

ISSN 1346-7328
国総研資料 第1206号
令和4年 7月

国土技術政策総合研究所資料

Technical Note of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 1206

July 2022

道路トンネルの定期点検に関する参考資料（2021年版）

—道路トンネル変状・異常事例集—

七澤 利明・落合 良隆・佐藤 正・佐々木 政和

Reference to Inspection Manual for Road Tunnels (2021)

- Casebook of damage of road tunnels -

NANAZAWA Toshiaki, OCHIAI Yoshitaka, SATOU Tadashi, SASAKI Masakazu

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

道路トンネルの定期点検に関する参考資料（2021年版）

—道路トンネルの変状・異常事例集—

概 要

本資料は、道路トンネルの本体工の対策区分の判定および附属物等に対する異常判定を行う点検者に対して、評価の客観性を高めるために、変状・異常程度の評価基準に応じた本体工の変状事例および附属物等の異常事例の写真のほか、補修・補強材の変状傾向の分析結果、変状事例の写真、点検時等の留意点を示したものである。

キーワード : 道路トンネル、変状・異常、評価基準

Reference to Inspection Manual for Road Tunnels (2021)
- Casebook of damage of road tunnels -

Synopsis

This document compiles cases of damage patterns of road tunnels and abnormalities of their accessories according to the current evaluation criteria in order to enhance objectivity of the evaluation by road tunnel inspectors. In addition, the deformation tendency of repair and reinforcement materials is analyzed, and points to keep in mind during inspection are shown along with photographs of deformation cases.

Key Words: road tunnels, damage patterns, evaluation criteria

執筆者一覧

国土交通省 国土技術政策総合研究所

元 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 室長 七澤利明
(現 近畿地方整備局 大阪国道事務所 所長)

元 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 主任研究官 落合良隆
(現 関東地方整備局 関東技術事務所 技術情報管理官)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室 主任研究官 佐藤 正

元 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 交流研究員 佐々木政和
(現 川崎地質株式会社)

目 次

1. はじめに	1
1.1. 本資料の目的	1
1.2. 変状・異常の発生箇所・部位の区分	2
1.3. 変状および異常の種類	3
1.4. 対策区分判定	4
2. トンネル本体工の変状事例	6
2.1. 概要	6
2.2. 圧ざ、ひび割れ	7
2.3. うき・はく離	13
2.4. 変形、移動、沈下	27
2.5. 鋼材腐食	29
2.6. 有効巻厚の不足または減少	31
2.7. 漏水等による変状	36
3. トンネル附属物等の取付状態の異常事例	45
3.1. 概要	45
3.2. 附属物本体	46
3.3. 取付部材	50
3.4. ボルト・ナット、アンカー類	56
4. トンネル補修・補強材の変状事例	62
4.1. 概要	62
4.2. 補修・補強材の変状傾向分析	63
4.3. 覆工のはく落除去後の処理対策の変状	68
4.4. 覆工の一体性の回復対策の変状	71
4.5. 支保材による保持対策の変状	74
4.6. 覆工内面の補強対策の変状	89
4.7. 漏水対策の変状	92
4.8. 覆工背面の空洞充填対策の変状	102
4.9. 地山への支持対策の変状	105
【参考文献】	108
【付属資料】	

1. はじめに

1.1. 本資料の目的

道路トンネルの定期点検は、施設の維持管理に必要な情報を取得する最も基本的な行為であり、国土交通省が管理するトンネルにおける状態の把握、評価は、「道路トンネル定期点検要領」¹⁾（以下「点検要領」という。）に基づき実施されている。

点検要領では、健全性の診断を行う際の参考となるよう、典型的な変状および異常の例が示されている。一方で、変状および異常の種類や程度は様々なものがあるため、状況によっては評価にばらつきが生じる可能性がある。このため、本資料では、変状および異常の程度の判定を行う点検者に対して、評価の客観性を高めるために、変状および異常の種類毎に、変状程度の対策区分等に応じた変状・異常事例写真を示す。また、トンネル補修・補強材は、点検要領ではトンネル本体工に分類されるが、近年定期点検の実施に伴い措置として補修等の事例が増えてきていることから、今後の点検にあたり補修・補強材の変状が主要な着目点になってくるものと想定される。このため、本資料では補修・補強材を本体工から分けて章立てし、事例写真を示すとともに変状傾向の分析結果を示している。

なお、本資料に掲載している事例は、点検要領に基づき行われた一巡目（平成26年度～30年度）の国直轄管理トンネルの点検データを基に示しているが、4章のトンネル補修・補強材の変状事例については二巡目の一部（令和元年度～2年度）も含めた整理としている。

また、付属資料として、近年の変状事例の概要、要因および点検時の留意点を示す。

1.2. 変状・異常の発生箇所・部位の区分

本資料では、点検要領を参考にトンネル本体工の変状の発生部位を表 1.2.1 の 11 区分、附属物等の異常の発生部位を表 1.2.2 の 3 区分、トンネル補修・補強材の種類を表 1.2.3 の 10 種類としている。

表 1.2.1 トンネル本体工の変状の発生箇所・部位の区分

発生箇所	発生部位
覆工	アーチ部
	側壁部
	横断目地部
	水平打継ぎ目部
坑門	面壁部（面壁型）
	突出部（突出型）
内装板	内装工タイル（直張り）
	内装工パネル（浮かし張り）
路肩および路面	路肩
	路面
排水施設	側溝等

表 1.2.2 附属物等の異常の発生箇所・部位の区分

発生箇所	発生部位
附属物等	附属物本体
	取付部材
	ボルト・ナット、アンカー類

表 1.2.3 トンネル補修・補強対策の分類と補修・補強材の種類

補修・補強対策	補修・補強材
はく落除去後の処理対策	断面修復材
覆工の一体性の回復対策	ひび割れ注入材
支保材による保持対策	金網・ネット
	当て板 ^{※1}
	補強セントル
覆工内部の補強対策	内巻補強材
漏水対策	線状の漏水対策材
	面状の漏水対策材
覆工背面の空洞充填対策	裏込め注入材
地山への支持対策	ロックボルト

※1 内面補強材は、帳票から当て板と区別できないため、当て板に含める。

1.3. 変状および異常の種類

本資料では、点検要領での変状種類（6種類）（表 1.3.1）、異常の種類（6種類）（表 1.3.2）毎に、本体工の変状事例および附属物等の異常事例を整理している。なお、本資料は平成 26 年度～30 年度にかけて行われた定期点検結果から事例を整理（一部を除く）したものであるが、これから定期点検を行うにあたって参考となるように、本体工の変状種類⑤について点検要領（平成 26 年 6 月）の「有効巻厚の不足または減少」ではなく、点検要領（平成 31 年 3 月）の「巻厚の不足または減少、背面空洞」の表記とした。

なお、附属物等の異常の種類のうち、「③亀裂」は該当する事例が無かったため、本資料では取り扱っていない。

表 1.3.1 変状種類

変状種類（6種類）
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

表 1.3.2 異常の種類

異常の種類（6種類）
①破断
②緩み、脱落
③亀裂※
④腐食
⑤変形、欠損
⑥がたつき

※「③亀裂」の異常事例無し

1.4. 対策区分判定

本資料では、点検要領の対策区分により判定された変状および異常事例を収集・整理している。表 1.4.1 に本土工における対策区分を、表 1.4.2 に変状種類および変状区分との関係を示す。

また、表 1.4.3 には附属物に対する異常判定区分を、表 1.4.4 には附属物等の取付状態の異常判定区分一覧表を示す。

表 1.4.1 本土工における対策区分¹⁾

区分		定義
I		利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態。
II	IIb	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態。
	IIa	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態。
III		早晚、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に措置を講じる必要がある状態。
IV		利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態。

※1 判定区分IVにおける「緊急」とは、早期に措置を講じる必要がある状態から、交通開放できない状態までを言う。

表 1.4.2 変状種類および変状区分との関係¹⁾

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			○

補足 1) 変状種類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、ここでの変状区分は、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、材質劣化による巻厚不足や減少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など。

補足 2) 変状区分とは、変状現象の要因を3つに区分（外力、材質劣化、漏水）したものをいう。

- ・ 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。なお、施工に起因する不具合もこれに含む。
- ・ 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。なお、漏水等による変状には、冬期におけるつららや側氷が生じる場合も含む。

表 1.4.3 附属物等の取付状態に対する異常判定区分²⁾

異常判定区分	異常判定の内容	附属物等の取付状態
×	附属物等の取付状態に異常がある場合	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者被害の可能性がある場合 ・ボルトの緩みを締め直したりする応急措置が講じられたとしても、今後も利用者被害の可能性が高く、再固定、交換、撤去や、設備全体を更新するなどの方法による対策が早期に必要な場合
○	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	<ul style="list-style-type: none"> ・異常はなく、とくに問題のない場合 ・軽微な変状で進行性や利用者被害の可能性はなく、とくに問題がないため、対策が必要ない場合 ・ボルトの緩みを締め直しする応急措置が講じられたため、利用者被害の可能性はなく、とくに問題がないため、対策が必要ない場合 ・異常箇所に対策が適用されて、その対策の効果が確認されている場合

表 1.4.4 附属物等の取付状態の異常判定区分一覧表¹⁾

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

<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、異常ありと判定・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。

2. トンネル本体工の変状事例

2.1. 概要

本章では、トンネル本体工の事例を矢板工法と山岳トンネル工法（いわゆるNATM）の2つに区分している。矢板工法のトンネルの標準的な構造図を図 2.1.1 に、山岳トンネル工法のトンネルの標準的な構造図を図 2.1.2 に示す。

次頁以降に、トンネル本体工の変状種類別に変状事例写真を示す。

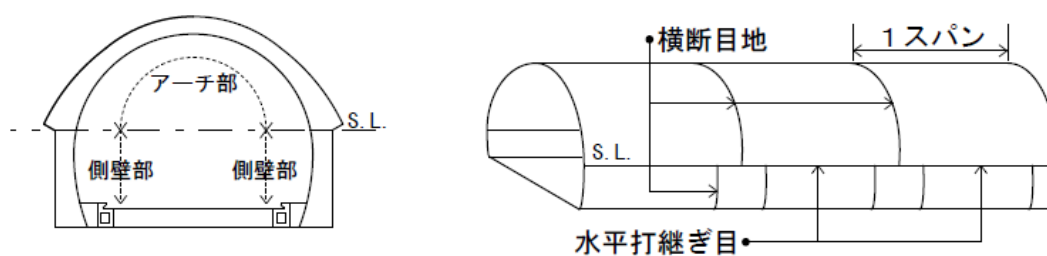


図 2.1.1 矢板工法の標準的な構造図（覆工打込み方法：逆巻き）²⁾

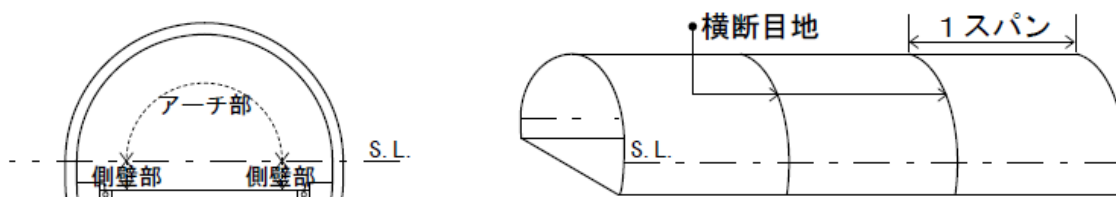


図 2.1.2 山岳トンネル工法の標準的な構造図（覆工打込み方式：全断面）²⁾

2.2. 圧ざ、ひび割れ

点検要領における圧ざ、ひび割れに対する対策区分と目安例を表 2.2.1 に示す。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を表 2.2.2 に示す。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からひび割れの進行が確認された場合について、ひび割れ規模（幅や長さ）等に着目した対策区分の目安例を表 2.2.3 に示す。

なお、表 2.2.2 および表 2.2.3 は矢板工法における対策区分の目安例に過ぎない。したがって、点検要領では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としている。また、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ある。したがって、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としている¹⁾。

表 2.2.1 圧ざ、ひび割れに対する対策区分¹⁾

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、早期に対策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¹⁾】

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。

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、II a 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 II b とすることが考えられる。

表 2.2.2 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）¹⁾

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、IIb、IIa ^{補足3)}
			○				○	IIb、IIa
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	IIb、IIa、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、IIb：ひび割れが軽微で、外力か材質劣化か判断が難しい場合

IIa：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。

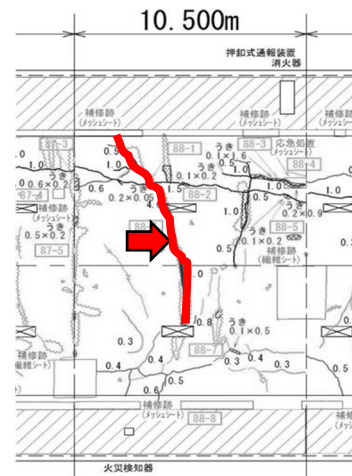
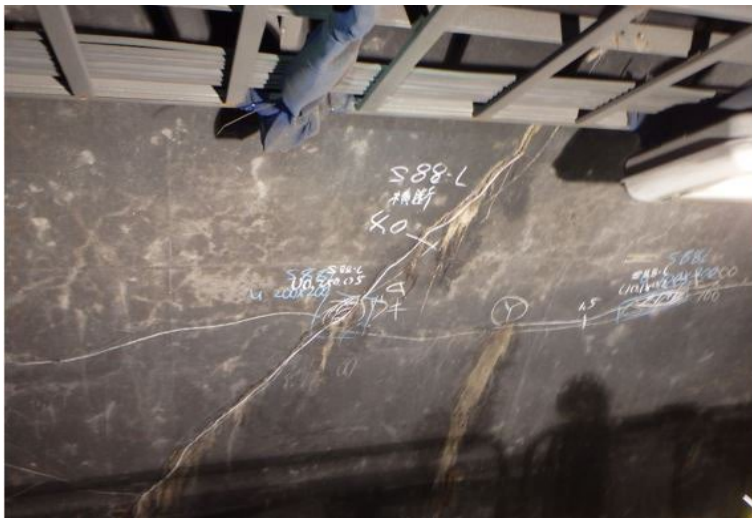
補足4) ひび割れ幅が5mm以上でひび割れ長さが5m未満の場合の判定は、ひび割れの発生位置や発生原因を考慮して、判定を行う。

表 2.2.3 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）¹⁾

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

トンネル本体内の変状事例	変状種別	①圧ざ、ひび割れ	1/4
--------------	------	----------	-----

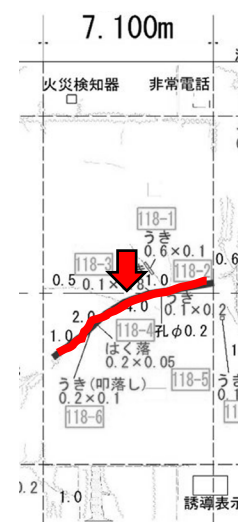
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.2.1					変状展開図	



説明

覆工アーチ部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅4.0mm×長さ10.0mと、横断方向に半断面を超える大きなひび割れが生じている。
 漏水を伴い、スパン全長におよぶ縦断方向のひび割れと交差している。
 地山条件や施工記録等から、外力作用の可能性のあるトンネルである。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.2.2					変状展開図	

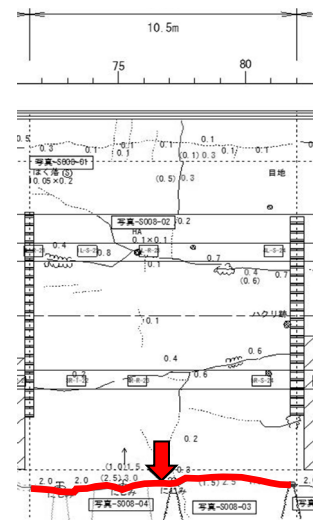


説明

覆工アーチ部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅4.0mm×長さ7.7mと、スパン全長におよぶ縦断方向のひび割れが生じている。
 周囲のうきのほか、ひび割れ中央部の段差や欠けが確認され、変状がかなり進行している。

トンネル本体内の変状事例	変状種別	①圧ざ、ひび割れ	2/4
--------------	------	----------	-----

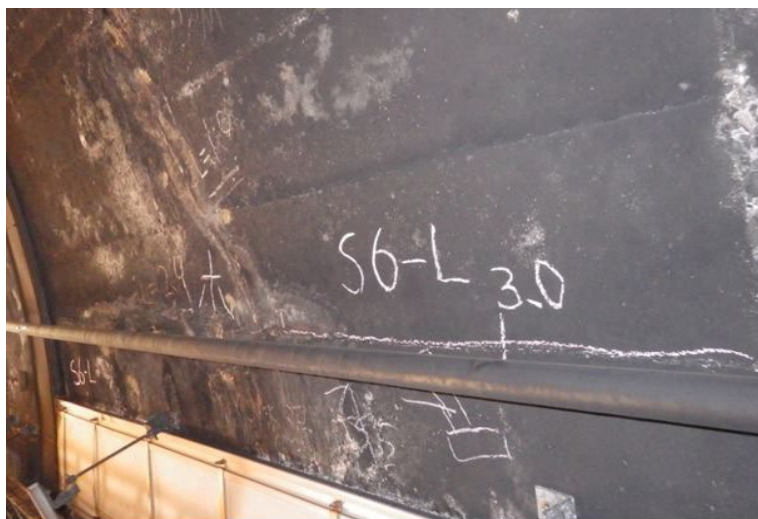
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.2.3		変状展開図				



説明

覆工側壁部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅3.0mm×長さ10.5mと、スパン全長におよぶ縦断方向のひび割れが生じている。
 ひび割れからの漏水を伴い、遊離石灰も確認され、変状がかなり進行している。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.2.4		変状展開図				

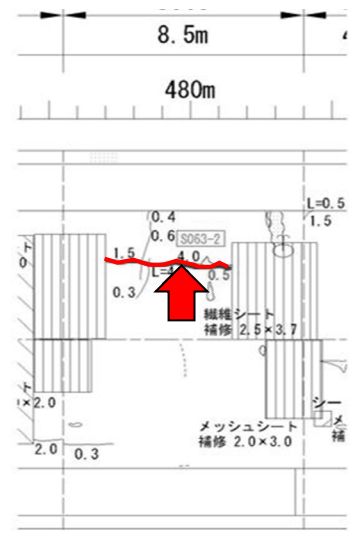


説明

覆工アーチ部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅3.0mm×長さ0.7m程度である。ただし、視認できた長さだけでなく、導水樋や繊維シートの下にもひび割れがある可能性が高い。
 ひび割れ周辺にうきや変色が確認でき、既に当て板工が施工されていることから、今後の変状の進行に注意する必要がある。

トンネル本体内の変状事例	変状種別	① 圧ざ、ひび割れ	3/4
--------------	------	-----------	-----

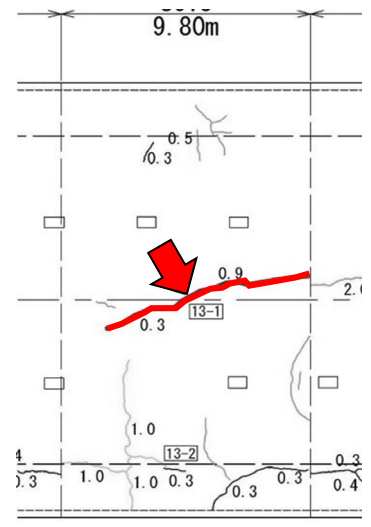
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.2.5		変状展開図				



説明


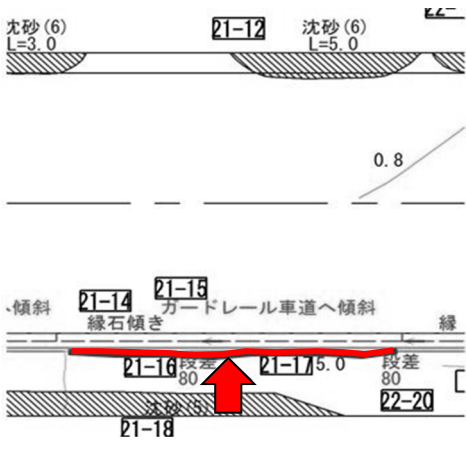
覆工アーチ部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅4.0mm×長さ4.5mで、縦断方向にひび割れが生じている。
 進行性は見られないが、周囲の覆工の状態が悪いことから、今後の変状の進行に注意する必要がある。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.2.6		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生したひび割れの例。
 変状規模は、最大幅0.9mm×長さ8.8mで、縦断方向に長いひび割れが生じている。
 外力性の可能性もあるが、一度の点検で判断は困難であり、今後の変状の進行に注意する必要がある。

トンネル本体工の変状事例		変状種別		①圧ざ、ひび割れ		4/4	
変状箇所	路肩及び路面	部位	歩道・監査歩廊等	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.2.7					変状展開図	
							
説明							
<p>歩道・監査歩廊等に発生したひび割れの例。</p> <p>変状規模は、最大幅5.0mm×長さ9.0mで、縦断方向に長いひび割れが生じている。</p> <p>付近の縁石に段差や傾斜が発生しており、ガードレールも車道側へ傾斜がみられる。</p> <p>外力性の可能性もあるが、一度の点検で判断は困難であり、今後の変状の進行に注意する必要がある。</p>							

2.3. うき・はく離

点検要領におけるうき・はく離に対する対策区分を表 2.3.1 に示す。また、対策区分の目安例を表 2.3.2 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としている。また、覆工コンクリートのうき・はく離については、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としている。

