

2. 課題の整理

2.1 トンネルの不具合発生状況

京都府が所管するNATMトンネルの覆工コンクリートにおいては、空洞に起因する不具合は発生していないものの、維持管理の段階で問題になる変状の中には施工の不具合に起因するものもあるので、それらを極力無くすような施工上の配慮が必要である。

2.1.1 不具合の発生状況

(1) 道路トンネルの覆工コンクリートにおいては、主として以下のような不具合や変状が発生している。特に、覆工コンクリートの充填不良・背面空洞は、覆工コンクリートの構造安定性が損なわれる他、覆工コンクリートのはく落のおそれがあるため重要な課題である。

- ・ 覆工コンクリートの充填不良・背面空洞
- ・ 施工目地部の周辺に発生するうき、はく離、剥落及びひび割れ
- ・ 側壁、アーチ部の縦断方向及び横断方向のひび割れ
- ・ 天端部の縦断方向のひび割れ
- ・ 表面の水はしり、砂すじ及び気泡
- ・ コンクリート打継目の打重ね線、色むら及びコールドジョイント

(2) 図2.1.1 に、トンネル覆工コンクリートに発生しやすい不具合や変状を模式的に示す。

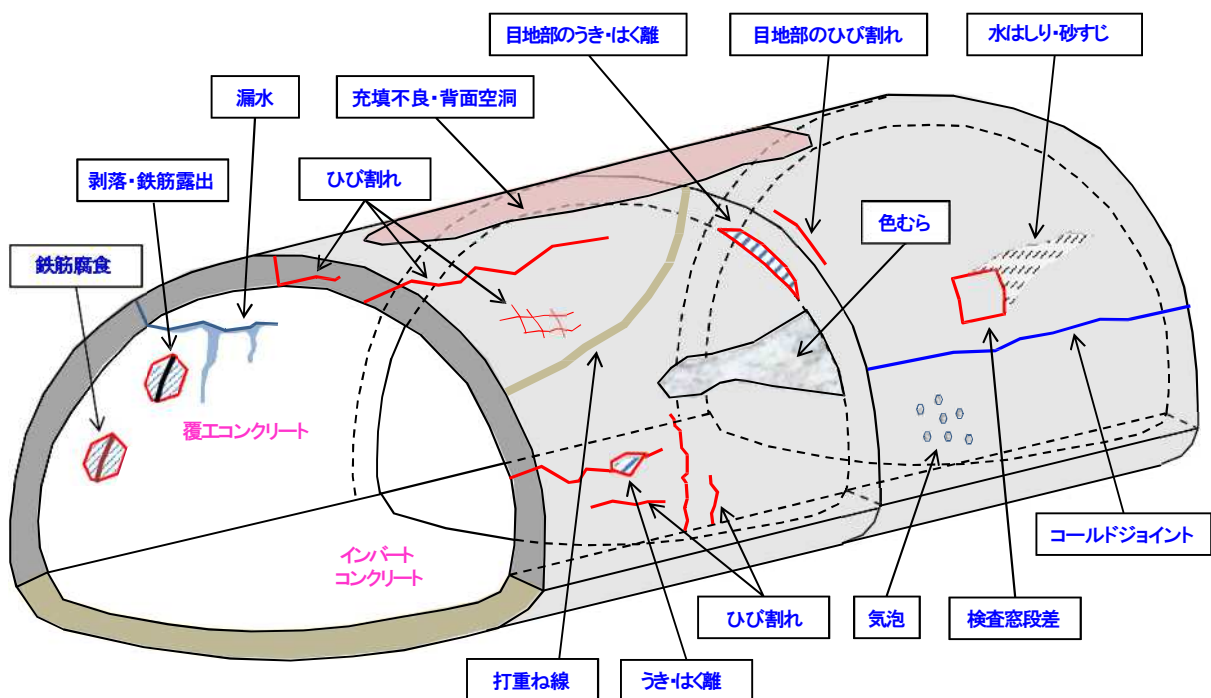


図2.1.1 トンネル覆工コンクリートに発生しやすい不具合や変状

出典：コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（トンネル覆工コンクリート編）
 国土交通省東北地方整備局 平成28年5月に加筆

