

ISSN 0386-5878  
土木研究所資料 第4360号

# 土木研究所資料

## 道路トンネルの変状に関する研究報告書 —判定・診断の考え方と変状事例—

平成29年3月

国立研究開発法人土木研究所  
道路技術研究グループトンネルチーム

Copyright © (2017) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 道路トンネルの変状に関する研究報告書 —判定・診断の考え方と変状事例—

道路技術研究グループ		前グループ長	真下	英人
同	トンネルチーム	上席研究員	砂金	伸治
同		総括主任研究員	石村	利明
同		交流研究員	坂本	昇
同		元交流研究員	笹田	俊之

## 要 旨

本報告書は、道路トンネルの合理的な維持管理を行うための参考資料として作成したものであり、トンネル本体工を対象に道路トンネルの点検や変状実態に関する事項等を整理するとともに、供用されている道路トンネルで実施された点検結果等をもとに、代表的な各種の変状事例を抽出し、変状の概要、変状の種類、対策区分の判定例について整理したものである。

キーワード：道路トンネル，維持管理，点検，変状，事例





# 目 次

1. はじめに	1
2. 道路トンネルの維持管理	3
2. 1 本体工の維持管理	3
2. 2 維持管理の手順	6
2. 2. 1 トンネル本体工	6
2. 2. 2 附属物の取付状態	8
2. 3 点検	10
(1) 日常点検	10
(2) 定期点検	10
(3) 異常時点検	16
(4) 臨時点検	16
2. 4 診断	17
2. 5 措置	18
2. 6 記録	18
3. 道路トンネルの現況および発生する主な変状と原因の推定	19
3. 1 道路トンネルの現況	19
3. 2 トンネルに発生する変状の種類	22
3. 3 変状の原因	24
3. 4 外力の作用による変状	25
3. 4. 1 ひび割れとトンネル構造の安定性の関係	25
(1) 断面破壊の形態	25
(2) ひび割れの発生と変形, 断面破壊, 構造安定性の関連性	28
3. 4. 2 変状の発生原因の分類	31
(1) 緩み土圧による変状	32
(2) 偏土圧による変状	33
(3) 膨張性土圧による変状	34
(4) 地すべりによる変状	36
(5) 水圧・凍上圧による変状	37
(6) 支持力不足による変状	38
(7) 地震力による変状	38
3. 5 材料や施工に起因する変状	41

(1) 温度応力・乾燥収縮に起因する変状	41
(2) 施工方法に起因する変状	43
(3) 使用材料に起因する変状	45
(4) 自然環境の誘発に起因する変状	46
3. 6 変状の発生原因の推定	48
3. 6. 1 ひび割れの特徴と発生原因	48
(1) ひび割れの特徴の傾向	48
(2) ひび割れの特徴の把握	48
(3) ひび割れの特徴からの推定	49
3. 6. 2 外力の作用が疑われる条件	56
(1) トンネルの施工法 ～NATMか矢板工法か～	56
(2) 施工時のトンネル挙動	57
(3) トンネル周辺地山の地形, 地質, 土被り	58
(4) トンネルの形状, 大きさ, 構造, 強度	58
(5) 周辺構造物の有無	60
(6) トンネル周辺の地下水の状態	60
(7) 周辺地山の挙動	61
3. 6. 3 チャート図を用いた変状原因の推定	62
4. 対策区分の判定および健全性の診断	69
4. 1 概説	69
4. 2 対策区分の判定方法	72
4. 2. 1 外力による変状に対する判定	72
(1) 圧ざ, ひび割れ	74
(2) うき, はく離	76
(3) 変形, 移動, 沈下	77
(4) 巻厚不足・背面空洞	79
4. 2. 2 材質劣化による変状に対する判定	81
(1) うき, はく離	82
(2) 鋼材腐食	82
(3) 有効巻厚の減少	83
4. 2. 3 漏水等による変状に対する判定	85
4. 3 健全性の診断	87
5. 変状事例と対策区分の判定例	89
5. 1 概説	89
5. 2 外力によるトンネル変状	93

5. 2. 1	変状の特徴	93
5. 2. 2	外力による変状の事例	96
5. 3	材質劣化によるトンネル変状	122
5. 3. 1	変状の特徴	122
5. 3. 2	材質劣化による変状の事例	124
5. 4	漏水によるトンネル変状	183
5. 4. 1	変状の特徴	183
5. 4. 2	漏水による変状の事例	184
6.	まとめ	216

**【参考資料】**

参考資料	点検結果に基づく道路トンネルの変状実態	217
------	---------------------	-----



## 1. はじめに

平成 24 年 12 月に発生した笹子トンネルの天井板崩落事故を契機に、社会資本の維持管理の重要性が再認識されている。事故後、国土交通省では、高度成長期以降に整備した社会資本が今後急速に老朽化することを踏まえ、平成 25 年を「社会資本メンテナンス元年」と位置付け、基準・マニュアルの策定・見直し等を含む社会資本の維持管理・更新に関して取りまとめ、総合的・横断的な取組みを推進している。基準・マニュアルの策定・見直しについては、道路法第 42 条に道路の修繕を効率的に行うための点検に関する基準が含まれるべきことが新たに規定された（平成 25 年 6 月公布）。これにともなって関係政令の整備に関して制定されるとともに、その後、道路法施行規則において道路の維持・修繕に関する具体的な基準が省令、告示によって道路の維持・修繕に関する具体的な基準が規定された（平成 26 年 3 月公布）。これによれば、トンネル等は国が定める統一的な基準により 5 年に 1 回の頻度で近接目視により点検を行うことを基本とすること、点検・診断の結果等について記録・保存すること、統一的な尺度で健全性の診断結果を分類することが定められた。これを受け、円滑な点検の実施のため、トンネル等の構造物ごとに点検方法を具体的に示し、主な変状の着目箇所、判定事例等を加えた定期点検要領が策定され、トンネルに関しては、「道路トンネル定期点検要領」<sup>1),2)</sup>が平成 26 年 6 月に発出された。

現在、国内の道路トンネルは平成 27 年 4 月時点で箇所数 10,552、総延長 4,349km であり、年々増加している。今後、財源が制約される中で効率的に道路トンネルの維持管理を実施していくためには、上記に示した基準等に基づいた点検の実施とともに、適切な診断、措置、記録といったメンテナンスサイクルを確実に実施していくことが必要である。

本報告書は、道路トンネルの合理的な維持管理を行うための参考資料として作成したものであり、トンネル本體工を対象に道路トンネルの点検や変状実態に関する事項等を紹介し、変状の発生原因や推定に関する考え方を整理するとともに、供用されている道路トンネルで実施された点検結果等をもとに、代表的な各種の変状事例を抽出し、変状の概要、変状の種類、対策区分の判定例について整理したものである。なお、本報告書に示した変状事例は代表的な変状の一部であり、すべての変状事例を網羅しているわけではないため、今後も継続した変状事例の収集・整理を行っていくことが必要である。

最後に、本報告書が今後の道路トンネルの合理的な維持管理を行ううえで、点検、診断時の一助となれば幸いである。

**【参考文献】**

- 1) 道路トンネル定期点検要領：国土交通省道路局，平成 26 年 6 月
- 2) 道路トンネル定期点検要領：国土交通省道路局国道・防災課，平成 26 年 6 月


## 2. 道路トンネルの維持管理<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>

現在、道路トンネルの定期点検は「道路トンネル定期点検要領」<sup>1)</sup>（国土交通省道路局，平成26年6月）（以下，「全国版要領」という），「道路トンネル定期点検要領」<sup>2)</sup>（国土交通省道路局国道・防災課，平成26年6月）（以下，「直轄版要領」という）に従って実施されている。これら2つの点検要領は，道路法第42条の改正に伴い制定された省令，告示により義務付けられた定期点検の方法等について示されたもので，前者は全国の道路トンネルを対象として，最小限の方法，記録項目を，後者は国土交通省等が管理する道路トンネルを対象として，道路の重要度や施設の規模等を踏まえ各道路管理者が必要に応じて，より詳細な点検，記録を行う場合の方法が示されている。

これらの点検要領には，点検，診断，措置，記録といったメンテナンサイクルを効率的に実施することを目的に，上記省令，告示によって規定された定期点検の方法として，①トンネル等は国が定める統一的な基準により5年に1回の頻度で近接目視により点検を行うことを基本とすること，②点検・診断の結果等について記録・保存すること，③統一的な尺度で健全性の診断結果を分類すること，の具体的な方法が示されている。

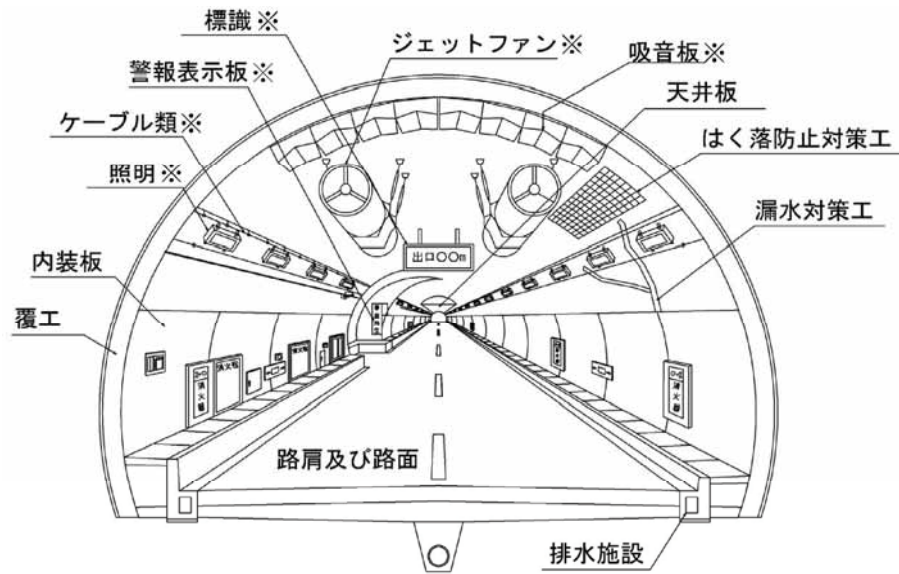
その後，定期点検以外の点検や調査，応急対策や本対策工等の具体的な措置等を含む道路トンネルの維持管理全体についての解説書として「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】」<sup>3)</sup>（公益社団法人日本道路協会，平成27年6月）（以下，「便覧」という）が発刊され，道路トンネルの維持管理を行う際の参考図書として活用されている。本章では，上記点検要領<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>および便覧<sup>3)</sup>等をもとに，現在，道路トンネルの本体工の維持管理で実施されている点検，診断，措置，記録の概要を示す。

### 2.1 本体工の維持管理

トンネルの本体工の維持管理の基本は，トンネルとしての機能を確保するためにトンネルの構造物としての安全性，耐久性に影響する変状について，定められた頻度や方法で点検を実施するとともに，必要に応じて調査を実施し，その結果を定量的・定性的に診断し，適切な措置を講じ，記録・保存することである。また，利用者の被害防止の観点から，本体工のみならず，トンネル内に設置されている附属物の取付状態についても点検対象としている。本体工の維持管理において対象とする標準的な点検箇所は，に示すように覆工，天井板，内装板等のトンネル本体工のほか，換気施設，照明施設，非常用施設等の付属施設を含む附属物として，ジェットファン，照明，標識，警報表示板等としている。

建設後において，トンネル本体工に発生する変状には，下記に示すように多岐の現象が発生する。また，これらが複合して発生する場合がある。

- ① 覆工や坑門のひび割れ，うき，はく離，はく落
- ② 覆工や坑門のコンクリートの変形，沈下，移動
- ③ 横断目地や水平打継ぎ目の目地切れ，幅の拡大，段差
- ④ 覆工や坑門の材質の劣化
- ⑤ 路面や路肩のひび割れ，盤ぶくれ
- ⑥ 側溝のひび割れ，変形



※トンネル内附属物は取付状態の確認を行う。

図-2.1 本体工における点検対象箇所（トンネル内）<sup>1)</sup>

- ⑦ 覆工や坑門の漏水，石灰の析出
- ⑧ 覆工のつらら，側氷
- ⑨ 路面の滞水，沈砂，氷盤
- ⑩ その他

定期点検時において，着目すべき変状・異常現象は表-2.1としている。



表-2.1 定期点検で着目すべき変状・異常現象<sup>3)</sup>

点検対象	着目すべき変状・異常現象
覆工	ひび割れ，段差 うき，はく離，はく落 打継ぎ目の目地切れ，段差 傾き，沈下，変形 鉄筋の露出 漏水，エフロレッセンス・遊離石灰，つらら，側氷 豆板やコールドジョイント部のうき，はく離，はく落 補修材のうき，はく離，はく落，腐食 補強材のうき，はく離，変形，たわみ，腐食 鋼材の腐食
覆工 (吹付けコンクリート)	ひび割れ，段差 うき，はく離，はく落 傾き，沈下，変形 漏水，エフロレッセンス・遊離石灰，つらら，側氷 豆板部のうき，はく離，はく落
坑門	ひび割れ，段差 うき，はく離，はく落 傾き，沈下，変形 鉄筋の露出 豆板やコールドジョイント部のうき，はく離，はく落 補修材のうき，はく離，はく落，腐食 補強材のうき，はく離，変形，たわみ，腐食 鋼材の腐食
内装板 <sup>注1)</sup>	変形，破損 取付金具等の腐食，脱落
天井板 <sup>注1)</sup>	変形，破損 漏水，つらら 取付金具等の腐食，脱落
路面，路肩および排水施設	ひび割れ，段差，盤ぶくれ，沈下 変形 滞水，氷盤，沈砂
附属物 <sup>注1)</sup>	破損，変形，垂れ下がり等

注1) 取付状態の確認を併せて行い，記録に残す。

## 2.2 維持管理の手順

### 2.2.1 トンネル本体工

トンネルの本体工の維持管理の一般的な維持管理の手順は、**図-2.2**に示すように道路トンネルの維持管理は、点検、診断、措置、記録の大きく4種類に分けて考えられる。これらの手順は、構造物の安全性の確保、利用者への安全性の確保を目的として、予防的な保全による維持管理の実施を基本として、適切なメンテナンスサイクル（点検→診断→措置→記録→（次の点検））の確実な実施を行うことに基づいている。

点検には、その目的に応じて日常点検、異常時点検、臨時点検、定期点検があり、変状の状況によっては点検時に必要に応急措置を実施したのち、応急対策および調査の要否の判断と対策区分の判定を行い、その後、健全性の診断、措置、記録の流れとなる。

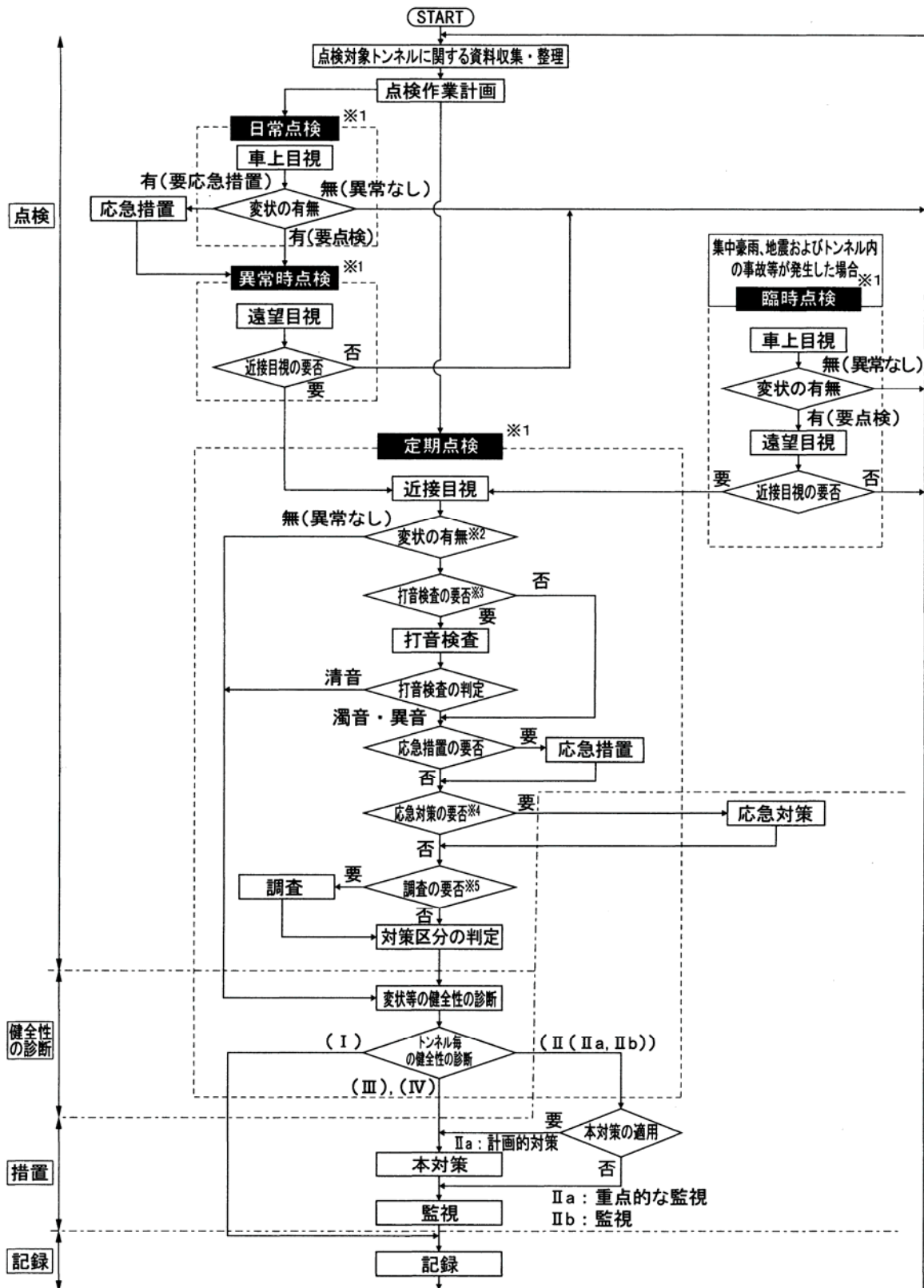


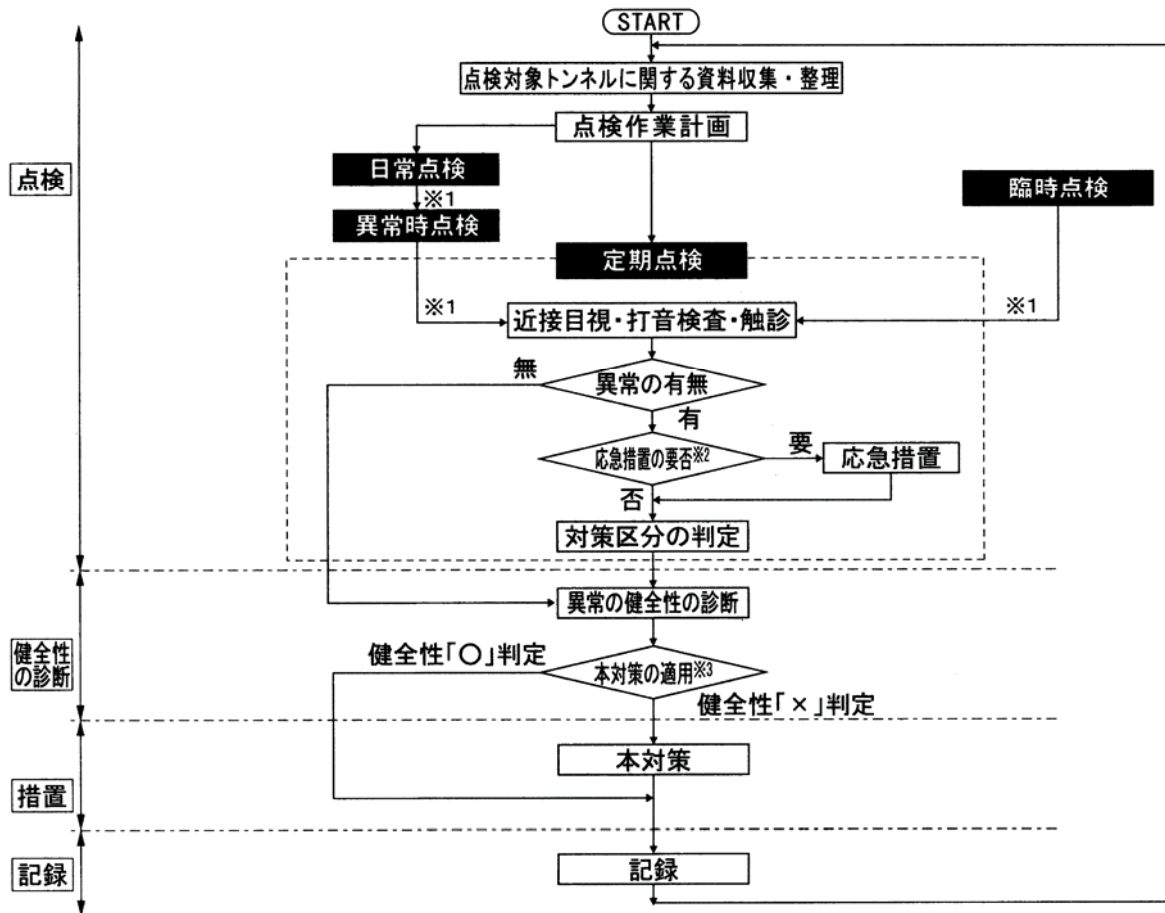
図-2.2 トンネル本体工の維持管理に関する一般的な手順(1)<sup>3)</sup>

- ※1 各点検を行った結果は、所定の記録様式に記録する。
- ※2 変状の有無：目視による変状の把握には限界がある場合もあるため、必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。
- ※3 打音検査の要否：初回の点検においては、トンネルの全延長の覆工表面の全面に対して打音検査を実施する。二回目以降の点検においては、前回の定期点検で確認されている変状箇所、新たに変状が確認された箇所、対策工が施されている箇所およびその周辺、水平打継ぎ目・横断目地部およびその周辺に対して実施することを基本とする。また、附属物を取り付けるボルト・ナット等に対して実施する。なお、内装板、路面はハンマーによる打音検査の対象としない。
- ※4 応急対策の要否：利用者に対して影響が及ぶ可能性が高く、のちの調査や健全性の診断を経て本対策を実施するまでの間で、安全性が確保できないと判断された変状に対しては、応急対策を適用する。なお、※5に示すように、調査を省略して、応急対策に代えて本対策を適用できる場合もある。
- ※5 調査の要否：変状原因の推定のための調査を実施し、本対策の要否およびその緊急性の判定を行う必要がある場合と、変状原因が明らかであり(すでに調査が行われている場合も含む)、調査を省略して本対策の要否およびその緊急性の判定ができる場合を判断することで、調査を合理的に実施できる場合がある。  
また、調査が長期間となる場合は、「5-2 健全性の診断の方法」<sup>3)</sup>を参照し、その変状等の健全性の診断を、暫定的に行って、記録するのが望ましい。調査を行う場合の実施項目と内容は、「3-2-1 調査項目の選定」<sup>3)</sup>を参照のこと。

## 図-2.2 トンネル本体工の維持管理に関する一般的な手順(2)<sup>3)</sup>

### 2.1.2 附属物の取付状態

附属物の取付状態の判定に関する一般的な維持管理の手順は、トンネル本体工と同様に適切なメンテナンスサイクルの実施に基づいて、図-2.3に示すように道路トンネルの維持管理は、点検、診断、措置、記録の大きく4種類に分けて考えられる。



- ※1 本工事の一般的な維持管理の手順の中で実施する日常点検，異常時点検，臨時点検により異常が確認され，附属物の取付状態の確認が必要と判断された場合に実施する。
- ※2 応急措置の要否:利用者被害を与えるような異常が発見された場合には，被害を未然に防ぐためボルトの緩みの締直し等の応急措置を行う。
- ※3 本対策の適用:附属物の取付状態に対する異常は，外力に起因するものが少ないと考えられ，原因推定のための調査を要さない場合がある。また，附属物の取付状態の異常は，利用者被害につながる可能性があるため，異常箇所に対しては再固定，交換，撤去する方法や設備全体を更新するなどの方法による対策を早期に実施する必要がある。

図-2.3 附属物の取付状態の判定に関する一般的な手順<sup>3)</sup>

## 2.3 点検

点検は、本体工の変状や附属物の取付状態の異常を発見し、その程度を把握することを目的に、定められた方法により必要な機器を用いて実施するもので、必要に応じて応急措置を行うものである。便覧によれば、点検の種類は、点検の実施内容や実施時期および頻度等により、**図-2.2**のトンネル本体工の維持管理に関する一般的な手順に示すように、日常点検、定期点検、異常時点検および臨時点検に分類している。各点検の概要は以下に示すとおりである。

### (1) 日常点検

日常点検は、通常巡回の際に併せて巡視員が実施する車上目視による点検である。

### (2) 定期点検

定期点検は、トンネルの変状・異常を把握、診断し、当該トンネルに必要な措置を特定し、安全で円滑な交通の確保や利用者への被害の防止を図るなど、トンネルに係る維持管理を適切に行うために必要な情報を得ることを目的に実施する。定期点検は、トンネルの最新の状態を把握するとともに、次回の定期点検までに措置の必要性の判断を行ううえで必要な情報を得るために行う。そのため、5年に1回の頻度で近接目視を実施することを基本とする。このほか、定期点検では、本体工と同時にトンネル内の附属物の取付状態を確認することになっている。

定期点検により発見された変状の状況や原因等をより詳しく把握することを目的として実施する調査は、点検の一部の内容として位置づけられ、調査結果等をもとに対策区分の判定を行い、対策の必要性およびその緊急性を判定するとともに、対策を実施するための設計・施工に関する情報を得る。なお、調査については、従前の「道路トンネル維持管理便覧」<sup>4)</sup>（（社）日本道路協会、平成5年11月）（以降、現便覧では「従前の便覧」と称する）では点検結果の判定にもとづいて点検とは別に標準調査A、Bおよび詳細調査を実施していたが、これらの各調査を一つにまとめるとともに、定期点検の中で実施することとなった。

また、便覧<sup>3)</sup>においてはトンネル本体工の変状原因について、**表-2.2**に示すように主として外力作用等の外因と使用材質等の内因に大別し、**表-2.3**に示すような変状原因ごとの変状の特徴を示している。

さらに、個々の変状原因と、それが複合して関与する変状の機構、発生する変状区分と主な変状現象、および対策の区分との関係を**図-2.4**に示している。図に示すように、種々の変状原因が関与していても、変状現象を評価し、対策を適用するうえでの変状は「外力」、「材質劣化」、「漏水」の3つに区分して取り扱うことができるとしている。

なお、**図-2.2**の点検に位置づけられている「対策区分の判定」は、利用者への影響の可能性と措置の必要性の観点から変状の状態を把握する。その判定区分は本体工に対しては**表-2.4**に示すように、Ⅰ、Ⅱb、Ⅱa、Ⅲ、Ⅳの5段階で、附属物の取付状態に対する異常判定区分は**表-2.5**に示すように、「○」、「×」で区分する。

ただし、点検結果で対策区分の判定において判定区分がⅣ（緊急措置段階）とされた変状の中には、

過去の点検記録等の資料収集や現地確認のみで変状の原因や範囲が特定でき、適切な対策が取れるものがある。そのような変状については、直接、対策を実施することがトンネルの維持管理において合理的であるため、調査を省略することができる。また、対策区分の判定における判定区分がⅢ、Ⅱa、Ⅱbとされた変状の中でも、応急対策を必要とするほどの緊急性はないが、変状原因が明らかな場合は、調査を省略して本対策の要否を検討する場合もある。

表-2.2 変状原因の区分<sup>3)</sup>

			変状原因
外因	外力	地形・地質	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	水圧, 凍上圧
		その他	近接施工, 地震, 地殻変動等
	環境	経年	経年劣化(中性化), 鋼材腐食
		地下水	漏水, 凍害
		劣化促進	塩害, 有害水
		その他	火災等
内因	材料	骨材, セメント	セメントの異常凝結, 水和熱(温度応力), 低品質骨材, 反応性骨材等
		コンクリート	ブリーディング, 乾燥収縮等
	施工	コンクリートの施工	打込み不良, 締固め不足, 養生不良, 巻厚不足, 背面空洞残存等
		鉄筋組み立て	配筋の乱れ, かぶり不足等
		型枠	型枠変形, 早期脱型, 支保工の沈下等
	設計		インバートなし, 地すべり対策, 支持力対策等への配慮不足

表-2.3 変状原因と特徴一覧 (1) 3)

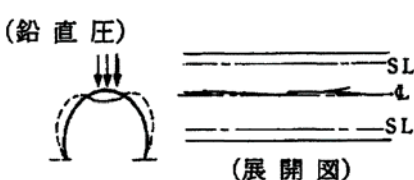

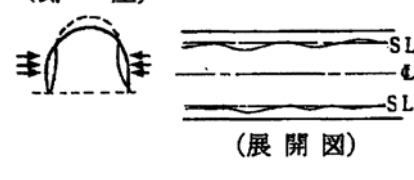


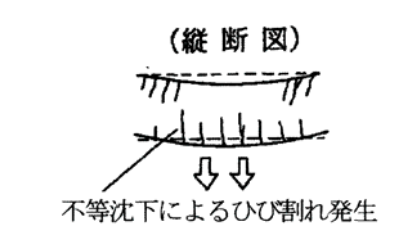
変状原因	概 要	
<p>外因 (外力)</p> <p>緩み土圧</p>	<p>緩み土圧は、地山が緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このため、アーチの天端にトンネル縦断方向の引張りひび割れを生じるものが多い。ただし集中荷重として土圧が作用すると、放射状もしくはクモの巣状にひび割れが発生する場合がある</p>	<p>(鉛直圧)</p> 
	<p>また、トンネルの上部に比較的大きい空洞があり、空洞の上部の岩塊が何らかの理由で地山と分離し落下し、衝撃的に覆工に衝突する場合がある。覆工の強度・巻厚が十分でなければ覆工を破壊し、岩塊もるともトンネル内へ岩塊が落下した事例があるが、このような現象は「突発性の崩壊」と称する</p>	<p>(集中荷重)</p> 
<p>膨張性土圧</p>	<p>膨張性土圧による変状では、左右の側壁あるいはアーチの両肩に、複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁間に打継ぎ目がある場合には段差が生じることがある。また盤ぶくれが発生する場合がある</p>	<p>(側 圧)</p> 
<p>偏土圧・斜面のクリープ</p>	<p>斜面下や、傾斜した片理方向に緩みが生じて偏土圧が作用し、トンネルが変状するものである。山側アーチ肩部に引張りひび割れ、段差が生じることが多い</p>	
<p>地すべり</p>	<p>地すべりによってトンネルが変状するものという 地すべりによる変状は、トンネルとすべり面の位置関係により変状の発生形態が異なる</p>	<p>(展開図)</p> 
<p>支持力不足</p>	<p>支持力不足がトンネルの変状と結びつきやすいのは、縦断的、あるいは横断的な不等沈下である 前者の場合、トンネル横断方向のひび割れが生じやすい。また、後者の場合はトンネル軸の回転をとめない、斜め方向のひび割れが生じる</p>	<p>(縦断図)</p> 