表 2.3.1 うき・はく離に対する対策区分¹⁾

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	IIb	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
	IIa	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、早期に対策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¹⁾】

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。

表 2.3.2 うき・はく離等に対する対策区分の目安例¹⁾

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 ^{補足1)}	打音異常 ^{補足4)}	
			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2)} 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3)} 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) 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。

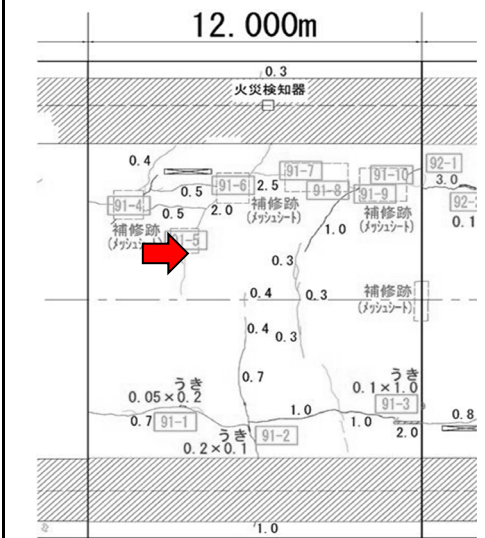
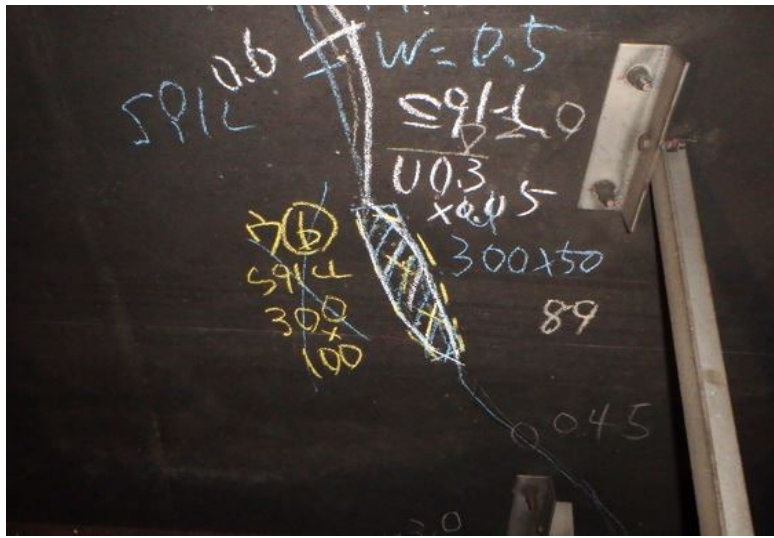
補足3) 補修材等のうき・はく離については、本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため、発生位置等を考慮し、判定することが考えられる。

補足4) 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

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	1/13
--------------	------	---------	------

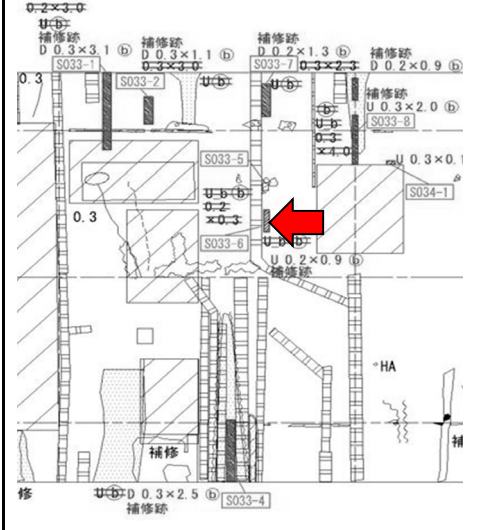
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.1				変状展開図		



説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.3m×0.05mで、ひび割れに沿ってうきが生じている。
 ブロック化による落下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.2				変状展開図		

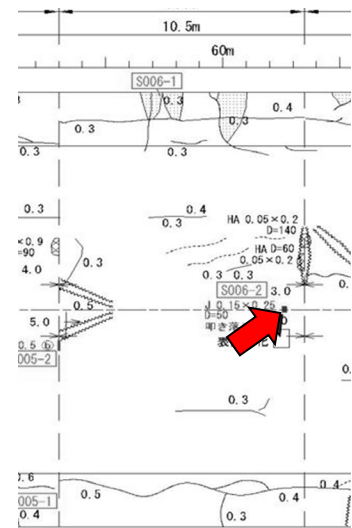
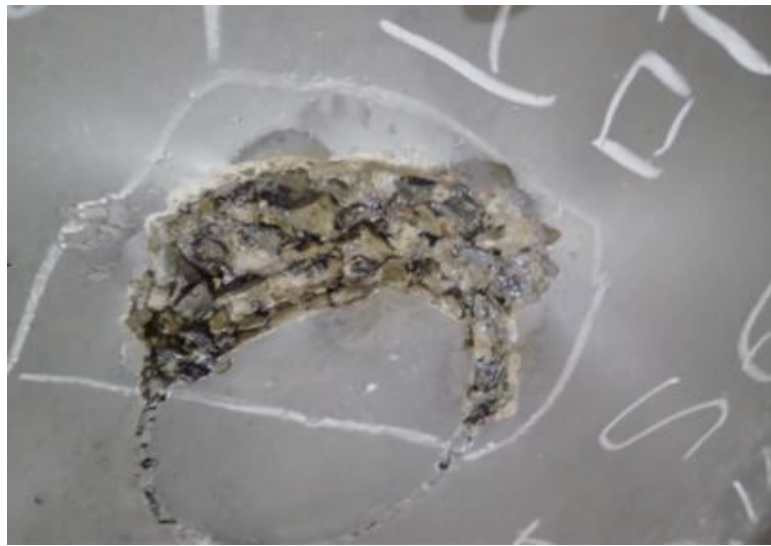


説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.2m×0.9mで、導水工沿いにうきが生じ、ひび割れを伴う。
 ブロック化による落下が懸念される。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	2/13
--------------	------	---------	------

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.3		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.15m×0.25mで、覆工打設時の吹上げ口の周辺に豆板が生じている。
 打音異常があり、たたき落としによる骨材の抜け落ちも見られ変状がかなり進行しており、落下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.4		変状展開図				

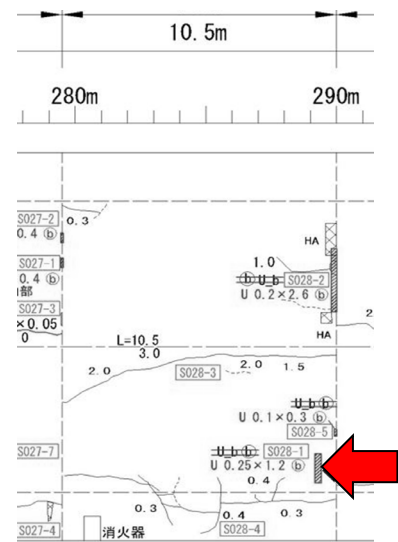
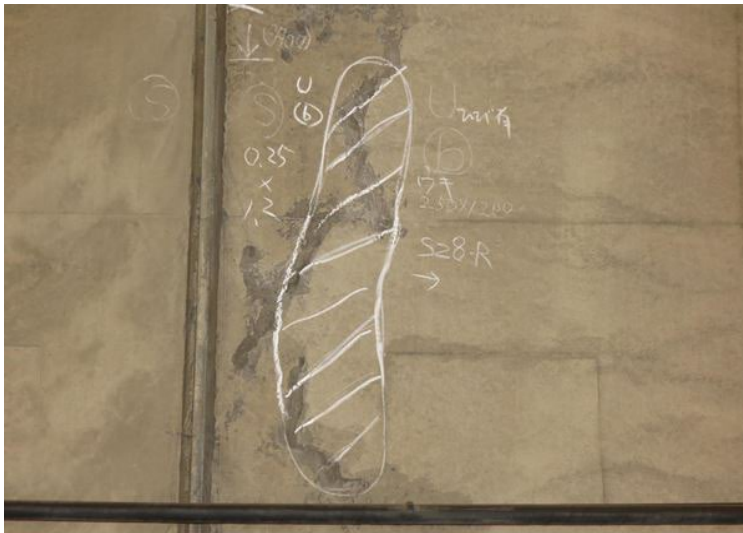


説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.25m×0.8mで、ひび割れに沿ってうきが生じている。
 たたき落としで一部は除去したが、打音異常箇所が完全には除去できない状態である。
 ひび割れを伴っており、ブロック化による落下が懸念される。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	3/13
--------------	------	---------	------

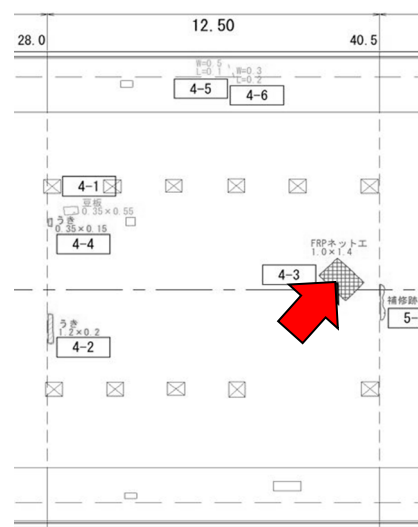
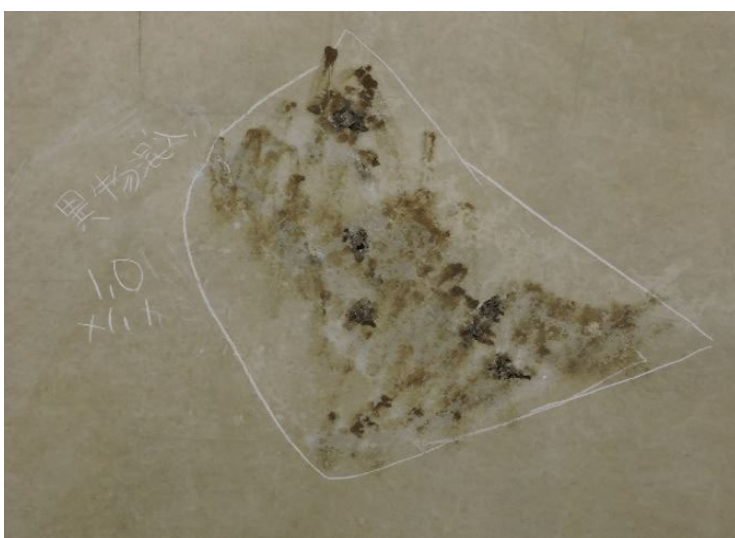
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.5		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.25m×1.20mで、ひび割れに沿ってうきが生じている。
 打音異常があり、覆工内部に豆板・ひび割れが存在する可能性があり、ブロック化による落下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.6		変状展開図				



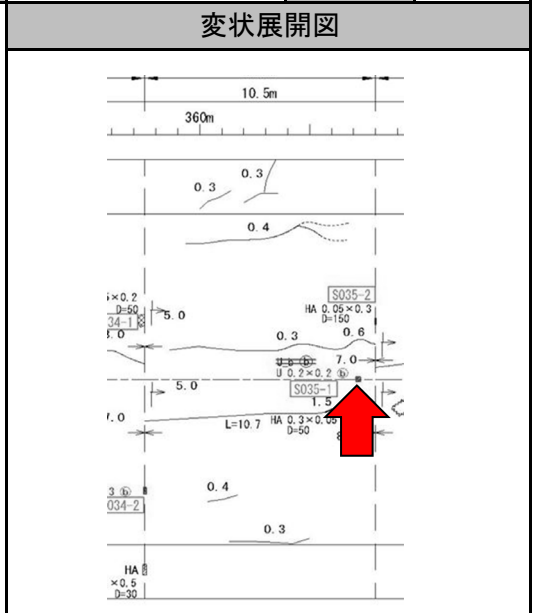
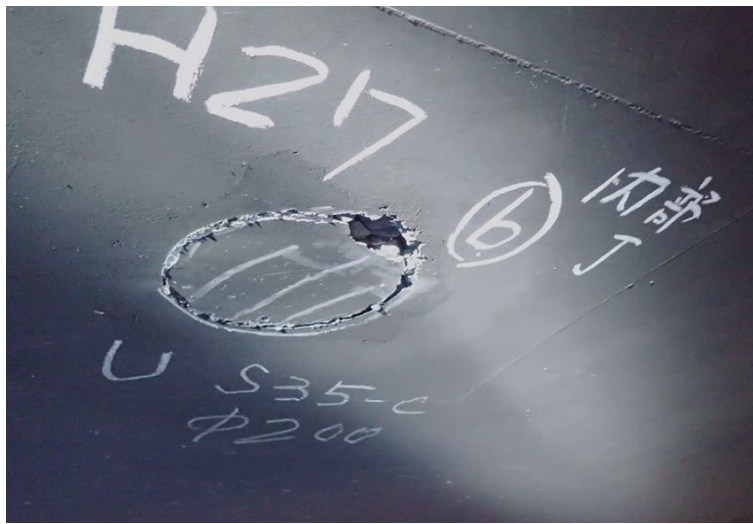
説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、1.0m×1.1mで、表面の変色や打音異常から、覆工内部に異物の混入の可能性があり、落下が懸念される。
 ※点検時に応急措置としてFRPネット（1.0m×1.4m）を設置。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	4/13
--------------	------	---------	------

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
------	----	----	------	----	----------	------	---

写真番号	2.3.7
------	-------

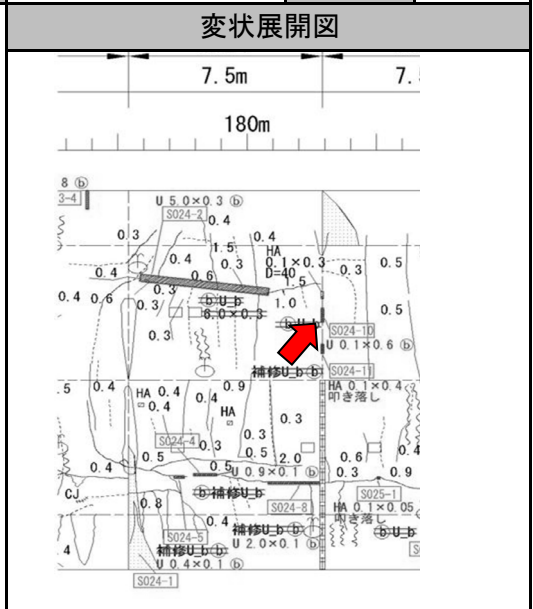


説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.20m×0.20mで、吹上げ口跡の周辺に豆板が生じている。
 骨材の抜け落ちも見られ、ブロック化による落下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
------	----	----	-------	----	------	------	---

写真番号	2.3.8
------	-------

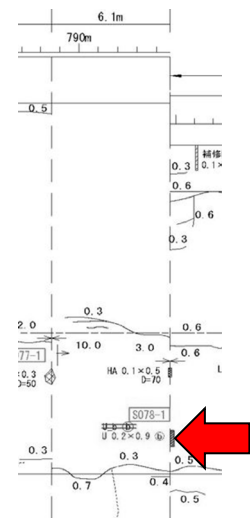
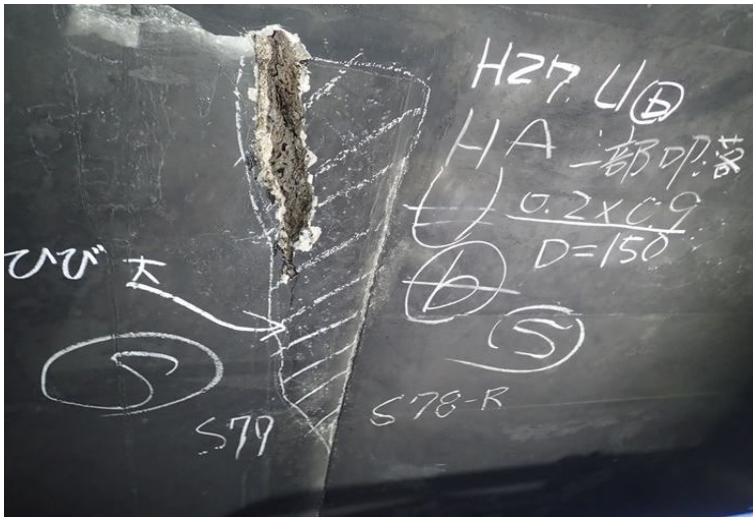


説明

覆工横断目地部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.1m×0.6mで、ひび割れを伴ううきが生じている。
 ブロック化による落下が懸念される。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	5/13
--------------	------	---------	------

変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.3.9				変状展開図		



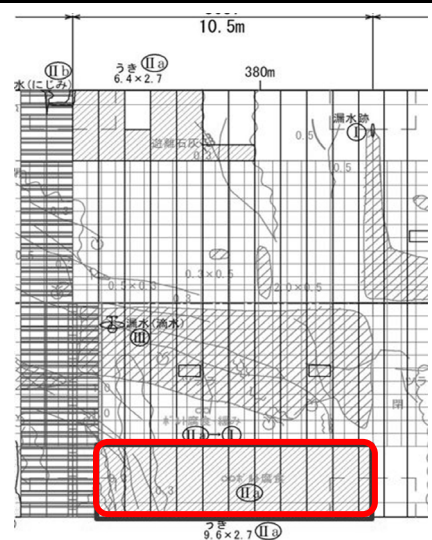
説明

覆工横断目地部に発生したうき・はく離の例。

変状規模は、0.2m×0.9mで、目地沿いにうきが生じ、ひび割れや遊離石灰が見られる。

たたき落としで一部は除去したが、打音異常箇所が完全には除去できない状態にあり、ブロック化による落下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.3.10				変状展開図		



説明

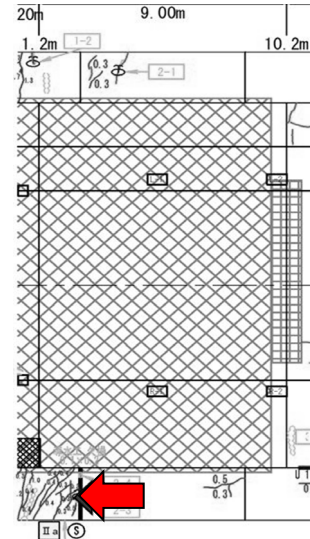
覆工側壁部に発生したうき・はく離の例。

変状規模は、9.6m×2.7mと、広範囲で覆工表面の劣化が確認される。

明確な打音異常は認められないが、ハンマーで容易に崩れる状態にあり、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	6/13
--------------	------	---------	------

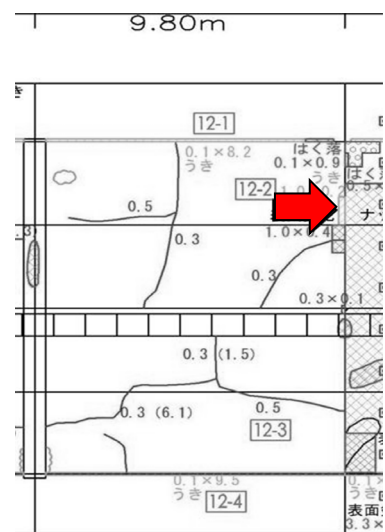
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.3.11					変状展開図	



説明

覆工側壁部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、1.5m×2.1mと、ひび割れが密集した範囲にうきが生じている。
 ブロック化には至っておらず、打音異常はあるが側壁部であり、たたき落とし程度でははく落しない。
 今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.3.12					変状展開図	

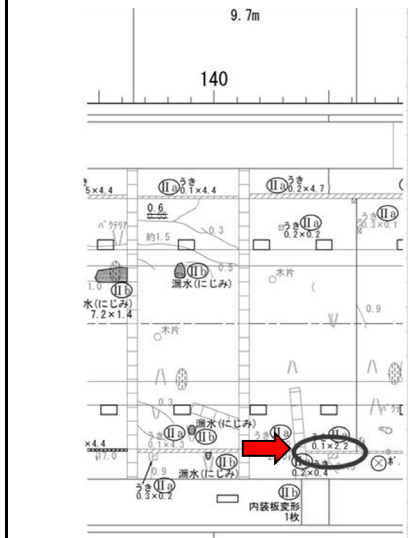


説明

覆工横断目地部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、1.0m×0.2mで、横断目地に沿ったうきが生じている。
 ひび割れを伴っているがブロック化には至っていない。たたき落とし程度でははく落しないが、既設の対策工から、隣接する覆工の状態も悪かったことが推定されるため、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	7/13
--------------	------	---------	------

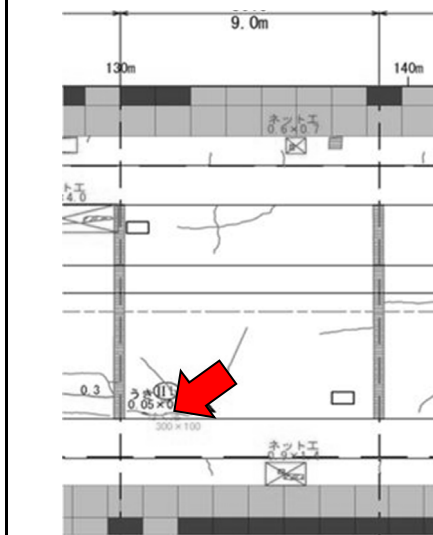
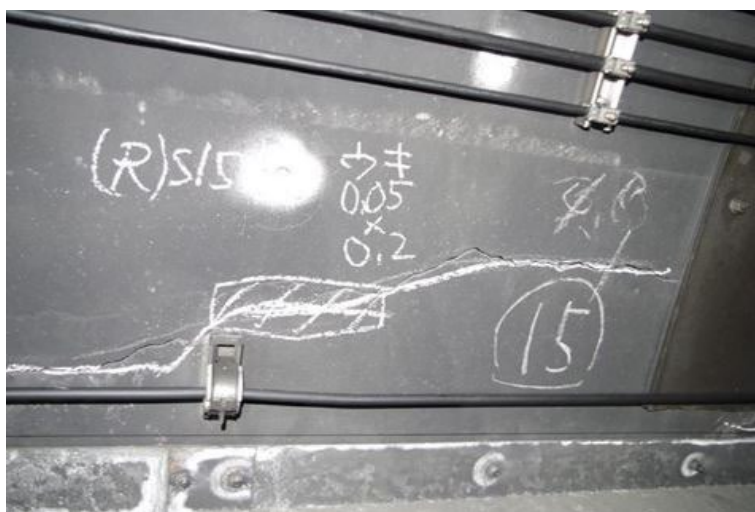
変状箇所	覆工	部位	水平打継ぎ目	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2. 3. 13					変状展開図	