(3) 本手引き（案）では、覆工コンクリート各部の名称を以下のとおり表記している。

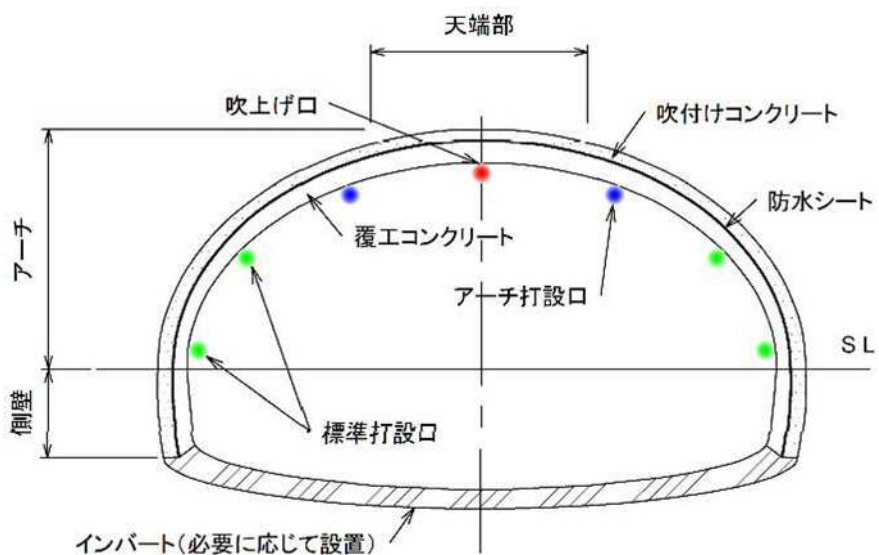


図2.1.2 覆工コンクリート各部の名称（横断方向）

出典：コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（トンネル覆工コンクリート編）
 国土交通省東北地方整備局 令和5年3月に加筆

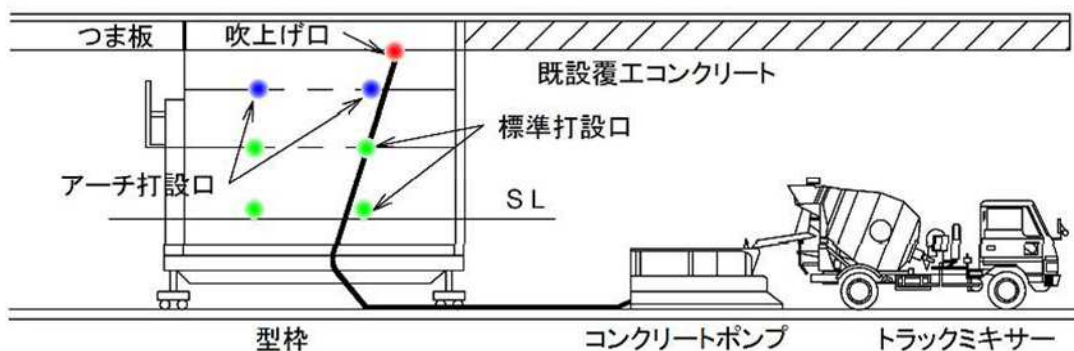


図2.1.3 覆工コンクリート各部の名称（縦断方向）

出典：コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（トンネル覆工コンクリート編）
 国土交通省東北地方整備局 令和5年3月

