に応じて通報・警報設備、消火設備、避難誘導設備等が設置されています。

換気施設は、トンネル内を走行する自動車の排気ガスによるトンネル内空気の汚染を抑制する目的等で設置するものであり、ジェットファン等の設備があります。

標識・看板は、トンネル出口付近の道路状況の予告等を行うため、トンネルの壁面や天井面に添架されているものです。

吸音内装板は、トンネル内及び坑口付近の出口騒音を低減するため、トンネルの壁面や天井面に設置されるものです。



照明施設



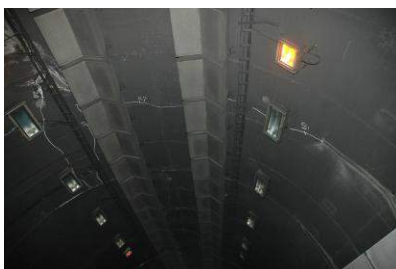
非常用施設



換気施設



標識・看板



吸音内装板

図 2-8 トンネル付属物の事例

2. 3 トンネルの高齢化について

山口県では 1970 年（昭和 45 年）以降に建設が集中しており、現在は全 129 トンネルが供用されています。

工法は、1945 年（昭和 20 年）以前に整備された 5 本は石積・素掘・吹付ですが、それ以降は 1985 年（昭和 60 年）頃まですべて在来工法で建設されています。また、1985 年（昭和 60 年）頃以降は NATM で施工されています。

50 年以上経過したトンネル数の割合は 2014 年（平成 26 年）現在で 11% ですが、10 年後には 32%、20 年後には約 48% を占めるようになり、今後急速に高齢化が進みます。また、これらは石積・素掘・吹付と在来工法で建設されたトンネルとなっており、その多くで早急に対策が必要と判定されています。

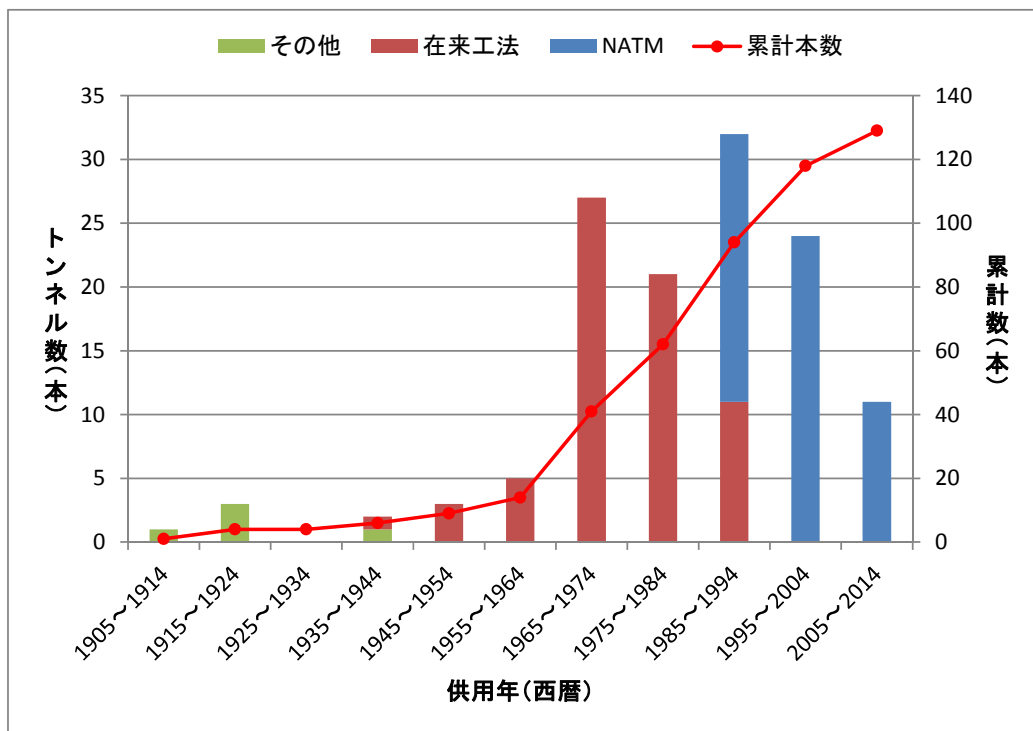


図 2-9 供用年とトンネル建設数の推移

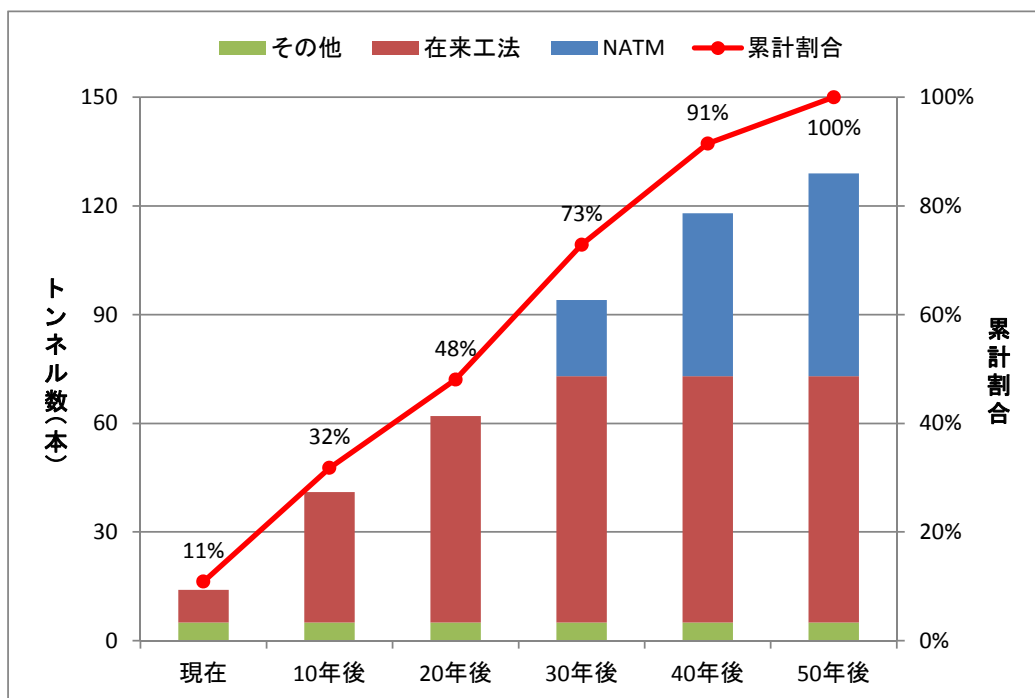


図 2-10 50年以上経過したトンネル数の推移

3. 道路トンネルの維持管理の考え方

3. 1 点検について

1) 山口県での取り組み

山口県では、管理するトンネルの状況を把握し、トンネルの損傷状況等に応じて適時適切に対応するため、平成 19 年度よりトンネル定期点検の試行を実施し、平成 21 年度からは「山口県トンネル点検マニュアル（案）：山口県土木建築部」に基づき、県管理トンネルの定期点検を進めてきました。