表-2.3 変状原因と特徴一覧 (2) 3)

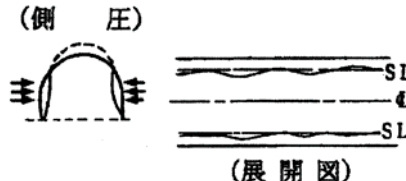
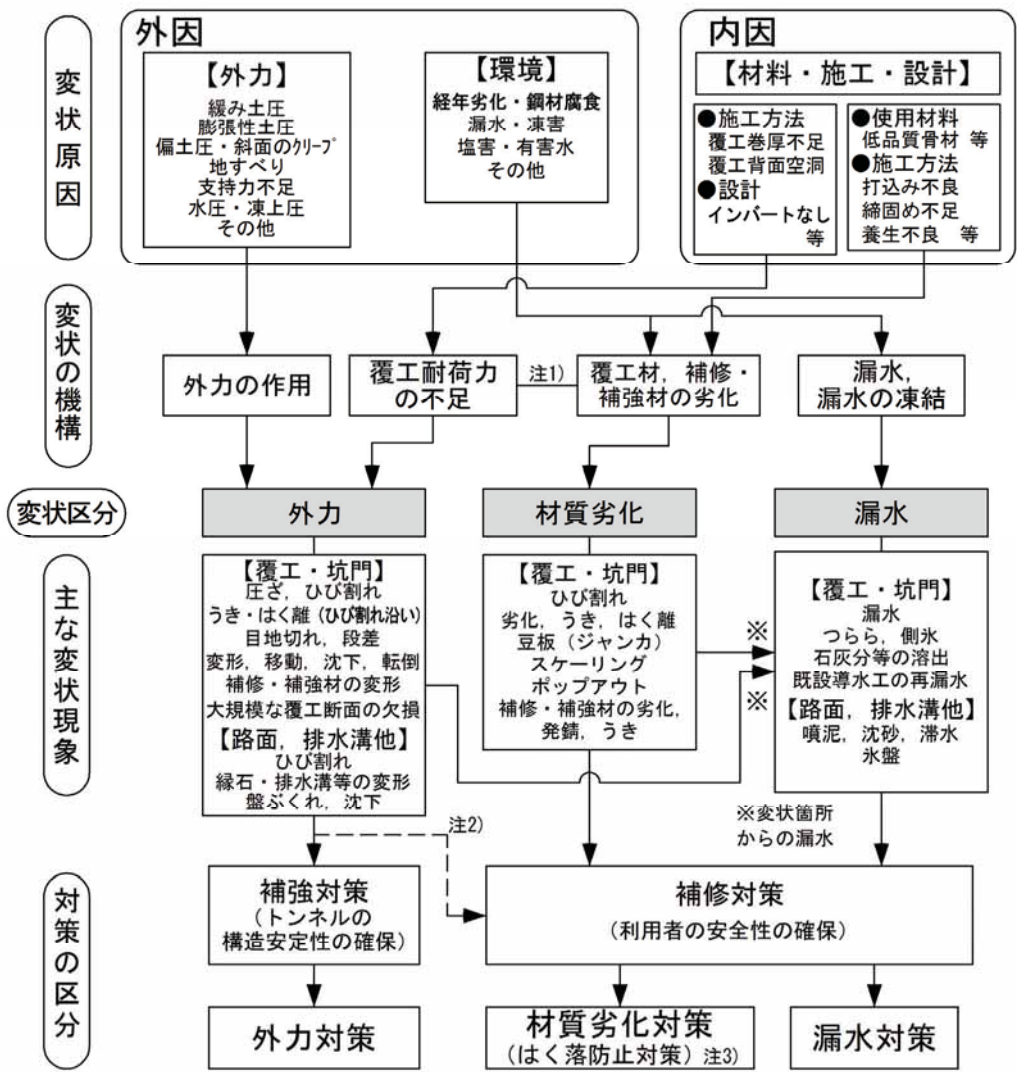
変状原因		概 要	
外因 (外力)	水圧・凍上圧	水圧・凍上圧は、漏水と深くかかわっており、トンネルに作用する場合は通常、側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部のひび割れが生じることが多い	 <p>(側 圧)</p> <p>(展 開 図)</p>
	その他	近接施工や地震等によってトンネル周辺地山が変形するのにもない、覆工や坑門が変形し、せん断ひび割れ等が発生する場合がある	
外因 (環境)	経年劣化	コンクリートの経年劣化の代表的な原因は中性化である。コンクリートの中性化は、主としてコンクリート中の強アルカリ生成物である水酸化カルシウムが、大気中の炭酸ガスと反応してアルカリ性を失い、中性化する現象をいう	
	鋼材腐食	坑門等の鉄筋コンクリート構造物では、中性化の進行等で鋼材の腐食・体積膨張により、鉄筋に沿ったひび割れの助長および鋼材断面の減少・耐荷力低下を生じる可能性がある	
	漏水	漏水は、外力による変状（水圧等）の原因にもなるが、それ以外にも漏水自体が材質劣化を促進する原因となる場合がある	
	凍害	寒冷地のトンネルでは、凍害は覆工の劣化要因の中でもっとも問題となることが多い要因である。凍害の発生機構は、コンクリート中の水分の凍結およびそれにもなう体積膨張にある	
	塩害	コンクリート中への塩分浸透は、鋼材腐食を促進させる可能性があり、鋼材腐食による体積膨張でコンクリートにひび割れ等が生じる	
	有害水	背面地山中の地下水には、火山地帯にみられる酸性水などのように、覆工にとって有害成分を含むものがあり、覆工劣化をもたらす原因となる	
	その他	<p>通行車両の事故による火災時には、コンクリートは高温条件にさらされる。火災による覆工の劣化としては、強度、弾性係数等の力学的性質の低下、コンクリートの表面および内部での爆裂現象、はく離、ひび割れ等が考えられる</p> <p>また通行車両の排気ガスや煤煙に含まれる窒素酸化物等が漏水中の水分と化合して強い酸性水を生成する可能性がある。これまでのところ同現象による直接的変状の例は少ない</p>	

表-2.3 変状原因と特徴一覧 (3) <sup>3)</sup>

変状原因		概 要
内因 (材料・施工・設計)	使用材料	使用材料に起因する変状は、発生時期は早期なものが多い。使用材料の不適切な選定として、セメントの異常凝結や低品質骨材による膨張等がある。またアルカリ骨材反応等の事例も報告されている
	施工方法	コンクリートの打込み不良や締固め不足によりコールドジョイントや豆板等が形成される場合がある。またセメントの水和熱による温度変化とそれともなう体積変化が地山の拘束を受けた場合に、ひび割れが生じる場合がある
	覆工背面の空洞	覆工背面の空洞は、地山を緩め、土圧を増加させる原因となるばかりでなく、受働土圧の発生を阻害して、覆工の構造的な強度低下の原因となる
	覆工巻厚不足	設計巻厚が不足していることにより、設計時に想定した値以上の土圧が作用しても変状が発生する場合がある
	設 計	坑口部等で支持力対策や、偏土圧・地すべり対策等が設計時に十分に見込まれていない場合に、覆工や坑門が変形・移動することがある
	インバートなし	施工時には大きな土圧の作用がなくインバートを設置しなくとも地山の安定が得られたトンネルにおいて、施工後に何らかの要因によりトンネル下方の地山の強度が低下し、膨張性土圧が増大することで、インバートを設置していないことにより、盤ぶくれ等の変状が発生することがある



注 1) 覆工材の劣化が広範囲に進むと、覆工の有効巻厚が減少し覆工耐荷力の不足を生じる場合がある

注 2) 変状の状態によっては、補修対象(材質劣化対策・漏水対策)を併用する場合がある

注 3) 道路トンネル(無筋コンクリートの覆工が主体の山岳工法によるトンネル)では、覆工材等の落下を防ぐことを主目的として「はく落防止対策」が適用されるケースが多い

図-2.4 変状原因と変状区分および対策の区分との関係<sup>3)</sup>

表-2.4 本土工における対策区分<sup>3)</sup>

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	II b	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態
	II a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III	早晚、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態	
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急 <sup>注1)</sup> に対策を講じる必要がある状態	

注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いう。

表-2.5 附属物の取付状態に対する異常判定区分<sup>3)</sup>

異常判定区分	異常判定の内容	附属物の取付状態
×	附属物の取付状態に異常のある場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・利用者被害の可能性がある場合</li> <li>・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</li> </ul>
○	附属物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"> <li>・異常はなく、とくに問題のない場合</li> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>

### (3) 異常時点検

異常時点検は、日常点検により変状等が発見された場合に実施する点検であり、まず遠望目視により近接目視の要否を判断する。近接目視が必要と判断された変状箇所に対しては、定期点検に示す方法に準じて近接目視等を行い、健全性の診断まで実施する。

### (4) 臨時点検

臨時点検は自然災害や事故災害等が発生した場合に、主に通行の安全を確認するために行う点検であり、基本的にはトンネル全延長に対して日常点検に準じて車上目視により点検を行って、必要により遠望目視により近接目視の要否を判断する。新たに変状が発生した箇所やこれまでの点検履歴から類似の変状の発生が想定される場合には異常時点検に準じる内容の点検を実施する。

## 2.4 診断

健全性の診断は、本体工および附属物の取付状態を対象に点検または調査結果により把握された変状・異常の程度を判定区分に分類する。本体工の場合は、点検による変状箇所の「変状状況の把握」および「対策区分の判定」にもとづいて表-2.6に示すⅠからⅣまでの4つの判定区分により行うことを基本とする。健全性の診断には、変状ごとに実施する「変状等の健全性の診断」と、そののちに実施する覆工スパンごとおよびトンネルごとの構造物単位で実施する「トンネル毎の健全性の診断」の2段階で行う。

附属物の場合は、附属物の取付状態に対する異常は、外力に起因するものが少ないと考えられること、原因推定のための調査を要さない場合があること、利用者被害につながる可能性があることなどを考慮し、異常箇所に対して早期に対策の必要性を判定する異常判定区分として表-2.7に示す「○」（対策を要さないもの）と、「×」（早期に対策を要するもの）の2区分に大別する。

表-2.6 本体工の健全性の判定区分<sup>3)</sup>

区分		状態
Ⅰ	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
Ⅱ	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
Ⅲ	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
Ⅳ	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

表-2.7 附属物の取付状態に対する異常判定区分<sup>3)</sup>

異常判定区分	異常判定の内容
×	附属物の取付状態に異常がある場合
○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合

## 2.5 措置

措置は、点検、調査の結果にもとづいて、トンネルの機能や耐久性等を回復させることを目的に、対策、監視を行う。具体的には、変状による損傷部分に対する補修・補強等の対策、定期的あるいは常時の監視、緊急に対策を講じることができない場合等の対応として、交通規制（車線規制、片側交互通行、全面通行止め）がある。ここで、補修は、主として利用者の安全性の確保および耐久性の回復や向上を目的として実施する対策をいう。また、補強は、主として構造の耐荷力や剛性等の力学的な性能の回復や向上といったトンネルの構造安定性の確保を目的として実施する対策をいう。また、措置は、その内容により、応急対策、本対策および監視に分類している。

- ① 応急対策は、利用者被害を与えるような覆工コンクリートのうき、はく離、漏水等の変状が発見された場合、調査や本対策を実施するまでの期間に限定し、短期的にトンネルの機能を維持させることを目的として適用する。
- ② 本対策は、構造物としての安全性等の機能が低下し、対策が必要と判定された変状に対して、中～長期的にトンネルの機能を回復・維持させることを目的として適用する。
- ③ 監視は、点検の結果、応急対策を実施した箇所もしくは健全性の診断の結果、当面は応急対策や本対策を実施することを見送ると判断された箇所、または軽微な変状で監視を必要とする箇所について、本対策を実施するまでの期間、変状の挙動を追跡的に把握するために行う。

## 2.6 記録

適切なメンテナンスサイクルが実施できるよう、点検および診断の結果ならびに措置の内容等を記録し、当該トンネルが利用されている期間中は、これを保存する。定期点検の結果は、維持・補修等の計画を立案するうえで参考とする基礎的な情報であり、適切な方法であらかじめ定められた点検記録様式に従い記録し、保存しておかなければならない。また、これらの記録は今後の補修・補強計画や次回の定期点検計画の立案等に活用する。

### 【参考文献】

- 1) 道路トンネル定期点検要領，国土交通省道路局，平成 26 年 6 月
- 2) 道路トンネル定期点検要領，国土交通省道路局国道・防災課，平成 26 年 6 月
- 3) 道路トンネル維持管理便覧【本土工編】，公益社団法人日本道路協会，平成 27 年 6 月
- 4) 道路トンネル維持管理便覧，社団法人日本道路協会，平成 5 年 11 月

### 3. 道路トンネルの現況および発生する主な変状と原因の推定

本章では、道路トンネルの現況について概説するとともに、供用中の道路トンネルに発生する主な変状の種類について概説する。また、変状の原因を推定する際の参考として、「外力の作用する場合」と「材料や施工に起因する場合」の2つに区分してそれぞれの変状の特徴について示すとともに、ひび割れ等の変状パターンから原因を推定する方法の例を示す。

#### 3.1 道路トンネルの現況

現在、国内の道路トンネルは図-3.1に示すように平成27年4月時点で箇所数10,552箇所、総延長4,349kmであり<sup>1)</sup>、年々増加している。

トンネル本体工は、トンネル技術の進展に伴って建設年度によって施工方法や覆工の構造も異なっており、変状の発生状況も異なる。

施工法の主な変遷としては、概ね1950年頃まではトンネルの支保部材に木製支柱式支保工を用いて施工が行われていたが、その後、トンネルの支保部材に鋼アーチ支保工が用いられるようになった（矢板工法）。矢板工法は、トンネル掘削時にトンネルの上部半断面を先進してから下半断面を掘削する上部半断面先進工法や、トンネル断面の底部や側壁部に導坑を先進させてからトンネルの上部半断面を掘削する底設導坑先進上部半断面工法、側壁導坑先進上部半断面工法等により施工される。トンネル覆工は、アーチ部分を施工後、下半の側壁部の覆工を施工する、いわゆる逆巻きで施工されるのが一般的である。矢板工法における覆工は、一般的にはトンネルに作用する外力に抵抗する考え方である。

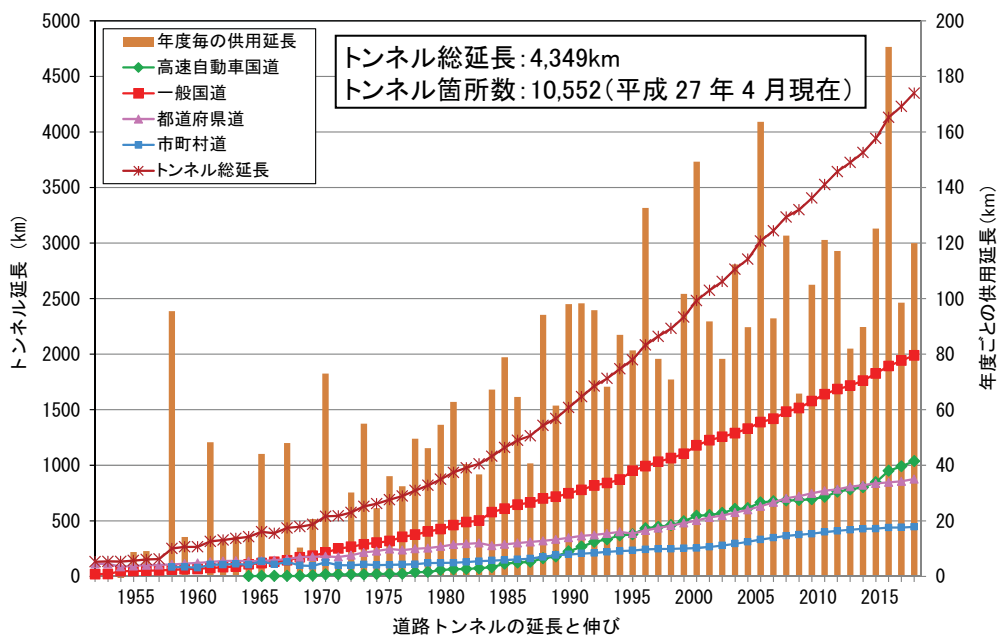
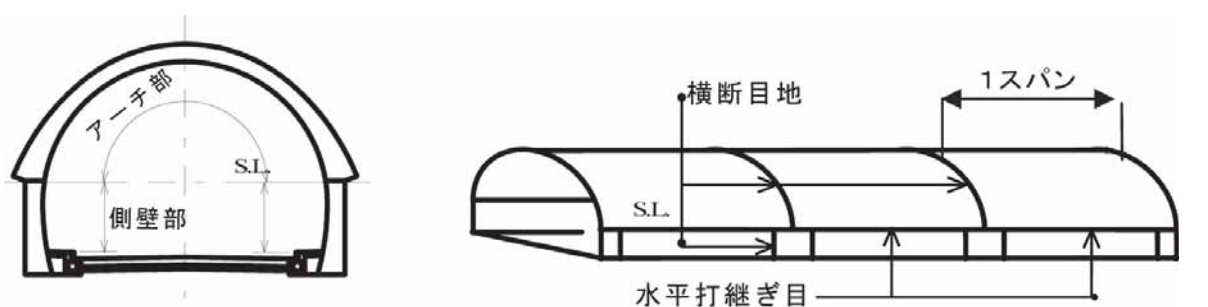


図-3.1 道路トンネルの延長と伸び<sup>1)</sup>

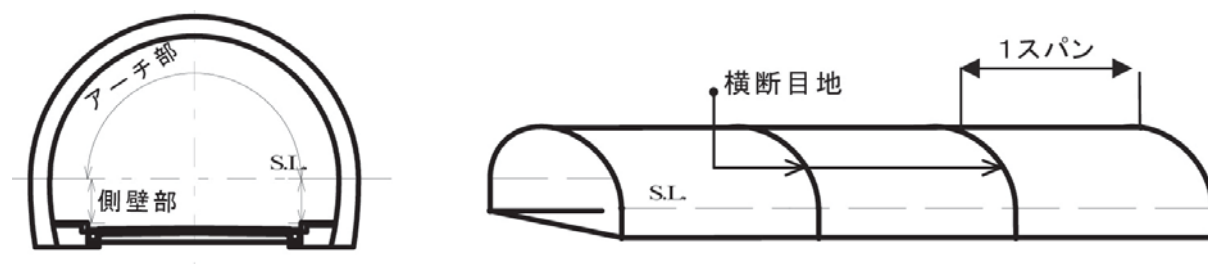
その後、1980年頃からは、トンネルの支保部材として吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工を用いた現在の山岳トンネルの標準的な施工法で施工されるようになった（NATM（New Austrian Tunneling Method））。NATMは、地山が有する支保機能を活用することで上記の支保部材と一体となってトンネルを安定させ、トンネルの変形が収束してから覆工を施工することから一般的には外力が作用しない考え方である。また、覆工の外側には防水シートが設置されるのが一般的である。

覆工の材料としては、1930年頃まではレンガ積み、石積み、コンクリートブロック等が用いられ、その後は場所打ちコンクリートが用いられるようになった。その後、場所打ちコンクリートが覆工の主体として用いられている。

現在、供用されている道路トンネルの多くは、矢板工法と NATM によって建設されている。図-3.2 に矢板工法と NATM の一般的な覆工構造の違いを示す。NATM は、一般的に側壁部とアーチ部を含めてトンネル全断面の覆工を一度に構築するため、1 スパン毎に横断目地が存在する。一方、矢板工法ではトンネル断面を分割して掘削して、その後、順次覆工を構築するため、一般的に側壁部とアーチ部に水平打継ぎ目がトンネル縦断方向にあるとともに、逆巻き工法による覆工の構築となるため、1 スパン毎の横断目地のほかに側壁部にも横断目地が存在する。



(a) 矢板工法（覆工打ち込み方法：逆巻き）の例



(b) NATM（覆工打ち込み方法：全断面）の例

図-3.2 トンネルの覆工部位<sup>2)</sup>



なお、これまで実施された既往の点検結果等の分析により、トンネル本体工に発生する変状は、NATM や矢板工法等のトンネルの施工方法、供用年数等により、その特徴や状況や異なる傾向であることが示されており、合理的な維持管理においてはこれらを十分理解したうえで変状原因の推定を行って行くことが重要である。

供用中のトンネルにおける既往の点検結果に基づく、供用年数・トンネルの施工方法の違いによるトンネルの変状の実態、NATM を対象とした地山等級（支保パターン）と発生している変状との関係については「**参考資料 点検結果に基づく道路トンネルの変状実態**」に示すとともに、変状の特徴や変状原因の推定等については「**3.2 トンネルに発生する変状の種類**」，「**3.3 変状の原因**」に記述しているので参考とされたい。

### 3.2 トンネルに発生する変状の種類

トンネルに発生する変状は表-2.2に示した変状原因に起因してさまざまな種類に分類できる。ここでは表-3.1に示すように、大きく分けてその発生する部位と現象の面から整理する。変状の発生する部位では、覆工、坑門、路面、路肩、側溝、内装板、天井板などが挙げられる。さらに、覆工では、天端、肩部、側壁部のコンクリートに加え、横断目地や水平打継ぎ目といった部分に分けられる。現象面では代表的なものとして、ひび割れ、うき・はく離、はく落、漏水が挙げられるが、それ以外にも変形や隆起、沈下、移動を生じ、段差を伴う事例もある。これらのイメージを図-3.3に、実際の事例を写真-3.1に示す。

表-3.1 トンネルの変状の種類

部 位	現 象
覆工・坑門	ひび割れ
路面・路肩	うき・はく離, はく落
側溝	変形・隆起・沈下・移動・段差
内装板・天井板	漏水

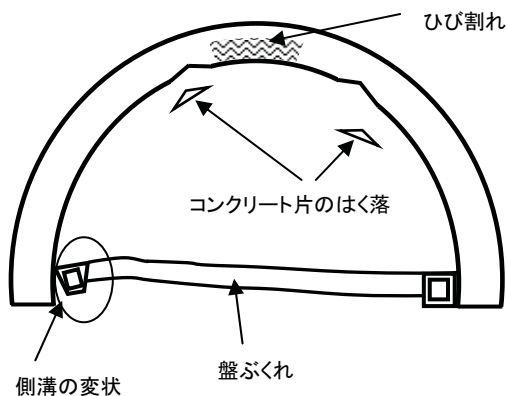


図-3.3 トンネルの変状のイメージ

変状の中で最も現れやすく、比較的発見しやすいのは覆工や坑門に発生するひび割れであり、トンネルの維持管理上、最も着目すべき変状である。しかし、ひび割れにはそれぞれ発生する原因があるものの、一見しただけでその原因を即座に推定できるとは限らない。

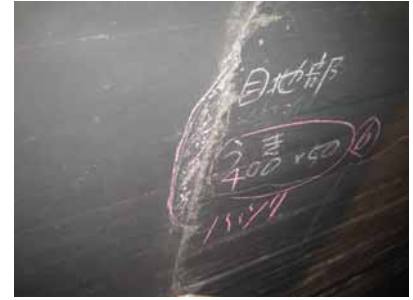
実務においては原因を必ずしも明確に推定できなくても、補修や補強といった対策を実施しなければならない場合が多いが、その場合、ある程度までの原因の絞り込みができれば、補修や補強に期待する効果を得ることはできる。以下に変状の原因とその代表的な事例について述べる。



覆工のひび割れ



坑門のひび割れ



うき・はく離



はく落



側溝の変形



路面の隆起



横断目地の段差



漏水

写真-3.1 トンネルに発生する変状の例

### 3.3 変状の原因

トンネルの変状が発生している現象とその原因は必ずしも一対一で対応するものではない。また、点検時に確認できる変状は覆工の表面に現れる現象にとどまることがほとんどであり、その現象も組み合わせられて生じる場合も多く、変状の原因を即座に推定できるとは限らない。しかし、変状の原因は、緩み土圧や地すべり、水圧、地震力といったような外力が作用する場合と、それ以外の場合に大別できる。特に後者については、コンクリートの硬化温度の降下や乾燥などによって生じるコンクリートの収縮、施工方法に原因がある場合、使用された材料の影響による場合、自然環境によって誘発される場合等に大別でき、これらを「材料や施工に起因する場合」として考えることができる。ここでは、変状の発生原因を表-3.2に示すように整理し、以降に「外力の作用に起因する場合」と、「材料や施工に起因する場合」に着目して、それぞれの場合で覆工コンクリートに見られる代表的な変状の特徴について述べる。

表-3.2 変状の主な発生原因

発生原因の区分	発生原因
外力の作用に起因する場合	①緩み土圧(突発性崩壊も含む)
	②偏土圧
	③膨張性土圧
	④水圧・凍上圧
	⑤地すべり
	⑥地震力
	⑦支持力不足
材料や施工に起因する場合	①温度応力(コンクリート硬化時など)・乾燥収縮(トンネル坑内の湿度の低下)
	②施工方法 <ul style="list-style-type: none"> <li>・型枠据付け時の過度の押し上げ・型枠の早期脱型・打込み時の型枠の沈下</li> <li>・コンクリート打込みの中断・不十分な締固めや練混ぜ・打込み不足・養生不良</li> </ul>
	③使用材料 <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋の腐食</li> <li>・アルカリ骨材反応</li> </ul>
	④自然環境による誘発 <ul style="list-style-type: none"> <li>・凍害</li> <li>・塩害</li> <li>・凍結膨張</li> <li>・経年劣化</li> </ul>

### 3.4 外力の作用による変状

外力の作用によりトンネルに変状が発生する場合の現象は、その多くは覆工のひび割れ、うき・はく離、過大な変形の発生であり、なかでもひび割れの発生は覆工に外力が作用した場合に最も現れやすい現象である。ここでは、ひび割れの発生に着目して、外力の作用を受けた場合に覆工に発生するひび割れの特徴について述べる。

#### 3.4.1 ひび割れとトンネル構造の安定性の関係

外力の作用により覆工に発生するひび割れは、外力の作用形態とトンネル構造によって異なるが、その形態は引張ひび割れ、圧縮ひび割れ、せん断ひび割れに大別される。覆工に発生するひび割れには、トンネル構造の安定上問題になるものとならないものがあることは経験的に知られているように、トンネル構造の安定性に及ぼす影響は、ひび割れの形態によって異なる。したがって、ひび割れの形態とトンネル構造の安定性の関係を理解することは、覆工にひび割れが発生した場合の対策の必要性や緊急性を判定する上で非常に重要となる。

本項では、実大規模の覆工供試体を用いた載荷実験を行い、ひび割れの発生からトンネル構造の破壊に至るまでの挙動を調べることにより明らかになったひび割れの形態とトンネル構造の安定性の関係について紹介する。

##### (1) 断面破壊の形態

図-3.4 は外力が作用した時点からトンネル構造全体が破壊に至るまでの過程を示したものである。トンネルに外力が作用するとひび割れが発生し、進行すると断面破壊と見なせる状態に達し、さらに進行するとトンネル構造全体の破壊に至る場合が多いが、応力状態によっては、ひび割れの発生とほぼ同時にトンネル構造全体の破壊に至る場合がある。

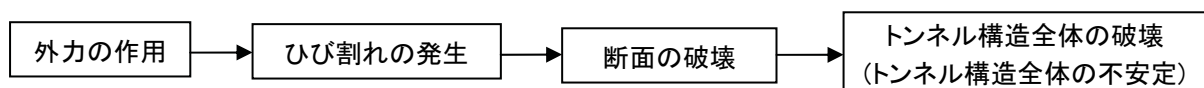


図-3.4 トンネル構造全体の破壊に至るまでの過程

ここで、トンネル構造全体の破壊に至るまでの間に断面破壊が発生するが、その破壊の形態は大別して図-3.5 に示すように曲げ圧縮破壊（圧ざ）、引張ひび割れの進展による破壊、軸力によるせん断破壊の3つに分類される。

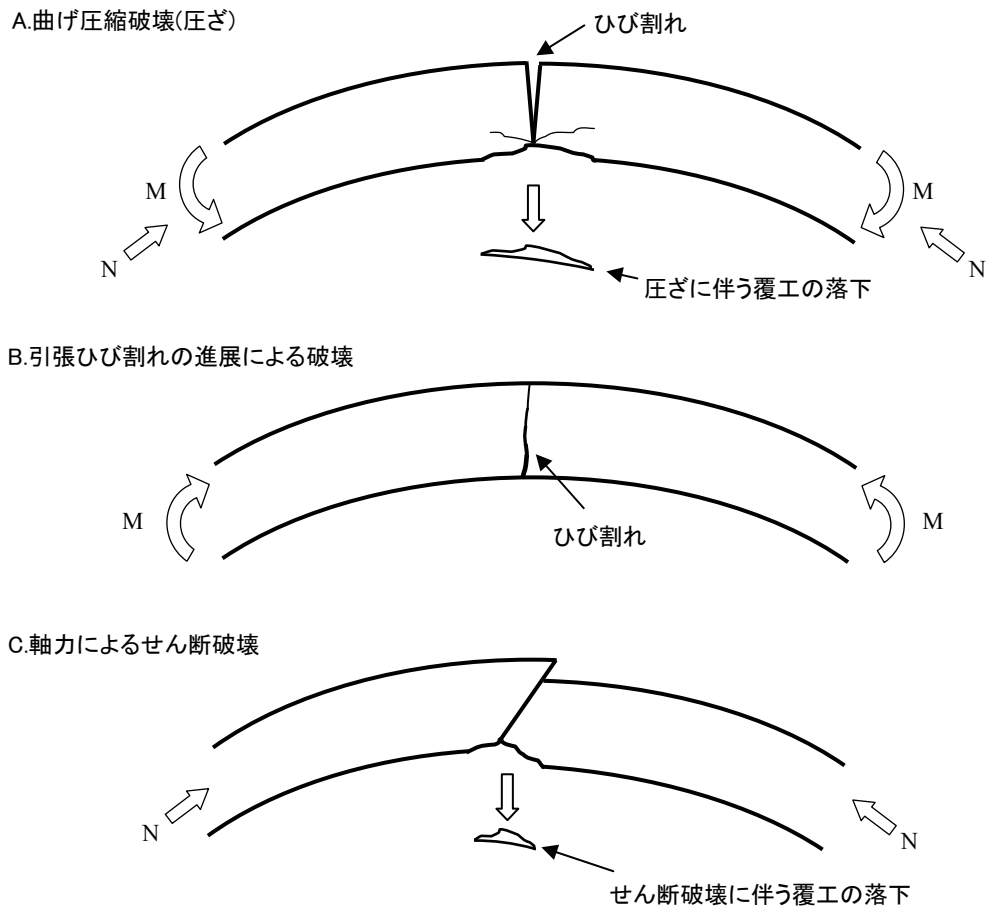


図-3.5 断面破壊の形態

コンクリート部材の断面破壊を考える場合、部材の断面に作用する軸力と曲げモーメントの関係からその破壊がどのようなメカニズムによって生じるかを考えることができる。図-3.6 はコンクリート部材である覆工の任意の断面に破壊が発生したときのひずみ状態を想定し、その時に軸力と曲げモーメントがどのような関係にあるかを示したものであり、断面耐力曲線やMN 曲線と呼ばれている関係である。

