

# 島根県道路トンネル定期点検要領

令和7年10月

島根県 土木部 道路維持課

# 目 次

1. 適用範囲 .....	1
2. 用語の定義 .....	2
3. 定期点検の目的 .....	4
4. 定期点検の頻度 .....	6
5. 定期点検の体制 .....	7
6. 状態の把握 .....	8
7. 変状状況の把握 .....	14
8. 対策区分の判定 .....	35
9. 健全性の診断の区分の決定 .....	38
9.1 変状等の健全性の診断 .....	38
9.2 トンネル毎の健全性の診断 .....	40
10. 措置 .....	45
11. 記録 .....	47
別紙1-1 提出様式 .....	48
付録1-1 国が管理する道路トンネルの対策区分及び異常判定区分の決定例 .....	56
付録1-2 国土交通省提出様式(道路トンネル)の記録の手引き .....	82
参考資料 .....	88
1. 走行型計測(画像計測) .....	88
1.1 走行型計測(画像計測) .....	88
1.2 ひび割れ定量評価 .....	90
2. 詳細調査 .....	92
2.1 詳細調査の概要 .....	92
2.2 調査項目(概論) .....	93
2.3 調査項目 .....	94
3. 臨時点検 .....	102
4. 外力作用の評価 .....	103
4.1 概要 .....	103
4.2 外力作用時の変状パターン .....	103
4.3 外力性変状, 進行性ひび割れの確認時の対処 .....	112
4.4 覆工変形モード(覆工凹凸解析)の活用 .....	114
5. 対策工 .....	118

## 1. 適用範囲

本要領は、道路法(昭和27年法律第180号)第2条第1項に規定する道路におけるトンネル(以下「道路トンネル」という。)のうち、島根県が管理する道路トンネルの定期点検に適用する。

### 【解説】

本要領は、島根県が管理する道路トンネルの定期点検に適用する。

なお、本要領は、トンネル本体工及びトンネル内に設置されている附属物を取り付けるための金属類や、アンカー等を対象とする道路トンネルの定期点検に関して標準的な内容や現時点の知見で予見できる注意事項等について規定したものである。一方、道路トンネルの状況は、道路トンネルの構造や地質条件等によって千差万別である。このため、実際の点検にあたっては、本要領に基づき、個々の道路トンネルの状況に応じて定期点検の目的が達成されるよう、十分な検討を行う必要がある。

本要領は、矢板工法や NATM によって建設されたトンネルの維持管理に適用する。開削工法によって建設されたトンネルは、使用されている材料や部材の考え方が山岳工法で建設されたトンネルとは異なるため、「シェッド・大型カルバート等定期点検要領 島根県土木部道路維持課 令和7年10月」を使用し、点検を行うものとする。

- ・ 開削工法によって建設されたトンネル  
国道184号(宇比多岐トンネル), 国道314号(稚児ヶ池トンネル)  
国道431号(桃山トンネル), 県道隠岐空港線(隠岐空港トンネル)  
県道浜乃木湯町線(仙石トンネル)

さらに、道路トンネルの管理者以外が管理する占有物件については、別途、占有事業者へ適時適切な点検等の実施について協力を求め、その内容を文書等に反映するなど、安全の向上に努めるものとする。

## 2. 用語の定義

本要領では次のように用語を定義する。

### (1) 定期点検

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(点検<sup>※1</sup>)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<sup>※2</sup>をすることの一連の行為をいう。

#### ※1 点検

トンネル本体工の変状、附属物等の取付状態の異常について近接目視を基本として状態の把握を行うことをいう。必要に応じて実施する近接目視に加えた打音検査、触診、その他の非破壊検査等による状態の把握や、応急措置<sup>※3</sup>を含む。

#### ※2 健全性の診断の区分の決定

次回定期点検までの措置の必要性についての所見をもとに、道路管理者が法令に規定されたとおり分類することをいう。

#### ※3 応急措置

道路トンネルの状態の把握を行うときに、道路利用者や第三者被害の可能性のあるうき・はく離部などを除去、附属物等の取付状態の改善等を行うことをいう。

### (2) 措置

定期点検結果や必要に応じて措置の検討のために追加で実施する各種の調査結果に基づいて、道路管理者が、道路トンネルの機能や耐久性等の維持や回復を目的に、監視、対策を行うことをいう。具体的には、定期的あるいは常時の監視、対策(補修・補強)などが例として挙げられる。また、緊急に対策を講じることができない場合などの対応として、通行規制・通行止めなどがある。

### (3) 対策

道路トンネルの機能や耐久性等を維持又は回復することを目的として、補修や補強を行うことをいう。対策には、短期的に道路トンネルの機能を維持することを目的とした応急対策<sup>※4</sup>と中～長期的に道路トンネルの機能を回復・維持することを目的とした本対策<sup>※5</sup>がある。

#### ※4 応急対策

定期点検等で、道路利用者や第三者被害が生じる可能性が高い変状が確認された場合、調査や本対策を実施するまでの期間に限定し、短期的に道路トンネルの機能を維持することを目的として適用する対策をいう。

#### ※5 本対策

中～長期的に道路トンネルの機能を回復・維持することを目的として適用する対策をいう。

### (4) 監視

対策を実施するまでの期間、道路トンネルの管理への活用を予定し、予め決めた箇所の挙動等を追跡的に把握することをいう。

### (5) 記録

定期点検の結果、措置の検討などのために追加で行った各種調査の結果、措置の結果について、以後の維持管理のために記録することをいう。

### (6) トンネル本体工

覆工、坑門、内装板、天井板、路面、路肩、排水施設及び補修・補強材をいう。

(7) 取付部材

天井板や内装板、トンネル内附属物<sup>※6</sup>を取り付けるための金具類をいい、吊り金具、ターンバックル、固定金具、アンカーボルト・ナット、継手等をいう。

※6 附属物

トンネル付属施設<sup>※7</sup>、道路法第2条2項で規定される道路の附属物(標識、情報板、吸音板等)等、トンネル内や坑門に設置されるものの総称をいう。なお、取付状態に対する異常判定を行う際に、トンネル本体工に属している内装板や天井板の取付部材を含む場合は附属物等と称する。

※7 付属施設

道路構造令第34条に示されるトンネルに付属する換気施設(ジェットファン含む)、照明施設及び非常用施設をいう。また、上記付属施設を運用するために必要な関連施設、ケーブル類等を含めるものとする。

(8) 点検員

点検員は、点検作業に臨場して点検作業班の統括及び安全管理を行う。また、利用者被害の可能性がある変状・異常を把握し、応急措置や応急対策、調査の必要性等を判定する。

(9) 点検補助員

点検補助員は、点検員の指示により変状・異常箇所の状況を具体的に記録するとともに、写真撮影を行う。

(10) 調査技術者

調査技術者は、点検結果から調査が必要と判断された場合、変状の原因、進行を推定し、適切な調査計画を立案する。また、調査結果から利用者被害の発生の可能性や本対策の方針、実施時期及び健全性の診断結果を提案する。

(11) 変状等

道路トンネル内に発生した変状<sup>※8</sup>と異常<sup>※9</sup>の総称をいう。

※8 変状

トンネル本体工の覆工、坑門、天井板本体等に発生した不具合の総称をいう。

※9 異常

トンネル内附属物等の取付状態に発生した不具合の総称をいう。

### 3. 定期点検の目的

- (1) 定期点検は、道路利用者や第三者への被害の回避、通行止めなど長期にわたる機能不全の回避、長寿命化への時宜を得た対応などのトンネルに係る維持管理を適切に行うため、道路トンネルの最新の状態を把握するとともに、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ことを目的とする。
- (2) 道路トンネル毎の健全性の診断の区分の決定を行うために、トンネルの状態を把握し、構造物としての安全性や安定の観点等の技術的な評価を行う。
- (3) 定期点検では「点検・診断」に加えて、将来の維持管理の参考となり、かつ将来に向けた維持管理計画の策定や見直しに用いるため、状態の記録を行う。

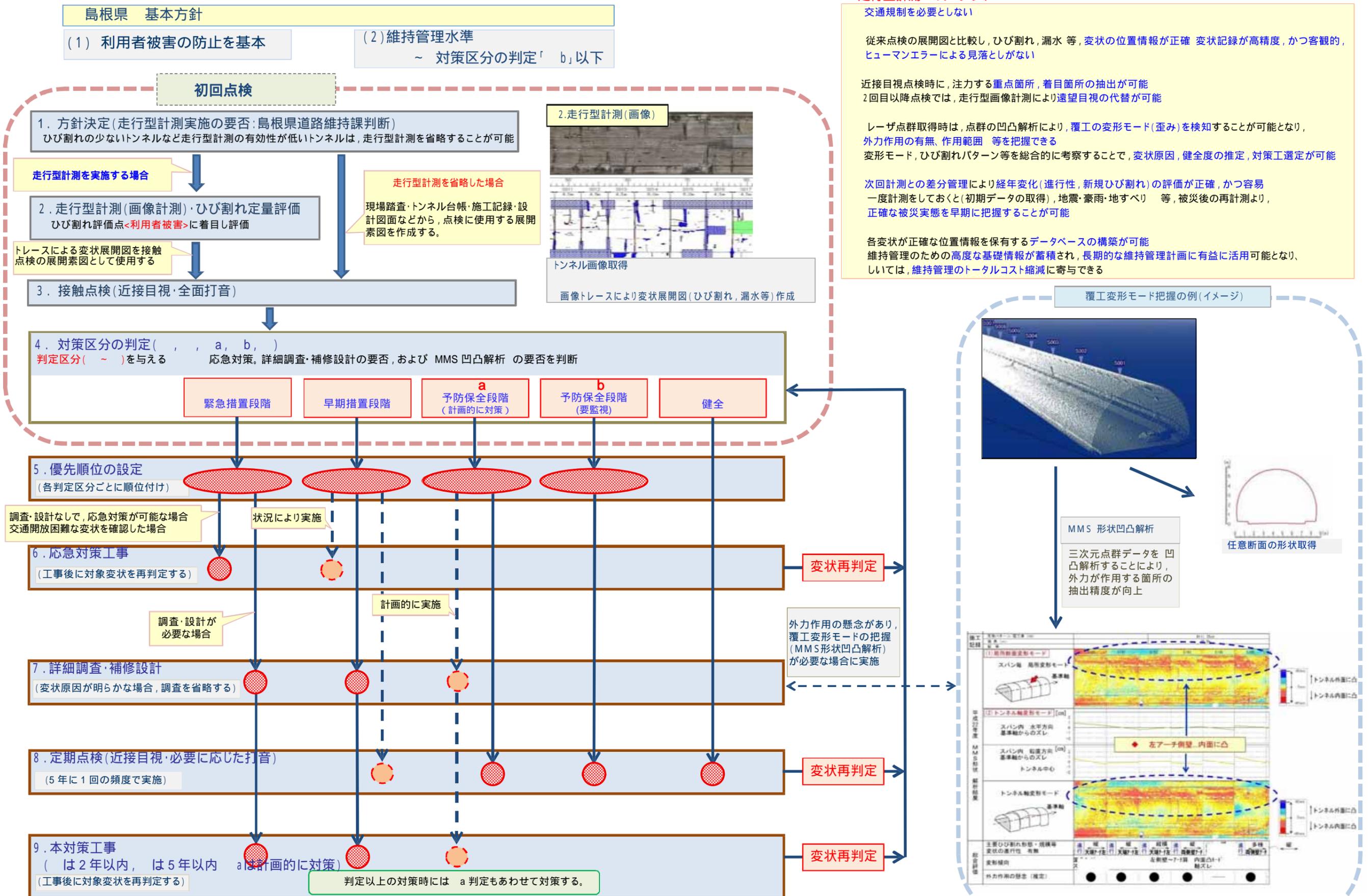
#### 【解説】

道路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)を定められた期間で確実に実施することが重要である。

定期点検は、メンテナンスサイクルのうち、巡回等の日常的な維持管理や事故、災害時の緊急的な維持管理と区別し、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す。

島根県における道路トンネルの定期点検を対象とした基本的なフローを図-解 3.1 に示す。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P4



**走行型計測 のメリット**

交通規制を必要としない

従来点検の展開図と比較し、ひび割れ、漏水等、変状の位置情報が正確 変状記録が高精度、かつ客観的、ヒューマンエラーによる見落としがない

近接目視点検時に、注力する重点箇所、着目箇所の抽出が可能  
2回目以降点検では、走行型画像計測により遠望目視の代替が可能

レーザ点群取得時は、点群の凹凸解析により、覆工の変形モード(歪み)を検知することが可能となり、外力作用の有無、作用範囲等を把握できる  
変形モード、ひび割れパターン等を総合的に考察することで、変状原因、健全度の推定、対策工選定が可能

次回計測との差分管理により経年変化(進行性、新規ひび割れ)の評価が正確、かつ容易  
一度計測をしておく(初期データの取得)、地震・豪雨・地すべり等、被災後の再計測より、正確な被災実態を早期に把握することが可能

各変状が正確な位置情報を保有するデータベースの構築が可能  
維持管理のための高度な基礎情報が蓄積され、長期的な維持管理計画に有益に活用可能となり、しいては、維持管理のトータルコスト縮減に寄与できる

図-解 3.1 島根県における定期点検を対象とした基本的なフロー

#### 4. 定期点検の頻度

点検間隔は5年に1回の頻度を基本とする。なお、必要に応じて5年より短い間隔で行うことも検討すること。

##### 【解説】

##### 1) トンネル本体工

定期点検は、トンネルの最新の状態を把握するとともに、次回の定期点検までに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行う。そのため、5年に1回の頻度で実施することを基本とする。

また、初回の定期点検は、トンネル建設後1年から2年の間に実施するのが望ましい。ここでいう建設後とは、覆工打設完了後のことを指す。これは、初期の段階に発生したトンネルの変状・異常を正確に把握した記録が、以後の維持管理に有効な資料となるためである。

なお、トンネルの機能を良好に保つため、定期点検に加え、日常的なトンネルの状態の把握や、事故や災害等によるトンネルの変状・異常の把握等を適宜実施することが望ましい。

##### 2) 附属物

定期点検では、トンネル本体工と同時にトンネル内の附属物の取付状態を確認する。

この場合は別途示されている「附属物(標識, 照明施設等)点検要領 令和6年9月国土交通省 道路局」を参考とする。

出典:道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月)P1

## 5. 定期点検の体制

定期点検は、健全性の診断の区分を適切に行うために必要な知識と技能を有する者による体制で行うこと。

### 【解説】

トンネルの変状・異常を確実に抽出し、利用者被害を防止するための応急措置及び調査の必要性等を判断する点検員は、トンネルに関する一定の知識及び技能を有することが望ましい。

また、点検結果に基づき変状の要因、進行性を把握するための調査を計画、実施し、変状等の健全性の診断を行い、本対策の必要性及びその緊急性の判定を行うとともに、覆工スパン毎の健全性を診断し、その結果を総合してトンネル毎の健全性の診断を行う調査技術者は、トンネルの変状に関する必要な知識及び技能を有することが望ましい。

たとえば、以下のいずれかの要件に該当する者であるかどうかは、必要な知識と技能を有するかどうかの評価の観点として重要である。

- ・ 道路トンネルに関する相応の資格または相当の実務経験を有する
- ・ 道路トンネルの設計、施工、管理に関する相当の専門知識を有する
- ・ 道路トンネルの定期点検に関する相当の技術と実務経験を有する

### (1) 必要な資格要件

点検員は、以下に示すいずれかの実務経験を有する者とする。

- 1) 大学卒業後、5年以上のトンネルに関する実務経験を有するもの
- 2) 短大・高専卒業後、8年以上のトンネルに関する実務経験を有するもの
- 3) 高校卒業後、11年以上のトンネルに関する実務経験を有するもの
- 4) 前項 1)～3)と同等以上の能力を有すると発注者が認めたもの

調査技術者は、以下に示すいずれかの資格を有する者とする。

- 1) 技術士(総合技術監理部門;建設部門(トンネル)),または技術士(建設部門(トンネル))資格を有し、技術士法による登録を行っている者
- 2) RCCM(トンネル)の資格を有し、登録証書の交付を受けている者
- 3) 国土交通大臣が認定する認定技術管理者(トンネル)の資格を有する者

また、技術的に高度な判断を要する場合については、発注者と協議し、必要に応じて専門家の助言を受けるのが望ましい。

出典:道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月)P1~2

## 6. 状態の把握

定期点検では、健全性の診断の区分の決定を適切に行うために必要と考えられる道路トンネルの点検時点での状態に関する情報を適切な方法で入手すること。このとき、定期点検時点における道路トンネルの構造物としての安全性や安定、予防保全の必要性、道路利用者被害発生の可能性などの評価に必要と考えられる情報を、近接目視、または近接目視による場合と同等の評価が行える他の方法により収集すること。

### 【解説】

#### ①一般

##### 1) トンネル本体工

定期点検は、基本としてトンネル本体工の変状を近接目視により観察する。また、覆工表面のうき・はく離等が懸念される箇所に対し、うき・はく離の有無及び範囲等を把握する打音検査を行うとともに、利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・はく離部を撤去するなどの応急措置を講じる。

点検のうち、初回の点検においては、トンネルの全延長に対して近接目視により状況を観察すること、覆工表面を全面的に打音検査することを基本とする。なお、初回点検時にトンネル全延長に対して近接目視及び覆工表面の全面打音検査を実施していない場合は、改めて本要領に習い、初回点検を行うこと。また、二回目以降の点検においては、トンネル全延長に対して近接目視を行うとともに、必要に応じて打音検査を併用することを基本とする。なお、近接目視とは、肉眼により部材の変状等の状態を把握し評価が行える距離まで接近して目視を行うことを想定している。

今後、調査技術者が近接目視によって行う評価と同等の評価が行えると判断できる新技術が開発された場合は、新技術の併用を妨げるものではない。

また、近接目視による変状の把握には限界がある場合もあるため、必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。

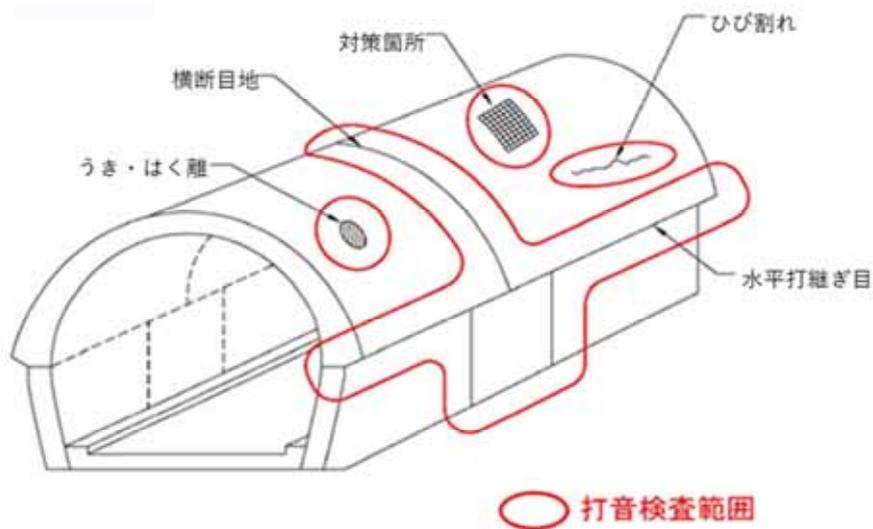
点検の結果、変状の状況をより詳細に把握し、推定される変状原因を確認することが必要となる場合には、変状の状況に見合った調査を実施する。

なお、点検により変状原因が既に明らかになっている場合等においては、調査を省略することができる。

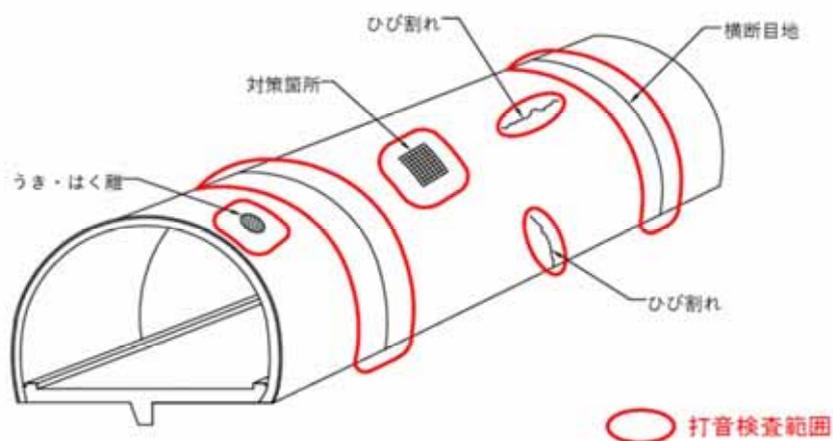
##### 2) 附属物

トンネル内附属物の取付状態や取付部材類等の異常を確認することを目的に、近接目視やハンマー等による打音検査、手による触診を行うことを基本とする。この場合は別途示されている要領等を参考とする。また、利用者被害の可能性のある附属物の取付状態の改善を行うなどの応急措置を講じる。

定期点検の現地作業の実施に先立ち、点検対象トンネルに関する資料収集・整理を行う。すなわち、点検対象トンネルの点検記録や、補修・補強記録等を収集し、過去に発生した変状を把握する。また、点検対象トンネルの建設時の設計図書や地質関係資料・施工記録を収集する。さらに、点検の実施体制を整え、現地踏査を行い、交通状況等の現地状況を把握する。さらに、点検の実施体制を整え、現地踏査を行い、交通状況等の現地状況を把握し、効果的・効率的な点検作業計画を立案する。



(a)矢板工法の場合の打音検査範囲イメージ



(b)山岳トンネル工法の場合の打音検査範囲イメージ

※二回目以降も覆工全面に対し近接目視により行う

図一解 3.1 二回目以降の打音検査範囲イメージ

近接目視で把握できる範囲の情報では不足するとき、触診や打音検査等も含めた非破壊検査等を行い、必要な情報を補うのがよい。非破壊検査等を行うのがよい例を以下に示す。

(例)

- ・ ボルトのゆるみや折損なども、目視では把握が困難な場合が多く、打音検査等を行うことで初めて把握できることが多い。
- ・ 覆工のうき・はく離等の落下やはく落防止対策工、漏水対策工等の補修・補強材、附属物等の脱落の可能性なども、目視では把握が困難であり、打音検査等を行うことで初めて把握できることが多い。
- ・ はく落対策工等がされている場合には、対策工の内部の覆工コンクリートの状態について、触診や打音検査等を行うのがよい。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P17

内装板背面、補修補強材料で覆われた箇所などにおいても、外観から把握できる範囲の情報では道路トンネルの状態の把握として不足するとき、打音検査や触診等に加えて必要に応じて非破壊検査など、詳細に状態を把握するのがよい。例えば次のような事象が疑われる場合には、適切に必要な状態を把握するための方法を検討するのがよい。

(例)

- ・ 補修補強や落防止対策を実施した箇所からのコンクリート塊の落下が疑われた場合
- ・ 外力性の変状発生が疑われた場合

変状の種類、過去の変状の有無や要因などによっては、打音検査、触診、その他必要に応じた非破壊検査を行うなど、状態を把握する必要がある道路トンネルもある。例えば、過去に生じた変状の要因として、漏水、塩害、アルカリ骨材反応等も疑われる道路トンネル等である。

非破壊検査の手法を用いる場合、機器の性能や検査者の技量など様々な条件が検査精度に影響を及ぼすため、事前に適用範囲や検査方法の詳細について検討しておくことが必要である。このとき、定期点検実施者が機器に求める要件や、利用目的や条件に応じた性能を現地でキャリブレーションするなどの計画を行う。また、機器等で得られた結果の利用にあたっては、機器の性能並びに性能の発揮条件などを考慮し、適用条件や対象、精度や再現性の範囲を結果の解釈に反映させることが必要である。

道路トンネルの状態把握の方法は法令のとおり近接目視によることが基本であるが、その目的は健全性の診断の区分の決定が適切に行われ、定期点検の目標が所要の品質で達成されることである。なお、所要の品質として自らの近接目視によるときと同等の技術的な評価ができるのであれば、点検箇所の一部について、その他の方法で状態を把握することができる。

点検箇所の一部でその他の方法を用いるときには、定期点検実施者は、定期点検の目的を満足するように、かつ、その方法を用いる目的や必要な精度等を踏まえて適切に部位や方法を選ぶことが求められる。併せて、定期点検実施者が技術的な評価等を行うにあたって、用いる方法の特徴を踏まえて、得られた結果を利用する方法や利用の範囲をあらかじめ検討しておく必要がある。定期点検の目的が所要の品質で達成される状態把握となるよう、近接目視によらないときの状態把握の方法や部位の選定の考え方の妥当性については、条件を画一的には示すことはできないので、現地の状況を踏まえて個別に検討する必要がある。検討の参考になるよう、検討にあたっての留意点の例をいくつか示す。

- ・ 上記に例を示して解説される事項は、部位や方法の選定に考慮される必要がある。当該道路トンネルにて想定される変状の特徴、当該道路トンネルのおかれる状況や設計・施工条件は、部位や状態把握の方法を選ぶにあたって考慮する必要がある。
- ・ 事前に、そして、得られた結果を解釈し、適切に対策区分の決定や健全性の診断に反映させるにあたっては、状態把握の過程そして事後に求める結果が得られているか検証を行うのがよい。このためには、選定した点検箇所等においてもその一部分には近接目視を行い、状態を直接確認することが考えられる。なお、当然のことながら点検箇所の一部に近接さえすれば他の箇所はその他の方法によってよいということを意味しない。

加えて、以上のような近接目視によらないときの状態把握の方法や部位の選定の考え方の妥当性については、後日遡って第三者が検証できるように記録に残すことが必要である。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P18～19

## ②点検の代表手法

トンネル点検の代表的手法である、近接目視、打音検査、触診の内容を下記に示す。なお、現場の条件によって点検方法が適用できる範囲に留意する。

また、これらの手法以外に滴水以上の漏水が見られた場合は、ストップウォッチやメスシリンダー等で1分間当たりの漏水量を測定し、記録を作成しておくことが望ましい。

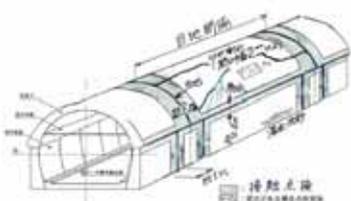
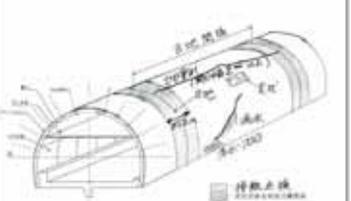
### 1) 近接目視

日常的な施設の状態把握では発見しづらい変状・異常がある覆工アーチの上部や、坑門の上部等に対して、トンネル点検車等を用いて肉眼により部材の変状等の状態を把握し評価が行える距離まで接近し、ひび割れ、うき、はく離、漏水の状況、トンネル内附属物の取付状態を観察する。ひび割れについては、必要に応じてその位置、長さ、幅、段差等を目盛り付きルーペまたはクラックスケールを用いて計測する。また、ひび割れの形態を開口、圧ざ、段差等に分類して整理し、点検表に記載する。

なお、覆工表面は排気ガス等で汚れている場合があり、必要に応じて清掃し、変状・異常の把握に努めることが望ましい。

点検時における点検重点範囲(注視する箇所)を表-解 6.1 に示す。

下表 (1)+(2)+(3) の範囲を重点範囲(注視する箇所)と設定する

	矢板工法	NATM (※ NATM に関しては、基本的に、矢板工法と同様の考え方をとする)
(1) 利用者被害の無い範囲	ひび割れに近づけず、【1】利用施設内 歩道点検、30点以上(壁面側)に該当する箇所	同 左
(2) 構造に影響した特記事項による構造	下記の特記事項に該当する構造 ① ひび割れ幅、長さ 2mm 以上 (※ ひび割れ深さについては調査が必要) ② 漏水(湧水・沈下・変位) 発生	同 左
(3) 特記に留意した構造	下記の特記事項 ● 目地異状 全対象 ① 真直内(上中・下中側面) ② 水平方向(以、付添の上・下中側面) ● 下照、目地異状の幅は計定である。目地に起因する損傷が確認された場合は、この限りではない。 (三日月・半月状クラック、ジャンク、継ぎ目の亀裂(脆性材料)等)	下記の特記事項 ● 目地異状 全対象 ● NATM構造の特性から、開口内のみ ● 下照、目地異状の幅は計定である。目地に起因する損傷が確認された場合は、この限りではない。 (三日月・半月状クラック、ジャンク、継ぎ目の亀裂(脆性材料)等)
● 特記事項		

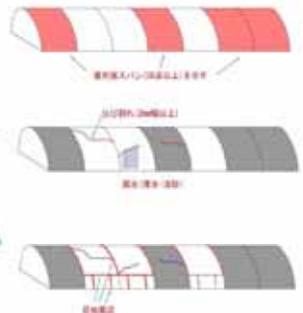


表-解 6.1 点検重点範囲



写真-解 6.1 近接目視作業状況

## 2) 打音検査

打音検査にあたっては、頭部重量 100～300g 程度の点検用ハンマーを用いて、初回点検では、変状がなくても全面において行う。また、二回目以降の点検においては、前回の定期点検で確認されている変状箇所、新たに変状が確認された箇所、対策工が施されている箇所およびその周辺、水平打継ぎ目・横断目地部およびその周辺に対して打診することを基本とし、コンクリートのうき、はく離の有無とその範囲等を確認する。なお、打音検査範囲は、変状及び変状外側から 20 cmの範囲とする。また、附属物を取り付けるボルト、ナット等を打診し、緩み等の異常の有無を確認する。

引用文献)「道路トンネル定期点検要領(案)テキスト(参考)H15.11 国土交通省道路局 p3-5

### 3-4. 打音検査の範囲について

打音検査は、覆工や杭門、天井板のひび割れ・設置・はく離、打継ぎ目の目地切れ・設置、および鉄筋露出箇所等変状箇所について行い、原則として覆工・杭門・天井板等の全体において行う必要はない。

打音検査ではひび割れ等の変状箇所の両側 20 cm を打診し、異常の場合は、さらに外側の健全部(清音部)を 20 cm 幅確認するまで打診するものとする。したがって、最終的な打音範囲は図-3.2 に示すように清音境界の 20 cm 清音側となる(「トンネル保守マニュアル(案)」財団法人鉄道総合技術研究所、平成 12 年 5 月)参照)。

