

トンネル定期点検における
本体工（覆工）の状態把握の留意点
（参考資料）

令和2年 月

国土交通省 道路局 国道・技術課

本資料の位置付け

本資料は、各道路管理者が法令を満足する道路トンネルの定期点検を行うにあたって参考となる技術情報をまとめたものである。

本資料はあくまで法令の適切かつ効率的な運用を図るために参考とされることを目的としたものであり、実際の定期点検の実施や結果の記録は、法令の趣旨や道路トンネル定期点検要領に則って、各道路管理者の責任において適切に行う必要がある。

目 次

1. 適用範囲	.....	1
2. 覆工に発生する変状の要因	.....	1
3. 状態の把握に関する留意事項	.....	2
4. 新技術活用に関する留意事項	.....	5
5. 記録に関する留意事項	.....	10
付録-1 点検でとくに注意すべき部位、変状状況	.....	11
付録-2 変状種類と対策区分	.....	23
付録-3 機器のキャリブレーションの例	.....	34
付録-4 記録様式の例	.....	38

1. 適用範囲

本資料は、「道路トンネル定期点検要領 平成31年2月 国土交通省道路局」に記載の「4. 状態の把握」において、トンネル本体工のうち覆工の状態の把握時にうき・はく離、はく落の変状を対象に、点検箇所の一部等において近接目視によらないときの扱いも含めて具体的な運用上の注意点や技術的留意事項を記載したものである。「道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」と併せて参考にするとよい。なお、本資料においては、覆工の状態の把握の実務において有用と考えられる事項は、定期点検要領等で既に示されている一部内容も含めて記載している。

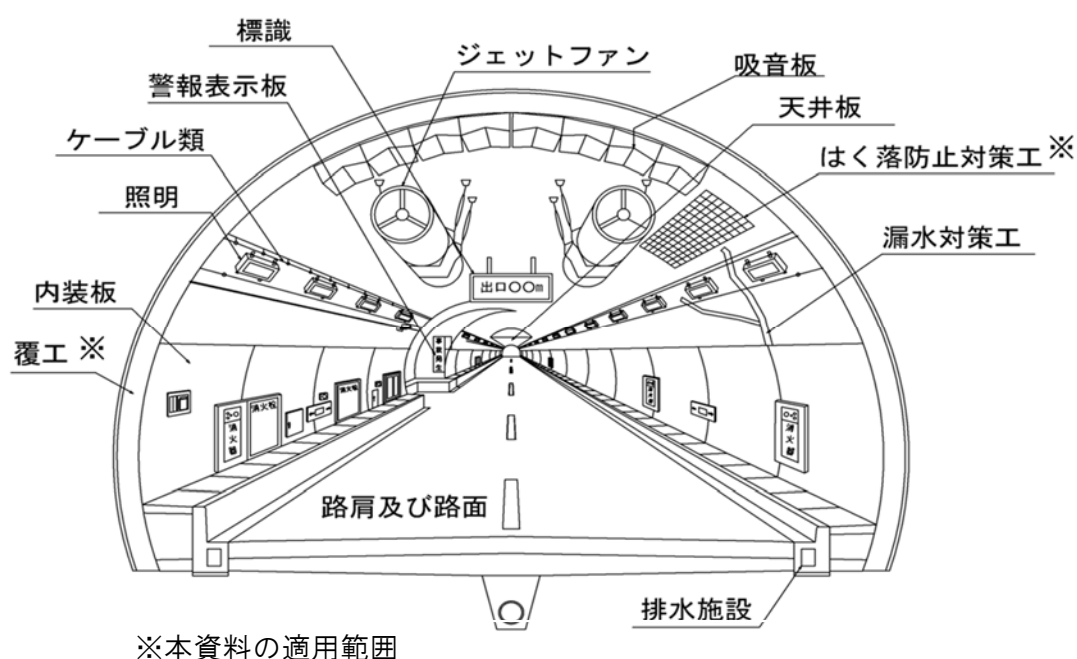


図-1 標準的な点検対象箇所（トンネル内）

覆工には、アーチ部、側壁部、目地部が含まれる。なお、本資料においては、はく落防止対策工等の覆工面への補修箇所も適用範囲とする。

2. 覆工に発生する変状の要因

状態の把握においては、変状の発生する原因にも留意しておくことよい。変状の原因は外力の作用等の外因と使用材料や施工等の内因に大別できる。うき・はく離、はく落は、外力の作用等に起因したひび割れによって、うき・はく離が発生する場合と覆工材、補修・補強材の劣化に伴い、うき・はく離が発生する場合がある。

覆工に発生する変状の原因を表-1に示す。外因（外力）によって発生する変状は、変状区分「外力」に分類される。なお、内因（施工、設計）にある覆工巻厚不足やインバートの未設置等によって覆工耐荷力が不足する状態で

外力が作用すると外力による変状が顕在化する場合もある。

発生する変状は外因、内因それぞれの変状原因が複合的に作用して顕在化するのが一般的であることに注意する必要がある。

表-1 覆工に発生する変状の原因

		変状の原因
外因	外力	【地形・地質によるもの】 緩み土圧、膨張性土圧、偏土圧、斜面のクリープ、 地すべり、支持力不足
		【地下水によるもの】 水圧、凍土圧
		【その他の原因】 近接施工、地震、地殻変動等
	環境	【経年によるもの】 経年劣化、鋼材腐食
		【地下水によるもの】 漏水、凍害
		【劣化促進によるもの】 塩害、有害水
		【その他の原因】 火災等
	内因	材料	【骨材、セメント、コンクリートによるもの】 異常凝結、水和熱、低品質骨材、反応性骨材、 ブリーディング、乾燥収縮等
施工		【コンクリートの施工によるもの】 打込み不良、締固め不良、養生不良、巻厚不足、 背面空洞等
		【鉄筋組み立てによるもの】 配筋の乱れ、かぶり不足等
		【型枠によるもの】 型枠変形、早期脱型、支保工の沈下等
設計		インバート無し、支持力不足等

3. 状態の把握に関する留意事項

(1) 状態の把握の基本

状態の把握は、基本として近接目視により発生している変状を観察する。
覆工表面のうき・はく離、はく落が懸念される箇所に対しては、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・はく離を撤去するなどの応急措置を講じる。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、慎重な状態の把握が必要な場合があることに留意する。

打音検査による判定の目安は表-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-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をする	劣化、表面近くに空洞がある
	ポコポコ、ペコペコなど薄さを感じる音をする	うき・はく離している

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ことが必要である。

定期点検で特に注意すべき部位、変状状況は、「道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」付録-1を参考にするとよい。なお、うき・はく離について着目すべき部分は本資料の付録-1にも添付する。

表-3に対策区分の判定時に用いる、変状種類と変状区分との関係を示す。
うき・はく離は、変状区分「外力」または「材質劣化」に区分される。

表-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	○		
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			○

「外力」は、トンネルの外部から作用する力をいう。「材質劣化」は、使用材料の品質や性能が低下するものであり、施工に起因する不具合もこれに含む。

なお、変状種類とは変状として現れる事象であり、変状区分は基本的には変状の要因を区分したものである。したがって、表-3でいう変状区分は、必要となる対策の区分とは異なることに注意する必要がある。例えば、材質劣化による変状が生じている場合にも、必要に応じて外力への対策が必要となる場合などがある。

(2) 工法の違いによる留意事項

状態の把握においては、道路トンネルの構造や工法の特性、地質条件や環境条件などによって、変状が道路トンネルの健全性に及ぼす影響が異なることに留意する。具体的には、矢板工法によるトンネルか山岳トンネル工法（いわゆる NATM）によるものかによって、注意すべき変状が異なる場合がある。矢板工法及び山岳トンネル工法の主な特徴を以下に示す。

①矢板工法

- ・覆工にも外力が作用する機会が多いため、外力性の変状も有り得る
- ・アーチ部と側壁部の間に打継ぎ目があるため、うき・はく離の頻発箇所となりやすい
- ・覆工背面と地山の間隙が残りやすい

②山岳トンネル工法

- ・特殊な場合を除き、覆工には外力が作用しないため、外力性の変状が発生している場合は特に注意を要する
- ・覆工背面には防水シートが施工されており、漏水の発生は比較的少ない。そのため漏水が多い場合は注意を要する

なお、覆工スパン内に複数の変状が存在する場合には、変状の原因の推定に努め、変状の進行性なども踏まえて評価するのがよい。

(3) 近接目視によらない場合の留意事項

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視によることが基本であるが、知識と技能を有するものが、自らの近接目視によるときと同等の診断ができると判断した場合には、点検箇所の一部について、その他の方法で状態の把握を行うことが出来る。ただし、道路管理者においては、定期点検として所要の品質が確保されなければならないことに注意する必要がある。そのため、その他の方法の活用の範囲や対象となる変状種類等について確認し、状態の把握の内容に不足する事項等が無いように留意する。

健全性の診断の品質を確保するためには、道路トンネルやその維持管理等に関する必要な知識や経験、道路トンネルに関する相応の資格等、定期点検に関する技能を有したものが従事することが重要であり、その他の方法として新技術等を活用して状態の把握を行う場合においても同様である。

4. 新技術活用に関する留意事項

新技術等を活用して状態の把握を行う場合は、「道路トンネル定期点検要領平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」及び「新技術利用のガイドライン（案）平成31年2月 国土交通省」、「点検新技術性能カタログ（案）●●●」、「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について（参考資料）令和2年●月 国土交通省道路局国道・技術課」が参考となる。