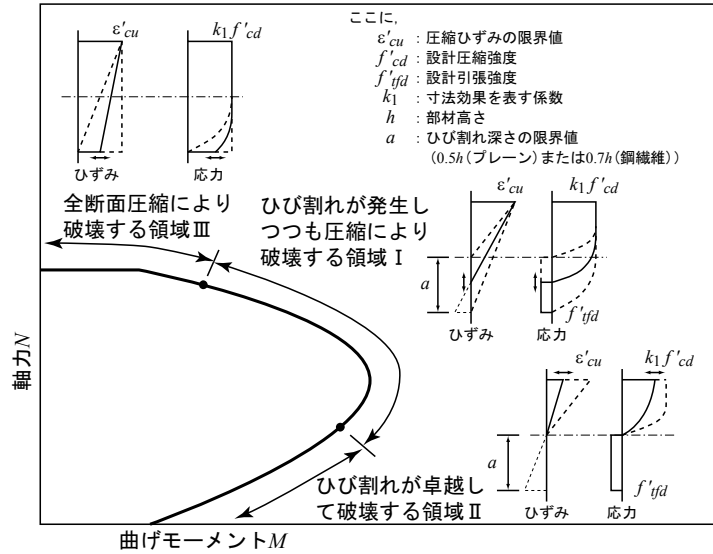


図-3.6 断面耐力曲線

軸力と曲げモーメントの関係が領域Ⅰにある場合は、断面内の引張領域が材料毎によって規定されるひび割れ深さの許容される限界値以下で、圧縮側の端が圧縮ひずみの限界値に達している状態、すなわち圧縮を生じる状態である。領域Ⅱは圧縮側の端が圧縮ひずみの限界値以下で、引張領域がひび割れ深さの許容される限界値に達している状態である。領域Ⅲは断面全体で圧縮の状態となっており、部材の一端が圧縮ひずみの限界値に達している状態である。なお、ひび割れ深さの許容される限界値は覆工に使用される材料によって異なる値が示されている。

この領域Ⅰ～Ⅲと、上記の断面破壊の形態A～Cの関係を考えて場合、それぞれ、領域ⅠとA、領域ⅡとB、そして領域ⅢとCが対応する。過去に実施された実験結果によれば、A～Cや領域Ⅰ～Ⅲの断面破壊を生じる外力の作用は、それぞれ図-3.7に示す以下のような荷重形態(a)～(c)を考えることにより再現できる。

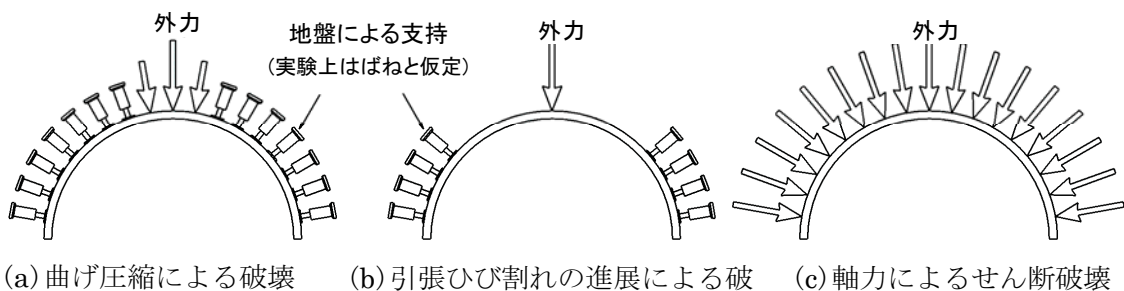


図-3.7 荷重形態と破壊の関係

ここで、荷重形態(a)は外力が天端部付近の比較的限られた部分のみから作用し、外力が作用しないと考えられる部分は、地山からの支持がある、すなわち、地山からの反力が期待できる場合であり、図-3.6の領域Ⅰとして示されるように、断面には軸力と曲げモーメントの両者が相応に発生する。



荷重形態(b)は外力が作用する部分は荷重形態(a)とほぼ同様であるが、地山からの反力が期待できる範囲が荷重形態(a)よりは少ない場合であり、図-3.6の領域Ⅱとして示されるように軸力はあまり発生せず、曲げモーメントのみが大きく発生する。

荷重形態(c)は荷重形態(a)や荷重形態(b)と異なり、トンネルの全周から外力が作用する場合であり、図-3.6の領域Ⅲとして示されるように曲げモーメントはあまり発生せず、軸力が卓越して全断面圧縮になる。

ここで荷重形態(a)～(c)の外力の作用を実際のトンネルで考えた場合、荷重形態(a)については緩み土圧、荷重形態(b)については背面に空洞が存在する場合での緩み土圧、荷重形態(c)については膨張性土圧が代表的な外力の作用形態となる。

## (2) ひび割れの発生と変形、断面破壊、構造安定性の関連性

実物大のトンネル覆工を模擬した供試体を用いて図-3.7に示した荷重形態(a)～(c)の外力をジャッキによって与えた載荷実験を行うことにより、ひび割れの発生、トンネルの変形、断面破壊、そして構造の安定性に着目してトンネル覆工にひび割れが発生してから破壊に至るまでのメカニズムが解明されている<sup>3)</sup>。

写真-3.2は載荷実験の状況である。実験は2車線の道路トンネルに相当する規模を有する外径9.7m、厚さ30cm、高さ(トンネル軸方向の長さ)1m、設計基準強度



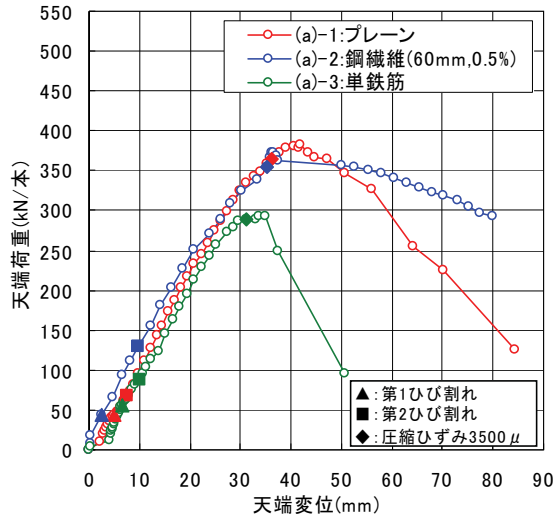
写真-3.2 覆工コンクリートの載荷実験

が $18\text{N/mm}^2$  (荷重形態(a)(b)の場合) または $12\text{N/mm}^2$  (荷重形態(c)の場合) の半円形の覆工供試体を用いて行われた。この供試体に図-3.7に示す形で、外力についてジャッキ34本を適宜使用して作用させ、荷重、変位、ひずみ、ひび割れの発生状況等を計測・観察した。ジャッキは10度ごとの17断面でそれぞれ2本/1断面ずつ設置されている。なお、実験では覆工供試体の材料としてプレーンコンクリート、SFRC、単鉄筋補強コンクリートの3種類のものを用いた。

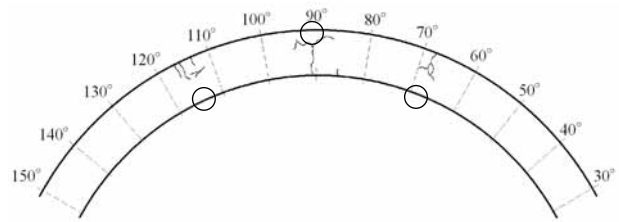
荷重形態(a)の場合は、外力を作用させると、初めに曲げ引張によるひび割れ(第1ひび割れ)が天端部(90°付近)の内面に発生し、荷重の増加に伴って曲げ引張によるひび割れ(第2ひび割れ)が左右肩部(65°または115°付近)の外面に発生する。さらに、載荷を継続すると、天端部外面と肩部内面(第1ひび割れと第2ひび割れが観察された反対側の面)に圧ぎが発生し、最終的にはトンネル構造全体の破壊に至った。この時の外力と変位の関係は図-3.8(a)に示すようになっている。なお、実験結果の縦軸の天端荷重は、10kN/本が土被り高さとして概ね1m程度の荷重に相当する。

図-3.8(b)にプレーンコンクリートの場合の構造全体の破壊に至る直前のひび割れの発生状況を、写真-3.3に圧ぎの発生に伴って破壊した供試体の内面の状況を示したが、圧ぎが生じている箇所ではひび割れが貫通しないことが特徴である。また、圧ぎが発生すると、プレーンコンクリートおよび単鉄筋補強コンクリートの場合はコンクリート片のはく落が生じるものの、SFRCの場合は発生せず、SFRCはコンクリート片のはく落防止効果が期待できる。





(a) 作用荷重と変位の関係



(b) 上面のひび割れ発生状況  
(○印は圧ぎの位置)

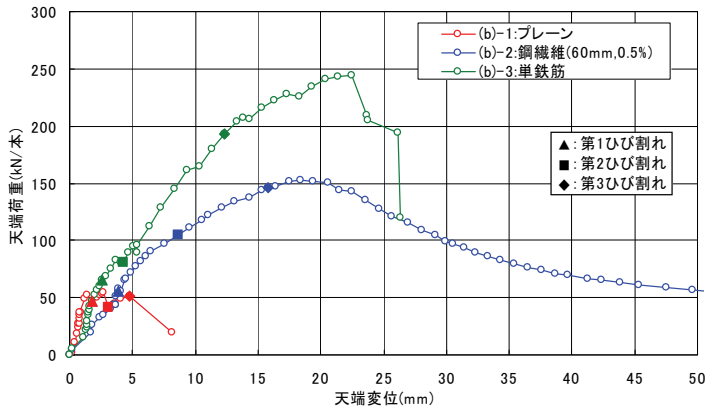
図-3.8 荷重形態(a)の実験結果

最大荷重の時点に対して、第1ひび割れが発生したときの荷重や変位は、図-3.8(a)に示すように率にして1割程度となっており、最初のひび割れが発生してから覆工の構造全体の破壊に至るまで相当の余裕があり、引張ひび割れが発生しても即座に構造的な安定性が失われることはないことがわかる。しかし、一つの断面において圧縮ひずみがコンクリートの限界値の目安である  $3500\mu$  に概ね達して圧ぎが発生すると、わずかな荷重の増加により他の二つの断面でも圧ぎが発生して構造全体の破壊に至ることから一つの断面で圧ぎが生じた段階では構造全体の耐力はほとんど残されていないものと考えられる。なお、構造全体の破壊が発生する場合の変形率（天端変位／トンネル半径）は0.7～0.9%程度である。

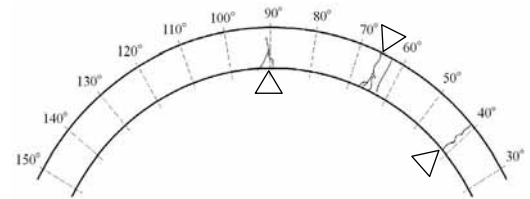
荷重形態(b)の場合では、初めに天端部(90° 付近)の内面に曲げ引張によるひび割れ(第1ひび割れ)が発生し、その後、肩部(65° または115° 付近)の外面に曲げ引張によるひび割れ(第2ひび割れ)が、続いて側部(40° または140° 付近)の内面に曲げ引張によるひび割れ(第3ひび割れ)が発生し、さらに载荷を継続するとひび割れが深くなることによる断面破壊が複数の断面で発生し、最終的にはトンネル構造全体の破壊に至った。図-3.9(a)は外力と変位の関係を示したものであるが、トンネル構造全体の破壊に至ったときの変形量は変形率にすると0.1～0.5%と荷重形態(a)の場合より小さくなっており、特にプレーンコンクリートの場合、最初のひび割れが発生してからトンネル構造全体の破壊に至るまでの余裕はほとんどない。また、構造全体の破壊に至ったときの荷重も荷重形態(a)の場合より小さくなっており、特にプレーンコンクリートの場合、地山からの反力が確保できないと構造全体の耐力は大幅に減少することが分かる。図-3.9(b)にプレーンコンクリートの場合の構造全体の破壊に至る直前のひび割れの発生状況を、写真-3.4にひび割れの進展が見られる部分の供試体の状況を示すが、ひび割れが発生しているその背



写真-3.3 圧ぎによる破壊の状況の例



(a) 作用荷重と変位の関係



(b) 上面のひび割れ発生状況  
(△印は進展したひび割れの位置)

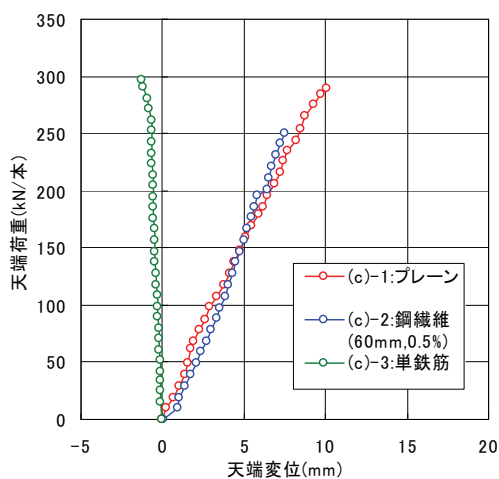
図-3.9 荷重形態(b)の実験結果

面には圧ぎは発生しない。

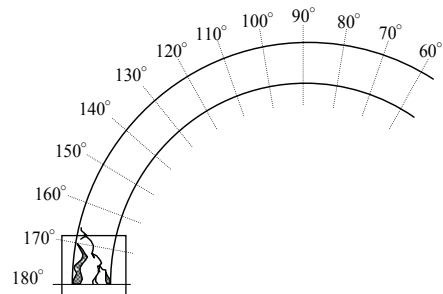
荷重形態(c)の場合は、外力と変位の関係は図-3.10(a)に示すように他の荷重形態の場合とは異なって最大荷重に達する直前までは供試体にひび割れの発生は認められず、せん断破壊によるひび割れが発生するとほぼ同時にトンネル構造全体の破壊に至った。また、構造全体の破壊が発生する場合の変形率は最大でも 0.2%程度と非常に小さな変形量となっている。図-3.10(b)にプレーンコンクリートの場合の構造全体の破壊が発生した直後のひび割れの発生状況を示したが、写真-3.5に示すようなせん断破壊の発生によるひび割れが脚部付近に発生した。



写真-3.4 ひび割れの進展の状況



(a) 作用荷重と変位の関係



(b) 上面のひび割れ発生状況  
(□印はせん断破壊の位置)

図-3.10 荷重形態(c)の実験結果

以上をまとめると、荷重形態(a)の場合、外力が作用するとある断面で曲げモーメントによる引張りひび割れが発生するが、引張りひび割れが発生してもトンネル構造全体の安定が直ちに問題となることはない。しかし、外力の増加によりある断面で圧縮が発生した後は、わずかな荷重の増加によりトンネル構造全体の破壊に至る。地山からの反力が確保されない荷重形態(b)の場合、外力が作用するとある断面で曲げ引張りひび割れが発生し、鋼繊維あるいは単鉄筋による補強が無い場合は、わずかな荷重の増加によりひび割れが進展し、トンネル構造全体の破壊に至る。荷重形態(c)の場合、全断面圧縮状態となるため、ある断面において圧縮によるせん断破壊が発生すると、ほぼ同時にトンネル構造全体の破壊に至る。



写真-3.5 せん断破壊の状況

なお、実験は2次元構造を模擬した場合なので、上述したような破壊が生じた段階でトンネル構造全体の破壊に至ったが、実際のトンネルは3次元構造のためトンネル構造全体の破壊に至るかどうかは縦断的に見た場合の破壊の発生範囲によって異なる。

### 3.4.2 変状の発生原因の分類

外力により発生する既設トンネルの変状は、詳細に見れば引張によるひび割れや圧縮による圧縮、せん断によるひび割れ等の組合せである。これまで述べてきたように、作用外力とひび割れの状態には密接な関係があり、現場で問題となるのは、外力によってひび割れが発生した場合に、それがどのような外力によって発生したものか、また、ひび割れの発生がどの程度構造の安定性に影響を及ぼしているかということになる。

外力によりひび割れが発生する原因としては、表-3.2に示したような以下の原因が考えられる。

- ①緩み土圧(突発性崩壊も含む)
- ②偏土圧
- ③膨張性土圧
- ④水圧・凍上圧
- ⑤地すべり
- ⑥地震力
- ⑦支持力不足

なお、①の緩み土圧は通常は覆工に作用して影響が現れるまでに比較的長い時間を要するものと考えられるが、特殊なものとして突如地山の一部分が覆工に落下して作用する突発性崩壊がある。また、③の膨張性土圧については、膨張性の粘土鉱物が吸水膨張することで覆工に荷重が作用する **swelling** と、トンネルの掘削に伴う二次応力が周辺地山の強度を超えることで地山が塑性化し、著しい押し出しが生じる **squeezing** と呼ばれる塑性土圧によるものが考えられる。

本項ではそれぞれの外力の形態によって生じる変状の例を示すとともに、数値解析結果を参考にトンネルに現れる変状のメカニズムについて説明する。

(1) 緩み土圧による変状

緩み土圧は、図-3.11 に示すように地山が時間の経過とともに緩み、覆工の天端付近に外力として作用するものである。天端部における引張ひび割れが代表的な変状であるが、作用する外力が大きい場合には肩部において圧縮が発生する。また、矢板工法によるトンネルで天端に大規模な空洞が残っている場合、上方の地山から岩塊が落下して覆工に放射状または同心円状のひび割れが生じ、覆工の強度や巻厚が十分でないとき押し抜きせん断破壊によって覆工が崩壊することがある。ひび割れが発生してから破壊に至るまでの時間的余裕がないことが多いため、突発性崩壊と呼ばれるが、基本的には天端付近の背面地山からの外力の作用というメカニズムは同一である。

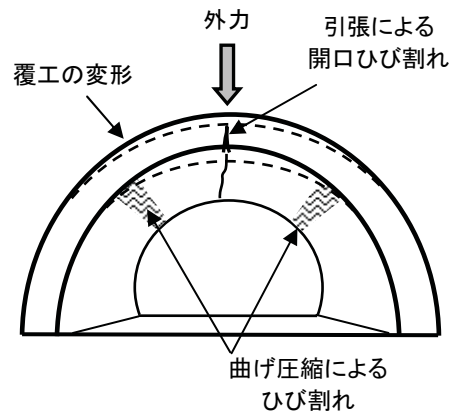


図-3.11 緩み土圧が作用する場合の変状の例

図-3.12 は内空幅が 10m 程度の 2 車線道路トンネルを想定し、厚さ 30cm の通常の NATM によって建設されたトンネルの覆工を対象として、緩み土圧として上方から荷重が作用したひび割れの発生を数値解析によって再現した結果である。数値解析では、ひび割れの進展を考慮した有限要素解析(以降、ひび割れ進展 FEM 解析と称する)を実施した。この解析手法は、図-3.13 に示すようにコンクリートの圧縮側の材料特性と引張側の材料特性を仮定し、特に引張側については、ひび割れが発生する前は弾性体、ひび割れが発生した後は引張応力とひび割れの開口幅との関係を予め決め、その関係を破壊エネルギーに帰着させることによりひび割れが発生した後の挙動についても追跡が可能なものである<sup>4)</sup>。

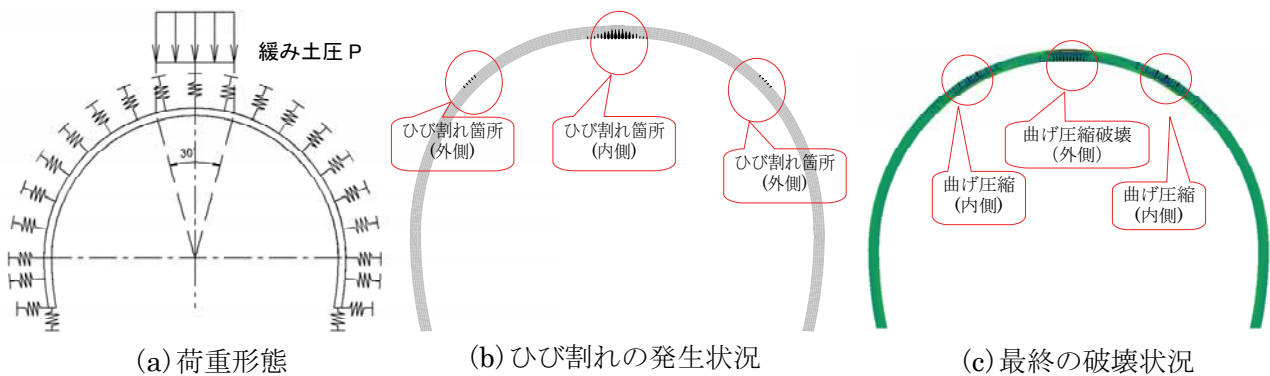


図-3.12 緩み土圧が作用する場合のひび割れ図および変形図

図-3.12 より、外力が作用している天端付近で引張ひび割れが覆工の内面に見られており、その背面側では圧縮が生じる。また、曲げモーメントが反転する肩部の外側でひび割れが発生し、外力が大きくなると内面側では大きな圧縮ひずみが生じる。そのため、天端付近のひび割れの発見が重要であるが、天端付近だけではなく、同一横断面内の他の箇所にも圧縮やその予兆となるうきの現象が発生していない



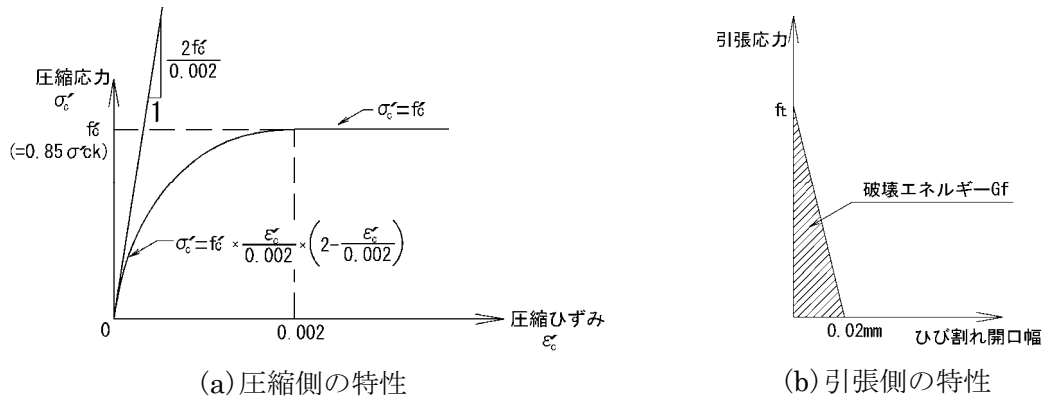


図-3.13 コンクリートの材料特性

か留意する必要がある。また、突発性崩壊の場合は外力が集中して一箇所に作用することが多いため、放射状または同心円状のひび割れが天端付近に発生していないかどうかを確認する必要がある。

## (2) 偏土圧による変状

偏土圧は、図-3.14 に示すように種々の条件によってある一方向からトンネルに外力が作用するものであり、写真-3.6 に示すように肩部にひび割れが発生することが多い。

前述した緩み土圧の場合と同様の手法でひび割れの発生を数値解析によって再現した結果を図-3.15 に示す。この解析では偏土圧は一方の肩部より作用させたが、その付近で引張ひび割れが覆工の内面に見られ、その背面側では圧ぎが生じる。また、偏土圧が作用する肩部とは反対側の肩部付近では曲げモーメントが反転し、外面で引張ひび割れが発生し、外力が大きくなると内面側では大きな圧縮ひずみが生じる。緩み土圧の場合と同様に、ひび割れの発見が重要であるが、そのひび割れの発生箇所だけではなく、同一横断面内の他の箇所に圧ぎの発生やその予兆となるうきの現象が発生していないか留意する必要がある。

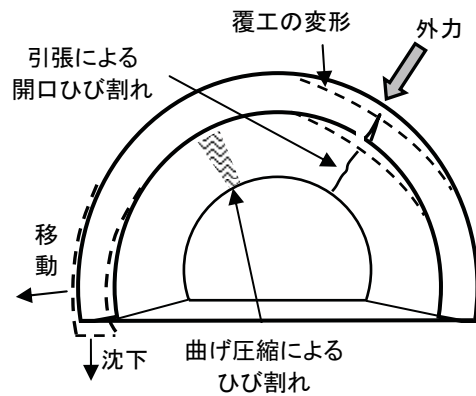


図-3.14 偏土圧が作用する場合の変状の例

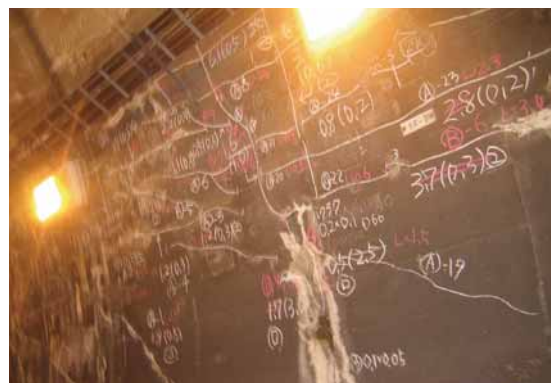


写真-3.6 偏土圧によるひび割れ

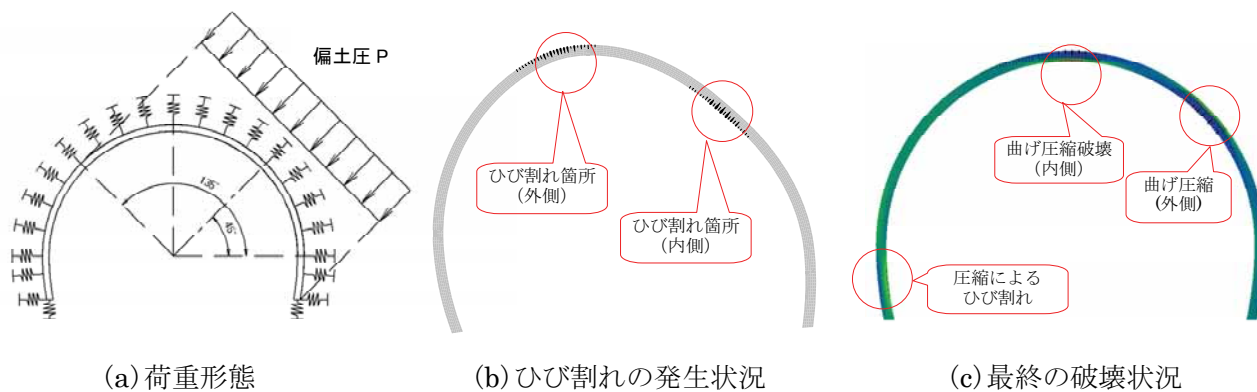


図-3.15 偏土圧が作用する場合のひび割れ図および変形図

### (3) 膨張性土圧による変状

膨張性土圧は地山の体積膨張や地山の塑性変形による土圧が覆工に作用するものであり、図-3.16 のようにトンネルの側壁に水平方向から作用する場合や、トンネルの上方あるいは全周にわたって作用する場合がある。一般的に、膨張性土圧は比較的長期間にわたって作用するとともに外力の値自体も大きい傾向にあり、側壁および天端のひび割れ、路面の盤ぶくれ、側溝のゆがみなどが発生する。写真-3.7 は膨張性土圧によりトンネルの天端部にせん断破壊が生じた例、写真-3.8 は天端部に圧ざが生じ、コンクリートのはく落が見られた例、写真-3.9 は盤ぶくれが生じた例である。

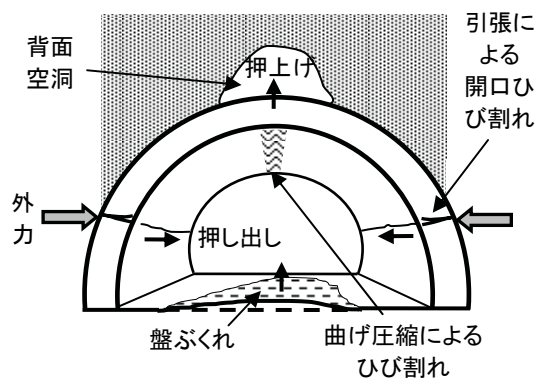


図-3.16 膨張性土圧が作用する場合の変状の例



写真-3.7 膨張性土圧によるせん断破壊



写真-3.8 膨張性土圧による圧ざ



写真-3.9 膨張性土圧による盤ぶくれ

山岳工法により建設されたトンネルは、施工方法から NATM によるトンネルと矢板工法によるトンネルに大別されるが、両者では確保できる地山からの反力に差が生じることが多い。すなわち、NATM により施工されたトンネルは基本的には吹付けコンクリート等の支保工の施工後に、防水シートの設置、さらに覆工コンクリートの打込みが行われることになるため、覆工の背面には大きな空洞が残ることはない。一方、矢板工法により施工されたトンネルは施工上の制約から天端付近の覆工背面に空洞が残る場合が多く、その部分では地山からの反力の確保ができない。図-3.17 は、前述した緩み土圧と同様の解析手法により膨張性土圧を対象にした解析結果を示したものであるが、図-3.17(a)は天端で地山から

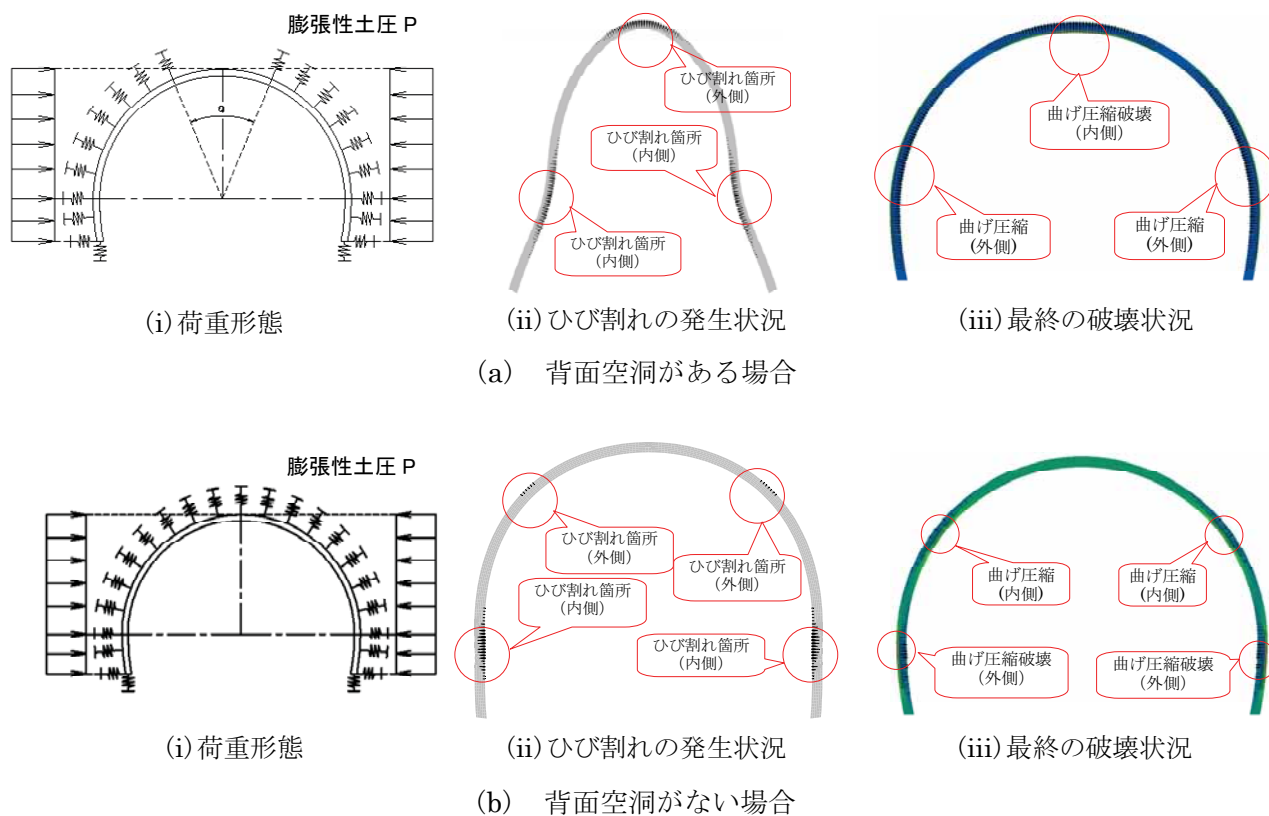


図-3.17 膨張性土圧が作用する場合のひび割れ図および変形図

の反力が確保できない場合、**図-3.17(b)**は地山からの反力が全周で確保できる場合である。膨張性土圧が側方からのみ作用すると想定した場合、地山からの反力が確保できる範囲の差によりひび割れの発生の場所が異なるものの、側方にひび割れが発生する。天端付近については、天端で地山からの反力が確保できない場合は圧ぎが見られるのに対して、天端で地山からの反力が確保できる場合は解析では全断面圧縮状態となって圧ぎは発生しない。