微細なひび割れは打音検査の必要がないものとする。ここでは、微細なひび割れの目安を幅 0.3mm 未満とする。ただし、幅 0.3mm 未満の場合においても圧ざやせん断破壊の疑いのある場合や複数のひび割れが閉合している場合など、うき・はく離が懸念される箇所には打音検査を実施するものとする。



図-3.2 打音検査範囲の模式図



また、打音検査を行うにあたり以下のような問題がある場合は、速やかに発注者に報告し、その対応方法について協議する必要がある。

- ①資料調査や点検前の現場確認(遠望目視)により、覆工の材質劣化がトンネル全体におよび、変状箇所付近の打音検査だけでなく、全面の打音検査が必要であると考えられる場合。
- ②内装板など高設により打音検査を行うことが困難な場合。
- ③その他、上記以外に打音検査において点検員が判断できない場合。

図-解 6.1 打音検査範囲



打音検査の例



写真-解 6.2 打音検査作業状況

出典:道路トンネル定期点検要領(令和 6 年 9 月)P20

### 3) 触診

補修材(繊維シートや鋼板接着工等)やトンネル内附属物等の取付状態等については,トンネル点検車等により点検対象箇所に接近し,直接手で触れて固定状況や変状の有無を確認する。

出典:道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P21



写真-解 6.3 触診作業状況

### ③携行品

定期点検にあたっては,適切な点検用具・記録用具・点検用機材を携行する。用意する点検器具・機材は以下のものが考えられる。

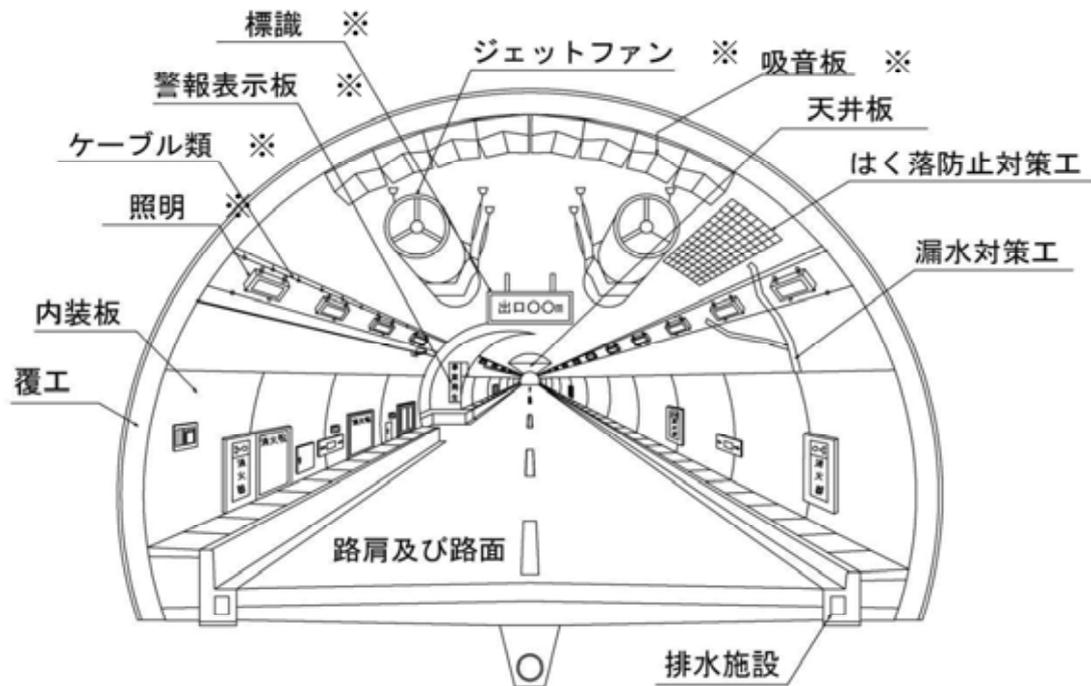
- 1) 点検用具:クラックゲージ,ハンマー(打音検査用,たたき落とし用),コンクリートハンマー(通称:シュミットハンマー),巻尺,ノギス,双眼鏡,防じんマスク,防じん眼鏡,マーカー,メスシリンダー,ストップウォッチ,PH試験紙,温度計等
- 2) 記録用具:カメラ,ビデオカメラ,黒板,チョーク,記録用紙等
- 3) 点検用機材:高所作業車,梯子,照明設備,清掃用具,交通安全・規制用具等

## 7. 変状状況の把握

(1) 道路トンネルに発生する変状は、施工法等により、類似した変状が発生する箇所や特徴を十分に考慮することが重要である。

図-7.3 にトンネル施工法の変遷, 図-7.4 及び図-7.5 に矢板工法, NATM の特徴, 変状着目点を示す。

(2) 点検対象箇所の標準は, 図-7.1 及び図-7.2 とおりとする。



※トンネル内附属物は取付状態の確認を行う。

図-7.1 点検対象箇所(トンネル内)



図-7.2 点検対象箇所(トンネル坑口部)

(3) 利用者被害の可能性のある変状や異常を発見した場合は, 必要な応急措置を講ずるものとする。

年代	施工法	覆工工法			断面概略図と支保構造	特徴	
		材料	型枠	打設機械			
1960年代 (昭和30年代)	矢板工法 (木製支保工)	レンガ 石材	木製型枠	人力	旧式コンクリート ポンプ プレーサー		<ul style="list-style-type: none"> <li>木製支保工ゆえに小断面分割施工となる(人力施工、経験的要素が多い)</li> <li>覆工背面に掘削ズリなどを充填しながら、順次組立て型枠により固練コンクリートを人力打設するため、コンクリートの品質管理が不均一であり、かつアーチ部打設が困難</li> <li>木製支保工類は可能な限り撤去することを基本とするが、地山不良箇所やアーチ天端部では背面空洞が存在</li> <li>アーチクラウン部を除き振動締固めが十分可能であるが、覆工打上がりが遅く、施工継手が多くなり漏水の原因となる</li> </ul>
			鋼製組立 セントル				
1990年代 (昭和60年代)	WATM	コンクリート	ロックボルト・吹付けコンクリート	油圧式コンクリート吹付け機・ロボット		<ul style="list-style-type: none"> <li>厚肉覆工に代わり、吹付けコンクリートとロックボルトを主支保とし、地山条件により鋼製支保工を組み合わせることにより薄肉覆工を実現</li> <li>地山状況に応じて標準支保パターンを適用</li> <li>補助工法を積極的に採用し、大型機械による大断面施工が主流</li> <li>覆工コンクリートは一般的に力学的機能を付加させないこととして設計巻厚を設定(坑口部には用心鉄筋を配置)</li> <li>移動式型枠(スライドセントル)による全断面覆工打設が可能になるとともに、全周に防水工(ひび割れ防止兼用)を設置することから覆工品質と漏水防止効果が向上</li> </ul>	

図-7.3 トンネル施工法の変遷

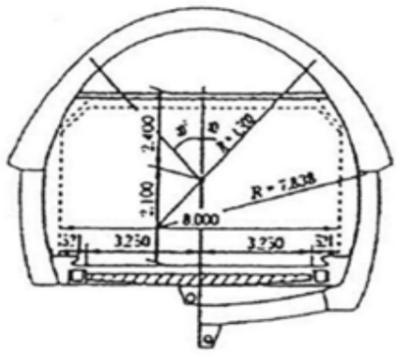
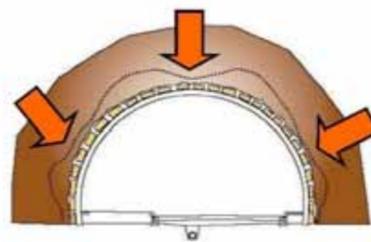
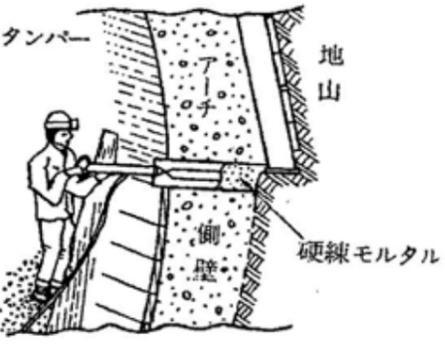
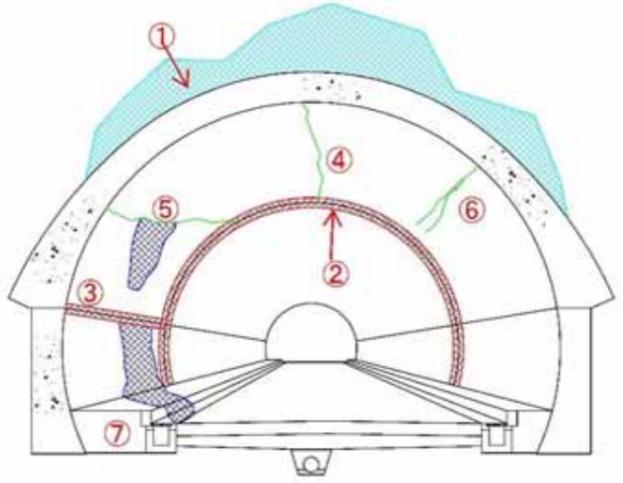
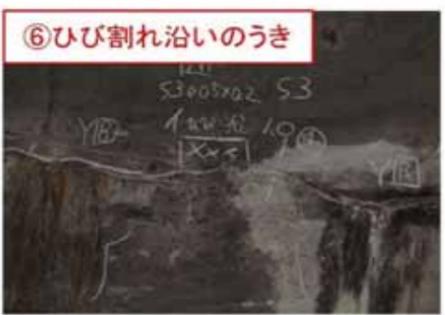
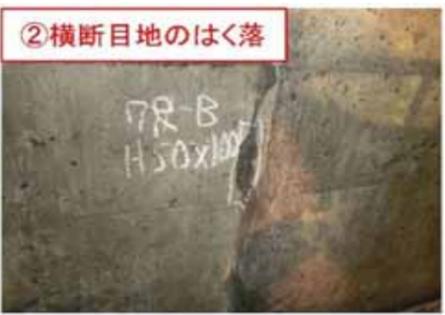
概要	断面図	主な掘削方法	支保理念	利点・欠点	細部施工図
変状着目点	<p>断面図</p> <p>~1980年代まで</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>一般的に覆工は無筋コンクリート</li> <li>坑口部や軟弱な地質区間では有筋コンクリート</li> <li>1本のトンネル内で地山の良否に応じて、覆工コンクリート厚が変化</li> </ul>	<p>支保規模:軽 地山 :良好</p> <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>上部半断面工法</li> <li>底設導坑先進工法</li> <li>頂設導坑先進工法</li> <li>側壁導坑先進工法</li> </ul> <p>中硬岩 軟岩 風化岩</p> <p>↓</p> <p>支保規模:重 地山 :不良</p>	<p>地山荷重支え型</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>地山の緩み荷重に対して剛な支保工、覆工で対応</li> <li>覆工と地山間に背面空洞が残存突発性崩壊、偏圧の作用 (経年的な緩みの進行) 等が懸念</li> </ul>	<p>【利点】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>湧水の多い地山に適する</li> <li>小断面(導坑)に適する</li> </ul> <p>【欠点】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>背面空洞の存在により、地山劣化の促進、地圧作用の不均衡化(偏圧)、突発性崩壊の恐れあり</li> <li>コンクリート打設がポンプ・プレーサ、プレスクリート(引抜方式)の時代、コンクリートの材料分離が生じやすく、巻厚不足やジャンカ等、覆工品質が低い事例がある</li> <li>逆巻き(上半アーチ先行)工法では、アーチ部と側壁部の継目(せめ)施工が弱点であり、充填材のうき・はく離や漏水が懸念される(右図参照)</li> </ul>	 <p>con逆巻き工法、継ぎ目(せめ)の施工</p>
	<p>変状種類</p>  <p>覆工背面空洞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>矢板工法の特長上、空洞、巻厚不足が生じやすい</li> <li>ひび割れ④と相関するケースもある</li> </ul> <p>施工目地(横断目地)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>うき、はく落等の変状が生じやすい</li> <li>補修済の場合は補修材の劣化、部材周辺のうき等に留意</li> </ul> <p>水平目地</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水平目地は矢板工法の構造上、存在する弱部で、変状が集中しやすい部位であり、注視が必要</li> <li>目地部からの漏水、うき・はく離が生じやすい</li> </ul> <p>ひび割れ 漏水 等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ沿いに漏水、うきが生じやすい</li> <li>はく落跡に鉄筋が露出することもある</li> </ul> <p>路面への滞水、堆砂</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>漏水が顕著な場合、監査路などへの滞水、堆砂に留意</li> </ul>	<p>変状写真例 ( , ... 番号は左側断面図とリンク)</p>      	  	  	

図-7.4 矢板工法の特徴, 変状着目点

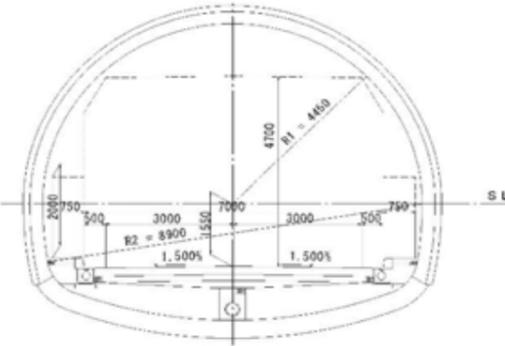
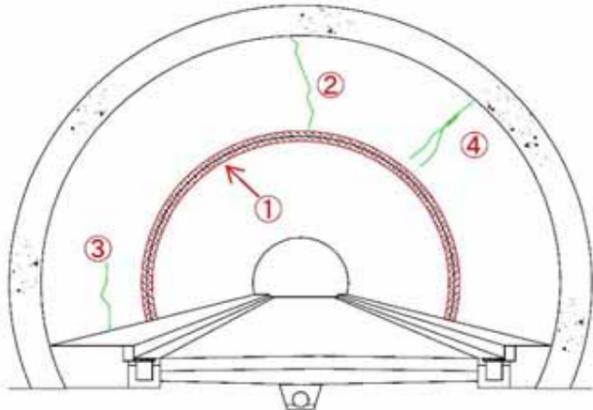
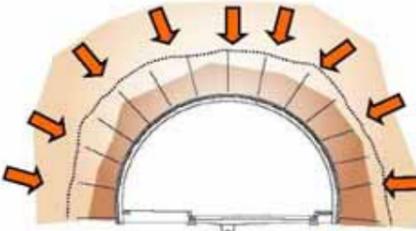
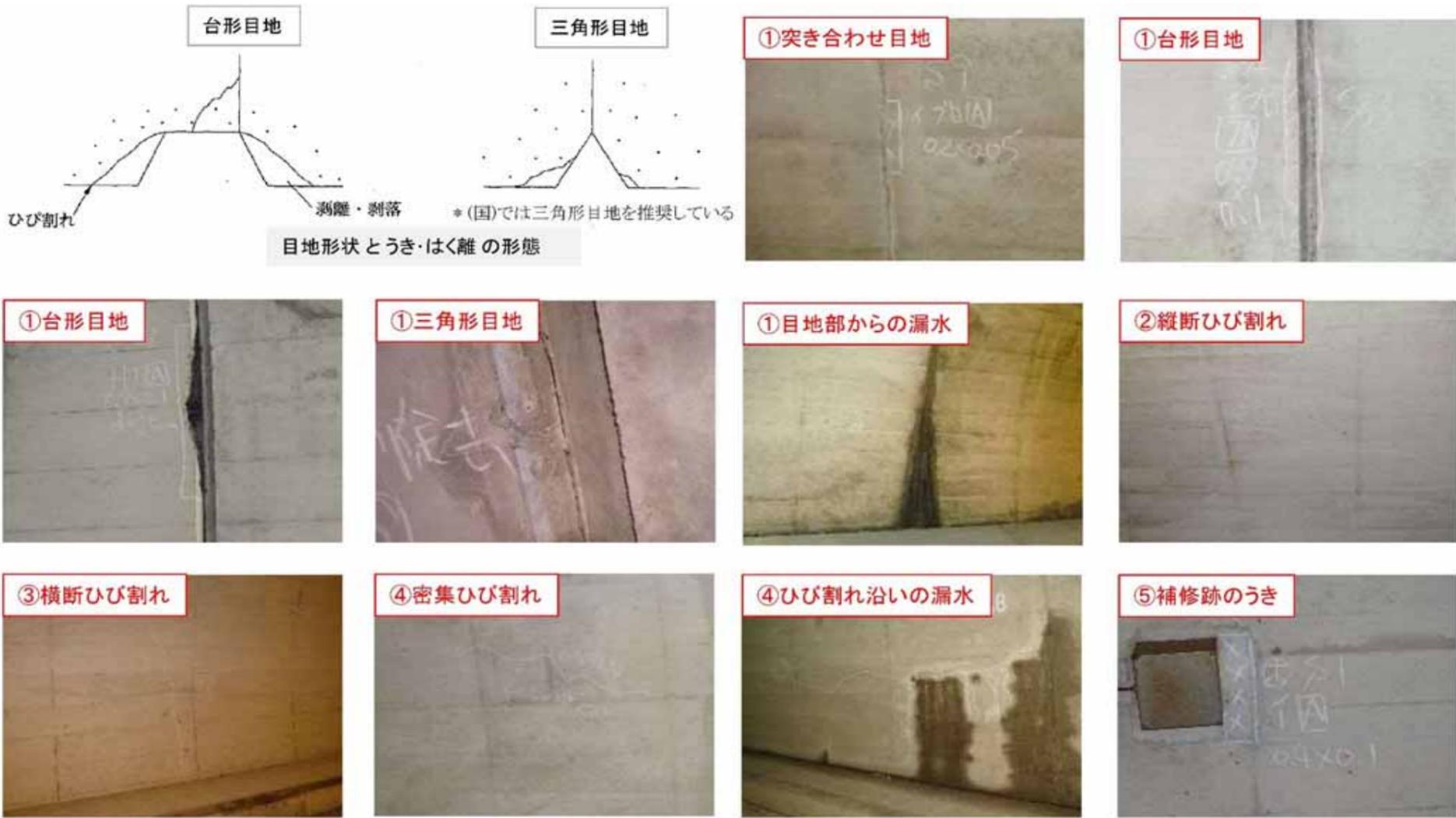
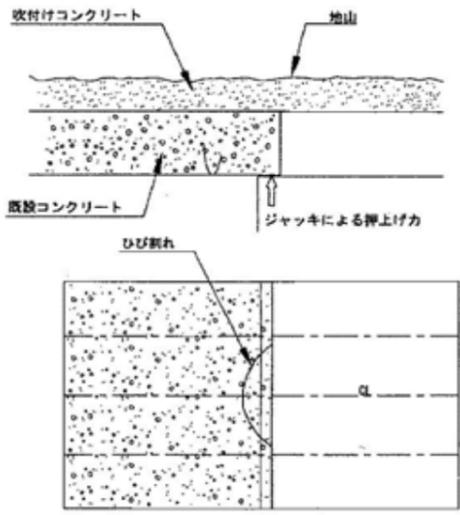
概要	断面図	主な掘削方法	支保理念	利点・欠点	細部施工図
変状着目点	<p>断面図</p> <p>1980年代から</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>一般的に覆工は無筋コンクリート</li> <li>坑口部や軟弱な地質区間では有筋コンクリート</li> </ul> <p>変状種類</p>  <p>施工目地(横断目地) ほとんどの変状が集中する部位 ・うき、はく落 等の変状が生じやすい。 ・目地形状が台形目地の場合は、三角形目地と比較し変状が生じやすいことが知られている(右図 参照)。 ・補修済の場合は補修材の劣化、周辺の変状にも留意が必要 ・防水シートの不具合に起因し、漏水が見られる。 (坑口部有筋区間で観察されることが多い)</p> <p>縦断ひび割れ 覆工スパン長と比較して、断面周長が長いことから、覆工天端付近に乾燥収縮(温度収縮)によるひび割れが生じやすい。 ひび割れ沿い うき・はく離 ひび割れ沿いに、うき・はく離 が生じやすい。</p> <p>その他 補修箇所周辺の変状</p>	<p>支保規模:軽 地山 :良好</p> <p>中硬岩 軟岩 風化岩</p> <p>支保規模:重 地山 :不良</p> <p>※岩の状態により 補助工法を併用</p> <p>補助ベンチ付全断面掘削工法 上半先進ベンチカット工法</p>	<p>支保理念</p> <p>地山保有耐荷力 利用</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>支保(吹付け・ロックボルト・鋼製支保)を施工し、支保と地山が一体となった構造物としてトンネル断面を形成。</li> <li>掘削に伴う緩みを最小限に抑え、地山本来の保持能力を最大限利用。</li> <li>支保と地山間は密着しており、経年的な劣化は少ない。</li> </ul> <p>変状写真例 ( , ... 番号は左側断面図とリンク)</p> <p>台形目地 三角形目地</p> <p>ひび割れ 剥離・剥落 * (国)では三角形目地を推奨している</p> <p>目地形状とうき・はく離の形態</p> 	<p>利点・欠点</p> <p>【利点】 ○地質状況に応じた柔軟対応が可。 ○防水シートで全周を覆うため、漏水がない。 ○背面空洞が無く、経年的な緩み進行がほとんど生じない。 ○専用機械の開発が進み、施工性・安全性に優れる。</p> <p>【欠点】 △断面周長が大きい場合、乾燥収縮(温度収縮)による縦断ひび割れが懸念される △覆工が薄肉(化粧con)であり、予期せぬ外力作用が生じた場合は変状が発生しやすい △湧水量が多い地山では吹付けconの打設困難であるが、補助工法の併用で問題となることは稀である</p>	<p>細部施工図</p>  <p>吹付けコンクリート 地山 既設コンクリート ジャッキによる押上げ力 ひび割れ</p>

図-7.5 NATMの特徴, 変状着目点

【解説】

(1)(2)定期点検において、変状や異常を発見した場合は、その状況を把握する。この際、変状の状況に応じて、効率的な維持管理をする上で必要となる記録を行うことが可能な情報を詳細に把握する。変状の状況に関しては、覆工スパン番号、部位区分、変状・異常の種類等とともに、前回点検時の状態との差異が把握できるように記録する。前回点検時の状態との差異については、以下の情報を記載する。

- ・ 前回点検から変状の進行が認められる
- ・ 前回点検から変状の進行が認められない
- ・ 今回点検で変状が新たに発生

なお、当該スパンに変状・異常が見られない場合は、変状・異常の種類に変状等が発生していない旨の記載を行う。

点検対象箇所は、図-7.1～7.2 に示すとおりとする。なお、現場の条件によって点検対象箇所が異なる可能性があることに留意する。

道路トンネルには施工法等により、類似した変状が発生する箇所があり、事前にこの特徴を知っておくことによって効率的な点検を行うことができる。このような特徴を踏まえた点検の主な着目点と留意事項の例を表-解 7.1 に示す。なお、現場の条件によって着目点異なる可能性があることに留意する。

表-解 7.1 主な着目点と留意事項の例

主な着目点	着目点に対する留意事項
覆工の目地 及び 打継ぎ目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 覆工の目地及び打継ぎ目は、コンクリート面が分離された部分であり、周辺にひび割れが発生した場合、目地及び打継ぎ目とつながりコンクリートがブロック化しやすい。</li> <li>・ 覆工の型枠解体時の衝撃等により、目地及び打継ぎ目付近にひび割れが発生することがある。</li> <li>・ 覆工の横断目地付近に温度伸縮等により応力が集中し、ひび割れ、うき・はく離が発生することがある。</li> <li>・ 施工の不具合等で段差等が生じた箇所を化粧モルタルで補修することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。</li> <li>・ 覆工が逆巻き工法で施工されたトンネル※は、水平打継ぎ目に化粧モルタルを施工することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。</li> </ul> <p>※矢板工法は横断目地だけではなく、水平打継ぎ目に留意する。</p>
覆工の天端付近	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 覆工を横断的に一つのブロックとしてとらえると、天端付近はブロックの中間点にあたり、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが生じやすい。</li> </ul>
覆工スパンの 中間付近	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 覆工スパンの中間付近は乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが発生しやすい。</li> </ul>

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P15

主な着目点		着目点に対する留意事項
顕著な変状の周辺	ひび割れ箇所	・ ひび割れの周辺に複数の別のひび割れがあり、ブロック化してうき・はく離が認められる場合がある。
	覆工等の変色箇所	・ 覆工表面が変色している場合は、観察するとひび割れがあり、そこから遊離石灰や錆汁などが出ている場合が多い。その周辺を打音検査するとうき・はく離が認められる場合がある。
	漏水箇所	・ 覆工表面等に漏水箇所や漏水の跡がある場合は、ひび割れや施工不良(豆板等)があり、そこから水が流れ出している場合が多い。その付近のコンクリートに、うき・はく離が生じている場合がある。
	覆工の段差箇所	・ 覆工表面に段差がある場合は、異常な力が働いた場合や施工の不具合等、何らかの原因があり、構造的な弱点となっている場合がある。
	補修箇所	・ 覆工の補修は、覆工コンクリートと別の材料であるモルタル、鋼材、繊維シート、その他を塗布または貼り付けて補修した場合が多く、容易に判別できる。これらの補修箇所は補修材自体、または、接着剤が劣化して不安定な状態になっていたり、変状が進行して周囲にうき・はく離が生じている場合がある。
	コールドジョイント付近に発生した変状箇所	・ コールドジョイントは施工の不具合でできた継ぎ目である。コールドジョイントの付近にひび割れが発生しやすいので、コンクリートがブロック化することがある。特にコールドジョイントが覆工の軸線と斜交する場合は、薄くなった覆工コンクリート表面にひび割れが発生し、はく落しやすい。また、せん断に対する抵抗力が低下する原因となる。
附属物		・ トンネル内附属物本体やその取付部材について固定するボルトの緩みや部材の腐食等が発生した場合、附属物本体の落下につながるおそれがある。 ・ アンカーボルト付近に生じた覆工コンクリートのひび割れが脱落の原因となるおそれがある。

打音による判定の目安は表-解 7.2 のとおりである。また、覆工コンクリート等にひび割れが深さ方向に斜めに入っている場合は、打音検査によりその方向と範囲が推定できるものもあるので、注意して点検を行う必要がある。

表-解 7.2 打音検査による判定の目安

打音区分	状態	判定
清音	キンキン、コンコンといった清音を発し、反発感がある	健全
濁音	ドンドン、ドスドスなど鈍い音がする	劣化、表面近くに空洞がある
	ボコボコ、ペコペコなど薄さを感じる音がする	うき・はく離している

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P16

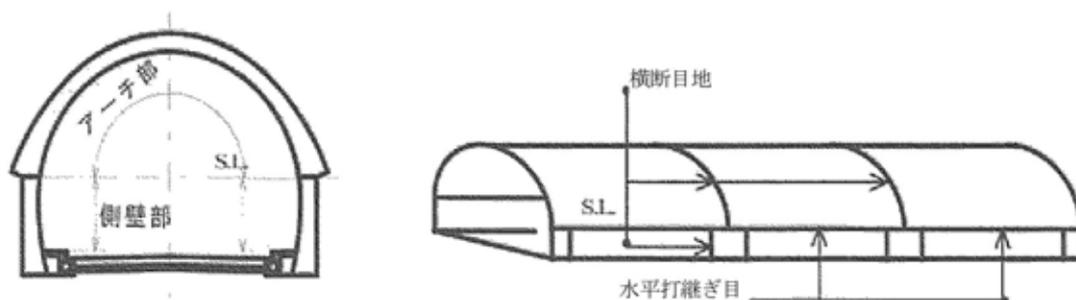
濁音を発するうき・はく離があると判断された箇所は、ハンマーを用いてできる限り撤去する。撤去作業に用いるハンマーは、変状や作業効率等を考慮して適切なものを使用する。撤去した箇所は、コンクリート小片が残ることのないよう丁寧に清掃を行う。

なお、撤去したコンクリート片は写真等に記録しておく。また、打音検査でうき・はく離が見つかった箇所は現地にマーキングをしておく必要がある。

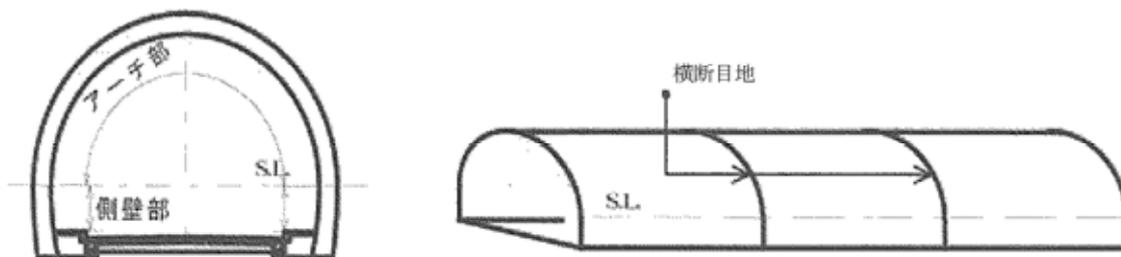
また、以下に点検でとくに注意すべき部位、変状状況について記述する。

### ①覆工の目地及び打継ぎ目

- ・ 覆工の目地及び打継ぎ目は、コンクリート面が分離された部分であり、周辺にひび割れが発生した場合、目地及び打継ぎ目とつながりコンクリートがブロック化しやすい。
- ・ 覆工の型枠解体時の衝撃等により、目地及び打継ぎ目付近にひび割れが発生することがある。
- ・ 覆工の横断目地付近に温度伸縮等により応力が集中し、ひび割れ、うき・はく離が発生することがある。
- ・ 施工の不具合等で段差等が生じた箇所を化粧モルタルで補修することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。
- ・ 覆工が逆巻き工法で施工された矢板工法のトンネル※は、水平打継ぎ目に化粧モルタルを施工することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。  
※矢板工法は横断目地だけではなく、水平打継ぎ目に留意する。