こうした中、「道路法施行規則の一部を改正する省令」及び「トンネル等の健全度の診断結果に関する告示」が平成 26 年 3 月 31 日に告示され平成 26 年 7 月 1 日に施行されたことに伴い、トンネルや橋等の構造物は 5 年に 1 回の定期点検が義務づけられたことを踏まえ、このたび山口県のトンネル点検に関する要領の改訂を行います。

2) 点検の目的

点検とはトンネル本体工の変状や附属物の異常を発見し、その程度を把握することを目的として、定められた方法により、必要な機器を用いてトンネル本体や附属物の状態を確認し、必要に応じて応急措置を実施することです。

また、点検には、定期点検のほか、日常点検、異常時点検、臨時点検があります。

定期点検は、定められた頻度や方法で点検を実施し、その結果を定量的・定性的に診断し、点検表に記録を残す一連の行為を指します。

日常点検は、変状等の早期発見を図るために、原則として道路の通常パトロールに併せて実施するトンネルの全延長を対象とする目視点検を指します。

異常時点検は、日常点検により変状や異常が発見された場合に実施する点検を指します。

臨時点検は、自然災害や事故災害等が発生した場合に、主に通行の安全を確認するために行う点検を指します。

表 3-1 点検の種類と目的

点検の種類	目的
定期点検	健全性を把握し必要な措置等の判断を行ううえで必要な情報を得るために行うもの。初回の点検はすべての覆工コンクリート打込み完了後から 1～2 年以内に行い、2 回目以降は 5 年に 1 回の頻度で行うことを基本とする。
日常点検	原則として道路の通常パトロールを行う際に併せて目視点検を行うもの。
異常時点検	日常点検等により変状や異常等が発見された場合に実施するもの。
臨時点検	自然災害や事故災害等が発生した場合に、主に通行の安全を確認するために実施するもの。

3) 点検の流れ

以下に各点検の基本的なフローを示します。

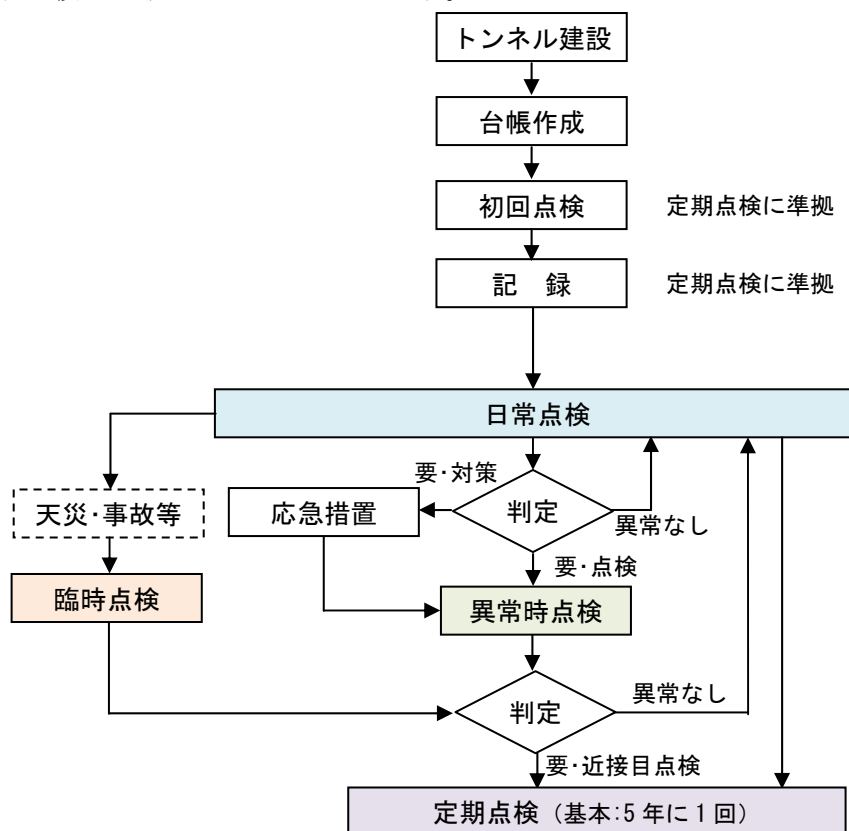


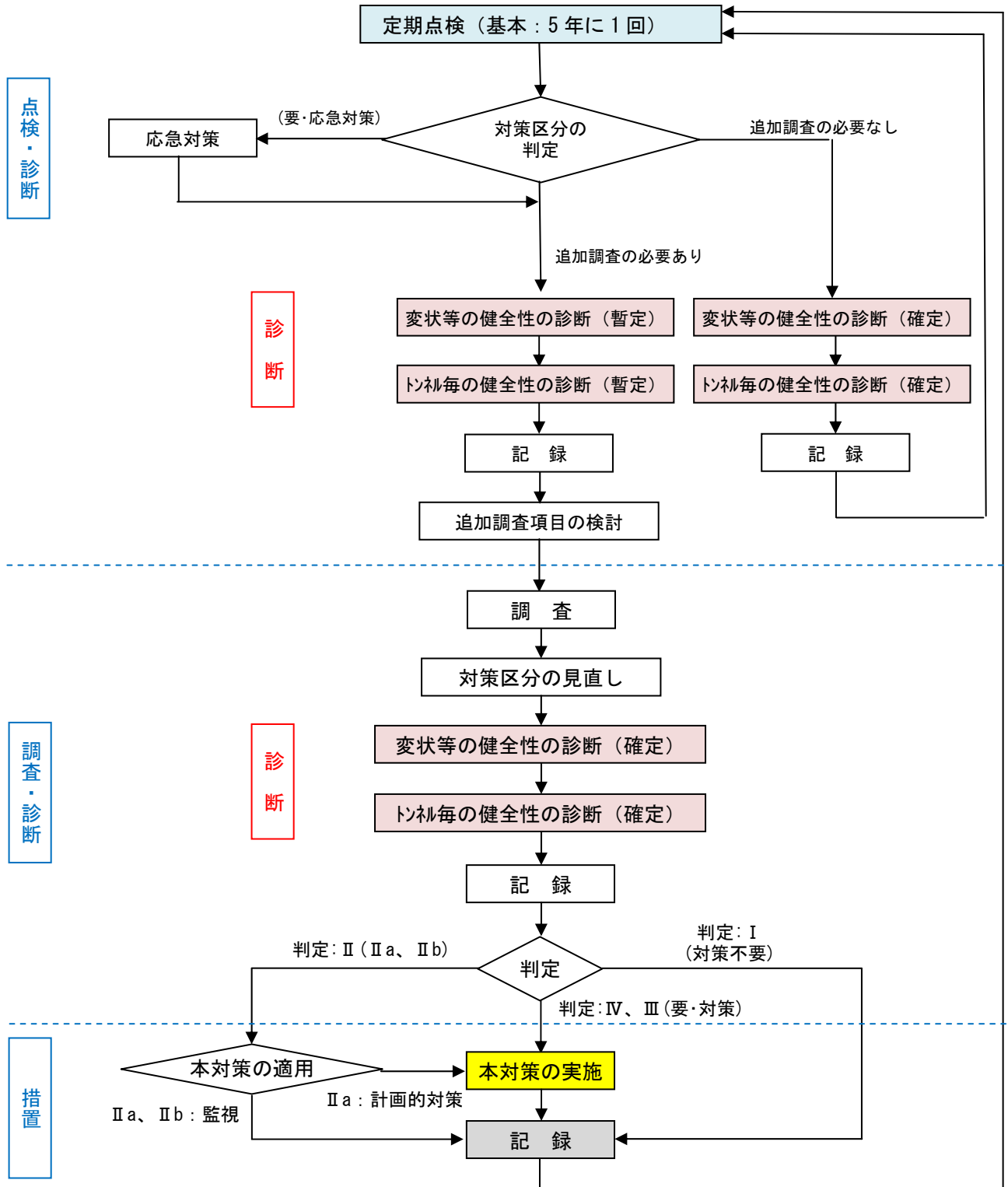
図 3-1 点検の基本的なフロー（建設～定期点検）

3. 2 維持管理の基本方針

トンネルの維持管理では、メンテナンスサイクル（点検、診断、措置、記録）を確実に持続させていくことが重要です。山口県におけるトンネルの維持管理の基本的な考え方を取りまとめると以下のとおりです。