#### (4) 地すべりによる変状

地すべりによる変状は地すべりとの位置関係や地すべりの活動による影響を大きく受けるため、ひび割れ等の変状が発生する位置や形態に関して、ある決まった傾向があるとは一概に言えない。しかし、水平、横断、斜めなどの方向に複雑なせん断破壊や段差が発生した場合、あるいは路面・路肩にも変状が発生していて他の原因では説明ができない場合などは地すべりの可能性を疑う必要がある。また、地すべりが原因となる変状は、地すべりの挙動に連動して進行するため、比較的長期にわたって周辺地山の挙動を把握し、変状との関連を見るのが良い。



写真-3.10 地すべりによるひび割れ

**図-3.18** は、地すべりにより多数の斜め方向のひび割れが覆工に発生した状況を示した変状展開図の例である。また、**写真-3.10** は側壁にせん断ひび割れが発生し、覆工コンクリートの落下を防止するための対策として金網工が施されている例である。

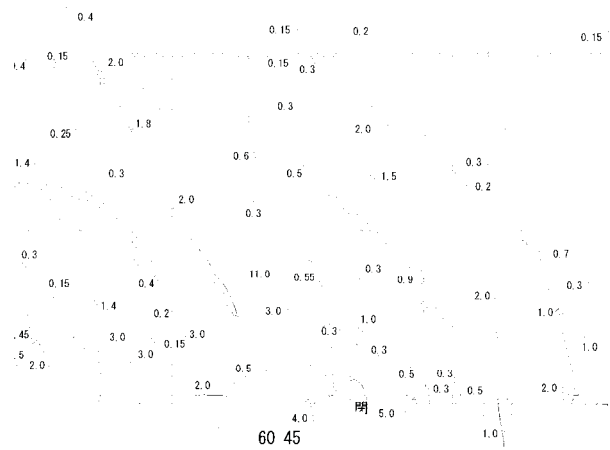


図-3.18 地すべりによる変状展開図の例



(5) 水圧・凍上圧による変状

水圧による変状は、図-3.19 に示すように覆工背面の地下水位が上昇することにより側壁に引張りひび割れを生じる。水圧によって生じるひび割れは、覆工表面からの漏水を伴うことが多く、局部的にひび割れが生じるというより、縦断方向に比較的長いひび割れが生じることが多い。写真-3.11 は NATM によって施工されたトンネルで水圧によるひび割れが発生した例である。一般に山岳工法により建設されたトンネルは排水構造となっているが、何らかの理由により排水能力を上回る地下水が覆工の背面に回り込んだものと考えられる。

図-3.20 (a) は側方に水圧に相当する荷重を作用させた場合に、支保パターンが DI の場合にひび割れが発生する箇所とその時点での脚部からの地下水位の高さ、また、図-3.20 (b) はひび割れ発生時の脚部からの地下水位を支保パターン毎に数値解析により求めたものである。これより、膨張性土圧の場合と同様にひび割れが側壁付近に発生することが分かる。また、支保パターンが CI となるような良好な地山の場合は地下水位が天端程度、支保パターンが DI や DII の場合は、トンネル高さの半分程度に達する時点でひび割れが生じており、比較的地下水位が低い場合でもひび割れが発生することがわかる。なお、凍上圧に関する変状は、特に寒冷地において覆工の背面の地山が凍結して外力として作用する場合に発生し易く、変状の形態は膨張性土圧や水圧が作用した場合と似ている。

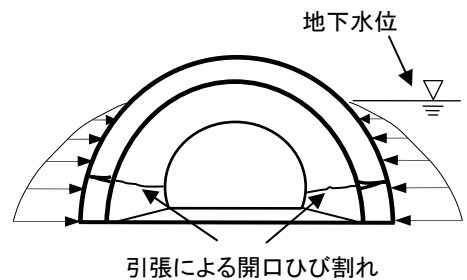
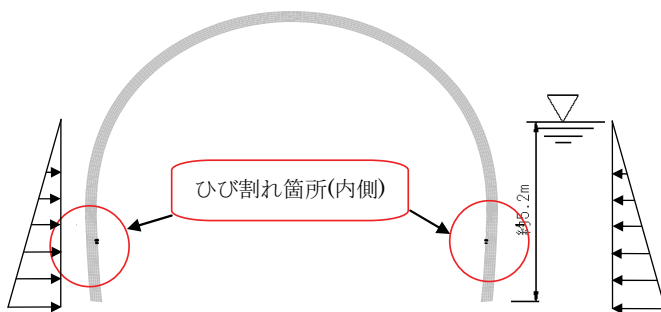


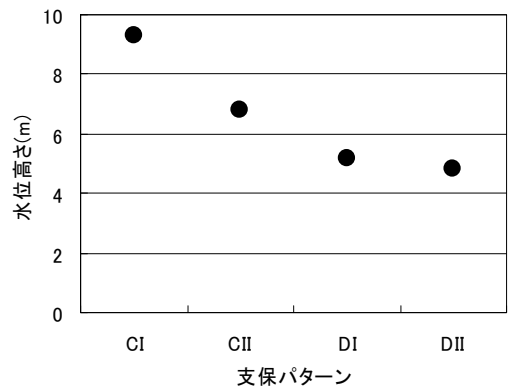
図-3.19 水圧が作用する場合の変状の例



写真-3.11 水圧によるひび割れ



(a) 地山等級 DI のイメージ



(b) ひび割れ発生時の地下水位

図-3.20 水圧によるひび割れの発生位置と水位

### (6) 支持力不足による変状

支持力不足は地山自体の経年劣化や湧水を伴っていた地山が湧水の影響などで脚部の支持力を失うことにより生じることが多い。

図-3.21 は支持力不足により発生する変状のイメージを示したものである。トンネルが縦断方向に不等沈下を生じる場合や、周辺地山が不均質なために左右の挙動が異なり、トンネルが回転するような形になることがある。前者の場合は輪切り方向のひび割れが生じ、後者の場合は斜め方向のひび割れを生じることが多い。

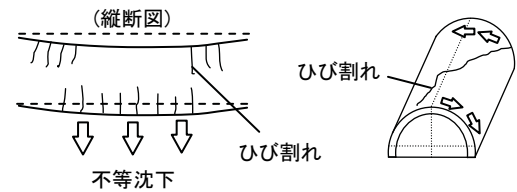


図-3.21 支持力不足によるひび割れのイメージ

### (7) 地震力による変状

写真-3.12 は地震によってトンネルに変状が発生した例である。地震によりトンネル周辺の地盤が横断方向に変形することにより発生する変状としては、(a)～(c)のように天端部や肩部において圧ざやせん断破壊が発生するケースが多い。また、逆巻きにより覆工コンクリートを打込んだ矢板工法によるトンネルでは(d)のように側壁コンクリートの水平打継ぎ目部にせん断破壊によるはく離を生じるケースがある。さらに、(e)のような盤ぶくれや地質の境界部においては(f)のようなせん断破壊を生じるケースがある。

一方、地震によりトンネル周辺地盤が軸方向に変形することにより発生する変状としては、(g)～(i)に見られるように横断方向のひび割れ、路面の開口ひび割れ、監査歩廊の隆起が発生するケースがある。



(a) 天端部のせん断破壊



(b) 天端部の圧ざ



(c) 斜め方向ひび割れ



(d) 水平打継目部のせん断破壊



(e) 盤ぶくれ



(f) 側壁部のせん断破壊

写真-3.12 地震力による変状の例(1)



(g) 横断方向のひび割れ



(h) 路面のひび割れ



(i) 監査歩廊の隆起

写真-3.12 地震力による変状の例(2)

### 3.5 材料や施工に起因する変状

外力が作用する場合以外でも、覆工コンクリートに変状が発生する場合があります、その多くは、材料や施工に起因すると考えることができる。また、材料や施工による影響に加え、トンネルの置かれている環境による影響を受ける場合があります、さらに、これらの原因が複合されている場合も多々存在している。

材料や施工に起因する変状の場合に表れる現象は、覆工コンクリートのひび割れ、うき・はく離、はく落の発生が多いが、豆板（ジャンカ）や断面欠損が表面に現れることもある。

このような変状の発生原因をまとめると、以下のように分類することができる。

#### 1) 温度応力(コンクリート硬化時など)・乾燥収縮(トンネル坑内の湿度の低下)

コンクリートの硬化温度の降下による温度収縮、トンネル坑内湿度の低下による乾燥収縮などによる収縮ひずみの発生に伴うひび割れがある。

#### 2) 施工方法

施工時のコンクリートの打込みや脱型に関係するひび割れが考えられ、以下のようなものがある。

①型枠据付け時の過度の押し上げ・型枠の早期脱型・打込み時の型枠の沈下

②コンクリート打込みの中断・不十分な締固め・長時間の練混ぜ・打込み不足・養生不良

#### 3) 使用材料

覆工コンクリートに使用している材料による影響でひび割れ等が発生する場合があります。

①使用材料の不適切な選定

②鉄筋の腐食

③アルカリ骨材反応

#### 4) 自然環境の誘発(時間経過といった不可避な事象も含む)

覆工コンクリートが置かれている自然環境によって生じる変状が挙げられる。

①凍害

②塩害

③漏水の凍結

④経年劣化

#### (1) 温度応力・乾燥収縮に起因する変状

コンクリートの硬化温度の降下あるいはトンネル坑内温度の降下による温度収縮や、トンネル坑内湿度の低下による乾燥収縮によって発生する収縮ひずみが外部拘束を受けることによって生じる引張応力によりひび割れが発生する場合があります。特に乾燥収縮によるひび割れは貫通により坑内に風が通った段階で発生することが多い。写真-3.13 に温度応力・乾燥収縮による



写真-3.13 温度応力・乾燥収縮によるひび割れ



ひび割れの例を示す。温度応力・乾燥収縮によるひび割れの形状や発生部位にはさまざまな形態のものがあるが、ある一定の傾向を示す場合が多く、一般にトンネル横断方向に輪切り状に発生する場合と、縦断方向に直線状に発生する場合が多い。

横断方向の輪切り状に発生するひび割れについては、図-3.22 に示すように、覆工コンクリートの横断目地間のスパンの中央付近に発生することが多い。その場合、全体的に輪切り状を呈する場合でも実際には側壁から上方のひび割れは消失していることもある。なお、温度応力・乾燥収縮によるひび割れが発生しても、そのひび割れが閉合してブロック化しなければ、トンネルの維持管理上、問題となることは少ない。

図-3.23 は、NATM により施工されたトンネルの覆工コンクリートの温度応力の再現とそれに起因するひび割れの発生に関する数値解析により得られた主応力のベクトル図を示したものである。各要素には引張が生じ、かつ、最大引張応力はトンネル縦断方向に発生し、実際のひび割れは主応力の方向に対して垂直に発生することから、トンネルの横断方向の輪切り状にひび割れが発生する可能性が高いことが分かる。この場合、インバートがあると拘束を受けやすくなり、ひび割れが発生しやすくなる。

しかし、温度応力・乾燥収縮のひび割れは横断方向だけではなく、縦断方向についても発生する場合がある。縦断方向のひび割れについては、ひび割れ幅についてはごく小さいヘアクラックと呼ばれる程度のひび割れから数 mm 程度のひび割れまでさまざまである。また、ひび割れは覆工背面まで貫通する場合が多い。この場合のひび割れについては、図-3.24 に示すように覆工コンクリートの側壁や天端に生じることが多いと考えられるが、横断方向のひび割れに比較すると、発生する場所に特徴的な傾向を示すことは少ないが、NATM と矢板工法といった工法の違いでひび割れの条数が異なる場合もある。図-3.25 は、数値解析によりトンネル断面の天端と側壁の位置における覆工打込み後の周方

横断方向の場合は輪切り状のひび割れで  
スパン中央に発生することが多い

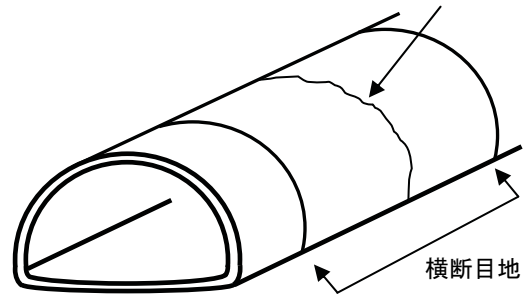


図-3.22 温度応力・乾燥収縮による横断方向のひび割れ

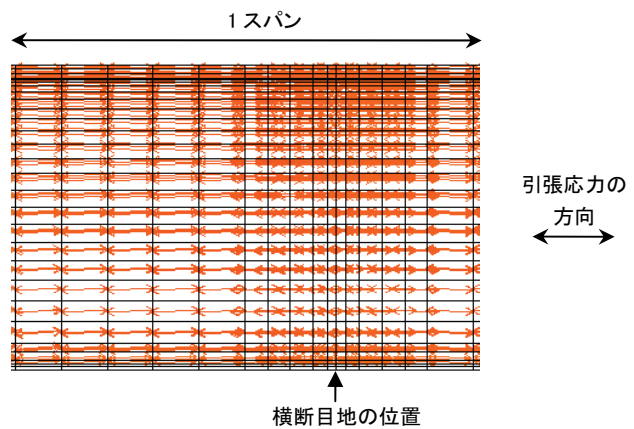


図-3.23 温度応力・乾燥収縮を模擬した場合の主応力図

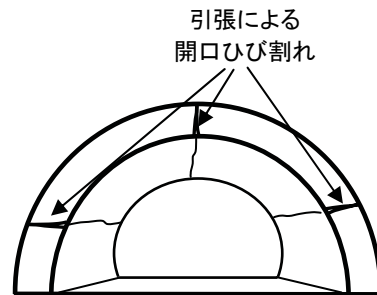


図-3.24 温度応力・乾燥収縮による縦断方向のひび割れ

向の「ひび割れ指数」を算定した結果を示したものである。ここで、ひび割れ指数とは、その値が低いほどひび割れが発生しやすいことを示す。図-3.25より、天端と側壁ではひび割れ指数についての差はあまり大きくなく、解析的には発生する場所の差は小さいことが分かる。また、覆工の置かれている外気温を考慮してひび割れ指数を算定してみたところ、打込み直後に加えて、冬季の温度低下による影響が大きくなる傾向が見られたことから、冬季にひび割れが発生しやすいことが分かる。

以上のように、解析によっても、温度応力・乾燥収縮によるひび割れは横断方向や縦断方向に発生し、また、その位置についても大まかな傾向が得られるが、実際には原因を明確に推定することは難しく、外力によって生じたひび割れと見分けがつかない場合もある。したがって、発生原因の推定にはひび割れの継続した調査が必要である。

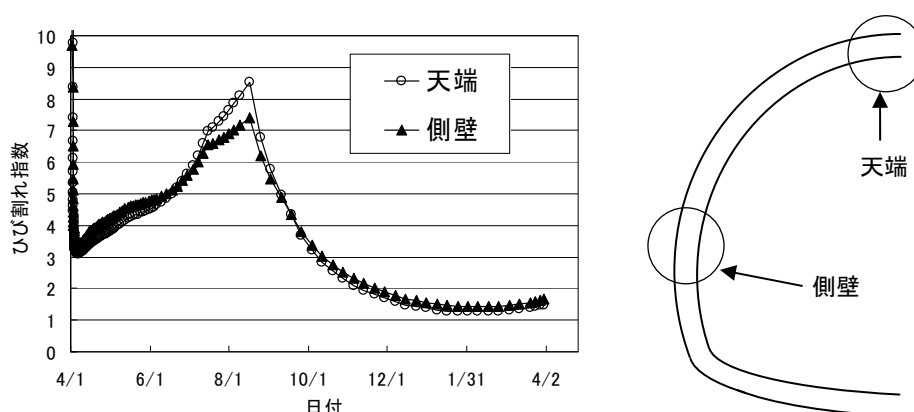


図-3.25 トンネル断面周方向のひび割れ指数

## (2) 施工方法に起因する変状

施工方法に起因して発生する変状の主なものは、大別して型枠に関するものとコンクリートの施工に関するものに大別できる。型枠に関しては、据付け時の過度の押し上げや早期脱型、沈下など、また、コンクリートの施工に関しては、打込みの中断、不十分な締固め、長時間の練混ぜ、打込み不足、養生不良などが挙げられる。施工方法による変状は施工後の比較的早い段階に発生するものが多く、また、変状が発生しても、構造物の安定性が直ちに失われる可能性は小さい。しかしながら、変状が生じ、それが緩やかであっても進行していく場合には、たとえば、ひび割れの閉合等により、覆工がブロック化して落下する場合があることから注意が必要である。

施工方法に起因する変状の原因には以下のようなものがある。

### ① 型枠据付け時の過度の押し上げ・型枠の早期脱型・打込み時の型枠の沈下

型枠の据え付け時や、型枠を脱型する際に何らかの力が作用したり、過度な変形が覆工コンクリートに生じることにより、ひび割れが発生することがある。また、脱型時期が早すぎて覆工コンクリートの自重によってコンクリート自体にひび割れが生じたり、打込み時に型枠が沈下を起こすことによって微小なひび割れが生じることがある。写真-3.14は天端部の横断目地付近で、セントルの型枠を据え付け時に過度に押し上げてしまうことによって大きな力が既設の覆工コンクリートに作用し、ひび割れが発生したものである。これは目地付近で三日月状や半月状になって現れる場合が多く、図-3.26のように



写真-3.14 型枠押し上げによるひび割れ

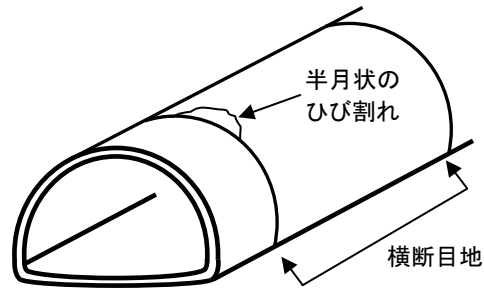


図-3.26 型枠押し上げによるひび割れの位置

目地部が自由端となっていることから、ひび割れが閉合してコンクリート塊(ブロック)となって落下する危険性があるため、点検等の際には打音異常やうき・はく離の有無、ひび割れの入射角などに注意する必要がある。また、ひび割れによって閉合される部分の大きさにも注意しなければならない。

② 打込みの中断

覆工コンクリートを打込む場合、不測の原因でコンクリートの打込みが中断されたときに前に打込んだコンクリートと後から打込んだコンクリートの間に「コールドジョイント」と呼ばれる不連続面が生じ、その面が顕在化してひび割れが発生する場合がある。コールドジョイントは打継ぎ部の不良であるため、発生する位置および方向は様々である。写真-3.15 は側壁に斜め方向に発生したひび割れの例であるが、これは図-3.27 に示すように、コールドジョイントは重力に対

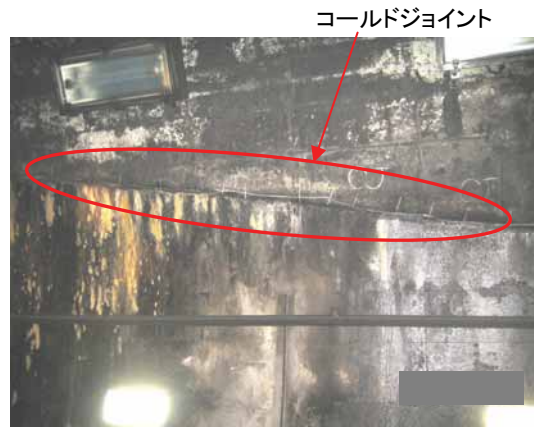


写真-3.15 コールドジョイントによるひび割れ

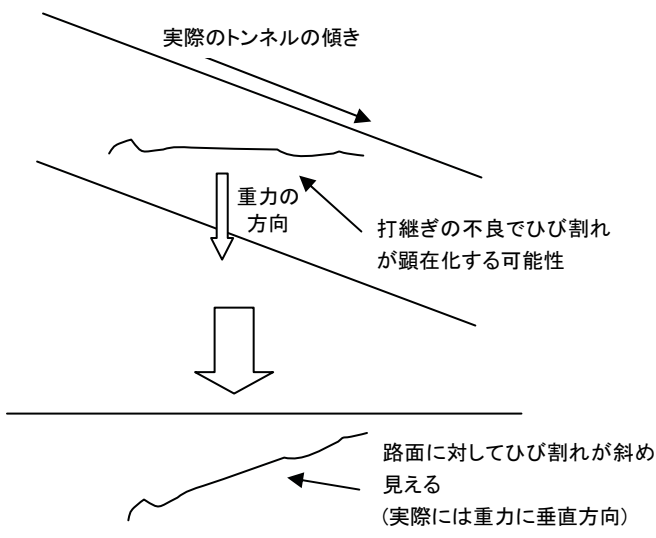


図-3.27 コールドジョイントによるひび割れの発生方向 (縦断方向: 斜めとなる場合)

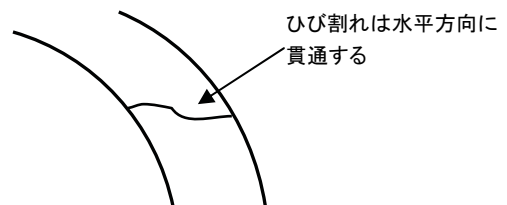


図-3.28 コールドジョイントによるひび割れの発生方向 (断面内)



しては垂直方向に発生するものの、トンネルが縦断方向に勾配を有しているため、路面に対して斜めに発生しているように見えることによる。また、コールドジョイントの場合は打込み時のコンクリートの流動や重力の影響を受けるため、**図-3.28**に示すように断面内で見た場合にはひび割れは放射状の方向、すなわちトンネルの中心から外側に向かった半径方向に発生するのではなく、ほぼ水平方向に発生し、貫通する場合が多い。

### ③養生不良など

上記以外の施工方法に関わる変状の発生原因としては、練り混ぜに関するものとして「混和剤の不均一な分散」、「長時間の練混ぜ」、締固めに関するものとして「不十分な締固め」、打ち込みに関するものとして「打ち込み不足」等が挙げられる。さらに、温度管理が不適切だったり、急激な乾燥を受けたりすることによる「養生不良」も変状を発生させる原因となる。**写真-3.16**は、締固め不足等によりコンクリートの一部にモルタルが充填されず、豆板（ジャンカ）を生じた例である。豆板自体でトンネル構造が不安定になることはないが、骨材が落下したりすることによる利用者被害が引き起こされる場合がある。また、**写真-3.17**は、コンクリートの打込み量が不足することにより断面欠損が生じた例である。



写真-3.16 豆板



写真-3.17 断面の欠損

## (3) 使用材料に起因する変状

主として使用材料の選定によるものや、後述する自然環境による要因と組み合わされて発生することが多い。

### ①使用材料の不適切な選定

セメントの異常凝結・異常膨張、骨材中の泥分といった使用材料の不適切な選定がひび割れの発生につながる場合がある。

### ②鉄筋の腐食

坑門や坑口のように覆工コンクリートに鉄筋が使用されている場合は、コンクリートの中性化や塩害により鉄筋が腐食し、それに伴う体積膨張によりひび割れが発生することがある。

### ③アルカリ骨材反応



写真-3.18 アルカリ骨材反応

発生事例は多くはないが、反応性の骨材やアルカリ性の溶液が存在する環境下、加えてそれらの反応を助長する水分がある条件が存在した場合、コンクリートにひび割れが生じる。写真-3.18 に示すようにひび割れの発生は亀甲状になるような形で不規則なものが多い。アルカリ骨材反応が進行するとひび割れの進展や、反応生成物のしみ出しを生じ、場合によっては部材のずれ等に至るため注意を要する。

#### (4) 自然環境の誘発に起因する変状

変状の中にはトンネルが置かれている自然環境によって誘発される場合がある。構造物の立地上、やむを得ない事象も含まれるが、立地の条件を加味して変状の原因を推定する必要がある場合もある。

##### ①凍害

凍害はコンクリート中の水分の凍結とそれに伴う体積膨張により発生するものと考えられ、コンクリートの表面部分の円錐状のはく離（ポップアウト）、薄片状のはく離（スケーリング）などが生じる。変状の程度は、温度、水分の供給、施工時のコンクリート品質（空気量、気泡径分布、骨材の品質など）による影響を受けると考えられている。

##### ②塩害

塩害は、大気中に存在する塩分の飛来や塩分を含む漏水による場合などが考えられる。コンクリート内への塩分の浸透により、鉄筋が腐食し、それに伴う体積膨張によりコンクリートにひび割れが生じることがある。

##### ③漏水の凍結

地山だけではなく、覆工においてひび割れ沿いの漏水が凍結と融解を繰り返すことによりひび割れが進行し、覆工にひび割れ等が生じる場合がある。写真-3.19 は漏水が発生している部分で凍結と融解が繰り返し生じ、覆工コンクリート全体が劣化し、はく離している例である。漏水と坑内温度の状況にもよるが、ひび割れには進行性が見られる。

##### ④経年劣化

覆工コンクリートの表層の経年劣化は主としてコンクリートの中性化(炭酸化)と風化・老化(成分の溶脱)が挙げられる。中性化は、コンクリート中のセメント水和物である水酸化カルシウムが大気中の二酸化炭素と反応してアルカリ性を失い、中性となることによって発生する。トンネルの覆工コンクリートは坑口部などを除けば一般部は無筋コンクリートであることから中性化により直ちに重大な問題に至る例は少ないと考えられる。また、風化・老化は乾湿の繰り返しや施工不良により生じた微細



写真-3.19 凍結と融解による覆工のはく離



写真-3.20 風化・老化が進行した覆工の例

なひび割れから水が浸透し、水酸化カルシウムなどのセメント水和物が溶出することにより組織が空疎化し、写真-3.20 に示すように脆弱化する現象であり、特に漏水があるトンネルでは促進されやすい傾向にある。その他、非常に希ではあるが、通行車両の排気ガスや煤煙に含まれる  $\text{NO}_x$  や  $\text{SO}_x$  が結露や漏水などの水分と反応することによる酸劣化、酸性水が浸透することにより生じる酸劣化および硫酸塩劣化が生じる場合がある。

現実にはこれらの原因を厳密に切り分けることは困難なことが多いが、一般的な傾向としては、ひび割れは施工時にコンクリートの充填や締固めが不十分で、品質が劣る部分に生じやすく、時間の経過とともに顕在化してくる事例が多い。写真-3.21 は経年劣化により横断目地部でひび割れが顕在化して欠けを生じた例であるが、図-3.29(a)のような構造の場合は目地部の欠けを生じにくく、図-3.29(b)のような場合は欠けが生じやすいため、点検時にはこのような目地部の構造にも着目すると良い。

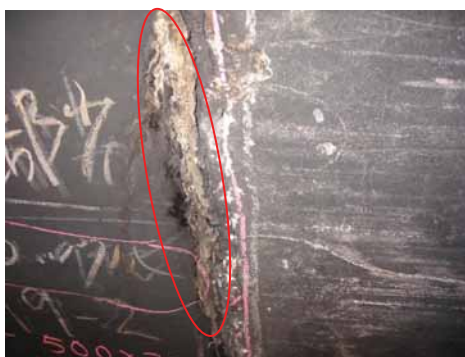


写真-3.21 横断目地部での欠け

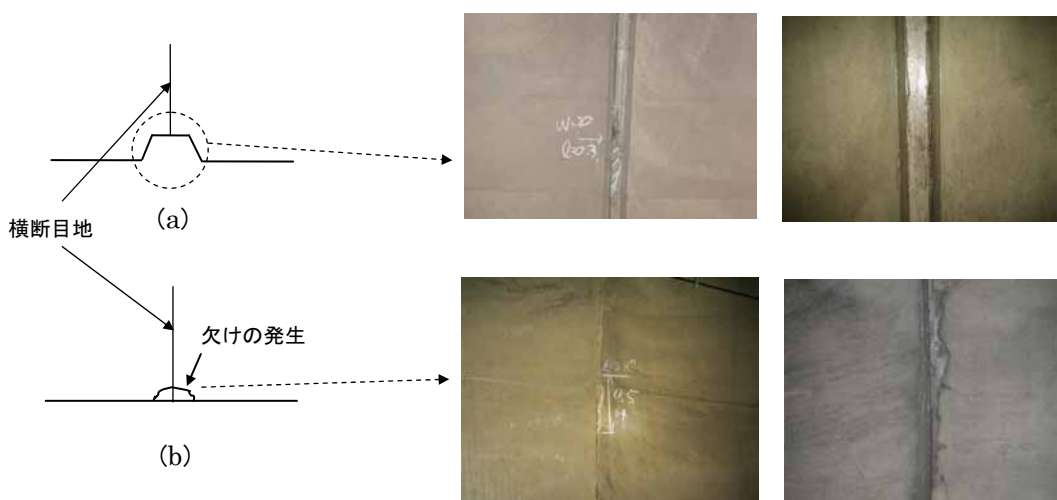


図-3.29 横断目地部の状況

## 3.6 変状の発生原因の推定

### 3.6.1 ひび割れの特徴と発生原因

#### (1) ひび割れの特徴の傾向

覆工コンクリートに現れる変状の多くは、覆工コンクリートのひび割れ、うき・はく離、はく落の発生である。変状に対する対策を検討する場合は、変状の状態からその原因を推定する必要があるが、対象とするひび割れが外力の作用によって生じたものか、材料や施工に起因して生じたものかを推定することが重要となる。その理由として、外力が作用していると推定される場合は、放置しておくこととトンネルの崩壊に至ることもあるため、はく落および漏水の防止対策だけではなく、構造物の安定性を確保するための外力対策が必要になるが、温度応力・乾燥収縮、施工方法、使用材料および自然環境といった原因から変状が発生していると推定できる場合は、はく落および漏水の防止対策のみを対象に検討すれば良いからである。とくに以下に示すような特徴を有している場合は、変状の原因として外力が作用している可能性が高い。