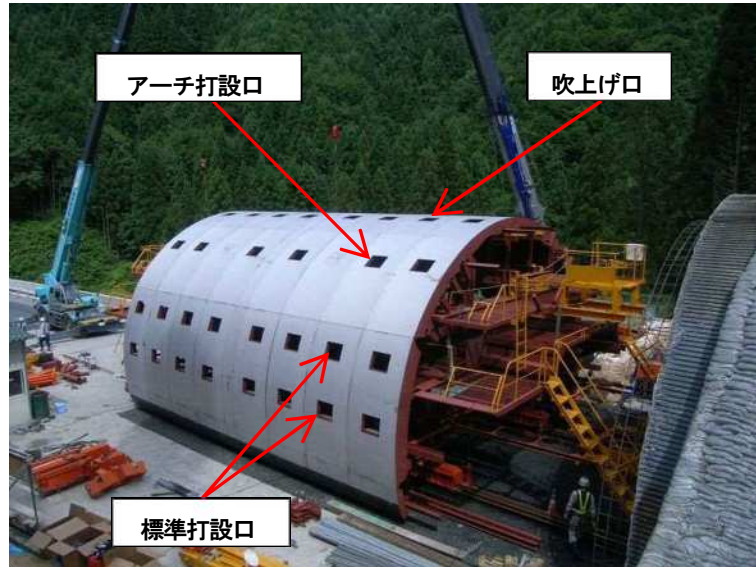


写真2.1.1 型枠（セントル）

出典：トンネル覆工コンクリートの品質確保の手引き（案）
国土交通省四国地方整備局 令和2年3月

2.1.2 インフラ長寿命化計画

(1) 施設の現況

- 1) 京都府が管理するトンネルは64本（令和7年3月31日時点）あり、そのうち、50年以上経過しているトンネルが13本（全体の22%）、20年後、50年以上経過するトンネルが31本（全体の53%）となる。