説明

覆工水平打継ぎ目に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は0.1m×2.2mで、目地モルタルにうきが生じている。
 側壁部であるが、目地材劣化の兆候があり、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2. 3. 14					変状展開図	

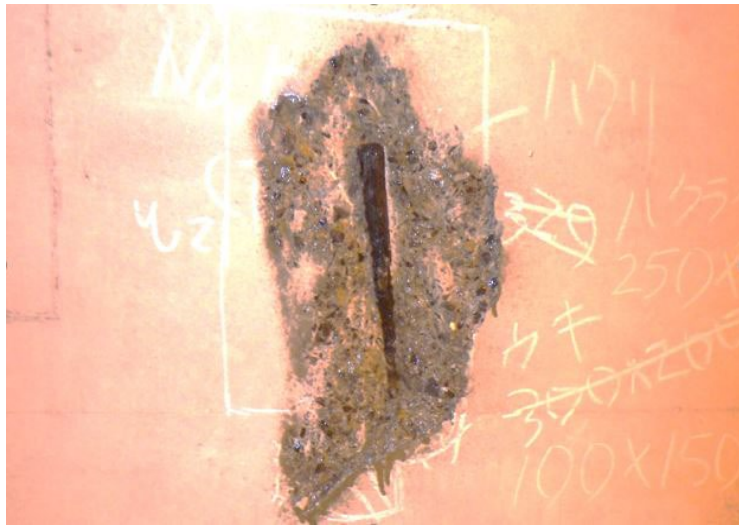


説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.2m×0.05mで、ひび割れに沿ってうきが生じている。
 打音異常があるものの、側壁部であり、たたき落とし程度でははく落しない。
 今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	8/13
--------------	------	---------	------

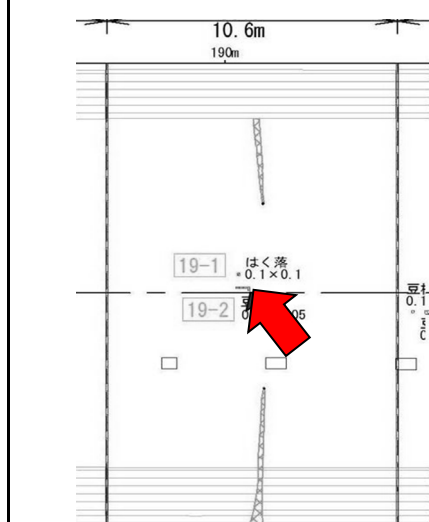
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.3.15		変状展開図				



説明

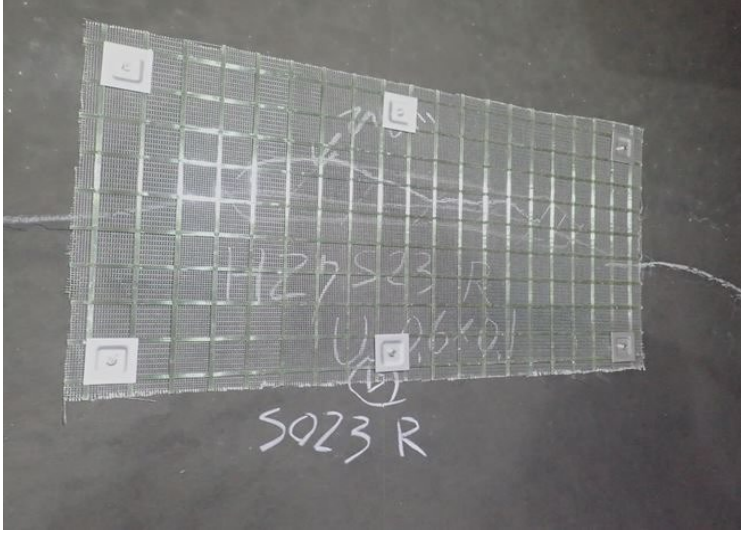
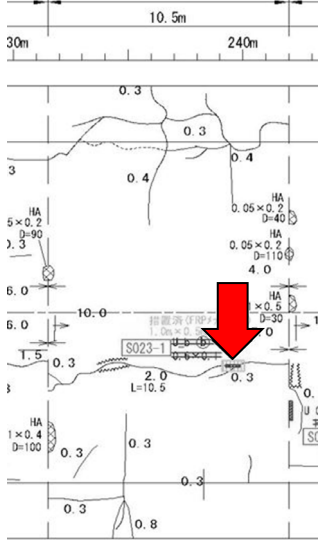
覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.15m×0.2mで、うきが生じている。
 たたき落としで不安定部分を除去したが、鉄筋の露出が確認されたため、劣化防止コーティング剤の散布により応急処置を実施している。今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.3.16		変状展開図				



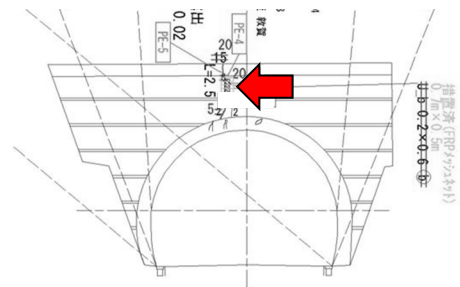
説明

覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.4m×0.05mで、覆工表面に豆板が生じており、骨材が露出している。
 今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。

トンネル本体工の変状事例		変状種別		②うき・はく離		9/13		
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb	
写真番号	2.3.17						変状展開図	
								
説明								
<p>覆工アーチ部に発生したうき・はく離の例。</p> <p>変状規模は、0.10m×0.60mで、ひび割れに沿ってうきが生じている。</p> <p>FRPメッシュネットを措置済み。</p> <p>今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。</p>								

トンネル本工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	10/13
-------------	------	---------	-------

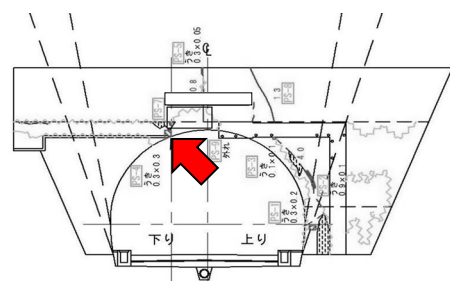
変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	矢板工法	対策区分	IV
写真番号	2.3.18					変状展開図	



説明

坑門面壁部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.2m×0.6m程度で、銘板横のひび割れに沿ってうきが生じている。
 ひび割れが閉合してブロック化しており、打音異常もある。
 ひび割れ幅も大きいので、早期落下の可能性が極めて高い。

変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	矢板工法	対策区分	II a
写真番号	2.3.19					変状展開図	

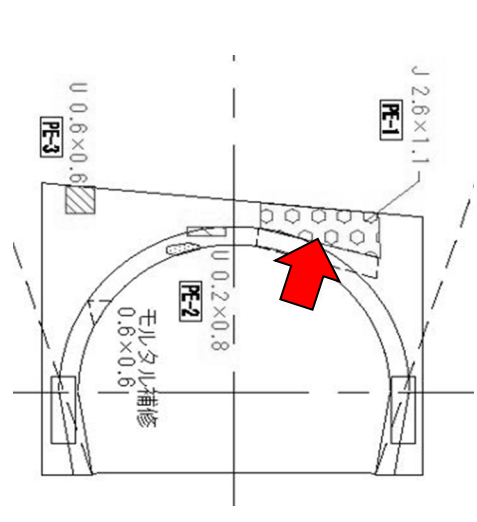


説明

坑門面壁部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.3m×0.3m程度で、変色部位にうきが生じている。
 ひび割れを伴っており、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	11/13
--------------	------	---------	-------

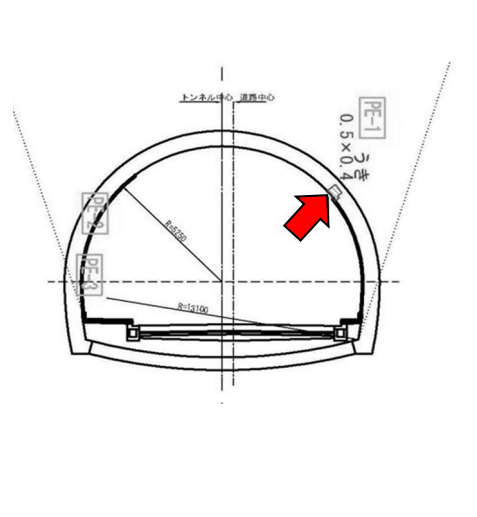
変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.3.20					変状展開図	



説明

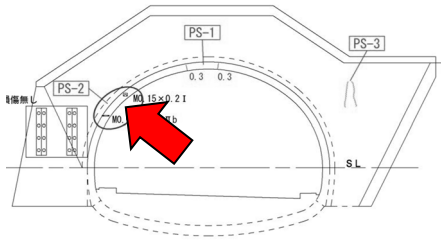
坑門面壁部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、2.6m×1.1mの範囲で、面壁に豆板が生じている。
 骨材が露出しており、たたき落とし程度でははく落しないが、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

変状箇所	坑門	部位	突出部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.3.21					変状展開図	



説明

坑門突出部に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、0.5m×0.4m程度で、突出部の端部にうきが生じている。
 ひび割れを伴っており、今後材質劣化の進行により落下する可能性がある。

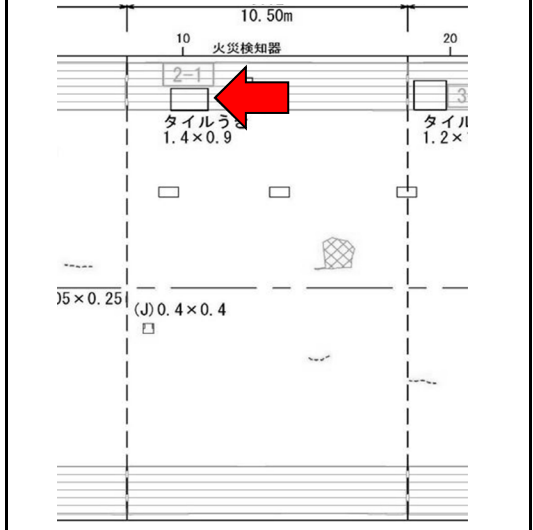
トンネル本体工の変状事例		変状種別	②うき・はく離	12/13			
変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2. 3. 22		変状展開図				
							
説明							
<p>坑門面壁部に発生したうき・はく離の例。</p> <p>変状規模は、0.05m×0.35m 及び 0.15m×0.2m の範囲で豆板が生じている。</p> <p>軽微な豆板で、たたき落とし程度では骨材の抜け落ちは生じない。</p> <p>今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。</p>							

トンネル本体工の変状事例	変状種別	②うき・はく離	13/13
--------------	------	---------	-------

変状箇所	内装板	部位	内装エタイル(直張り)	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
------	-----	----	-------------	----	----------	------	----

写真番号	2. 3. 23
------	----------

変状展開図



側壁部の内装エタイル(直張り)に発生したうき・はく離の例。
 変状規模は、1.4m×0.9mの範囲でタイルにうきが生じている。
 タイルの接着機能の低下により落下する可能性があるため、今後の材質劣化の進行に注意する必要がある。

2.4. 変形、移動、沈下

点検要領における変形、移動、沈下に対する対策区分を表 2.4.1 に示す。また、変形速度に対する対策区分の目安例を表 2.4.2 に示す。

表 2.4.1 変形、移動、沈下に対する対策区分¹⁾

I		変形、移動、沈下等が生じていない、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、沈下等しており、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、沈下等しており、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、沈下等しており、その進行が見られ、構造物の機能低下が予想されるため、早期に対策を講じる必要がある状態
IV		変形、移動、沈下等しており、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

【対策区分の目安例¹⁾】

トンネルの変形、移動、沈下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 2.4.2 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 2.4.2 変形速度に対する対策区分の目安例¹⁾

対象箇所	部位区分	変形速度				対策区分
		10mm/年 以上 〔著しい〕	3～10 mm/年 〔進行が みられる〕	1～3 mm/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

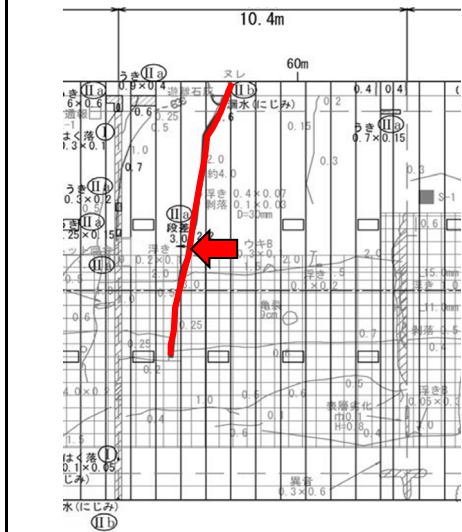
- ・変形量自体が小さい場合
- ・変形の外的要因が明確でないまたは進行も収束しつつある場合 等

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)

トンネル本工の変状事例	変状種別	③変形、移動、沈下	1/1
-------------	------	-----------	-----

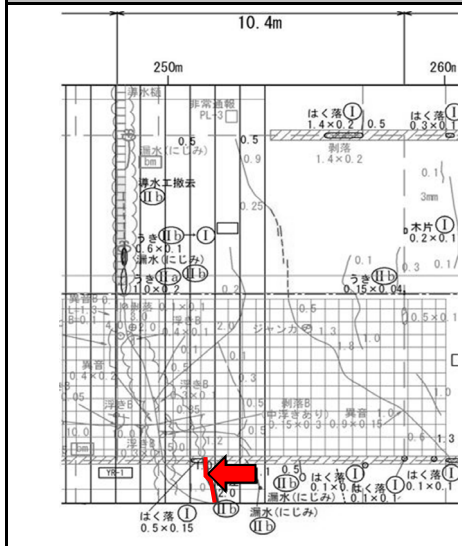
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.4.1		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した変形、移動、沈下の例。
 変状規模は、段差3.0mm、開口幅2.2mm。変形速度は不明。
 前回点検時には変状が無かったことから、進行性が疑われる状態である。
 外力対策工の設置状況からみても、外力性の変状である可能性は高い。

変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.4.2		変状展開図				



説明

覆工側壁部に発生した変形、移動、沈下の例。
 変状規模は、段差2.0mm、開口幅1.0mmで、変形速度は不明。
 前回点検時には変状が無かったことから進行性が疑われる状態である。
 今後の変形速度に注意する必要がある。

2.5. 鋼材腐食

点検要領における鋼材腐食に対する対策区分を表 2.5.1 に示す。

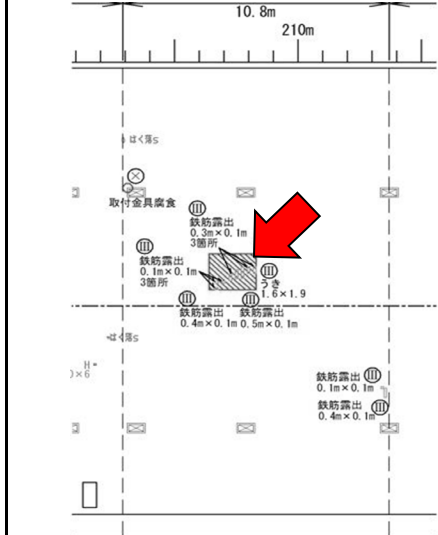
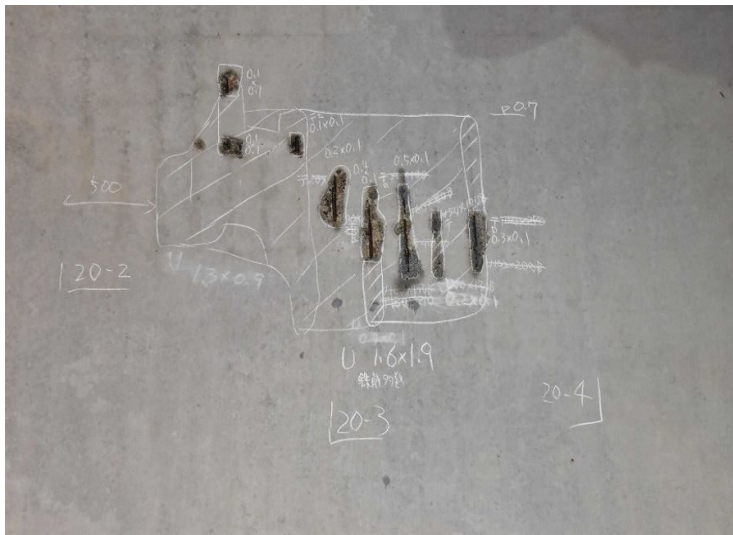
表 2.5.1 鋼材腐食に対する対策区分¹⁾

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、早期に対策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。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	④鋼材腐食	1/1
--------------	------	-------	-----

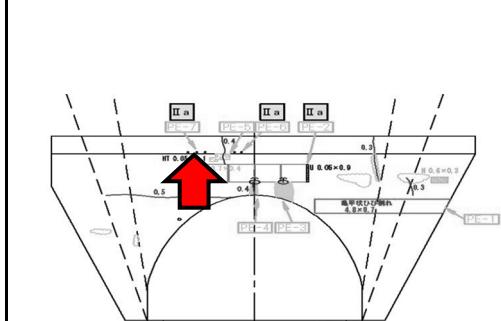
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.5.1		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した鋼材腐食の例。
 変状規模は、1.6m×1.9m程度の範囲で内部鉄筋の腐食が生じている。
 鉄筋腐食の進行により構造用鋼材の機能低下が懸念される。
 また、鉄筋に沿った筋も視認できることから、広範囲で鉄筋かぶりが薄いと想定され、鉄筋腐食の進行により覆工表面のはく落も懸念される。

変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.5.2		変状展開図				



説明

坑門面壁部に発生した鋼材腐食の例。
 変状規模は、0.05m×0.1mで、内部鉄筋の腐食が生じている。
 鉄筋には断面欠損は見られないが、全周のうき錆がみられる。
 また、鉄筋腐食の進行により坑門表面コンクリートのはく落も懸念される。

2.6. 有効巻厚の不足または減少

点検要領における有効巻厚の不足または減少に対する対策区分を表 2.6.1 に示す。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 2.6.2 を参考にし、特に矢板工法のトンネルにおいては表 2.6.3 および表 2.6.4 も参考にし、判定を行うとしている。

表 2.6.1 有効巻厚の不足または減少に対する対策区分¹⁾

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	材質劣化等により有効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		材質劣化等により有効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、早期に対策を講じる必要がある状態
IV		材質劣化等により有効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

表 2.6.2 突発性の崩壊のおそれに対する対策区分¹⁾

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。

【対策区分の目安例（巻厚の不足又は減少）¹⁾】

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を確認された場合、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。

表 2.6.3 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）¹⁾

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 ランク上げて判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/mm² 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）¹⁾】

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 2.6.4 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。

表 2.6.4 突発性の崩壊のおそれに対する対策区分の目安例^{補足1) 1)}

背面空洞深さ 覆工巻厚（有効巻厚）	大 ^{補足2)} (30cm 以上程度)	小 (30cm 未満程度)
	小 (30cm 未満程度)	Ⅲ、Ⅳ ^{補足3)}
大 (30cm 以上程度)	Ⅱa、Ⅲ ^{補足4)}	

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) 判定にあたっては、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として判定することができる。

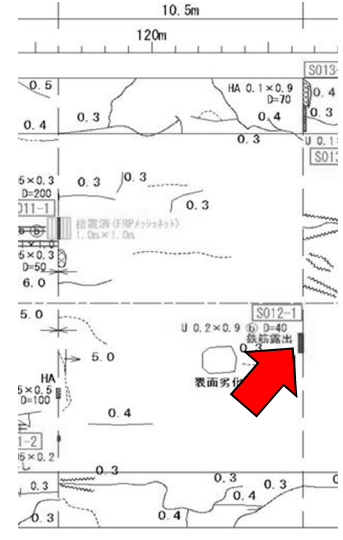
補足 4) 背面空洞が側面の場合、あるいは地山の状態や覆工の性状が比較的良好な場合は、Ⅱaとして判定することができる。

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判定する。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑤巻厚の不足または減少、背面空洞	1/3
--------------	------	------------------	-----

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅲ
------	----	----	------	----	----------	------	---