- ① ひび割れの形態として、せん断ひび割れである、あるいは曲げ圧縮破壊（圧ざ）をともなっている。なお、これらのひび割れは相当大きな外力が作用した場合に生じる。
- ② ひび割れの発生位置として、横断目地・水平打継ぎ目をまたいでひび割れが連続している。また、覆工コンクリートの施工時期が個々に異なるにもかかわらず、連続してひび割れが発生している。
- ③ ひび割れの発生する方向として、卓越する方向性を持った連続するひび割れがあり（並行して複数のひび割れが発生する場合もある）、場合によってはその近傍で覆工の変形を示す兆候（横断目地の段差・目地幅の拡大、水平打継ぎ目の段差・ひび割れ等）が確認される。
- ④ 路面・路肩の隆起（盤ぶくれ）、側溝や監査歩廊の縁石にゆがみやせり出しが発生している。

#### (2) ひび割れの特徴の把握

トンネルに発生する変状の発生原因は様々なものが想定されるため、点検による観察結果だけで原因が推定できるものと、点検に加えて詳細な調査を行っても推定できないものがある。しかし、変状の種類と発生原因とはある一定の関係があることから、観察された変状に対して、その外見と既存の資料からの情報に基づいて分類しておき、必要に応じて追加の調査を行えば、発生原因をある程度まで推定できる可能性が高い。そのため、顕著なひび割れが発生してから調査を開始するだけではなく、施工時のデータも整理し、予め蓄積しておくことよい。

ひび割れの特徴を把握する方法は、通常はひび割れを目視し、長さ、開口幅等の計測や打音検査等により表-3.3に示す項目を確認し、さらに、得られた情報を用いて変状展開図等を作成する。とくに整理すべき情報として、ひび割れの特徴（形態・発生位置・方向等）の細分化、段差の有無等がある。また、ひび割れが発生している場合については、漏水等の付随する情報を付記する必要がある。しかしながら、机上において変状展開図を用いて対策等を検討する場合、ひび割れの本数や記述方法によっては、情報量が多く、適切な判断の妨げになることもあることから、現地確認の段階から情報のとりまとめの方法に留意すべきである。

表-3.3 現地確認時の確認項目

確認項目	内容	目的
ひび割れ等の変状の規模	面積 形状	対策規模の確定
ひび割れ等の変状の箇所	距離程 スパン番号 路面からの高さ 横断目地・水平打継ぎ目からの離隔 照明設備等からの離隔 等	対策工の配置計画
ひび割れ等の変状の状態	ひび割れの特徴 ① 形態（曲げ圧縮・せん断・引張） ② 発生位置（天端・肩・側壁・路面） ・発生方向（縦断・斜め・横断・その他） ③ 進行性 ④ 貫通の程度 ⑤ 断面内の方向（半径方向・水平方向） 圧ざやせん断破壊の有無 横断目地の段差・目地幅の拡大 水平打継ぎ目の段差・ひび割れの有無 材質の劣化の有無 等	発生原因の推定
漏水の状態	漏水（跡）の有無 漏水量 漏水の濁り・土砂流出の有無 つらら・側氷・氷盤の有無 等	発生原因の推定 対策工の配置計画
変状箇所周辺の覆工の状態	周辺での他の変状の有無 材質の劣化状態 覆工の品質・巻厚の状態（打音検査による確認） 等	支持材の固定条件 確認
既設補修・補強材の変状の有無	ひび割れ，うき・はく離，変形，浮き上がり， 破断，漏水の有無 等	発生原因の推定 対策工の配置計画
対策工施工時の支障物の有無	換気施設 照明等のケーブル 内装板 等	対策工の配置計画 施工条件の確認

### (3) ひび割れの特徴からの推定

#### 1) ひび割れの形態

覆工に発生するひび割れの形態は，力学的な発生メカニズムからは曲げ圧縮・引張・せん断によるひび割れに分類され，曲げ圧縮のひび割れが進展すると曲げ圧縮破壊（圧ざ）が生じる。外見は引張によるひび割れは開口，圧縮・せん断によるひび割れは密着しているが，ひび割れ部分で段差を生じる場合もある。

このうち，せん断ひび割れや曲げ圧縮ひび割れは外力の作用により発生する。一方，引張によるひび割れは，外力の作用の他，温度応力・乾燥収縮等によっても発生する。また，コールドジョイントによ



っても開口ひび割れが生じたり、段差が生じているように観察される場合もある。

写真-3.22 は肩部に生じた曲げ引張によるものと考えられる開口ひび割れの例である。また、写真-3.23 は天端に発生した圧ざ、写真-3.24 は側壁に発生したせん断破壊の例である。

なお、ひび割れの形態から発生原因を推定する場合、ある断面で疑わしい形態のひび割れが発見された場合は、コンクリートの圧縮に伴ううきが内面に見られないかどうか、その周辺部も含めて調査を行う必要がある。

## 2) ひび割れの発生位置・発生方向

ひび割れ等の変状の発生位置は図-3.30 に示すように大別して「天端」、「肩」、「側壁」、「路面」の4種の部位に分類することができる。

発生位置の分類だけから、外力によるひび割れか、材料や施工に起因するひび割れのどちらかを分類することは困難である場合が多い。しかし、側溝や監査歩廊の縁石といった、トンネル本体に付属している構造物にせり出しやゆがみが生じている場合は、外力が作用しているものと考えられる。また、盤ぶくれによる変状も外力の作用によるものであり、その発生メカニズムとして底盤の地山が下方から隆起する場合と側方からの土圧により底盤が押し上げられる場合があり、とくにインバートがある場合は側方からの土圧によりインバートが破壊し、インバートが持ち上がる場合がある。

また、ひび割れは1本だけではなく多数発生している場合も多く、複数のひび割れがほぼ平行に発生している場合や方向が一意に認められない場合がある。その場合はひび割れ幅が大きいひび割れや段差を伴っているような顕著なひび割れ等に着目して検討するのがよい。

ひび割れの発生方向としては以下に示すものが挙げられる。

### ① 縦断方向のひび割れ

図-3.31 は縦断方向に発生したひび割れの代表的なパターンを示したものである。縦断方向に発生するひび割れは、変状原因としては、緩み土圧、偏土圧、膨張性土圧、水圧・凍上圧、地すべりといった外力に起因する場合や、温度応力・乾燥収縮、コールドジョイントといった材料や施工に起因する場合があり、多くの変状の原因が想定されることから、縦断方向のひび割れについては、即座に変状原因の推定ができるケースは少ない。



写真-3.22 肩部の開口ひび割れの事例



写真-3.23 天端の圧ざの事例



写真-3.24 せん断破壊の事例

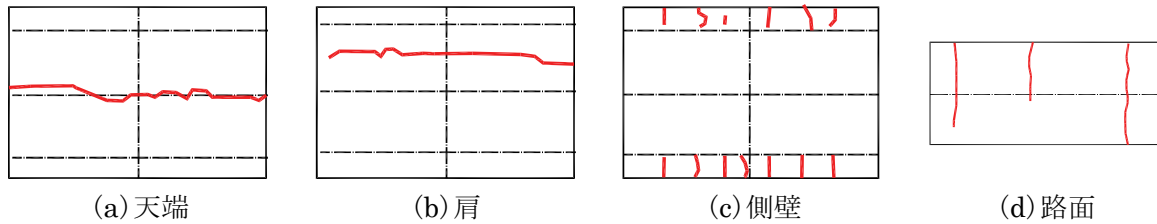


図-3.30 ひび割れの発生位置の例

とくに縦断方向のうち天端に発生する引張ひび割れは、外力の作用によるものか、温度応力・乾燥収縮によるものかの区別がつきにくい。その場合、隣接するスパンのひび割れの発生状況を見て総合的に考慮する必要がある。たとえば、スパンで途切れるひび割れについては、温度応力・乾燥収縮、コールドジョイントといった材料や施工に起因する変状が原因である場合が多い。また、肩部付近に片側だけ顕著にひび割れが発生した場合は、偏土圧の可能性が考えられる。

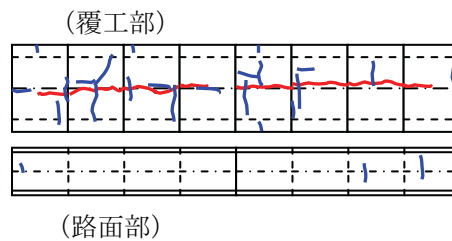


図-3.31 縦断方向のひび割れの例

## ② 斜め方向のひび割れ

図-3.32 は斜め方向に発生したひび割れの代表的なパターンを示したものである。斜め方向のひび割れは支持力不足や地すべりが原因で発生することが多く、とくに、ある幅をもって複数のひび割れが発生した場合は、地すべりの可能性がある。また、斜め方向に限らず、水平・横断方向といったように1つの方向に集中せずに多様なひび割れが発生している場合も地すべりの可能性がある。支持力が不足してトンネルが沈下することにより斜め方向にひび割れを生じる場合は、施工時に脚部沈下が卓越していたり、湧水を多く生じていたといった記録が手がかりとなる場合もある。

なお、ひび割れが覆工から路面まで連続しない場合や横断目地や水平打継ぎ目（矢板工法の場合）で途切れる場合は、外力の作用というよりは温度応力・乾燥収縮が変状原因となっている可能性が高いため、隣接したスパンで同様のひび割れが発生していないか、また、ひび割れが発生している反対側の側壁等で変状が現れていないかを調査するとよい。温度応力・乾燥収縮が変状原因の場合は、隣接したスパンで同様の傾向を示すひび割れが見られることが多い。

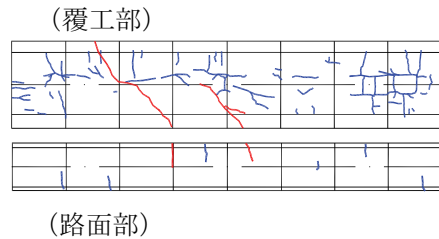


図-3.32 斜め方向のひび割れの例

### ③ 横断方向のひび割れ

図-3.33 は横断方向に発生したひび割れの代表的なパターンを示したものである。横断方向のひび割れは、地すべり、支持力不足、温度応力・乾燥収縮等が変状原因と考えられる。斜め方向のひび割れの場合と同様に覆工から路面までは連続しないひび割れ、水平打継ぎ目（矢板工法の場合）で途切れるひび割れ、数スパンにわたって規則的にスパンの中央部に発生する横断方向のひび割れは温度応力・乾燥収縮の可能性が高い。このようなひび割れはインバートが設置されている場合に見られることも多いことから、横断ひび割れが顕著に表れているスパンに対しては、施工時の記録と照合するのがよい。

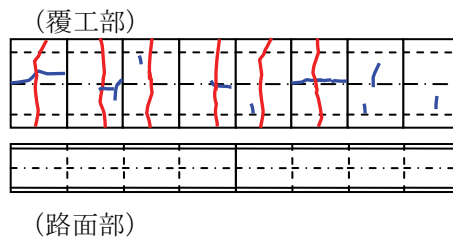


図-3.33 横断方向のひび割れの例

### ④ その他のひび割れ

図-3.34 は不規則なひび割れの代表的なパターンを示したものである。亀甲状に密集したひび割れは、寒冷地で漏水がある場合は凍害が考えられる。また、トンネル全体にわたって隣接スパンや側壁、路面への連続性のない状態で、幅が非常に小さいひび割れが密集して亀甲状に見える場合は、温度応力・乾燥収縮、使用材料や施工方法によっても発生することがあるため、各トンネルの環境条件を考慮に入れて判断する必要がある。さらに、支持力不足や地すべり等によって生じる場合もあり、まれではあるが、アルカリ骨材反応が原因となる場合も亀甲状に発生することが多い。

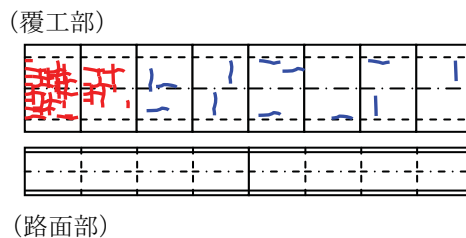


図-3.34 不規則なひび割れの例



放射状や同心円状に見られるひび割れについては、緩み荷重等に挙げられる外力がその付近に集中的に作用した場合に見られ、突発性崩壊と呼ばれるような押し抜きせん断破壊に至る場合もあるが、後述するひび割れの進行性や他の情報を含めて判断するのが良い。

方形状または直線状に見られるひび割れについては、塩害や中性化による鉄筋腐食が原因である場合が多いが、上記同様、環境条件を踏まえたうえでの推定が必要になる。

目地部において半月状、三日月状のひび割れを呈している場合は、型枠の過度な押し上げによる場合が多く、その付近で打音異常が見られ、コンクリートが浮いている兆候を示す場合はブロック化と呼ばれる大きな塊としてのはく落にとくに留意する必要がある。

### 3) ひび割れの進行性

トンネルに発生する主な変状は、これまで述べてきたように外力の作用による場合と材料や施工に起因する場合に大別され、ひび割れ、うき・はく離、漏水等の現象が生じる。いずれの場合においても、変状の進行をある程度把握することにより原因の推定が可能になる場合が多い。変状の進行を判断する場合には、ひび割れの進行を考えるのが最も効果的であり、その場合、「ひび割れ幅」、「ひび割れ長さ」、そして覆工コンクリートの打込み単位であるスパン毎に「ひび割れ長さ」の総延長をスパンの表面積で除した「ひび割れ密度」等を計測したり、算定することが多い。

図-3.35 は「ひび割れ幅」の計測結果のうち、季節的な変動を表したものである<sup>5)</sup>。ひび割れ幅はトンネル内の温度変化により数 mm の単位で季節的に変動することから、ひび割れの進行性の有無を判断するためには温度との相関を把握する必要がある。

図-3.36 および図-3.37 は、温度応力・乾燥収縮に起因する推定されたひび割れの密度と供用後の経過年の関係を NATM および矢板工法によって施工されたトンネルそれぞれについて示したものである<sup>6)</sup>。NATM の場合は完成後 5 年程度でひび割れ密度が一定値または微増に留まる傾向にあり、矢板工法の場合は建設後 10 年以上経過したトンネルのデータしかないが、大半のトンネルでひび割れ密度の増加は認められないことがわかる。また、温度応力・乾燥収縮によるひび割れは、覆工コンクリートの打込み後 6 ヶ月程度からひび割れが発生し、新たな発生は打込み後 20 ヶ月程度までであった例も報告されている。以上のことから、温度応力・乾燥収縮に起因するひび割れは、建設後 5 年程度経過していればその進行はほとんど収まると言ってよい。

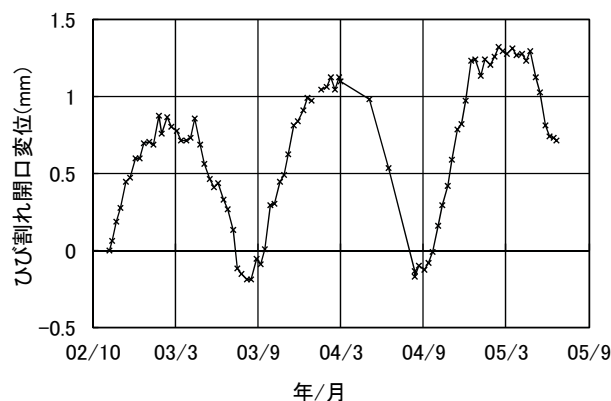


図-3.35 ひび割れ幅の季節的変動<sup>5)</sup>

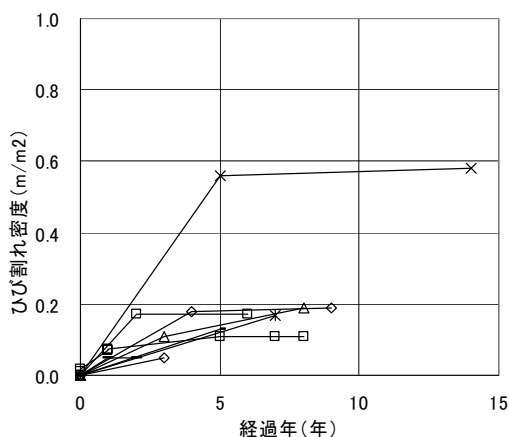


図-3.36 温度応力・乾燥収縮に起因すると考えられるひび割れ密度と経年変化(NATM) ⑥

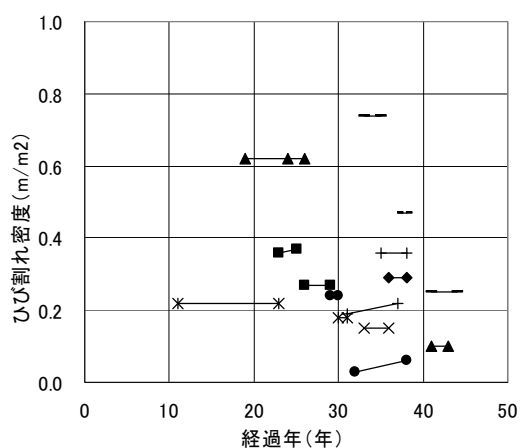


図-3.37 温度応力・乾燥収縮に起因すると考えられるひび割れ密度と経年変化(矢板工法) ⑥

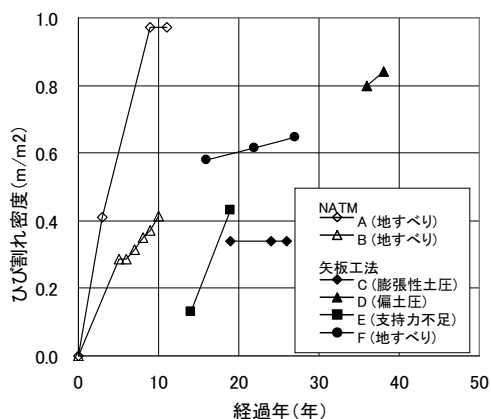


図-3.38 外力に起因すると考えられるひび割れ密度の経年変化 ⑥

一方、図-3.38 は外力に起因すると推定されたトンネルのひび割れ密度と供用後の経過年の関係である。C トンネル以外の 5 トンネルでは、経過年数が 10 年以上であるにもかかわらずひび割れ密度が増加している。また、地すべりが原因でひび割れが発生している B トンネルについては、10 年間近い長期間にわたってひび割れ密度の増加が続いている。このように、外力性のひび割れに関しては、ひび割れの進展が比較的長期間に渡って続くことが多く、長期間経過してもひび割れ密度の増加が続く場合がある。また、同じ地すべりが原因の A トンネルと F トンネルでも、A トンネルでは経過年が 10 年程度以降でひび割れ密度の増加があまり見られなくなったのに対して、F トンネルでは 20 年程度経過しても単調な増加が続いているなど、全く異なる傾向を示している。したがって、ひび割れが発生した場合は他の事例を参考にしながらも、トンネル毎にその経時変化が分かる形での点検や調査を行い、各種の対策等の判断を行うのが望ましい。

#### 4) 貫通の程度

前述したように、引張ひび割れの場合は温度応力・乾燥収縮によるものか、外力によるものかの判断がつかない場合が多いが、ひび割れの貫通の程度が変状の発生原因の推測の判断材料になることがある。

覆工を模擬した供試体に荷重を作用させた実験<sup>3)</sup>では、曲げモーメントと軸力による外力が作用している場合のひび割れの特徴としては、片側の面が圧縮の状態であれば、反対側の面は引張の状態になっており、圧縮側ではひび割れはほぼ閉じている。一方、棒状のコンクリート供試体を用いた実験によれば、供試体に温度応力・乾燥収縮による引張ひび割れが発生した場合には、輪切り状の開口したひび割れが供試体を貫通する形で発生することが報告されている<sup>5)</sup>。

以上のように、ひび割れの貫通の程度により、ある程度原因を推定できる場合があり、開口したひび割れが貫通している場合は、温度応力・乾燥収縮によるひび割れである場合が多い。

#### 5) 断面内のひび割れの方向

断面内のひび割れの方向が分かれば、それによって変状の発生原因の推測に役立つ場合がある。図-3.39に示すように覆工コンクリートに対して放射状の方向、すなわちトンネルの中心から外側に向かった半径方向に発生しているか、ほぼ水平方向に発生しているかによって、発生原因の推測の判断材料になる。コールドジョイントの場合はひび割れが水平方向に発生するケースが多く、温度応力・乾燥収縮、または外力によるひび割れは一般に半径方向に発生する。ただし、ひび割れの発生位置によっては、水平方向と半径方向が重なる場合もあることから、ひび割れの方向だけでその原因を完全に推定できるわけではないことに留意する必要がある。

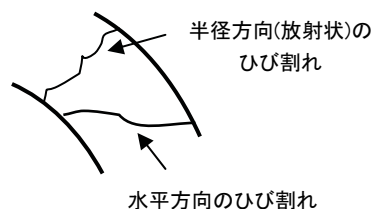


図-3.39 断面内のひび割れの方向の例

### 3.6.2 外力の作用が疑われる条件

前節では点検や調査を通じて得られたひび割れの特徴から推定できる変状の発生原因について解説を加えた。しかし、ひび割れの特徴以外にもトンネルが建設された条件の中には、変状の発生と密接に関係するものもあり、変状の発生原因、とくに外力の作用によるものかを推定するための手がかりとなる場合がある。本節ではその着目点について解説する。

#### (1) トンネルの施工法 ～NATM か矢板工法か～

3.1 で示したように、我が国の山岳工法によって建設された道路トンネルのほとんどが、**図-3.40** に示す NATM または矢板工法で施工されている。

NATM による施工の場合、鋼アーチ支保工、吹付けコンクリート、ロックボルトといった支保工が地山の安定化を図っているため、後荷の懸念があるごく少数の地山を除いて、外力の作用による変状の発生は矢板工法により施工された場合に比較して少なく、ひび割れの原因は温度応力・乾燥収縮等、材料や施工に起因するケースが多い。しかし、事例としては少ないものの外力の作用により変状が発生することもあり、その場合は、膨張性土圧や地すべり、支持力不足、水圧の作用によるケースが多い。とくに水圧が作用する場合は吹付けコンクリート等の一次支保には水圧は作用せず、覆工コンクリートに直接作用することから、側壁付近には比較的容易に縦断方向のひび割れが発生する。一方、矢板工法の場合は、覆工に直接荷重が作用するため、NATM のトンネルに比べて外力の作用による変状が発生しやすい。

NATM か矢板工法かの判断ができない場合は、トンネルの建設年度が明らかになっていれば分かる場合が多く、我が国においては昭和 50 年代の後半より NATM が導入されたため、それより以前は矢板工法によるものが多い。また、覆工コンクリートの打込み方法に着目すると、矢板工法の場合は、逆巻きで覆工コンクリートを打込むケースが多く、逆巻きでコンクリートを打込んだ場合には、側壁コンクリートとアーチコンクリートの境界部に縦断方向の水平打継ぎ目が発生する。NATM による施工の場合は、側壁導坑先進工法を採用して側壁コンクリートが覆工の一部となる構造の場合を除けば、全断面でコンクリートを打込むのが一般的であるため、縦断方向の水平打継ぎ目は発生しない。以上のように建設年度が不明の場合でも水平打継ぎ目の存在に着目することによって工法を判断できることが多い。

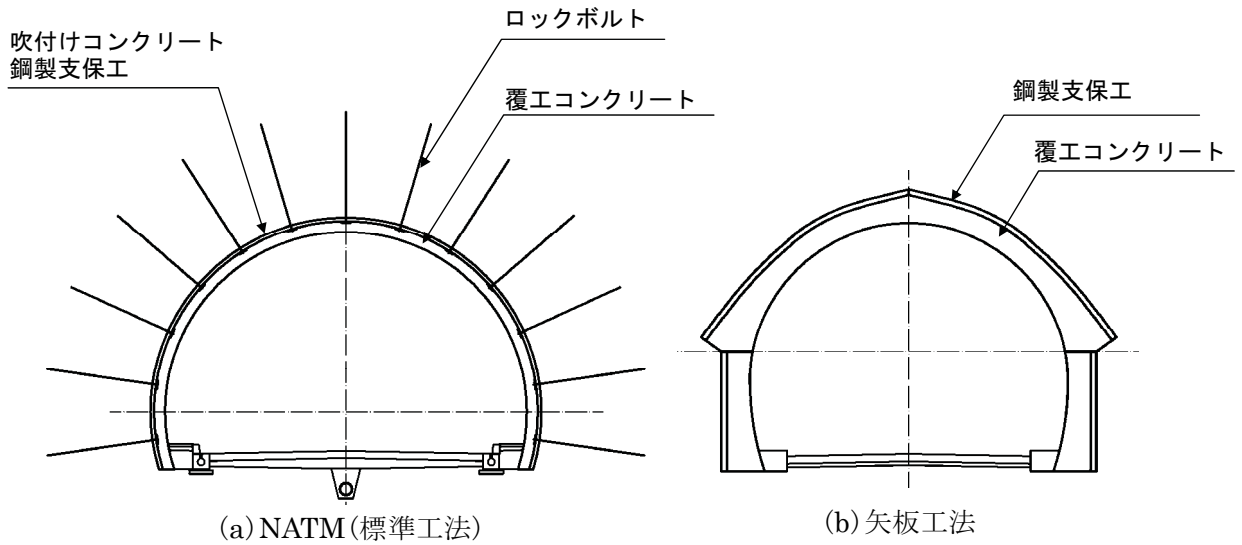
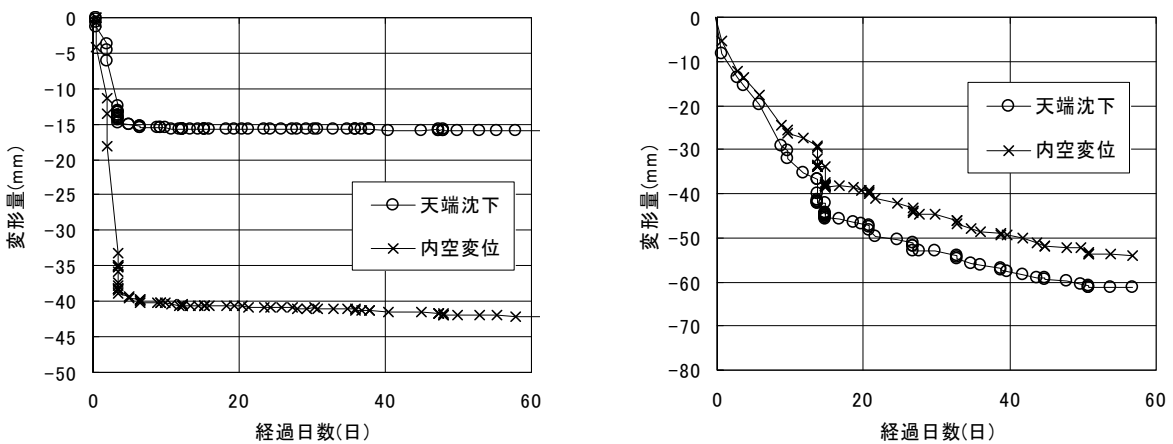


図-3.40 施工法による部材の構成

(2) 施工時のトンネル挙動

NATM による施工の場合、覆工コンクリートは支保工の内面に打込むことによって構築されており、覆工コンクリートの打込みは、掘削に伴う変位が収束してから、すなわち、支保工によって地山の安定化が図られてから行うことになっている。しかし、切羽が変位の計測地点から相当離れているにもかかわらず、変位の収束が非常に遅い場合、あるいは切羽が止まっているにもかかわらず変位が進行する、いわゆる変位に時間依存性が見られる場合は、覆工コンクリート打ち込み後も地山が変形していることがあり、その場合は覆工に外力が作用することになる。たとえば、図-3.41 (a) のように変位の収束が速い場合は覆工に外力が作用する可能性は小さいが、図-3.41 (b) のように変位の収束が遅い場合は覆工に外力が作用している場合がある。

また、支保工の変形量が一般的な範囲に収まっているか、支保工の変形モード、すなわち内空変位と天端沈下の比率に着目することによって、側方等から膨張性土圧が作用しているのか、天端から緩み荷



(a) 変位の収束が速い例

(b) 変位の収束が遅い例

図-3.41 施工時における天端沈下と内空変位の経時変化の例

重が作用しているかなどの判断材料となる場合もある。図-3.42 は道路トンネル（2 車線）の支保パターンごとの施工時の計測変位の実績である<sup>7)</sup>。変状が発生している箇所近辺の施工時の計測変位が図に示された変位を大幅に超えている場合は、支保工には耐力を超える土圧が作用し、覆工への外力の作用が疑われる場合がある。なお、施工時の変位の収束が速く、変位量が小さかった場合でも、地質状態が悪い場合は、トンネル完成後の水みちの変化等によって地山が劣化し、土圧が作用する場合もあることから地質の種類にも留意する必要がある。

### (3) トンネル周辺地山の地形、地質、土被り

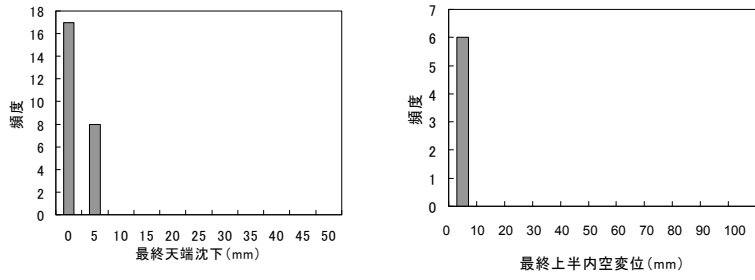
(2)にも関連するが、泥岩、蛇紋岩、黒色片岩等は、膨張性土圧が作用する 경우가多く、変状が発生しやすい地質と言える。また、トンネルが偏圧地形や地すべり地帯に位置する場合にも外力の作用が疑われる。さらに、沢部の直下や大量湧水箇所等では予期せぬ水圧が作用することもある。大土被り、断層・破碎帯等、施工が容易ではなかった区間においても外力に起因する変状が発生する可能性が高く、底盤の地山の強度が小さい場合は支持力不足が疑われる。

### (4) トンネルの形状、大きさ、構造、強度

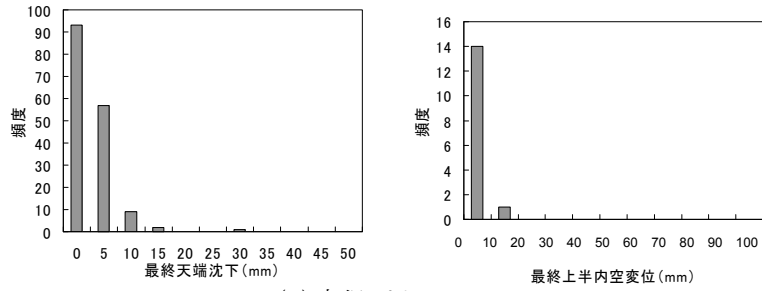
トンネルにはさまざまな形状があり、幅・高さ等の大きさも異なる。また、トンネルの構造も NATM で施工された場合は支保工の厚さや長さ、覆工の厚さ、矢板工法で施工された場合は覆工の厚さ等は千差万別である。さらにはそれぞれの構造部材の強度についても異なる。