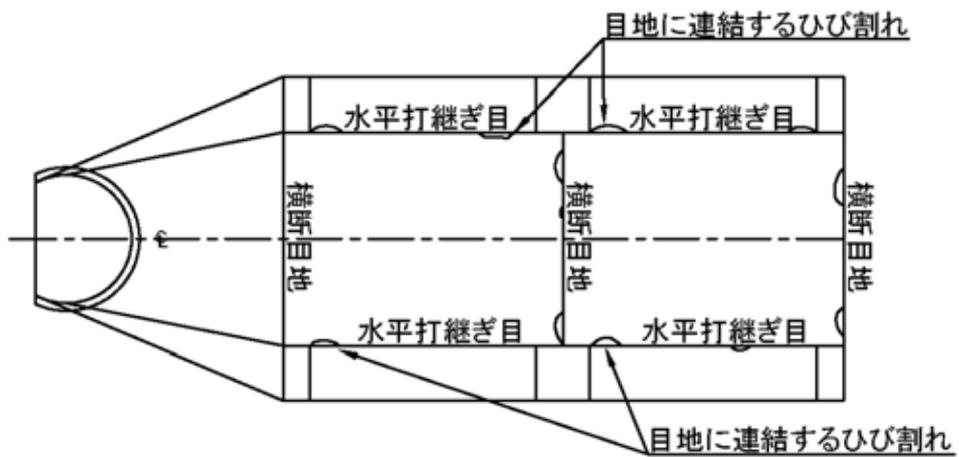
(a)矢板工法(覆工打込み方法:逆巻き)の例



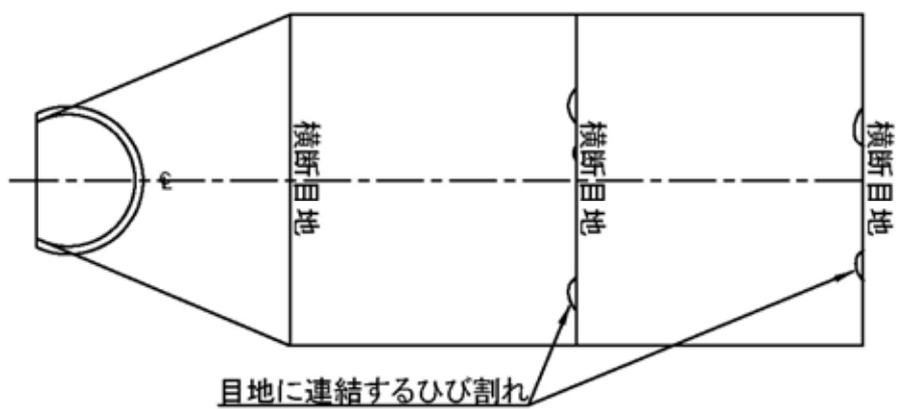
(b)山岳トンネル工法(覆工打込み方法:全断面)の例

付図-1.1 目地, 打継ぎ目の位置

出典:道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P32

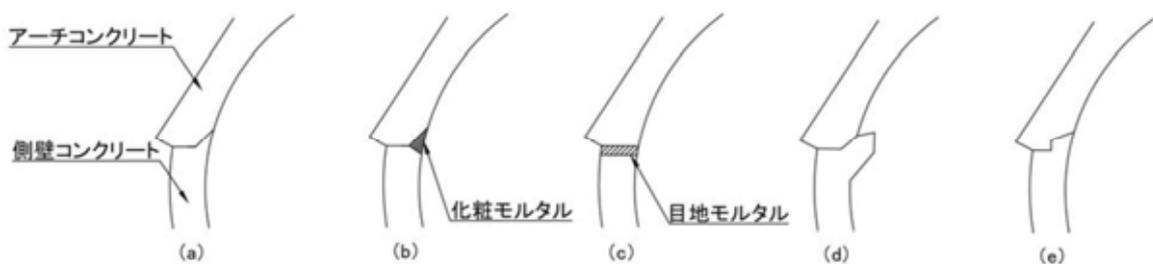


(a) 矢板工法(覆工打込み方法:逆巻き)の例



(b) 山岳トンネル工法(覆工打込み方法:全断面)の例

付図-1.2 覆工の目地及び打継ぎ目とその付近に発生する変状の例



付図-1.3 逆巻き工法の水平打継ぎ目の種類

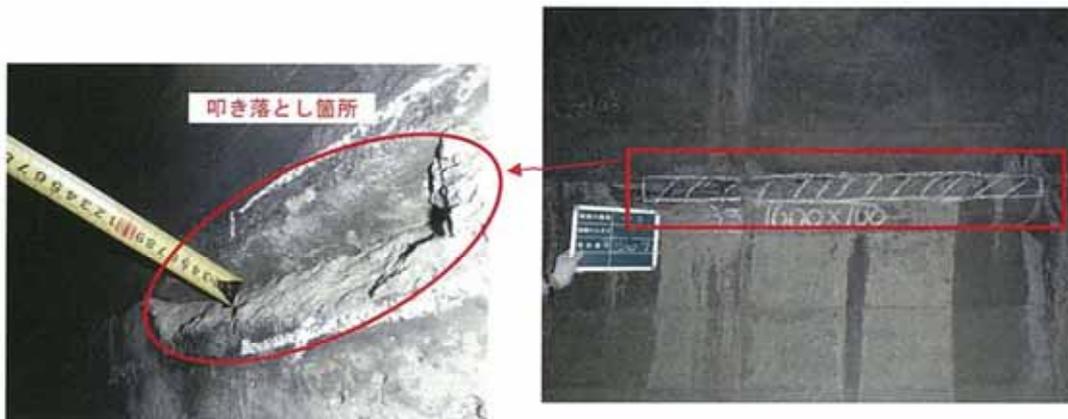
出典:道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P33



付写真-1.1 横断目地の天端付近に発生した半月状のひび割れの例



(a)化粧モルタルの例

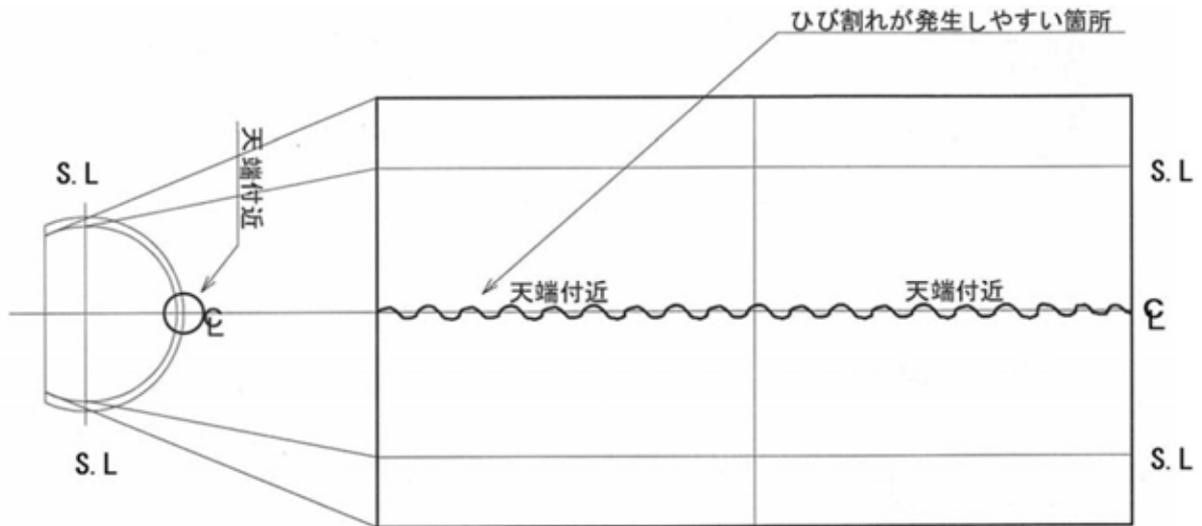


(b)目地モルタルの例

付写真-1.2 逆巻き工法の水平打継ぎ目と化粧モルタル，目地モルタルのうき・はく離の例  
出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P34

## ②覆工の天端付近

覆工コンクリートを横断的に一つのブロックとしてとらえると、天端付近はブロックの中間点にあたり、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが生じやすい。



付図-1.4 覆工の天端とその付近に発生する変状の例

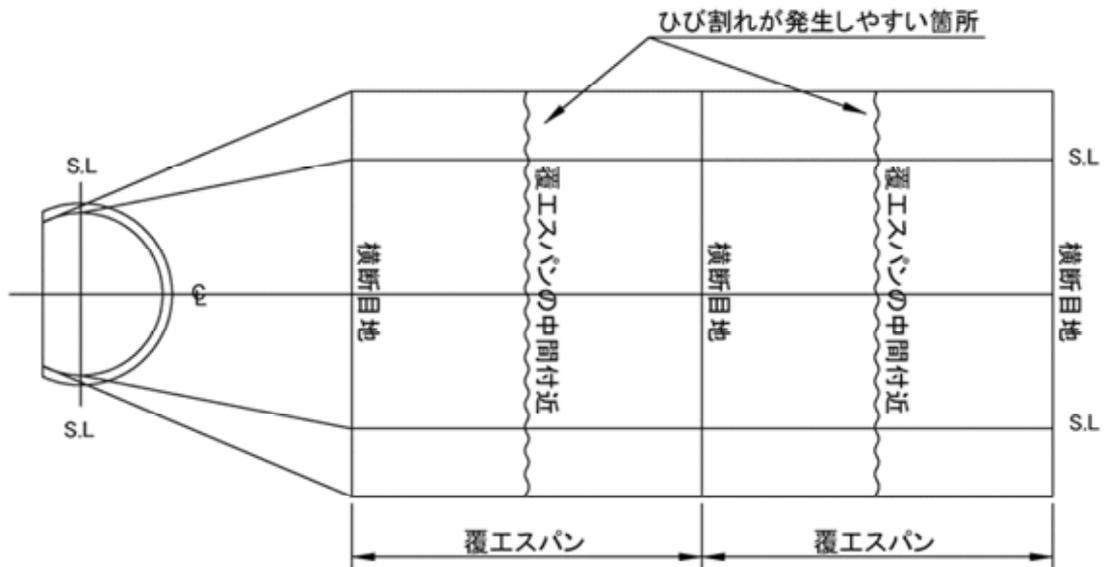


付写真-1.3 覆工の天端付近に発生した縦断方向のひび割れの例

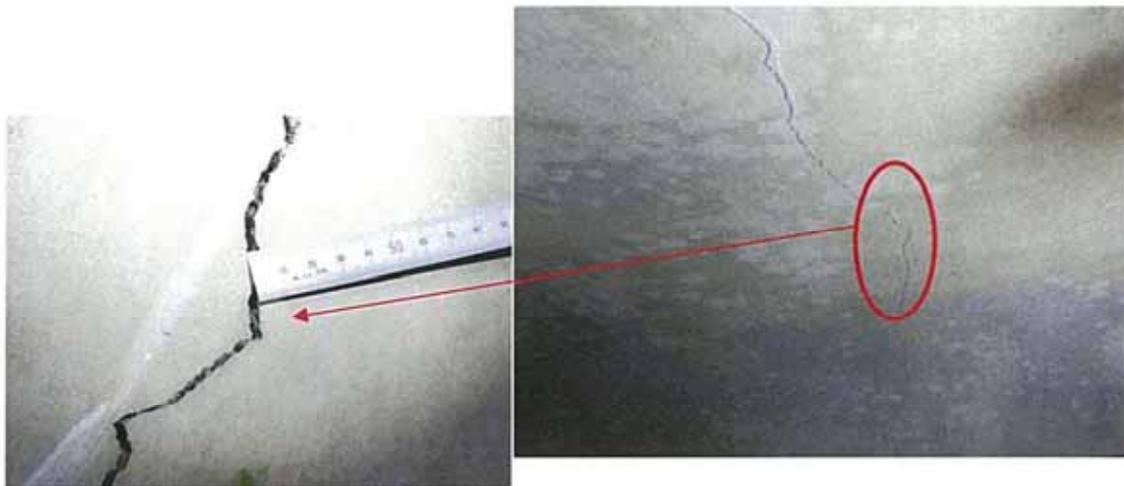
出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P35

### ③覆エスパンの中間付近

覆エスパンの中間付近は、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが発生しやすい。



付図-1.5 覆エスパンの中間付近に発生する変状の例



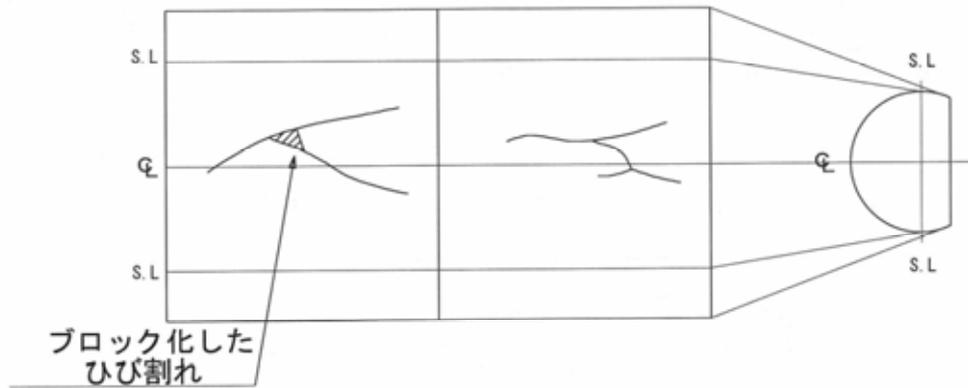
付写真-1.4 覆エスパンの中間付近に発生したひび割れの例

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P36

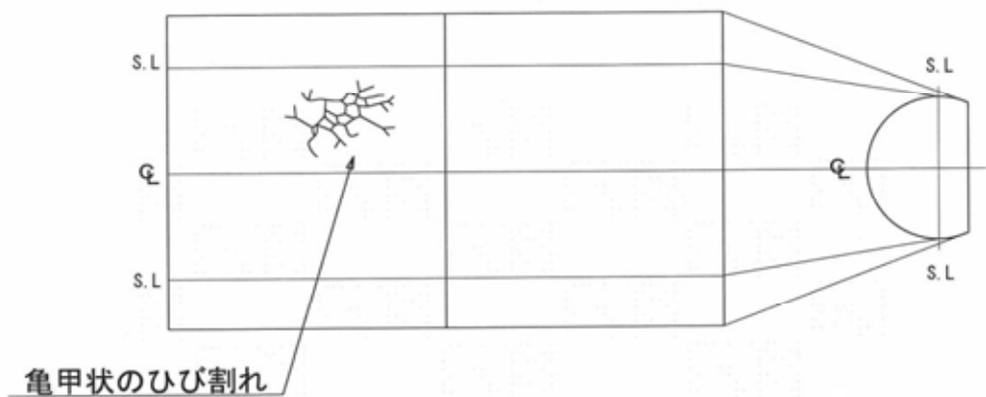
#### ④顕著な変状の周辺

##### 1)ひび割れ箇所

ひび割れの周辺に複数のひび割れがあり、ブロック化してうき・はく離が認められる場合がある。



付図-1.6 複数のひび割れでブロック化した覆工コンクリートの例



付図-1.7 覆工コンクリートの亀甲状のひび割れによる細片化の例

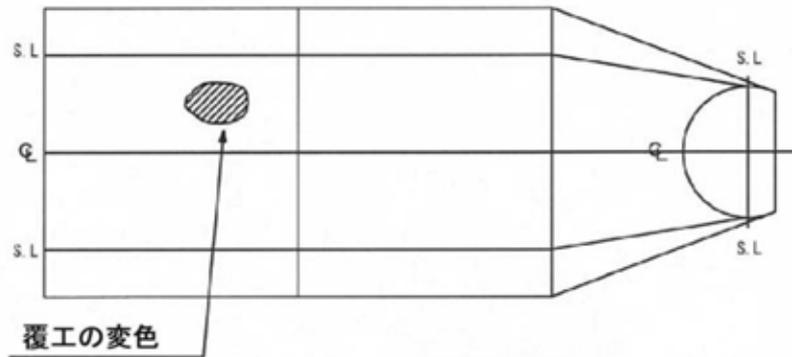


付写真-1.5 複数のひび割れで覆工コンクリートがブロック化している例

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P37

## 2) 覆工等の変色箇所

覆工表面が変色している場合は、観察するとひび割れがあり、そこから遊離石灰や錆汁等が出ている場合が多い。その周辺を打音検査するとき・はく離が認められる場合がある。



付図-1.8 覆工コンクリートの変色位置の例

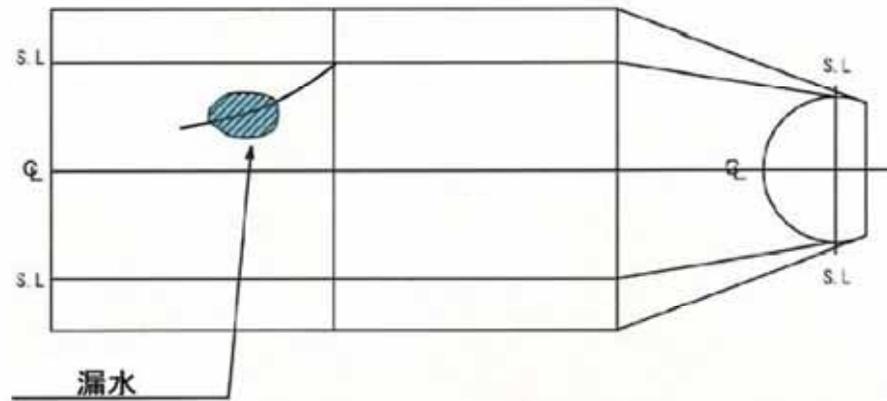


付写真-1.6 覆工コンクリートが変色している例  
(うき・はく離を伴う)

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P38

### 3)漏水箇所

覆工表面等に漏水箇所や漏水の跡がある場合は、ひび割れや施工不良(豆板等)があり、そこから水が流れ出している場合が多い。その付近のコンクリートに、うき・はく離が発生しているおそれがある。



付図-1.9 ひび割れからの漏水位置の例

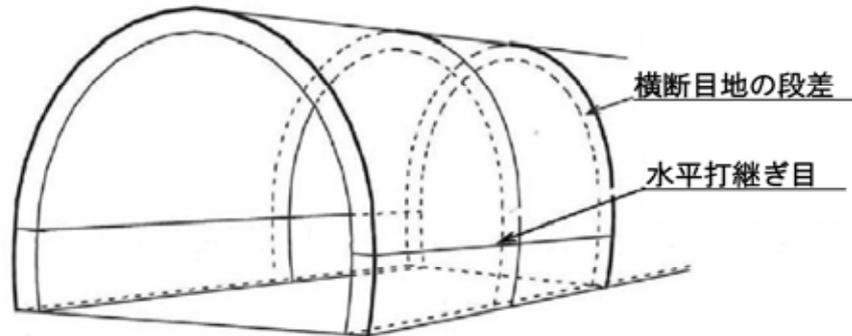


付写真-1.7 漏水(噴出)している例

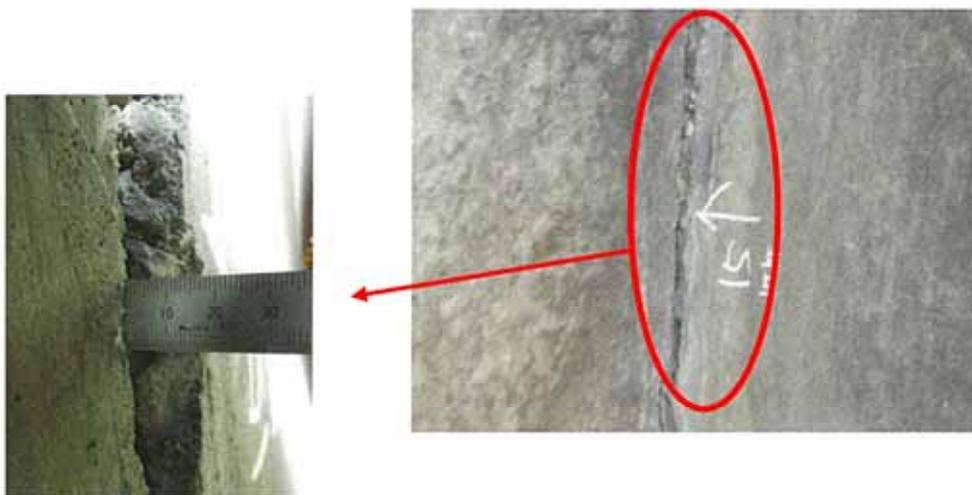
出典:道路トンネル定期点検要領(平成31年3月)P39

#### 4) 覆工の段差箇所

覆工の表面に段差がある場合は、異常な力が働いた場合や施工の不具合等、何らかの原因があり、構造的な弱点となっている場合がある。



付図-1.10 目地部, 打継ぎ目部の段差の例



付写真-1.8 段差の例

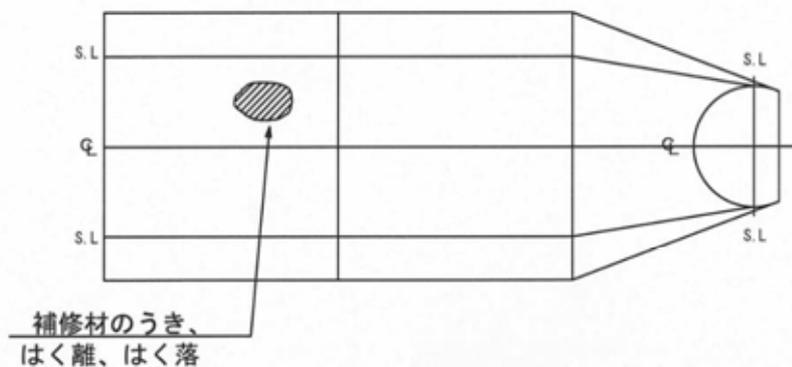
出典: 道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P40

### 5)補修箇所

覆工の補修は、覆工コンクリートと別の材料であるモルタル、鋼材、繊維シート、その他を塗布、貼り付け又はボルト固定により補修した 경우가多く、容易に判別できる。これらの補修箇所は補修材自体、または、接着剤が劣化若しくはボルトが緩み不安定な状態になっていたり、変状が進行して周囲にうき・はく離が生じている場合がある。

覆工表面に補修材が貼り付けられている場合、背面の状態や補修材の接着状況等にも配慮して点検を行うことが望ましい。

なお、補修材等の変状については、補修等の目的に基づき変状種類及び変状区分を定める。たとえば、漏水対策として導水樋を設置している場合、導水樋の止め金具の緩みなどの変状についても変状区分を漏水とする(付写真-1.10 参照)。



付図-1.11 補修材のうき・はく離、はく落の変状の例



付写真-1.9 補修モルタルが劣化してはく離している例



付写真-1.10 導水樋の止め金具が脱落した例

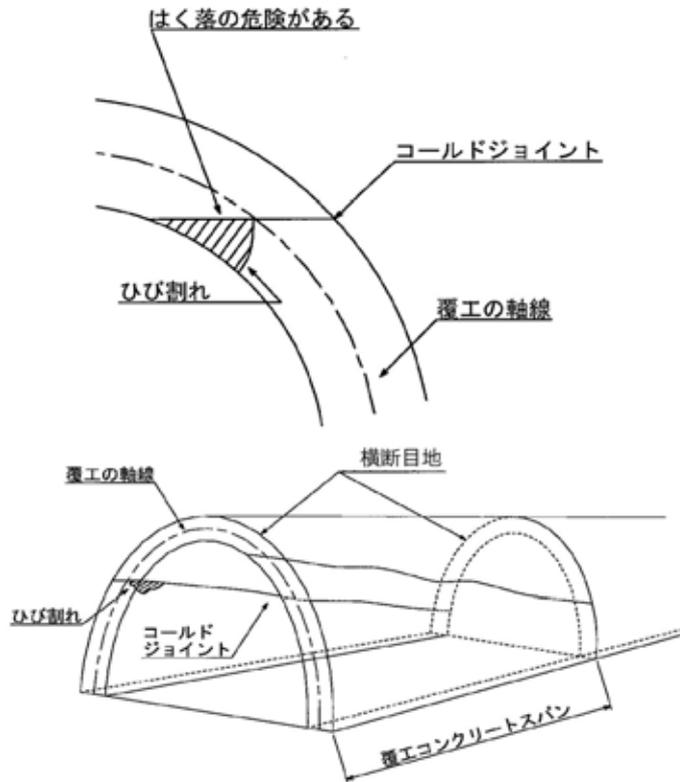


付写真-1.11 鋼板接着(左)・繊維シートの接着(右)例

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P41

6)コールドジョイント付近に発生した変状箇所

コールドジョイントは施工の不具合でできた継ぎ目である。コールドジョイントの付近にひび割れが発生しやすいので、コンクリートがブロック化することがある。特に付図- 1.12 に示すようなコールドジョイントが覆工の軸線と斜交する場合は、薄くなった覆工コンクリート表面にひび割れが発生し、はく落しやすい。また、せん断に対する抵抗力が低下する原因となる。



付図-1.12 コールドジョイント付近に発生するひび割れの例



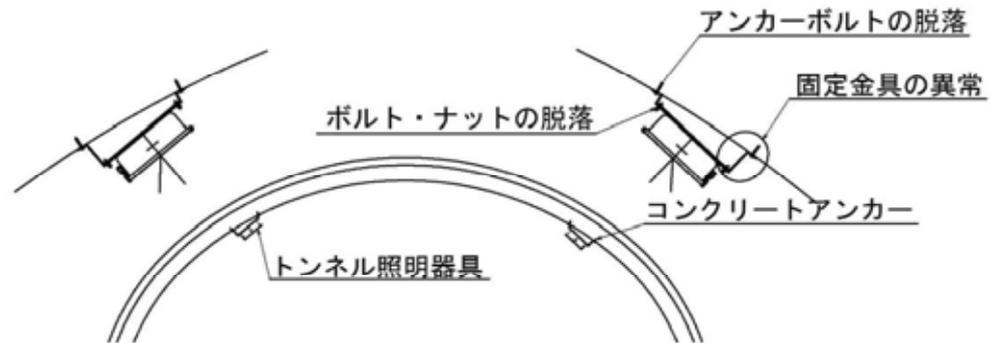
付写真-1.12 コールドジョイント付近に発生したひび割れの例

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P42

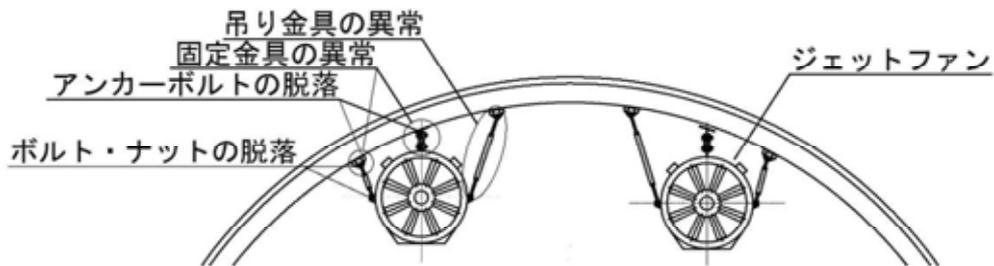
### ⑤ 附属物

トンネル内附属物本体やその取付部材を固定するボルトが緩んで脱落した場合、附属物本体の落下につながる可能性がある。

#### ■ 照明灯具等の取付部材の例



#### ■ ジェットファン取付部材の例



付図-1.13 附属物の異常発生箇所例



付写真-1.13 固定金具の腐食とアンカーボルトの脱落の例

出典：道路トンネル定期点検要領(平成 31 年 3 月)P43

### (3) 応急措置

(1)及び(2)に基づいて把握された変状の状況に応じて、応急措置、応急対策、調査の対応が必要となる場合がある。ここでは応急措置について以下に述べる。なお、応急対策及び調査の内容については、それぞれ「10. 措置」及び「8. 対策区分の判定」において述べることで、その要否に関しては「3. 定期点検の目的」を参照する。

応急措置に関して、その例や留意事項を以下に示す。

#### ①トンネル本体工

##### 1) 応急措置の実施

応急措置は、定期点検等における変状状況の把握の段階において、利用者被害を与えるような覆工コンクリートのうき・はく離等の変状が発見された場合に、被害を未然に防ぐために、点検作業の範囲内で行うことができる程度の応急的に講じられる措置をいう。また、うき・はく離以外にも外力や漏水等による変状が発生する場合がある。

##### 2) 応急措置の種類

定期点検における主な応急措置の例を表-解 7.3 に示す。

表-解 7.3 トンネル本体工の変状に対する主な応急措置の例

変状の種類	応急措置
うき・はく離	うき・はく離箇所等のハンマーでの撤去
路面の変状	通行規制・通行止め <sup>注)</sup>
大規模な湧水、路面滞水	通行規制・通行止め <sup>注)</sup> 、排水溝の清掃等
つらら、側氷、氷盤	通行規制・通行止め <sup>注)</sup> 、凍結防止剤散布 危険物の除去(たたき落とし等)

注)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) 応急措置の留意事項

応急措置を行う際の留意点を以下に示す。

- ①打音検査によりうき・はく離が発見された場合は、点検作業の範囲内で、応急措置としてハンマー等により極力、危険箇所を除去するように努める必要がある。なお除去したコンクリート片等は産業廃棄物になるため、適切に処理する必要がある。
- ②定期点検結果に基づいて応急対策を適用するまでには、点検結果の集計や報告とりまとめ、応急対策の設計等に一定の期間を要する。このため、応急対策を適用するまでの間で安全性が確保されないと判断された、極めて緊急性の高い変状(応急措置としてのハンマーでの撤去が困難な程の不安定なコンクリート塊が残存し、すぐにでも落下の危険性がある場合等)が確認された場合は、速やかに発注者に報告する必要がある。
- ③応急措置に代えて応急対策を実施する場合もあるが、その場合、応急対策を点検後速やかに実施する必要がある。なお、応急対策は、点検作業の範囲を超える対応であることから、その内容は「10. 措置」に記述する。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P22

## ②附属物

### 1)応急措置の種類

応急措置の具体例を表-解 7.4 に示す。

表-解 7.4 附属物の異常に対する主な応急措置の例

異常の種類	応急措置
附属物等の固定アンカーボルトの緩み	ボルトの締め直し
照明灯具のカバーのがたつき	番線等による固定(番線等で固定した灯具等は対策を行うことを基本とする)

### 2)応急措置の留意事項

応急措置を行う際の留意点を以下に示す。

- ①ボルトの締め直しは、異常に対処できたと判断できる場合には後述する異常判定区分を「○」とし、締め直しを行ったことを記録する。
- ②番線固定等の簡易な応急措置の場合、点検結果の判定は変更しないことに留意する。すなわち、後述する異常判定区分が「×」であれば「×」のままとなる。
- ③附属物等の取付状態の異常に対して応急措置を実施した場合は、その実施状況が分かる写真を記録として残す。
- ④附属物等の取付状態については調査、応急対策を行うことにならないため、点検時に応急措置または対策の必要性を確認する必要がある。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P23