写真番号	2.6.1	変状展開図					
------	-------	-------	--	--	--	--	--

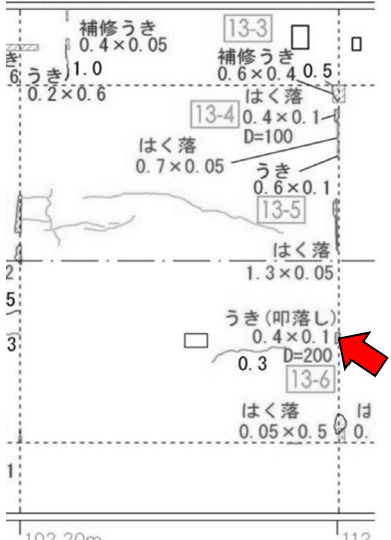


説明

覆工アーチ部に発生した有効巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、0.2m×0.9m程度で、背面空洞深さが0.4mと大きい。
 山岳トンネル工法のため、一般的に覆工に外力が作用しない構造であるが、巻厚が不足していること、また、鋼材腐食も見られるため、構造物の機能低下が懸念される。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
------	----	----	------	----	------	------	----

写真番号	2.6.2	変状展開図					
------	-------	-------	--	--	--	--	--

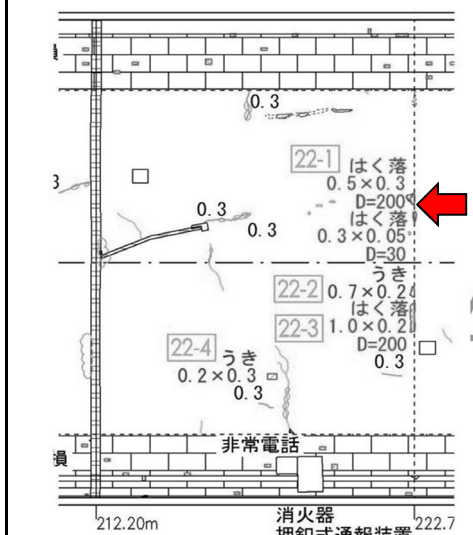


説明

覆工アーチ部に発生した巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、0.4m×0.1m程度で、叩き落しにより表面から深さが0.2m凹んだ状態である。
 覆工が設計巻厚の2/3以下となり有効巻厚が不足し、構造物の機能が損なわれている可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑤巻厚の不足または減少、背面空洞	2/3
--------------	------	------------------	-----

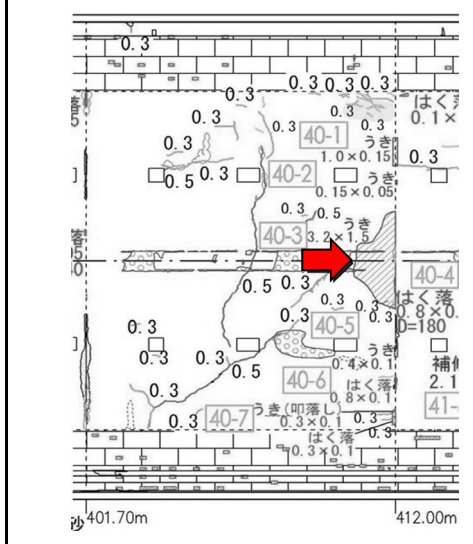
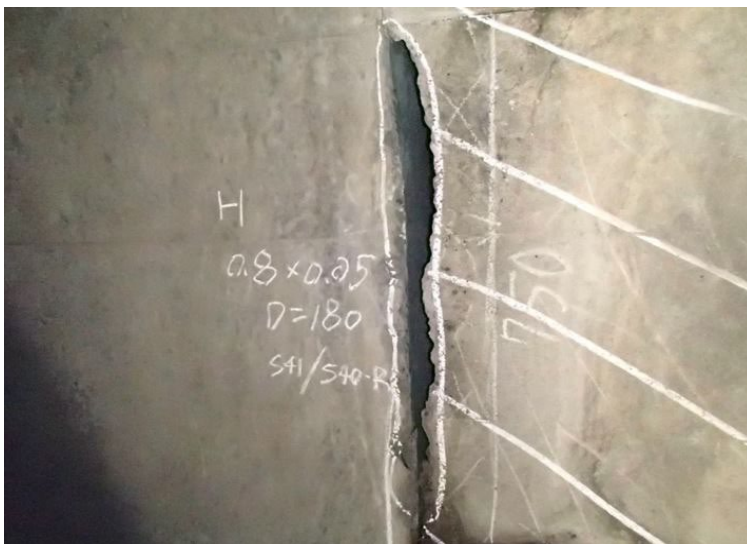
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.6.3		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、0.5m×0.3程度で、はく落により表面から深さが0.2m凹んだ状態である。
 覆工が設計巻厚の2/3以下となり有効巻厚が不足し、構造物の機能が損なわれている可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.6.4		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、0.8m×0.05m程度で、はく落により表面から深さが0.18m凹んだ状態である。
 覆工が設計巻厚の2/3以下となり有効巻厚が不足し、構造物の機能が損なわれている可能性がある。

トンネル本工の変状事例	変状種別	⑤巻厚の不足または減少、背面空洞	3/3
-------------	------	------------------	-----

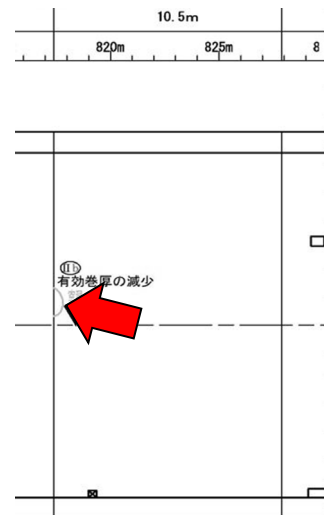
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.6.5		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、0.15m×0.5mで、叩き落しにより表面から深さが150mm凹んだ状態である。
 有効巻厚が減少した状態であるため注意が必要である。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.6.6		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した有効巻厚の不足または減少の例。
 変状規模は、背面空洞深さ0.05mで、覆工背面に空洞が生じている。
 有効巻厚が減少した状態であるため注意が必要である。

2.7. 漏水等による変状

点検要領における漏水等による変状に対する対策区分を表 2.7.1 に、対策区分の目安例を表 2.7.2 に示す。

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り、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および判定するとしている。

表 2.7.1 漏水等による変状に対する対策区分¹⁾

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、早期に対策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

表 2.7.2 漏水等による変状に対する対策区分の目安例¹⁾

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

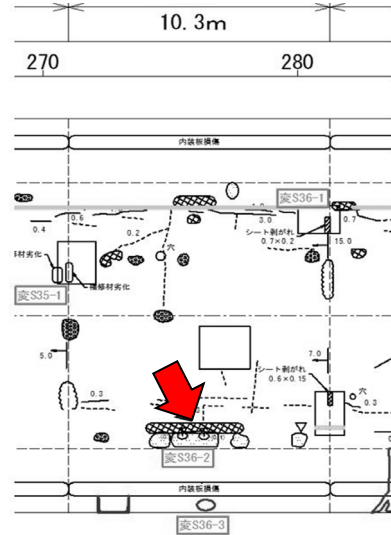
補足 1) 「無」は、安全性にほとんど影響がないことを表す（安全性に影響がない場合の対策区分は一般的にⅠとなる）。

補足 2) 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ランク上げて判定することが考えられる。

また、判定にあたっては、降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定することが望ましい。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	1/7
--------------	------	-----------	-----

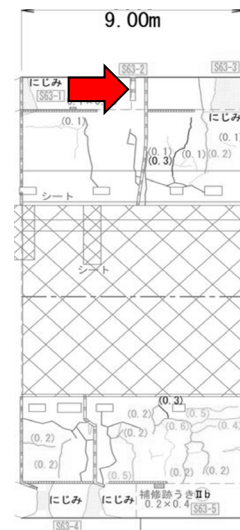
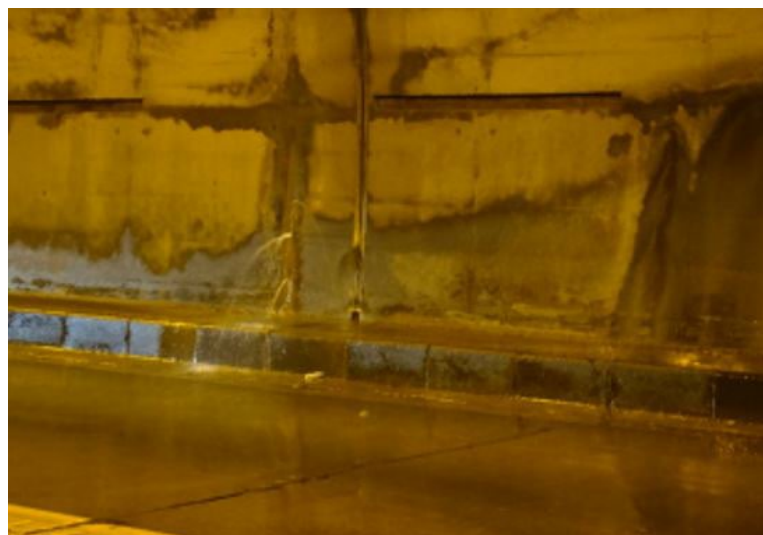
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.7.1					変状展開図	



説明

覆工アーチ部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合いが「流下」で、内装板の上部から漏水し、路面に滞水して利用者の安全性を損なう可能性がある。
 なお、内装板の変状への影響も懸念される。

変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.7.2					変状展開図	



説明

覆工側壁部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合いが「噴出」で、側壁脚部から噴出した水が路面に滞水している。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	2/7
--------------	------	-----------	-----

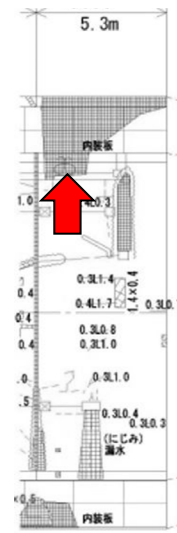
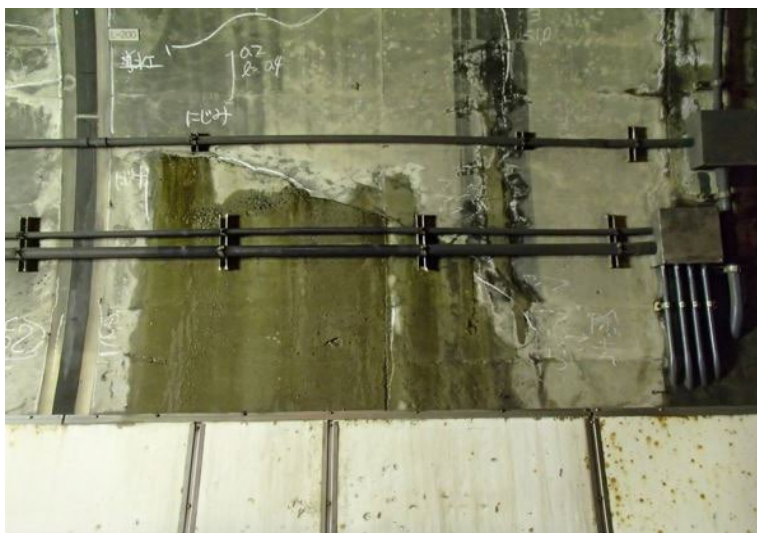
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.7.3		変状展開図				



説明

覆工側壁部に発生した漏水等による変状の例。
 側壁からの漏水がたら、側氷を形成しており、利用者の安全性を損なう可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.4		変状展開図				

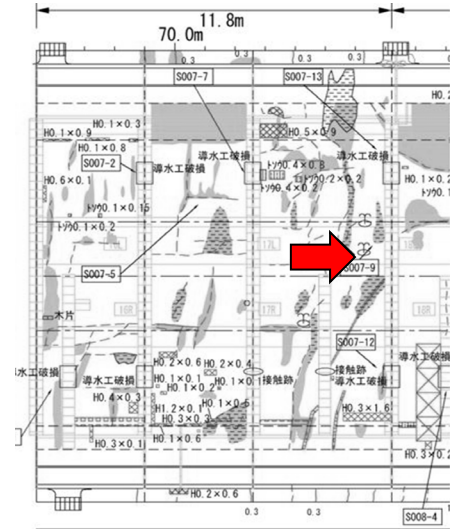
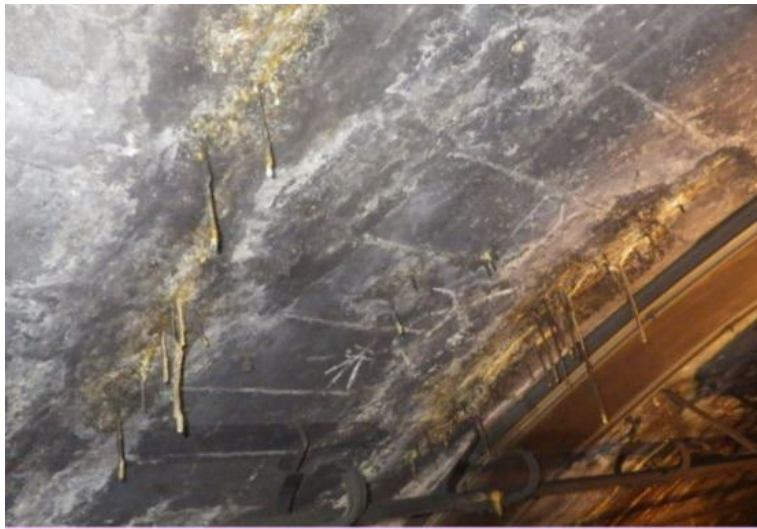


説明

覆工アーチ部に発生した漏水等による変状の例。
 ひび割れに沿った漏水に小規模なたらが生じている。（写真は除去後）
 漏水量が増え、たらや側氷が大規模になると将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	3/7
--------------	------	-----------	-----

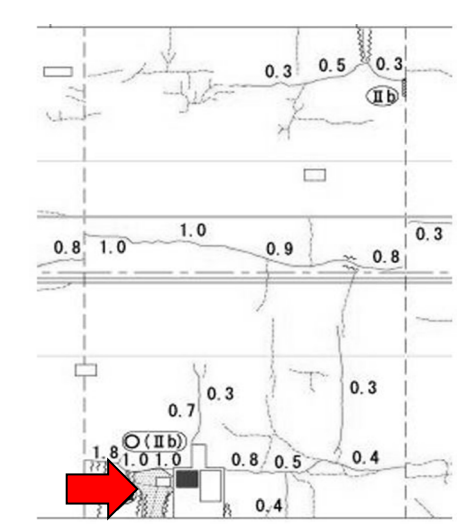
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.5		変状展開図				



説明

覆工アーチ部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合は「滴水」で、アーチ頂部から漏水して路面に滞水している。
 遊離石灰（つらら状）も形成されている。
 漏水量が増えると、将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.6		変状展開図				

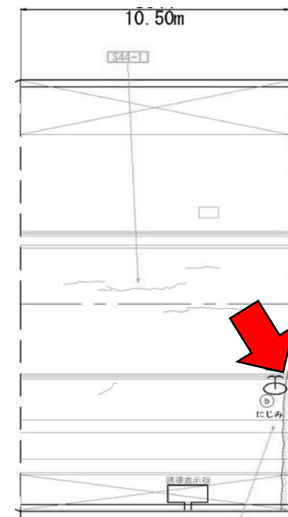


説明

覆工側壁部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合が「流下」で、ひび割れに沿って漏水が生じている。
 監査歩廊への滞水・土砂堆積もみられる。
 なお、隣接する付属施設への悪影響も懸念される。
 将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	4/7
--------------	------	-----------	-----

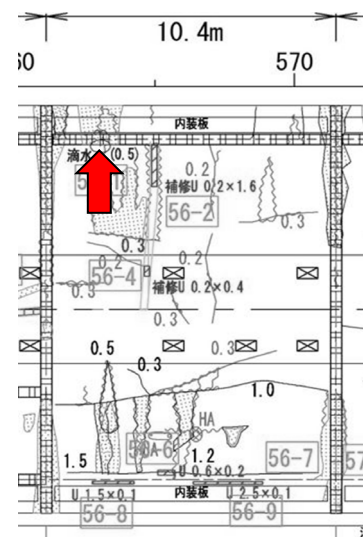
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.7		変状展開図				



説明


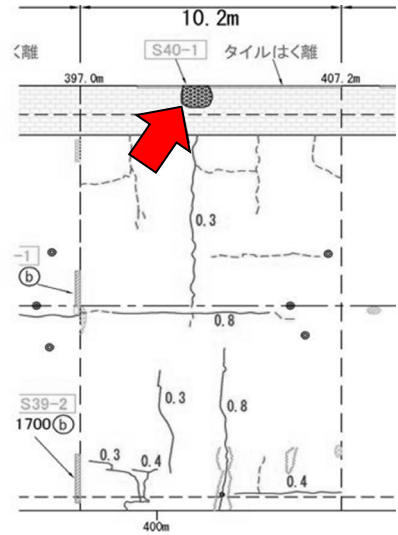

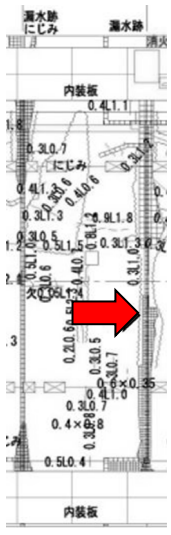
覆工横断目地部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合が「滴水」で、横断目地の側壁部から漏水し、監査歩廊に滞水が生じている。
 将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

変状箇所	覆工	部位	水平打継ぎ目	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.8		変状展開図				



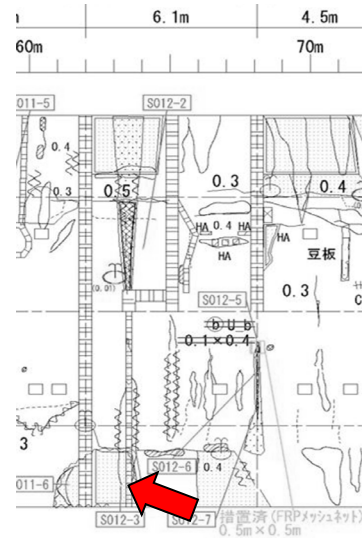
説明

覆工水平打継ぎ目に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合が「滴水」で、0.5L/分程度の漏水が生じ、路肩に滞水している。
 内装板への影響や、漏水量増加による路面滞水への進展が懸念される。
 将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

トンネル本工事の変状事例			変状種別		⑥漏水等による変状		5/7	
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	山岳トンネル工法	対策区分	Ⅱb	
写真番号	2.7. 9						変状展開図	
								
説 明								
<p>覆工側壁部に発生した漏水等による変状の例。</p> <p>漏水の度合いが「浸出（にじみ）」で、タイルの背面から漏水が生じている。</p> <p>周辺でタイルのはく離も確認されており接着剤等の劣化も懸念される。</p> <p>今後の変状の進展に注意が必要である。</p>								
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb	
写真番号	2.7. 10						変状展開図	
								
説 明								
<p>横断目地部に発生した漏水等による変状の例。</p> <p>漏水の度合いが「浸出（にじみ）」で、横断目地に沿って漏水が生じ、監査歩廊に滞水している。</p> <p>今後の変状の進展に注意が必要である。</p>								

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	6/7
--------------	------	-----------	-----

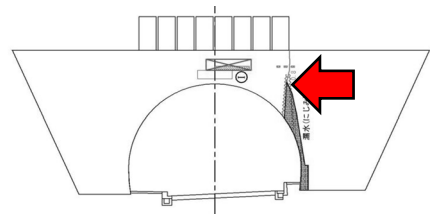
変状箇所	覆工	部位	水平打継ぎ目	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.7.11					変状展開図	



説明

覆工水平打継ぎ目に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合が「浸出（にじみ）」で、水平打継ぎ目から漏水が生じ、路肩へ滞水している。
 今後の変状の進展に注意が必要である。

変状箇所	坑門	部位	面壁部	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱb
写真番号	2.7.12					変状展開図	

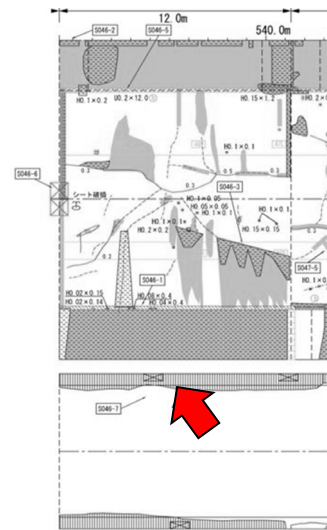


説明

坑門面壁部に発生した漏水等による変状の例。
 漏水の度合は、「浸出（にじみ）」で、6.4m×1.4mの範囲に漏水跡が確認される。
 冬季には凍結する可能性があるが、発生位置からつららが生じる可能性は低い。
 今後の変状の進展に注意が必要である。

トンネル本体工の変状事例	変状種別	⑥漏水等による変状	7/7
--------------	------	-----------	-----

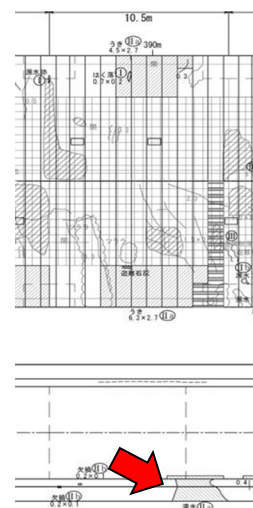
変状箇所	路肩及び路面	部位	路面	工法	矢板工法	対策区分	Ⅲ
写真番号	2.7.13		変状展開図				



説明

路面に発生した漏水等による変状の例。
 変状の規模は12.0m×2.0m程度で、路肩部に発生している滞水が、排水不良のため車道にまで及んでいる。利用者の安全性を損なう可能性がある状態である。