トンネルの形状に関しては、側壁コンクリートの形状が直立に近い場合は、側方から土圧が作用した場合にひび割れが発生しやすくなる。

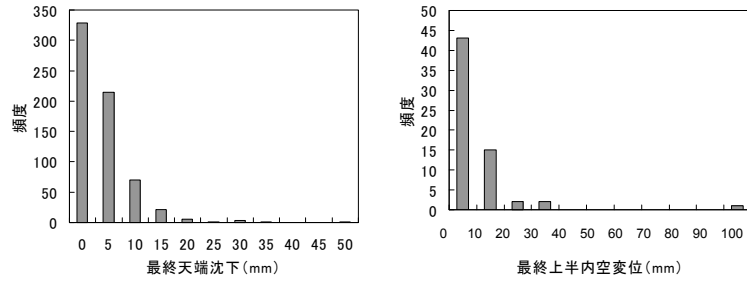
トンネルの大きさに関しては、断面が大きいほど、縦断方向の 1 スパン長が長いほど、温度応力・乾燥収縮によるひび割れが発生しやすい。



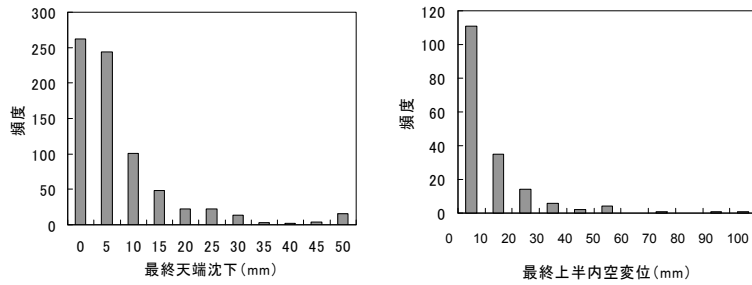
(a) 支保パターン B



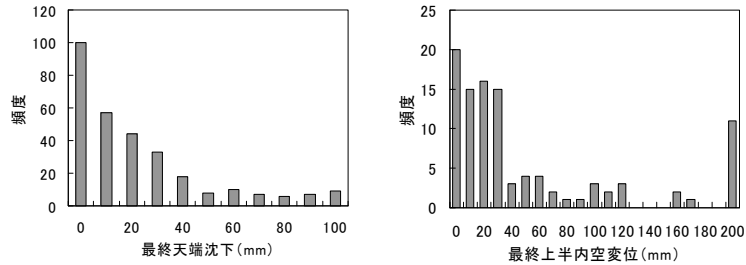
(b) 支保パターン CI



(c) 支保パターン CII



(d) 支保パターン DI



(e) 支保パターン DII

図-3.42 施工時計測変位の実績 7)

トンネルの構造については、支保構造によってひび割れが発生しやすい場合と発生しにくい場合に分けられる場合があるため、支保構造が同定できることが望ましい。図-3.43のようにインバートが設置されている場合は、土圧の作用に対して抵抗しやすくなるが、インバートの形状が比較的平坦な場合は土圧の作用によりインバート自体が破壊することもある。また、インバートが設置されている場合は、トンネルの縦断方向に対する拘束も大きくなるため、スパン中央部には温度応力・乾燥収縮による横断方向のひび割れが発生しやすくなる。

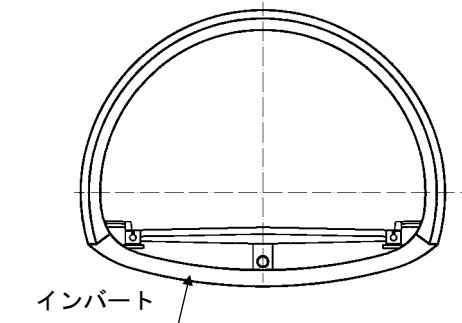


図-3.43 インバートの有無

図-3.44のように、覆工の背面における空洞は矢板工法によって施工された場合に多く見られるが、空洞がある場合は地山からの反力が期待できないため、外力の作用によるひび割れが発生しやすい。

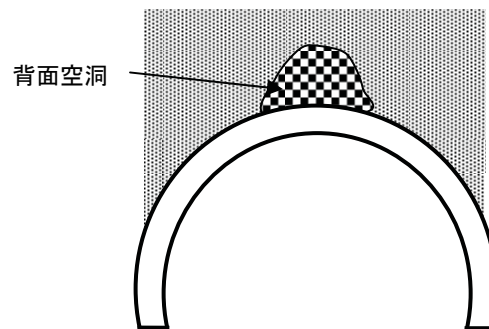


図-3.44 背面空洞の有無

さらに、覆工コンクリートの強度が小さい場合や覆工厚が薄い場合も外力の作用による変状が発生しやすく、とくに覆工厚が薄い場合は、

局所的な緩み荷重の作用により放射状のひび割れが発生することがある。なお、偏土圧や地すべりにより変状が発生する場合、土圧が作用している箇所内空側に断面が押し出しているなど、トンネル形状の変形が明確に現れることもある。

### (5) 周辺構造物の有無

トンネルの挙動は周辺構造物によっても左右される。たとえば、図-3.45に示すように、トンネル周辺に構造物の基礎の施工や地表の改変が行われる場合や、先行トンネルの横に後行トンネルが掘削される場合には、その影響を受けていないか疑ってみる必要がある。

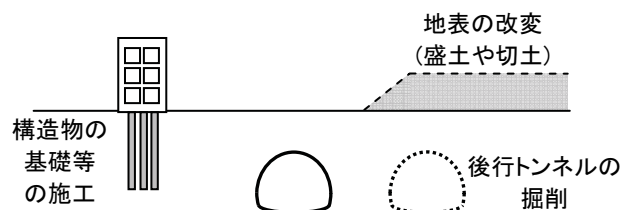


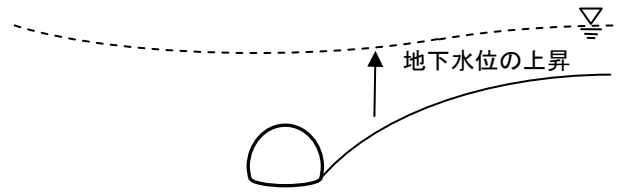
図-3.45 周辺構造物がトンネルに及ぼす影響

### (6) トンネル周辺の地下水の状態

矢板工法、NATMで施工されたトンネルの両者ともに、一般的には排水構造となるため、トンネル周辺の地下水はトンネル底盤まで下がってお



り、覆工に水圧が作用することは少ない。しかし、集中的な降雨や排水管の目詰まり等により排水工の排水能力を超える地下水がトンネルに集まった場合は、**図-3.46** に示すように一時的にトンネル覆工背面の地下水位が上昇し、覆工に水圧が作用することによって側壁に引張のひび割れが発生することがある。地下水の作用を確認するには覆工の背面に間隙水圧計を設置して、水圧を計測することが有効である。また、施工時の情報から実際に湧水が多い地山であったかどうかを確認することも参考になる。



**図-3.46** トンネルと地下水位の関係

#### (7) 周辺地山の挙動

地中変位計や孔内傾斜計の設置により、トンネル周辺地山が動いていることが判明した場合は外力が作用している可能性が高い。

### 3.6.3 チャート図を用いた変状原因の推定

これまで述べたように、覆工に発生したひび割れの特徴とひび割れの発生原因は密接に関係するため、これらに着目することにより変状が発生したトンネルの発生原因を推定することはある程度可能となる。図-3.47 に変状の発生原因の推定のおおまかな流れを記したが、とくに点検によって確認されたひび割れの情報の中から、ひび割れの方向、ひび割れの発生位置、ひび割れの形態の三つの特徴に着目することにより変状原因の絞り込みを行うことが可能となる。絞り込まれた変状原因に対しては、さらに方向、発生位置、形態以外のひび割れの特徴およびトンネルの条件といった原因の推定に有効と考えられるその他の情報を考慮して総合的に発生原因を推定することになる。

図-3.48～図-3.52 は、このような一連の作業が簡易に行えるようにチャート図として作成したものであり、変状が発生したトンネルの原因推定に活用できる。なお、規模の大きなせん断ひび割れや、路面・路肩の隆起、側溝や監査歩廊の変形は過大な外力によって生じる。このような場合については、ひび割れだけによって変状原因の推定の手がかりになるとは限らないが、詳細な調査や原因の究明が必要であることから、参考としてチャート図を示すが、適宜、専門家の判断を求めることが望ましい。また、地震力に伴う変状についてもチャート図には示していないが、大規模な地震が発生した場合にはトンネル周辺の地盤が横断方向に変形することにより発生する天端部や肩部における圧ざやせん断破壊、トンネル周辺の地盤が軸方向に変形することにより発生する横断方向のひび割れ、路面の開口ひび割れ、監査歩廊の隆起等が発生していないか点検を行う必要がある。

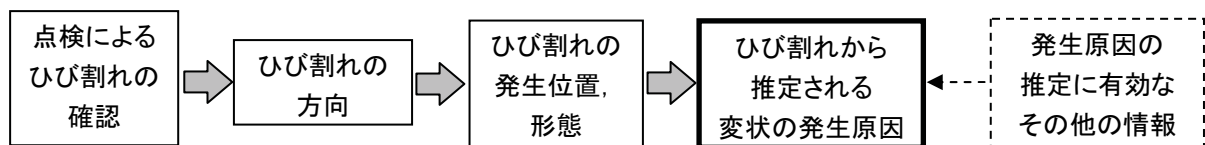


図-3.47 変状の発生原因推定の流れ

# ① 縦断方向のひび割れ

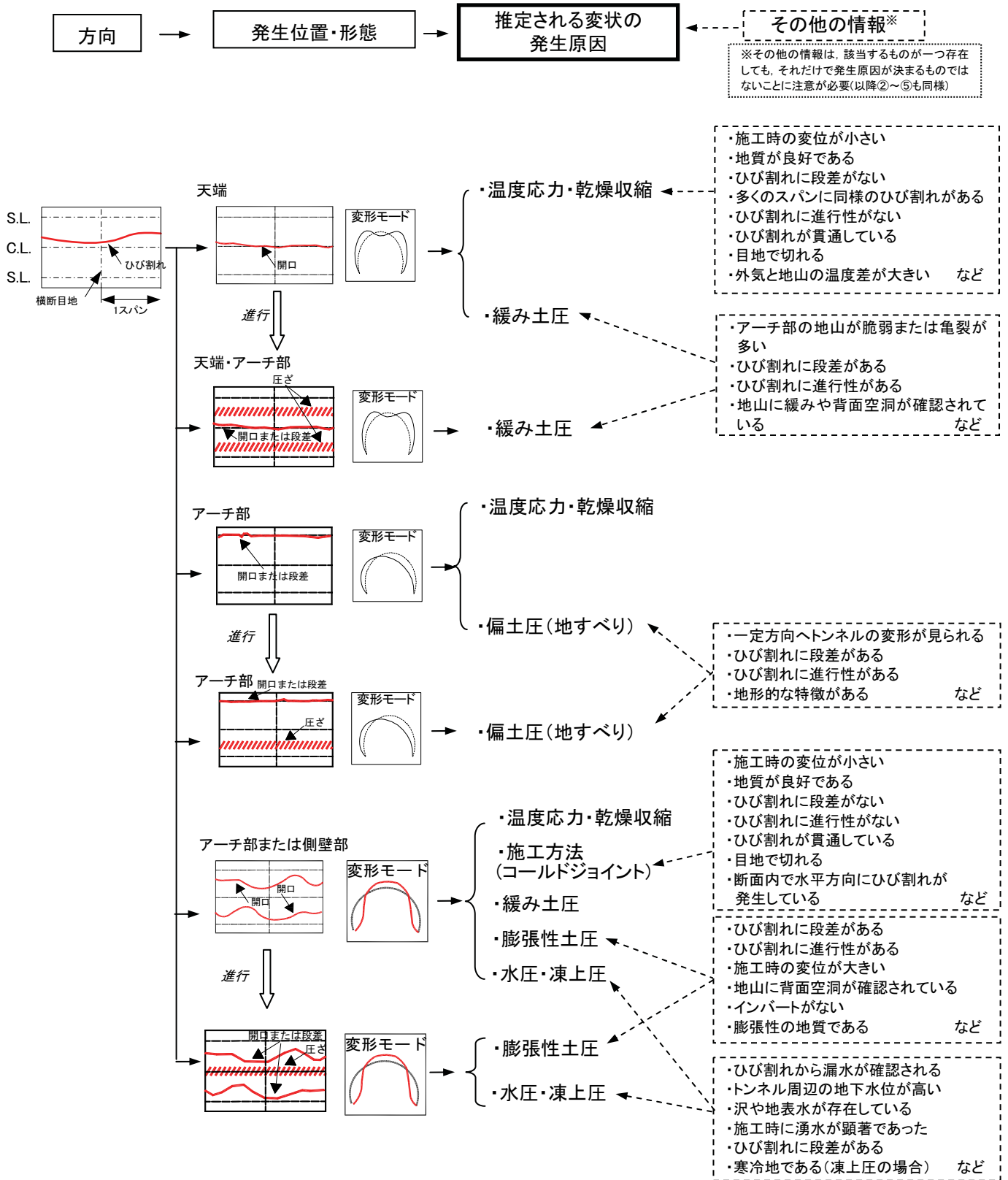


図-3.48 縦断方向のひび割れに対する変状原因推定のためのチャート図

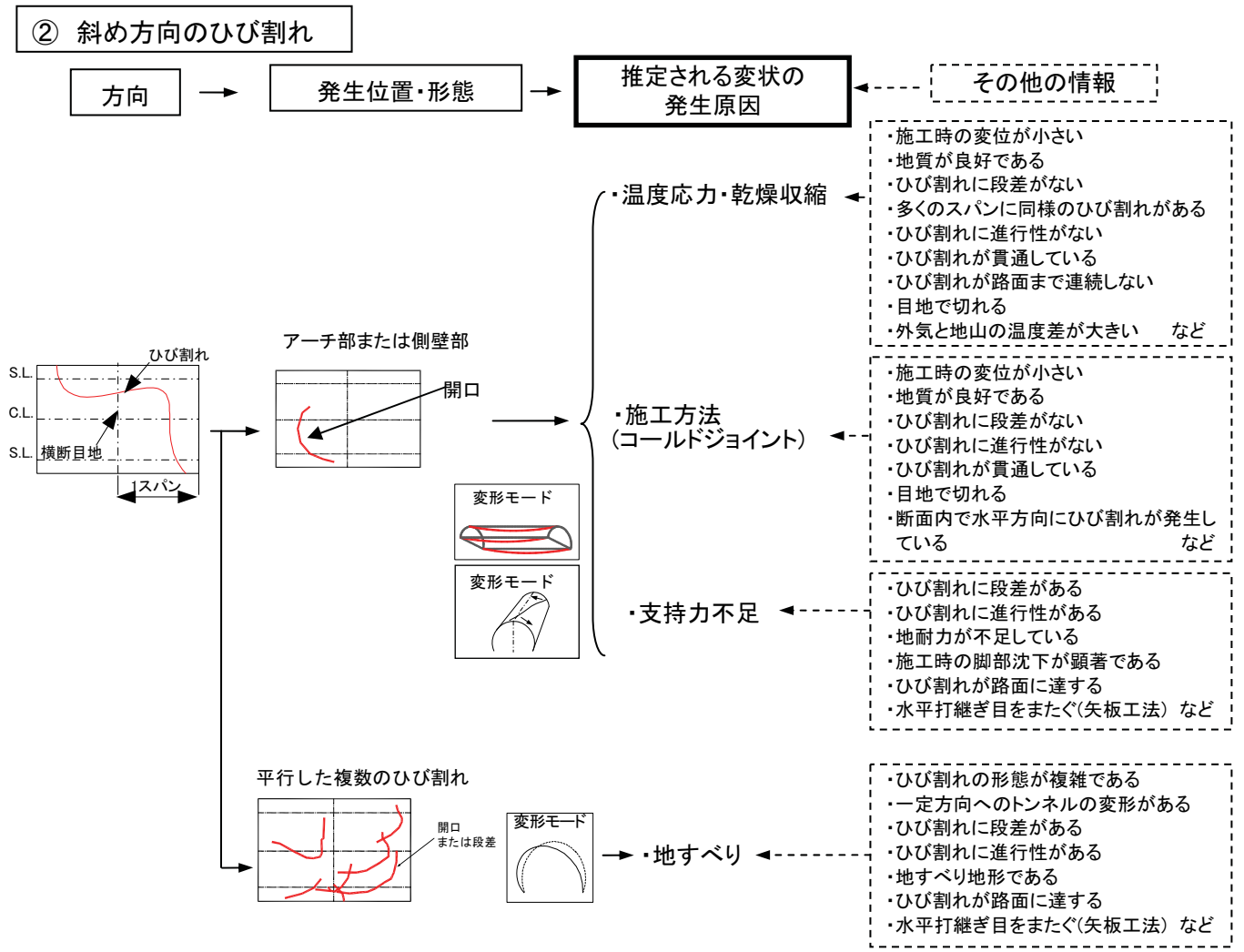


図-3.49 斜め方向のひび割れに対する変状原因推定のためのチャート図

### ③ 横断方向のひび割れ

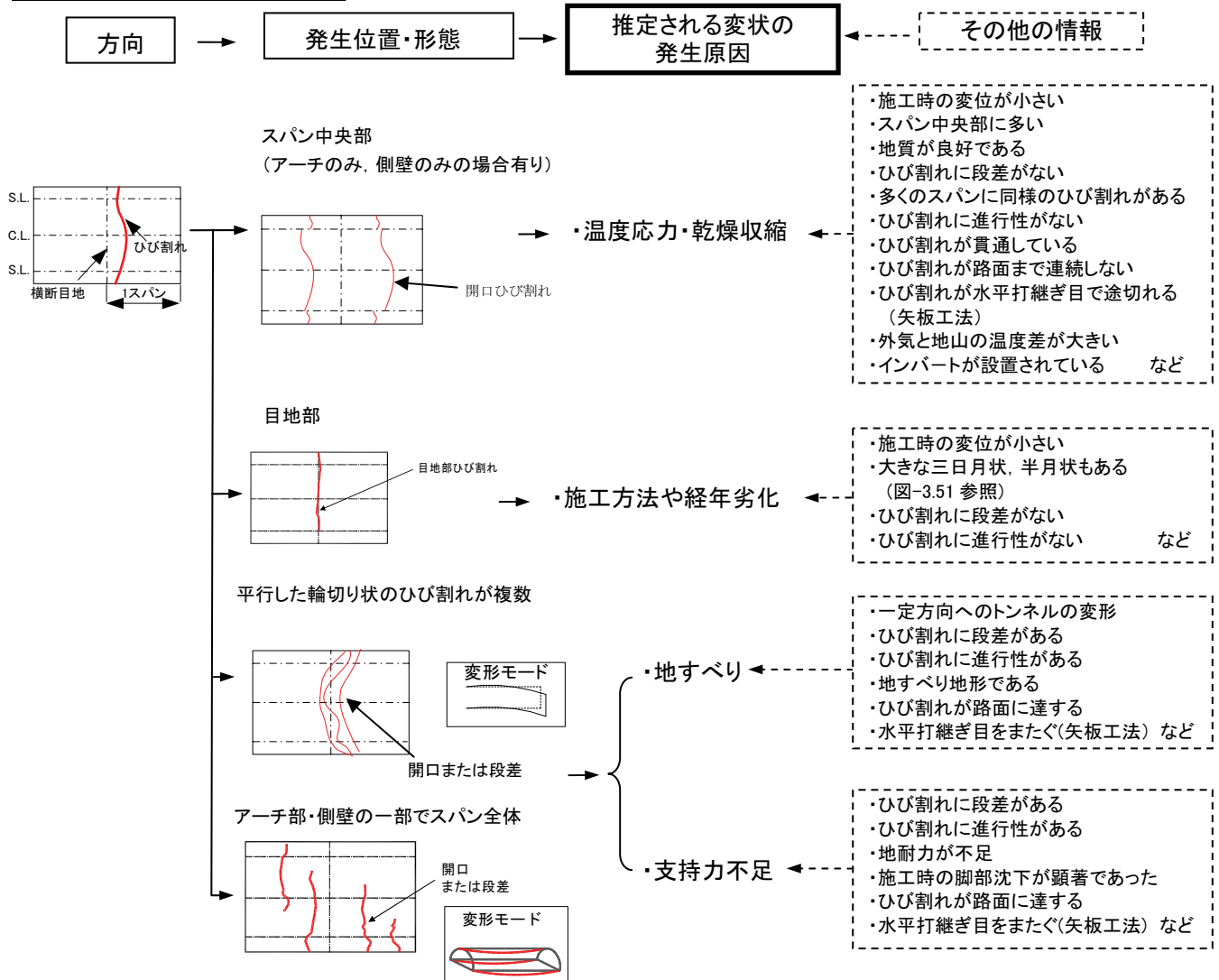


図-3.50 横断方向のひび割れに対する変状原因推定のためのチャート図

④ その他のひび割れ

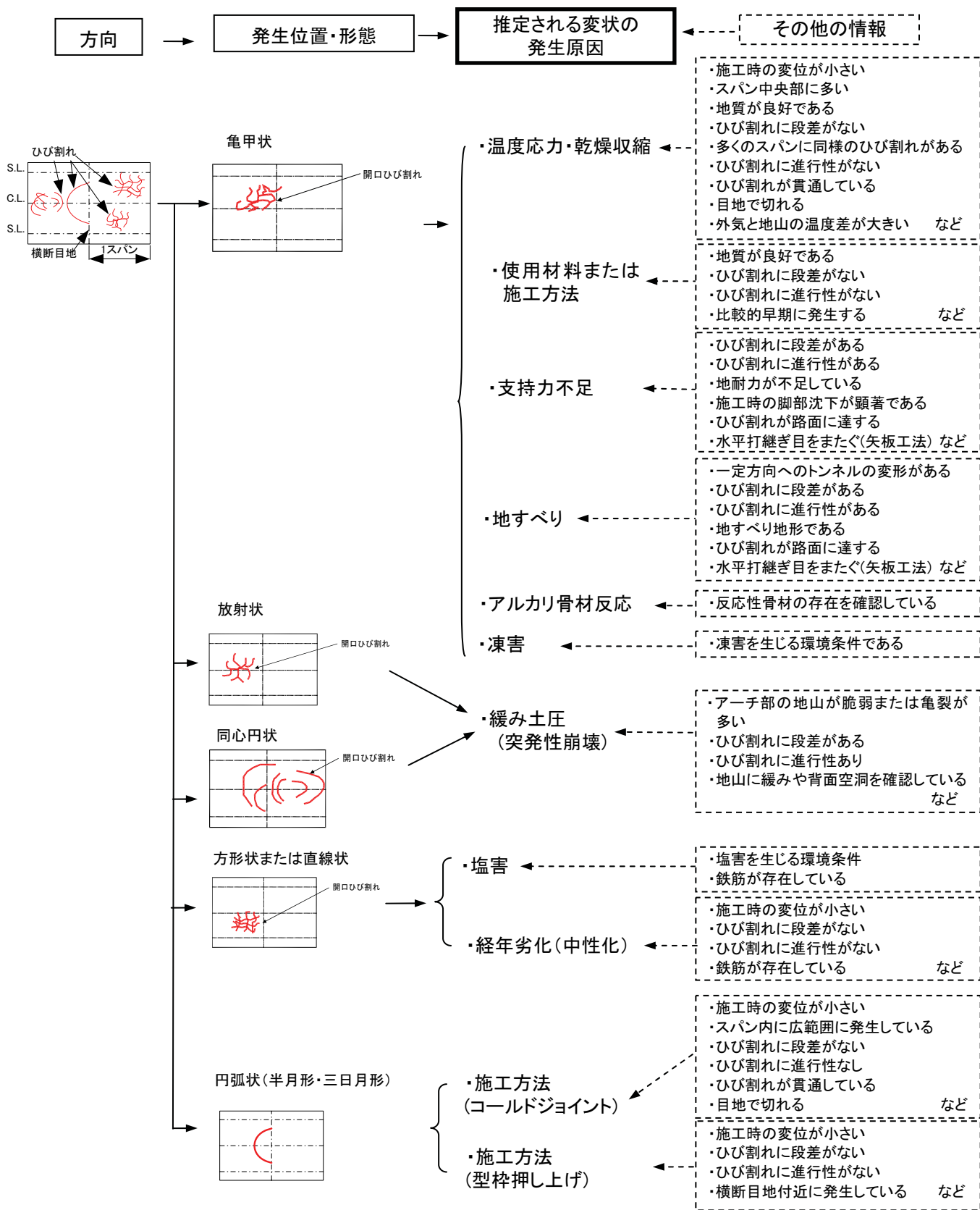


図-3.51 その他のひび割れに対する変状原因推定のためのチャート図

⑤ ①～④以外の特異なひび割れや特徴的な変状

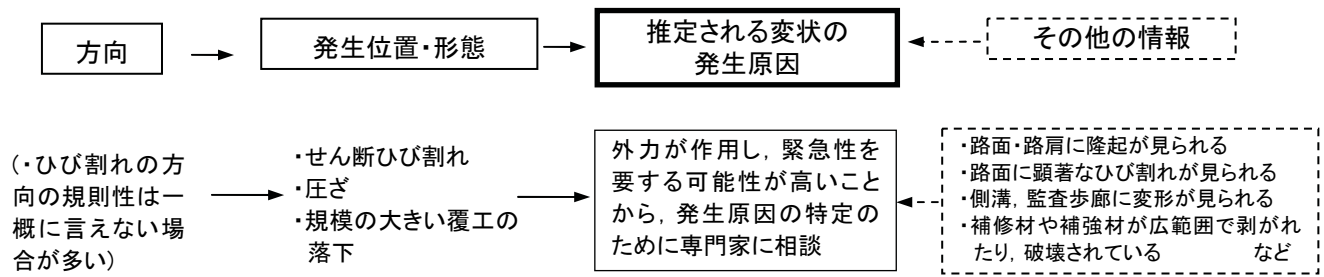


図-3.52 特異なひび割れや特徴的な変状に対する変状原因推定のためのチャート図

【参考文献】

- 1) 道路統計年報：国土交通省道路局
- 2) 道路トンネル維持管理便覧【本体工編】：公益社団法人日本道路協会，平成 27 年 6 月
- 3) 真下英人，日下敦，砂金伸治，木谷努，海瀬忍：トンネル覆工の破壊メカニズムと補強材の効果に関する実験的研究，土木学会論文集 F，Vol. 64，No.3，pp.311-326，2008.9
- 4) 独立行政法人土木研究所：トンネル覆工の耐荷力と設計に関する研究報告書，土木研究所資料第3961号，2005.3
- 5) 真下英人，砂金伸治，木谷努，遠藤拓雄：トンネル覆工の収縮ひび割れに関する研究，トンネル工学論文集，第 15 卷，pp.1-11，2005.12
- 6) 森本智，真下英人，角湯克典：トンネル覆工のひび割れの進展に関する一考察，第 62 回年次学術講演会講演概要集，3-149，pp.297-298，2007.9
- 7) 独立行政法人土木研究所：山岳トンネルにおける施工時観察・計測データの評価手法に関する研究報告書，土木研究所資料第 4099 号，平成 20 年 3 月



## 4. 対策区分の判定および健全性の診断

### 4.1 概説

「直轄版要領」<sup>1)</sup>においては、トンネル本体工の場合、変状の健全性を材質劣化、漏水、外力の変状に対して表-4.1に示すⅠ～Ⅳの区分により対策区分の判定を行うこととなっている。この定期点検要領の判定区分と「便覧」<sup>2)</sup>および「旧点検要領」<sup>3)</sup>による判定区分の対比の目安を表-4.2に示す。

「第5章」に記載する変状事例は、本体工の変状を対象に既往の点検結果をもとに整理したものであり、整理にあたっては、「直轄版要領」ならびに、それを補完するために改定された「便覧」で解説されている対策区分の判定方法に準拠した。

「直轄版要領」では、図-4.1に示す手順に従って、対策区分の判定結果に基づいて、表-4.3に示す健全性の診断を行うことになる。

表-4.1 対策区分の判定<sup>2)</sup>

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	早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態
Ⅳ	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急 <sup>注1)</sup> に対策を講じる必要がある状態

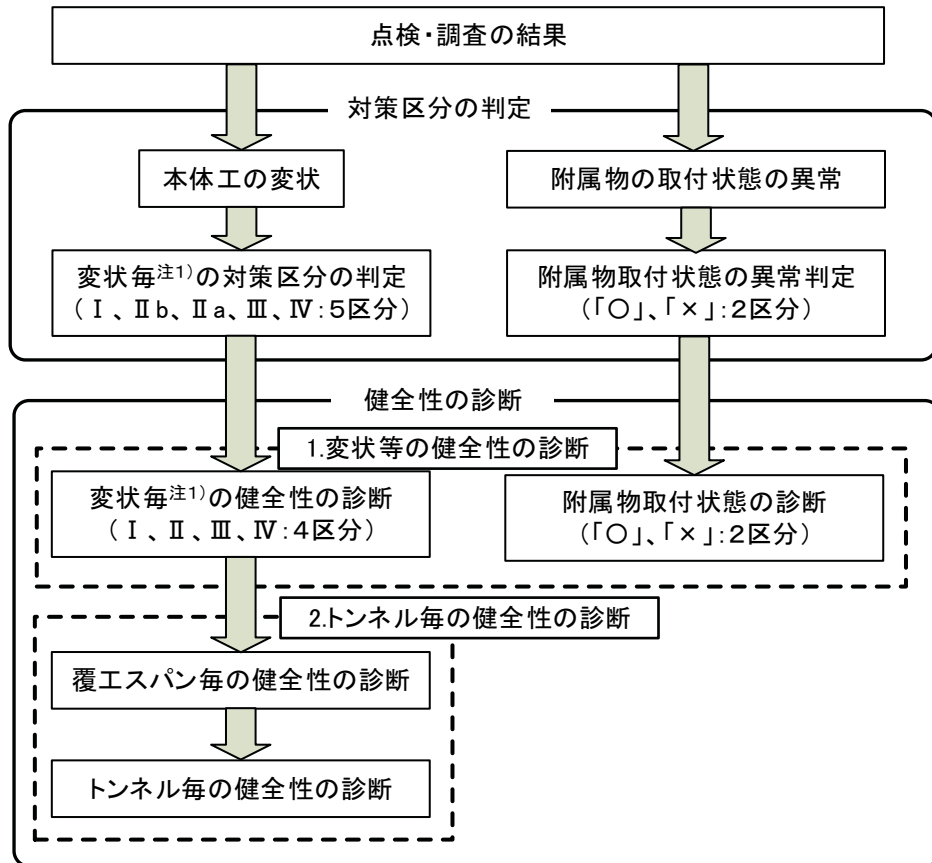
注1) 判定区分Ⅳにおける「緊急」とは、早期に措置を講じる必要がある状態から、交通開放できない状態までをいう。