点検箇所の一部について、近接目視によらない新技術等を活用した方法により状態の把握を行う場合の技術としては、近接目視の支援技術、打音検査の支援技術、点検記録に関する技術等があげられ、これらの技術は主に画像計測技術、非破壊検査技術に分類される。

トンネルにおける画像計測技術は、主にひび割れを検出する技術が多いが、ひび割れの発生状況を把握することは、うき・はく離の発生を検出する上で有効な手段と考えられる。画像計測技術には、車両に搭載されたカメラやレーザーなどの計測機器により覆工表面の状態を記録するもの等がある。最近では、覆工表面の画像撮影を実施し、取得した画像データを参考に変状展開図を作成、または照合することで人力によるスケッチに比べて変状の位置や規模等の確認や時間短縮等、点検または記録の効率化につながることから実施されている事例がある。

非破壊検査技術には、専用の機器等の使用により遠隔からの打音計測を行い、うき・はく離の発生を検出するもの等がある。また、高解像度のデジタルカメラやレーザー、赤外線カメラ等を組み合わせた技術により、覆工に発生している圧ざ、ひび割れ、うき・はく離、鋼材腐食、漏水等による変状などを自動検出する技術の開発も進められている。

なお、利用者被害の可能性のあるうき・はく離については、ハンマーを用い

た叩き落とし等の応急措置を含めた対応が必要なことにも留意する。

なお、措置の一部として監視を行う場合にモニタリング技術の使用を計画するにあたって、少なくとも勘案されるべき、基本的な注意点については、「監視計画の策定とモニタリング技術の活用について（参考資料） 令和2年●月国土交通省道路局 国道・技術課」が参考となる。

道路管理者においては、新技術等を活用する際には、以下について確認するとよい。

（１）画像計測技術の活用

①新技術等の活用の目的と対象項目

画像計測技術を用いる目的（ひび割れ等の変状の検出、打音検査の対象範囲のスクリーニング、変状展開図の作成等）を明確にする。変状を検出する場合は、対象の変状種類について確認し、対象外の変状の扱い（別途、近接目視による等）についても事前に確認しておくことよい。

②対象範囲

画像計測技術を覆工全体に適用しない場合には、適用する部分としない部分の範囲と扱いについて確認する。なお、附属物等により死角が発生する場合の対応方法についても事前に確認しておくことよい。

③画像計測技術の性能及び精度

画像計測技術によりひび割れ等の変状を検出する場合は、計測性能と計測精度について、「点検新技術性能カタログ（案）●●●」等で事前に確認する。ひび割れを検出する場合の計測性能、精度として確認すべき項目の例を以下に示す。

- ・最小ひび割れ幅（及び計測精度）、ひび割れ長さ計測精度（及び相対誤差）
検出可能な最小ひび割れ幅と計測精度、ひび割れ長さの計測精度と相対誤差を確認するとよい。なお、ここでの最小ひび割れ幅等の値は、使用機器の解像度等の性能や現場条件（撮影距離、撮影速度、撮影角度等）が最適な場合であることが多いため、実際に現場での使用の際は、使用する機器の性能及び現場条件を加味した上で、計測が可能な最小ひび割れ幅等の各項目を想定しておくことよい。
- ・変状の位置精度
検出した変状の位置精度は、縦断方向および横断方向で異なる点に注意する。位置精度については、変状の発生箇所の特定制や変状の進行状況の把握（のちの計測結果との重ね合わせ）等のため、精度の良いものほど望ましい。
- ・色識別性能 等
フルカラー識別、グレースケール識別、輝度識別等の技術があり、目的

に応じて選択するとよい。

なお、「道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」において、対策区分の目安例に示される変状の程度が検出できる性能及び精度が確保されている技術であることを確認するとよい。表-4に矢板工法において、ひび割れの進行の有無が確認できない場合のひび割れ規模（幅や長さ）等に着目した判定の目安例を参考に示す。

発生した変状については、継続的なモニタリングや照合・検証等を考慮し、検出位置精度や得られたデータ等の汎用性についても妥当性を確認しておくことと以後の維持管理においても有効な資料となる。

表-4 矢板工法の場合の点検時（ひび割れの進行の有無が確認できない場合）の判定の目安例

対象箇所	部位区分	外力によるひび割れ						判定区分
		幅 ^{補足1)}			長さ ^{補足2)}			
		5mm以上	3~5mm	3mm未満	10m以上	5~10m	5m未満	
覆工	断面内			○	○	○	○	I、II ^{補足3)}
			○				○	II
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II、III ^{補足4)}
		○				○		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：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：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。

覆工に発生する変状について、変状種類と対策区分の判定目安は付録-2を参考にするとよい。

④実施体制等

画像計測技術活用時の体制および機器等の使用時の条件を確認する。ひび割れを検出する場合の実施体制等の確認事項としては、以下のものがある。

- ・活用時の人員体制

- ・計測時間
- ・活用時の環境条件（季節、時間、温度等）
- ・対象トンネルの現場条件（延長、断面形状、照度、走行条件、附属物等）
- ・その他の制約等（機器等の手配、交通規制、関係機関続き等）

⑤その他留意事項

画像計測技術等を用いて現地での状態の把握を行う場合の機器等の選別にあたっては、

- ・変状の向き等の影響
- ・機器等の向きに対する解像度
- ・現地の明るさ等の条件
- ・正対しない場合の画像のゆがみや光の角度と部材表面の凹凸の関係により生じる影の影響
- ・その他、機器等が明らかにする性能並びにその発揮条件

などを考慮し、定期点検を行う者が必要と考える精度の情報が得られるように画像等を取得する機器等の選定を行う必要がある。このとき、選定の妥当性を溯って検証ができるように、選定の考え方を記録に残すのがよい。付録-3に機器等を使用した場合のキャリブレーションの例を示す。また、直接状態の把握を行った箇所と機器等でのみ状態の把握を行った箇所は明らかにし、記録に残すのがよい。

(2) 非破壊検査技術の活用

非破壊による調査の多くは、電磁波、音波等を入力したときの媒質（部材や材料）の振動特性、振動伝搬特性、透過特性、磁場の変化等を把握し、様々な理論や経験的に確かめられた法則を用いて、調査しようとする物理量（強度、剛性、寸法、位置情報等）を導出あるいは推定するものである。

調査しようとする物理量を導出あるいは推定にあたって様々な誤差は免れず、計測条件によっては計測誤差があったり、出力から理論や相関など何らかのモデルを介して調査項目に対する推定値を得ようとするときにはモデル誤差も存在する。

また、調査対象構造物によって調査範囲も変わる。例えば、一点の測定点が部材などの全体を代表するものではないことも多い。また、原理によっては広い範囲で計測する必要がある調査法もあれば、局所的に計測する調査法もある。そのため、複数の非破壊調査を組み合わせたり、一部微破壊調査、破壊調査なども行ってキャリブレーションを行うことで、調査の信頼性を向上させることもある。このように、調査の目的、調査対象構造物の特徴などを考慮した調査計画を立案することが重要である。

なお、非破壊検査技術の活用の留意点に関しては、「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について（参考資料） 令和2年3月 国土交通省国道・技術課」が参考となる。

非破壊検査技術によるうき・はく離、はく落の検出を行う際には、以下について確認した上で目的に応じた技術を使用するとよい。

① 新技術等の活用の目的

非破壊検査技術を用いる目的（うき・はく離の検出、打音検査の代替または対象範囲のスクリーニング等）を明確にする。なお、非破壊検査技術では、うき・はく離の有無を検出する技術とうき・はく離の変状の大きさ等を検出する技術があり、目的に応じて使い分けるとよい。

② 対象範囲

非破壊検査技術を覆工全体に適用しない場合には、適用する部分としない部分の扱いについて確認する。特に目地部においても適用が可能な技術であるかの確認は行うこと。なお、附属物等により適用出来ない箇所が発生する場合の対応方法についても事前に確認しておくことよい。

③ 非破壊検査技術の性能及び精度

画像計測技術によりうき・はく離を検出する場合は、計測性能と計測精度について、「点検新技術性能カタログ（案）●●●」等で事前に確認する。うき・はく離を検出する場合の計測性能、精度として確認すべき項目の例を以下に示す。

・ うき・はく離の大きさ（形状）、及び検出するための条件

検出可能なうき・はく離の大きさ（覆工表面上の大きさ、または、うき・はく離の深さ等）を確認する。なお、技術によっては変状を検出するための条件（例えば、うき・はく離による一定の大きさ以上の隙間・空洞があること、または発生場所の深さ等）が付く場合があるので目的に応じた技術を使用することに留意する。

・ 大きさ（形状）の精度

検出されたうき・はく離の大きさや形状について、どの程度の精度を有する技術であるか確認する。

・ 検出率および的中率

うき・はく離の検出率および的中率について、どの程度の性能を有する技術であるか確認する。なお、検出率が低いことは、実際に発生しているうき・はく離の見逃しが多いことを意味する。的中率が低いことは、実際にはうき・はく離が発生していない箇所の検出が多いことを意味する。

・ 変状の発生位置精度

検出した変状の位置精度は、縦断方向、横断方向で異なる場合が多い。位置精度については、変状の発生箇所の特定制や変状の進行状況の把握（のちの計測結果との重ね合わせ）等のため、精度の良いものほど望ましい。

状態の把握において、近接目視によらない方法として非破壊検査技術による結果を用いる場合は、「道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」にて、対策区分の目安例に示される変状の程度が検出できる性能及び精度が確保されている技術であることを確認すること。うき・はく離を含む各変状の対策区分の判定目安を付録-2に示す。