変状箇所	路肩及び路面	部位	歩道・監査歩廊	工法	矢板工法	対策区分	Ⅱa
写真番号	2.7.14		変状展開図				



説明

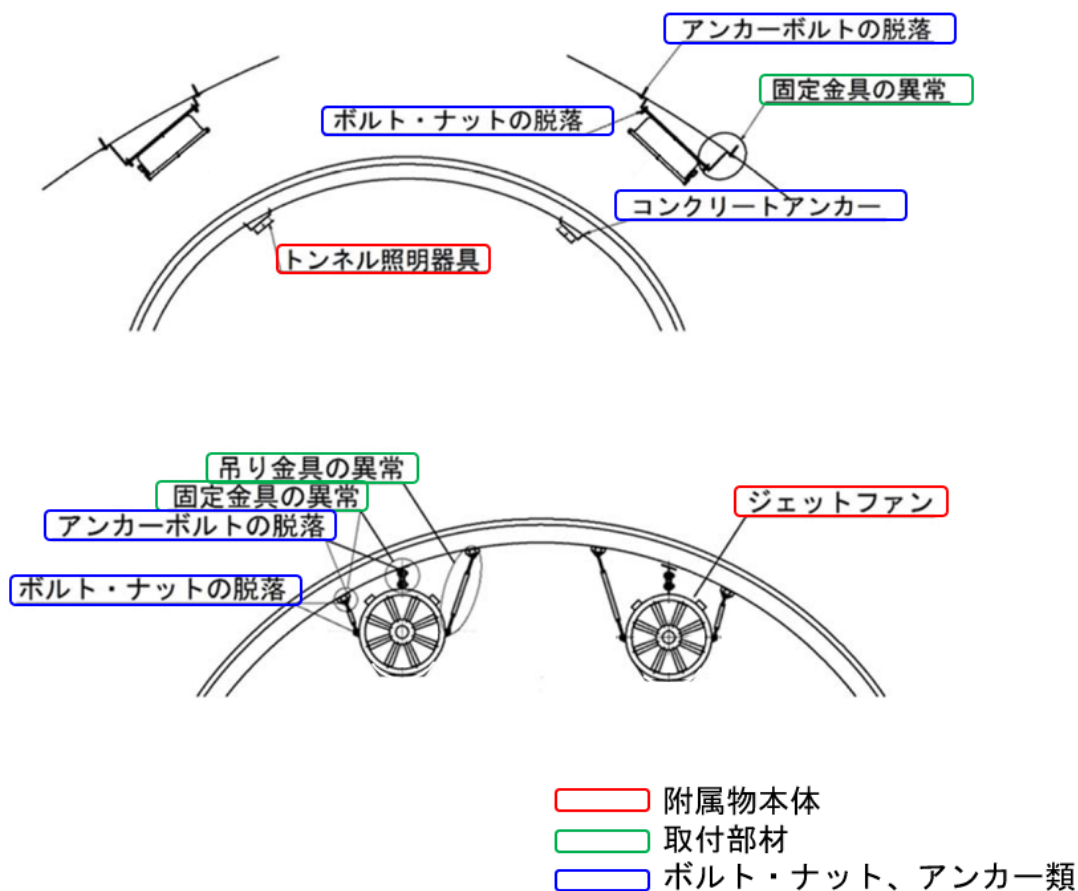
路肩（歩道・監査歩廊等）に発生した漏水等による変状の例。
 変状の規模は、3.3m×1.6m程度で、監査歩廊から路肩に滞水している。
 今後進行すれば将来的に利用者の安全性を損なう可能性がある。

3. トンネル附属物等の取付状態の異常事例

3.1. 概要

トンネル附属物等の取付状態の異常事例は、「附属物本体」、「取付部材」、「ボルト・ナット、アンカー類」の3区分で異常の種類毎に整理した。ここで、点検要領における附属物等の取付状態としては、本体工である天井板、内装板等の取付状態を含んでいるが、本資料では該当する事例が無かったため示していない。図3.1.1に附属物の異常発生箇所の例を示す。本章では個別の異常事例の写真を示す。

なお、附属物の取付状態を把握する際の留意点に関しては、トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点（参考資料）³⁾が参考となる。



トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点（参考資料）³⁾の図-2に加筆

図 3.1.1 附属物の異常発生箇所の例

3.2. 附属物本体

点検要領における附属物本体に生じる異常の種類と判定区分を表 3.2.1 に示す。表に示すように、異常の種類のうち亀裂とがたつきについては異常と判定された事例が無かった。次頁以降に異常と判定された事例を示す。

表 3.2.1 附属物本体に生じる異常の種類と判定区分

異常の種類	異常判定区分×	備考
亀裂	亀裂が確認され、落下するおそれがある場合	該当事例なし
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	該当事例なし

附属物取付状態の異常		部位	附属物本体	1/3
写真番号	3.2.1		異常の種類	④ 腐食
			異常概要	
			<p>照明灯具全体に腐食がみられる。腐食が著しく、落下が懸念される。</p>	
写真番号	3.2.2		異常の種類	④ 腐食
			異常概要	
			<p>照明灯具全体が腐食し、孔食が生じている。腐食が著しく、落下が懸念される。</p>	
写真番号	3.2.3		異常の種類	④ 腐食
			異常概要	
			<p>標識の腐食が著しく、落下が懸念される。</p>	

附属物取付状態の異常		部位	附属物本体	2/3
写真番号	3.2.4		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		ケーブル鋼管の腐食が著しく、落下が懸念される。		
写真番号	3.2.5		異常の種類	⑤ 変形、欠損
		異常概要		
		照明灯具が変形しており蓋（カバー）が取付られないため、仮止めされている。変形が著しく、落下が懸念される。		
写真番号	3.2.6		異常の種類	⑤ 変形、欠損
		異常概要		
		照明灯具のガラス蓋が欠損している。内部器具が劣化し、落下が懸念される。		

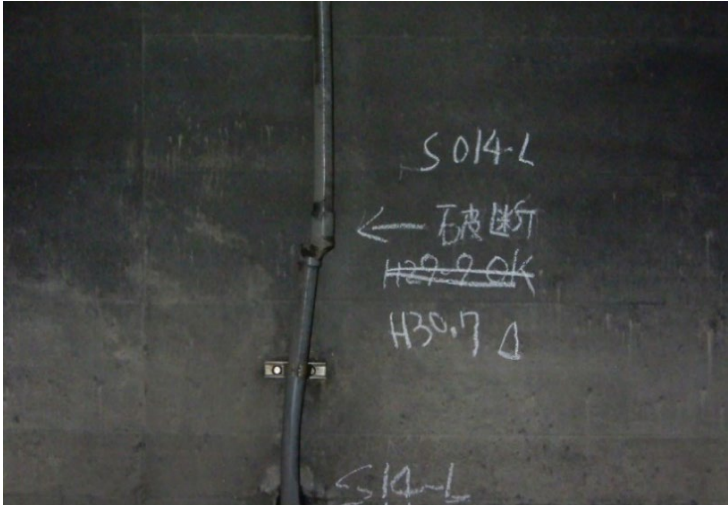
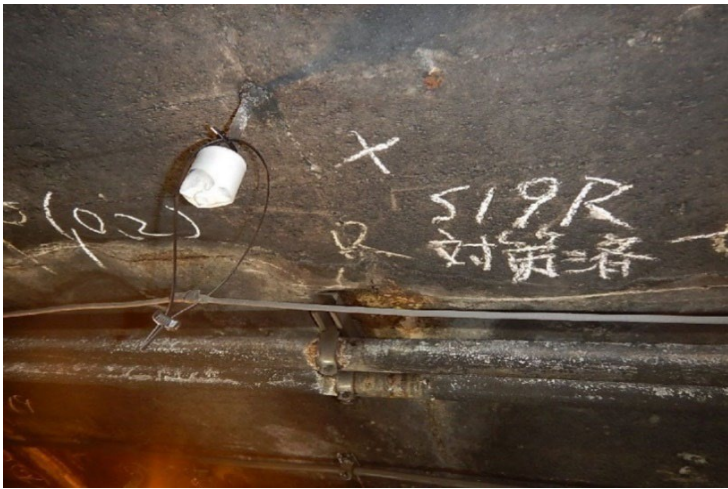

附属物取付状態の異常		部位	附属物本体	3/3
写真番号	3.2.7		異常の種類	⑤ 変形、欠損
			異常概要	
			<p>標識の変形。 変形が著しく、落下が懸念される。</p>	
写真番号	3.2.8		異常の種類	⑤ 変形、欠損
			異常概要	
			<p>吸音板がめくれ上がり、仮止めされている。 変形や腐食が著しく、落下が懸念される。</p> <p>応急措置として被覆番線で固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。</p>	
写真番号	3.2.9		異常の種類	⑤ 変形、欠損
			異常概要	
			<p>電配ケーブルBOXのカバーが欠損している。 変形や欠損が著しく、落下が懸念される。</p>	

3.3. 取付部材

点検要領における取付部材に生じる異常の種類と判定区分を表 3.3.1 に示す。表に示すように、異常の種類のうち亀裂については異常と判定された事例が無かった。次頁以降に異常と判定された事例を示す。

表 3.3.1 取付部材に生じる異常の種類と判定区分

異常の種類	異常判定区分×	備考
破断	破断が認められ、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	該当事例なし
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	

附属物取付状態の異常		部位	取付部材	1/5
写真番号	3.3.1	異常の種類 ① 破断		
		異常概要		
		ケーブル配管ジョイント部に破断が認められ、落下が懸念される。		
写真番号	3.3.2	異常の種類 ① 破断		
		異常概要		
		ラジオ再放送ケーブル取付部材に破断が認められ、落下が懸念される。 応急措置として結束バンドで固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。		
写真番号	3.3.3	異常の種類 ① 破断		
		異常概要		
		ケーブル吊りワイヤーの取付部に破断が認められ、落下が懸念される。		

附属物取付状態の異常		部位	取付部材	2/5
写真番号	3.3.4		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		照明灯具取付金具の腐食が著しく、落下が懸念される。		
写真番号	3.3.5		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		照明灯具取付金具の腐食が著しく、落下が懸念される。		
写真番号	3.3.6		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		照明灯具取付金具の腐食が著しく、落下が懸念される。		

附属物取付状態の異常		部位	取付部材	3/5
写真番号	3.3.7		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		<p>標識取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。</p>		
写真番号	3.3.8		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		<p>信号標識取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。</p> <p>応急措置としてワイヤーで固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。</p>		
写真番号	3.3.9		異常の種類	④ 腐食
		異常概要		
		<p>ケーブル取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。</p>		

附属物取付状態の異常		部位	取付部材	4/5
写真番号	3.3.10			異常の種類 ④ 腐食
				異常概要 標識取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。
写真番号	3.3.11			異常の種類 ④ 腐食
				異常概要 吸音板取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。
写真番号	3.3.12			異常の種類 ④ 腐食
				異常概要 吸音板取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。




附属物取付状態の異常		部位	取付部材	5/5
写真番号	3.3.13			異常の種類 ④ 腐食
				異常概要
				ケーブル取付部材の腐食が著しく、落下が懸念される。
写真番号	3.3.14			異常の種類 ⑤ 変形、欠損
				異常概要
				<p>ケーブル取付金具が欠損し、ケーブルが垂れ下がっていた。通行車両への影響が懸念される。</p> <p>応急措置として被覆番線で固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。</p>
写真番号	3.3.15			異常の種類 ⑥ がたつき
				異常概要
				ラジオ再放送ケーブル碍子取付部にかたつきがあり、落下が懸念される。




3.4. ボルト・ナット、アンカー類

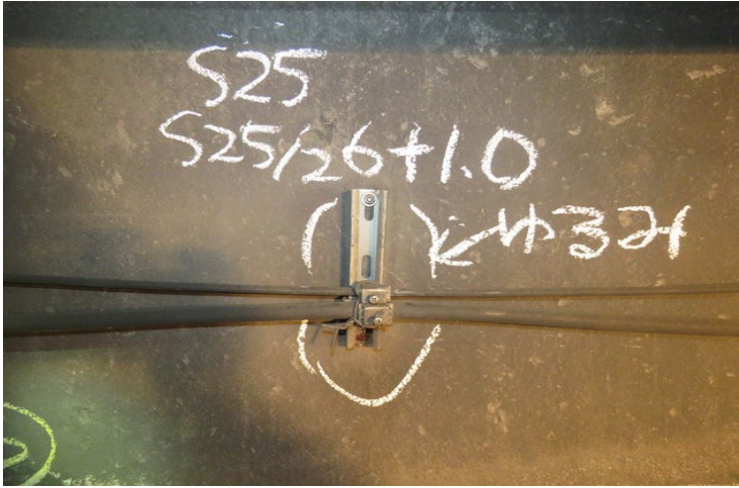

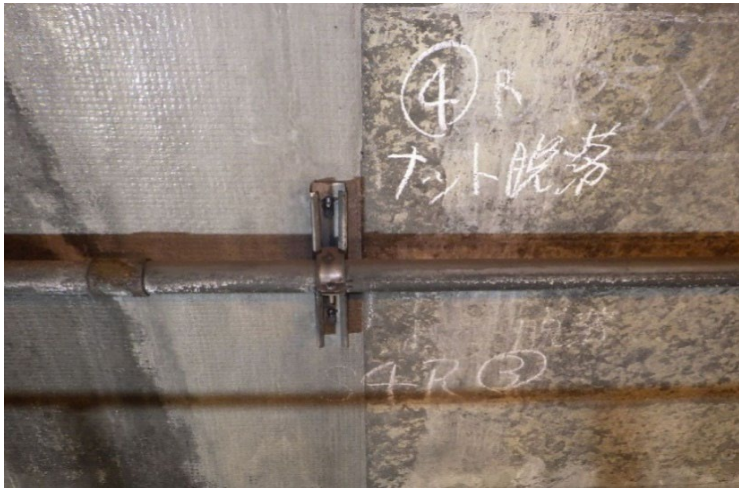
点検要領におけるボルト・ナット、アンカー類に生じる異常の種類と判定区分を表 3.4.1 に示す。表に示すように、異常の種類のうち亀裂については異常と判定された事例が無かった。次頁以降に異常と判定された事例を示す。


表 3.4.1 ボルト・ナット、アンカー類に生じる異常の種類と判定区分

異常の種類	異常判定区分×	備考
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	該当事例なし
腐食	腐食が著しく、損傷が進行するおそれがある場合	

附属物取付状態の異常		部位	ボルト・ナット、アンカー類	1/5	
写真番号	3.4.1			異常の種類	① 破断
異常概要				標識取付ボルト・ナットに破断が認められ、落下が懸念される。	
写真番号	3.4.2			異常の種類	① 破断
異常概要				ケーブル取付金具のアンカーボルトに破断が認められ、落下が懸念される。	
写真番号	3.4.3			異常の種類	① 破断
異常概要				ケーブル取付金具のアンカーボルトに破断が認められ、落下が懸念される。	

附属物取付状態の異常		部位	ボルト・ナット、アンカー類	2/5	
写真番号	3.4.4			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				<p>照明灯具取付金具のボルト・ナットが脱落しており、落下が懸念される。</p> <p>応急措置として被覆番線で固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。</p>	
写真番号	3.4.5			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				<p>照明灯具取付金具のボルトが緩んでおり、落下が懸念される。</p> <p>応急措置：ボルトの締め直し。</p>	
写真番号	3.4.6			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				<p>標識取付部材のボルトが脱落しており、落下が懸念される。</p>	

附属物取付状態の異常		部位	ボルト・ナット、アンカー類	3/5	
写真番号	3.4.7			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				ケーブル取付金具のナットに緩みがあり、落下が懸念される。 応急措置：ナットの締め直し。	
写真番号	3.4.8			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				ラジオ再放送ケーブル碍子のナットに緩みがあり、落下が懸念される。 応急措置：ナットの締め直し。	
写真番号	3.4.9			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				ケーブル取付金具のナットに脱落があり、落下が懸念される。	

附属物取付状態の異常		部位	ボルト・ナット、アンカー類	4/5	
写真番号	3.4.10			異常の種類	② 緩み、脱落
異常概要				ケーブル取付金具のナットに緩みがあり、落下が懸念される。 応急措置：ナットの締め直し。	
写真番号	3.4.11			異常の種類	④ 腐食
異常概要				照明灯具取付金具のボルト・ナットが脱落しており、落下が懸念される。番線による仮固定がされているが、番線の腐食も著しい。 応急措置として番線を撤去後、被覆番線で固定しているものの、交換などの速やかな対策が必要。	
写真番号	3.4.12			異常の種類	④ 腐食
異常概要				照明灯具取付金具のボルトの腐食が著しく、落下が懸念される。	

附属物取付状態の異常		部位	ボルト・ナット、アンカー類	5/5	
写真番号	3.4.13			異常の種類	④ 腐食
異常概要				照明灯具取付金具のボルト・ナットの腐食が著しく、落下が懸念される。	
写真番号	3.4.14			異常の種類	④ 腐食
異常概要				標識取付ボルト・ナットの腐食が著しく、落下が懸念される。	
写真番号	3.4.15			異常の種類	④ 腐食
異常概要				標識取付ボルト・ナットの腐食が著しく、落下が懸念される。	

4. トンネル補修・補強材の変状事例

4.1. 概要

近年、定期点検の進捗等に伴い、覆工等トンネル本体工の補修・補強を行う事例が増えてきている。一方で、既往の補修・補強事例では、表 4.1.1 に示すように外力または材質劣化により、補修・補強材自体の変状、接着剤の劣化やボルトの緩み等が生じ不安定な状態になっていたり、変状が進行して周囲の覆工にうき・はく離が生じている例がある。

本章では、平成 26 年度～令和 2 年度に実施されたトンネル点検データのうち、矢板工法および山岳トンネル工法のトンネルにおいて、トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所の傾向を分析した。また、補修・補強材の変状を防ぐため、各補修・補強材の実際の再劣化事例を写真付きで示すとともに、点検・設計・施工時の留意点を整理した。なお、変状が生じているとする定義は、措置前の対策区分判定がⅡb 以上とした。

表 4.1.1 既設の補修・補強材の変状特徴²⁾

既設の補修・補強材の変状の特徴					
はく落防止対策, 外力対策			漏水対策		
原因区分	鋼材系	FRP系	セメント系	導水材	止水材
	金網工, 当て板工 (鋼板, 形鋼) 鋼板内巻工, 鋼材内巻工	ネット工, 当て板工, 内面補強工 (FRP パネル, 繊維シート)	断面修復工, 塗布工, 吹付け工, 場所打ち工, プレキャスト工	導水樋工, 溝切り工, 防水パネル工, 防水塗布工	止水充填工 (V カット充填)
	近傍の覆工に外力に起因すると考えられるひび割れ, 覆工変形, 横断目地の段差・目地幅拡大, 水平打継ぎ目のひび割れ等が発生				
外力	金網・ネット工の網目の伸張 鋼材, FRP パネルの変形, 浮上がり, 固定ボルト破断 繊維シート系材料のひび割れ沿いのうき, 破断	補修・補強材自体に, 外力に起因すると考えられるひび割れが発生	材料自体の変形, 浮上がり, 破断, 外力に起因するひび割れが発生	充填材料の欠落箇所に, 外力に起因すると考えられるひび割れが発生	
材質劣化	鋼材の発錆による固定不良, 欠損	当て板工, 内面補強工からの局所的な漏水と, 漏水箇所での補修・補強材のはく離等	材質劣化に起因すると考えられるひび割れ, うき・はく離, はく落が発生	材料自体あるいは固定材が材質劣化している状態	充填材料が欠損しているが, 他に異常が認められない場合

4.2. 補修・補強材の変状傾向分析

補修・補強材の変状傾向を把握するため、対策工法の種類やトンネル工法、判定区分等により分析した。なお、変状傾向の分析に使用する事例は、断面修復工、ひび割れ注入工、金網・ネット工、当て板工、補強セントル工、内巻補強工、線状の漏水対策工、面状の漏水対策工、裏込め注入工およびロックボルト工の10種類とし、合計5,385箇所である。

4.2.1. 補修・補強材の変状箇所数

トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所について、対策工の種類別に整理した内訳を図4.2.1に示す。

- 変状が確認された補修・補強材のうち、線状の漏水対策工が最も割合が高く66.9%、次いで当て板工が17.4%である。線状の漏水対策工、面状の漏水対策工をあわせた漏水対策工の割合は全体の71.0%を占める。

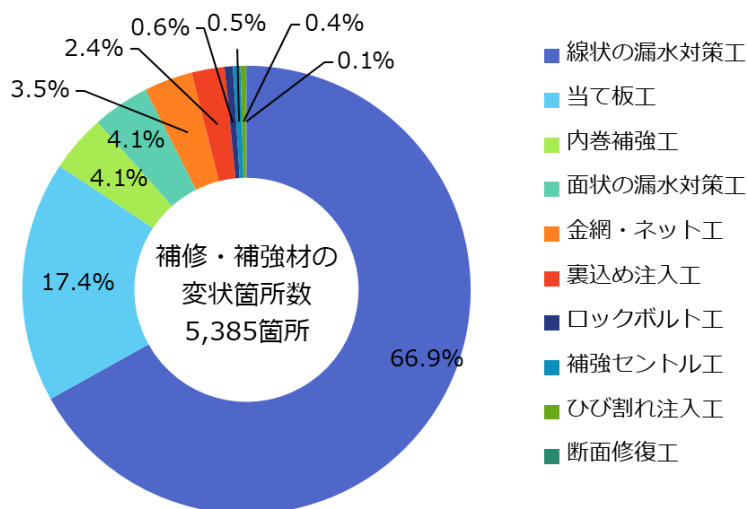


図 4.2.1 補修・補強材の変状箇所割合（全工法）

4.2.2. トンネル工法別

トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所について矢板工法の内訳を図 4.2.2 に、山岳トンネル工法の内訳を図 4.2.3 に示す。