## 8. 対策区分の判定

定期点検では、トンネルの変状の状況を把握したうえで、変状毎に表-8.1 の判定区分による判定を行う。

表-8.1 判定区分

区分	定義
I	措置を必要としない状態。
II	II <sub>b</sub> 監視 <sup>※1</sup> を必要とする状態。
	II <sub>a</sub> 重点的な監視 <sup>※2</sup> 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 <sup>※3</sup>	緊急に対策を講じる必要がある状態。

※1 対策区分 II<sub>b</sub>における「監視」とは、日常巡視等で状況を把握することをいう。

※2 対策区分 II<sub>a</sub>における「重点的な監視」とは、前回の定期点検または監視から2年程度以内を目安に近接目視を行うことをいう。

※3 対策区分 IVにおける「緊急に対策を講じる必要がある状態」とは、緊急に対策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。

### 【解説】

対策区分の判定は、トンネルの変状・異常が利用者に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り、従来の点検、調査結果の判定と同様に、点検・調査実施後に変状等に対して判定を行う。変状状況の把握に基づき、変状・異常を判定の単位とし、健全性を診断する。

ここでは、後述する「9.1 変状等の健全性の診断」に基づく考え方で、個々の変状を表-8.1 の判定区分に応じて評価する。

判定にあたり、原因の特定など調査が必要な場合には、変状原因を推定するための調査を行う。調査は変状の状態に応じて、調査項目を適宜選定する。なお、調査の結果から、本対策の必要性や緊急性を踏まえて、変状等の健全性を診断する。

調査の代表的な手法を表-解 8.1 に記載する。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P29

表-解 8.1 調査の代表的な手法

構造物及び覆工背面の調査	ひび割れ進行性調査	<p>ひび割れ進行性調査は変状の進行の有無とその進行状況を確認する目的で行われる。</p> <p>ひび割れは、温度変化によるコンクリートの膨張、収縮にともない、開閉を繰り返すため、初回点検と同じ月(季節)にひび割れ測定を行い、併せて坑内温度も測定することが望ましい。また、ひび割れ進行の有無を判断するためには通常の場合1年以上継続して測定を継続することが望ましい。</p>
	漏水(状況)調査	<p>漏水の調査は、位置、量、濁りの有無、凍結及び既設漏水防止工の機能の状況等について実施する。</p>
	位置	漏水位置が車両運転、坑内設備の機能を阻害する位置にあるか否かについて調べる。
	漏水量	トンネル内の漏水量や漏水状態及び側溝等の排水状態を調べる。
	濁り	漏水が透明なものであるか、濁ったものであるかによって、土砂が漏水とともに流出しているかについて調べる。
	凍結	<p>凍結については次の項目について調査する。</p> <p>位置…トンネル延長方向・断面方向の分布</p> <p>程度…つらら・側氷、路面凍結の発生時期、大きさ、成長速度</p> <p>気温…積算寒度、最低気温、トンネルが長い場合には坑内気温分布</p>
	既設漏水防止工の機能調査	既に行った漏水防止工事の種類、箇所及び排水設備の状況を明らかにし、それらの効果と機能状況について調査する。
	漏水水質試験	<p>水質試験は、覆工コンクリート等の劣化原因や漏水の流入経路の推定を行うことを目的としている。調査項目としては水温、pH及び電気伝導度である。</p> <p>水温は温度計等によって測定される。水温の箇所ごとの季節的変動をみることによって、漏水が地下水に関係するものか、地表水に関係するものかの判別に利用できる。pHの測定は、覆工コンクリートの劣化に及ぼす影響を把握するために行われる。</p>
	覆工厚・背面空洞調査	<p>覆工コンクリートの巻厚や背面の空洞及び背面の地山状況を調査し、変状原因の推定及び対策設計等に必要な資料を得ることを目的とした調査である。</p> <p>調査方法には、局所破壊検査と非破壊検査に大別される。</p>
	a)局所破壊検査による調査	局所破壊検査とは簡易ボーリングにより覆工コンクリートの一部を削孔し、採取したコアによる物性や劣化状況を調査するとともに削孔時のボーリング孔を利用して覆工コンクリートや背面空洞の有無、背面地山の状況を観察・把握する調査方法である。
b)非破壊検査による調査	非破壊検査に使用されている手法として実用化されているのは電磁波法(地中レーダ)による覆工巻厚、空洞の有無や大きさの調査である。	

(1)トンネル本体工

全てのトンネルに対して、「7. 変状状況の把握」の結果に基づき、変状の健全性の診断を外力、材質劣化、漏水の3項目でⅠ～Ⅳの区分により行う。ただし矢板工法全てと必要と考えられる NATM については、突発性崩壊を加えた4項目で健全性の診断を行う。なお、判定区分Ⅰ～Ⅳに分類する場合の措置との関係についての基本的な考え方は、表-8.1 のとおりであるが、本要領の判定区分と道路トンネル維持管理便覧(平成5年11月)および道路トンネル定期点検要領(案)(平成14年4月)(以下、便覧等)による判定区分の対比の目安を表-解8.2に示す。

表-解 8.2 本要領と便覧等の判定区分の対比の目安

本要領 判定区分 (5区分)	便覧等	
	点検結果判定 (3区分)	調査結果判定 (4区分)
Ⅰ：健全	S(変状無, 軽微)	—
Ⅱb: 予防保全段階	B(変状あり: 危険性低, 要調査)	B(軽微: 要監視)
Ⅱa: 予防保全段階		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)
Ⅳ: 緊急措置段階	A(変状大: 危険性高, 要応急対策, 要調査)	3A(変状大: 直ちに対策)

本要領では、表-8.1 の判定区分を踏まえ、表-解 8.3 に示す変状種類及び変状の区分別に、個別の判定区分及びその目安の例や変状写真例等を示す。

健全性の診断を行う際の着目点を以下に示す。

- 1)外力：ひび割れパターン(幅・長さ・方向・密度・閉合・進行性)による評価
- 2)材質劣化：うき・はく離等の材料劣化、施行起因(初期欠陥)による変状の評価
- 3)漏水：漏水量、発生箇所等、利用者被害への影響を評価
- 4)突発性崩壊：覆工厚や空洞量のデータにより突発性崩壊の評価、電磁波探査・コア抜き等、追加調査の要否判断(NATM は構造上、基本的に追加調査の必要性は低い、稀に覆工巻厚が薄い事例があるため、点検時に判断する)

表-解 8.3 変状種類及び変状区分との関係

変状種類	変状区分		
	外力	材質劣化	漏水
①圧ざ, ひび割れ	○	○	
②うき・はく離	○	○	
③変形, 移動, 沈下, 隆起	○		
④鋼材腐食		○	
⑤巻厚の不足または減少, 背面空洞		○	
⑥漏水等による変状			○

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P27

## 9. 健全性の診断の区分の決定

### 9.1 変状等の健全性の診断

変状等の健全性の診断は、表-9.1 の判定区分により行うことを基本とする。

表-9.1 判定区分

区分		定義
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。

#### 【解説】

健全性の診断は、「7. 変状状況の把握」及び「8. 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。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 9.2.1 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。

#### 1) トンネル本体工

トンネル本体工の場合、「6. 状態の把握」に基づく点検または必要に応じて実施した調査により、変状状況の把握及び対策区分の判定を行い、その結果をもとに変状区分を材質劣化、漏水、外力に分類し、I～IVの区分により変状の健全性の診断を行う。

判定区分I～IVに分類する場合の措置との関係についての基本的な考え方は、表-解 9.1.1 のとおりとする。

なお、診断は材質劣化または漏水に起因する変状はそれぞれの変状単位に、外力に起因する変状は覆工スパン単位に行う。

出典：道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月)P4

表-解 9.1.1 判定区分 I ~ IVと措置との関係

	定義
I	利用者に対して影響が及ぶ可能性がない状態
II	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性がある状態
III	早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い状態
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い状態

## 2)附属物

附属物の取付状態の異常は、利用者被害につながる可能性があるため、異常箇所に対しては個別に再固定、交換、撤去や、設備全体を更新する方法による対策を早期に実施する必要がある。以上を踏まえ、判定区分は表-解 9.1.2 に示すように「○」(対策を要さないもの)と、「×」(早期に対策を要するもの)の2区分に大別する。

表-解 9.1.2 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
×	附属物等の取付状態に異常がある場合
○	附属物等の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合

出典:道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)P25,32

## 9.2 トンネル毎の健全性の診断

覆工スパン毎及びトンネル毎の健全性の診断は、表-9.2 の判定区分により行う。

表-9.2 判定区分

区分		定義
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。

### 【解説】

トンネル毎の健全性の診断は、変状等の健全性の診断結果をもとに、トンネル構造物としての健全性を診断するものであり、道路トンネルの管理者が保有するトンネルを含む構造物を一括管理し、効率的な維持管理を行うための指標となるよう、全構造物で統一した判定区分を与えることを目的としている。

変状等の健全性がトンネル全体の健全性に及ぼす影響は、環境条件や当該トンネルの重要度等によっても異なるため、「9.1 変状等の健全性の診断」の結果を踏まえて、トンネル毎で総合的に判断することが必要である。なお、一般には、利用者や構造物の機能に影響をおよぼす変状等に着目して、最も厳しい変状等の評価で代表させることができる。ただし、覆工スパン毎及びトンネル毎の健全性の診断はトンネル本体工に関する健全性の診断の結果に基づいて行うものとする。

### (1) 覆工スパン番号の表示

#### 1) 目的

維持管理の効率化を目的として、本点検内で覆工スパン番号をトンネル覆工面に記入。

#### 2) 文字サイズ、文字配置

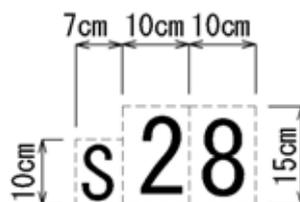
①原則として、スプレーペイントで覆工面に記載する。

②切抜き文字版を用い、スパンを表す s とスパン No 数字を組合せて表示する。

例:s20(起点側から 20 番目のスパン)

③文字サイズは、s:縦 10cm×横 7cm 程度、

スパン No:縦 15cm×横 10cm 程度を標準とする(下図 参照)。



出典:道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月)P4

④トンネル起点側より「s1」から開始する。

歩道なしトンネル：千鳥配置(下図)を基本とするが、トンネル状況に応じ、片側配置でも良いものとする

歩道ありトンネル：片側配置(下図)を基本とする



⑤建設年次の古いトンネルで、坑門と一体化している覆工スパン、もしくは、坑門直近に横断目地を有する(2-3m 程度以内が目安)場合は、起点側(PS)、終点側(PE)とする。

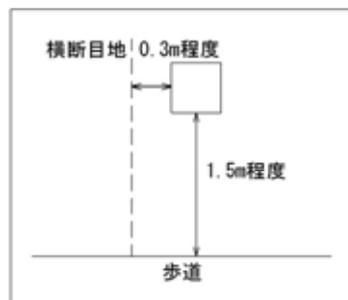
⑥文字色は原則として白色とするが、白色では見にくい場合は、監督員と協議の上、見やすい色に変更する。

⑦番号スプレー前は覆工面の汚れ(すす、漏水、エフロなど)を確実に処理する。

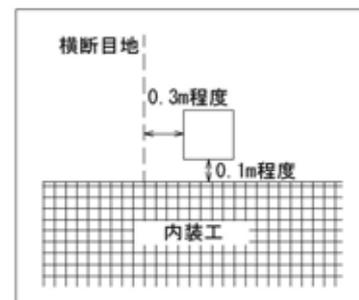
⑧スパン番号の記入位置は下図を標準とするが、覆工面の補修材、漏水、その他設置された設備等が支障となって、所定の位置に記入できない場合は、適宜、記入位置を変更できるものとする。



矢板工法



NATM



内装工(塗装を含む)がある場合

⑨対象トンネルが、素掘り、吹付けコンクリート、ライナープレート等で構築され、覆工コンクリートが存在しない場合がある。そのケースでは、 $L=10\text{m}$  を基本長さとして、坑口からの延長距離(m)を、どちらか片側の側壁脚部付近にスプレーにより記載する。記入面の起伏が激しい場合は、切抜き文字版を使用しないで良いものとする。

## (2) 健全性の診断

変状等の健全性の診断をもとに、覆工スパン毎の健全性を診断し、その結果を総合してトンネル毎の健全性の診断を行う。

判定区分は、変状等の状態判定の健全性の診断と同じ「I」から「IV」までの4区分とする。

## (3) 診断の方法

トンネルでいう最小の構造単位は、覆工コンクリートの1スパンである。トンネル毎の健全性の診断は、予め覆工スパン毎に健全性を診断し、その診断結果をもとに、トンネル全体の健全性を総合的に診断する。

ここでいう覆工スパン毎の健全性の診断とは、下記①に示す覆工スパン全体の総括的な診断であり、変状等の健全性の診断において、外力に起因する変状を覆工スパン単位で診断する場合と区別する。

### ①覆工スパン毎の健全性

変状単位及び覆工スパン単位に得られた外力、材質劣化、漏水に関する各変状のうちで最も評価の厳しい健全性を採用し、その覆工スパン毎の健全性とする。

### ②トンネル毎の健全性

トンネルの覆工スパン毎での最も評価の厳しい健全性を採用し、そのトンネル毎の健全性とする。

「トンネル毎の健全性の診断」の単位とは以下によるが、トンネルが1箇所において上下線等、分離して設けられている場合は、分離されているトンネル毎に計上し、複数トンネルとして取り扱う。

(4) 判定区分

構造物の健全性の状態を判定する区分として、下記のⅠ～Ⅳ区分とする。

表-解 9.2.1 トンネル毎の健全性の診断における判定区分

Ⅰ	道路トンネルの機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ	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	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	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(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月)P4

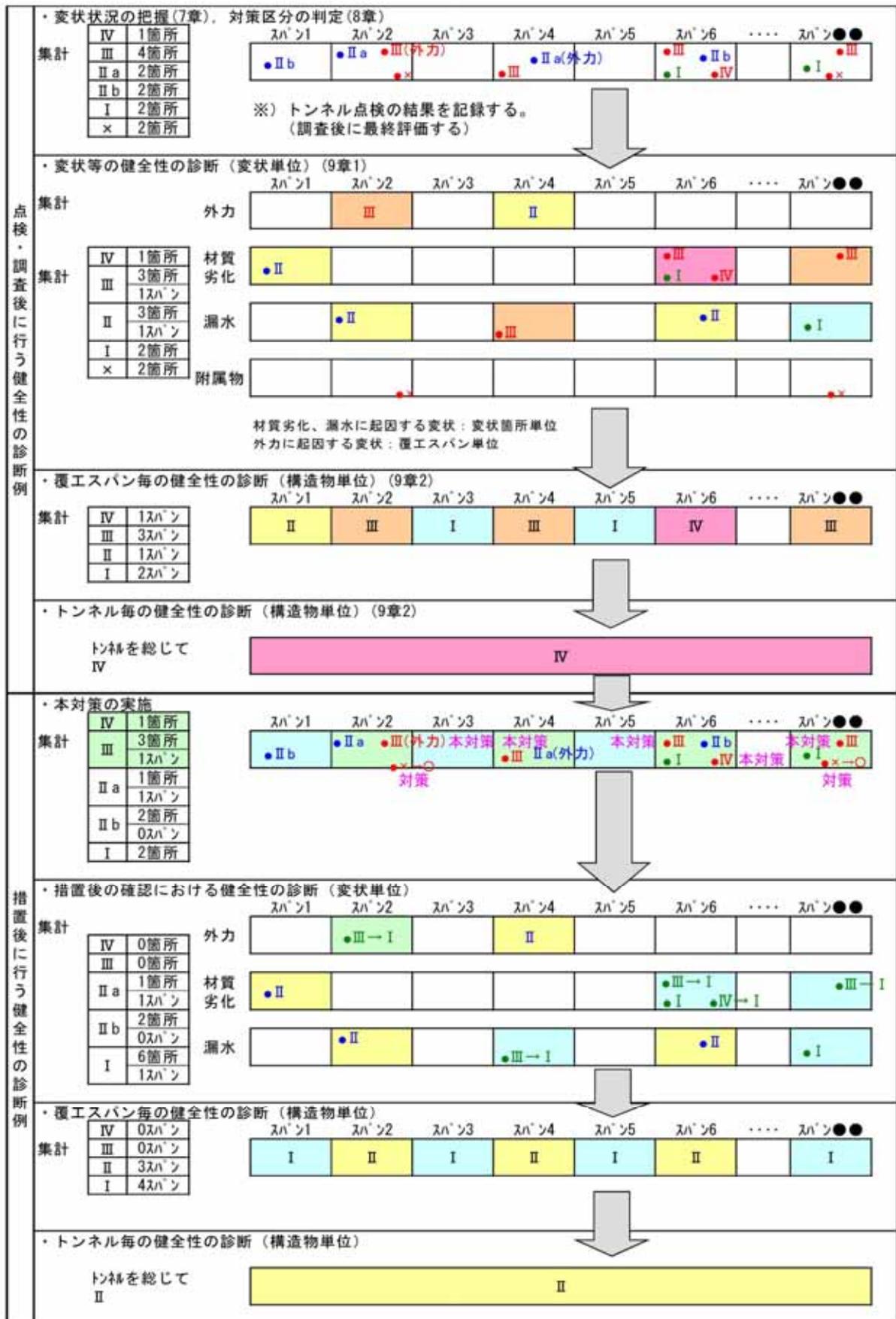


図-解 9.2.1 健全性の診断の流れの例

## 10. 措置

健全性の診断に基づき、健全度がⅣのトンネルについては診断後2年以内に、健全度がⅢについては診断後5年以内に必要な措置を講ずる。なお上記修繕の際には、計画的に対策を必要とするⅡaも同時に修繕することを検討する。

### 【解説】

措置は、適用する対策の効果と持続性、即応性、点検後に行われる調査の容易性等から、応急対策及び本対策に区分して取り扱う。

本対策とは、中～長期的にトンネルの機能を回復・維持することを目的として適用する対策である。また、応急対策とは、定期点検等で利用者被害が生じる可能性が高い変状が確認された場合、調査や本対策を実施するまでの期間に限定し、短期的にトンネルの機能を維持することを目的として適用する対策である。

また、やむを得ず、速やかに対策を講じることができない場合等の対応として、対策を実施するまでの一定期間にわたって通行規制・通行止めを行う場合がある。

### (1) 応急対策

応急対策とは、定期点検等で利用者被害が生じる可能性が高い変状が確認された場合、調査や本対策を実施するまでの期間に限定し、短期的にトンネルの機能を維持することを目的として適用する対策であり、点検後速やかに実施することが重要である。また、応急対策は、即応性があると共に、後の調査・監視をできるだけ妨げない工種を選定する必要がある。ただし、利用者被害の危険性が高く、応急対策を実施するよりも更に速やかに対応が求められる場合は、交通規制等の応急措置を必要に応じて適用する必要があることに留意する。なお、応急対策を実施した変状に対しては、健全性の診断の判定区分は変更しない。

### (2) 本対策

本対策とは、中～長期的にトンネルの機能を回復・維持することを目的とした対策である。

健全度がⅣのトンネルについては診断後2年以内に、健全度がⅢについては診断後5年以内に修繕工事を完了させる。対策後のトンネル対策区分判定をⅡa以下(Ⅱa・Ⅱb・Ⅰ)に向上(回復)させる。

ただし健全度Ⅳ、Ⅲのトンネルに対して対策工を実施する際に、Ⅱa判定の変状(計画的に対策を必要)が残る場合については、同時に修繕することを検討する。(例:わずかなⅡa判定が残存する場合や、Ⅳ、Ⅲの対策工と同一工種で対応可能な場合など)

附属物の取付金具類の不具合等、取付状態の異常は、利用者被害につながる可能性があるため、異常箇所に対しては再固定、交換、撤去する方法や設備全体を更新するなどの方法による対策を早期に実施する必要がある。

### (3)対策の選定上の留意点

対策の選定にあたっては、変状の原因を正確に把握したうえで、対策の効果、施工性、安全性、経済性及び施工の時期等について以下の点に留意し検討する必要がある。

- 1)変状状況の特徴から変状原因を推定した上で、対策効果が得られる対策を選定する必要がある。とくに本対策の適用に際しては、対策効果の持続性にも配慮する必要がある。
- 2)対策の選定においては、トンネル建設時の設計・施工情報、トンネル施工方法(矢板工法か NATM)、地山状況に関する資料、及び維持管理履歴等を十分考慮する必要がある。
- 3)変状は単独の原因で起こることは少なく、大部分はいくつかの原因が重なったものや、施工段階での材料的性質や覆工背面の空げき等の設計・施工の不適合に起因している場合も多い。変状原因が複数考えられる場合は、期待される効果に応じた対策の組み合わせを検討する必要がある。
- 4)対策は、トンネル内空の建築限界を確保できるものを選定すると共に、施工時の交通規制、作業時間、安全対策、実施時期等に配慮し、限られた空間で安全に施工可能な対策を検討する必要がある。
- 5)対策の施工中は、施工が安全に実施されていることを確認する目的と、施工完了後には対策の補強効果や変位の抑制効果を把握する目的で、必要に応じて観察・計測を継続する場合がある。
- 6)坑門等の鉄筋コンクリート構造部分では、耐久性確保の観点からひび割れ補修の要否を検討する必要がある。
- 7)応急対策は、変状原因やその規模等が確定できない場合に用いるものであり、当面の利用者被害を防止すると共に、変状状況の確認が容易であり、後の調査・監視をできるだけ妨げない工法を検討する必要がある。

## 11. 記録

定期点検及び診断の結果並びに措置の内容等を記録し、当該道路トンネルが利用されている期間中は、これを保存する。

### 【解説】

定期点検の結果は、維持・補修等の計画を立案する上で参考とする基礎的な情報であり、適切な方法で記録し蓄積しておかなければならない。

また、その他の事故や災害等により道路トンネルの状態に変化があった場合には、必要に応じて「健全性の診断」を改めて行い、措置及びその後の結果を速やかに記録に反映しなければならない。

表-解 11.1 に道路トンネルの点検表の構成及び記載内容を示す。

表-解 11.1 定期点検要領 点検表記録様式リスト

様式番号	記録内容	
様式 B (国交省提出様式1)	点検調書	トンネル変状・異常箇所写真位置図
様式 C-1-1		点検結果総括表 (トンネル本体工)
様式 C-1-2		点検結果総括表 (トンネル内附属物の取付状態)
様式 D-1 (国交省提出様式2)		変状写真台帳
様式 D-2		トンネル全体変状展開図
様式 E-1	診断調書	診断結果(変状単位)
様式 E-2		診断結果(覆工スパン毎, トンネル毎)
様式 G (国交省提出様式3)	定期点検記録様式	健全性の診断の区分に関する所見

出典:道路トンネル定期点検要領(令和6年9月)  
付録 道路トンネル定期点検結果の記入要領 P1

別紙1-1 提出様式

様式1

■ 定期点検記録様式 トンネル変状・異常箇所写真位置図

フリガナ 名称	○○トンネル		路線名	(国)○○号		管理者名	定期点検年月日		施設ID		緯度		00.000000	
	○○トンネル			トンネル工法			○○県土整備事務所				定期点検実施者		起点	
所在地	自	○○市○○町○○	トンネル延長	L=	202	幅員	m		トンネル延長	m		代替路の有無	緯度	
	至	○○市○○町○○		1985年			m			緊急輸送道路			終点	
トンネル毎の健全性の診断の区分			変状・異常箇所数合計		材質劣化	II	III	IV	附属物等の取付状態		○		(応急措置後)	
			トンネル本体工		漏水	II	III	IV			X			
			トンネル本		外力	II	III	IV						
			体工			II	III	IV						

トンネル変状・異常箇所写真位置図

**写真番号の記載例**  
 本体工の変状：写真-【工事スパン番号】-【変状番号】  
 附属物等の異常：写真-【工事スパン番号】-【異常番号】

注1：本位置図は、見下げた状態で記載すること。  
 注2：工事スパン番号は個所毎に設定すること。  
 注3：写真番号に付する変状番号は、各種工事スパンの変状に対して新たに確認された場合は順次追加していくこと。  
 注4：個所毎の変状は前の工事スパン番号で計上すること。  
 注5：1枚に収まらない場合は、複数枚に分けて作成すること。

※1 トンネル本体工の変状数は、材質劣化、漏水に起因するものはスパン単位で計上すること。  
 ※2 トンネル本体工の変状に対しては、措置の必要性(Ⅱ～Ⅳ)について表記すること。また、点検前に実施された措置により1と判定された箇所についても記載すること。  
 ※3 附属物等の取付状態の○欄については、応急措置前には判定区分×とした箇所のうち応急措置により○判定とした箇所の数を記入すること。  
 ※4 附属物等の異常番号は、本体工と番号が重複しないよう101番以降とする等の配慮を行い、分かりやすく記録すること。













■定期点検記録様式 健全性の診断の区分に関する所見

フリガナ 名称	〇〇トンネル	路線名 管理者名	(国)〇〇号 〇〇県土整備事務所	定期点検実施者	施設ID	定期点検年月日
	〇〇トンネル					
道路トンネルの健全性の診断の区分の所見						

## 付録1-1 国が管理する道路トンネルの対策区分及び異常判定区分の決定例

### トンネル本体工

「対策区分の目安例」は「対策区分」を補完するために示すが、定量的に判断することが困難な場合もあり、変状原因が複合していることも考えられるため、機械的に適用するものではなく、現場の状況に応じて対策区分のいずれに該当するか決定する。

#### 1) 圧ざ, ひび割れ

圧ざ, ひび割れに関しては、表-1 を参考に対策区分のいずれに該当するか決定する。

表-1 ひび割れに対する対策区分

(a) 圧ざ, ひび割れ(外力がひび割れの原因と考えられる場合)

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
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

(b) ひび割れ(材質劣化がひび割れの原因と考えられる場合)

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
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

#### 【対策区分の目安例】

(a) 圧ざ, ひび割れ(外力がひび割れの原因と考えられる場合)

ひび割れ発生の原因として, 外力のほか材質劣化があるが, 外力による場合には圧ざ(断面内で圧縮による軸力と曲げモーメントの影響が顕著に現れ, トンネルの内側が圧縮によりつぶされるような状態で損傷等を生じる状態)が生じたり, ひび割れが進行した場合, 構造物の機能低下につながる。このため, 外力がひび割れの要因として考えられる場合には, 一般にII b 以上の判定となる。ただし, 材質劣化が原因であってもうき・はく離等が生じる場合があることに留意する。

なお、矢板工法において、ひび割れの進行の有無が確認できない場合について、ひび割れ規模(幅や長さ)等に着目した対策区分の目安例として、表-2 に示す。

表-2 点検時(ひび割れの進行の有無が確認できない場合)の対策区分の目安例(矢板工法)

対象箇所	部位区分	外力によるひび割れ						対策区分
		幅 <sup>補足1)</sup>			長さ <sup>補足2)</sup>			
		5mm以上	3~5mm	3mm未満	10m以上	5~10m	5m未満	
覆工	断面内			○	○	○	○	I, II b, II a <sup>補足3)</sup>
			○				○	II b, II a
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II b, II a, III <sup>補足4)</sup>
		○				○		III
		○			○			IV

補足 1)連続したひび割れ内で幅が変化する場合は、最大幅を当該ひび割れの幅とする。

補足 2)覆工スパンをまたがる連続したひび割れは、覆工スパンをまたがって計測される長さを当該ひび割れの長さとする(覆工スパン単位のひび割れ長さでは評価しない)。

補足 3)3mm 未満のひび割れ幅の場合の判定例を下記に示す。

I, II b:ひび割れが軽微で、外力か材質劣化か判断が難しい場合

II a: 地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、外力の作用の可能性がある場合

なお、地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、外力の作用が明らかに認められる場合は、その影響を考慮して判定を行うことが考えられる。

補足 4)ひび割れ幅が5mm 以上でひび割れ長さが5m 未満の場合の判定は、ひび割れの発生位置や発生原因を考慮して、判定を行う。

また、矢板工法において、過去の定期点検記録との比較や調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合における、ひび割れ規模(幅や長さ)等に着目した対策区分がII a~IVの場合の対策区分の目安例を表-3 に示す。

表-3 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の対策区分の目安例(矢板工法)

対象箇所	部位区分	外力によるひび割れ				対策区分
		幅		長さ		
		3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a, III
		○			○	III
		○		○		IV

出典:道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-2

表-2 及び表-3 は矢板工法における対策区分の目安例として示したものである。機械的に適用するのではなく、現場の状況に応じて対策区分のいずれに該当するか決定するのがよい。不規則なひび割れ等が確認された箇所は、集中的な緩み土圧が作用しているおそれがあり、巻厚の不足または減少が伴う場合、突発性崩壊につながるおそれが懸念される。従って、上記のような変状が確認された箇所については必要に応じて前回定期点検結果との比較や実施された調査結果等により確認を行った上で、対策区分のいずれに該当するか決定するのが望ましい。

一方、山岳トンネル工法においては、一般部の覆工は、他の支保構造部材とともにトンネルの安定性を確保する支保構造の一部を構成しているものの、原則として地山からの外力を想定して構造設計されているものではない。そのため、当該覆工スパンに外力によるものと考えられるひび割れが確認された場合は、必要な調査を実施して変状の原因と進行の度合い等を把握した上で判定を行うことが望ましいが、少なくとも前回の定期点検結果等と比較して外力に起因したひび割れの進行性が認められる場合にはⅢまたはⅣとするのがよいと考えられる。外力に起因したひび割れの進行性が認められない場合にも、Ⅱaとして重点的な監視を行っていくことが望ましいが、ひび割れの程度が軽微で要因が外力か材質劣化か判別し難い状況であればⅡbとすることが考えられる。