なお、発生した変状については、継続的なモニタリングや照合・検証等を考慮し、検出位置精度や得られたデータ等の汎用性についても妥当性を確認しておくことよい。

④実施体制等

非破壊検査技術活用時の体制および機器等の使用時の条件を確認する。うき・はく離を検出する場合の実施体制等の確認事項としては、以下のものがある。

- ・ 活用時の人員体制
- ・ 計測時間
- ・ 活用時の環境条件（季節、時間、温度等）
- ・ 対象トンネルの現場条件（延長、断面形状、照度、走行条件、附属物等）
- ・ その他の制約等（機器等の手配、交通規制、関係機関続き等）

⑤その他留意事項

利用者被害の可能性のあるうき・はく離については、ハンマーを用いたたたき落とし等の応急措置を含めた対策が必要である。

5. 記録に関する留意事項

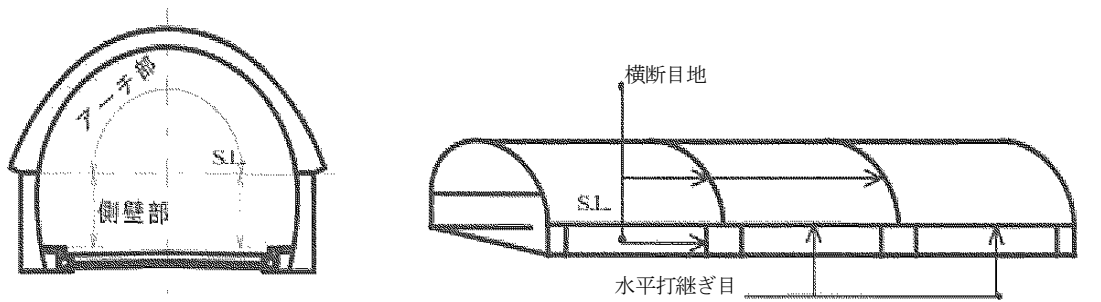
「道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 国土交通省道路局国道・技術課」に示される点検調書は、変状の位置、規模、状態等の情報、写真等の点検結果を総括表や写真、変状展開図に記録するとともに、調査や措置の記録をするもので、トンネルの維持管理を行ううえで重要な資料となる。

状態の把握において得られた変状等の情報は、以後の維持管理において有効に活用出来るよう適正に記録に残すことに留意する。たとえば、データの汎用性を考慮し、別の点検業者でも過年度との比較検討が出来るフォーマットを用いることが望ましい。また、各種の方法で確認された変状は、変状展開図に適正に記録しておくことにより、トンネル全体の変状を俯瞰的に把握し、次回の点検や以後の調査等に引き継ぐことが出来るため、トンネルの維持管理においても有効な資料となる。また、近接目視によらない方法を用いた場合、その箇所の記録も点検調書に残しておくことよい。付録-4に変状展開図の記録様式（機器を活用する記録の例）、近接目視によらない方法を用いた場合の記録様式を示す。

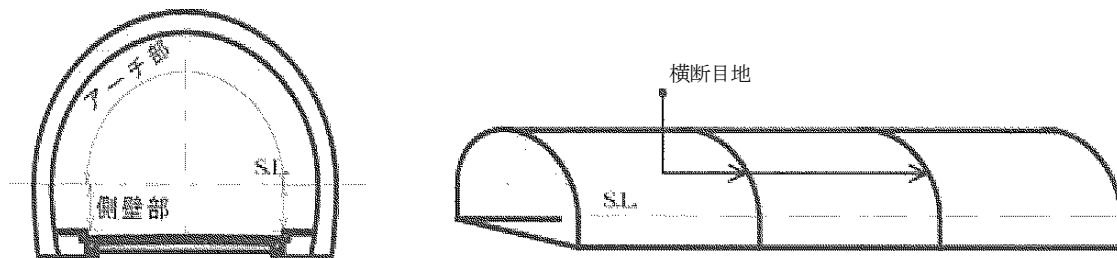
付録-1 点検でとくに注意すべき部位、変状状況

(1) 覆工の目地および打継ぎ目において注意すべき事項

付図-1.1.1 に矢板工法と山岳トンネル工法の目地、打継ぎ目の位置を示す。



(a) 矢板工法（覆工打込み方法：逆巻き）の例

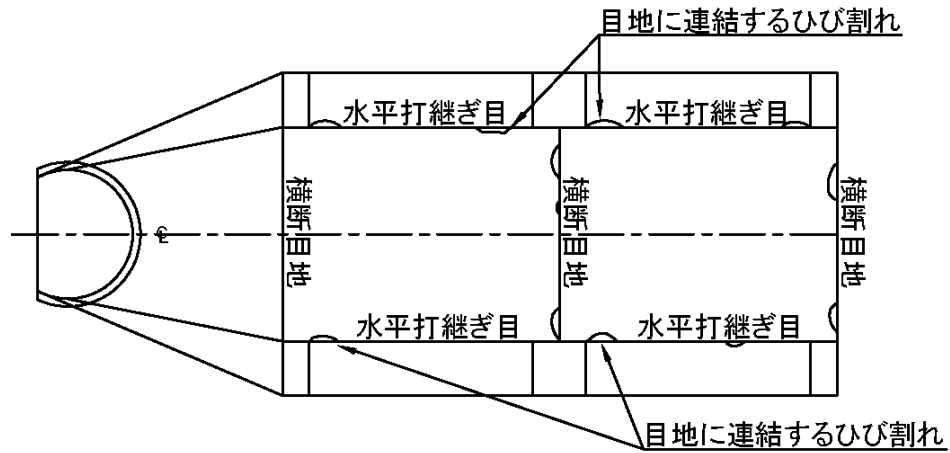


(b) 山岳トンネル工法（覆工打込み方法：全断面）の例

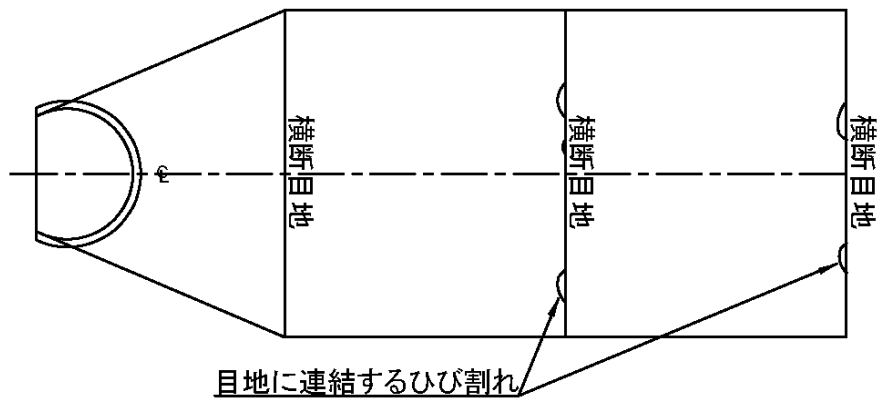
付図-1.1.1 目地、打継ぎ目の位置

- ① 覆工の目地および打継ぎ目は、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、目地およ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。また、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。

付図-1.1.2 に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、付写真-1.1.1 に横断目地の天端付近に発生した半月状のひびわれの例を示す。

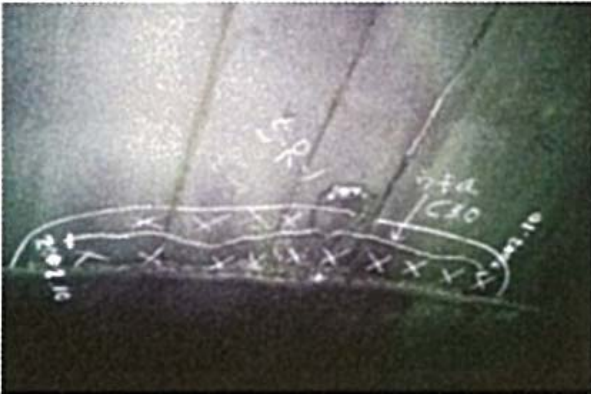
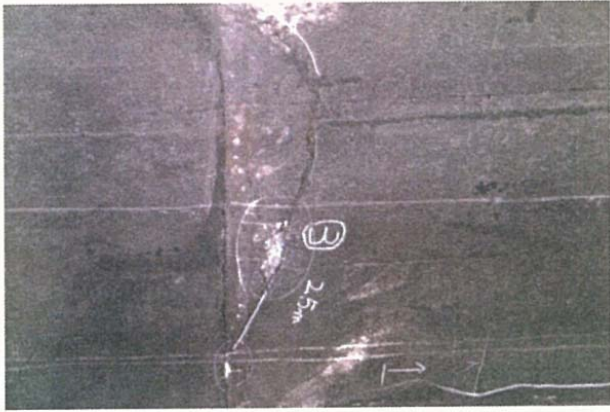