- 補修・補強材の変状箇所は、矢板工法で 5,243 箇所、山岳トンネル工法で 142 箇所と、全体の 97.4% は矢板工法の施設で発生している。
- 山岳トンネル工法では、漏水対策工の割合が 41.5%と矢板工法に比べて低くなり、当て板工、金網・ネット工、ひび割れ注入工といった覆工の材質劣化に起因する補修・補強対策の変状が 57.0%を占める。

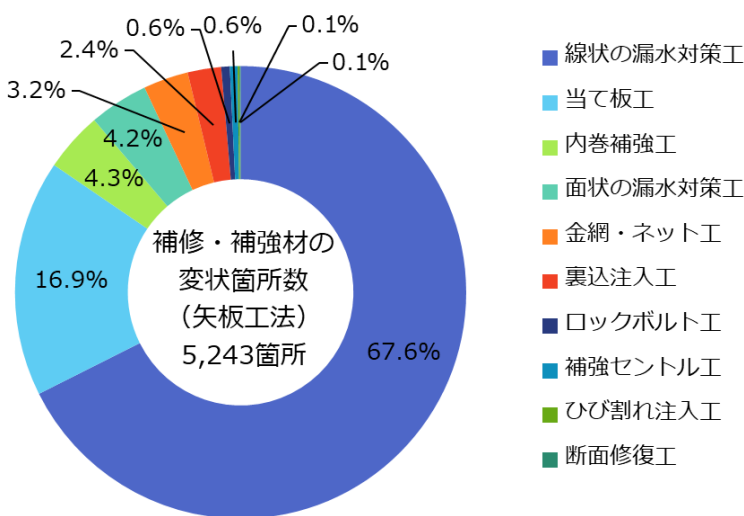


図 4.2.2 補修・補強材の変状箇所割合 (矢板工法)

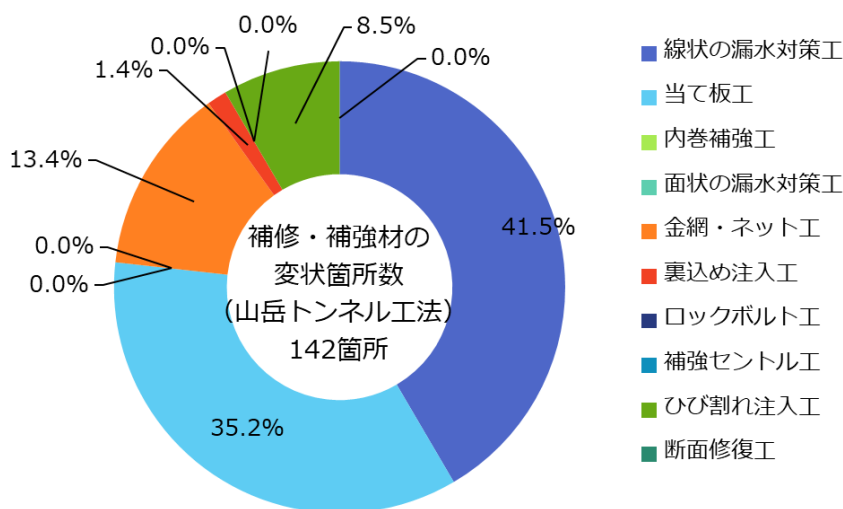


図 4.2.3 補修・補強材の変状箇所割合 (山岳トンネル工法)

4.2.3. 建設経過年別

トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所について、建設経過年別に整理した結果を図 4.2.4 および図 4.2.5 に示す。

- トンネルの建設から 36 年以上経過した主に矢板工法で建設された施設は、発生箇所数が多く、特に漏水対策工の変状が多く発生している。
- 31～35 年より新しい主に山岳トンネル工法で建設された施設では、漏水対策工の変状割合が減少し、ひび割れ注入工や当て板工、金網・ネット工等、材質劣化に対する補修・補強対策の変状が中心となっている。

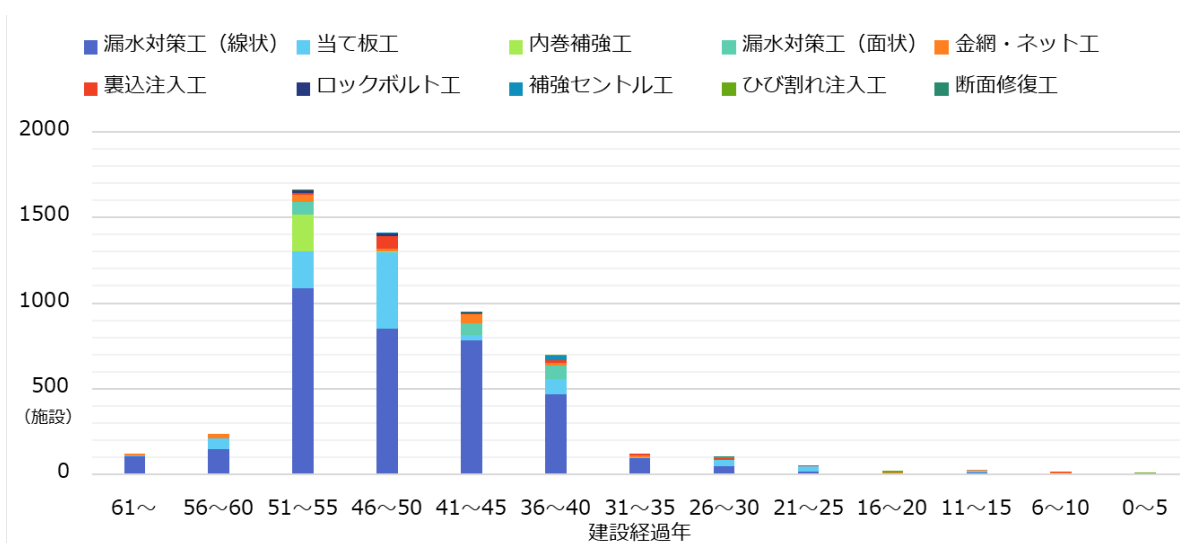


図 4.2.4 補修・補強材の変状箇所数 (全工法：建設経過年別)

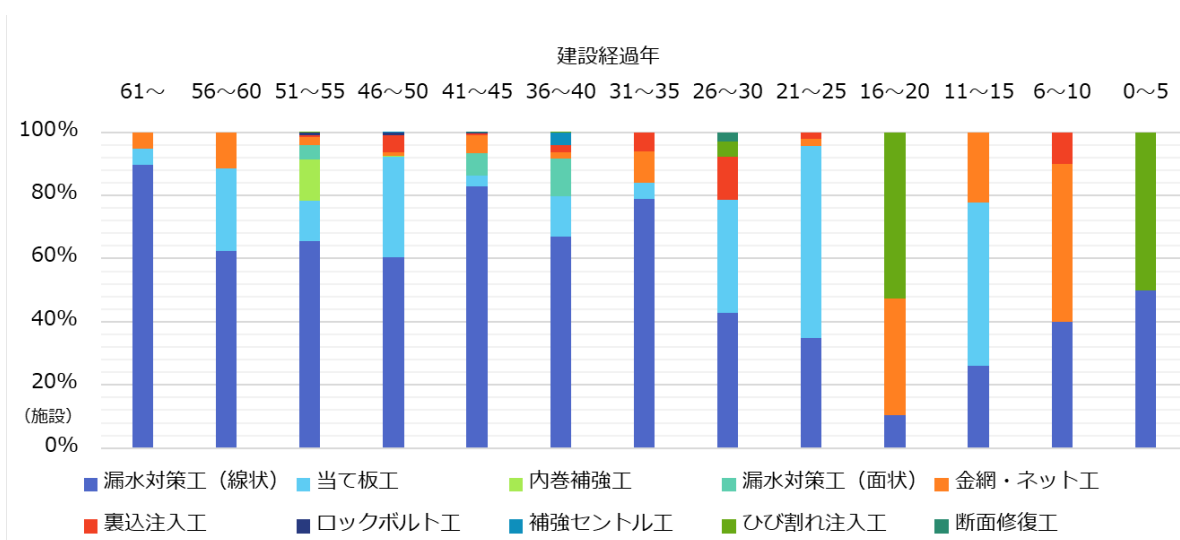


図 4.2.5 補修・補強材の変状箇所割合 (全工法：建設経過年別)

4.2.4. 対策区分判定別

トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所割合について、措置前の対策区分判定別に整理した結果を図 4.2.6 に示す。

- 補修・補強材の全変状箇所のうち、対策区分判定Ⅱaが39.1%、Ⅲとなるのは6.7%で、対策が必要となる変状は全体の45.8%を占める。補修・補強材に変状が生じた場合、再度対策が必要になる可能性が高いといえる。

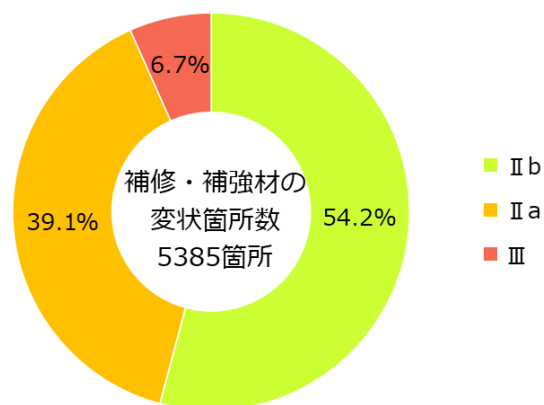


図 4.2.6 補修・補強材の対策区分別変状箇所割合（全工法）

トンネル本体工に実施された補修・補強材に変状が生じている箇所について、補修・補強対策ごとに措置前の対策区分判定を整理したものを図 4.2.7 および図 4.2.8 に示す。

- 補修・補強対策別の箇所数で対策区分判定Ⅲが最も多いのは、漏水対策工（線状）で、次いで当て板工、内巻補強工の順となる。対策区分判定Ⅱaに着目すると、漏水対策工（線状）、当て板工、裏込注入工の順となる。
- 補修・補強対策別の割合に着目すると、断面修復工、補強セントル工、ひび割れ注入工、ロックボルト工および裏込注入工は発生変状箇所に対してⅡa およびⅢの割合が高い。一方、内巻補強工、漏水対策工（線状、面状）、当て板工および金網ネット工についてはⅡbの割合が高い特徴がある。

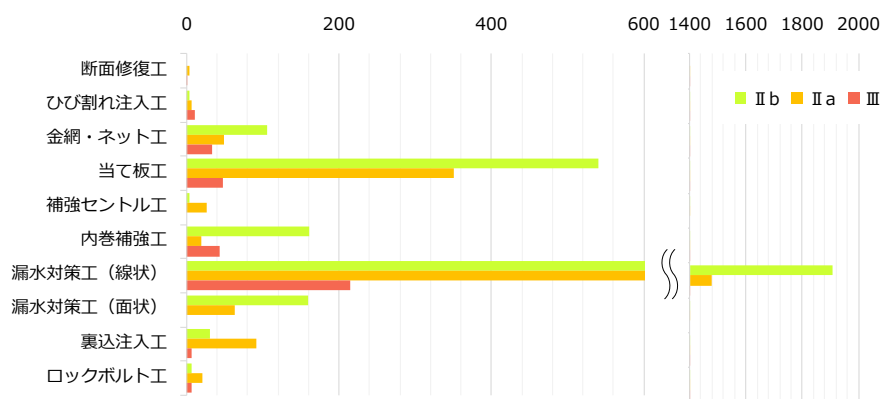


図 4.2.7 補修・補強材の対策区分別変状箇所数（全工法：補修・補強対策別）

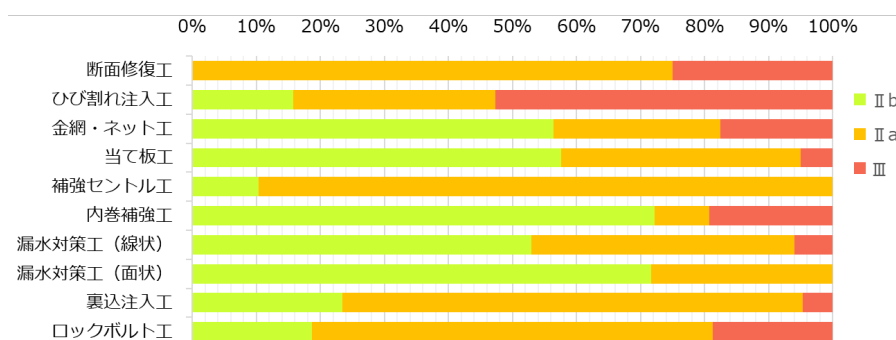


図 4.2.8 補修・補強材の対策区分別変状箇所割合（全工法：補修・補強対策別）

4.3. 覆工のはく落除去後の処理対策の変状

覆工のはく落除去後の処理対策としては、主に断面修復工が挙げられる。以降に断面修復工の変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。

4.3.1. 断面修復工



(1) 断面修復工の変状事例

事例 4.3-1 および 4.3-2 に断面修復工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	はく落除去後の処理対策の変状
-----------------	------	----------------

事例番号	4.3-1
------	-------

対策工の種類	断面修復工			対策区分	Ⅲ
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法

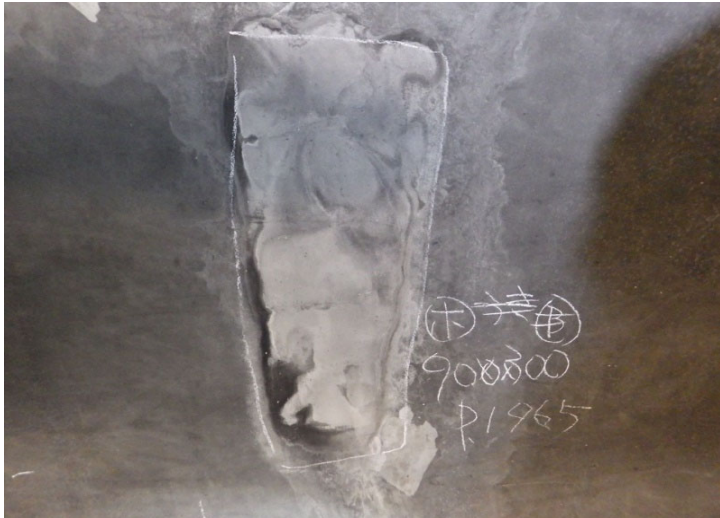
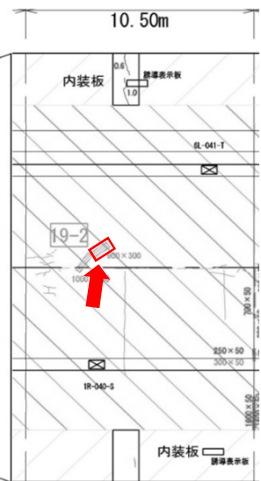
変状写真	変状展開図
	

説明

覆工横断目地部に発生した補修跡（断面修復工）のうきの例。
 変状規模は0.1m×0.25mで、補修部分にうきが生じており、落下が懸念される。

事例番号	4.3-2
------	-------

対策工の種類	断面修復工			対策区分	Ⅱa
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
	

説明

覆工アーチ部に発生した補修跡（断面修復工）のうきの例。
 変状規模は0.9m×0.4mで、補修部分全体にうきが生じている。
 たたき落とし程度でははく落しないが、今後材質劣化の進行により落下する恐れがある。

(2) 断面修復工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.3-1 および 4.3-2 から以下の留意点が挙げられる。

- 覆工コンクリートと断面修復材の接着性が保たれ、落下するおそれがないかを全体的に観察する。
- 覆工コンクリートと補修材の厚さ・材質の違いにより打音の音色が異なり浮いていると誤判定しがちだが、覆工コンクリートと補修材との接着状況や補修材の劣化状況を確認し対策区分を正確に判定する。

2) 設計時の留意点

「道路トンネル維持管理便覧【本土工編】」²⁾ および「道路トンネル変状対策工マニュアル(案)」⁴⁾ (以下「便覧等」という。) の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 補修幅の1辺が30cm程度を超える場合には補強筋を併用するのが望ましい。補強筋の固定には樹脂アンカー等で確実に周囲のコンクリートに固定する。
- 断面修復工の補修材が経年劣化してはく落するおそれがあるため、はく落防止の観点から当て板工を併用して修復材を被覆することも考慮する。

3) 施工時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 補修材が落下するおそれがあるため、覆工コンクリートとの十分な付着力を確保するよう施工する。また、断面修復箇所に漏水がある場合は、止水または導水する等修復箇所を乾燥状態にして施工する。

4.4. 覆工の一体性の回復対策の変状

覆工の一体性の回復対策としては、主にひび割れ注入工が挙げられる。以降にひび割れ注入工の変状事例および点検時、設計時、施工時の留意点を示す。

4.4.1. ひび割れ注入工

(1) ひび割れ注入工の変状事例

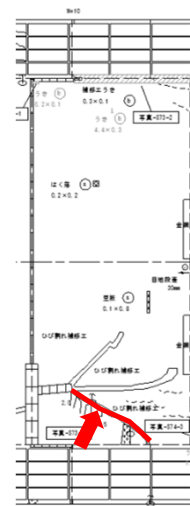
事例 4.4-1 にひび割れ注入工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	覆工の一体性の回復対策の変状
-----------------	------	----------------

事例番号	4.4-1
------	-------

対策工の種類	ひび割れ注入工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工アーチ部に生じたひび割れ補修箇所（ひび割れ注入工）の劣化事例。
ひび割れ注入工で充填されたひび割れが再開し、漏水及び遊離石灰が生じている。
今後の変状の進行に注意する必要がある。

(2) ひび割れ注工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4. 4-1 から以下の留意点が挙げられる。

- ひび割れ注入材が適切にひび割れに充填されているか留意、ひび割れ部の湿潤・乾燥状態を記録するとともにひび割れ幅に変動が生じていないかを確認する。

2) 設計時の留意点

事例 4. 4-1 から以下の留意点が挙げられる。

- ひび割れ部の湿潤・乾燥状態、ひび割れ幅の変動有無により注入材料を適切に選定する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- ひび割れ注入のみでは覆工の一体化の効果が確認できない場合が多いため、本注工単独でのほく落防止対策への適用は避け、当て板工等の下地処理としての適用を基本とする。

3) 施工時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- ひび割れ箇所に遊離石灰、鉄筋コンクリート覆工で錆汁が発生している場合には、注入材料の接着不良が発生するため、状況を判断し、場合によっては、はつり落し工等別途事前対策を講ずる必要がある。

4.5. 支保材による保持対策の変状

支保材による保持対策としては、金網・ネット工、当て板工、補強セントル工が挙げられる。これらはさらに細分され、代表的なものとして表 4.5.1 のような工法がある。このうち、金網工、パネル系当て板工、繊維シート系当て板工、鋼アーチ支保工について、以降に実際の変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。

表 4.5.1 支保材による保持対策工の種類と工法

対策工の種類	工法
金網・ネット工	FRP メッシュ工
	金網工
	樹脂ネット工
当て板工	パネル系当て板工
	形鋼系当て板工
	繊維シート系当て板工
補強セントル工	鋼アーチ支保工


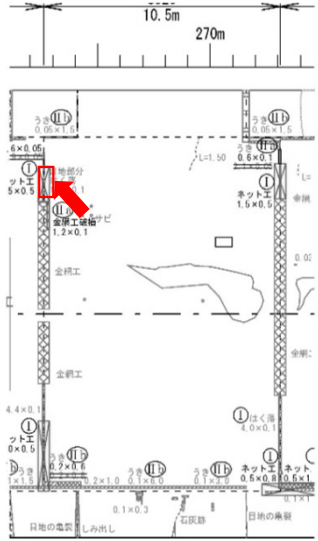
4.5.1. 金網工

(1) 金網工の変状事例

事例 4.5-1、4.5-2 および 4.5-3 に金網工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------


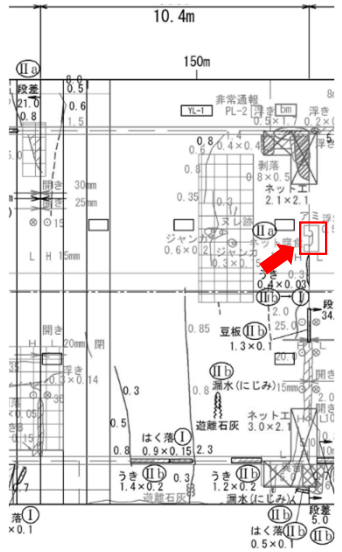
事例番号	4.5-1		金網・ネット工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法		

変状写真	変状展開図
	

説明

覆工アーチ部に施工された金網工の劣化事例。
 変状規模は1.2m×0.1mで、金網工の金網部分が破損している。
 今後はく落防止対策効果の低下が懸念される。

事例番号	4.5-2		金網・ネット工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ	工法	矢板工法		

変状写真	変状展開図
	

説明

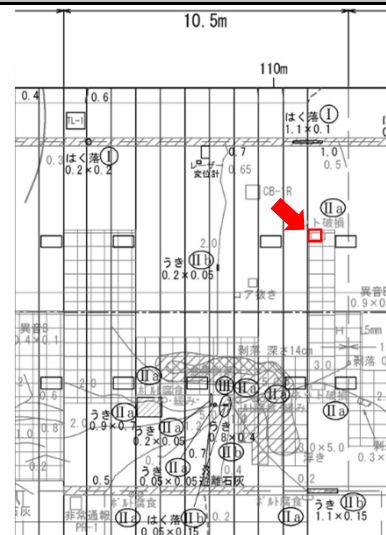
覆工アーチ部に施工された金網工の劣化事例。
 変状規模は1.0m×0.7mで、金網工のネット鋼材が腐食し、全面にうき錆がみられる。
 一部金網の欠損もみられ、今後はく落防止対策効果が低下および金網工自体の落下も懸念される。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------