- 点検によりトンネルの状態を適切に把握した上で、計画的な補修・補強対策を実施することで、第三者被害や長期間の交通規制等を防止し、安心・安全な道路交通の確保を行います。
- トンネルの維持管理の考え方を「事後保全型」から「予防保全型」に転換することにより、維持管理費用の平準化を図るとともにライフサイクルコストの縮減を図ります。
- 道路構造物の維持管理を効率的に進めていくために必要となる点検～診断～措置～記録という業務サイクル（メンテナンスサイクル）を持続的に回す仕組みの構築等を進めます。

道路トンネルのメンテナンスサイクルの基本的なフローを以下に示します。



（注）判定区分については4. 1「判定区分の考え方」を参照のこと

図 3-2 道路トンネルのメンテナンスサイクルの基本的なフロー

4. 点検結果に基づく損傷判定

4. 1 判定区分の考え方

1) トンネル本体工


建設後のトンネルに発生する変状の原因は、変状形態で分類すると、以下の3項目に分類できます。

表 4-1 トンネルの劣化及び損傷原因

①	トンネルに作用する外力によるもの → 緩み土圧・偏土圧・地すべり・水圧・凍上圧など
②	コンクリートの材質劣化によるもの → 経年劣化・凍害・塩害など
③	漏水自体が問題となるもの

また、トンネル本体工の場合、点検結果に基づき変状等の健全性の診断を、「外力」、「材質劣化」、「漏水」等の変状に応じて、次の区分で判定します。

表 4-2 判定区分

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	良好  不良
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、緊急に対策を講じる必要がある状態	

※ トンネル全体を評価するための判定区分です。

※ 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り、交通開放できない状態とします。

なお、山口県では、平成 21 年度に策定した「山口県トンネル点検マニュアル（案）」に基づきトンネル点検を進めてきましたが、平成 26 年 6 月に「道路トンネル定期点検要領（国土交通省道路局国道・防災課）」が策定されたことに伴い判定区分の見直し等を行いました。上記の判定区分と「道路トンネル維持管理便覧」（平成 5 年 11 月、平成 27 年 6 月改訂）及び「山口県 トンネル点検マニュアル(案)」（平成 24 年度試行版）による判定区分の対比を表 4-3 に示します。

表 4-3 判定区分の対比

国点検要領 (H26.6)	山口県トンネル点検マニュアル (H21策定、H24試行版)	維持管理便覧 (H5.11)
維持管理便覧 (H27.6改訂)		
山口県トンネル点検要領(案) (H28改訂)		
判定区分 (5区分)	点検結果判定 (5区分)	調査結果判定 (4区分)
I : 健全	S(変状なし)	—
II b : 要監視段階	B(軽微:要監視)	B(軽微:要監視)
II a : 予防保全段階	A(変状あり:重点的監視、 計画的に対策)	A(変状あり:重点的監視、 計画的に対策)
III : 早期措置段階	2A(変状あり:早期に対策)	2A(変状あり:早期に対策)
IV : 緊急措置段階	3A(変状大:直ちに対策)	3A(変状大:直ちに対策)

2) 附属物

附属物の取付状態に対する判定（以下、異常判定）は、以下に示す判定区分を用いて行います。

表 4-4 附属物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

附属物の取付状態に対する異常は、外力に起因するものが少ないと考えられ、原因を推定のための調査を要さない場合があります。また、附属物の取付状態の異常は、利用者被害に直接つながる恐れがあるため、異常箇所に対しては再固定、交換、撤去や設備全体の更新などにより早期に対策を実施する必要があります。こうした附属物の特性を踏まえ、判定区分は「×」（早期に対策を要するもの）と、「○」（対策を要さないもの）の 2 つに区分することとします。

4. 2 点検結果

山口県ではトンネルの現状を把握するために、近接目視観察および打音検査（ハンマーを用いた打診）により、定期点検を行いました。そして点検結果をもとに、点検要領に基づき、全 129 トンネルのうちコンクリートで巻き立てられている 124 トンネル（内訳は在来工法：68 本，NATM 工法：56 本）について、判定を行いました。

1) 在来工法の変状発生状況

変状の中で、早急に対策を必要とする健全度 2A（Ⅲ）以上となっているのは、材質劣化（うき・はく落）による変状が最も多く、全 68 本のうち 57 本と約 8 割で見られます。また、外力（ひび割れ）および漏水による変状で、健全度 2A（Ⅲ）以上となっているのは 5～9 本と少なくなっています。

総合評価で健全度 2A（Ⅲ）以上となっているのは、前述の材質劣化によるものが多数となっています。一方で、計画的に対策を必要とする健全度 A（Ⅱa）以上が大部分を占めており、在来工法のトンネルの維持管理の重要性を示しています。