(a) 矢板工法（覆工打込み方法：逆巻き）の例



(b) 山岳トンネル工法（覆工打込み方法：全断面）の例

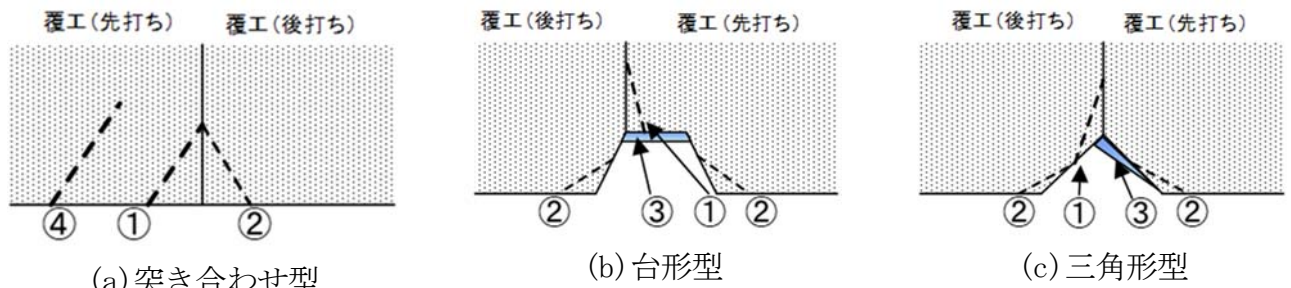
付図-1.1.2 覆工の目地及び打継ぎ目とその付近に発生する変状の例



付写真-1.1.1 横断目地の天端付近に発生した半月状のひびわれの例

- ② 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。また、覆工の型枠据付・解体時の衝撃や過度の押し上げ等により、目地および打継ぎ目付近にひび割れが発生することがある。

付図-1.1.3に横断目地周辺に発生する変状の概念図、付写真-1.1.2に横断目地付近に発生した変状の例を示す。



- タイプ①：覆工（後打ち）コンクリートに付着して覆工（先打ち）コンクリートが固化する際に発生
 タイプ②：隅角部の角かけ
 タイプ③：覆工（後打ち）コンクリートのモルタル分が流出し付着
 タイプ④：覆工（後打ち）の型枠の接触または過度な押し上げにより突き合わせ型横断目地で発生

付図-1.1.3 横断目地周辺に発生する変状の概念図

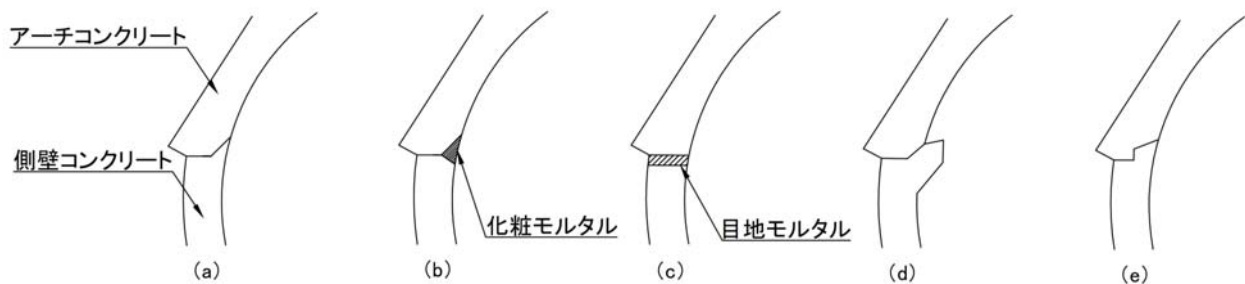


付写真-1.1.2 横断目地付近で発生する変状の例

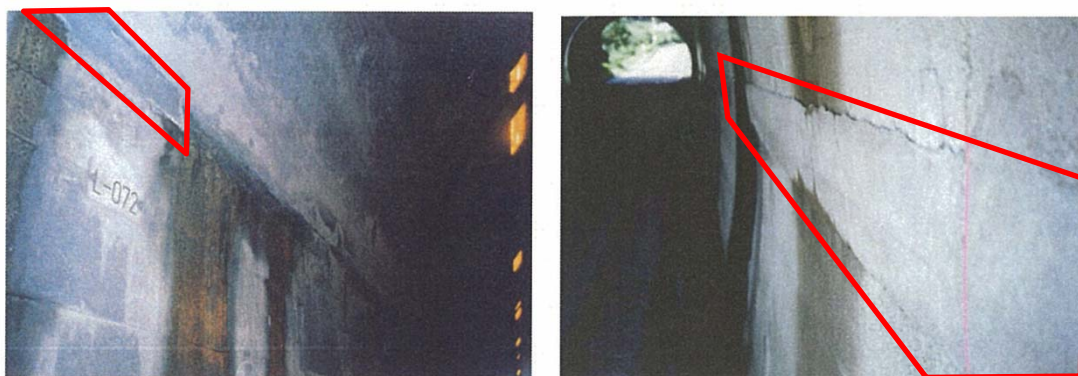
- ③ 覆工が逆巻き工法で施工された矢板工法のトンネル[※]は、水平打継ぎ目に化粧モルタルを施工することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。また、施工の不具合等で段差等が生じた箇所を化粧モルタルで補修することもある。

付図-1.1.4 に逆巻き工法の水平打継ぎ目の種類、付写真-1.1.3 に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・はく離の例を示す。

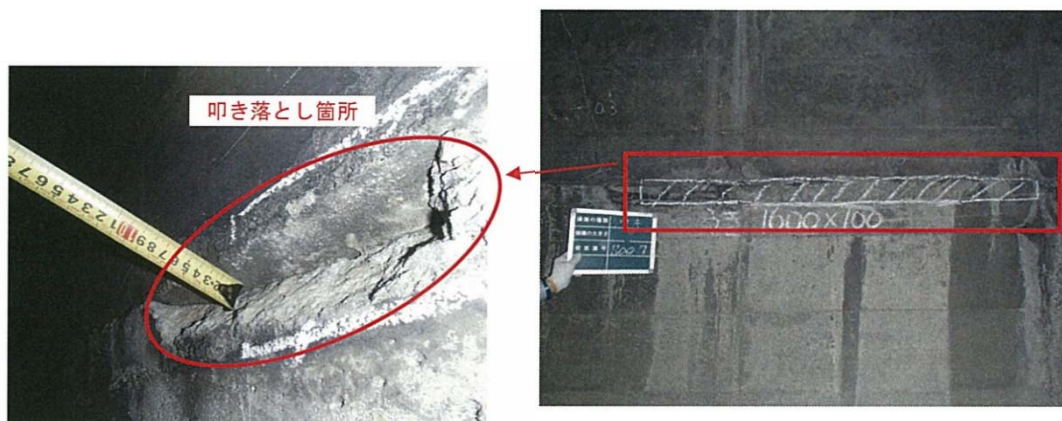
※矢板工法のトンネルは横断目地だけではなく、水平打継ぎ目にも留意する。



付図-1.1.4 逆巻き工法の水平打継ぎ目の種類



(a)化粧モルタルの例

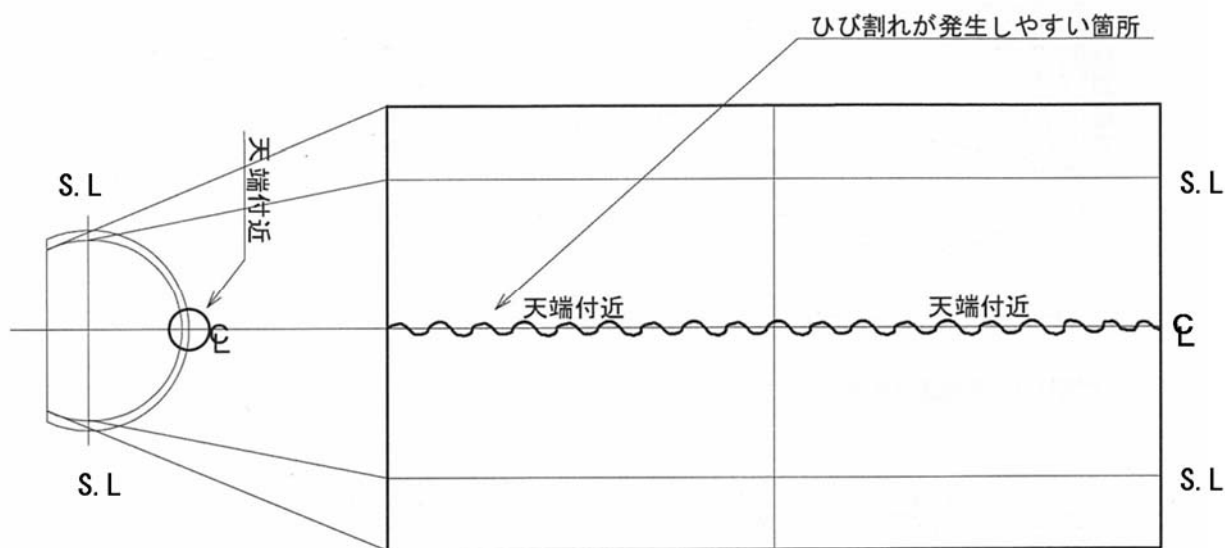


(b)目地モルタルの例

付写真-1.1.3 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

(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-1.2 に覆工の天端とその付近に発生する変状の例、付写真-1.2 に覆工の天端付近に発生した縦断方向のひび割れの例を示す。