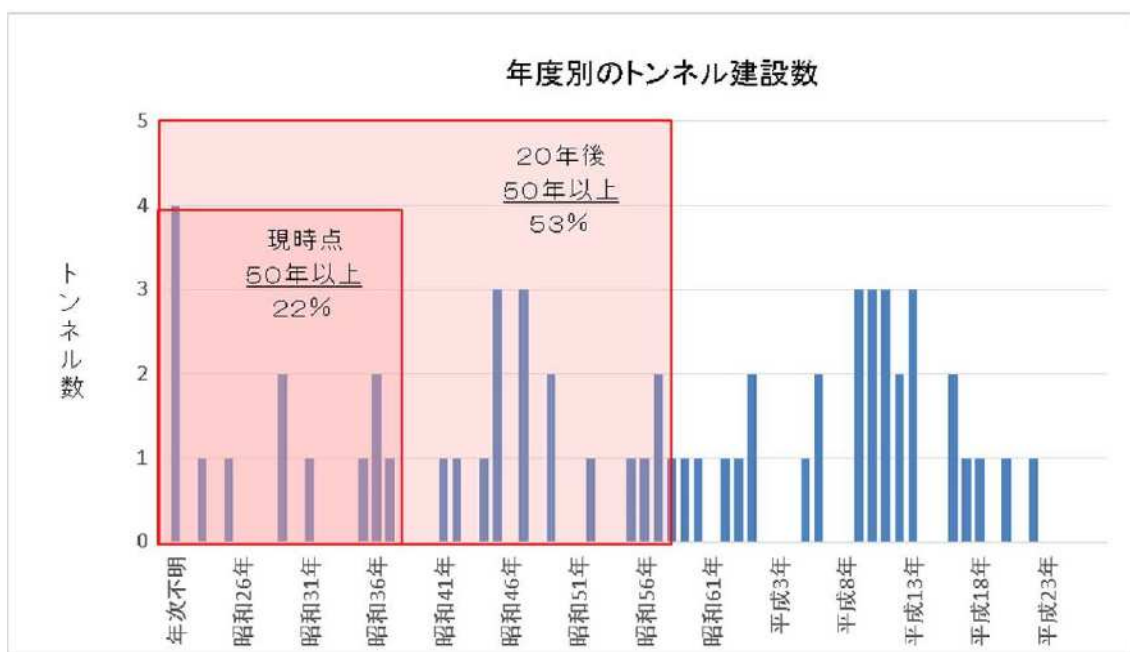


図2.1.4 建設年次別、京都府管理のトンネル数（京都府管内）

出典：京都府建設交通部インフラ長寿命化計画策定委員会 京都府 平成26年11月

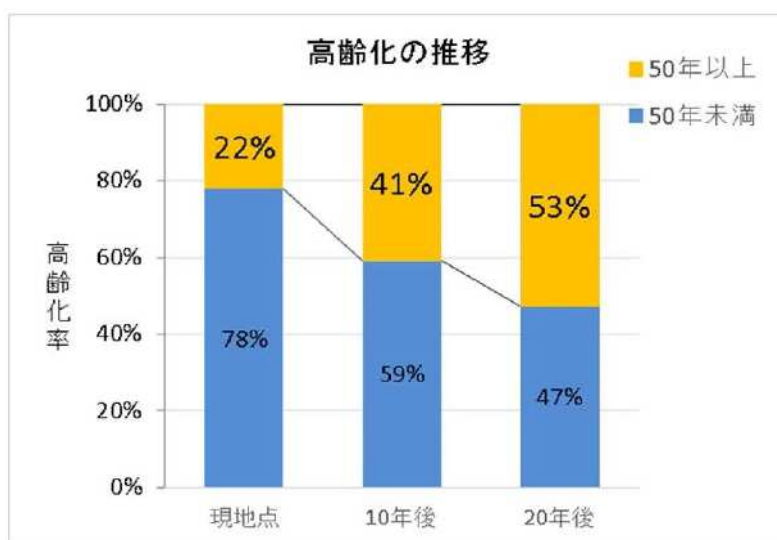


図2.1.5 建設から50年経過するトンネル割合推移（京都府内）

出典：京都府建設交通部インフラ長寿命化計画策定委員会 京都府 平成26年11月

- 2) 京都府におけるトンネル点検マニュアル（京都府）の点検結果判定区分を以下に示す。全59トンネルのうち「B：概ね健全」が21本（全体の36%）であり、「A：劣化進行はない、若しくは軽微」が35本（全体の59%）であり、「AA：補修が必要（現在補修中）」が3本（全体の5%）である。