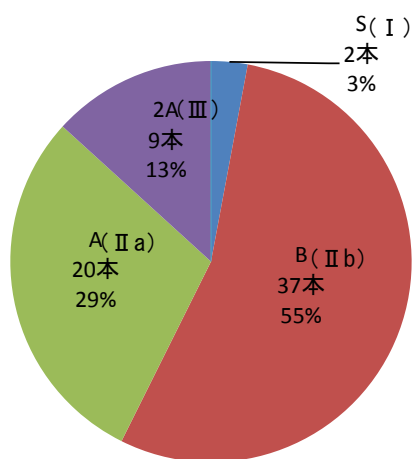


図 4-1 外力による変状

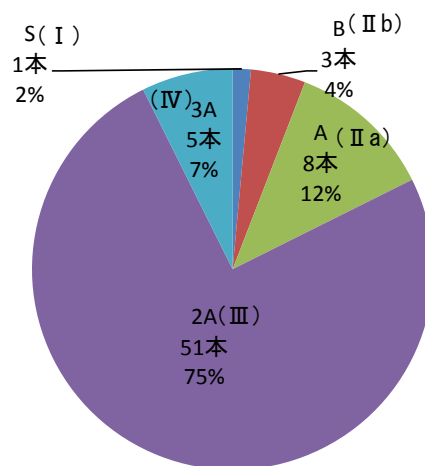


図 4-2 材質劣化による変状

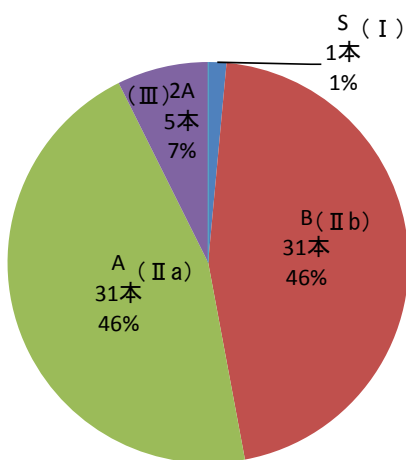


図 4-3 漏水による変状

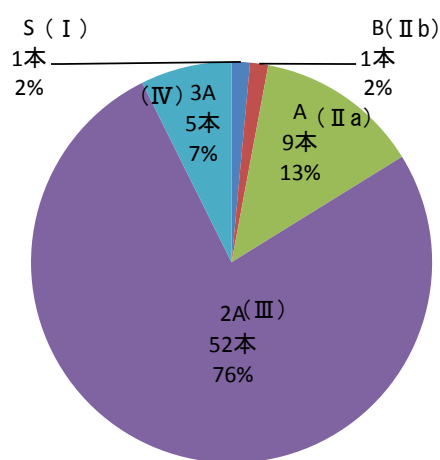


図 4-4 総合評価

2) NATMの変状発生状況

変状の中で、早急に対策を必要とする健全度 2A (Ⅲ) 以上となっているのは、在来工法と同様に材質劣化（うき・はく落）による変状が最も多くなっており、全 56 本のうち 32 本と約 6 割で見られますが、在来工法に較べて割合は低くなっています。また、外力（ひび割れ）による変状は健全度 B (Ⅱb) が大半を占めていますが、これは、ひび割れ幅が 0.3～1mm 程度と小規模であることに起因しています。漏水による変状は、変状なし（健全度 S (Ⅰ)）、またはにじみ程度（健全度 B (Ⅱb)）が大半を占めています。

総合評価では、計画的に対策を必要とする健全度 A (Ⅱa) 以上が約 7 割ですが、在来工法に較べると少なくなっています。

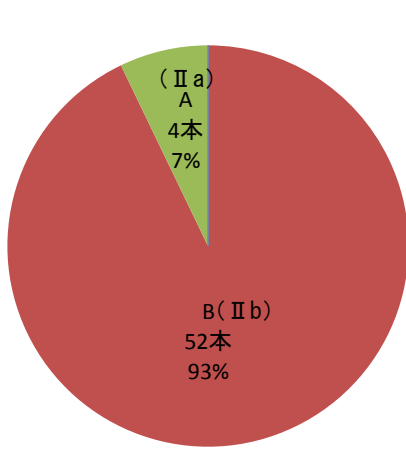


図 4-5 外力による変状

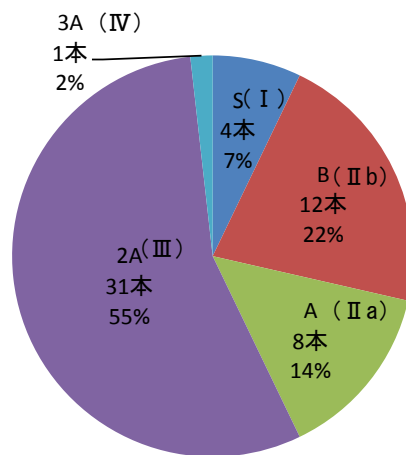


図 4-6 材質劣化による変状

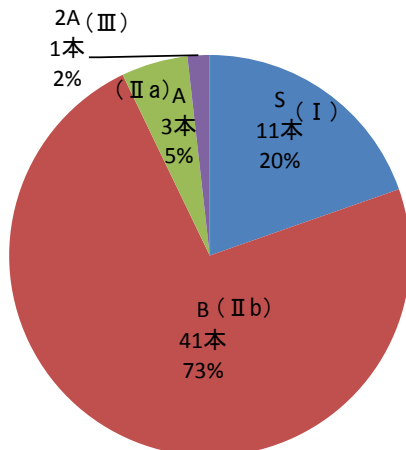


図 4-7 漏水による変状

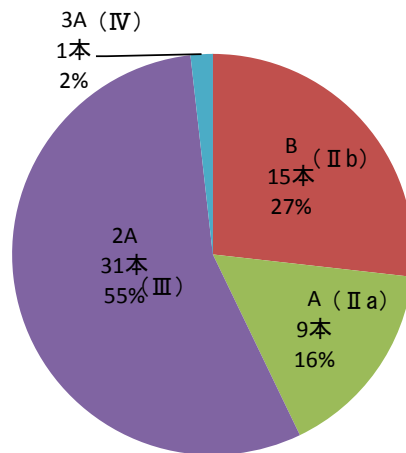


図 4-8 総合評価

(注) 判定区分 3A (Ⅳ) のトンネルについては、既に対策工事に着手しています。

3) 総合判定結果

判定結果は、トンネルの工法別にやや異なり、在来工法では対策が必要となるトンネル判定区分 2A (Ⅲ) および 3A (Ⅳ) が 84% であるのに対し、NATM では 57% とやや低くなっています。

5. トンネル長寿命化修繕計画の内容

5. 1 トンネルマネジメントの流れ

- 道路トンネルの長寿命化修繕計画の策定は、全 129 トンネル（内訳は在来工法：68 本、NATM 工法：56 本、その他工法：5 本）を対象とします。
- 道路トンネルの長寿命化修繕計画は、以下に示すトンネルマネジメントの流れに従って行います。