付図-1.2 覆工の天端とその付近に発生する変状の例

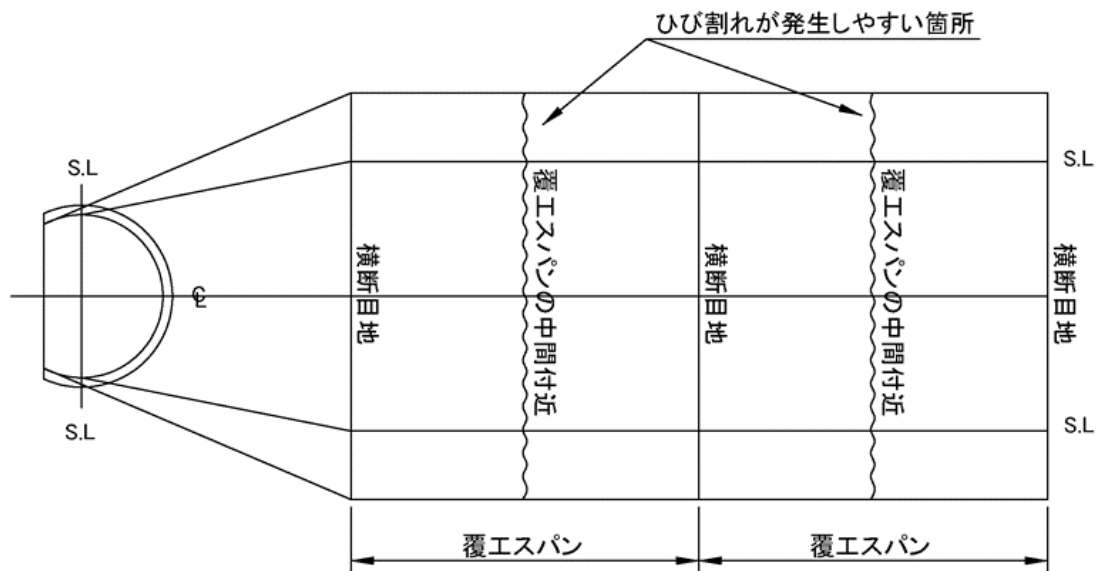


付写真-1.2 覆工の天端付近に発生した縦断方向のひび割れの例

(3) 覆工スパンの中間付近

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。

付図-1.3 に覆工の中間付近に発生する変状の例、付写真-1.2 に覆工スパンの中間付近に発生したひび割れの例を示す。



付図-1.3 覆工スパンの中間付近に発生する変状の例



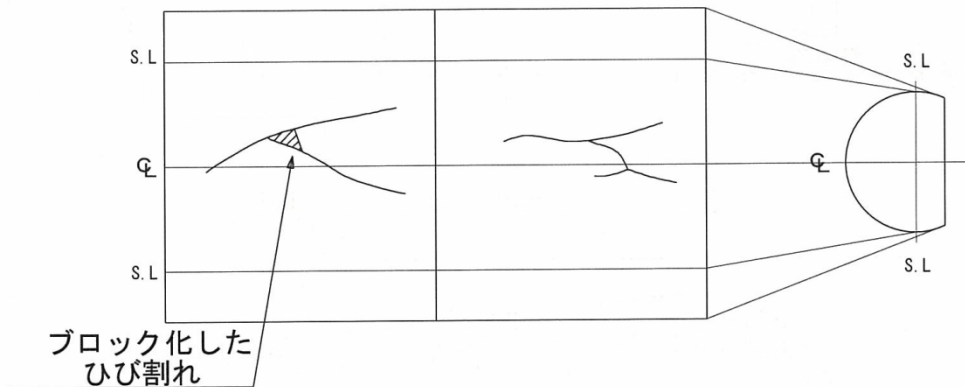
付写真-1.3 覆工スパンの中間付近に発生したひび割れの例

(4) 顕著な変状の周辺

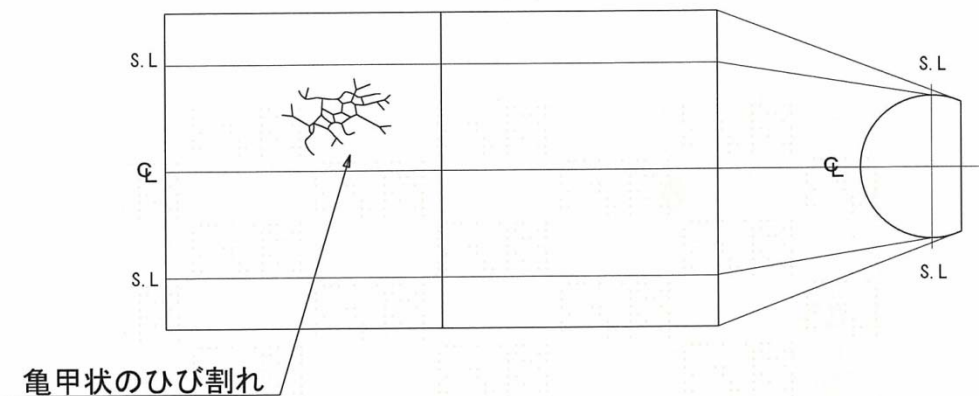
① ひび割れ箇所

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-1.4.1 に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-1.4.2 に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-1.4.1 に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を示す。



付図-1.4.1 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-1.4.2 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

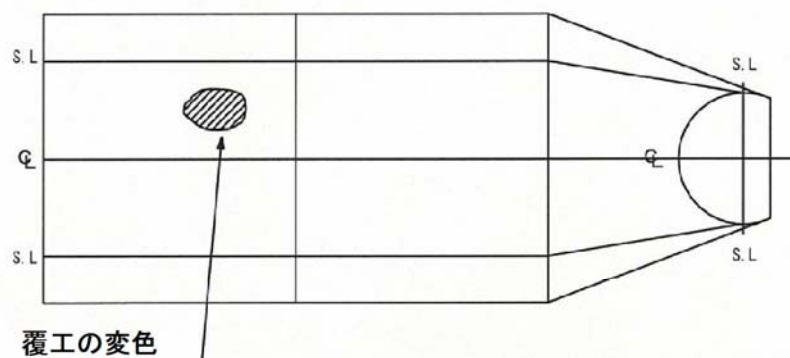


付写真-1.4.1 複数のひび割れで覆工コンクリートがブロック化している例

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-1.4.3 に覆工コンクリートの変色位置の例、付写真-1.4.2 に覆工コンクリートが変色している例を示す。



付図-1.4.3 覆工コンクリートの変色位置の例

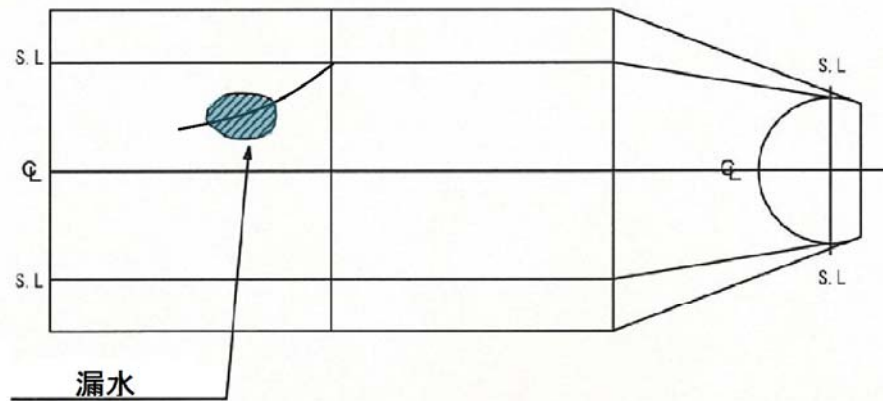


付写真-1.4.2 覆工コンクリートが変色している例
(うき・はく離を伴う例)

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-1.4.4 にひび割れからの漏水位置の例、付写真-1.4.3 に漏水（噴出）している例を示す。



付図-1.4.4 ひび割れからの漏水位置の例



付写真-1.4.3 漏水（噴出）している例

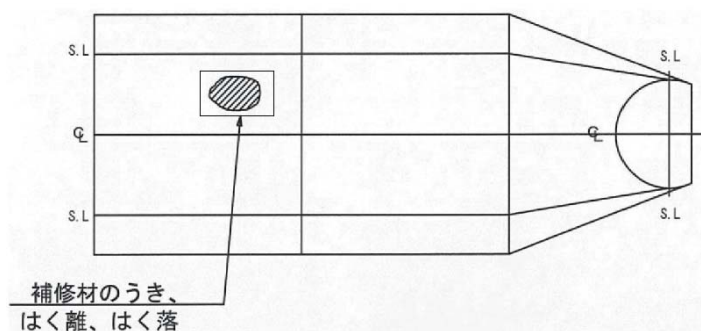
④ 補修箇所

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。

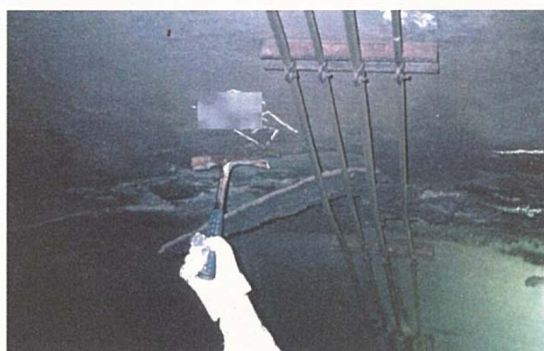
覆工表面に補修材が貼り付けられている場合、背面の状態や補修材の接着状況等にも配慮して点検を行うことが望ましい。

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。

付図-1.4.5 に補修材のうき・はく離、はく落の変状の例、付写真-1.4.4 に補修モルタルが劣化してはく離している例、付写真-1.4.5 に導水樋の止め金具が脱落した例、付写真-1.4.6 に繊維シートの接着の例を示す。