表-4.2 道路トンネル定期点検要領（直轄版要領）の判定区分の対比の目安<sup>2)</sup>

直轄版要領	便覧等	
判定区分（5区分）	点検結果判定（3区分）	調査結果判定（4区分）
Ⅰ：健全	S（変状無，軽微）	—
Ⅱb：予防保全段階	B（変状あり：危険性低，要調査）	B（軽微：要監視）
Ⅱa：予防保全段階		A（変状あり：重点的監視，計画的に対策）
Ⅲ：早期措置段階		2 A（変状あり：早期に対策）
Ⅳ：緊急措置段階	A（変状大：危険性高，要応急対策，要調査）	3 A（変状大：直ちに対策）

表-4.3 判定区分（健全性の診断）<sup>2)</sup>

区分		状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態



注1)外力による変状は覆工スパン毎、材質劣化および漏水は変状毎に行う

図-4.1 対策区分の判定と健全性の診断の関係（文献<sup>2)</sup>を加筆修正）

なお、「直轄版要領」においては、表-4.4 に示す変状の種類により事例の整理が行われていることから、本章においては、外力、材質劣化、漏水の変状区分について、変状種類ごとに対策区分の判定方法について記述する。

表-4.4 変状種類及び変状区分との関係<sup>2)</sup>

変状種類 <sup>注1)</sup>	変状区分	外力		材質劣化 <sup>注3)</sup>	漏水
		通常の外力	突発性の崩壊 <sup>注2)</sup>		
① 圧ざ, ひび割れ <sup>注4)</sup>		○			
② うき, はく離		○		○	
③ 変形, 移動, 沈下		○			
④ 巻厚不足 <sup>注5)</sup> ・背面空洞			○		
⑤ 鋼材腐食(鉄筋腐食含む)				○	
⑥ 有効巻厚 <sup>注6)</sup> の減少				○	
⑦ 漏水等による変状					○

注1) 変状種類とは、対策区分の判定を行うための変状現象のカテゴリーをいう。

注2) 突発性の崩壊とは、見かけ上の変状がほとんどみられない状況で、突然トンネルの覆工が崩壊する可能性があることをいう。

注3) 材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」または「鋼材腐食」によって判定する。

注4) ここでいうひび割れは、外力に起因するひび割れに限る。ひび割れの原因が特定できない場合は、ひび割れの進行の有無が確認できないひび割れとして表-4.7により判定する。

注5) 巻厚不足とは、施工上の不具合や材質劣化等により、覆工の耐荷力が不足した状態をいう。

注6) 有効巻厚とは、材質劣化等によって巻厚が減少した覆工において、残存する覆工コンクリートのうち、強度が設計基準強度以上の部分をいう。

## 4.2 対策区分の判定方法

対策区分の判定は、利用者への影響の可能性と措置の必要性の観点から変状の状態を把握するものであり、その判定区分は本体工に対してはⅠ、Ⅱb、Ⅱa、Ⅲ、Ⅳの5段階、附属物の取付状態に対しては「○」、「×」で区分される。

本節においては、トンネル本体工を対象として、外力、材質劣化、漏水による変状に対するそれぞれの対策区分の判定方法について4.2.1～4.2.3に示す。

なお、外力、材質劣化、漏水による変状に対する判定の目安、判定上の留意点等については、「便覧」を参照されたい。

### 4.2.1 外力による変状に対する判定

外力による変状には、圧ぎ、ひび割れ、うき、はく離、変形、移動、沈下のような通常の外力による変状現象と、突発性の崩壊現象がある。外力による変状の判定は表-4.5に示す対策区分に準じて行う。さらに、外力による変状の判定は、覆工コンクリートの圧ぎ・ひび割れ、うき・はく落、変形・移動・沈下について行い、表-4.6～表-4.14に示す判定区分および判定の目安により行うものとする。

表-4.5 外力による変状に対する対策区分<sup>2)</sup>

変状区分		通常の外力			突発性の崩壊 <sup>注1)</sup>
判定区分	変状種類	圧ざ・ひび割れ <sup>注2)</sup>	うき、はく離 <sup>注3)</sup>	変形、移動、沈下	巻厚不足・背面空洞
	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	ひび割れ等によるうき、はく離の兆候がないものの、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	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	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	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	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	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	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	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	覆工アーチ部または側面の覆工背面に空洞が存在し、今後、地山の劣化等により背面の空洞が拡大する可能性があるため、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	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	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	アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し、背面の地山が岩塊となって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	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	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	アーチ部の覆工背面に大きな空洞が存在し、有効な覆工厚が少なく、背面の地山が岩塊となって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

注 1) 見かけ上の変状がほとんどみられない状況で、突然トンネルの覆工が崩壊する可能性があることをいう

注 2) 外力に起因するひび割れを対象とする

注 3) 外力に起因するひび割れ等にもなって発生するうき、はく離を対象とする

## (1) 圧ぎ, ひび割れ

外力に起因する圧ぎ, ひび割れに対しては, それらの進行性等に着目し, 表-4.6を参考に判定を行う。

表-4.6 圧ぎ, ひび割れに対する判定区分<sup>1)</sup>

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, または圧ぎがあり, 緊急に対策を講じる必要がある状態

### 【判定の目安例】

外力による圧ぎ(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。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)等に着目した判定の目安例として, 表-4.7に示す。なお, 表-4.7に示す判定の目安は, 外力作用によって発生したひび割れを対象としており, 材質劣化によって発生したひび割れについては, 利用者の安全性に及ぼす影響の観点から, 「うき, はく離」または「鋼材腐食」によって判定する必要がある。

表-4.7 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<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ						判定区分
		幅 <sup>注1)</sup>			長さ <sup>注2)</sup>			
		5mm以上	3mm以上 5mm未満	3mm未満	10m以上	5m以上 10m未満	5m未満	
覆工	断面内			○	○	○	○	I, II b, II a <sup>注3)</sup>
			○				○	II b, II a
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II b, II a, III <sup>注4)</sup>
		○				○		III
		○			○			IV

注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ことが望ましい。

注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（覆工スパンごとのひび割れ長さでは評価しない）。

注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、継続的に外力が作用している可能性が低く、ひび割れに進行が確認できないもの。

II a : 地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、継続的な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のが望ましい。

注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、調査の結果、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）等に着目した判定区分がII a～IVに対する判定の目安例として表-4.8 に示す。なお、ひび割れの進行の有無は、過去の点検記録を参考とする。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a, III
		○			○	III
		○		○		IV

なお、表-4.7 および表-4.8 は外力作用によって発生したひび割れの判定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ことが望ましい。

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可能性があり、有効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可能性が懸念される。

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点検時、調査時に計画的に確認を行ったうえで、判定を実施するのが望ましい。

## (2) うき、はく離

外力に起因する覆工の変形、または材質劣化等でひび割れが発生し、それが閉合することでうき、はく離が生じることがある。うき、はく離による覆工コンクリート等の落下に着目し、表-4.9を参考に判定を行う。

表-4.9 うき・はく離に対する判定区分<sup>1)</sup>

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

### 【判定の目安例】

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で判断する。判定区分がII b～IVに対する判定の目安例として表-4.10 に示す。なお、うき、はく離の判定は、打音検査時にたたき落としを行った後に実施する。



表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

- 注1) 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。
- 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分II a またはIII（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
  - ・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
- 注3) 補修材等のうき、はく離については、本土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、判定することが望ましい。

### (3) 変形、移動、沈下

覆工の変形、移動、沈下は、一般には徐々に進行するものであるが、地震、地すべり、大雨等により急激に進行することもある。また、寒冷地における凍上圧による変形のように、変動を繰り返しながら進行するものもある。変形、移動、沈下に着目し、表-4.11を参考に判定を行う。

表-4.11 変形、移動、沈下に対する判定区分<sup>1)</sup>

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

【判定の目安例】

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。変形速度の判定区分がⅡb～Ⅳに対する判定の目安例として表-4.12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-4.12 変形速度に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所 注1)	部位区分	変形速度				判定区分
		10mm/年以上 [ 著しい ]	3mm/年以上 10mm/年未満 [ 進行が みられる ]	1mm/年以上 3mm/年未満 [ 進行が みられる ～緩慢 <sup>注2)</sup> ]	1mm/年 未満 [ 緩慢 ]	
覆工 路面 路肩	断面内				○	Ⅱb, Ⅱa
				○		Ⅱa
			○	○		Ⅲ
		○				Ⅳ

注1) 具体的な変形の着目点には，覆工の内空幅，路面および路肩の沈下や隆起の高さ等がある。路面・路肩の変形は，建築限界への影響，車両通行および歩行の安全性の観点から，変形量も考慮し判定する。

注2) 変形速度1～3mm/年の場合の判定例を下記に示す。

Ⅱa：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（変形の方法が斜面方向と一致するなど）

#### (4) 巻厚不足・背面空洞

巻厚不足および背面空洞が確認されるトンネルでは、突発性の崩壊の可能性が懸念される。突発性の崩壊とは、見かけ上の変状が小さい状態で、覆工が突然に崩壊することをいう。突発性の崩壊の可能性は、背面空洞の位置と規模、ならびに巻厚不足に着目し、表-4.13を参考に判定を行う。ここでいう巻厚不足とは、施工上の不具合や材質劣化等により、覆工の耐荷力が不足した状態をいう。

表-4.13 突発性の崩壊の可能性に対する判定区分<sup>2)</sup>

I	覆工背面の空洞が小さいもしくはない状態で、有効な覆工厚が確保され、措置を必要としない状態
II a	覆工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空洞が拡大する可能性があり、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、背面の地山が岩塊となって落下する可能性があり、早期に対策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、有効な覆工厚が少なく、背面の地山が岩塊となって落下する可能性があり、緊急に対策を講じる必要がある状態

#### 【判定の目安例】

突発性の崩壊の可能性に対する判定の目安例を表-4.14に示す。同表は矢板工法によるトンネルを対象としたものであるが、山岳トンネル工法によるトンネルにおいても参考として利用できる。

突発性の崩壊の可能性を検討する際は、同表に加え背面空洞と巻厚不足箇所の面的な広がりも考慮する必要がある。たとえば、背面空洞が比較的小さい場合でも、広範囲にわたって空洞が存在する場合は突発性の崩壊を生じる可能性が高くなる。ただし、背面空洞や巻厚不足箇所の面的な広がり、突発性の崩壊の可能性との関係は、トンネルの規模等に依存するため、判定にあたっては適宜これらの条件を考慮して総合的な観点からの判定が必要となる。

表-4.14 突発性の崩壊の可能性に対する判定の目安例<sup>2)</sup>、<sup>注1)</sup>

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

注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。

注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。  
広がりが小さい場合は、表中の低い方のランクで判定することができる。

注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。

注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。

注5) 背面空洞の深さが30cm未満程度の場合は、覆工の性状や土砂流入の状態によって判定する。

また、過去において、矢板工法で施工されたトンネルで、アーチ部の有効な覆工厚が30cm以下で、覆工背面に30cm程度以上の空洞があり、かつ背面の地山が岩塊となって崩落する可能性のある場合、覆工表面には比較的軽微な変状しか見られなかった状態でトンネルが突然崩壊する突発性崩壊が生じた事例がある。最近においても、山岳トンネル工法で施工されたトンネルで、有効巻厚の不足や背面空洞が部分的に確認された事例もある。したがって、このような可能性が想定される場合は、適宜調査を行い、突発性崩壊が発生しないかどうかに関して確認しておくことが望ましい。

#### 4.2.2 材質劣化による変状に対する判定

材質劣化による変状に対する判定は表-4.15に示す対策区分に準じて行う。

表-4.15 材質劣化による変状に対する対策区分<sup>2)</sup>

変状種類 判定区分	うき, はく離 <sup>注1)</sup>	鋼材腐食	有効巻厚の減少
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	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	材質劣化等がみられないか, みられても, 有効巻厚の減少がないため, 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	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	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	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	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	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	材質劣化等により有効巻厚が減少し, 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	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	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	材質劣化等により有効巻厚が著しく減少し, 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

注1) ここでいうひび割れとは, 材質劣化に起因するひび割れをいう。

## (1) うき, はく離

材質劣化に関する, うき, はく離による変状の判定は, 前述の表-4.9 および表-4.10 を参考に判定を行う。

## (2) 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, 鋼材腐食に対し, 表-4.16 を参考に判定を行う。

なお, 有筋の覆工コンクリートにおいて鉄筋が露出している箇所についても, 同表を参考に判定を行う。

表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup>

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

注1) 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。

### (3) 有効巻厚の減少

有効巻厚の減少は、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と考えられる。ここでいう有効巻厚とは、残存する覆工コンクリートのうち、強度が設計基準強度以上の部分をいい、設計基準強度が不明な場合は  $15\text{N/mm}^2$  以上の部分をいう。有効巻厚の減少は、とく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り、覆工コンクリートの表面に不規則なひび割れがみられている場合や、打音検査により異音が確認された場合、あるいは規模が大きな豆板等が見られている場合等においては、材質劣化により有効巻厚が減少していると想定される覆工スパンや箇所を対象に、表-4.17を参考に判定を行う。

表-4.17 有効巻厚の減少に対する判定区分<sup>1)</sup>

I		材質劣化等がみられないか、みられても、有効巻厚の減少がないため、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

#### 【判定の目安例】

設計巻厚に対する有効巻厚の比に関して、判定区分が II b~IV に対する判定の目安例として表-4.18に示す。表-4.19に有効巻厚の減少に対する判定区分別の変状例を示す。

表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例（矢板工法の場合）<sup>2)</sup>

箇所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	II b
			○		II a, III
		○			III, IV

注 1) 有効巻厚／設計巻厚が 1/2 未満は判定区分 III、1/2~2/3 は判定区分 II a 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、判定区分をそれぞれ IV、IIIへ1ランク上げることが望ましい。

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  $15\text{N/mm}^2$  以上の部分とする。

表-4.19 有効巻厚の減少に対する判定区分別変状例 2) 注1)

判定区分		変状状況例
I		材質劣化等がない 有効巻厚の減少を伴わない材質劣化である
II	II b	有効巻厚／設計巻厚＝2/3 以上
	II a	有効巻厚／設計巻厚＝1/2～2/3 で、有効巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められない
III		有効巻厚／設計巻厚＝1/2～2/3 で、有効巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められる 有効巻厚／設計巻厚＝1/2 未満で、有効巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められない
IV		有効巻厚／設計巻厚＝1/2 未満で、有効巻厚の減少に起因するひび割れや変形が認められる

注 1) 本表は参考例であり、トンネルの立地条件や変状状況に応じて判定区分は異なることがある。



#### 4.2.3 漏水等による変状に対する判定

漏水等による変状に対する判定は、表-4.20、表-4.21を参考に行う。

表-4.20 漏水等による変状に対する判定区分<sup>1)</sup>

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

【判定の目安例】

漏水等による変状について、判定区分がⅡb～Ⅳに対する判定の目安例として表-4.21に示す。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		判定区分 <sup>注2)</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>注1)</sup>	
アーチ	漏水				○		○	Ⅱb
				○		○		Ⅱa <sup>注3)</sup>
			○			○		Ⅲ
		○				○		Ⅳ
	つらら						○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
側壁	漏水						○	Ⅱb
				○		○		Ⅱa <sup>注3)</sup>
			○			○		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

注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判定区分はⅠとなる)。

注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。

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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

### 4.3 健全性の診断

健全性の診断は、トンネルの機能に対する支障の有無ならびに措置の緊急度を判定することを指し、本体工および附属物の定期点検時の点検または調査の結果により把握された変状・異常の状態にもとづいて行う。本体工については表-4.22に示す「Ⅰ～Ⅳ」の4段階、附属物の取付状態に対する異常については表-4.23に示す「○」または「×」の2段階により健全性の診断を行う。

具体的には図-4.1に示すとおり、健全性の診断は点検または調査の結果により実施した「対策区分の判定」における判定結果をもとに実施する。トンネル本体工の健全性の診断には第1段階として変状単位に行う「変状等の健全性の診断」、第2段階として構造物単位で行う「トンネル毎の健全性の診断」の2段階の手順がある。附属物の取付状態の異常については第1段階で「健全性の診断」を行う。

表-4.22 健全性の判定区分<sup>1)</sup>

区分		状態
Ⅰ	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
Ⅱ	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
Ⅲ	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
Ⅳ	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

表-4.23 附属物の取付状態に対する異常判定区分<sup>1)</sup>

異常判定区分	異常判定の内容
×	附属物の取付状態に異常がある場合
○	附属物の取付状態に異常がないか、あっても軽微な場合

**【参考文献】**

- 1) 道路トンネル定期点検要領：国土交通省道路局国道・防災課，平成 26 年 6 月
- 2) 道路トンネル維持管理便覧【本体工編】：公益社団法人日本道路協会，平成 27 年 6 月
- 3) 道路トンネル定期点検要領(案)：国土交通省道路局国道課，平成 14 年 4 月

## 5. 変状事例と対策区分の判定例

### 5.1 概説

「第4章」で示したように、本章において示す変状事例については、表-5.1に示す各変状区分に対応する変状種類をもとに事例を抽出するとともに、後の分析を考慮し変状原因も加味した分類、整理を行う。また、本章における対策区分の判定は、変状区分（外力、材質劣化、漏水）に対して、変状種類ごとに「直轄版要領」<sup>1)</sup>および「便覧」<sup>2)</sup>での判定の目安例をもとに行う。

表-5.2に本章に示す事例整理における変状事例一覧を示す。変状区分別に、外力 12 事例、材質劣化 52 事例、漏水 27 事例を示す。なお、本体工以外の変状については、除外することとした。

なお、本章で紹介する変状事例は、供用中のトンネルにおいてこれまで実施された点検結果等の中から、変状の状況が比較的わかりやすい写真を示すよう努めたが、掲載した変状の状況写真によっては変状の状況を詳細に理解するには限界があるものと考えられる。したがって、変状の状況写真と変状の判定区分とが理解しづらい部分もあるものと考えられる。そのため、本事例集を利用する際は変状の判定区分を判定した一つの事例として参考とし、実際のトンネルにおける変状の判定にあたっては、現地状況を含めて総合的に判断することが重要である。

表-5.1 変状区分に対応する変状種類<sup>2)</sup>

変状種類 <sup>注1)</sup>	変状区分		材質劣化 <sup>注3)</sup>	漏水
	外力	通常の外力		
① 圧ざ, ひび割れ <sup>注4)</sup>		○		
② うき, はく離		○	○	
③ 変形, 移動, 沈下		○		
④ 巻厚不足 <sup>注5)</sup> ・背面空洞				○
⑤ 鋼材腐食(鉄筋腐食含む)			○	
⑥ 有効巻厚 <sup>注6)</sup> の減少			○	
⑦ 漏水等による変状				○

注1) 変状種類とは、対策区分の判定を行うための変状現象のカテゴリーをいう。

注2) 突発性の崩壊とは、見かけ上の変状がほとんどみられない状況で、突然トンネルの覆工が崩壊する可能性があることをいう。

注3) 材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき, はく離」または「鋼材腐食」によって判定する。

注4) ここでいうひび割れは、外力に起因するひび割れに限る。ひび割れの原因が特定できない場合は、ひび割れの進行の有無が確認できないひび割れとして表-4.7により判定する。

注5) 巻厚不足とは、施工上の不具合や材質劣化等により、覆工の耐荷力が不足した状態をいう。

注6) 有効巻厚とは、材質劣化等によって巻厚が減少した覆工において、残存する覆工コンクリートのうち、強度が設計基準強度以上の部分をいう。

表-5.2 事例整理における変状事例一覧(外力) (その1)

NO.	変状原因	施工方法	判定区分				
			I	II b	II a	III	IV
1	緩み土圧	矢板			○		
2	支持力不足	矢板			○		
3	水圧・凍上圧	NATM			○		
4	緩み土圧	矢板				○	
5	膨張性土圧	矢板				○	
6	膨張性土圧	矢板				○	
7	偏土圧・斜面のクリープ	矢板					○
8	偏土圧・斜面のクリープ	矢板					○
9	地すべり	矢板					○
10	膨張性土圧	矢板					○
11	膨張性土圧	矢板					○
12	地すべり	矢板					○

表-5.2 事例整理における変状事例一覧(材質劣化) (その2)

NO.	変状原因	施工方法	判定区分				
			I	II b	II a	III	IV
1	ひび割れ	矢板		○			
2	ひび割れ	NATM	○				
3	ひび割れ	NATM	○				
4	ひび割れ	NATM		○			
5	ひび割れ	NATM		○			
6	ひび割れ	NATM			○		
7	ひび割れ	NATM			○		
8	ひび割れ	NATM				○	
9	うき, はく離	矢板		○			
10	うき, はく離	矢板		○			
11	うき, はく離	矢板		○			
12	うき, はく離	矢板		○			
13	うき, はく離	矢板			○		
14	うき, はく離	矢板			○		
15	うき, はく離	矢板			○		
16	うき, はく離	矢板				○	
17	うき, はく離	矢板				○	
18	うき, はく離	矢板				○	
19	うき, はく離	矢板				○	
20	うき, はく離	矢板					○
21	うき, はく離	矢板					○
22	うき, はく離	矢板					○
23	うき, はく離	NATM	○				
24	うき, はく離	NATM	○				
25	豆板	NATM	○				
26	うき, はく離	NATM		○			
27	うき, はく離	NATM		○			
28	段差	NATM		○			
29	うき, はく離	NATM			○		
30	うき, はく離	NATM			○		
31	うき, はく離	NATM			○		
32	うき, はく離	NATM				○	
33	鋼材腐食	矢板		○			
34	鋼材腐食	矢板		○			
35	鋼材腐食	矢板		○			
36	鋼材腐食	矢板			○		
37	鋼材腐食	矢板			○		
38	鋼材腐食	矢板			○		
39	鋼材腐食	矢板				○	
40	鋼材腐食	矢板				○	
41	鋼材腐食	矢板				○	
42	鋼材腐食	矢板					○
43	鋼材腐食	矢板					○
44	鋼材腐食	矢板					○
45	鋼材腐食	NATM	○				
46	鋼材腐食	NATM		○			
47	鋼材腐食	NATM		○			
48	有効巻厚の減少	矢板		○			
49	有効巻厚の減少	矢板				○	
50	有効巻厚の減少	矢板				○	
51	有効巻厚の減少	矢板					○
52	有効巻厚の減少	矢板					○

表-5.2 事例整理における変状事例一覧(漏水) (その3)

NO.	変状原因	施工方法	判定区分				
			I	II b	II a	III	IV
1	にじみ	矢板		○			
2	にじみ	矢板		○			
3	にじみ	矢板		○			
4	にじみ	矢板		○			
5	にじみ	NATM		○			
6	にじみ	NATM		○			
7	にじみ	NATM		○			
8	にじみ	NATM		○			
9	にじみ	NATM		○			
10	滴水	矢板			○		
11	滴水	矢板			○		
12	滴水	矢板			○		
13	流下	矢板				○	
14	流下	矢板				○	
15	流下	矢板				○	
16	噴出	矢板					○
17	噴出	矢板					○
18	滞水	矢板			○		
19	滞水	矢板			○		
20	滞水	矢板			○		
21	滞水	矢板			○		
22	滞水	NATM			○		
23	滞水	NATM			○		
24	つらら・側氷	矢板				○	
25	つらら・側氷	矢板					○
26	つらら・側氷	矢板					○
27	つらら・側氷	矢板					○



## 5.2 外力によるトンネル変状

### 5.2.1 変状の特徴

トンネルに外力が作用する場合、外力の発生原因によって、覆工の変形形態や、発生するひび割れの状態は異なる。外力作用に係る主な変状原因に対するトンネル変状の特徴を整理して、表-5.3～表-5.7に示す。

表-5.3 緩み土圧の作用に伴う変状の特徴（文献2）を加筆修正）

	一般的な緩み土圧の作用	局所的な緩み土圧の作用
模式図	<p>(逆巻き覆工) (全断面覆工)</p> <p>引張りひび割れ</p> <p>圧縮ひび割れ</p> <p>S.L.</p> <p>(せん断ひび割れが発生する場合もある)</p> <p>(全断面覆工の場合で上下半の支保の剛性が異なる場合、S.L.位置に発生しやすい)</p>	<p>上部岩塊の落下</p> <p>引張りひび割れ(放射状ひび割れ)</p>
解説	<p>緩み土圧は、地山が緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このため、アーチの天端にトンネル縦断方向の引張りひび割れを生じるものが多い。ただし集中荷重として土圧が作用すると、放射状もしくはクモの巣状にひび割れが発生する場合がある。</p> <p>また、トンネルの上部に比較的大きい空洞があり、空洞の上部の岩塊が何らかの理由で地山と分離し落下し、衝撃的に覆工に衝突する場合がある。覆工の強度・巻厚が十分でなければ覆工を破壊し、岩塊もろともトンネル内へ岩塊が落下した事例があり、このような現象は「突発性の崩壊」と称する。</p>	

表-5.4 膨張性土圧に伴う変状の特徴（文献2）を加筆修正）

	一般的な膨張性土圧の作用	覆工天端背面に空洞が残存している場合
模式図	<p>せん断ひび割れ注1)</p> <p>目違い</p> <p>開口ひび割れ注2)</p> <p>転倒注3)</p> <p>隆起</p> <p>盤影れ</p> <p>隆起</p> <p>引張りひび割れ</p>	<p>背面空洞</p> <p>押し出し</p> <p>圧縮ひび割れ(圧ざ)</p>
解説	<p>注1) 覆工巻厚が薄い、またはコールドジョイントがある場合に発生しやすい。</p> <p>注2) 直壁に発生しやすい。</p> <p>注3) 水平打継ぎ目部の充填が不十分な場合発生しやすい</p> <p>膨張性土圧による変状では、左右の側壁あるいはアーチの両肩に、複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁間に打継ぎ目がある場合には段差が生じることがある。また盤ぶくれが発生する場合がある。</p>	

表-5.5 偏土圧・地すべりに伴う変状の特徴 (文献2) を加筆修正)

	偏土圧の作用	地すべりによる土圧の作用
模式図		
解説	<p>斜面下や、傾斜した片理方向に緩みが生じて偏土圧が作用しトンネルが変状する。山側アーチ肩部に引張りひび割れ、段差が生じることが多い。</p>	<p>地すべり面を横断する箇所では、せん断ひびわれが卓越して発生する場合がある。また移動土塊側では沈下が発生する。</p>

表-5.6 支持力不足に伴う変状の特徴 (文献2) を加筆修正)

	断層や破砕帯	坑口部の不等沈下
模式図		
解説	<p>支持力不足がトンネルの変状と結びつきやすいのは、縦断的、あるいは横断的な不等沈下である。前者の場合、トンネル横断方向のひび割れが生じやすい。また、後者の場合はトンネル軸の回転をとめない、斜め方向のひび割れが生じる。</p>	

表-5.7 水圧、凍上圧に伴う変状の特徴 (文献2) を加筆修正)

	水圧	凍上圧
模式図		
解説	<p>水圧・凍上圧は、漏水と深くかかわっており、トンネルに作用する場合は通常、側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部の水平ひび割れが生じることが多い。</p>	

なお、外力の判定において、「圧ぎ、ひび割れ」に関する判定では、外力に起因するひび割れを判定対象とするため、坑内で確認されたひび割れが、外力によるものか、材質劣化によるものかを判別する必要がある。

このために、変状原因ごとの変状の特徴にもとづき、実際のトンネルで確認される変状現象より変状原因を推定するための参考として、覆工面に発生するひび割れの形態と、これに対応すると考えられる変状原因の関係を表-5.8に示す。

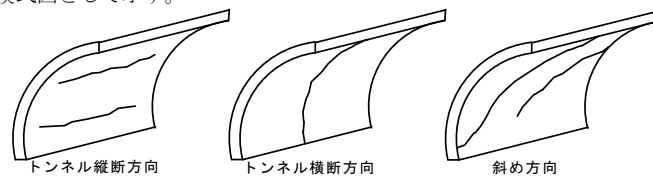
表-5.8 ひび割れの原因と特徴<sup>2)</sup>

分類	ひび割れの主な変状原因 <sup>注1)</sup>	特 徴										備考		
		ひび割れ形態												
		主な発生位置				主な方向 <sup>注2)</sup>								
アーチ天端部	アーチ肩部	側壁部	位置は問わない	その他	トンネル縦断方向	トンネル横断方向	斜め方向	その他						
外力による変状	緩み土圧	○	△				○					主に引張ひび割れが発生		
	突発性の崩壊	△									△	集中荷重の場合は放射状ひび割れが発生	覆工にひび割れが発生しない場合もある	
	偏土圧・斜面のクリープ		○				○		△			主に引張、せん断ひび割れが発生	覆工の変形、横断目地の段差、水平打継ぎ目のひび割れ等が発生する場合がある	
	地すべり				○						○	すべり面位置とトンネルとの関係で形態が異なる。		
	膨張性土圧	△	○	△			○		△			主に引張ひび割れが発生	盤ぶくれが発生する場合もある。泥岩、断層等膨張性地山に多い	
	支持力不足							○	△				水平打継ぎ目をまたいで発生	路面に横断方向ひび割れが発生する場合がある
	水圧・凍上圧	△	○	△			○		△				主に引張ひび割れが発生	漏水(跡)が発生している場合もある
材質劣化による変状	凍害				○						○	亀甲状のひび割れが発生	スケーリングが発達する場合もある。漏水(跡)がみられる。	
	塩害、鉄筋腐食、				○						○	RC覆工で、方形状ひび割れが発生	錆び汁が発生している場合がある。	
	アルカリ骨材反応				○						○	不規則な引張ひび割れが発生	漏水が多い箇所で行進している場合がある	
	使用材料				○						○	不規則で微細なひび割れが発生		
	施工方法	急激な打込み、型枠早期脱型				○	○						ひび割れが横断目地で消失	若材齢時のコンクリートの強度が不足する場合も含む
		型枠の過度な押し上げ	○	△								○	横断目地近くで三日月形のひび割れ発生が発生	
		打込み不足	○	△								○	横断目地近くで巻厚が不足してひび割れが発生	巻厚不足による打音異常がある
コールドジョイント					○		△		○			打込み跡と一致する不連続面	不連続面で豆板が発生する場合もある	
	温度・乾燥収縮(外気と地山の温度差)								△	○		覆工スパンの中央付近に引張ひび割れが発生(水平打継ぎ目で消失)	硬化中にコンクリートの体積収縮が大きい場合に地山に拘束されて発生する	

○：主に発生する，△：場合によって発生する

注1) 変状原因の区分は「1-3 変状の原因および特徴<sup>2)</sup>」を参照

注2) ひび割れの方向は下図に模式図として示す。



注3) 横断または斜め方向のひび割れが側壁からアーチ天端にかけて連続して発生する。路面にもひび割れが発生している場合がある。

注4) 横断方向のひび割れがアーチ部または側壁部で発生するが、矢板工法の場合は水平打継ぎ目を境に消失する。施工時期が異なる路面や側溝等にはひび割れは連続しない。山岳トンネル工法では、インバートによる拘束によって側壁下端からS.L.にかけて発生する場合もある。