事例番号	4.5-3
------	-------

対策工の種類	金網・ネット工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工アーチ部に施工された金網工の劣化事例。
 ネットの押さえアンカーが腐食により脱落しており、ネットが垂れ下がっている。
 今後はく落防止対策効果の低下および金網工自体の落下も懸念される。

(2) 金網工の留意点

1) 点検時の留意点

変状事例 4.5-1、4.5-2 および 4.5-3 から以下の留意点が挙げられる。

- 補修材の材質劣化状況、取付部材の不具合等に留意し、期待されるはく落防止対策効果を保っているかを確認する。
- 破損箇所が新たに利用者被害に繋がるおそれがある場合は、仮押さえ等の応急措置を施す必要がある。

2) 設計時の留意点

変状事例 4.5-1、4.5-2 および 4.5-3 から以下の留意点が挙げられる。

- 作業場所がトンネル内であることを考慮し、使用する材料・部材の取り扱いが煩雑にならないような工法を選定する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 金網工を本対策で用いる場合には、防錆対策が必要である。また、漏水等に対して耐食性、耐久性のある材料を使用することが望ましい。

3) 施工時の留意点

変状事例 4.5-1、4.5-2 および 4.5-3 から以下の留意点が挙げられる。

- 対策工箇所が湿潤状態である場合や漏水の影響を受けることが予想される場合は、漏水防止対策を併せて施工することも検討する。
- ボルト・ナットの締め付けに対しては、合いマーク等で確認できるよう工夫する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 金網やネットの継ぎ目は、金網や樹脂ネットでは網目の2倍以上、FRP メッシュやFRP 格子筋では網目以上かつ50mm以上重なるようにラップさせる。また継ぎ目はアンカープレート等で押さえる必要がある。

4.5.2. パネル系当て板工

(1) パネル系当て板工の変状事例

事例 4.5-4 および 4.5-5 にパネル系当て板工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------

事例番号	4.5-4	
対策工の種類	当て板工	
変状箇所	覆工	部位
		アーチ部
		工法
		矢板工法
		対策区分
		II a

変状写真	変状展開図

説明

覆工アーチ部に施工されたパネル系当て板工の劣化事例。
 当て板の鋼板が変形している。
 今後はく落防止対策効果の低下が懸念される。

事例番号	4.5-5	
対策工の種類	当て板工	
変状箇所	覆工	部位
		アーチ部
		工法
		矢板工法
		対策区分
		II a

変状写真	変状展開図

説明

覆工アーチ部に施工されたパネル系当て板工の劣化事例。
 当て板の鋼板の固定ボルトが脱落し、浮き上がりがみられる。
 はく落防止対策効果の低下および浮き上がりによる車両衝突等が懸念される。

(2) パネル系当て板工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.5-4 および 4.5-5 から以下の留意点が挙げられる。

- 鋼板と覆工コンクリートの接着状態、取付部材の劣化状況等脱落の危険性がないか留意する。
- 鋼板落下の危険性有無について留意する。
- 破損した補修材が通行車両に接触する状態にないかを確認するとともに、本来のはく落防止対策効果が保たれているかを確認する。

2) 設計時の留意点

事例 4.5-4 および 4.5-5 から以下の留意点が挙げられる。

- ボルト締め付けトルクを明示するのが望ましい。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 鋼板やアンカーボルトはステンレス等の耐食性の高い材料を用いることを基本とする。また、鋼板を一部分に施工することはできるだけ避けることが望ましいが、使用した場合は脱落の危険性がないか定期点検時に確認しなければならない。
- 鋼板は繊維シートや成型版接着工と比較して重量が大きく、施工性も劣るので、自重を考慮した設計、施工計画を立案しなければならない。
- アーチ肩部で内空断面余裕がない箇所に形鋼系当て板工を適用する場合は、形鋼の設置位置を建築限界の外側に配置する。

3) 施工時の留意点

事例 4.5-4 および 4.5-5 から以下の留意点が挙げられる。

- トルクレンチ等を使用し、必要以上の締め付けを防止する。
- アンカーボルトの設置位置は、打音検査等で確認し覆工コンクリートの健全な箇所とする。
- 施工完了後にボルト・ナットの取付状態を打音検査等で確認する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 覆工コンクリートの材質劣化が著しく、コンクリートの強度が小さい場合には覆工コンクリートとの接着やアンカーの定着が不十分となり補強効果が得られない場合があるため注意を要する。
- ボルトは健全な覆工コンクリート部に確実に固定する。接着系アンカーを使用してはならない。

4.5.3. 繊維シート系当て板工


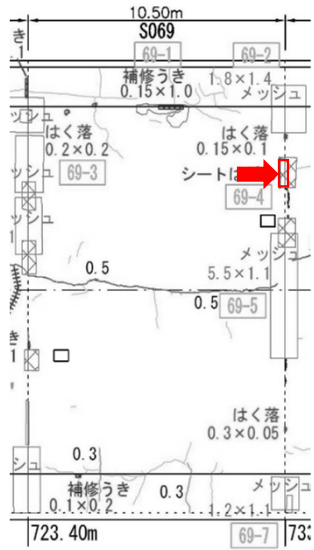
(1) 繊維シート系当て板工の変状事例

事例 4.5-6、4.5-7 及び 4.5-8 に繊維シート系当て板工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------

事例番号	4.5-6
------	-------

対策工の種類	当て板工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	山岳トンネル工法

変状写真	変状展開図
	

説明

覆工アーチ部に施工された繊維シート系当て板工の劣化事例。
 当て板の繊維シートに、うき、はがれが生じている。
 今後はく落防止対策効果の低下およびシート自体の落下も懸念される。

事例番号	4.5-7
------	-------

対策工の種類	当て板工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	山岳トンネル工法

変状写真	変状展開図
	

説明

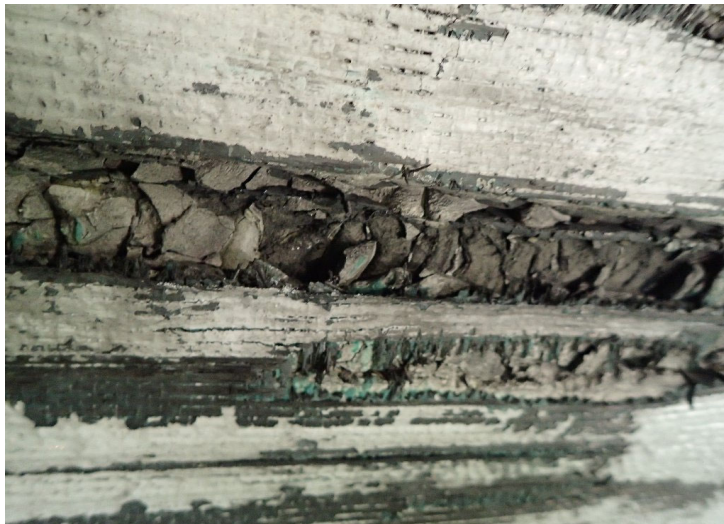
覆工アーチ部に施工された繊維シート系当て板工の劣化事例。
 当て板の炭素繊維シートに、車両衝突による破損がみられる。
 今後はく落防止対策効果の低下が懸念される。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------

事例番号	4.5-8
------	-------

対策工の種類	当て板工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工アーチ部に施工された繊維シート系当て板工の劣化事例。

当て板の炭素繊維シートに、車両衝突による破損がみられる。

はく落防止対策効果の低下が懸念される。

(2) 繊維シート系当て板工の留意点

1) 点検時の留意点

変状事例から以下の留意点が挙げられる。

- シートに発生している破損やはがれ、大きなしわは変状展開図に記録する。(事例 4.5-6~4.5-8)
- 横断目地部の変状について、横断目地の伸縮によるシート破損か単なる施工不良によるものかを判断する。(事例 4.5-6)
- 繊維シートと覆工コンクリートの接着状態を確認し、はがれが見られた場合にその範囲が拡大するおそれがあるかを確認する。(事例 4.5-6~4.5-8)
- 繊維シートのうき原因(目地上のシート自由長のたわみ、防湿孔がないための水溜まり等)を確認する。(事例 4.5-6)
- 破損した補修材が通行車両に接触する状態にないかを確認するとともに、本来のはく落防止対策効果が保たれているかを確認する。(事例 4.5-7 および 4.5-8)
- 覆工コンクリートとシートの接着不良となっている範囲を正確に捉えるよう留意する。また、近隣に同様な変状が発生していないか入念に点検する。(事例 4.5-6~4.5-8)

2) 設計時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 横断目地部では、気温変化に伴う目地の伸縮や、漏水が発生することがあるため、横断目地部をまたいで施工は避けた方が望ましい。
- 覆工コンクリート表面の凹凸が著しい場合には不陸修正を行う必要がある。また、豆板等による部分的な強度不足箇所は、事前にはつり落とし工や断面修復工を計画しておく必要がある。
- アーチ肩部で内空断面余裕がない箇所に形鋼系当て板工を適用する場合は、形鋼を建築限界の外側に配置する。
- 漏水が多いトンネルの場合は、止水対策を行った後、繊維シートを接着することが基本であるが、繊維シート背面に再漏水することで繊維シートがはく離する場合がある。
- 対策工箇所が湿潤状態である場合や漏水の影響を受けることが予想される場合は、漏水防止対策も併せて検討する。

3) 施工時の留意点

事例 4.5.-6 から以下の留意点が挙げられる。

- 横断目地部を跨ぐ施工を行う場合は、温度変化等による目地部の伸縮を緩和させるため目地上に自由長を設ける(馬蹄形構造)等の措置を行う。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 定着長には温度変化等による横断目地部の伸縮を緩和させる余裕長を設ける。また平鋼等を併用

して繊維シートを固定する等の措置を行う。

- 樹脂接着剤による接着状態の良否が繊維シート補強工の信頼性、耐久性を左右し補強効果に大きな差を生じるため、樹脂接着剤を繊維シートに確実に含浸するとともに、覆工コンクリート表面に確実に接着し一体化させる。
- 漏水が多く、止水対策を行っても繊維シート背面に再漏水することで繊維シートのはく離が懸念される場合には、防湿孔を設けることが望ましい。
- 目地部から漏水が確認されている場合は、目地部に溝切り工を設けて導水処理を行い、目地部が平滑になるように調整し、その上から繊維シートを施工することを検討する。

4.5.4. 鋼アーチ支保工

(1) 鋼アーチ支保工の変状事例

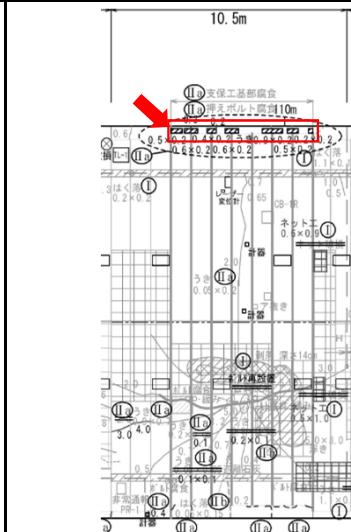
事例 4.5-9 および 4.5-10 に鋼アーチ支保工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	支保材による保持対策の変状
-----------------	------	---------------

事例番号	4.5-9
------	-------

対策工の種類	補強セントル工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



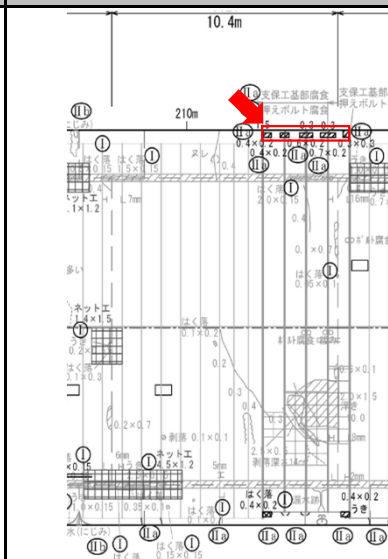
説明

覆工に施工された鋼アーチ支保工の劣化事例。
 支保工基部8箇所で腐食が生じており、鋼材腐食によるコンクリートのうきも生じている。
 今後の腐食の進行により、補強効果の低下が懸念される。

事例番号	4.5-10
------	--------

対策工の種類	補強セントル工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工に施工された鋼アーチ支保工の劣化事例。
 支保工基部4箇所で腐食が生じており、鋼材腐食によるコンクリートのうきも生じている。
 今後の腐食の進行により、補強効果の低下が懸念される。

(2) 鋼アーチ支保工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.5-9 および 4.5-10 から以下の留意点が挙げられる。

- 腐食の程度を詳細に記録しておく。
- 単にコンクリートのうきだけを記録するのではなく、支保工の鋼材腐食によるものか、一部はつり落しを実施して確認する。

2) 設計時の留意点

事例 4.5-9 および 4.5-10 から以下の留意点が挙げられる。

- 覆工アーチ下部（側壁部）は通行車両による路面滞水の水はねの影響を受けるため、基部の防護も併せて計画する。
- ボルト締め付けトルクを明示するのが望ましい。
- 鋼材には防錆処理を行うように計画し、異種金属接触腐食を防止するため同一鋼材を使用するように計画する。

3) 施工時の留意点

事例 4.5-9 および 4.5-10 から以下の留意点が挙げられる。

- 維持管理において、定期的に防錆材の増し塗り等を行うことを検討する。
- 鋼材とコンクリート表面までの被り厚を適切に確保する。
- ボルト・ナットの締め付けに対しては、合いマーク等で確認できるよう工夫する。
- 穴加工等は、防錆処理前に行う。現地合わせ等で防錆処理後に加工を行った場合は、必ず防錆剤を塗布する。

4.6. 覆工内面の補強対策の変状

覆工内面の補強対策としては、内巻補強工として採用実績の多い吹付け工が挙げられる。以降に吹付け工の変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。

4.6.1. 吹付け工

(1) 吹付け工の変状事例

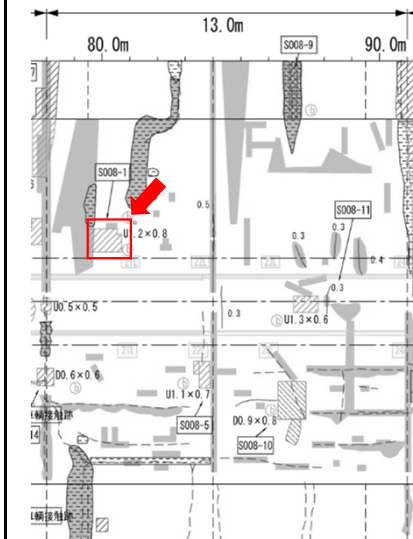
事例 4.6-1 に覆工内面の補強対策の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	覆工内面の補強対策の変状
-----------------	------	--------------

事例番号	4.6-1
------	-------

対策工の種類	内巻補強工			対策区分	Ⅲ
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工補強のために施工された吹付け工の劣化事例。
 変状規模は1.2m×0.8mで、吹付けモルタルにうきが生じている。
 ひび割れを伴っており、今後はく落及び補強効果の低下が懸念される。

(2) 吹付け工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.6-1 から以下の留意点が挙げられる。

- 吹付モルタル（コンクリート）は打音検査の打音だけでうき判別は困難であるため、触診と打音検査を同時に行い振動具合を確認する。

2) 設計時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 付着性を確保し、吹付けコンクリートの曲げじん性を向上させるため、金網やエキスパンドメタル、FRP メッシュ、繊維ネットやアンカーピンの併用を検討する。

3) 施工時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 付着性が高く粉じん低減、リバウンド低減効果の高い高分子材料等の各種添加材を添加したポリマーセメントモルタル系材料等を用いることも検討する。

4.7. 漏水対策の変状

漏水対策としては、線状の漏水対策工、面上の漏水対策工が挙げられる。これらはさらに細分され、代表的なものとして表 4.7.1 のような工法がある。このうち、溝切り工、導水樋工、防水パネル工について、以降に変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。

表 4.7.1 漏水対策工の種類と工法

対策工の種類	工法
線状の漏水対策工	溝切り工
	導水樋工
面状の漏水対策工	防水シート工
	防水パネル工

4.7.1. 溝切り工

(1) 溝切り工の変状事例

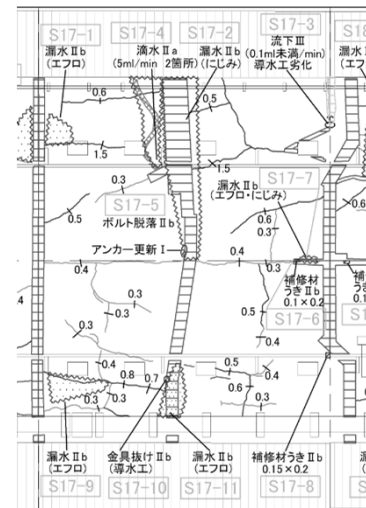
事例 4.7-1 に溝切り工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	漏水対策の変状
-----------------	------	---------

事例番号	4.7-1
------	-------

対策工の種類	線状の漏水対策工			対策区分	Ⅲ
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工横断目地部に施工された溝切り工の劣化事例。
 溝切り工のゴム製シール材が破損し、漏水（流下）が生じている。
 漏水対策工としての機能が低下している。

(2) 溝切り工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.7-1 から以下の留意点が挙げられる。

- 劣化の状況、劣化により再漏水の有無について記録を残す。

2) 設計時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- シール材は、覆工コンクリートとの密着性、覆工コンクリートの温度収縮に対しての追従性、および耐久性に優れる材料を選定する。
- トンネル壁面に遊離石灰が多く見られる箇所に対しては、通水内部の目詰まりを起こす可能性が高いため、導水面積の大きな材料を用いるか、内部の洗浄が可能なものを用いる等の配慮が必要である。

3) 施工時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 横断目地に施工する場合や、機能を失った既設の漏水対策工を補修する場合、目地幅や既設漏水対策工の幅等を考慮し、通常より一回り大きい断面形状とする。

4.7.2. 導水樋工

(1) 導水樋工の変状事例

事例 4.7-2 及び 4.7-3 に線状の導水樋工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	漏水対策の変状
-----------------	------	---------

事例番号	4.7-2
------	-------

対策工の種類	線状の漏水対策工			対策区分	Ⅲ
変状箇所	覆工	部位	横断目地部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工横断目地部に施工された導水樋工の劣化事例。
 変状規模は0.9m×0.4mで、導水樋工の一部が破損・欠損している。
 漏水対策工としての機能が低下しているほか、破損部分の落下が懸念される。

事例番号	4.7-3
------	-------

対策工の種類	線状の漏水対策工			対策区分	Ⅱa
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工アーチ部に施工された導水樋工の劣化事例。
 導水樋工の一部が破損し、漏水（滴水）が生じている。
 漏水対策工としての機能が低下している。

(2) 導水樋工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.7-2 及び 4.7-3 から以下の留意点が挙げられる。

- 欠損となった原因（腐食、施工不良、車両接触等）を考察し、記録として残しておくことが望ましい。
- 対策工の効果を維持しているか、利用者に被害を及ぼす危険性の有無に留意して観察し、対策区分を判定する。
- 滞水範囲が車道、歩道に及んでいないかに留意して滞水範囲を記録する。
- 樋工と覆工コンクリートの密着部に着目し、施工不良や部材の経年劣化で隙間が生じていないかを確認する。

2) 設計時の留意点

事例 4.7-2 及び 4.7-3 から以下の留意点が挙げられる。

- アーチ曲率に対応できる工法を選定するよう留意する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 樋材よりも先に樋の固定に用いるアンカーボルト、平鋼等の固定材料が腐食することが多いので、とくに「本対策」に使用する固定材料は防錆効果のある材料（ステンレス鋼を基本）を使用する。
- アーチ部から側壁まで導水しても流末処理が不完全だと、トンネル内の粉塵等が付着し、樋工の流末を閉塞する等の問題が生じるため、「本対策」の場合は必ず流末を既設排水溝まで連結する。
- 内空断面余裕の小さいトンネルでは、最も余裕のないアーチ肩部で大型車両による接触破損の事例が多い。やむを得ずこうしたトンネルへ樋工を設置する場合は、この部分だけ溝切り工を適用する等の工夫を要する。
- 樋工を屈曲させて配置すると、屈曲部が弱点となり、ここで再漏水が発生する場合があるため、鉛直方向に配置して流末まで導水するように計画する。

3) 施工時の留意点

事例 4.7-2 及び 4.7-3 から以下の留意点が挙げられる。

- 導水樋の連結部は隙間等を生じないように施工する。
- 施工完了後にボルト・ナットの取付状態を確認する。
- 施工完了後に樋工と覆工コンクリートが適切に密着し、隙間が生じていないかを確認する。
- 屈曲部、連結部の防水シールは念入りに行う。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 横断目地や水平打継ぎ目のコンクリートのはく落が懸念される場合は、はく落片をはつり落とし

てから樋を設置する。

4.7.3. 防水パネル工

(1) 防水パネル工の変状事例

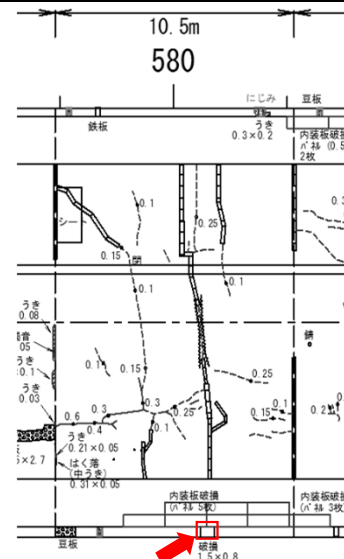
事例 4.7-4 に防水パネル工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	漏水対策の変状
-----------------	------	---------