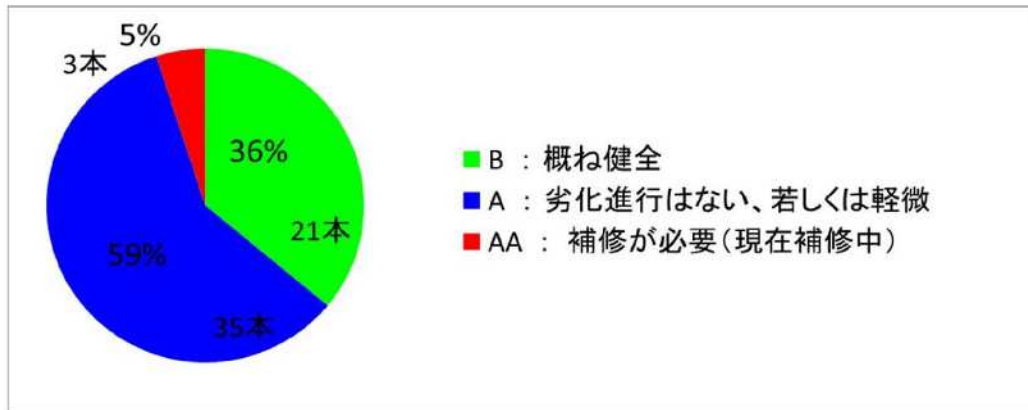


図2.1.6 トンネル点検結果判定区分の割合（京都府内）

出典：京都府建設交通部インフラ長寿命化計画策定委員会 京都府 平成26年11月

- 3) 京都府管理の主なNATMで施工された代表的なトンネルとして、2001年に完成した府道談夜久野線ゆずりトンネル（L=455m）がある。



写真 2.1.2 府道談夜久野線ゆずりトンネル（L=455m）

(2) 点検・補修等の実施状況

1) 計画

- ・ H17：「京都の道・長寿プラン」策定
→長寿命化、維持管理コストの縮減のため、道路施設の維持管理にアセットマネジメントの考え方を導入
- ・ H17：「京都府道路施設維持管理基本計画」策定
→計画的な維持管理を実施するため、施設や地域の特性を考慮した維持管理の方針を策定
- ・ H18：「京都府道路施設維持管理実施計画」策定（H20改訂）
→劣化予測が困難な施設であるため、定期的な点検により、致命的な損傷となる前に速やかに補修することとし、そのための点検方法や頻度を設定

2) 点検

- ・ H18：「京都府トンネル点検マニュアル」策定（H20改訂）
→日常点検：道路パトロールなどにより主に遠望目視による点検を実施
→定期点検（職員）：年1回、徒歩による目視点検と可能な範囲で詳細点検を実施
→定期点検（委託）：建設年次や施工方法に基づき5～10年に1回、近接目視。打音検査等による詳細点検を実施
- ・ H26.6：「道路トンネル定期点検要領」（国土交通省）
→道路法改正等を踏まえ、H14.4定期点検要領が見直されたもの

[改正内容]5年に1回の定期点検、健全性の判定区分

表2.1.1 点検の状況

	H21	H22	H23	H24	H25	(本) 平均
職員点検	44	47	50	51	39	46
委託点検	5	4	5	5(15)	4(39)	5(11)
計	49	51	55	56(15)	43(39)	51(11)

() 内数値は付属施設点検を実施したトンネル数

出典：京都府建設交通部インフラ長寿命化計画策定委員会 京都府 平成26年11月

3) 補修

- ・定期点検結果の判定区分により緊急性を有するものから優先的に補修箇所を選定

4) データベース

- ・H21：「道路施設管理システム」を構築し、トンネルをデータベース化

→台帳、GIS位置情報、点検履歴、点検データ、補修履歴等データベース化しデータ蓄積実施中

(3) 維持管理に係る課題

1) 適切な点検・補修による利用者被害の未然防止

- ・トンネルは覆工の剥落や付属施設の落下等により、甚大な利用者被害や長期の交通規制が懸念される施設であることから、きめ細かな点検により適切な補修を実施するメンテナンスサイクルの確立が必要と考えられる。

2) トンネル本体のメンテナンス

- ・トンネル本体は劣化予測が困難であり、災害等により、突発的に大規模な補修が必要となる恐れがあることから、弾力的な予算確保と長期的なコスト算定が大きな課題である。
- ・変状の適切な判定、点検結果の適切な評価、最適な補修工法の選定等、専門的なトンネル技術の向上が課題である。

3) トンネル付属施設のメンテナンス

- ・中央自動車道笹子トンネルの天井版崩落事故を教訓に、照明設備・換気設備・非常用通報設備などの付属施設についても点検～補修・更新のメンテナンスサイクルの確立が必要と考えられる。
- ・機械、電気設備等付属施設は、トンネル本体と比較して老朽化の進展が早く、更新にも多大な費用が必要となるため、予算の安定的な確保が課題である。

4) データベースの機能強化

- ・適切な補修時期を見極めるため、点検データや補修履歴等の着実な更新と蓄積が必要と考えられる。

(4) 取組の方向性

1) 個別施設計画（京都府道路施設維持管理実施計画の改定）の策定

- ・個々のトンネル状況に応じた点検方針、修繕、更新等の対策内容、対策の優先順位の考え方、対策費用の概算等、個別施設計画を策定し、点検～補修～履歴蓄積のメンテナンスサイクルを構築する。