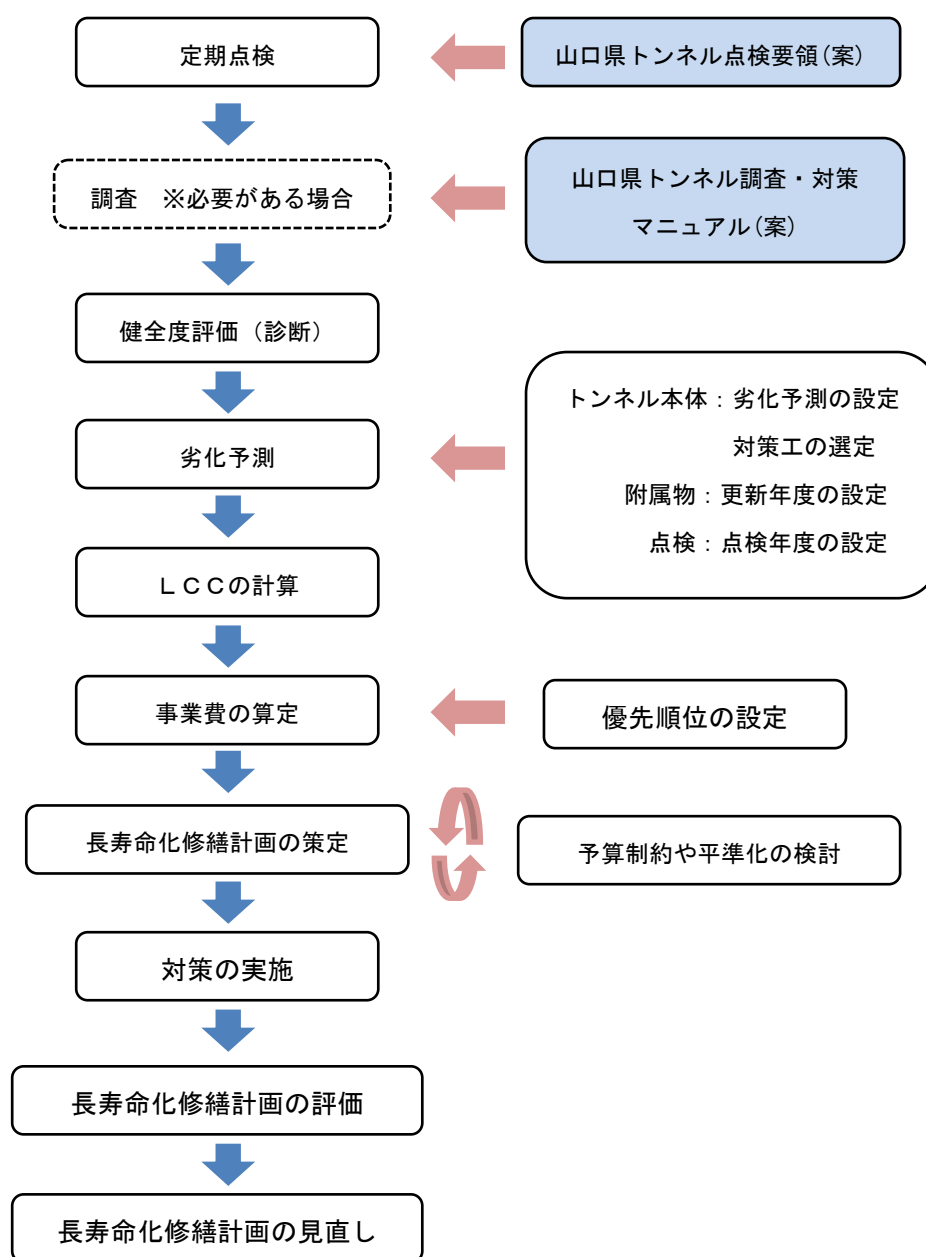


図 5-1 トンネルマネジメントの流れ

5. 2 健全度評価

道路トンネルの健全度評価は、4. 1に示した点検結果の区分に沿って判定します。

5. 3 劣化予測

- トンネルは、通行車両の荷重等ではなく、背面の地山の状況等に影響されて劣化が進む場合が多いため、トンネルの劣化を予測することは非常に困難です。
- このため、健全度評価ランク（判定区分）に応じて対策が必要となるまでの年数（対策必要年数）を設定する方法で、劣化予測を実施するものとします。

健全度評価ランク（判定区分）に応じて対策が必要となるまでの年数（対策必要年数）の設定は、これまでのトンネル点検による健全度評価からの回帰分析結果等を踏まえ、表5-1のとおり設定しました。

表 5-1 判定区分の対策必要年数

区分	定 義	対策必要年数
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	60年
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	30年
	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	5年
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	3年
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	1年

5. 4 対策工法の選定

- トンネルの対策工は、変状原因を踏まえ決定する必要があるため、3種類の変状（「外力」「材質劣化」「漏水」）に応じて検討することとします。
- 長寿命化修繕計画の費用算定にあたって、近年の施工実績を考慮し、工法（在来工法・NATM）や部位（坑門・覆工）の特性を踏まえ、代表的な工法を採用するものとします。

表 5-2 対策工の種類と選定

変状区分	代表的な変状種類	対策の分類	対策工の種類		再対策年数	
外力	圧ざひび割れ	空洞充填	裏込め注入工	可塑性エアモルタル 発泡ウレタン	永年 永年	
		地山への支持	ロックボルト工		永年	
		覆工内面補強	内面補強工	鋼板内面補強工	繊維シート内面補強工	30 30
				プレキャスト工	鋼材内巻補強工	100 50
			内巻補強工			
			断面修復工			30
材質劣化	うき剥離	剥落除去後の処理	断面修復工		30	
		支持材による保持	ネット工	エキスパンドメタル工	FRPメッシュ工	10 25
				樹脂ネット工		25
			当て板工	パネル系当て板工	繊維シート系当て板工	30 30
				補強セントル工	鋼アーチ支保工	50
			漏水等	漏水滞水	漏水	導水樋工
溝切り工		20				
止水注入工(ひび割れ注入工・充填工)		20				
面状漏水対策工(防水パネル工)		20				
水抜きボーリング・水抜き孔		50				

(注) 再対策年数については他機関の事例等を参考にして設定を行っており、今後のデータの蓄積に基づき、必要に応じて見直しを行うこととします。

長寿命化修繕計画において採用する代表的な工法： 坑門
 覆工

坑門

覆工

対象変状	トンネル工法	補修工法	対象変状	トンネル工法	補修工法
外力	在来・NATM	ひび割れ注入工	外力	在来	裏込め注入工(発泡ウレタン)
材質劣化	在来・NATM	断面修復工		NATM	繊維シート内面補強工
漏水	在来・NATM	止水注入工(ひび割れ充填工)	材質劣化	在来・NATM	FRPメッシュ工
			漏水	在来・NATM	導水樋工

5. 5 LCC計算

道路トンネルのLCC（ライフサイクルコスト）は、計画期間を設定した上で、補修費用、設備更新費用、維持管理費等のコストを計算することとします。

1) 計画期間の設定

トンネルは更新を考慮しない構造物であるため、寿命は永年として考え、LCC計算による経済性評価にあたっては、トンネルの減価償却施設の耐用年数や既存トンネルの平均経過年数等を勘案して、計画期間を50年とします。

2) LCC計算方法

トンネルのLCCは以下のように計算するものとします。

$$\text{LCC} = [\text{補修費用}] + [\text{設備更新費用}] + [\text{維持管理費用}]$$

補修費用：トンネル本体の各変状の対策工費用

設備更新費用：照明設備、非常用（防災）設備、換気設備の更新費用

維持管理費用：点検費

3) 補修費用の計算方法

補修費用の計算手順は以下に示すとおりとします。

- ① トンネル本体の各変状に対する健全度評価結果（判定区分）を踏まえ、劣化予測を行った上で、対策必要年数や施工年度を設定します。
- ② 各変状の対策工は、対策工法リストの代表的工法を選定します。
- ③ 対策工の数量を算定し、対策費用を算定します。
- ④ 対策工が必要となる年度に対策費用を計上します。
- ⑤ 対策工に応じた再対策年数が経過した年度に、再度同額の対策費用を計上します。

4) 設備更新費用の計算方法

設備更新費用の計算手順は以下に示すとおりとします。

- ① トンネルの建設年度を基点とし、各設備の更新年数や更新年度を設定します。
- ② 各設備の更新費用を算定します。
- ③ 更新が必要となる年度に更新費用を計上します。
- ④ 各設備の更新年数が経過した年度に、再度同額の更新費用を計上します。

5) 維持管理費用の計算方法

定期点検の頻度を5年に1回として、各トンネルの点検費用を計上します。

5. 6 優先順位の設定

トンネルの対策工を実施する優先順位は、トンネルの役割、機能、利用状況、重要性を考慮し設定するものとします。

優先順位は、以下により設定します。

- ① 緊急輸送道路の緊急重要度の順
第1次 → 第2次 → 指定外
- ② 緊急輸送道路の重要度が同じ場合は下表に示すポイントの大きい順

表 5-3 トンネル優先度ポイント

項 目	ポイントの考え方
バス路線	該 当 : 25 ポイント 非該当 : ポイントなし
迂回路（移動時間 30 分以内）	有 : ポイントなし 無 : 25 ポイント
交通量（平日・台／日）	10,000 台以上 : 50 ポイント 10,000 台未満 : (当該交通量 / 10,000 台) × 50 ポイント