#### (b)ひび割れ(材質劣化がひび割れの原因と考えられる場合)

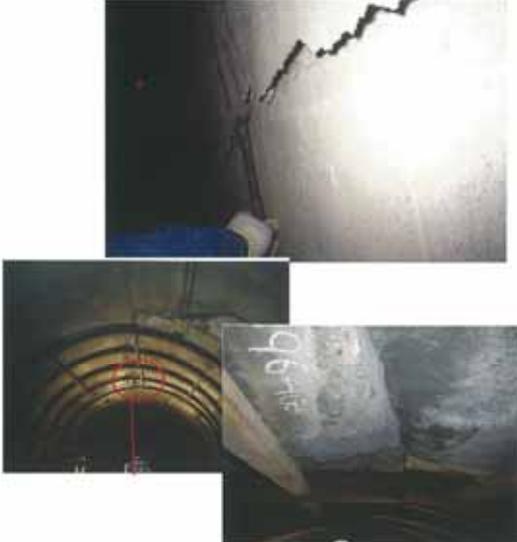
コンクリートの乾燥収縮等を原因とする材質劣化によるひび割れは、利用者の安全性やトンネルの機能に及ぼす影響が小さいことから、判定区分はⅠとする。

ただし、ひび割れの規模が比較的大きい場合、他の変状を助長することが懸念される場合、うき・はく離への進行が懸念される場合、坑門や耐震対策区間等の補強鉄筋区間において鉄筋腐食によるひび割れの発生が疑われる場合等、健全性の診断の区分に影響を及ぼすことが懸念されるひび割れについては、監視が必要となることからⅡbとする。

また、ひび割れ幅が著しく大きく、外力による変状が助長されることが懸念される場合は、表-1 (b)ひび割れ(材質劣化がひび割れの原因と考えられる場合)の判定区分にかかわらず措置の可否を個別に検討する。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-3

表-4 圧ざ, 外力によるひび割れに対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要
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
II	II b	 <p>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</p>
	II a	 <p>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</p>
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
備考		
ひび割れについては将来的な進行を考慮の上, 対策区分のいずれに該当するのかを決定することが考えられる。		

## 2)うき・はく離

うき・はく離による覆工コンクリート等の落下に関しては、表-5 を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-5 うき・はく離に対する対策区分

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
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
	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
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、早期に措置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

### 【対策区分の目安例】

うき・はく離部の落下の危険性は、ひび割れ等の状況や打音異常の有無で判断する。また、判定に際しては、外力によるひび割れ等によって発生したうき・はく離については変状区分の外力として、同じく材質劣化によるひび割れ等によって発生したうき・はく離については変状区分の材質劣化として対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

出典：道路トンネル定期点検要領（令和6年9月） 参-5

対策区分がⅡb～Ⅳに対する対策区分の目安例として、表-6 に示す。  
 なお、うき・はく離の判定は、打音検査時にたたき落としを行った後に実施する。

表-6 うき・はく離等に対する対策区分の目安例

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>補足1)補足2)</sup>	打音異常 <sup>補足5)</sup>	
			有	無
覆工	断面内	ひび割れ等はあるものの、進行しても閉合のおそれがない	Ⅱb	
		ひび割れ等は閉合してはいないものの、ひび割れの進行により閉合が懸念される	Ⅲ	Ⅱb
		ひび割れ等が閉合しブロック化 <sup>補足3)</sup> している	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化 <sup>補足4)</sup> している	Ⅲ, Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ
		覆工コンクリートや骨材が細片化している, あるいは豆板等があり材質劣化している	Ⅲ, Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

補足1)ひび割れ等が外力による場合は変状区分の外力として、材質劣化による場合は変状区分の材質劣化として対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

補足2)ひび割れ等とは、ひび割れ、コールドジョイント、横断目地、水平打継ぎ目等をいう。

補足3)ブロック化とは、ひび割れ等が単独またはひび割れと目地、コールドジョイント等で閉合し、覆工が分離した状態をいう。

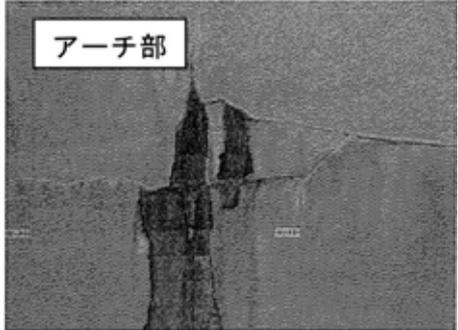
補足4)補修材等のうき・はく離については、本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため、発生位置等を考慮し、対策区分のいずれに該当するのかを決定することが考えられる。

補足5)打音異常が認められない場合、一般的には対策区分Ⅱbと考えられるが、下記の場合は対策区分ⅡaまたはⅢとするなどを検討することが考えられる。

- ・ ブロック化の面積が大きい場合
- ・ ひび割れの発生状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ ブロック化が進行している場合
- ・ 劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-6

表-7 うき・はく離に対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要	
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	
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
	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
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、早期に措置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	
備考			
覆工コンクリートのうき・はく落については、落下のおそれがある場合、アーチ部に比べ、側壁部では落下による利用者被害のおそれが低いこと等も勘案して対策区分のいずれに該当するのかを決定する。			

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-7

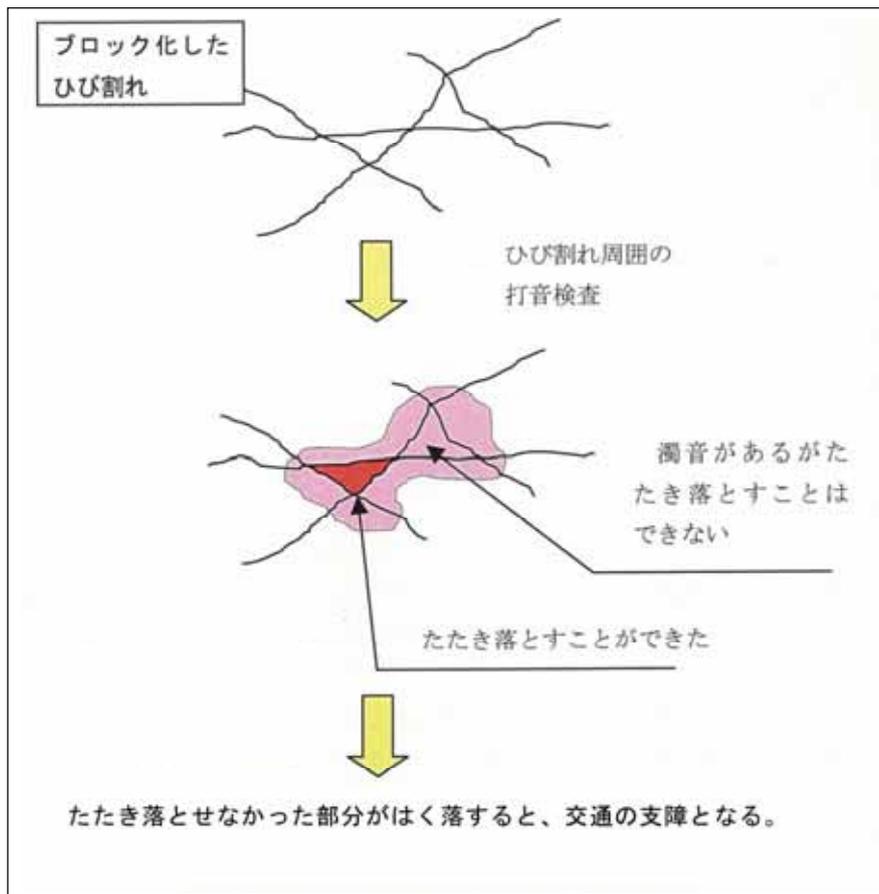


図-1 ブロック化したひび割れの例



写真-1 ブロック化したひび割れの例

3)変形, 移動, 沈下, 隆起

変形, 移動, 沈下, 隆起に関しては, 表-8 を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-8 変形, 移動, 沈下, 隆起に対する対策区分

I		変形, 移動, 沈下, 隆起が生じていない, またはあっても軽微で, 措置を必要としない状態
II	II b	変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が停止しているが, 監視を必要とする状態
	II a	変形, 移動, 沈下, 隆起しており, 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
III		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が見られ, 構造物の機能低下が予想されるため, 早期に措置を講じる必要がある状態
IV		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が著しく, 構造物の機能が著しく低下しているため, 緊急に対策を講じる必要がある状態

【対策区部の目安例】

トンネルの変形, 移動, 沈下, 隆起については変形速度が目安となる。変形速度の対策区分がII b~IVに対する対策区分の目安例として, 表-9 に示す。

ただし, 変形速度のみでは構造体の残存耐力を一義的に判断できないため, 変形速度が比較的ゆるやかな場合, 画一的な評価をとることが難しく, 変状の発生状況や, 発生規模, 周辺の地形・地質条件等を勘案し, 総合的に判断する必要があることに留意する。

表-9 変形速度に対する対策区分の目安例

対象箇所	部位区分	変形速度				対策区分
		10mm/年以上 (著しい)	3~10mm/年 (進行がみられる)	1~3mm/年 (進行がみられる~緩慢)	1mm/年未満 (緩慢)	
覆工 路面 路肩	断面内				○	II b, II a
				○		II a
			○	○		III
		○				IV

補足)変形速度 1~3mm の場合の判定例を下記に示す。

II a: 将来的に構造物の機能低下につながる可能性が低い場合

- ・ 変形量自体が小さい場合
- ・ 変形の外的要因が明確でないまたは進行も収束しつつある場合 等

III: 将来的に構造物の機能低下につながる可能性が高い状態

- ・ 変形量自体が大きい場合
- ・ 地山からの荷重作用が想定される場合(変形の方向が斜面方向と一致するなど)

出典: 道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-9

表-10 変形, 移動, 沈下に対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要	
I		変形, 移動, 沈下, 隆起が生じていない, またはあっても軽微で, 措置を必要としない状態	
II	II b		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が停止しているが, 監視を必要とする状態
	II a		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, 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
III		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が見られ, 構造物の機能低下が予想されるため, 早期に措置を講じる必要がある状態	
IV		変形, 移動, 沈下, 隆起しており, その進行が著しく, 構造物の機能が著しく低下しているため, 緊急に対策を講じる必要がある状態	
備考			
<p>変形, 移動, 沈下, 隆起に対する判定は個々のトンネルのおかれている状態や特徴を理解した上で, 総合的な観点から対策区分のいずれに該当するのかを決定する。 変形等の進行性は, 必要に応じて地山挙動等も調べた上で評価する。</p>			

出典: 道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-10

#### 4)鋼材腐食

覆工の補修対策等で用いられている鋼材において、鋼材腐食に関しては、表-11を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-11 鋼材腐食に対する対策区分

I	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	
II	II b	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
	II a	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
III	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、早期に措置を講じる必要がある状態	
IV	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	

補足)鉄筋コンクリート構造で、鉄筋が露出している箇所を含む。

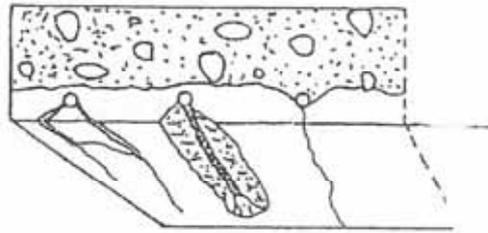
出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-11

表-12 鋼材腐食に対する対策区分別変状例

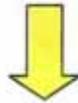
対策区分	変状写真	変状概要	
I		鋼材腐食が生じてない、またはあっても軽微なため、措置を必要としない状態	
II	II b		表面的あるいは小面積の腐食があるため、監視を必要とする状態
	II a		孔食あるいは鋼材全周のうき錆がみられるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III		腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が損なわれているため、早期に措置を講じる必要がある状態	
IV		腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が著しく損なわれているため、緊急に対策を講じる必要がある状態	
備考			
坑門コンクリートのように、鋼材が構造部材として使用されている場合、また、坑口部で鉄筋が使用されている場合は、その影響を考慮して対策区分のいずれに該当するのかを決定する必要がある。			

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-12

[ひび割れ、はく落がみられ鉄筋が露出している。]



はく落している  
周囲の打音  
検査



ういている箇所はできるだけたたき落としたが、残存しており、ひび割れも伴う。コンクリートも全体に劣化しておりはく落した場合は交通の支障となる。

図-2 鋼材腐食の例



写真-2 鋼材腐食の例

5) 巻厚の不足または減少, 背面空洞

巻厚の不足または減少に関しては, 表-13 を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-13 有効巻厚の不足または減少に対する対策区分

I		材質劣化等がみられないか, みられても, 巻厚の不足または減少がないため, 措置を必要としない状態
II	II b	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	材質劣化等により巻厚が不足または減少し, 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		材質劣化等により巻厚が不足または減少し, 構造物の機能が損なわれたため, 早期に措置を講じる必要がある状態
IV		材質劣化等により巻厚が著しく不足または減少し, 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

また, 巻厚不足と背面空洞の双方が確認された場合には, 突発性の崩壊のおそれがあるため表-14 を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-14 突発性の崩壊のおそれに対する対策区分

I		覆工背面の空洞が小さいもしくはない状態で, 巻厚が確保され, 措置を必要としない状態
II	II b	—注)
	II a	アーチ部または側面の覆工背面に空洞が存在し, 今後, 湧水による地山の劣化等により背面の空洞が拡大し, 構造物の機能が損なわれる可能性があり, 予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III		アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し, 背面の地山の落下により構造物の機能が損なわれる可能性が高いため, 早期に措置を講じる必要がある状態
IV		アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し, 有効な巻厚が少なく, 背面の地山の落下により構造物の機能が損なわれる可能性が極めて高いため, 緊急に措置を講じる必要がある状態

注) 突発性の崩壊のおそれに対しては, II b の対策区分はない。

出典: 道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-14

【対策区分の目安例(巻厚の不足又は減少)】

巻厚の不足または減少は、おもに、覆工コンクリートの材質劣化の進行にともなって生じる場合、または、覆工コンクリートの施工時に型枠内に十分にコンクリートが充填されずに巻厚が設計値より不足する場合により生じると考えられる。

このような現象は特に矢板工法によって建設されたトンネルに対して留意すべき事項である。

覆工コンクリートの表面に不規則なひび割れがみられている場合や、打音検査により異音が確認された場合、あるいは規模が大きい豆板等が見られている場合等においては、材質劣化や凍害により巻厚が不足または減少していると想定される覆工スパンや箇所を対象に、必要に応じて定期点検時にボーリングや非破壊検査等によって巻厚調査や覆工コンクリート強度に関する調査を計画的に行うことが望ましい。

設計巻厚に対する有効巻厚の比に関して、対策区分がⅡ～Ⅳに対する対策区分の目安例として、表-15 に示す。

表-15 巻厚の不足または減少に対する対策区分の目安例(矢板工法の場合)

箇所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚			対策区分
		1/2 未満	1/2 ～2/3	2/3 以上	
アーチ・側壁	経年劣化 凍害 アルカリ骨材反応 施工の不適切など			○	Ⅱb
			○		Ⅱa, Ⅲ
		○			Ⅲ, Ⅳ

補足)有効巻厚／設計巻厚が 1/2 未満は対策区分Ⅲ, 1/2～2/3 は対策区分Ⅱa を基本とするが、巻厚不足に起因するひび割れや変形の発生が認められる場合、対策区分をそれぞれⅣ, Ⅲへ1ランク上げて対策区分を決定することが考えられる。なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は 15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。

【対策区分の目安例(突発性の崩壊のおそれ)】

巻厚不足および背面空洞が確認されるトンネルでは、突発性の崩壊のおそれがある。突発性の崩壊とは、見かけ上の変状が小さい状況で、覆工が突然に崩壊することをいう。過去の事例では、とくに矢板工法のトンネルにおいてアーチ部の背面空洞が深さ 30cm 程度以上あり、有効な巻厚が 30cm 以下で、背面の地山が岩塊となって崩壊し、突発性の崩壊に至った事例がある。突発性の崩壊のおそれについては背面空洞の位置と規模、ならびに巻厚不足が目安となる。突発性の崩壊のおそれに対する対策区分の目安例を表-16 に示す。ただし、突発性の崩壊のおそれについては、近接目視や打音検査のみでは把握することが困難となることが多いため、予防保全の観点から非破壊検査等によって覆工巻厚や背面空洞を把握することが望ましい。また、画一的な評価をとることが難しく、変状の発生状況や、発生規模、周辺の地形・地質条件等を勘案し、総合的に判断する必要があることに留意する

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-15

表-16 突発性の崩壊のおそれに対する対策区分の目安例<sup>補足 1)</sup>

背面空洞深さ 覆工巻厚(有効巻厚)	大 <sup>補足 2)</sup> (30cm 以上程度)	小 (30cm 未満程度)
小 (30cm 未満程度)	Ⅲ, Ⅳ <sup>補足 3)</sup>	— <sup>補足 5)</sup>
大 (30cm 以上程度)	Ⅱ a, Ⅲ <sup>補足 4)</sup>	

補足 1)本表は矢板工法による道路トンネル(二車線程度)を想定した場合の目安例である。

補足 2)対策区分の決定にあたっては、背面空洞および巻厚不足箇所の平面的な広がりも考慮する。

補足 3)地山の状態や覆工の性状が比較的良好な場合は、Ⅲとして対策区分の決定をすることができる。

補足 4)背面空洞が側面の場合、あるいは地山の状態や覆工の性状が比較的良好な場合は、Ⅱ a として対策区分の決定をすることができる。

補足 5)背面空洞の深さが 30cm 程度未満の場合は、覆工の性状、覆工背面の土砂等の堆積、漏水の状態を考慮して対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和 6 年 9 月) 参-16

表-17 巻厚の不足または減少に対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要
I		材質劣化がない。 巻厚の減少を伴わない材質劣化である。
II	II b	 <p>凍害による巻厚減少</p>
II	II a	
III	 <p>ひび割れ沿いの凍害によるはく離での巻厚減少</p>	<p>巻厚/設計巻厚 = 1/2 ~ 2/3 で、巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められる。 巻厚/設計巻厚 = 1/2 未満で、巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められない。</p>
IV	—	<p>巻厚/設計巻厚 = 1/2 未満で、巻厚の減少によるひび割れや変形が認められる。</p>
備考		
<p>本表は参考例であり、トンネルの立地条件や変状状況に応じて対策区分は異なることがある。たとえば、設計巻厚 50cm 実巻厚 60cm で、設計基準強度以下の部分が 20cm の場合には巻厚は 40cm であり、このときの劣化度合いは 2/3 以上となる。ただし巻厚として 30cm を確保できない場合は、対策区分Ⅲについては他の要因も考慮して対策区分の決定をする。</p>		

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-17

6)漏水等による変状

漏水等による変状に関しては、表-18 を参考に対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-18 漏水等による変状に対する対策区分

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、早期に措置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

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-18

【対策区分の目安例】

漏水等による変状について、対策区分がⅡb～Ⅳに対する対策区分の目安例として表-19に示す。

表-19 漏水等による変状に対する対策区分の目安例

箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		対策区分 <sup>補足3)</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>補足1)</sup>	
アーチ	漏水 <sup>補足2)</sup>				○		○	Ⅱb
				○		○		Ⅱa
			○			○		Ⅲ
		○				○		Ⅳ
	つらら						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
側壁	漏水 <sup>補足2)</sup>		○	○	○		○	Ⅱb
				○		○		Ⅱa
			○			○		Ⅱa
		○				○		Ⅲ
	側氷						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
路面	土砂流出						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
	滞水 <sup>補足2)</sup>						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
	凍結						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ

補足 1)「無」は、安全性にほとんど影響がないことを表す(安全性に影響がない場合の対策区分は一般的にⅠとなる)。

補足 2)変状種類における漏水が、冬期においてつららや側氷が生じたり、滞水が凍結する可能性があることを考慮する。

補足 3)土砂流入等による排水機能の低下が著しい場合、路面・路肩の滞水による車両の走行障害が生じている場合、路床路盤の支持力低下が顕著な場合、舗装の劣化、氷盤の発生、つらら、側氷等による道路利用者への影響が大きい場合は対策区分を1ランク上げて対策区分を決定することが考えられる。

また、対策区分の決定にあたっては、降雨の履歴や規模、及び部位区分の影響を考慮することが望ましい。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-19

表-20 漏水等による変状に対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要	
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		コンクリートのひび割れ等から漏水の流下があり、利用者の安全性を損なう可能性があるため、早期に措置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、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	
備考	<p>漏水範囲の拡大や漏水量の増加は、背面の地山の緩みや降水量の増加と関連がある。特に前者の場合は地山の緩みの増加によって透水のしやすさが促進したり、地山が浸食されたりするケースがあるので、突発性の崩壊の防止をはかる観点から検討及び対策区分のいずれに該当するのかを決定する。</p>		

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-20

表-21 漏水(つららや側氷の可能性がある場合), 滞水に対する対策区分別変状例

対策区分	変状写真	変状概要
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	 <p data-bbox="879 443 1410 790">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</p>
	II a	 <p data-bbox="879 790 1410 1131">排水不良により、舗装面に滞水を生じるおそれがあるため、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</p>
III		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があるため、早期に措置を講じる必要がある状態
IV		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
備考		

路面の滞水は単に車両走行の障害を招くのみでなく、路床路盤の支持力を低下させ、舗装そのものの破壊を招いたり、寒冷地では冬期に氷盤を発生させやすいことを踏まえ対策区分のいずれに該当するのかを決定する。

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-21

## ②附属物

### 1)異常判定区分

附属物に関しては、表-22 を参考に異常判定区分のいずれに該当するのかを決定する。

表-22 定期点検による附属物等の取付状態の異常判定区分一覧表

異常の種類	異常判定区分「×」	附属物 本体	取付部材	ボルト・ナット アンカー類
破断	破断が認められ、落下するおそれがある場合		●	●
緩み, 脱落	緩みや脱落があり、落下するおそれがある場合			●
亀裂	亀裂が確認され、落下するおそれがある場合	●	●	●
腐食	腐食が著しく、損傷が進行するおそれがある場合	●	●	●
変形, 欠損	変形や欠損が著しく、損傷が進行するおそれがある場合	●	●	
がたつき	がたつきがあり、変形や欠損が著しく、落下するおそれがある場合	●	●	

●:該当箇所

### 2)留意点

- ・ 定期点検の際には、現地にて前回の定期点検時の点検結果を携行し、前回定期点検の異常と照合しながら異常の進行性を把握する必要がある。
- ・ また、附属物本体を構成する各部についても、落下による利用者への影響が懸念される異常が確認される場合には、異常ありと異常判定区分の決定・記録し適切に措置を講じる。
- ・ ボルトの緩みを締め直しする応急措置が講じられ、利用者被害の可能性はなくなった場合でも、締め直しを行った記録を行うことが望ましい。
- ・ 灯具の取付部材に多数の異常が確認され、附属物自体の腐食や機能低下も進行している場合などは、設備全体を更新するなどの方法も含め、個別に対応を検討することが望ましい。
- ・ 腐食の進行などにより、近い将来破断するおそれがあるものについては「×」とする。
- ・ 取付部材等に異種金属接触腐食が生じている場合は、局所的に腐食が進行し、脱落の原因となるおそれがあることに留意する。
- ・ アンカーボルト付近に生じた覆工コンクリートのひび割れが脱落の原因となるおそれがあることに留意する。

出典:道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-22~23

表-23 附属物等の取付状態に対する異常判定区分「×」の例

判定区分	異常写真	異常概要
×		<p>【取付部材】 取付部材の腐食・欠損 落下の危険性がある</p>
×		<p>【ボルト・ナット】 ボルト・ナットの腐食 落下の危険性がある</p>
×		<p>【照明本体取付部】 照明取付部材の腐食・遊離石灰の付着 落下の危険性がある</p>
×		<p>【内装板取付部材】 内装板取付部材の腐食・欠損 落下の危険性がある</p>

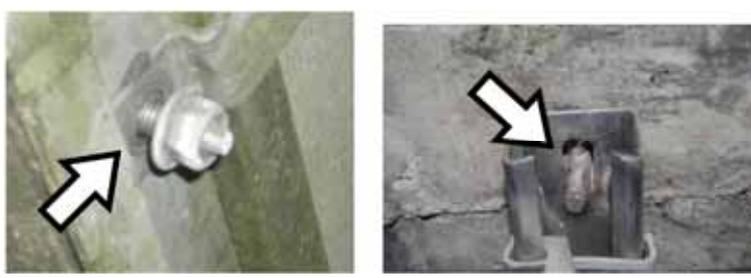
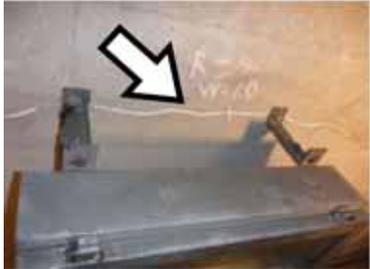
出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-24

表-24 附属物等の取付状態に対する異常判定区分「×」の例

判定区分	異常写真	異常概要
×		<p>【取付部材】 取付部材の変形, はずれ 落下の危険性がある</p>
×		<p>【ボルト・ナット】 ボルト・ナットの腐食 落下の危険性がある</p>
×		<p>【照明本体取付部】 照明取付部材の腐食 落下の危険性がある</p>

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-25

表-25 附属物等の取付状態に対する異常判定区分「×」の例

判定区分	異常写真	異常概要
×		<p>【取付部材】 配管の取付部材の腐食、亀裂、欠損 落下の危険性がある</p>
×		<p>【ボルト・ナット】 ボルト・ナットの緩み、脱落 落下の危険性がある</p>
×		<p>【ボルト・ナット】 ボルト・ナットの亀裂 落下の危険性がある</p>
×		<p>【照明本体取付部】 照明本体取付部の覆工 コンクリートのひび割れ 落下の危険性がある</p>
×		<p>【取付部材】 配管や照明等の取付部材の変形・欠損 落下の危険性がある</p>

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-26

表-26 附属物等の取付状態に対する異常判定区分「×」の例

判定区分	異常写真	異常概要
×		<p>【取付部材】 内装板の取付金具の腐食, 欠損</p> <p>パネルの落下の危険性がある。</p>
×		<p>【取付部材】 内装板のパネルの脱落</p> <p>パネルの落下の危険性がある。</p>
×		<p>【取付部材】 内装板の取付金具の脱落</p> <p>パネルの落下の危険性がある。</p>

出典：道路トンネル定期点検要領(令和6年9月) 参-27

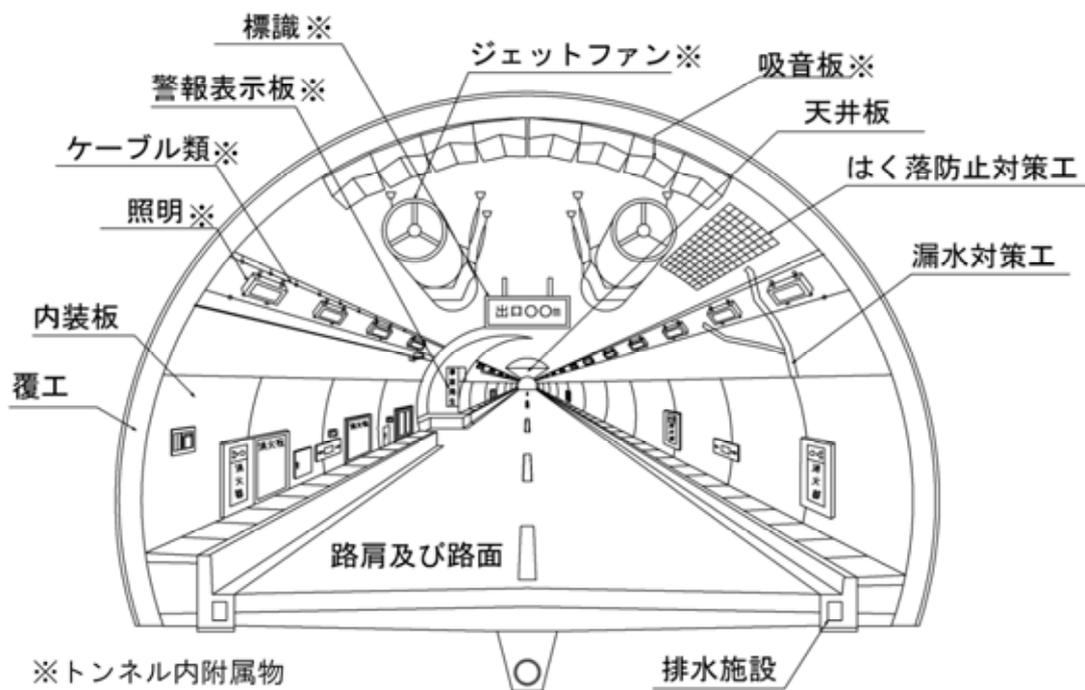
## 付録1-2 国土交通省提出様式(道路トンネル)の記録の手引き

### 様式1の記録の手引き

本様式は、施設諸元等に加えて、道路トンネルの健全性の診断の区分を記録することを想定している。加えて、道路トンネルの措置の必要性を検討するうえで参考となる変状・異常箇所図や変状毎での措置の必要性等を参考として記録できるようにしている。

#### 1. 定期点検対象箇所例

##### 【対象箇所】



定期点検対象箇所例(トンネル内)



定期点検対象箇所例(トンネル坑口部)

出典：道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月) P14

## 2. トンネル本体工の変状

変状現象の要因を以下の 3 つに区分(外力, 材質劣化, 漏水)に分類し, 多くのトンネルで今まで行ってきたように措置の必要性(Ⅱ～Ⅳ)を参考として記録する。

- ・ 外力とは, トンネルの外部から作用する力であり, 緩み土圧, 偏土圧, 地すべりによる土圧, 膨張性土圧, 水圧, 凍上圧等の総称をいう。
- ・ 材質劣化とは, 使用材料の品質や性能が低下するものであり, コンクリートの中酸化, アルカリ骨材反応, 鋼材の腐食, 凍害, 塩害, 温度収縮, 乾燥収縮等の総称をいう。
- ・ 漏水とは, 覆工背面地山等からの水が, トンネル坑内に流出することであり, 覆工や路面の目地部, ひび割れ箇所等の水流出の総称をいう。

## 3. 附属物の取付状態の異常

トンネル内附属物の取付状態の異常は, 「○」(対策を要さないもの)と「×」(早期に対策を要するもの)の2区分に大別し, 参考として記録する。

出典: 道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和 6 年 3 月) P15

## 様式2の記録の手引き

本様式は、様式1の健全性の診断の区分や様式3の道路トンネルの健全性の診断の区分に関わる所見の根拠となる点検時点で把握したトンネルの状態について記録するためのものである。