2) データベースシステムの強化

- ・道路施設管理システムを強化し、経年変化による変状等が確実に把握できるよう、点検データや補修履歴を着実に蓄積する。

2.1.3 トンネルのメンテナンスの基本的な考え方

(1) トンネルのメンテナンス

1) 「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について（答申）」（平成25年12月）において、現在の技術や仕組みによる維持管理状況が概ね継続する場合を前提として、今後10年後、20年後の維持管理・更新費の推計が試算されており、その結果によると、2013年の維持管理・更新費は約3.6兆円、10年後は約4.3～5.1兆円、20年後は約4.6～5.5兆円程度になると推定している。

2) 厳しい財政状況の中で効果的・効率的な維持管理を進めるため、トンネルの点検については、下記の定期点検要領等に基づき、5年に1度、近接目視による点検を実施し、結果については、4段階で区分する。

①定期点検要領等

・道路トンネル定期点検要領（国土交通省 道路局 国道・技術課 R6.9）

②道路トンネル毎の健全性の診断

表2.1.2 健全性の診断区分

区 分		状 態
I	健全	道路トンネルの機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路トンネル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	道路トンネル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	道路トンネル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。

出典：道路トンネル定期点検要領 国土交通省 令和6年9月

※ただし、施設形状等により、上記点検要領によらない場合がある

(2) トンネル定期点検（5年に1回）

1) トンネル点検は、以下の方法でトンネル本体工と附属物の固定状態を確認する。

- ・近接目視：点検対象に点検員が近づいて状態を確認
- ・打音検査：コンクリートや取付金具の個所をハンマーで打診し、剥落等の危険性を把握
- ・触診：コンクリートや取付金具の個所を点検員が手で触れて、変状の程度や対策の要否を確認

<トンネル点検対象>

※トンネル附属物は取付状態の確認を行う

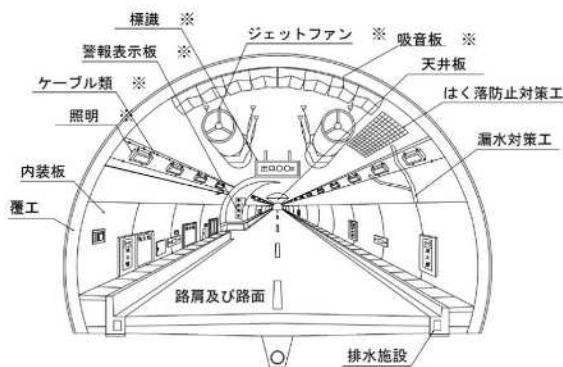


図2.1.7 トンネル点検の対象

出典：道路トンネル定期点検要領 国土交通省 令和6年9月

2) 点検時に変状が見つかった場合、適切な措置を施すとともに必要に応じてトンネルの通行規制や安全性を把握するための調査、応急対策を講じる。点検の結果は、点検調書に記録し、トンネル維持管理の基礎資料として活用する。

3) 点検支援技術による新技術を活用し、省力化・効率化を図ることが望ましい。

(3) 点検結果の診断





1) 定期点検では、道路トンネルの変状の状況から、変状毎に対策区分による判定を行う。

表 2.1.3 対策区分

区分	定 義
I	措置を必要としない状態。
II	II b 監視 ^{*1} を必要とする状態。
	II a 重点的な監視 ^{*2} を行い、予防保全の観点から計画的な対策を必要とする状態。
III	早期に措置を講じる必要がある状態。
IV ^{*3}	緊急に対策を講じる必要がある状態。

出典：道路トンネル定期点検要領 国土交通省 令和6年9月

表 2.1.4 対策区分判定例（ひび割れの判定抜粋）

対策区分		変状写真	変状概要
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
	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
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、早期に措置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