- ③ ポイントが同じ場合はトンネル延長が長い順

[参考]

- ◆ 第1次緊急輸送道路 60 トンネル
- ◆ 第2次緊急輸送道路 45 トンネル
- ◆ 緊急輸送道路指定外 24 トンネル
- ◆ 交通量（平日・台／日）10,000 台以上 8 トンネル

6. 事業計画の策定

6. 1 予防保全の考え方

トンネルについても、これまでの対症的な維持管理（事後保全型）から、定期的な点検結果に基づく計画的な維持管理（予防保全型）に転換していくことで、中長期的な維持管理のトータルコストを縮減する必要があります。

1) 事後保全型と予防保全型

図 6-1 に事後保全型と予防保全型のイメージを示します。

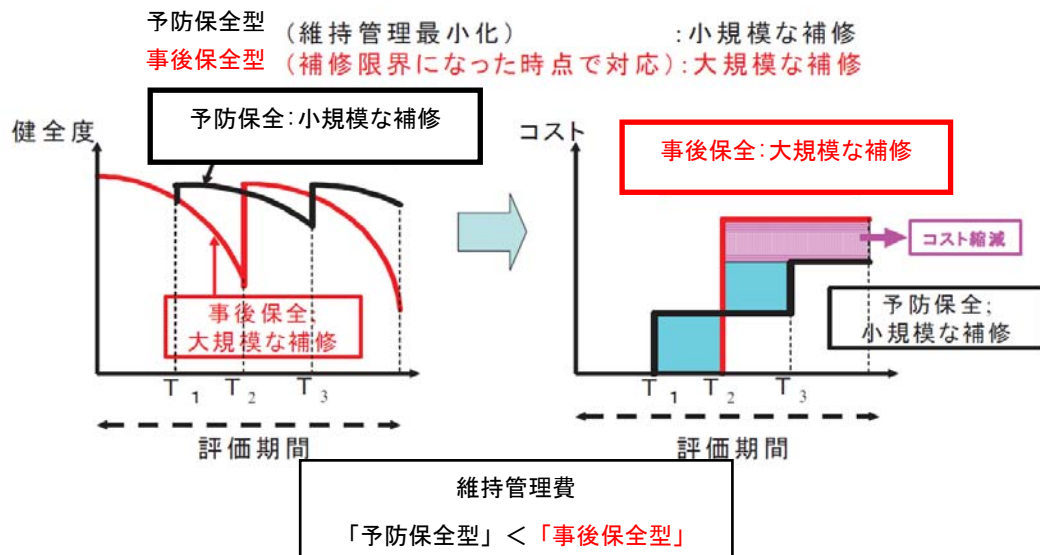


図 6-1 事後保全型と予防保全型のイメージ

トンネル本体工は外力、材料劣化、漏水等の原因により経年劣化が進行しますが、変状が顕著になってから対策を講ずると大規模な補修が必要となり、評価期間全体でみると対策費用が増大すること考えられます。このため、定期的に点検を行い、異常を早期に確認し計画的な修繕を行うことが重要となります。

2) トンネルにおける保全手法の考え方

トンネル本体工の劣化予測は非常に難しく、今後ともデータの蓄積による検証が必要と考えられます。このため、本計画では定期点検の結果を踏まえた健全度評価に基づき、健全度が著しく低下する前に補修や補強等の適切な措置を実施していく「予防保全型」維持管理を進めることで、施設の長寿命化を図るとともに中長期的な維持管理のトータルコストの縮減を図ります。

またトンネルでは、照明設備・非常用設備・換気設備等の附属物が多数設置されており、全体事業費に対するこれらの設備更新費の割合は約 80%と他の道路構造物と比較して高くなっていますが、これらについては、トンネル本体工の劣化特性とは異なるため、耐用年数に基づく設備更新サイクルを考慮する必要があります。

なお、本計画では「予防保全型」維持管理水準を以下の通り設定しています。

- ①トンネル本体工に係る補修・補強対策時期は、表 5-1 で示した各トンネル毎の判定区分毎の対策必要年数に基づき算定します。
- ②判定区分Ⅱ b（要監視段階）以上を確保することとします。
- ③附属物に係る設備更新費は減価償却施設の耐用年数に基づき算定します。
- ④維持管理費は定期点検に係る費用を計上します。
- ⑤トンネル本体工に係る補修費は表 5-2 により各変状に対応した代表的工法の費用を算定します。

6. 2 事業費の算定

- これまでの条件に基づき、道路トンネルの中長期（50年間）に必要となる事業費（補修費・設備更新費・維持管理費）を算定しました。
- この結果、今後50年間に必要となる事業費は約230億円でした。
- これによると、大規模な対策が必要となる時期（最大約18億円／年）が特定の年度に集中し、一時的に多額の予算が必要となります。