事例番号	4.7-4
------	-------

対策工の種類	面状の漏水対策工			対策区分	II a
変状箇所	覆工	部位	側壁部	工法	矢板工法

変状写真	変状展開図
------	-------



説明

覆工側壁部に施工された防水パネル工の劣化事例。

防水パネルが車両衝突により破損している。

漏水対策工としての機能が低下している。

(2) 防水パネル工の留意点

1) 点検時の留意点

事例 4.7-4 から以下の留意点が挙げられる。

- アンカーボルト脱落によりパネルのぐらつきや落下の危険性はないかを確認する。
- 取付金具の脱落によりパネル本体のぐらつきや倒壊の危険性はないかを確認する。
- 対策効果が維持されているかの観点と漏水・破損部材残置による利用者被害への危険性を勘案して対策区分の判定を行う。
- 腐食の程度を詳細に記録する。

2) 設計時の留意点

便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 使用材料は防錆処理を施した鋼製ライナープレート、鋼製デッキプレートやFRP板、塩化ビニル製パネル等があるが、その中から、厚さ、施工性、経済性、沿岸部であれば耐食性等を考慮して選定する。また、火災に対する安全性を考慮し、材料には延焼性や自己消火性、発生ガスの安全性等、適正な材料を選定する。

3) 施工時の留意点

事例 4.7-4 から以下の留意点が挙げられる。

- 施工完了後に固定金具の取付状態を確認する。

4.8. 覆工背面の空洞充填対策の変状

覆工背面の空洞充填対策としては、裏込め注工が挙げられる。以降に裏込め注工の変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。



4.8.1. 裏込め注工

(1) 裏込め注工の変状事例

事例 4.8-1 および 4.8-2 に裏込め注工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	覆工背面の空洞充填対策の変状
-----------------	------	----------------



事例番号	4.8-1						
対策工の種類	裏込め注入工						
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	II a

変状写真				変状展開図			
							

説明

覆工アーチ部で施工された覆工裏込め注入工の劣化事例。
裏込め注入の注入孔から漏水（滴水）が生じている。

事例番号	4.8-2						
対策工の種類	裏込め注入工						
変状箇所	覆工	部位	アーチ部	工法	矢板工法	対策区分	II a

変状写真				変状展開図			
							

説明

覆工アーチ部で施工された覆工裏込め注入工の劣化事例。
裏込め注入孔の閉塞部にうきが生じている。
今後の劣化の進行により、コンクリート塊の落下が懸念される。

(2) 裏込め注入工の留意点

1) 点検時の留意点

変状事例から以下の留意点が挙げられる。

- 滴水や漏水により路面滞水が発生していないか確認する。(事例 4.8-1)
- たたき落としをおこなった場合、覆工背面まで貫通してしまうおそれがあるため、ネット等を利用した応急措置を行う。(事例 4.8-1 および 4.8-2)

2) 設計時の留意点

事例 4.8-1 および 4.8-2 から以下の留意点が挙げられる。

- 注入孔の後処理方法を設計図書等で明示しておく。

3) 施工時の留意点

事例 4.8-1 および 4.8-2 から以下の留意点が挙げられる。

- 注入孔からの漏水が発生しないよう確実な孔閉塞を行い、注入管や注入孔内に残った注入材料等が将来、落下しないよう処置を講ずる。

4.9. 地山への支持対策の変状

地山への支持対策としては、ロックボルト工が挙げられる。以降にロックボルト工の変状事例および点検時・設計時・施工時の留意点を示す。


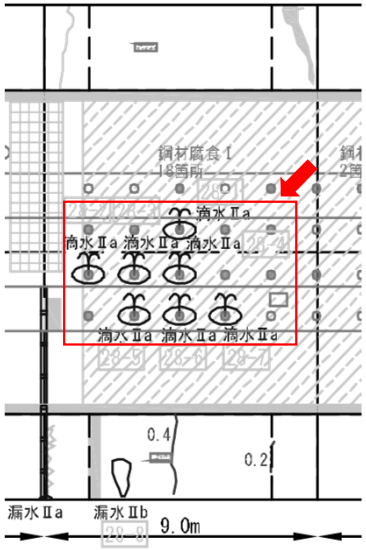
4.9.1. ロックボルト工

(1) ロックボルト工の変状事例

事例 4.9-1 および 4.9-2 にロックボルト工の変状事例を示す。

トンネル補修・補強工の変状事例	変状種別	地山への支持対策の変状
-----------------	------	-------------


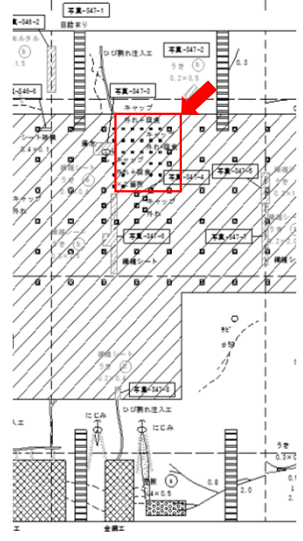
事例番号	4.9-1	
対策工の種類	ロックボルト工	
変状箇所	覆工	部位
		アーチ部
		工法
		矢板工法
		対策区分
		II a

変状写真	変状展開図
	

説明

覆工アーチ部に施工されたロックボルト工の劣化事例。
 複数のロックボルトから漏水（滴水）が生じている。
 ロックボルト頭部部材に腐食が生じており、今後機能低下が懸念される。

事例番号	4.9-2	
対策工の種類	ロックボルト工	
変状箇所	覆工	部位
		アーチ部
		工法
		矢板工法
		対策区分
		II a

変状写真	変状展開図
	

説明

覆工アーチ部に施工されたロックボルト工の劣化事例。
 ロックボルトのキャップが脱落している。
 ほかのキャップ脱落による利用者被害が懸念される。

(2) ロックボルト工の留意点

1) 点検時の留意点

変状事例から以下の留意点が挙げられる。

- 腐食が発生していないか確認する。(事例 4.9-1)
- ナットの緩みによるナット・プレートの落下の危険性有無、ロックボルトの押し出し傾向がないかを確認する。(事例 4.9-1)
- 落下のおそれがあるキャップは取外す。(事例 4.9-2)

2) 設計時の留意点

変状事例から以下の留意点が挙げられる。

- ボルト締め付けトルクを明示する。(事例 4.9-1)
- 将来的に落下のおそれがある部材を使用しない工法を選定するよう留意する。(事例 4.9-2)

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- ロックボルトのねじ部、ナット部およびプレートは覆工内面に突出するため、防錆処理を行った材料を使用する。

3) 施工時の留意点

事例 4.9-1 から以下の留意点が挙げられる。

- ボルト・ナットの締め付けに対しては、合いマーク等で確認できるよう工夫する。
- ロックボルトの軸力測定等の対象とならなかったロックボルトも近接目視・触診で確認する。

また、便覧等の知見から以下の留意点が挙げられる。

- 内空余裕が少ない場合には、ロックボルト頭部処理として座掘りをして覆工内に頭部を埋め込み、座掘り部に断面修復をした後、繊維シートを貼ることも検討する。

【参考文献】

- 1) 国土交通省道路局国道・技術課：道路トンネル定期点検要領，平成 31 年 3 月
- 2) 公益社団法人日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】，令和 2 年 8 月
- 3) 国土交通省道路局国道・技術課：トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点（参考資料），令和 2 年 6 月
- 4) 国立研究開発法人土木研究所：土木研究所資料第 3877 号 道路トンネル変状対策工マニュアル(案)，平成 15 年 2 月

【付属資料】 近年の変状事例の概要、要因および点検時の留意点

目 次

1. 覆エコンクリート打継ぎ目部のコンクリート片落下	付-1
2. 吸音板パネルの垂れ下がり	付-4
3. 内装板のはく落	付-5

1. 覆工コンクリート打継ぎ目部のコンクリート片落下

1.1. 変状の概要

覆工打ち継ぎ目のコンクリートの一部が監査路に落下した（利用者被害なし）。

- ・建設年：平成 26 年
- ・施工法：NATM

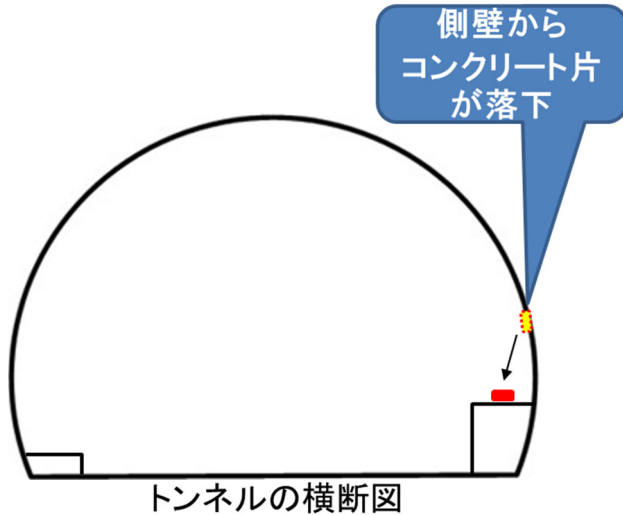


図-付1 コンクリート片の落下位置

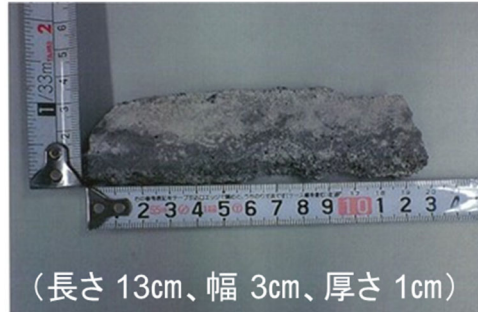
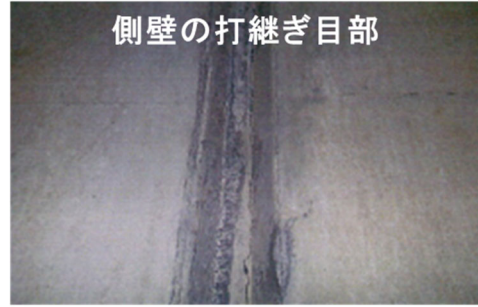


写真-付1 落下したコンクリートの状況

(出典：関東地方整備局提供資料)

1.2. 変状の要因等

(1) 施工の影響

以下の要因が本事象に影響と想定。

- ・コンクリートの充填、締め、養生といった覆工の施工に係る配慮不足。
- ・台形状のため頂辺部にひび割れが入りやすくなった。

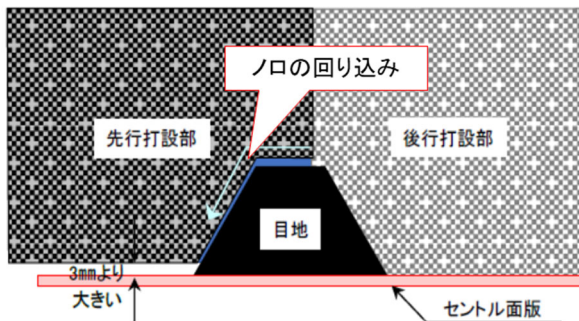


図-付2 台形目地部周囲のノコの回り込みイメージ

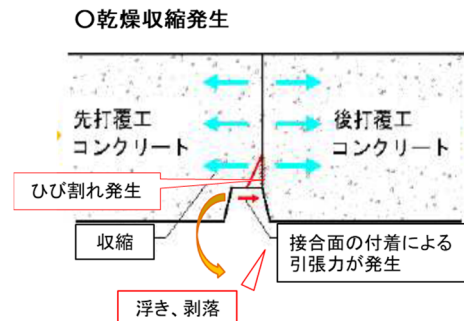


図-付3 打継ぎ目のひび割れイメージ

(出典：関東地方整備局提供資料)

(2) 点検の影響

目地部の構造の特徴や施工状況に対する考慮が十分ではなかったこと等から、将来予測も含めた判定が不十分になったと想定。

- ・ 初回点検から5年弱で新たにうき・剥離が発生。
- ・ 叩けば叩くほどうきが広がっていく状況との意見。
- ・ 将来予測も含めた判定が不十分であったとの意見。 等

A	4	2%
B	128	60%
BC	71	33%
C	9	4%
D	2	1%
合計	214	100%

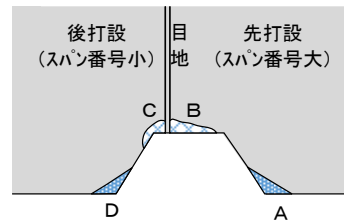


図-付4 目地部の叩き落とし箇所内訳 (出典：関東地方整備局提供資料)



図-付5 全246目地における、うき・はつり落とし箇所数 (出典：関東地方整備局提供資料)

(点検業者の意見)

- ・緊急点検 (R1.10) のはつり落とし箇所でも、さらなる叩き落としやうきが残る箇所が多い。
- ・叩けば叩くほど「うき」が広がるイメージ。 等

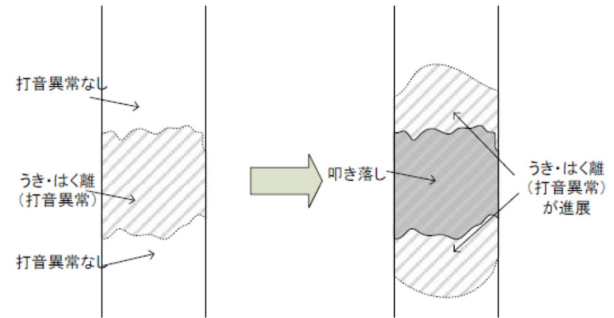


図-付6 点検業者意見のイメージ
(出典：関東地方整備局提供資料)

1.3. 点検時の留意点

(1) 開通前の状態確認の実施

- ・開通前1年以内を目安に実施 (定期点検を兼ねても構わない)

(2) 定期点検における対策区分の判定に係る留意事項

- ・トンネル本体工のうき・はく離の判定における「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い、これらが不連続面であることに留意する。
- ・覆工の型枠据付・解体時の衝撃や型枠の過度の押し上げ等により、横断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。

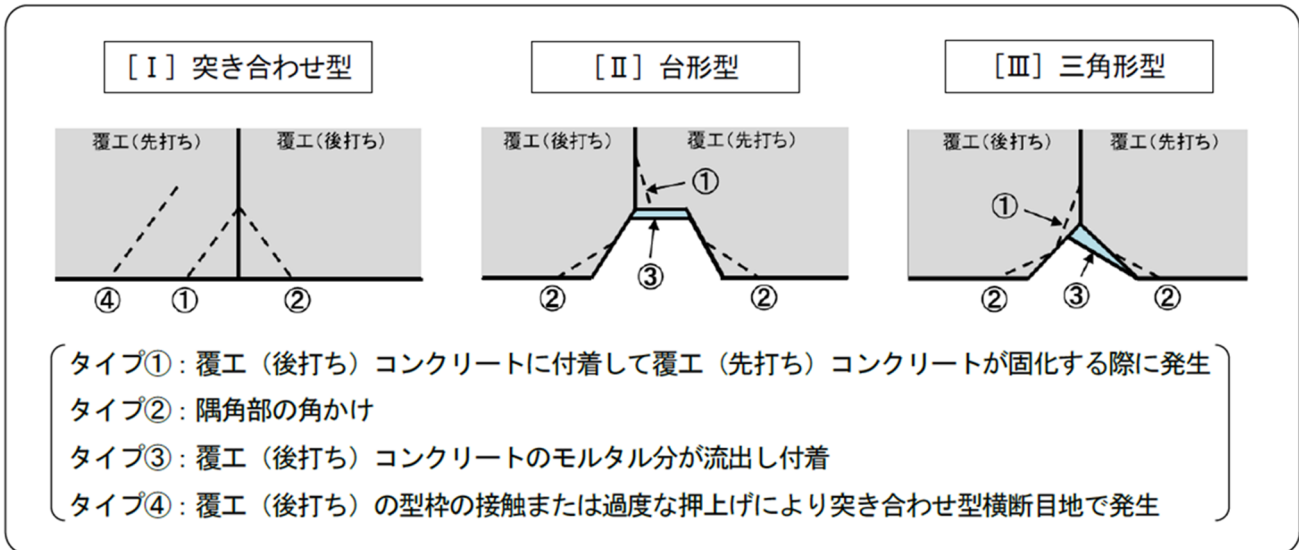


図-付7 横断目地付近に発生する変状の概念図 (出典：関東地方整備局提供資料)

2. 吸音板パネルの垂れ下がり

2.1. 変状の概要

トンネル吸音板パネルの垂れ下がりが発生した（利用者被害なし）。

- ・建設年：昭和40年
- ・施工法：矢板工法
- ・吸音板パネルの設置時期：平成11年



写真-付2 吸音板パネル垂れ下がり状況

写真-付3 吸音板パネル垂れ下がり状況（拡大）

※人身、物損は無し

規模； 吸音板パネル1枚（長さ2m，幅0.5m）

（建築限界を侵していたかは不明）

（出典：近畿地方整備局提供資料）

2.2. 変状の要因等

- ・トンネル吸音板パネルの取付部プレートが腐食し破断した。
- ・破断した箇所のコンクリートアンカーは遊離石灰が付着していたが、腐食はほとんどなかった。
- ・取付ボルトは表面が腐食していた。
- ・取付部プレートやボルトはHDZメッキで、吸音板パネルはSUSであるため、異種金属接触腐食の可能性が有る。



写真-付4 吸音板パネル取付部プレート破断状況（出典：近畿地方整備局提供資料）

3. 内装板のはく落

3.1. 変状の概要

内装板（内装工タイル）がはく落した（利用者被害なし）。

- ・建設年：平成 20 年
- ・施工法：NATM

本トンネルの内装板は、接着剤により直接覆工表面に貼り付ける方法で設置していた。

前年度に行った定期点検では、内装板のうきが確認されており、対策区分Ⅱb（将来的に利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態）と判定されていた（写真-付5）。

この定期点検時にうきが確認された箇所について、点検から約7ヶ月後にはく落が発生した（写真-付6）。

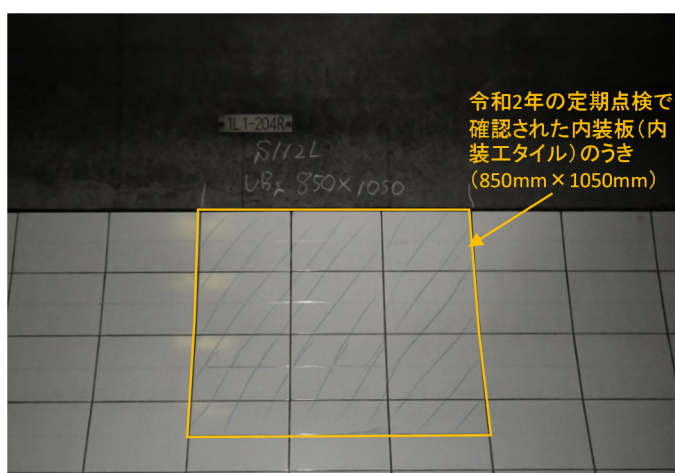


写真-付5 内装板（内装工タイル）のうき

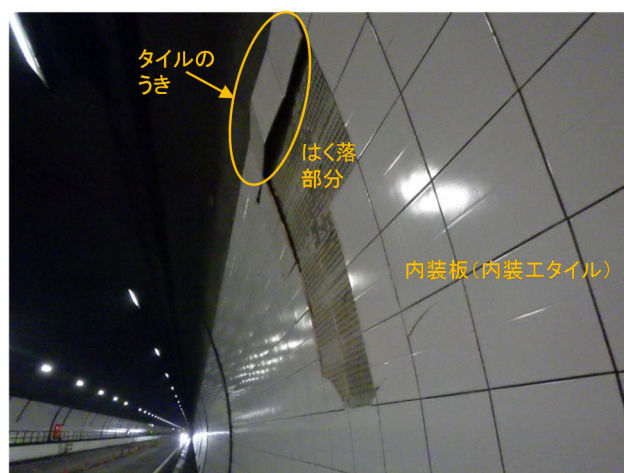


写真-付6 内装板（内装工タイル）のはく落
（定期点検の約7ヶ月後）

（出典：九州地方整備局提供資料）

3.2. 点検時の留意点

- ・近年、接着剤により直接覆工表面に貼り付ける方法での内装板設置が多く見られる。
- ・接着剤により設置を行う場合、覆工表面・内装板裏面双方に粉塵等が付着していない状態で確実に接着させる必要があるが、施工品質に問題がある場合には、所定の付着機能が発揮されず、容易にはく落が生じるおそれがある。また、覆工表面から漏水等が生じる場合にも、劣化により接着機能が低下して落下に至る懸念がある。
- ・また、密着していることが接着機能の前提であるため、内装板にうきが生じている場合には、既に期待する接着機能が喪失している。
- ・したがって、直接覆工表面に貼り付ける方法で内装板にうきが生じている場合には、覆工のうき・はく離と同様に（点検要領参照）、速やかに除去を行うなど、応急措置を講じる必要がある。
- ・また、施工品質の問題や劣化によりうきが生じている場合には、トンネル内の他の箇所でも同様の変状が生じている可能性があるため、うきが確認された箇所以外についても、近接目視に加えて打音検査等を確実に行うことが必要である。

- ・うき以外の変状、例えば内装板に欠けやわれなどが生じている場合にも、落下に至る懸念があるため、同様に速やかな処置を行う必要がある。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 1206 July 2022

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675