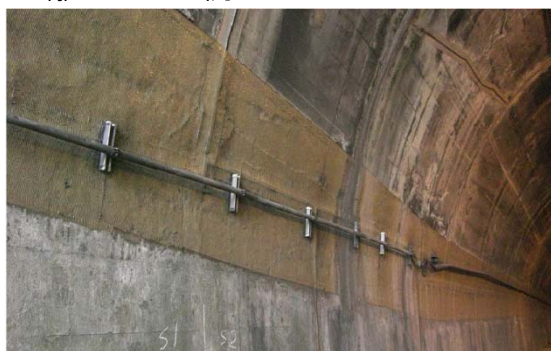
付図-1.4.5 補修材のうき・はく離、はく落の変状の例



付写真-1.4.4 補修モルタルが劣化してはく離している例



付写真-1.4.5 導水樋の止め金具が脱落した例

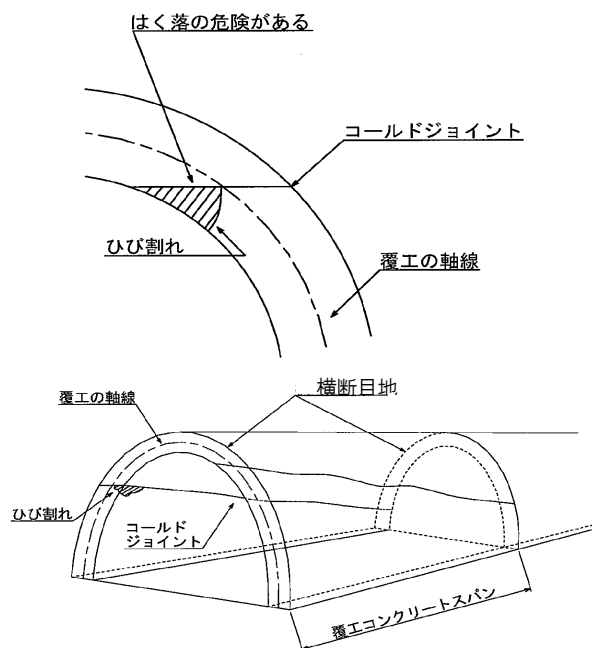


付写真-1.4.6 繊維シートの接着の例

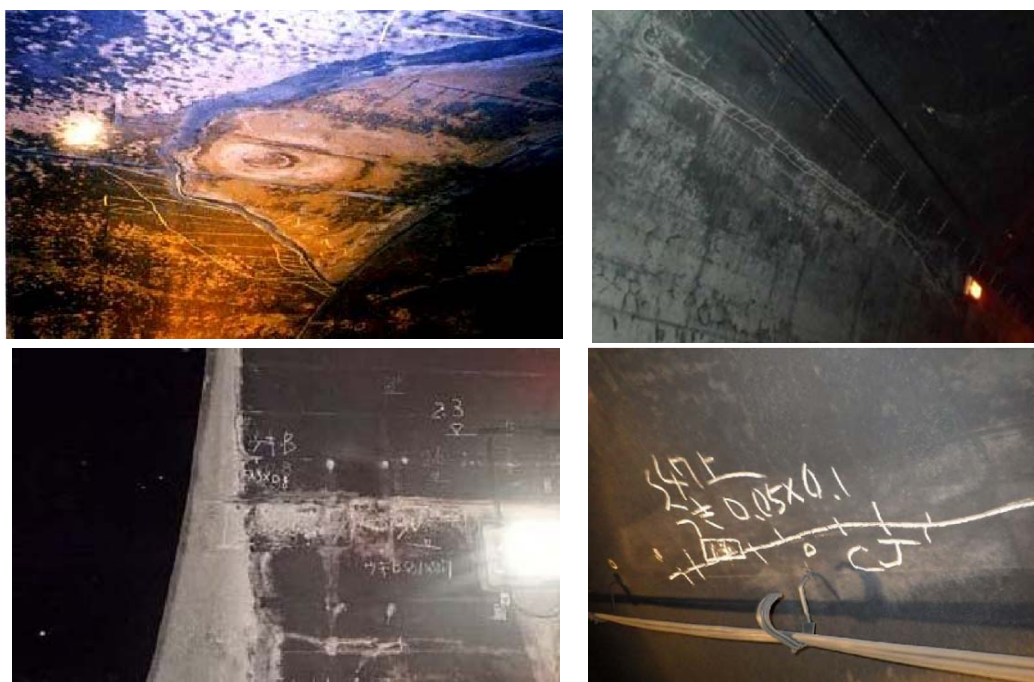
5) コールドジョイント付近に発生した変状箇所

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-1.4.6 に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-1.4.4 にコールドジョイント付近に発生したひび割れの例を示す。



付図-1.4.6 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-1.4.7 コールドジョイント付近に発生したひび割れの例

付録-2 変状種類と対策区分

本体工の変状は利用者に影響を及ぼすおそれがあるため、変状等の状態を詳細に把握し、変状等の影響を個別に評価し、変状毎の適切な措置を計画するための対策区分の判定を行うことが有効となる。また、監視の方法や対策を行う時期等の具体的な計画は、変状の状態等をふまえた適切な判断が必要になることから、対策区分の判定に基づきその後の措置を定めることが、効率的な維持管理に資すると考えられる。

本体工の変状に対する対策区分の判定の目安としては、道路トンネルにおける過去の経験や実績等もふまえ、利用者におよぼす影響や措置の必要性の観点から、本体工の変状の種類や要因毎にその状態や進行性の有無等の状況に応じてⅠ、Ⅱb、Ⅱa、Ⅲ、Ⅳの5段階に区分する。

なお、対策区分の判定では、各変状に対して5段階の判定を行うのに対し、健全性の診断においては、対策区分Ⅱb、Ⅱaを併せて健全性の診断の判定区分Ⅱとして取り扱う。

「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判定を行う。

(1) 圧ざ、ひび割れ

圧ざ、ひび割れに関しては、付表-2.1を参考に判定を行う。

付表-2.1 圧ざ、ひび割れに対する対策区分

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	Ⅱb	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
	Ⅱa	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	

【対策区分の目安例】

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Ⅱb以上

の判定となる。ただし、材質劣化が原因であつてもうき・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、付表-2.2に示す。

付表-2.2 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 ^{補足1)}			長さ ^{補足2)}			
		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 ^{補足3)}
			○				○	II b、II a
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II b、II a、III ^{補足4)}
		○				○		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Ⅱa～Ⅳの場合の対策区分の目安例を付表-2.3に示す。




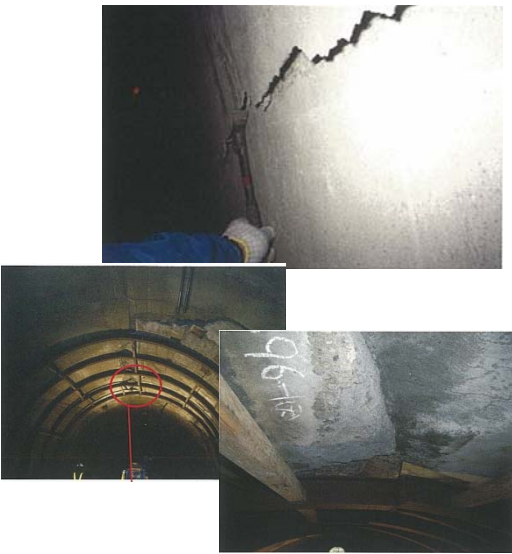
付表-2.3 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の対策区分の目安例（矢板工法）

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		○	○	○	Ⅱa、Ⅲ
		○			○	Ⅲ
		○		○		Ⅳ

付表-2.2 及び付表-2.3 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判定を行うのがよい。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、判定を実施するのが望ましい。

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しい状況であればⅡbとすることが考えられる。

付表-2.4 圧ざ、外力によるひび割れに対する対策区別変状例

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、判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、付表-2.5 を参考に判定を行う。

付表-2.5 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判定する。

対策区分がⅡb～Ⅳに対する対策区分の目安例として、付表-2.6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。

付表-2.6 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 ^{補足1)} ^{補足2)}	打音異常 ^{補足5)}	
			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 ^{補足3)} 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 ^{補足4)} 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判定する。

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。

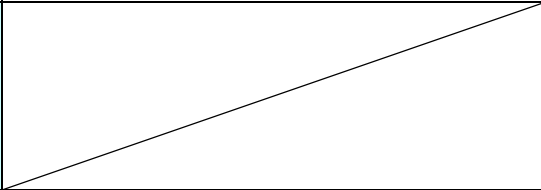
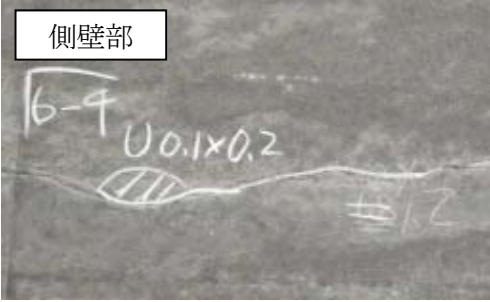
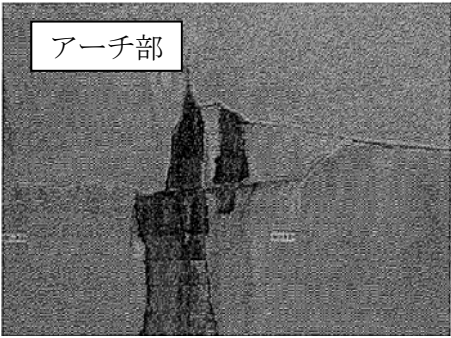