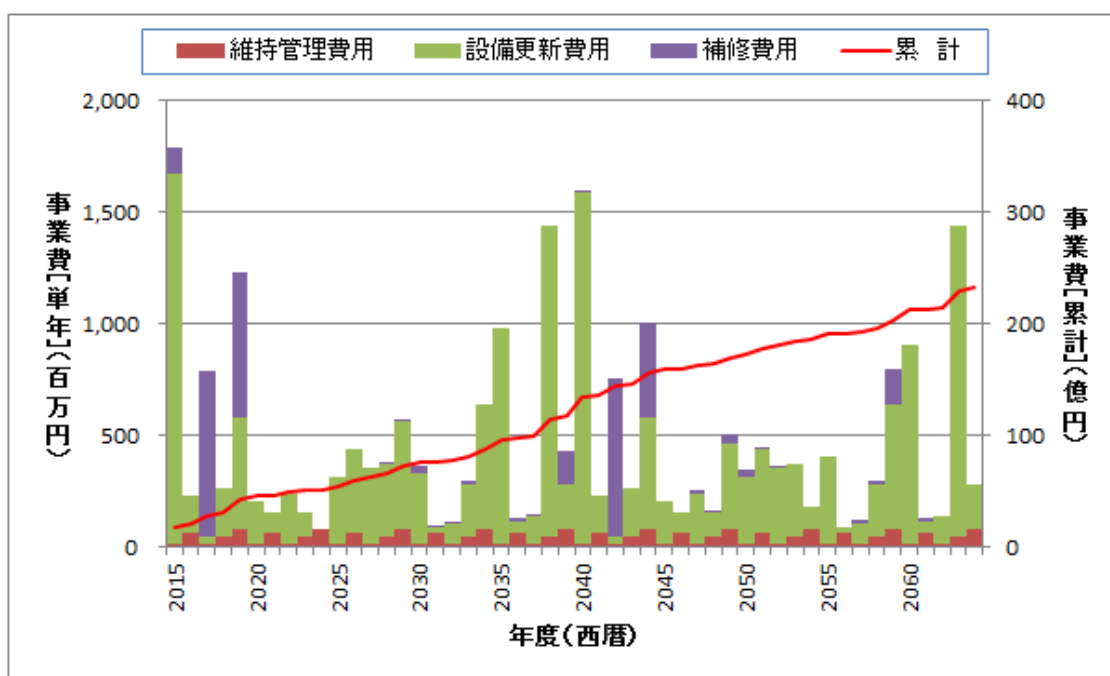


図 6-2 トンネルの維持管理予算の推移（平準化なし）

6. 3 中長期計画の策定

- 予算の平準化を行わず維持管理を進めた場合、大規模な補修・補強対策が一時期に集中するため（最大約 18 億円／年）、適切な維持管理ができなくなる恐れがあります。
- このため、6. 2 事業費の算定における必要予算の平準化を行いました。
- トンネルは更新を考慮しない構造物であることや現時点ではトンネル本体工の劣化予測手法が確立できていないことから、コスト削減額を考慮した L C C 算定は行っていません。
- 対策が早急に必要と判断されたトンネルに対しては、2017 年度（平成 29 年度）～2026 年度（38 年度）の 10 年間で補修対策を集中的に実施することで、老朽化が進行している施設の安全性や信頼性の向上を図ります。
- 設備更新（照明設備、非常用（防災）設備、換気設備の更新費用）については、各施設の耐用年数に基づき定期的に更新を行います。
- その後は、定期的に点検を行うことにより、新たに変状等が確認された場合は、必要に応じて詳細調査を行った上で効果的な対策を行うことで、トンネルの安全性を確保していきます。

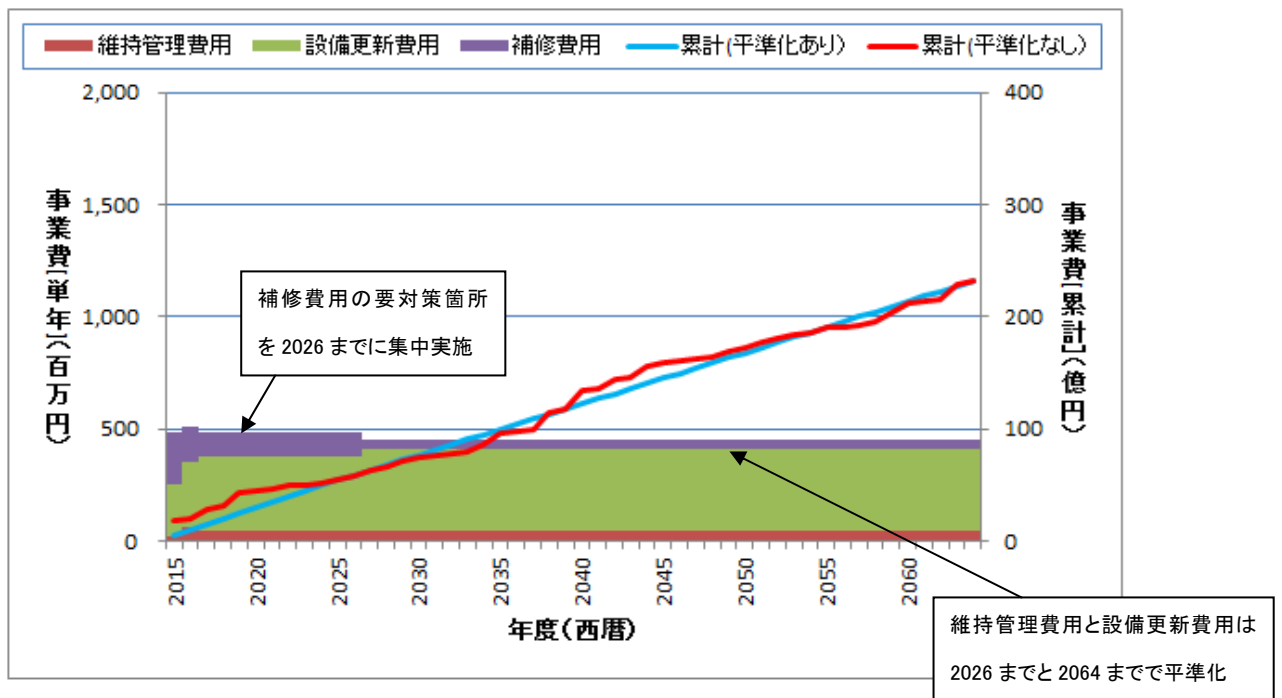


図 6-3 トンネルの維持管理予算の推移（平準化後）

（注）図 6-2 及び 6-3 に示している事業費は、当該計画策定時における条件に基づき算定されているものであり、今後の予算措置を裏付けるものではありません。

7. 今後の取り組み方針

7. 1 事後評価について

山口県トンネル長寿命化修繕計画の成果と有効性を評価していくため、PDCAマネジメントサイクル※1に基づき事後評価（フォローアップ）を行い、維持管理の最適化を目指すものとします。

※1：PDCA マネジメントサイクル：Plan（計画）→Do（実行）→Check（評価）→Action（改善）の4段階を繰り返すことによって計画を継続的に改善する手法のことをいいます。