出典：道路トンネル定期点検要領 国土交通省 令和6年9月

(4) 損傷事例

【トンネル】 (所管課: 道路管理課)

資料

本体損傷

ひびわれ




覆工のひびわれ

目地部の剝離




坑門の部ひびわれ

剝落防止工事
国道173号 曹木トンネル
(京丹波町八田地区)

漏水・滞水




漏水の流下

漏水対策工
国道178号 栗田トンネル
(宮津市上司～波路地区)




漏水の滞水

対策事例

覆工空洞



対策事例

空隙部モルタル充填工
国道173号 曹木トンネル
(京丹波町八田地区)

附属施設損傷

排水施設損傷




集水網の破損

集水網の閉塞

設備関係






照明器具の腐食

非常電話の破損

ジェットファン老化による更新

対策事例

ジェットファン交換工
国道178号 宮津トンネル
(宮津市杉東～須津地区)

路面損傷



コンクリート舗装路面の段差

出典：京都府建設交通部インフラ長寿命化計画策定委員会 京都府 平成26年11月

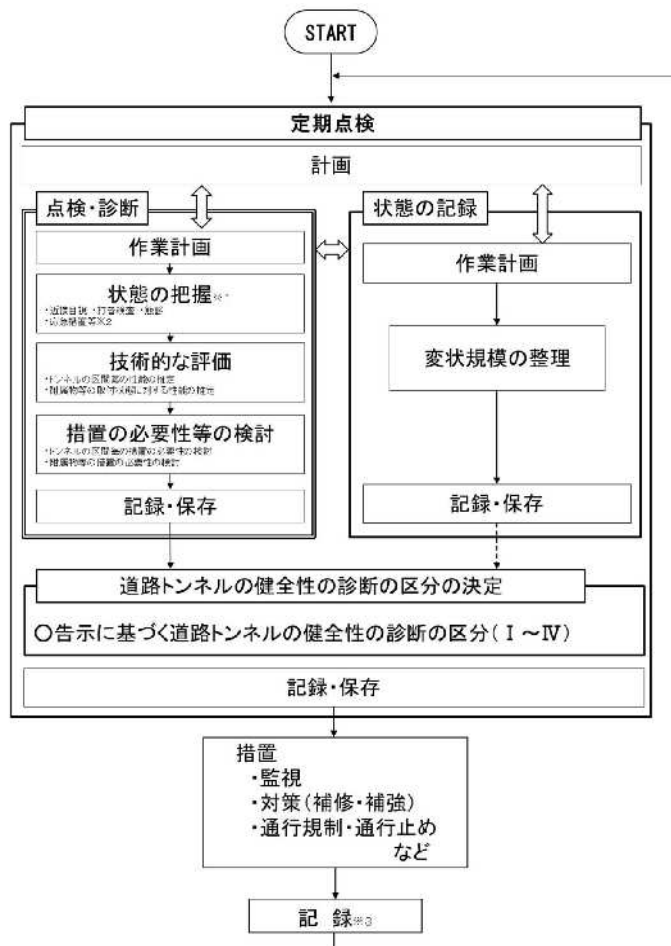
図2.1.8 損傷事例

2.2 定期点検時の課題

打音検査においては、覆工コンクリートの厚さが十分にある場合、内部に空洞が存在していても濁音や異音が発生しにくい。

2.2.1 定期点検の目的

- (1) 定期点検は、次回の定期点検までの措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を得るために、予め定める頻度で、近接目視を基本として道路トンネルの最新の状態の把握を行い、かつ、道路トンネル毎の健全性の診断の区分の決定をする一連の行為をいう。
- (2) 道路トンネルの定期点検は、メンテナンスサイクルの基本的なフロー（図2.2.1）により点検を実施している。



※1 トンネル内の附属物等の定期点検は、附属物（標識、照明施設等）の定期点検に適用する要領により行う。ただし、これとは別に、附属物等の取付状態については、トンネルの定期点検時にも状態の把握を行うことを基本とする。