補足3) ブロック化とは、ひび割れ等が単独またはひび割れと目地、コールドジョイント等で閉合し、覆工が分離した状態をいう。

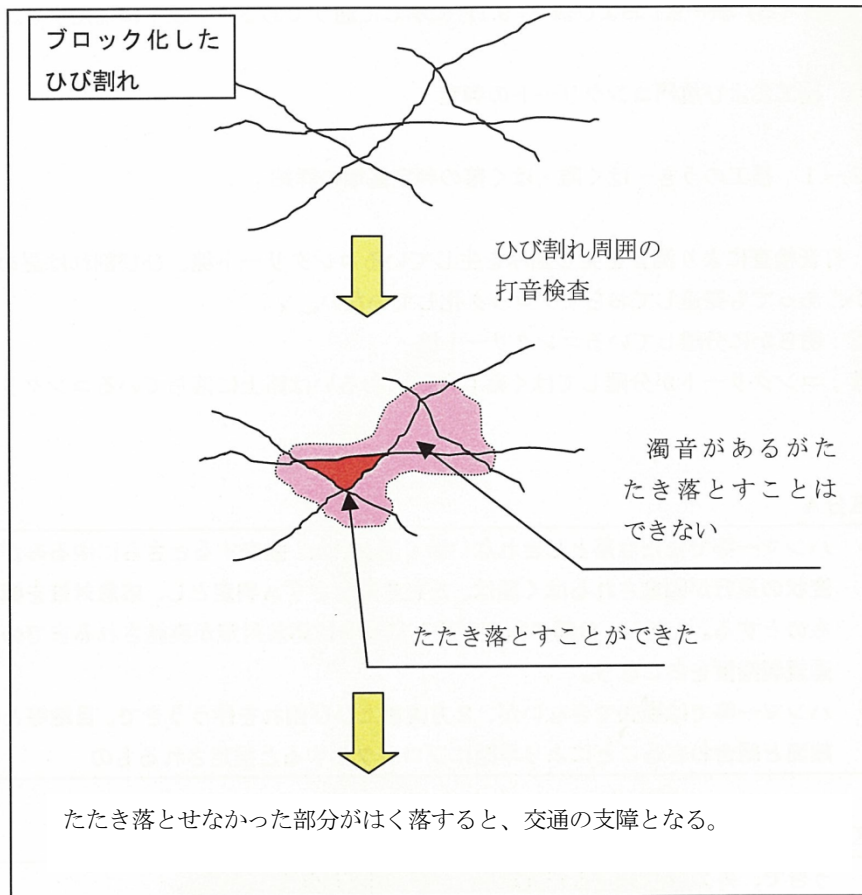
補足4) 補修材等のうき・はく離については、本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため、発生位置等を考慮し、判定することが考えられる。

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。

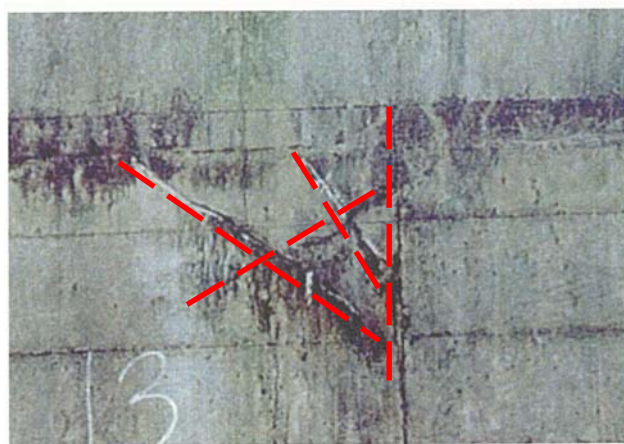
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ブロック化が進行している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

付表-2.7 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	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">側壁部</div> 	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	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">アーチ部</div> 	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判定する。			



付図-2.1 ブロック化したひび割れの例



付写真-2.1 ブロック化したひび割れの例

(3) 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、付表-2.11を参考に判定を行う。

付表-2.8 鋼材腐食に対する対策区分

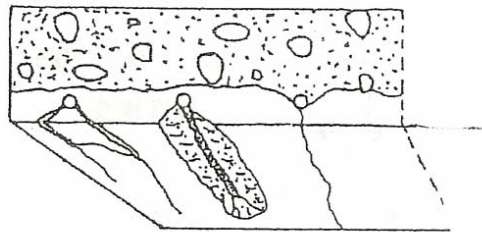
I		鋼材腐食が生じてない、またはあっても軽微なため、措置を必要としない状態
II	II b	表面的あるいは小面積の腐食があるため、監視を必要とする状態
	II a	孔食あるいは鋼材全周のうき錆がみられるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III		腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が損なわれているため、早期に措置を講じる必要がある状態
IV		腐食により、鋼材の断面欠損がみられ、構造用鋼材として機能が著しく損なわれているため、緊急に対策を講じる必要がある状態

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。

付表-2.9 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、構造部材として鋼材が計算に基づき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判定する必要がある。		

[ひび割れ、はく落が見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。

付図-2.2 鋼材腐食の例



付写真-2.2 鋼材腐食の例

付録-3 機器のキャリブレーションの例

コンクリート部材には様々な変状が様々な様態で現れ、この資料で対象とする構造も例外ではない。機器等を状態の把握に用いるにあたっては、機器の特性も考慮して結果の解釈を行う必要がある。ここでは、カメラ等の光学機器を例に、例えば現地で、または、事前に別な場所でキャリブレーションを行い機器等の特性を評価する方法の例を示す。なお、ここに示すのは考え方の一例であり、これでなければならないということも、これであらゆる条件に対する適用性が評価できるというわけでもなく、前述のとおり適用の判断や機器利用の結果の解釈にあたっては、得られた特徴を反映して行わねばならない。

色調：


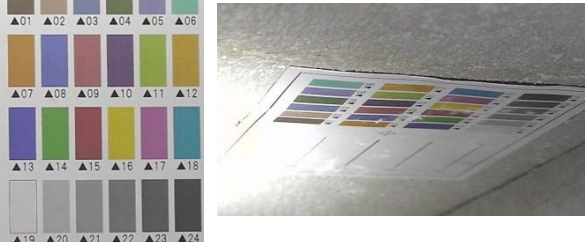



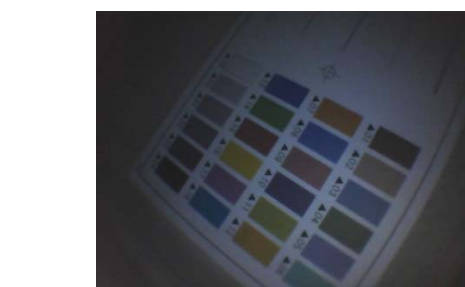
遊離石灰や漏水、部材の変色、骨材の異常、ひびわれなどを見るにあたって、色調の特徴をつかむことが必要である。そこで、たとえば、カラーチェックを行うことなどが考えられる。なお、部材表面に照明をあてる場合には、実際に用いる照明を用いた状態でカラーチェックをするのがよいと考えられる。

分解能

様々な変状の種類や寸法、形状を把握するには、分解能について特徴を把握しておく必要がある。特徴を表すためにはさまざまな指標が考えられる。内空に生じるひびわれには、部材軸、部材軸直交、又はこれが様々に組み合わさることも想定されたり、隅角部に生じることも想定されることから、少なくともこれらを想定したいくつかの向きやパターンのひびわれ又はこれを模擬したものを機器等を通じて見てみたり、幅や長さを変えて配置したいくつかのひびわれ又はこれを模擬したものを見たりし、近接目視をした結果として比較しておくるとよい。換言すれば、キャリブレーションした範囲で結果が得られるように、機器を使用することが基本となる。

機器を移動させる速度、対象物までの距離、光学部の特性（たとえばカメラで言うところの絞りやシャッタースピードの変化、その他色や手ぶれの補正機能の選択）によっても得られる結果が変わると考えられる。そこで、実際に用いる機器で、実際に用いることが想定される条件でキャリブレーションしておくるとよい。照明を用いる場合には、陰影によっても見え方が変わるので、注意が必要である。また、対象に正対して見た場合、正対せずに見た場合などの違いも把握しておくるとよい。

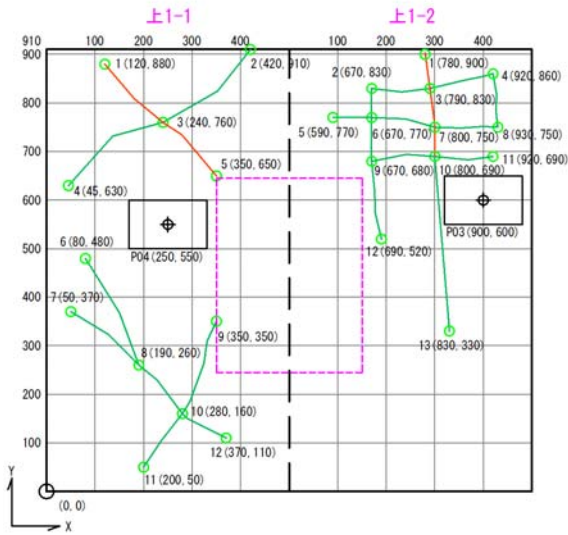
■ 目視と機器による色調情報の違い

調査機器	カラーチャート見本	代表的な画像	評価
A			<p>テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、色調取得の精度は劣る（右写真）。</p>
B			<p>テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、解像度及び色調取得の精度は劣る（右写真）。</p>
E			<p>光量不足により、色調の評価は困難である。</p>

■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

様々なひびわれパターン図

幅、長さ、方向（縦、横、斜め）、格子状、分岐、位置（中心部、外縁部）等の違い



ひびわれ写真と
写真から作成した損傷図
(ただし、左右反転)