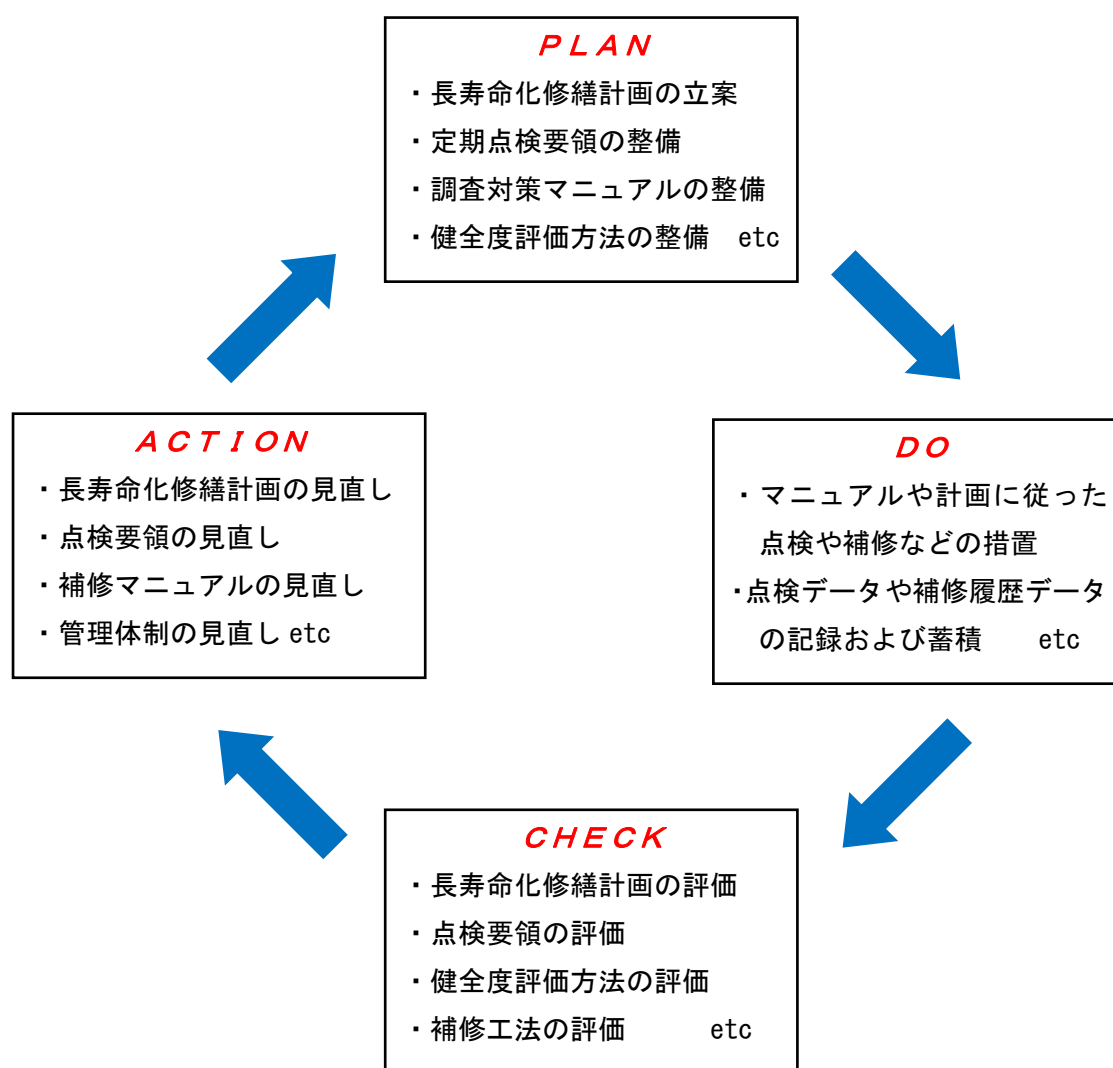


図 7-1 PDCAマネジメントサイクル

7. 2 トンネルデータベースについて

1) 概要

初回・定期点検の結果や修繕履歴等の情報を一元管理を可能し、トンネル長寿命化対策を推進するためのツールとして活用できるデータベースの構築を行います。これによりトンネルの適切な維持管理を進めていきます。



図 7-2 山口県トンネルデータベースシステム画面

2) 基本となる機能

- ①トンネルに関する情報（台帳・点検結果・修繕履歴等）を効率的かつ効果的に検索、抽出できるようにします。
- ②データを随時更新するとともに蓄積し、履歴情報の管理を可能にします。
- ③トンネル長寿命化修繕計画の更新や内容の見直しができるようにします。

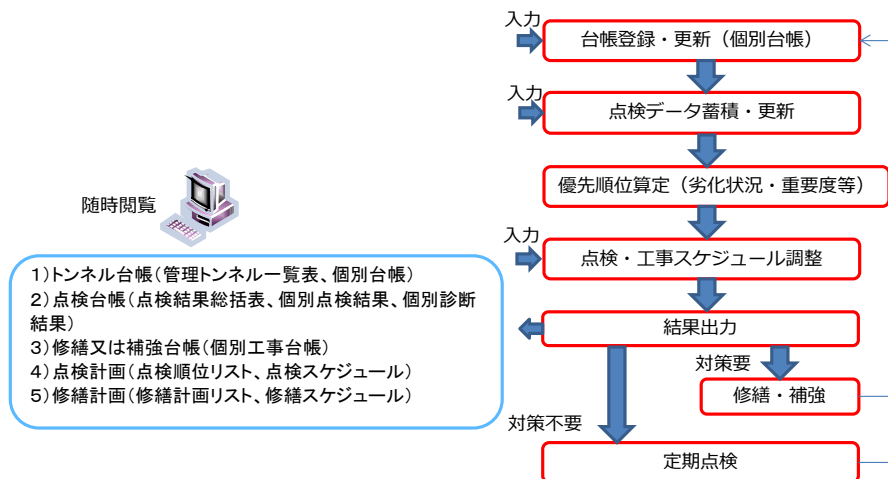


図 7-3 データベースの機能イメージ

3) トンネルデータベース更新の流れ

基本的な更新サイクルの考え方は以下の通りを基本とします。

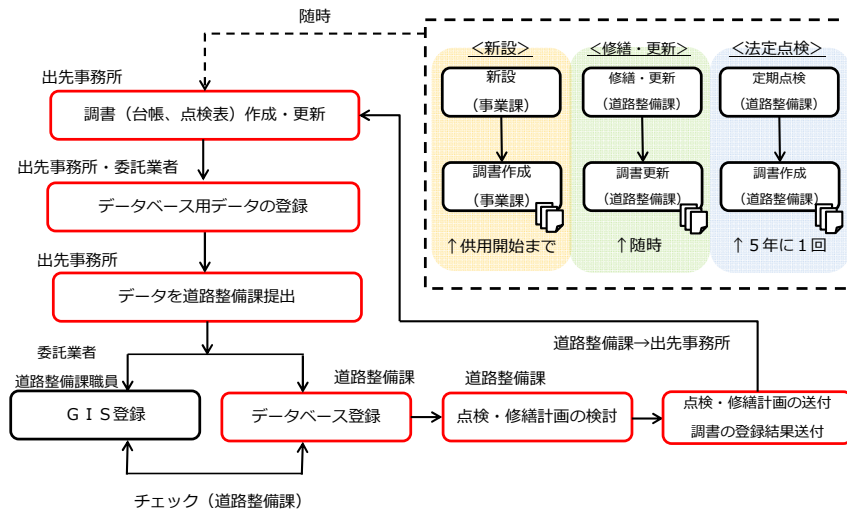


図 7-4 トンネルデータベース更新の流れ

7. 3 トンネル長寿命化修繕計画のスケジュール

「山口県土木建築部インフラマネジメント計画」に示されているトンネル施設の取組方針に基づき、今後のトンネル長寿命化修繕計画を進めていきます。スケジュールの概要は以下の通りです。

- 長寿命化修繕計画の策定→平成 27 年度に策定
- 計画策定後の点検→5 年に 1 回の定期点検・診断を随時実施
- 計画策定後の修繕・更新による老朽化対策→長寿命化修繕計画に基づく取組を実施
- 長寿命化修繕計画の見直し→定期点検・診断（2 巡目以降）が完了後或いは計画の見直しが必要と判断される場合

表 7-1 トンネル長寿命化修繕計画のスケジュール

項目		H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33以降
定期点検	初回	■	■	■	■	■	■	■	■							
	2 巡目									■	■	■	■	■		
	3 巡目以降														■	■
長寿命化修繕計画	策定									■						
	見直し（予定）										→					■
老朽化対策	修繕・更新	→														
												集中対策期間(H29～H38)				

なお、本計画は平成 19 年度から平成 26 年度までの点検結果により作成していますが、今後の定期点検や修繕・更新等の情報をデータベースに随時蓄積し管理していくことにより、必要に応じて計画の見直しを行うこととします。

8. 意見を聴取した学識経験者

NPO法人臨床トンネル工学研究所

中川 浩二 理事長

国立大学法人山口大学

進士 正人 工学部長

国立大学法人山口大学大学院創成科学研究科

吉武 勇 准教授

【参考資料】

- ・「道路トンネル定期点検要領」（平成26年6月 国土交通省道路局）
- ・「道路トンネル維持管理便覧（本体工編）」（平成27年6月 公益社団法人日本道路協会）
- ・「保全点検要領（構造物編）」（平成27年4月 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)
・西日本高速道路(株)）

【履歴】

平成28年3月 策定