※2 通行規制・通行止め等が必要となる場合には、道路管理者の判断の下で行う。

※3 記録

措置の実施内容及び措置後の「対策区分」や「道路トンネル毎の健全性の診断の区分」の再評価の結果については、定期点検結果の記録とは別に記録する。

図2.2.1 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

出典：道路トンネル定期点検要領 国土交通省 令和6年9月

2.2.2 定期点検時の異音・濁音

- (1) 定期点検は、建設後1年から2年の間に初回を行い、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。点検方法としては、電磁波探査等の詳細調査は実施せず、基本的に近接目視にて覆工表面の変状を点検ハンマーによる打音調査により判定するものである。
- (2) トンネルの維持管理において、打音検査によるうきが確認（濁音・異音）されたあとの対策として、はつり落とし工があるが、NATMの場合で5cm、矢板工法の場合で10cmとしているため、一般的なうきは、5～10cm程度以下の範囲となる。そのため10cm程度以上の覆工厚となる場合には、打音検査で異音が発生しにくい。
- (3) ゆずりトンネルにおいては、これまでの定期点検の結果でも打音検査では覆工厚の薄い箇所や空洞分布を把握できなかった。

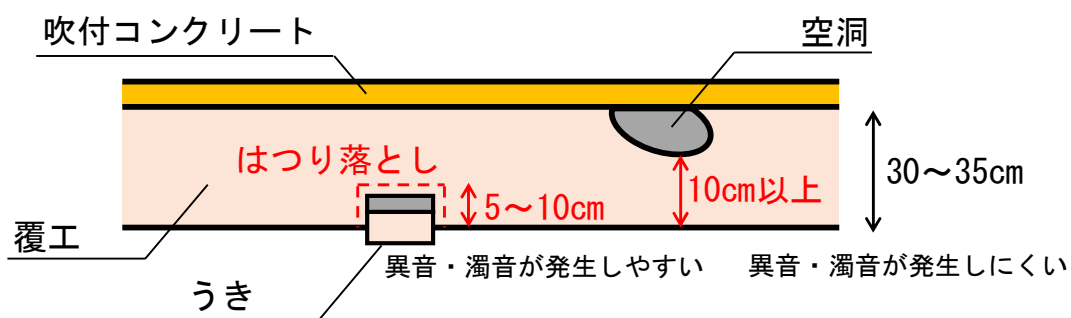


図2.2.2 空洞が把握困難である模式図



トンネル点検車による点検



打音検査



電磁波探査測定状況の例



地中レーダー装置外観

図 2. 2. 3 定期点検

2.3 調査、設計及び施工時の課題

各種基準における具体的な調査手法やその評価、これに基づく設計について、各段階での調査の重複防止や対策工実施に向けた考え方の統一を図ることで、維持管理の効率化、コスト縮減及び通行止め期間の最小限化を図る。

- (1) 道路トンネルの供用期間が長期化する中、覆工コンクリートの材質劣化や背面空洞に起因するコンクリート片の剥落、さらには突発的な崩壊への対応が急務となっている。トンネルの維持管理は、「道路トンネル維持管理便覧」及び「道路トンネル変状対策工マニュアル（案）」、「道路トンネル定期点検要領（案）」等に沿って実施されてきた。これらのマニュアルは、道路トンネルの点検・調査、補修、補強対策設計、施工の流れのなかで、その方向性や考え方を示したものであるが、具体的な調査手法やその評価、これに基づく設計は各担当者の判断に委ねられているのが現状である。
- (2) このため、京都府として、点検、調査、補修・補強対策設計、施工の流れのなかで、各段階での調査の重複や対策工の実施に向けた考え方等の統一性を図ることで、維持管理の効率化やコスト縮減、通行止め期間の最小限化を図ることとする。