凡例

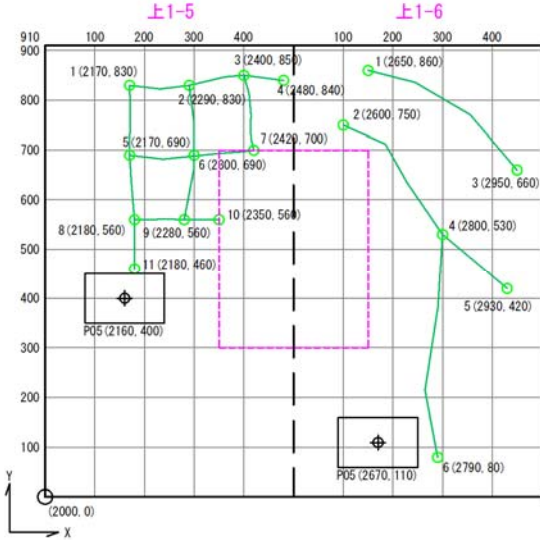
—	0.2mm未満
—	0.2mm以上0.3mm未満
—	0.3mm以上



■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

様々なひびわれパターン図

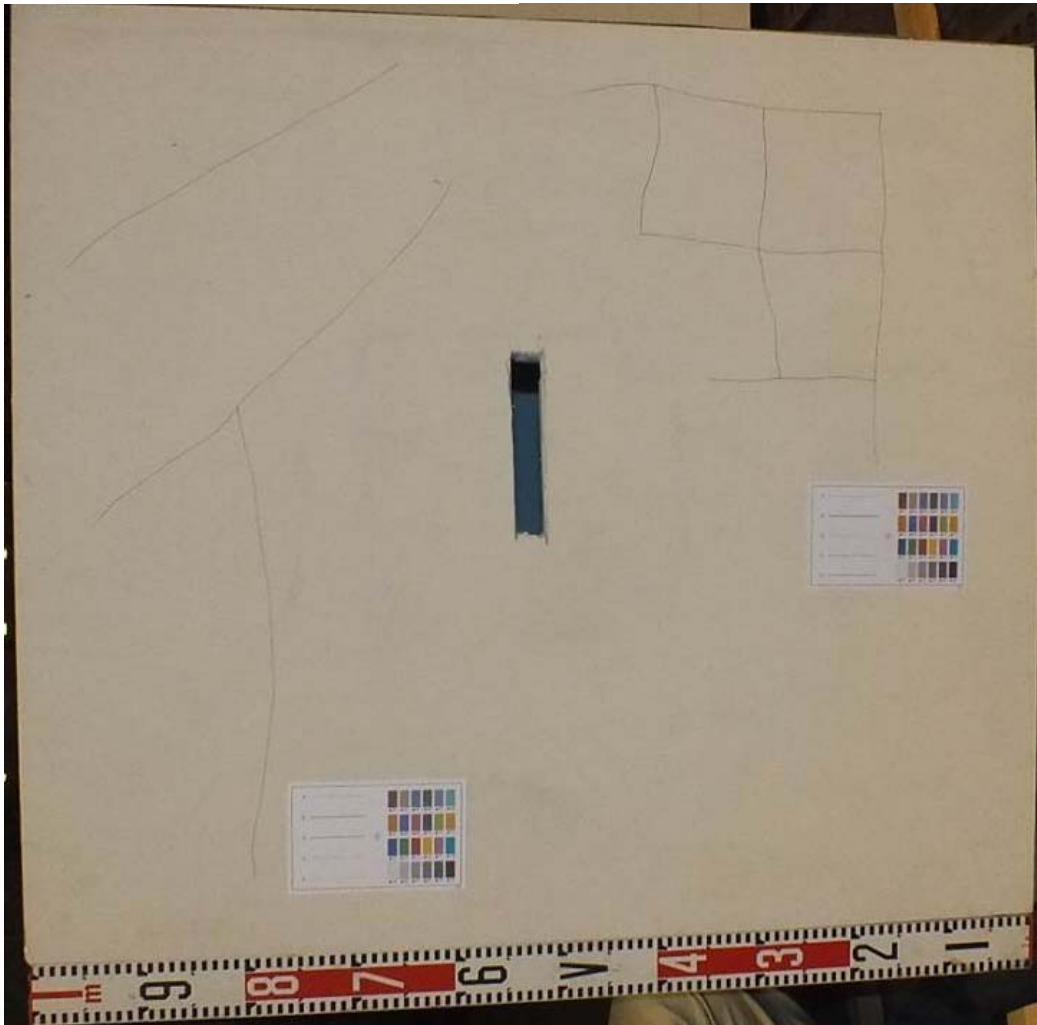
幅、長さ、方向（縦、横、斜め）、格子状、分岐、位置（中心部、外縁部）等の違い



ひびわれ写真と
写真から作成した損傷図
(ただし、左右反転)

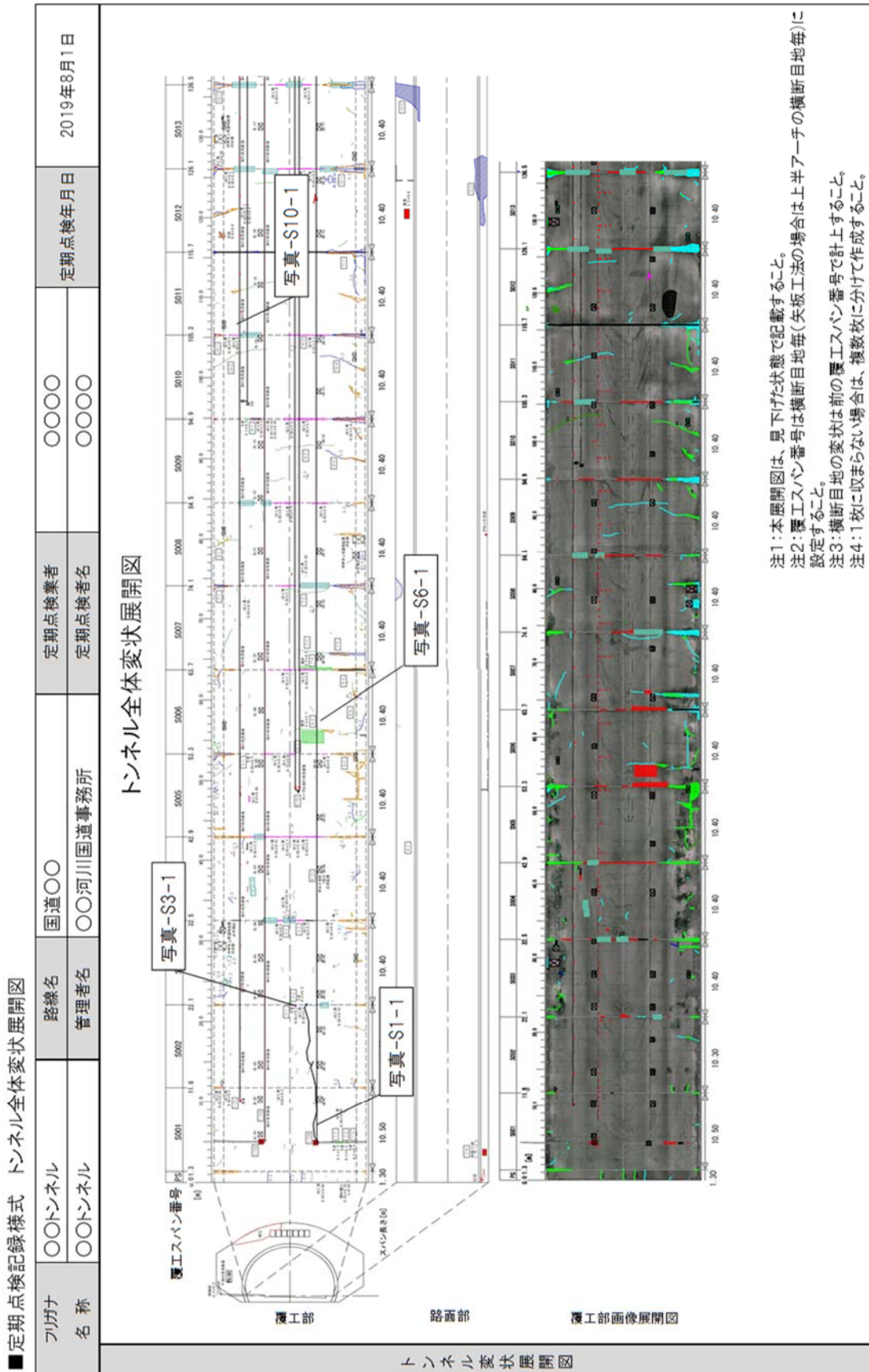
凡例

—	0.2mm未満
—	0.2mm以上0.3mm未満
—	0.3mm以上



付録-4 記録様式の例

付図-3.1 トンネル全体変状展開図（機器を活用する記録の例）



付図-3.3 近接目視によらない方法を講じた箇所の記録様式の例

■定期点検記録様式 近接目視による状態の把握ができていない箇所・近接目視によらない方法を講じた箇所									
フリガナ		路線名		国道○○号		定期点検業者		定期点検年月日	
名称		管理者名		○○河川国道事務所		定期点検者名		2019年8月1日	
対象箇所		理由				対応策			
覆工番号	覆工	内装版の設置				内装版および内装板周辺の覆工及び路面等の変状状況を目視により確認			
S1～S400	覆工								
S15～S300	覆工・背面空洞	覆工巻厚、背面空洞が目視では確認できず				以前、非破壊調査により確認済みであり、今回も変状の兆候は確認されず			

注)近接目視又は打音、触診ができていない箇所及び近接目視によらない方法を講じた箇所を記載する。