記録にあたっては、以下のように記録することを想定している。

- ・ 道路トンネル全体の健全性の診断の区分に係る不具合がわかるように、トンネルに生じた変状等の写真を添付する。
- ・ 変状部位における対象箇所、部位区分の例を表1に示す。
- ・ 道路トンネルの状態や変状の原因を推定するにあたっては、たとえば表2に示すような変状を少なくとも考慮するとよい。
- ・ 変状写真に対策区分の判定結果を併記することで根拠が明確になると考えられる。
- ・ 変状の発生範囲の規模や応急措置を行う前の変状の判定区分を記録しておくことで、次回の定期点検その他維持管理の参考になる。
- ・ この様式例では、監視や対策などの措置の記録は別途行うことを想定している。

なお、法令のとおり、措置を講じたとき道路管理者はその内容を記録し、当該道路トンネルが利用されている期間中はこれを保存する必要がある。ただし、記録の内容や項目、様式等については法令上定めがなく、定期点検の記録と同様に各道路管理者が定めるものである。

表1 対象箇所・部位区分の例

対象箇所	部位区分
覆工	アーチ、側壁、横断目地、水平打ち継ぎ目、面壁・妻壁等、その他
坑門	面壁・妻壁等、その他
内装板	側壁、その他
天井板	車道側、ダクト側、その他
路面	車道、歩道、監査歩廊、側溝、その他
その他	その他

出典：道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説：運用標準)(令和6年3月) P16

表2 変状の種類例

材料の種類	変状の種類
コンクリート部材	圧ざ, ひび割れ, うき・はく離, 鋼材腐食, その他
鋼部材	鋼材腐食, 亀裂, 破断, 緩み, 脱落, その他
その他	変形・移動, 沈下, 隆起, 背面空洞, 巻厚の不足または減少, 漏水, 滞水, 土砂流出, 補修・補強材の破損, 変形・欠損, がたつき, その他

出典: 道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月) P17

## 様式3の記録の手引き

本様式は、様式1の「健全性の診断の区分」にあたって考慮される予防保全の必要性の観点や健全性の診断の区分の前提条件を踏まえた所見を記録するためのものである。以下のように記録することを想定している。

### 1. 所見

所見には、「健全性の診断の区分」の決定に大きく関わる技術的見解について、措置に対する考え方との関連性がわかるように記載する。

一般には、以下の内容を含むとともに、これらの措置の必要性に関する技術的な評価から、次回定期点検までの措置に関する総合的な所見を記載することとなる。

なお、規制や監視の実施を前提として健全性の診断の区分を行ったなど、考慮した前提条件や仮定がある場合には、それらについても記録する。

以降に示す、2. 健全性の診断の区分の前提、3. 特定事象を踏まえたうえで、どのように「健全性の診断の区分」の決定に反映される措置の考え方が妥当なものとして導き出されるのかについて技術的見解などの根拠が記載されていることが特に重要である。

#### 1) 変状・異常の内容とそれが確認された部材・部位(客観的事実)

- ・ 技術的な評価の根拠となる点検で把握した状態(変状の種類・位置・性状)

#### 2) 変状等の原因(推定)

- ・ 変状の原因、進行の可能性の推定。その根拠として点検で把握した状態や参考にした情報

#### 3) 施設の現状と次回定期点検まで及び将来における構造物の状態(推定)

- ・ 道路トンネルの構造物としての安全性や安定の推定
- ・ 該当する特定事象の状態も勘案した、予防保全の必要性や長寿命化の実現などの観点から経年的劣化に対する評価
- ・ 道路利用者被害の発生の可能性

#### 4) 措置の必要性の判断に関わる事項

- ・ 道路トンネルの状態に関する技術的な観点での所見及び道路トンネルの置かれる状況も勘案して、健全性の診断の区分の決定に考慮された措置の必要性に関する技術的観点からの見解
- ・ 措置の緊急性の有無
- ・ 状態の把握により得た情報の精度に基づく構造物としての安全性や安定、耐久性などの見込み違いの可能性など、詳細調査や追跡調査の必要性の有無

#### 5) その他、次回定期点検へ引き継ぐ事項等

- ・ 措置や次回定期点検に向けて必要に応じて記録しておくのがよい事項等

出典：道路トンネル定期点検要領(技術的助言の解説・運用標準)(令和6年3月) P18

## 2. 健全性の診断の区分の前提

状態の把握は、近接目視による外観性状の把握、打音、触診が基本である一方、近接目視により状態が把握できない部位・部材もある。状態の把握の精度が道路トンネルの技術的な評価に影響を及ぼすことから、健全性の診断の区分にあたって、近接目視により状態が把握できない部位・部材がある場合は、健全性の診断の区分の前提条件として記録する。

また、点検支援技術や非破壊検査技術等を活用する場合は、その部位・部材について記録するとともに、今後の検証が可能となるように使用機器等の情報を記録する。

## 3. 特定事象

定期点検では、基本的に次回の定期点検までの間に遭遇する状況に対してどのような状態となる可能性があるのかを主たる根拠として健全性の診断の区分が行われることとなる。

道路トンネルでは、一般に5年程度の期間における環境作用などによる経年的影響のみではトンネルの状態が大きく変化することは少なく、点検時点の状態を主たる根拠として健全性の診断の区分を行えばよいことが一般的である。

しかし、例えば、有害水(酸性水等)により覆工の劣化に至り、それが急速に進行する可能性が特に懸念されるような場合には、次回の定期点検までにこれらの影響による急速な状態の変化が生じる可能性も疑う必要があることとなる。

その一方で、このような事象は、着実に劣化が進行することが多く、適切な時期に適切な措置を行うことで予防保全効果が期待できることもあると考えられる。

また、地すべりや膨張性地山は、定期点検時点の確認だけでは把握が困難な状態の変化が生じる可能性がある現象であり、そのような危険性がある場合には、地震や豪雨後には必要に応じて状態の確認を行ったり、予防的な措置の検討が行われることもある現象である。

これらを踏まえて、所見では、これまでの知見から、これらの条件に該当しているかどうかを把握していることが効果的な維持管理を行う上で重要と考えられる「特定事象」について、合理的な維持管理に資する目的で記録しておく。

なお、定期点検では近接目視が基本とされており、これらの特定事象に対して定期点検の一環としてどこまでの状態の把握や情報の取得を行うのかについては、道路管理者の判断による必要があるが、得られた情報を反映した最新の評価が記録されていることが重要である。

特定事象の例を以下に示す。

### 1) 地すべり

地すべりによって、トンネルが変状する状態。トンネルとすべり面の位置関係により変状の発生形態が異なる。

### 2) 膨張性地山

トンネル周辺の地山が内空を縮小するように押し出してくるような地質が原因で、トンネルが変状する状態。ひび割れや段差・盤ぶくれが発生することがある。

### 3) 有害水(酸性水等)

背面地山中の地下水に火山地帯にみられる酸性水等の影響で覆工劣化が生じる状態。

### 4) その他

道路管理者において、予防保全の観点や中長期的な計画の策定など、維持管理上特別な扱いを行う可能性のある事象。

## 参考資料

### 1. 走行型計測(画像計測)

#### 1.1 走行型計測(画像計測)

本計測は、走行型計測を実施していないトンネルについて実施するが、新設トンネルなどひび割れがほとんどなく、走行型計測の有効性が低いトンネルについては省略する。なお、走行型計測実施の判断は島根県土木部道路維持課が行う。

##### 1.1.1 計測概要

デジタルビデオカメラ等を搭載した計測車両を用いて、トンネルを規制することなくトンネル内を走行しながらトンネル覆工を連続撮影し、覆工表面の連続画像を作成する。

さらに、覆工連続画像から、ひび割れをトレースすることにより、ひび割れ展開図を作成し、定量的な高精度なデータを得ることが可能である。覆工表面の連続画像を写真-1.1、連続画像からトレースした展開図を図-1.1 に示す。



写真-1.1 覆工表面の連続画像

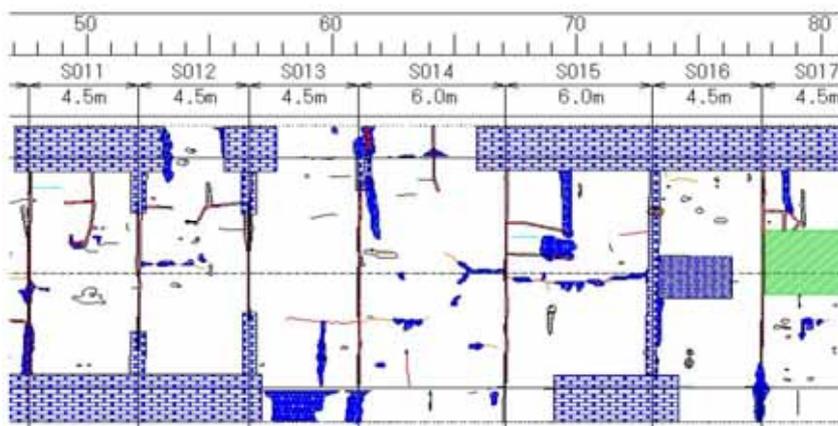


図-1.1 連続画像からトレースした展開図



写真-1.2 走行型計測撮影状況



## 1.2 ひび割れ定量評価

- ・ ひび割れ定量評価は、新規に画像計測を実施するトンネルを対象に実施する。
- ・ 走行型画像計測から得られるひび割れ情報を基礎資料として、トンネル健全度を定量評価する

### 1.2.1 本手法の概要

走行型画像計測から得られるひび割れ展開図を基礎資料として、机上にてトンネル健全度を定量評価する。下表に示す観察項目、評価区分及び評価点に基づき、構造安定性、利用者被害、各々の項目に対してひび割れ評価点を与える。

表-1.1 ひび割れ評価点

観察項目	評価区分		評価点	
			構造安定性	利用者被害
1 最大ひび割れ幅	なし	なし	0	0
	最大1mm程度	画像ひび割れ区分 ~1mm	4	3
	最大2mm程度	-	8	5
	最大3mm程度	画像ひび割れ区分 1~3mm	11	8
	最大3mm越	画像ひび割れ区分 3mm~	15	10
2 最大ひび割れ幅の延長	横断	なし	0	0
		1/4アーチ周長 未満	3	1
		1/4~1/2アーチ周長 未満	5	3
		1/2~1アーチ周長 未満	8	4
		1アーチ周長	10	5
	縦断	なし	0	0
		1/4スパン長 未満	6	2
		1/4~1/2スパン長 未満	12	3
		1/2~1スパン長 未満	17	5
		1スパン長	23	6
3 ひび割れ方向性	なし	なし	0	0
	70%以上横断方向	横断卓越型	4	2
	縦横断方向各々50%程度	縦横断拮抗型	7	4
	70%以上が縦断・斜め方向	縦断・斜め卓越型	11	6
4 ひび割れ密度	なし	なし	0	0
	密度~0.2m/m2未満	局部的	3	4
	密度0.2~0.5m/m2未満	全般に分散発生	7	7
	密度0.5m/m2以上	全般発生	10	11
5 ひび割れパターン	亀甲状	なし	0	0
		1m2未満	7	11
		1m2以上	14	22
	閉合	なし	0	0
		長辺20cm未満	4	12
		長辺20cm以上	7	23
	交差・分岐	なし	0	0
		4箇所以下	2	4
		5~9箇所以下	3	8
10箇所以上		5	12	
6 遊離石灰	なし		0	0
	ひび割れ長の20%程度	少ない	1	1
	ひび割れ長の50%程度	中程度(散在)	2	2
	ひび割れ長の70%程度	多い(全面分布)	3	3
7 漏水	なし		0	0
	あり		2	2

出典)トンネル覆工コンクリートの定量的な健全度評価基準土木学会論文集F  
Vol63 No.1,p86-96 2007.3 に加筆

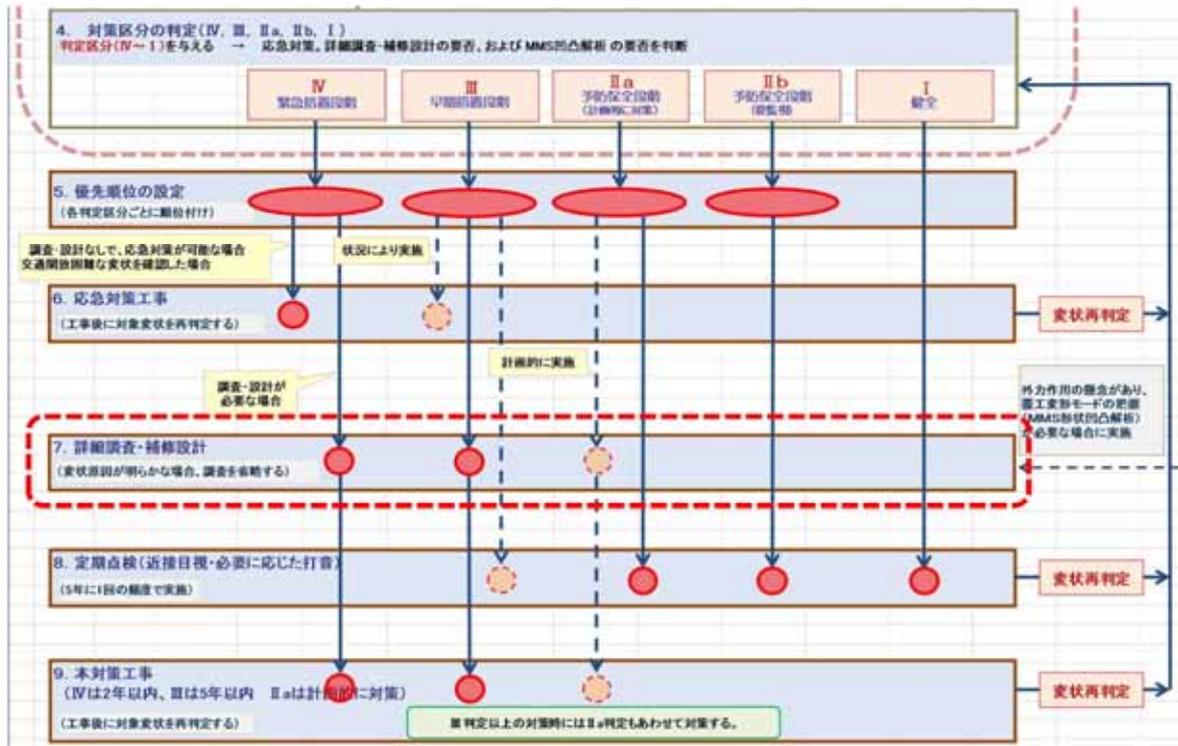


## 2. 詳細調査

### 2.1 詳細調査の概要

定期点検時の健全度評価の結果、対策区分がⅣ、Ⅲのうち、緊急性が高いトンネルについて、変状原因を明確にし、補修設計へ反映させるため、詳細調査を実施する。

(下図   参照)



変状原因の的確な推定は、対策要否及び合理的な対策計画につながるため、詳細調査の内容は調査技術者の意見を取り入れながら、慎重に選定する必要がある。

トンネルの変状から想定される調査内容の事例を以下に示す。

- ・ 覆工背面空洞, 巻厚不足等が懸念される場合  
→ 覆工レーダー探査, コア削孔, ファイバースコープ 等
- ・ 覆工材質に問題がある(劣化)と想定される場合  
→ 一軸圧縮強度試験, 中性化試験 等
- ・ トンネル周辺地山に問題があると想定される場合  
→ 地表地質踏査, ボーリング調査 等
- ・ トンネルの変形, 移動 等, 外力作用が懸念される場合  
→ MMS 凹凸解析, 測量, 変位計測 等

2.2 調査項目(概論)

詳細調査は、定期点検の結果から推定される変状原因に応じて選定する。選定時における目安を表-2.1 に示す。

表-2.1 変状原因と調査項目選定表  
 出典)日本道路公団試験研究所:トンネル変状調査マニュアル、p6~7、H10

変状調査			想定される変状原因																					
			外力発生・支持力不足					材料劣化			設計施工要因			その他										
分類	区分	調査項目	塑性圧	偏圧	緩み鉛直圧	地下水圧	支持力不足	地震	地すべり崩壊	近接施工	中性化	アルカリ骨材反応	凍害	鉄筋劣化	インバートなし	覆工巻厚	背面空洞	打継目不良	排水不良	漏水	土砂流入	その他		
既存資料調査			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
周辺地山・環境調査	地形・地質	踏査	○	○		○	○	○	○	○														
		地形測量		○						○	△													
		地すべり動態観測								○														
		ボーリング	○	○	○	○	○	△	○															
		孔内試験	○	○	○	○	○	△	○															
		物理検層	○	○	○	○	○	△	○															
	水文	地山試料試験	○	○		○	○																	
		流量測定				○															△	○	△	
		水温測定											○											
		水質検査										○												
環境	地下水位観測				○			○												△	○			
	降雨(雪)量				○			○												△	△			
	気温測定											○												
開発計画資料収集									○															
変状詳細調査	ひび割れ調査	目視調査	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
		ひび割れ密度測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ひび割れ進行測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ひび割れの深さ測定	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		舗装ひび割れ測定	○			△	○	△	○	△						○								
	トンネル変位測定	坑内変位測定		○			○	○	○															
		覆工内変位測定	○	○	○	○	○	○	○							○								
		覆工・舗装高さ測定	○	○		△	○	△	○	△						○								
		断面形状測定	○	○	○	○	○	○	○	○														
	トンネル構造調査 背面空洞調査	簡易ボーリング	○	○	○	○	○	△	△	△	○	○	○	○		○	○	○	△					
		覆工背面観察	○	○	○	○	○	△	△	△							○							
		打撃、打診法									○	○	○	○				○						
		電磁波法															○	○						
		覆工ひずみ測定	△	△	△	△	△	△	△	△	○													
	覆工材料劣化調査	強度試験	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△		○								
		中性化試験										◎			○									
		アルカリ骨材反応調査										◎												
		鉄筋腐食調査												◎										
	漏水調査	湧水量測定				○																○	○	
		土砂流入調査																					○	
		水質検査										△			△									○
		微生物被害調査																						○
	地山変位測定	地中変位測定	○	○	○	○	○	○	○	○														
地中傾斜計測定		○	○			○	○	○	○															
地表面変位測定									○															
トンネル内気温調査												○												

注1) ◎ 必須実施項目  
 ○ 標準実施項目  
 △ 必要に応じ実施する  
 注2) 既存資料調査により実施済みの項目は省略することができる

## 2.3 調査項目

トンネル詳細調査において一般的に実施されている調査事例を、以下に示す。

### 2.3.1 コア削孔(簡易ボーリング調査)

簡易ボーリング機を用いて、覆工を削孔し、覆工厚及び覆工背面の空洞確認を行う。採取したコンクリートコアは、コンクリートの品質試験に使用することが多い。

削孔径は、各種コンクリート試験用に $\phi 50$ 、 $\phi 100$ の2種類を予定する。

削孔径 $\phi 50$ ・・・中性化試験用

削孔径 $\phi 100$ ・・・一軸圧縮試験用

なお、ボーリング孔は水膨張性止水ゴム、モルタル等で復旧する。



写真-2.1 コア削孔状況



写真-2.2 簡易ボーリング機



写真-2.3 水膨張性止水ゴム

### 2.3.2 覆工巻厚調査(覆工レーダー探査)

レーダー探査機により、覆工コンクリート巻厚及び覆工背面の空洞有無を連続的に把握する。測定位置は、トンネルクラウン部及び両アーチ肩部の計3測線とする。



写真-2.4 覆工レーダー探査状況



写真-2.5 探査装置外観

表-2.2 探査測線位置(案)

L:トンネル延長

測線 No.	測線位置	探査数量
1	クラウンセンター部より左 2.5~3.0m 離れ	L
2	クラウンセンター部より 0.5m 離れ	L
3	クラウンセンター部より右 2.5~3.0m 離れ	L
3測線 合計		3L

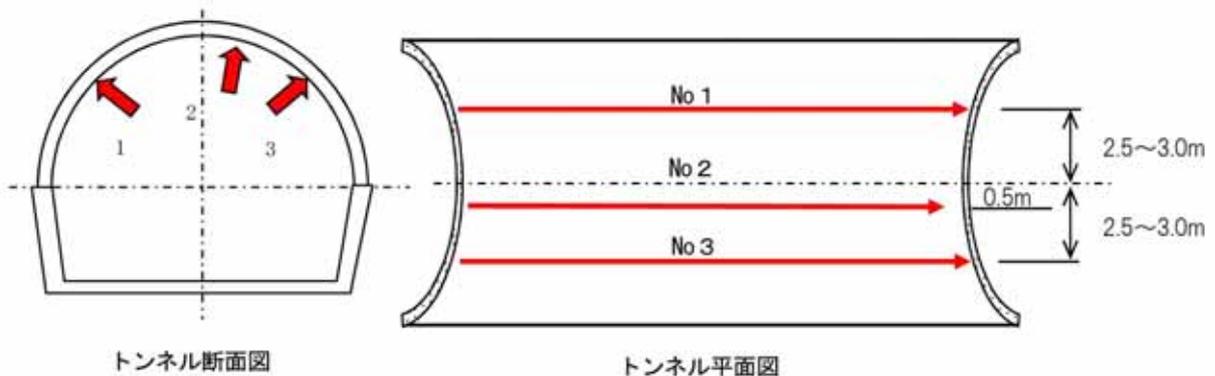


図-2.1 探査測線位置図(案)

※1 測線位置は、照明設備等添加物の状況など現場条件を確認して現地で最終決定する。

※2 片側交互規制内のため、第2測線は、クラウンセンターから0.5m程度シフトさせる。

【参考】調査時の周波数について

レーダー探査時の周波数は、通常調査を実施するトンネルは在来工法であることを考慮し、探査距離 1m 程度を目安として、400～600Mhz 程度の使用例が多い。

探査原理として、周波数が高いほど分解能が細かく、探査深度が小さくなる特性がある。事前に調査対象のトンネル性状(覆工巻厚、背面空洞等)を把握し、探査深度が不足しないように、周波数を設定する必要がある。

2. 3. 3 覆工背面調査

コア削孔を利用してファイバースコープ等を用い、覆工背面の地山状況や空洞を確認する。

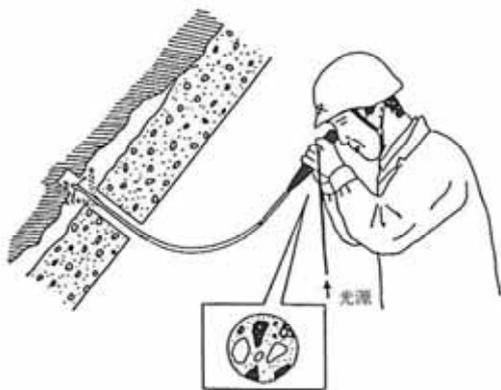


図-2.2 ファイバースコープ観察状況

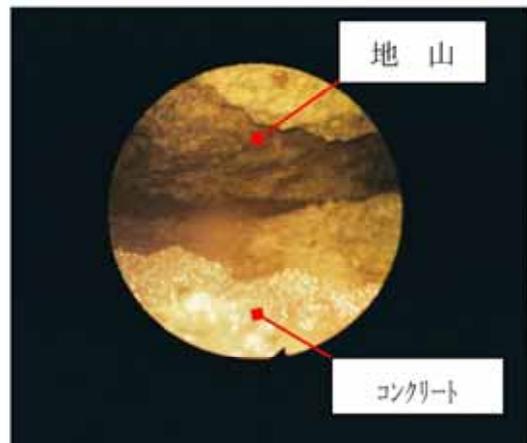


写真-2.6 背面状況例

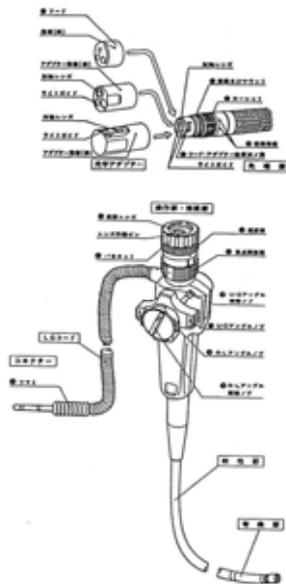


図-2.3 ファイバースコープ外観

## 2.3.4 コンクリート品質試験

コンクリートの品質を確保するため、採取したコアサンプルを用いて以下の試験を行う。

一軸圧縮強度試験(φ100)・・・JIS A 1107

中性化深さ試験(φ50)・・・JIS A 1152

※中性化深さ試験と一軸圧縮強度試験を兼用する場合は、中性化深さ試験  
φ50→φ100 とする。

※中性化深さ試験を単体で実施する場合は、φ50 とする。

### (1)一軸圧縮強度試験

一軸圧縮強度試験は、JIS A 1107「コンクリートからのコア及びはりの切り取り方法及び強度試験方法」に従って行う。試験の概要は次の通りである。

コンクリート供試体を、ダイヤモンド・カッターで直径の2倍の長さ切断し両面を研磨，硫黄にてキャッピングして試験供試体とする。

供試体に荷重を毎秒 2～3 kg f/cm<sup>2</sup>(0.19～0.29N/mm<sup>2</sup>)加え，破壊荷重を測定し圧縮強度を求める。



写真-2.7 一軸圧縮強度試験装置外観

《圧縮強度の算出式》

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ=圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

P=最大荷重 (kN)

A=断面積 (m<sup>2</sup>)

## (2)中性化深さ試験

中性化深さ試験は、覆工コンクリートの中性化状態を把握し、中性化の進行度合いを確認することを目的としている。補強鉄筋が設置されている場合は、中性化の進行度合いによっては被りコンクリートの剥落が発生する可能性がある。

中性化深さ試験は、採取したコアにフェノールフタレイン1%アルコール溶液(JIS K8006)を噴霧し、その反応によりコンクリート表面から紅色変色域(pH8.2~10.0 以上)に至る無色反応深さを4点測定しその平均を中性化深さとする。

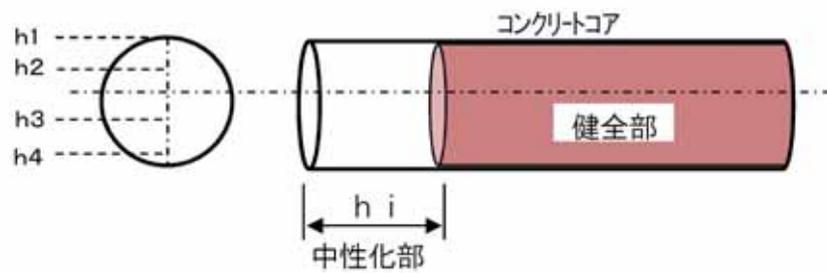


図-2.4 中性化モデル



写真-2.8 中性化試験状況

### 2.3.5 ひび割れ継続調査

ひび割れの進行性把握が必要な場合は、ひび割れ継続調査を実施する。

ひび割れ測定の頻度、測定期間の目安は以下の通りである。

- ・ 測定頻度：設置後3ヶ月 - 1回/1月  
          : 3ヶ月以降 - 1回/3月  
          : 12ヶ月以降 - 1回/6月
- ・ 測定期間：ひび割れは2年程度、内空変位は1～2年程度

なお、顕著な変状が確認される場合は測定頻度を増加させる。

また、豪雨や地震(震度4以上)直後は追加の測定を行う。

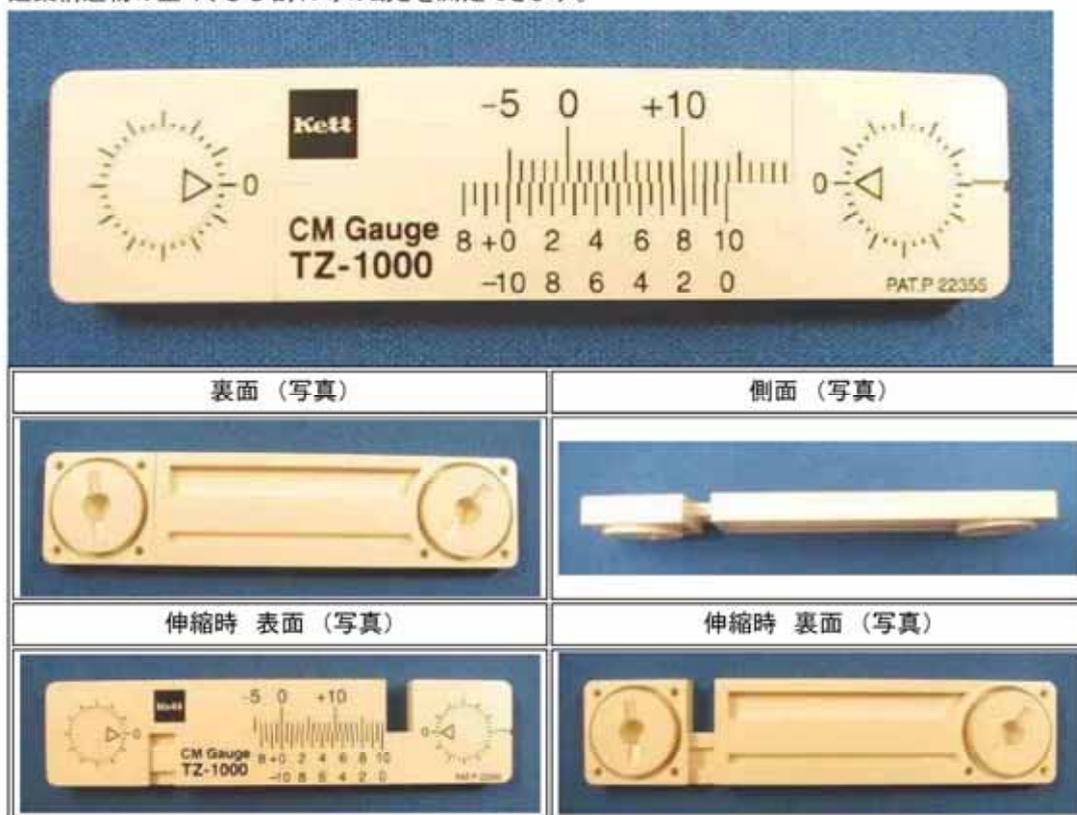
出典)「道路トンネル維持管理便覧」H5 日本道路協会

ひび割れ計測の代表的な計器を下図に示す。

#### (1)簡易ひび割れ測定ゲージ

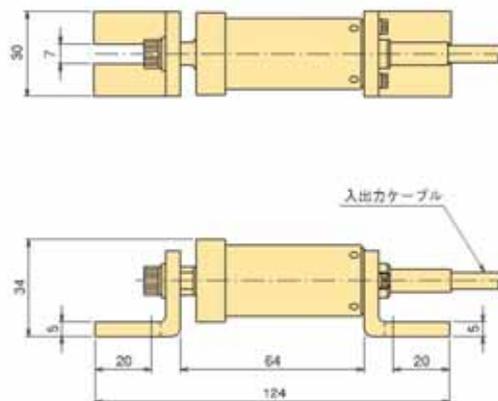
##### ■ CMゲージ(クラックムーブメントゲージ) TZ-1000

TZ-1000は建造物に生じたひび割れの幅、挙動変化を計測する簡易ひび割れ測定ゲージです。対象となるひび割れ上に貼り付け、定期的に計測することで、0.05mm単位の微小な挙動が確認できます。土木、建築構造物の歪み、ひび割れ等の動きを測定できます。



## (2) 亀裂計

# KG-A 亀裂変位計 ±2/±5A



コンクリート表面のクラックや打継目にまたがせて表面の開口変位を測定する変位計です。防滴構造のため、長期にわたる屋外測定でも安定した測定が可能です。取付けにはアンカボルト（KGF-11）または取付コマ（KGF-31）を用います。熱電対を内蔵した測温機能付もあります。

保護等級 IP 65相当

### ■特長

- 防滴構造
- 長期にわたる優れた安定性
- 高感度、高精度
- 小型で取扱いが簡単

### ■仕様

型名	KG-2A	KG-5A
容量 (mm)	±2	±5
定格出力	約1.5mV/V (3000×10 <sup>-6</sup> ひずみ)	約2mV/V (4000×10 <sup>-6</sup> ひずみ)
感度 (×10 <sup>-6</sup> ひずみ/mm)	約1500	約800
非直線性	0.5% RO	1% RO
測定力	15N (1.5kgf)	
許容温度範囲	-20～+60℃	
入出力抵抗	350 Ω	
推奨印加電圧	2V以下	
許容印加電圧	5V	
入出力ケーブル	φ6mm 0.35mm <sup>2</sup> 4心シールドクロロブレンケーブル 2m 先端ばら線	
質量	180g	

### (3)温度計

ひび割れの進行性評価に際して、温度の季節変化に起因する覆工コンクリートの膨張性、収縮を考慮した温度補正が必要である。下記に計測器のサンプルを示す。

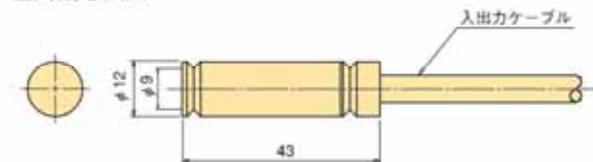
## KT-110A 温度計



内部の受感素子に特殊温度ゲージを用いた温度計です。防水性が高く、コンクリートや土中への埋込に適しています。施工管理や安全管理において温度管理が重要な測定に用いられます。4ゲージブリッジ法を使用していますので、通常のひずみ測定器で簡単に相対温度の測定ができるだけでなく、インシャル値入力ができる測定器に温度計の添付データ(ゼロバランス値)を入力することにより実温度の測定もできます。

保護等級：IP 68相当

#### ■外觀寸法図



#### ■仕様

型名	KT-110A
容量	-30~+80℃
感度	約130X10 <sup>-3</sup> ひずみ/℃
測定誤差	±0.3℃
入出力抵抗	350Ω 4ゲージ法
入出力ケーブル	φ6mm 0.35mm <sup>2</sup> 4心シールドクロロブレンケーブル 2m 先端ばら線
質量	20g

## 熱電対



熱電対は2種の異なる金属線を接続し、その両方の接点に温度差を与えると熱起電力が生じる原理(ゼーベック効果)を利用した温度計です。

この温度と熱起電力の関係が明確になっているので、一方の接点を開いて作った2端子間に測定器を接続し、熱起電力を測定することにより、温度が測定できます。

型名	熱電対の種類	心線の直径 (mm)	被覆	被覆の色	被覆の耐熱温度(℃)	1巻の長さ (m)	備考
T-G-0.32	T	0.32	耐熱ビニール	茶	約100	100	
T-G-0.65	T	0.65	耐熱ビニール	茶	約100	100	
T-6F-0.32	T	0.32	テフロン	茶	約200	100	
T-6F-0.65	T	0.65	テフロン	茶	約200	100	
T-GS-0.65	T	0.65	耐熱ビニール	茶	約100	100	シールド付
K-H-0.32	K	0.32	ガラス	青	約350	100	
K-H-0.65	K	0.65	ガラス	青	約350	100	

### 3. 臨時点検

地震, 集中豪雨等の災害やトンネル内の事故等の突発的な事態が生じた場合は, トンネル構造体の安全性が損なわれた状態となっている懸念がある。可能な限り早い時期に臨時点検を実施し, 損傷や変状の有無を確認することが必要である。

臨時点検にはトンネルに関する十分な経験と知識および精度が要求されることから, 調査技術者が点検することを基本とし, 点検の内容および手法は定期点検に準ずることが望ましい。臨時点検により損傷や変状を確認した場合は, より詳細な状況把握に努め, 調査および応急対策の要否を判定する。

地震時においては震度4以上の地震が生じた場合に巡回を実施し, 道路機能に異常がないかパトロール車内からの目視により確認する。著しい漏水や覆工コンクリート片の落下物等, 何らかの異常が発見された場合は直ちに報告するものとする。

損傷の状況によっては, 走行型計測を実施するメリットが高いトンネルがあり, 走行型画像計測, 走行型形状計測 を実施するものとする。

走行型計測より得られる情報として下記の事例がある。

#### 【走行型画像計測】

- ・ 変状の分布(どのような変状がどこで生じているか)
- ・ 前回取得したデータとの差分比較により, 今回の災害に起因する変状, 変状箇所の特定

#### 【走行型形状計測】

- ・ トンネル内空変位(歪み), 外力作用が生じている箇所の特定

#### 4. 外力作用の評価

##### 4.1 概要

点検時に外力作用の可能性が高い変状を確認した場合、覆工の変形モード(歪み・凹凸)解析等を実施し、解析結果を対策工に反映させることが望ましい。

##### 4.2 外力作用時の変状パターン

各種基準類に外力作用時の変状パターン図が掲載されており、その内容を以下に示す。

###### (1) 外力

トンネル覆工が外力を受けて返上する場合、外力の作用によって覆工の変形やひび割れが多種多様な形態をとる。ここでは外力が作用する場合の代表的な覆工の変状形態を整理して図-4.2.2に示す。

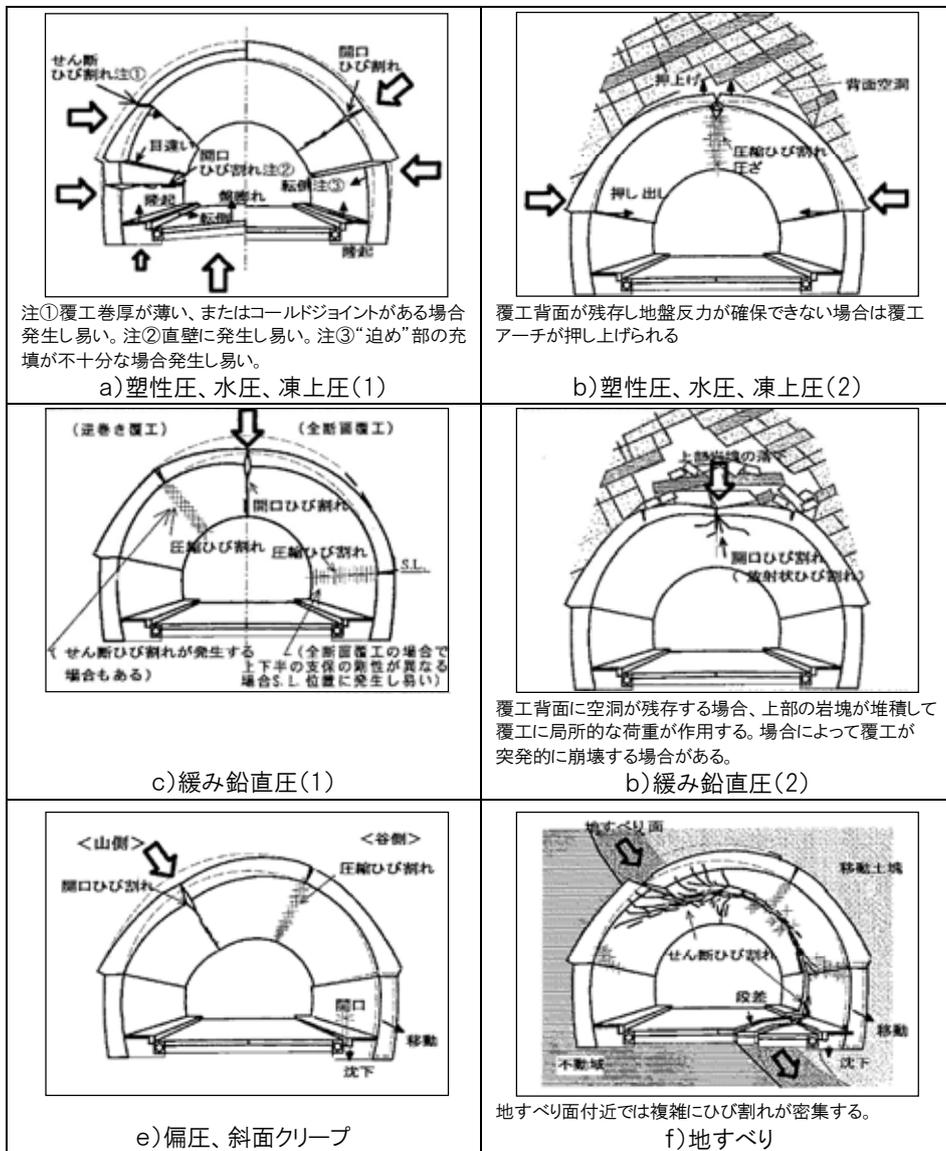


図-4.2.2 外力に伴うトンネル覆工・路面の代表的な変状形態模式図

(a) 塑性圧

塑性圧は、トンネル掘削による荷重よりも地山の有する強度が小さく（地山強度比が小さい）、地山が荷重の作用により降伏して変形が大きくなり、地山が支えきれない荷重が覆工に作用することをいう。供用後のトンネルに塑性圧が作用する場合は、建設時にかろうじて安定していた地山が、地下水の上昇などによって強度が低下し塑性化することが多いと考えられるが、地山のクリープが進行して変形する場合などもこれに含める。塑性圧の発生しやすい地山としては、新第三紀の泥岩、頁岩、凝灰岩、風化変質した結晶片岩、変朽安山岩などの変質した火山岩、蛇紋岩、断層破碎帯などがあげられる。

塑性圧が発生し横方向から押し出してくる場合には、図3-2.1にみられるようにSL付近に縦断方向のひび割れが発生する。このような外力によるひび割れは、コールドジョイントなどと違い、コンクリートの打継目で区切られることなく連続して発生するのが特徴である。塑性圧が大きくなって軸力が大きくなり、側壁部にせん断による目違いが発生するようになると、トンネルがきわめて危険な状態であるといえる。また、主に矢板工法で建設されたもので覆工の天端背面に空洞が生じている場合には、背面地山からの反力が取れないので、コンクリートが曲げによる圧縮破壊（圧ざ）を生じコンクリート片が落下することもあるので注意が必要である。特に、覆工厚さが確保できていない場合や、コンクリートが劣化して強度が不足している場合に圧ざが発生しやすい。

変状現象としては、ひび割れや圧ざの他に、内空の減少やそれに伴う縁石の傾斜、舗装の盤膨れがみられることがある。

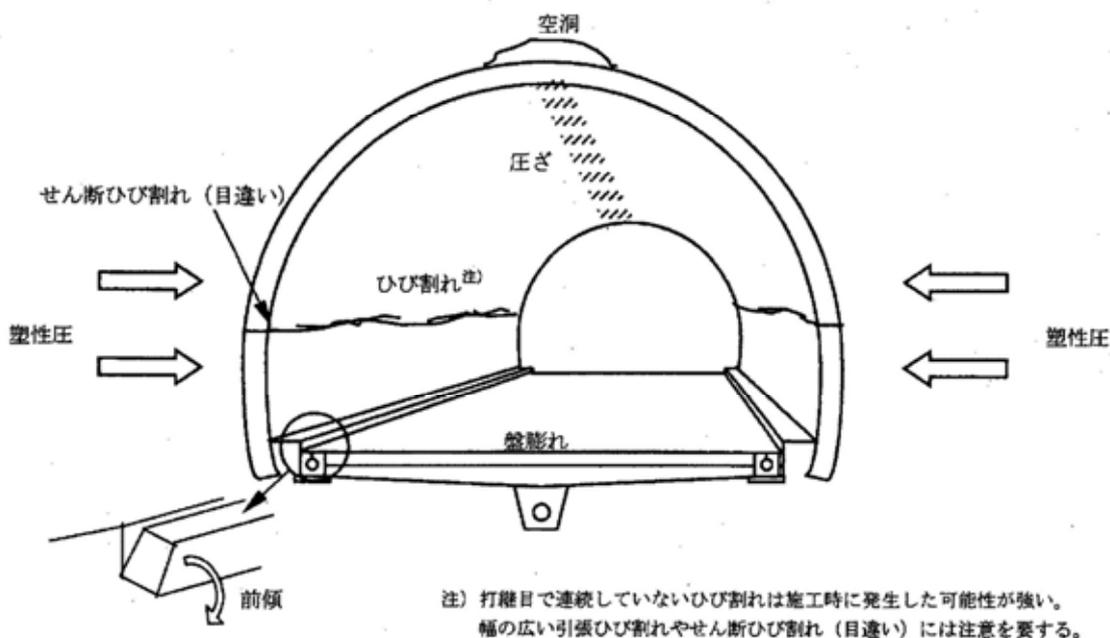


図 3-2.1 塑性圧による変状

(b) 偏圧

偏圧は主にトンネル上方の地表面が傾斜して、地圧が左右不均等にトンネルに作用する場合に発生する。これが大規模になれば地すべりとなり、トンネルだけの対策から斜面全体の安定対策が必要となる。偏圧の原因は第一義的には地形が傾斜している（比較的緩い勾配でも）ことで、これに加えて地質的に流れ盤であったり地層境に弱層を挟むことによって一層助長される。

偏圧が発生し斜め横方向から押し出してくる場合には、図3-2.2 にみられるように、アーチ肩部に縦断方向のひび割れが打継目で区切られることなく連続して発生する。偏圧が大きくなって側壁部にせん断による目違いが発生するようになると、トンネルはきわめて危険な状態であるといえる。

覆工背面に空洞があったり、厚さや強度が不足したりすると偏圧が作用する反対側の肩部に圧縮破壊（圧ざ）が発生することがある。また、偏圧作用方向反対側の側壁部分に引張りひび割れがみられることもある。

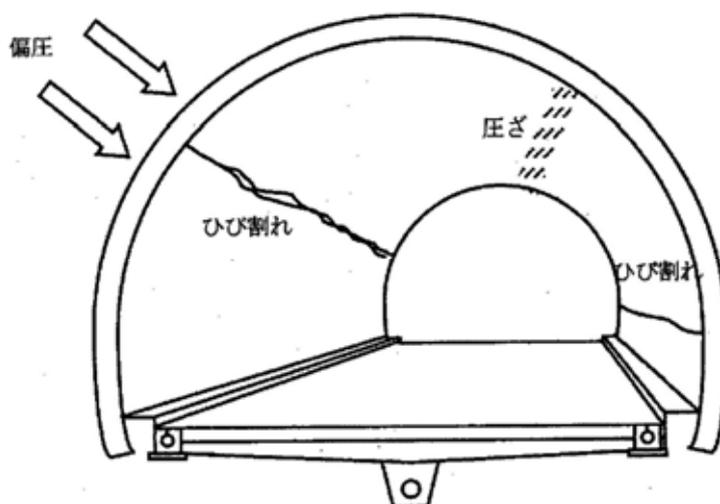


図 3-2.2 偏圧による変状

(c) 地山の緩みによる鉛直圧

ここでいう地山の緩みとは、トンネル掘削時に重力の影響や発破の作用によって岩盤の不連続面が開口し、地山が上部からトンネル構造に荷重として作用することをいう。岩盤の不連続面が地下水や空気により風化・劣化することによって、トンネル供用後にゆるみが拡大し覆工に作用する荷重が増大したり、極端な場合にはゆるんだ岩塊が分離して覆工上に落下する場合もある。このような岩塊の落下は、地震によって引き起こされることもある。

地山の緩みによる鉛直圧が作用する場合には、図3-2.3にみられるように覆工天端部分に縦断方向のひび割れが、打継目で区切られることなく連続して発生する。鉛直圧が集中荷重的に作用する場合には横断方向あるいは放射状にもひび割れが広がり、極端な場合には突発的な岩盤の崩落で覆工が破壊されることになるので注意が必要である。

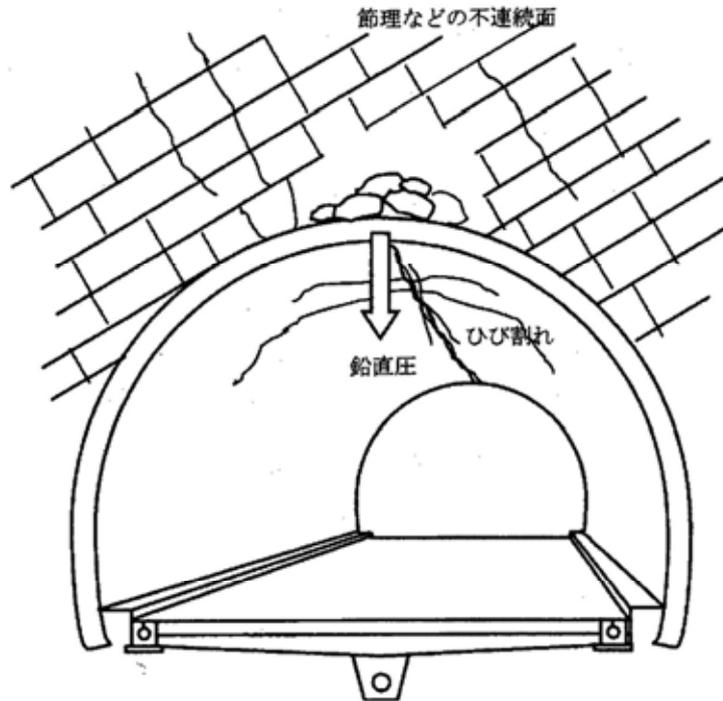


図 3-2.3 地山のゆがみによる鉛直圧による変状

(d) 地震

トンネルのような地下構造物は地上の構造物と異なり、地震時には周辺地山と一体となって振動するので地上構造物と比べると地震による影響は小さい。しかし、図 3-2.4 のようにトンネルが剛性の大きく異なる地層境に位置する場合には、これを境にずれが生じてせん断力や曲げが発生することがある。

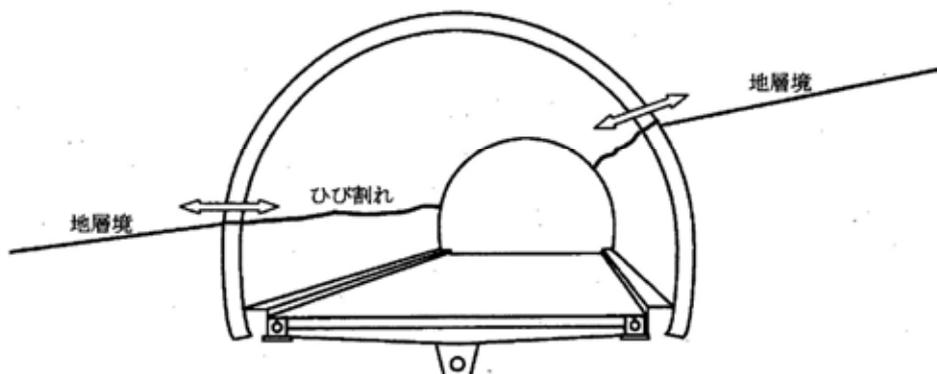


図 3-2.4 地震による変状

(e) 地下水位の上昇

高速道路の山岳トンネルでは、平常時において地下水は排水工より排水されるので地下水位が上昇することは無いが、大雨が連続して降る場合や排水工に何らかの欠陥が有る場合、あるいはそれらが複合要因となって地下水が上昇し外力としてトンネルに作用する場合がある。

変状の特徴は、横方向の塑性圧が作用する場合に似ているが、打継目やひび割れから著しい漏水や噴出があり、排水工に土砂の流出がみられ、舗装版や監視員通路が浮力によって持ち上げられた例もある。

(f) 支持力不足

インバートの無い覆工の側壁脚部の支持力が不足して不同沈下が発生すると、図 3-2.5 にみられるように覆工に横断方向の輪切り状のひび割れが発生したり、トンネルがねじれるように沈下すると斜め方向のひび割れが発生することがある。また、坑門工や擁壁の基礎の支持力が不足すると、図 3-2.6 のように坑門工や擁壁が傾斜してひび割れが発生することがある。これらの変状は、風化・変質した軟弱地山の傾斜地形に位置するトンネルで発生することがあり、特に、トンネル構造の左右で支持力に大きな差がある場合（例えば片方の側壁が基盤上にあり他方が末固結地山にあるような場合）には注意が必要である。

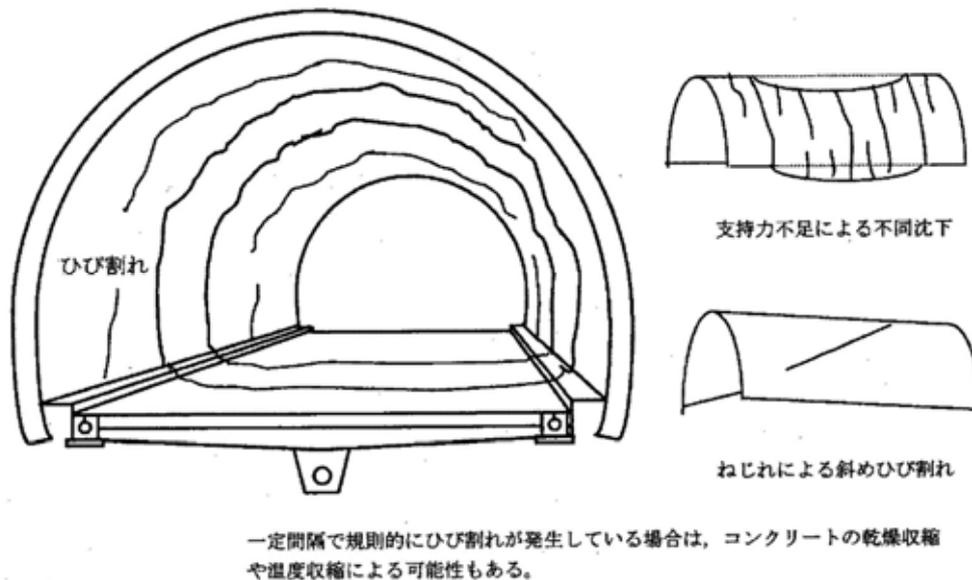


図 3-2.5 支持力不足による覆工の変状

以下、トンネルの変状原因とその特徴について掲載する。

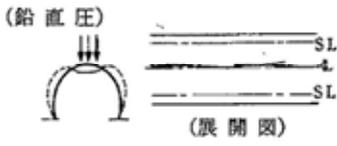
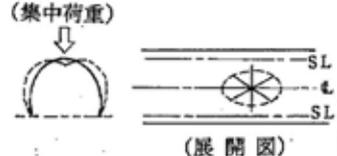
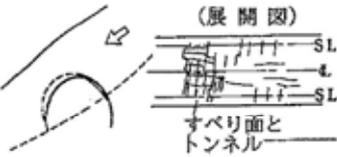
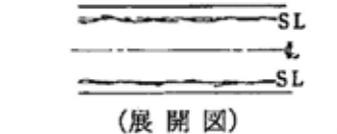
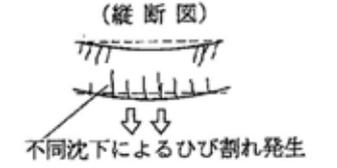
出典)道路トンネル変状対策マニュアル H15.2 付属資料 P1~4

付属資料一. トンネルの変状原因と特徴

以下に道路トンネル維持管理便覧 ((社) 日本道路協会 平成 5 年 11 月) より引用し、トンネル変状原因と特徴を要約する。

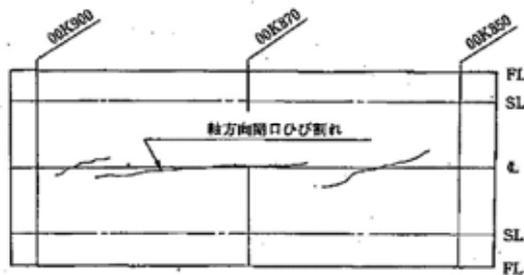
1-1 外力による変状

表 1.1 変状の原因と特徴一覧表

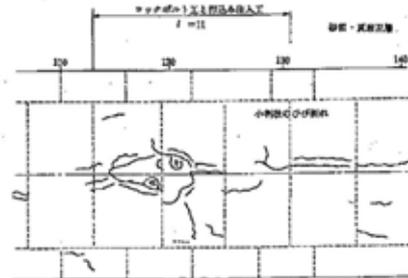
原因	概要	備考
外力による変状	緩み土圧	緩み土圧は、地山が自然に緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このため、アーチの天端にトンネル縦断方向の開口性ひび割れを生じるものが多い。 
	突発性の崩壊	トンネルの上部に比較的大きい空けきがあり、空けきの上部の岩塊が何らかの理由で地山と分離し落下し、場合によっては衝撃的に覆工に衝突する。覆工の強度が十分でなければ覆工を破壊し、岩塊もともトンネル内へ落下する崩壊をいう。集中荷重になる場合がある。 
	偏土圧・斜面衝行	斜面下や、傾斜した片理や直下方向に緩みが生じて偏土圧が作用し、トンネルが変状するものである。山側アーチ肩部に水平開口ひび割れ、段差が生じることが多い。 
	地すべり	地すべり粘土に地下水が作用して強度を低下させ、すべり面に沿って地すべり土塊を滑動させ、トンネルが変状するものをいう。地すべりによる変状は、トンネルとすべり面の位置関係により変状の発生形態が異なる。 
	膨張性土圧	膨張性土圧による変状では、左右の側壁あるいはアーチの両肩に、複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁間に打継目がある場合には段差が生じることがある。 
	支持力不足	支持力不足がトンネルの変状と結びつきやすいのは、縦断的、あるいは横断的な不同沈下である。前者の場合、輪切り方向のひび割れが生じやすい。また、後者の場合はトンネル軸の回転を伴い、斜め方向のひび割れを生じる。 
	水圧・凍上圧	水圧・凍上圧は、漏水と深くかかわっており、トンネルに作用する場合は通常、側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部の水平ひび割れが生じることが多い。 

(1) 緩み土圧

緩み土圧は、地山が自然に緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このため、アーチの天端にトンネル縦断方向の開口性ひび割れを生じるものが多い。



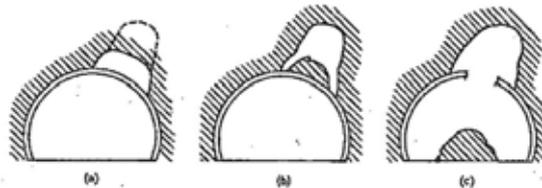
変状展開図の例1



変状展開図の例2 (局所的に作用する場合)

(2) 突発性の崩壊

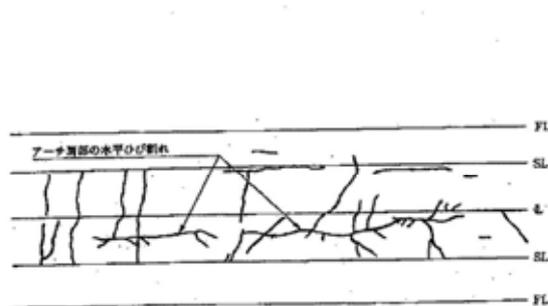
トンネルの上部に比較的大きい空けきがあり、空けきの上部の岩塊が何らかの理由で地山と分離し落下し、場合によっては衝撃的に覆工に衝突する。覆工の強度が十分でなければ覆工を破壊し、岩塊もろともトンネル内に落下する崩壊をいう。集中荷重になる場合がある。



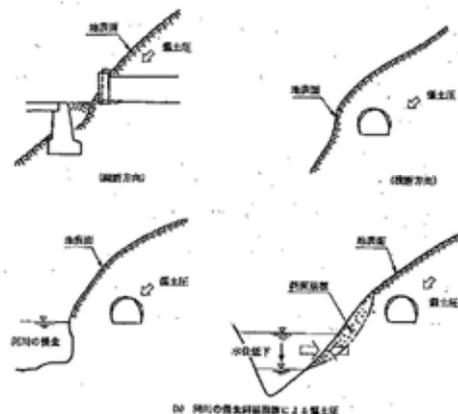
崩壊メカニズム

(3) 偏土圧、斜面嚮行

斜面下や、傾斜した片理や直交方向に緩みが生じて偏土圧が作用し、トンネルが変状するものである。山側アーチ肩部に水平開口ひび割れ、段差が生じるものが多い。



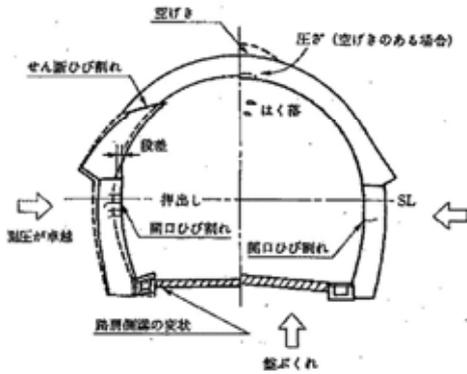
変状展開図の例



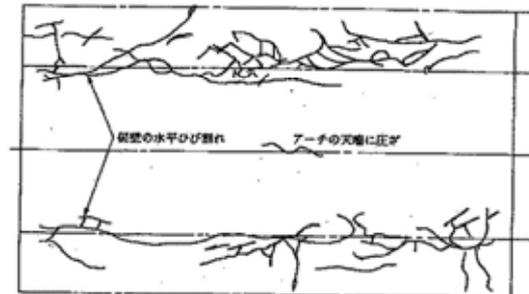
偏土圧の発生メカニズム

(4) 膨張性土圧 (側壁、盤ぶくれ)

膨張性土圧による変状では、左右の側壁あるいはアーチの両肩に、複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁間に打継目がある場合には段差が生じることがある。



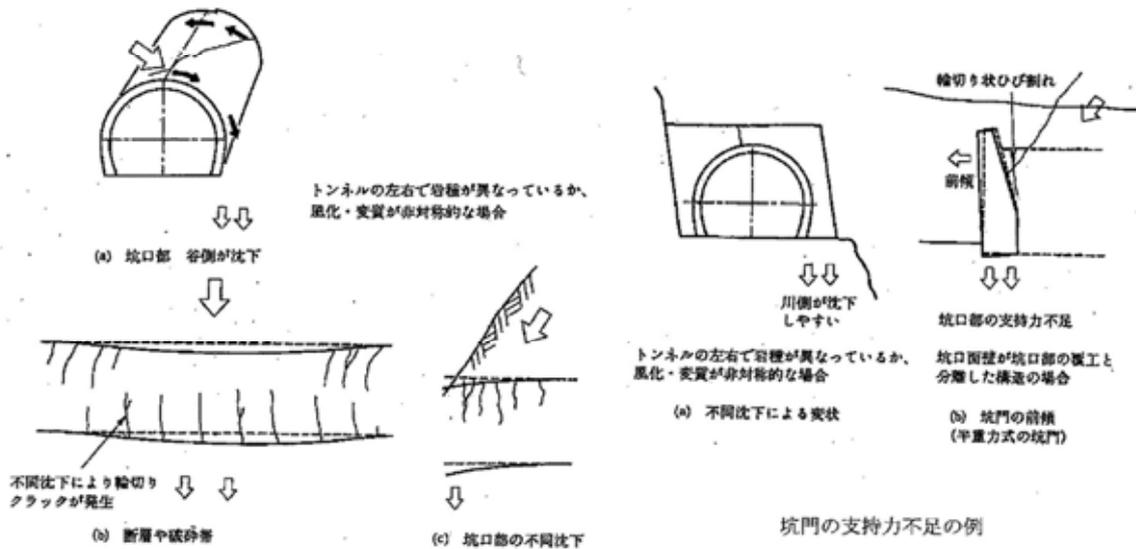
模式断面図



変状展開図の例

(5) 支持力不足

支持力不足がトンネルの変状と結びつきやすいのは、縦断的、あるいは横断的な不同沈下である。前者の場合、輪切り方向のひび割れが生じやすい。また、後者の場合はトンネル軸の回転を伴い、斜め方向のひび割れを生じる。

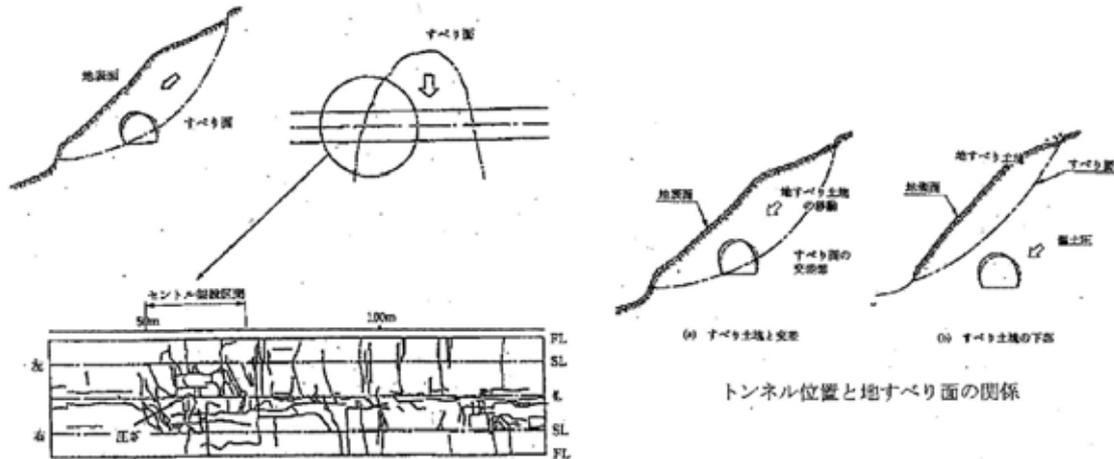


変状形態の例

坑門の支持力不足の例

(6) 地すべり

地すべり粘土に地下水が作用して強度を低下させ、すべり面に沿って地すべり土塊を滑動させ、トンネルが変状するものをいう。地すべりによる変状はトンネルとすべり面の位置関係により変状形態が異なる。

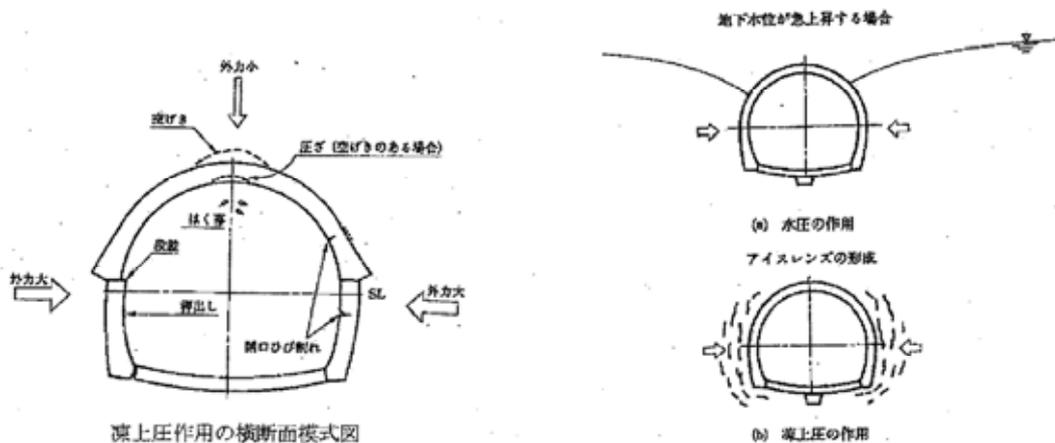


変状展開図の例

トンネル位置と地すべり面の関係

(7) 水圧・凍上圧

水圧および凍上圧は、漏水と深い関連性があり、トンネルに作用する場合は通常、側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部の水平ひび割れが生じることが多い。



凍上圧作用の横断面模式図

水圧・凍上圧発生メカニズム

#### 4.3 外力性変状，進行性ひび割れの確認時の対処

点検，調査の結果，外力性の変状や進行性ひび割れを確認した場合の対処方法について以下に示す。

まず，応急対策の要否判定をした上で，計画的な対策の要否，追加で調査・モニタリング・計測等が必要か否かを判断する。

一般的にモニタリングや計測は1年から数年の長期間を要する特性がある。ひび割れの進行性が確認されたトンネルでは，クラックゲージ等による簡易計測は有効な手法であるが，変位・変形が収束して，進行性がほとんど確認できないトンネルでは，外力作用の検出が困難となるデメリットがある。

外力作用(履歴)が懸念されるトンネルでは，外力作用の履歴や変形モードを検出する目的として，覆工変形モード(覆工凹凸)解析が有効な手法であり，状況に応じて解析を実施することが望ましい。凹凸解析の評価により，効果的な補強対策(工法，範囲)が選定可能となったトンネル事例もある。なお，島根県では凹凸解析のベースとなる三次元点群データを約150トンネルで取得済みである。「4-4 覆工変形モード(覆工凹凸解析)の活用」を参照

以下に上記の簡易計測と走行型計測(覆工凹凸解析)の比較一覧を示す。

表-4.1 計測手法の比較

	三次元形状計測を利用した 覆工変形モード(覆工凹凸)解析	簡易計測(定点観測) (例えば)クラックゲージ，定点測量
コスト	△ 高価	○ 安価
簡便性	△ 計測，および計測結果の解析(評価)が複雑	○ 計測，および計測結果の評価が簡便
変位・変形の検出 進行性の確認	○ ・変形モードが検出される。 ・トンネル全体の中で，どの範囲に変形履歴があるか(外力が作用しているか)把握可能。 ・施工初期の変形 or 外力による変形 の判断は，ひび割れ展開図(パターン)をはじめとした複数の情報により判断する。 △ ・1回の走行計測で評価する手法であるため，変形モードの履歴は検出可能であるが，進行性の確認は困難。 ・原理的には，1回目と2回目の計測(解析)差分により，進行性の確認が可能であるが，変形の程度がかなり大きいトンネルの場合にのみ進展確認が可能であり，進行性評価が困難な事例が多い。	○ 定量的な進行性の把握が可能 △ 計測開始時，既に変位・変形が収束している場合は，外力作用の検出が困難。
測定期間	○ 短期間 走行型計測…1日 覆工凹凸解析…2週間 程度	△ ひび割れ幅の季節変動があるため，計測は最低でも1年以上，継続することが必要。 進行のスピードが緩慢な場合は，さらに長期間の計測が必要となる
適用事例	補修設計において，外力作用の懸念があるトンネルに対して，外力の作用範囲を抽出し，対策範囲・対策工法を検討する場合	ひび割れ進行性を確認したい箇所 が，ピンポイントで定まっている場合

外力性変状を確認した場合の簡易計測と走行型計測(覆工凹凸解析)の採用は、表-4.1を参考にしながら、各々のトンネル状況に応じて適用することが望ましく、必要に応じて両者を併用することも検討する。

調査については、地山ボーリング、覆工コンクリート試験等の調査項目が一般的であるが、トンネル特性に応じて調査の要否、調査項目を精査することが必要である。

外力性変状に対する一般的な対策工法を以下に示すが、対策工を検討する場合は、変状原因を特定した上で、対象トンネルの条件に合致する効率的・効果的な対策を選定することが必要である。

(1)構造的欠陥の除去、

- ・ 裏込め注入工

(2)作用外力の低減、周辺地山の安定性確保

- ・ 裏込め注入工による作用地圧の均等化
- ・ 水圧低下(水抜き工、排水設備の改良)
- ・ 地山の安定性確保(周辺地山の補強 等)

(3)トンネル本体工の補強〔耐荷力の向上〕

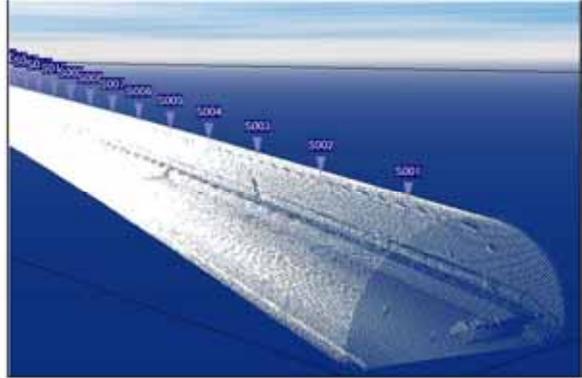
- ・ 内面補強工 (例)炭素繊維シート, グリッド筋増厚工法, 鋼板接着工法
- ・ 内巻き工 (例)吹付けコンクリート, 現場打コンクリート増厚, プレキャスト覆工
- ・ ロックボルト、アンカー工、ストラット工

#### 4. 4 覆工変形モード(覆工凹凸解析)の活用

前述したひび割れパターンを検知することにより、外力作用の発生をある程度は推定することが可能であるが、実際のところ、そのひび割れが生じた原因が、外力作用に起因するのか、材料(乾燥収縮等)、施工性(コンクリート打設、脱型等)に起因するのかを識別することは非常に困難であり、外力作用の有無を推定する手法の精度向上が求められている。

ここでは、走行型レーザ計測で取得した覆工形状の三次元点群データを解析することにより、覆工面の変形モード(覆工の歪み、凹凸)を評価し、トンネルに作用する外力の有無を推定する手法を以下に示す。

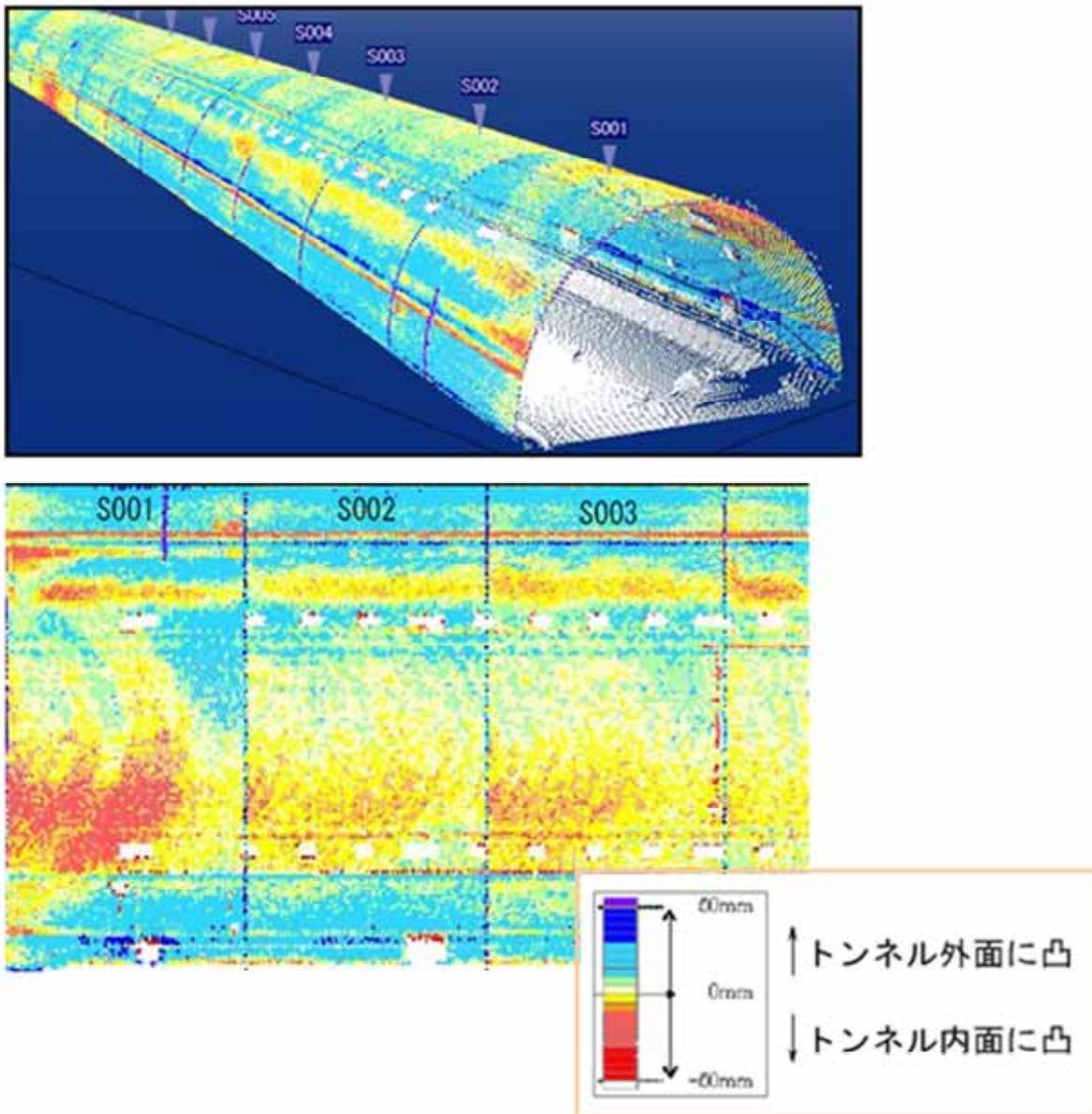
走行型レーザ計測で取得した覆工形状の三次元点群データは下図のイメージである。



覆工面の変形モード(覆工の歪み、凹凸)の評価は以下の手順で実施する。

- (1)取得した点群データから、トンネル内空の理想出来形(定規断面)を推定
- (2)その理想出来形と実際に取得した点群を差分解析し、覆工凹凸コンタ図を作成
- (3)覆工凹凸コンタ図とひび割れ展開図とを重ね、覆工の変形モード(歪み・凹凸)を評価

以下に、覆工凹凸コンタ図のイメージ図を示す。



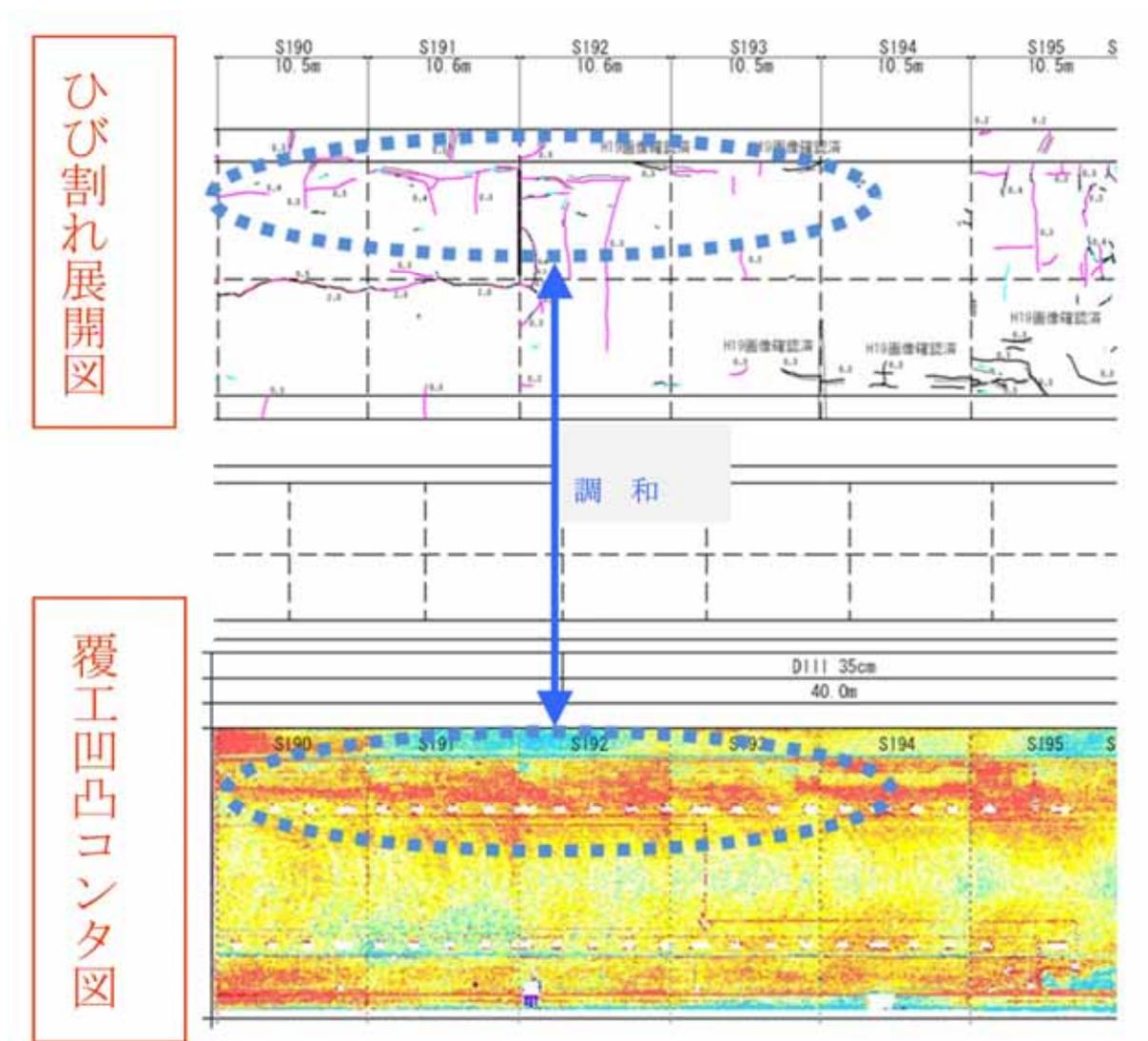
本解析によるメリットは以下である。

- (1)外力作用の有無, 外力作用範囲の特定について, 評価の精度が向上する
- (2)補強対策工の要否判定に際して基礎データとなる
- (3)費用対効果の高い, 適切な対策工に寄与する

次項にひび割れパターンと覆工凹凸コンタ図の相関を評価した事例を示す。

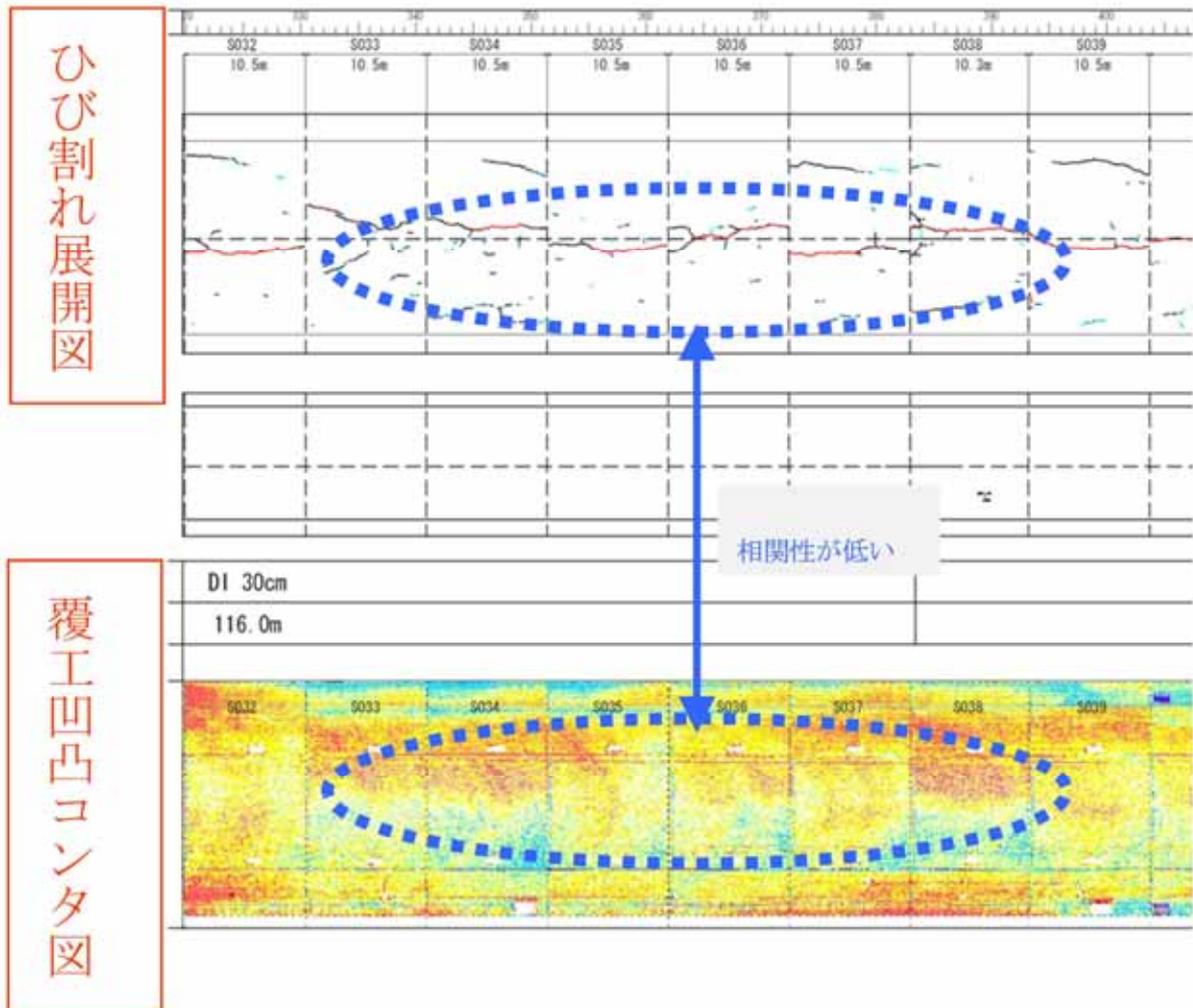
<case-1> 外力作用の可能性が高い

ひび割れパターンと覆工凹凸コンタ図の色調が調和している。



<case-2> 外力作用の可能性が低い

ひび割れパターンと覆工凹凸コンタ図の相関性が低い。



なお、外力作用の評価については、覆工凹凸コンタ図による評価に加え、以下の情報を収集整理し、多面的な見地から総合的な判断を下すことが必要である。

- ① ひび割れ展開図
- ② 過去の調査・点検履歴(進行性評価のため)
- ③ トンネル地形・地質(土被り, 地下水等の評価)
- ④ 施工記録(建設当時からの初期変形)
- ⑤ その他(地形改変, 近接影響, 外部影響の有無)

## 5. 対策工

対策工について「道路トンネル変状対策マニュアル(案)平成 15 年 2 月 独立行政法人 土木研究所 P17」に追記する形での一覧表を表-5.1 に示す。

表-5.1 変状対策工の分類と対策効果

期待する対策効果 <sup>注1)</sup>			対策区分	対策工法	備考	
外力	はく落防止	漏水				
	○		剥離部の事前除去対策	はつり落とし工	電動ピック等で、うき箇所を除去する。対象コンクリート片が手のひら大程度までのものに有効、これより大きい場合には剥落対策工を検討する(ネクソ=H24.7 p55)。	
	○		はく落除去後の処理対策	断面修復工	断面欠損部に実施、補強筋や当て板工との併用についても検討が必要。	
	○		覆工の一体性の回復対策	ひび割れ注入工	ひび割れに対してある程度の追従性を持たせた材料を選定する。	
○	○		支保材による保持対策	金網・ネット工	金網工、エキスバンドメタル工 FRP <sup>注2)</sup> グリッド工、樹脂ネット工	応急対策としてのみ使用可能。メッシュ寸法(12~50mm)より小片の剥落には対応できない。 FRPネット工は、小片のうきに対して非常に実績も多く、施工性も良好な工法である。
				当て板工	形鋼系(平鋼、山形鋼、溝型鋼)当て板工	比較的大規模なうきに対して検討する工法、鉄道トンネルでの実績が多い。施工性は良いが内空側への張り出しや、美観について考慮する必要がある。
					パネル系(鋼板、FRP <sup>注2)</sup> 板)当て板工	近年は、鋼板の使用例は減少している。
					繊維シート系 <sup>注3)</sup> 当て板工	炭素繊維シートとアラミド繊維シートが一般的、耐力は炭素繊維シートが優れるが、経済性ではアラミドが僅かに優れる。
○	△		覆工内面の補強対策	補強セントル工	鋼アーチ支保工	大規模ブロック化や地圧対策として検討される。本工法を実施した場合内空断面が縮小される。
				内面補強工	鋼板内面補強工	鋼板による内面補強、近年の実績は少ない。
					繊維シート <sup>注3)</sup> 内面補強工	近年主流の内面補強、内面補強として使用される場合は、耐力の高い炭素繊維シートを使用することが多い。
					FRP <sup>注2)</sup> パネル内面補強工	FRPのほか、炭素繊維やアラミド繊維の複合パネルも検討の対象となる。
				内巻補強工	塗布工	エポキシ塗装などによる表面被覆。
					吹付け工	吹き付けコンクリートによる剥落対策、繊維混入のコンクリートやモルタルが使用される。
					場所打ち工	覆工内面に、覆工を構築する工法。
プレキャスト工法	プレキャストコンクリートによる内巻補強、一般的に施工性も良好で効果も高いが経済性に劣る。					
			鋼材(ライナープレート等)内巻補強工 <sup>注4)</sup>	小片の剥落が多数発生する場合などで有効。		
△水圧凍上圧	○		漏水対策	線状の漏水対策工	導水樋工	樋による導水工、施工性に優れるが内面への張り出しを考慮する必要がある。
					溝切り工	埋め込み式の導水工、曲線や導水工の分岐等の対応が容易、内面に張り出さないため、車両接触等による破損発生の可能性も低い。
					止水充填工(Vカット充填)	本工法は剥落の事例が多いため、使用する場合は当て板工との併用が必要(変状対策マニュアルP91)。また注入工と比較して効果が持続しない。
					止水注入工(ひび割れ注入)	追従性のある材料を選定する。また、本工法のみによる止水は、効果の持続性が低くなるため、導水工等と併用して使用する。
				面状の漏水対策工	防水パネル工	剥落対策効果もあり、有効な工法だが設置後は覆工面の観察が不可能になる。
					防水シート工	防水シートによる漏水対策、応急対策として使用する。
					防水塗布工	含浸剤などによる防水工。微細なひび割れに対して効果が大きい。
地山注入工	薬液注入工	効果の確実性には疑問がある。				
○凍上圧	△		凍結対策	断熱工	線状・面状漏水対策の導水材に断熱材を適用	各導水材に寒冷地用が用意されているため、必要に応じて使用する。
					表面断熱材処理工法、2重巻断熱材処理工法	つららなどが発生しやすい場合に検討する。
○			覆工背面の空洞充填対策	裏込め注入工	エアモルタル、エアミルク	近年の施工例は確認されていない。
					可塑性型エアモルタル、可塑性型ポリマーセメント	比較的強度があるため、地圧の均等化が必要な場合に適する。
					モルタル、セメントベントナイト	近年の施工例は確認されていない。
					発泡ウレタン	軽量であるため、覆工厚が薄い箇所にも摘要しやすい。
○	△		地山への支持対策	ロックボルト工	外力作用への根本対策となるが、内面へのボルト端部張り出しや、ボルトを通じての漏水を考慮する必要がある。	
○	△	△	覆工改築対策	部分改築工	アーチ部、側壁部	著しい変状発生の際に検討される。地震による被災トンネルなどで実績がある。
				全面改築工	インバート新設	トンネルの閉合効果を付加する。
					NATM改築	既設トンネルを、包含する形でNATMを施工する。

注1) ○:対策の主目的として効果を期待するもの、△:対策を行うことで同時に効果が期待できるもの。

注2) FRP:Fiber Reinforced Plastic

注3) 現在トンネル覆工の修復・補強に使用されている繊維材料には、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維がある。

注4) 補強セントル工に対し鋼材内巻工は、ライナープレート等(鋼アーチ支保工と組み合わせる方法もある)を覆工内空側に設置し、鋼材と覆工面の間にエアモルタル等を充填し、両者の一体化を図る工法であり工法分類では両者を区分している。なお、補強セントル工に吹付け工または場所打ち工を組み合わせ内巻補強を行う場合もある。

道路トンネル変状マニュアル(案)平成15年2月 独立行政法人土木研究会 P17 に備考を追加