### 5.2.2 外力による変状の事例

変状原因が外力による事例一覧を表-5.9に示す。表には変状の代表的な写真のほか、判定区分、変状原因、判定対象の変状種類もあわせて示した。また、各変状の詳細状況について、表-5.10～表-5.21に示す。

表-5.9(1) 変状事例総括表 【外力】 (その1)






No.	判定区分	変状原因	判定対象の変状種類			変状写真	参照表番号
			圧ざ、ひび割れ	うき、はく離	変形、移動、沈下、		
1	Ⅱa	緩み土圧	○ (ひび割れ)				表-5.10
2	Ⅱa	支持力不足			○		表-5.11
3	Ⅱa	水圧・凍上圧	○ (ひび割れ)				表-5.12
4	Ⅲ	緩み土圧	○ (ひび割れ)				表-5.13
5	Ⅲ	膨張性土圧		○			表-5.14

表-5.9(2) 変状事例総括表 【外力】 (その2)

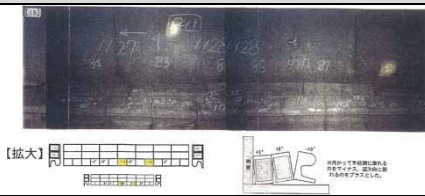



No.	判定区分	変状原因	判定対象の変状種類			変状写真	参照表番号
			圧ざ, ひび割れ	うき, はく離	変形, 移動, 沈下,		
6	Ⅲ	膨張性土圧			○ (盤ぶくれ)		表-5.15
7	Ⅳ	偏土圧・斜面のクリーブ	○ (ひび割れ)				表-5.16
8	Ⅳ	偏土圧・斜面のクリーブ	○ (ひび割れ)				表-5.17
9	Ⅳ	地すべり	○ (ひび割れ)				表-5.18
10	Ⅳ	膨張性土圧	○ (圧ざ)				表-5.19
11	Ⅳ	膨張性土圧		○			表-5.20
12	Ⅳ	地すべり			○ (沈下)		表-5.21



表-5.10 変状事例概要（外力1）

外力1			
変状種類	圧ぎ・ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	緩み土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa判定
トンネル概要		標準断面図	
<p>① トンネル延長：258.5m</p> <p>② 内空断面積：40.8 m<sup>2</sup></p> <p>③ 竣工年：1965年（昭和40年3月）</p>			
変状概要			
<p>(1) 代表的な変状状況</p> <p>本トンネルの覆工表面に発生しているひび割れは、大別して上半アーチ肩部に連続する水平、あるいは斜めひび割れ（進行性有り）、覆工コンクリート打設時に発生したコールドジョイント、縦方向ひび割れに分類され、この現象がトンネル全区間にわたっている。</p> <p>また、覆工表面の材質劣化(豆板，うき，はく落箇所)がトンネル全体に分布している。</p> <p>(2) 変状の原因</p> <p>①断層の存在による地圧の作用，偏圧地形による偏土圧の作用</p> <p>②中央排水工，裏面排水工が不良のため，地下水の浸潤による水圧の作用，断層部の緩み土圧の増加や凍害による作用</p> <p>③コンクリートの品質不良による骨材とモルタルの分離</p> <p>④覆工背面の空洞による緩み土圧の増加</p> <p>⑤覆工コンクリートの巻厚不足等，施工不良によるひび割れの発生</p> <p>上記の原因が複合的に重なり，トンネル全区間にわたって変状を助長しているものと推定。</p>			
変状展開図			
<p>ひび割れ発生位置（外力による変状）</p>			

(外力 1)

変状状況写真



判定の目安

ひび割れの進行性（前回点検からの、ひび割れ開口量の微増）が確認されているが、その進行速度は緩慢で、急激な状態変化の可能性はないものと判断し、Ⅱa 判定とする。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象 箇所	部位 区分	ひび割れ				判定 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

判定上の留意点

- ① 本トンネルの覆工表面に発生しているひび割れは、大別して上半アーチ肩部に連続するトンネル縦断方向、あるいは斜め方向、覆工コンクリート打設時に発生したコールドジョイント、トンネル横断方向であり、この現象がトンネル全区間にわたっている。併せて、ひび割れの進展が確認されているため、変状種類「圧ざ、ひび割れ」としてはⅡa 判定と評価している。
- ② 今後、ひび割れの開口量の経時変化を把握するため、代表的な箇所に亀裂計（自動計測が望ましい）設置して観測を行って、進行の状態を詳しく調査して、再判定することが望ましい。

表-5.11 変状事例概要（外力2）

外力2			
変状種類	変形, 移動, 沈下	対象箇所	覆工, 路面
部位区分	側壁, 監査歩廊	変状原因	支持力不足
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
トンネル概要		標準断面図	
<p>① トンネル延長：550m</p> <p>② 内空断面積：57.9 m<sup>2</sup></p> <p>③ 竣工年：1979年（昭和54年）</p> <p>④ 地形・地質：最大土被り30m程度，第四紀～新第三紀の低固結の砂岩</p>			
変状概要			
<p>(1) 代表的な変状状況</p> <p>顕著な覆工や路面の変形は目視においては認められないが，一部のスパンではわずかながら側壁・監査廊の沈下が認められる。</p> <p>(2) 変状原因</p> <p>トンネル周辺地山が低固結の砂層であり，地下水の浸透に伴い，覆工下方地盤の支持力が低下したものと推定。</p>			
変状展開図			



(外力 2)

変状状況写真

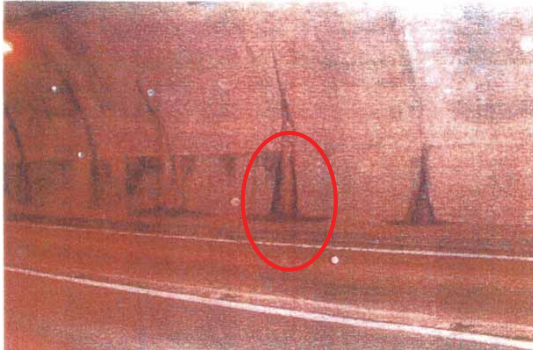


写真1：横断目地をまたぐひび割れ



写真2：監査歩廊に連続するひび割れ

判定の目安

トンネル建設後数十年が経過しているが、ひび割れが軽微で、顕著な進行性も認められないことから、ほとんど沈下は収束していると判断し、1mm/年未満として評価。

表-4.12 変形速度に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所 <small>注1)</small>	部位区分	変形速度				判定区分
		10mm/年以上 [ 著しい ]	3mm/年以上 10mm/年未満 [ 進行が みられる ]	1mm/年以上 3mm/年未満 [ 進行が みられる ~緩慢 <sup>注2)</sup> ]	1mm/年 未満 [ 緩 慢 ]	
覆工 路面 路肩	断面内				○	Ⅱb, Ⅱa
				○		Ⅱa
			○	○		Ⅲ
		○				Ⅳ

注1) 具体的な変形の着目点には、覆工の内空幅、路面および路肩の沈下や隆起の高さ等がある。路面・路肩の変形は、建築限界への影響、車両通行および歩行の安全性の観点から、変形量も考慮し判定する。

注2) 変形速度 1~3mm/ 年の場合の判定例を下記に示す。

Ⅱa: 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)

判定上の留意点

- ① 固結度の低い砂質地盤で、地下水の浸潤によってトンネル底盤部の細粒分が流出し、沈下している可能性が考えられるため、安全側にⅡa判定と評価している。
- ② ただし、ほとんど沈下が収束している可能性が考えられるため、水準測量を複数回、実施して沈下量が収束していることを定量的に確認した上で、再判定を行うことが望まれる。

表-5.12 変状事例概要（外力3）

外力3			
変状種類	圧ざ・ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状原因	水圧・凍上圧
施工方法	NATM	判定区分	Ⅱa 判定
トンネル概要	標準断面図		
① トンネル延長：1,485m ② 内空断面積：69.3 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：2002年（平成14年）			
変状概要			
(1) 代表的な変状状況 側壁に、トンネル縦断方向のひび割れが連続的に発生しており、一部から漏水も発生している。			
(2) 変状の原因 NATM のトンネルであり、トンネル施工後に防・排水工の不具合等によって、周辺地山からの地下水がトンネル周囲で帯水し、側壁に水圧が作用して、ひび割れが発生。			
変状展開図			

(外力 3)

変状状況写真



※矢印位置にひび割れが連続する

判定の目安

ひび割れ幅 3mm 未満×長さ 10m 以上のひび割れであるが、進行性が認められない。

また、NATM のトンネルであり、本来、発生しない外力起因のひび割れが確認されていることから、監視を継続し、調査を実施して計画的に対策を実施する（Ⅱa 相当とする）。

表-4.7 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<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ						判定区分
		幅 <sup>注1)</sup>			長さ <sup>注2)</sup>			
		5mm 以上	3~5 mm	3mm 未満	10m 以上	5~10 m	5m 未満	
覆工	断面内			○	○	○	○	I, II b, II a <sup>注3)</sup>
			○				○	II b, II a
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II b, II a, III <sup>注4)</sup>
		○				○		III
		○			○			IV

注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ことが望ましい。

注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（覆工スパンごとのひび割れ長さでは評価しない）。

注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、継続的に外力が作用している可能性が低く、ひび割れに進行が確認できないもの。

II a: 地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、継続的な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のが望ましい。

注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。

判定上の留意点

- ① 本トンネルでは覆工展開図に示す区間に限定して、側壁にトンネル縦断方向ひび割れが発生し、一部から漏水も確認されるため、水圧に起因するひび割れと想定している。変状原因を特定するためには、ボーリング調査等を実施する必要がある。

表-5.13 変状事例概要（外力 4）

外力 4			
変状種類	圧ざ・ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	緩み土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
トンネル概要		標準断面図	
<p>① トンネル延長：550m</p> <p>② 内空断面積：57.9 m<sup>2</sup></p> <p>③ 竣工年：1979年（昭和54年）</p> <p>④ 地形・地質：最大土被り30m程度，第四紀～新第三紀の低固結の砂岩</p>			
変状概要			
<p>(1) 代表的な変状状況</p> <p>アーチ天端付近にトンネル縦断方向の引張ひび割れが1～2条連続して発生（一部はコールドジョイント）。一部のスパンでは僅かながら側壁・監査廊の沈下が認められる。</p> <p>(2) 変状原因</p> <p>①地形・地質的要因：固結度の低い土砂地山による緩み土圧の増加</p> <p>②設計・施工的要因：コールドジョイントによる不連続面の形成により覆工耐荷力が低下（可能性）。</p>			
変状展開図			

(外力 4)

変状状況写真



写真1：コールドジョイントに連続するひび割れ



写真2：ひび割れ補修工実施後

判定の目安

固結度の低い土砂地山の緩み土圧により、天端の引張ひび割れの発生、コールドジョイントの拡大を助長したものと推察され、これら開口幅の進行が確認されている。「ひび割れ幅 3mm 未満×長さ 5m 以上」に対応するⅢ判定とする。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm 以上	3mm 未満	5m 以上	5m 未満	
覆工	断面内		○	○	○	Ⅱ a, Ⅲ
		○			○	Ⅲ
		○		○		Ⅳ

判定上の留意点

- ① ひび割れの進行性については、代表的な箇所に亀裂計（自動計測が望ましい）設置して観測を行って、進行の状態を詳しく調査し、経時的な変化を確認することが望ましい。

表-5.14 変状事例概要（外力5）

外力5			
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状原因	膨張性土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
トンネル概要		標準断面図	
① トンネル延長：915m ② 内空断面積：42.0 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1967年（昭和42年）			
変状概要			
本トンネルは、最大土被り 200m で、新第三紀凝灰質砂岩、泥岩を通過するトンネルである。起点側の泥岩層区間で、複数個所で著しい膨張性土圧により、覆工の押し出し、せん断ひび割れや圧ざ、盤ぶくれ等の現象が発生している。			
変状展開図			



(外力 5)

変状状況写真



判定の目安

覆工に発生した、外力起因のせん断ひびわれが交差して、一部の覆工コンクリートがブロック化する前の状態になっている。尖端部分で打音異常が認められ、今後、せん断ひび割れの進行に伴い、ブロック化する可能性が高いため、Ⅲ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象 箇所	部位 区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

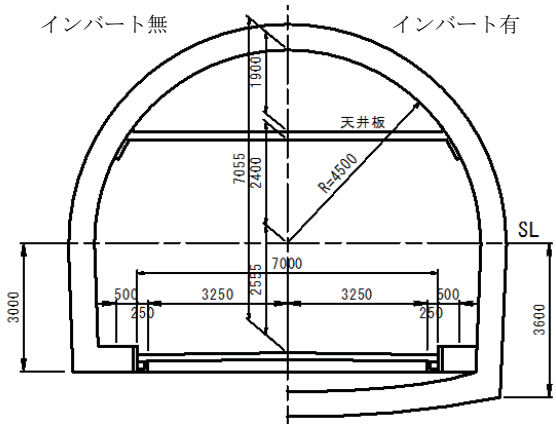
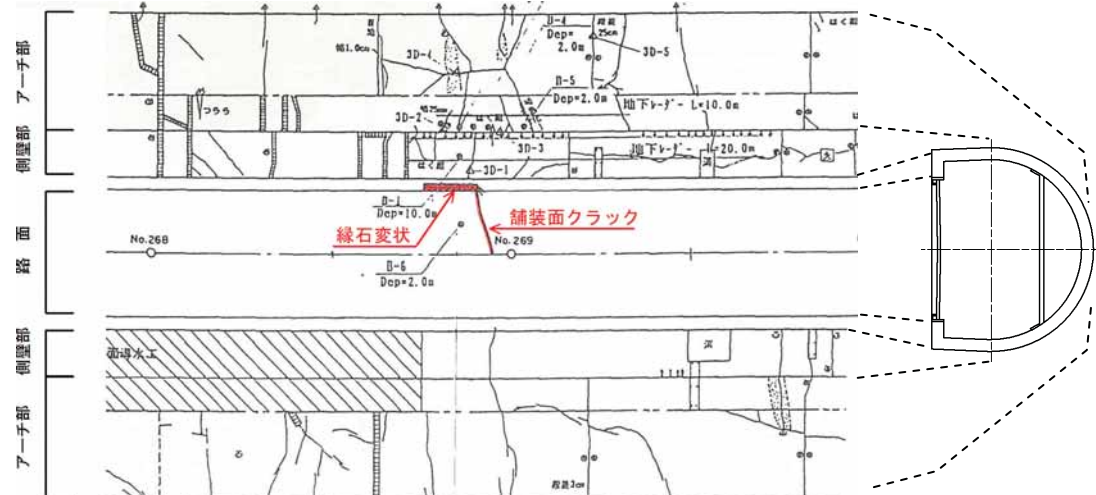
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 外力の判定は、覆工スパン単位で評価するため、他の箇所の「うき、はく離」についても判定した上で、最も低い判定区分で覆工スパンの「うき、はく離」の判定を行う必要がある。
- ② 併せて、「圧ぎ、ひび割れ」に関する判定も行っており、最も低い判定区分で、覆工スパンの外力の判定を決定する。

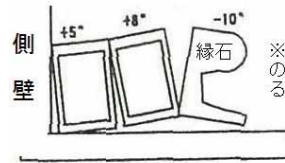
表-5.15 変状事例概要（外力6）

外力6			
変状種類	変形・移動・沈下	対象箇所	路面
部位区分	車道，監査歩廊	変状原因	膨張性土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
トンネル概要		標準断面図	
① トンネル延長：2,620m ② 内空断面積：50.4 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1976年（昭和51年）			
変状概要			
(1) 代表的な変状状況 起点側より 820m 付近および 1770m 付近に盤ぶくれが発生し，側壁部を中心にアンカー工，ロックボルト工を施工。 (2) 推定される変状原因 1) 820m 付近 ・地山のゆるみ，断層等の弱層，膨潤等のクリープ的な挙動 2) 1770m 付近 ・赤褐色～茶褐色を呈する粘土化した凝灰岩が路盤付近に分布，この凝灰岩の成因は粗粒玄武岩の貫入による熱水変質と考えられる（試験結果からは膨潤性を有すると判定）。 ・天端背面には約 60cm の空洞が存在し，緩んだ岩塊が覆工上に乗っている。			
変状展開図			
			

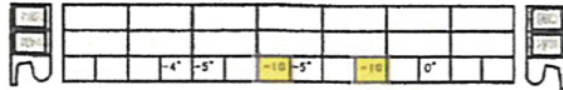


(外力 6)

変状状況写真



※向かって手前側に倒れるのをマイナス、逆側に倒れるのをプラスとした



判定の目安

トンネルの盤ぶくれが進行して、監査歩廊や車道の隆起が著しい状態。年間隆起量 2mm/年でⅢ判定相当とする。

表-4.12 変形速度に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所 (注1)	部位 区分	変形速度				判定 区分
		10mm/年 以上 〔著しい〕	3mm/年以上 10mm/年未満 〔進行が みられる〕	1mm/年以上 3mm/年未満 〔進行が みられる ～緩慢 <sup>注2)</sup> 〕	1mm/年 未満 〔緩慢〕	
覆工 路面 路肩	断面内			○	○	Ⅱb, Ⅱa
			○	○		Ⅲ
		○				Ⅳ

注1) 具体的な変形の着目点には、覆工の内空幅、路面および路肩の沈下や隆起の高さ等がある。路面・路肩の変形は、建築限界への影響、車両通行および歩行の安全性の観点から、変形量も考慮し判定する。

注2) 変形速度 1~3mm/年 の場合の判定例を下記に示す。

Ⅱa: 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)

判定上の留意点

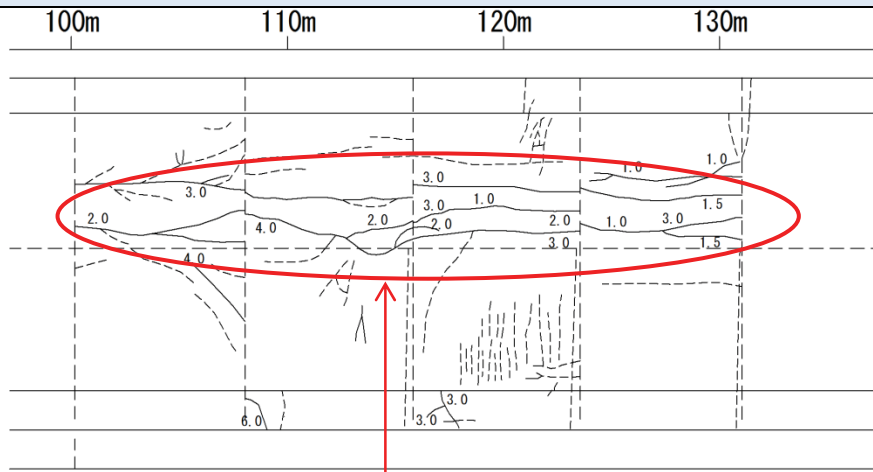
- ① 盤ぶくれは、隆起速度とともに、総隆起量も確認し、極端な凸部間が生じることで車両の通行の支障が生じていないかを考慮して、判定を行う必要がある。
- ② とくにトンネル縦断方向に水準測量を実施して、盤ぶくれ区間を特定するとともに、年間の隆起量の経年変化を継続して把握して、対策時期を決定することが望ましい。

表-5.16 変状事例概要（外力7）

外力7			
変状種類	圧ざ、ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	偏土圧・斜面のクリープ
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要		標準断面図	
<p>① トンネル延長：271m</p> <p>② 内空断面積：30.6 m<sup>2</sup></p> <p>③ 竣工年：1970年（昭和45年）</p> <p>④ 地形・地質：比高差約300m、勾配40～60度の急斜面に建設されたトンネルで、熔結凝灰岩と安山岩熔岩（境界には未固結のスコリア層が挟在）</p>			
変状概要			
<p>(1) 代表的な変状状況</p> <p>1) A 区間(0～131m 間)</p> <p>アーチ山側肩部に最大開口幅 20mm の縦断ひび割れが連続する。特に 60m 付近より改築区間の 130m 地点までの間は、複数の縦断ひび割れが平行して発達する。この区間でのひび割れの開口量は、5年間の累積が 1mm 未満と極めて微小である。</p> <p>2) B 区間(143～218m 間)</p> <p>アーチ山側肩部に最大開口幅 6mm 縦断ひび割れが連続する。この区間でのひび割れの開口量は、異積変位が 0.5mm 以下であり有為な変位は観測されていない。なお傾斜計測定では、微小な変位ではあるが内空が谷側へ傾倒する変位が得られている。</p> <p>(2) 変状原因</p> <p>① 地形的要因：偏土圧（斜面クリープ）の発生（斜め方向の最小土被り 16～18m）</p> <p>② 地質的要因：熔結凝灰岩と安山岩熔岩の境界には未固結のスコリア層が弱層となって変形が進行。また地表面付近は風化が進行して地山の強度が低下しているものと想定（表層崩壊等が発生している）。</p> <p>③ 気象条件：トンネルは標高 600m 以上の山岳地に位置し、かつ谷間に位置している。昼夜および年間の気温差は大きく、雪の多い地域であり冬期間の凍害による覆工の劣化が進行。</p> <p>④ 巻厚不足、背面の空洞の存在</p> <p>トンネル全線にわたり、老朽化のため覆工は劣化している。また、覆工背面には空洞が存在することから、偏圧の作用に対して弱い状態となる。</p> <p>⑤ インバートの未施工、直壁状側壁</p> <p>全線にわたりインバートが施工されていない区間が多く、側壁も直壁であるため、偏圧に対してトンネル全体で応力を保たせることが出来ない。</p>			

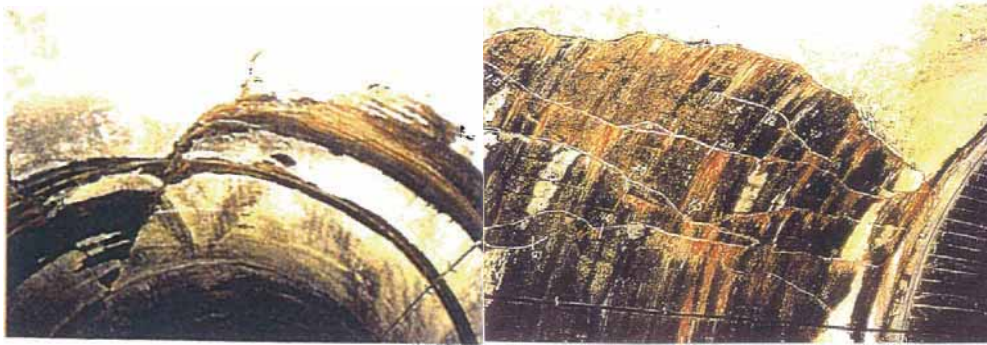
(外力 7)

変状展開図



※外力作用によるひび割れ

変状状況写真



(a) 75m 付近 せん断ひび割れ

(b) 130m 付近 ひび割れの密集

判定の目安

アーチ山側肩部に、複数の縦断ひび割れが平行して発達しており、70m～80m 付近には斜め方向のせん断ひび割れが発達している。側壁の沈下・変形は両側側壁で認められる。

また、トンネルの変状・変形は累積傾向にあり、変位量の増大が認められており、覆工の段差、開口ひび割れ、雁行状ひび割れも顕著な箇所が存在するため、変状種類「圧ざ、ひび割れ」としてはIV判定である。なお、ひび割れの密集により、覆工コンクリートのブロック化による落下が懸念されるため、変状種類「うき、はく離」でもIV判定となる。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm 以上	3mm 未満	5m 以上	5m 未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a, III
		○			○	III
		○		○		IV

判定上の留意点

- ① 外力によるひび割れの発生位置、方向から、トンネル横断面の変形形態を確認した上で、外力の作用方向を想定する必要がある。
- ② 進行性を把握するために、内空断面の形状測量や内空変位量の計測を行うことが望ましい。

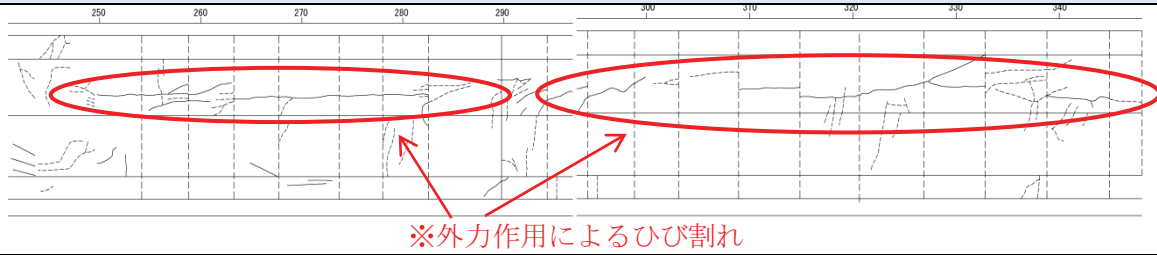
表-5.17 変状事例概要（外力 8）

外力 8			
変状種類	圧ざ、ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	偏土圧・斜面のクリープ
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要	標準断面図		
① トンネル延長：770m ② 内空断面積：30.6 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1970 年（昭和 45 年）			
変状概要			
(1) 代表的な変状状況 1) A 区間(244m～346m 間) アーチ山側肩部に最大開口幅 2 mmの縦断ひび割れが連続している。また、285～300m 間は斜め方向のせん断ひび割れが認められる。漏水は 290m～300m 間及び 315m～330m 間で顕著である。 2) B 区間(583～705m 間) 595m 付近の谷側側壁に段差(15 mm)を伴う開口ひび割れが認められる。また、この区間の前後は側壁部の沈下が認められる。580m 付近により 700m 付近までの谷側～山側アーチ～谷側側壁にかけての約 100m の縦断連続ひび割れがみられる。 (2) 推定される変状原因 ①地形的要因:トンネルは比高差約 300m, 勾配 40～60 度の急斜面内に位置し, 岩盤クリープの発生領域を通過しているものと推定される (トンネルの土被りは 16～43m)。 ②地質による変状要因:トンネル地山の熔結凝灰岩, 安山岩熔岩とも岩自体は硬質であるが, 多亀裂質であり露頭ではブロック状に緩んだ岩相を呈している。初生的な要因もあるが, 斜面内での岩盤クリープによる変形・緩みが進行したためと考えられる。 ③気象条件:トンネルは標高 600m 以上の山岳地に位置し, かつ谷間に位置している。昼夜および年間の気温差は大きく, 雪の多い地域であること冬期間の凍害による覆工の劣化が進行。 ④トンネルの構造 ・巻厚不足, 背面の空洞の存在 トンネル全線にわたり, 老朽化のため覆工は劣化している。また, 覆工背面には空洞が存在することから, 偏圧の作用に対して弱い状態となる。 ・インバートの未施工, 直壁状側壁 全線にわたりインバートが施工されておらず, 側壁も直壁であるため, 偏圧に対してトンネル全体で応力を保たせることが出来ない。 側壁, アーチ部に応力が集中して, この部分でのひび割れの発生や変形, 沈下等が認められる。			



(外力 8)

変状展開図



変状状況写真



250m付近  
山側アーチ部  
ひびわれからの漏水



山側（写真左側）にせん断ひびわれが発生



側壁に延びるせん断ひびわれ

判定の目安

本トンネルの覆工表面に発生しているひび割れは、顕著な進行性は確認されていないが、ひび割れが密集しているため、変状種類「圧ざ、ひび割れ」としてはIV判定である。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm 以上	3mm 未満	5m 以上	5m 未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a, III
		○			○	III
		○		○		IV

判定上の留意点

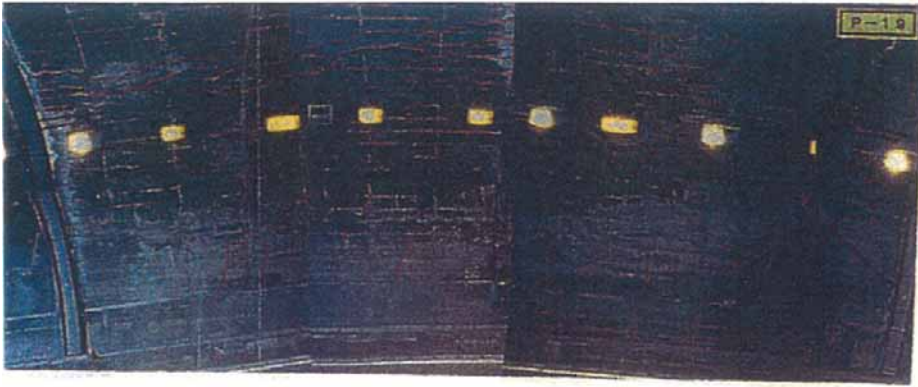
- ① 地表踏査等により、地すべりの発生の有無を確認して、判定に反映させる必要がある。
- ② 進行性の把握には、坑内の計測（内空変位量等）とともに、坑外の調査（ボーリング、孔内傾斜計等）の併用が望ましい。

表-5.18 変状事例概要（外力9）

外力9			
変状種類	圧ざ、ひび割れ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	地すべり
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要		標準断面図	
① トンネル延長：590.5m ② 内空断面積：53.6 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1979年（昭和54年）			
変状概要			
(1) 代表的な変状状況 460～590m 区間にトンネルアーチに密集した、トンネル斜め方向に卓越したせん断ひび割れが密集する。その他の区間でもアーチ山側肩部にトンネル縦断方向ひび割れが発生している。 (2) 推定される変状原因 ダム建設時の付替道路として、ダムの脇の斜面に建設され、その後の発生した地すべりにより変状が発生。トンネル建設中も、変形が発生し、一部サイロット（側壁導坑先進）工法や地すべり対策工を併用して施工した。			
変状展開図			

(外力 9)

変状状況写真



判定の目安

本トンネルの覆工表面に発生しているひび割れは、ひび割れが密集しているため、変状種類「圧ざ、ひび割れ」としてはIV判定である。

表-4.8 調査の結果、ひび割れの進行が確認された場合の判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm 以上	3mm 未満	5m 以上	5m 未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a, III
		○			○	III
		○		○		IV

判定上の留意点

- ① 応急対策工として補強セントル工を設置するとともに、内空変位量等の計測を併用して監視を継続し、残存する耐力を確認しながら管理基準を設けて利用者の安全性を確保する必要がある。

表-5.19 変状事例概要 (外力 10)

外力 10			
変状種類	圧ざ	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	膨張性土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要		標準断面図	
① トンネル延長：915m ② 内空断面積：42.0 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1967年（昭和42年）			
変状概要			
本トンネルは、最大土被り 200m で、新第三紀凝灰質砂岩、泥岩を通過するトンネルである。起点側の泥岩層区間で、複数個所で著しい膨張性土圧により、覆工の押し出し、せん断ひび割れや圧ざ、盤ぶくれ等の現象が発生している。			
変状展開図			
区間 1：側方からの覆工の押し出し 		区間 2：盤ぶくれ 	



変状状況写真	
区間 1 : 側方からの覆工の押し出し	区間 2 : 盤ぶくれ
	
(a)アーチ天端の圧ざ, 右側アーチ覆工の押し出し	(c)上半アーチ脚部～側壁での圧縮破壊 ※著しい盤ぶくれにより, 側壁コンクリートが突き上げられ, 覆工アーチ脚部で圧縮せん断破壊により, 覆工コンクリート塊が落下した状態。
	
(b)圧ざ箇所: 不陸修正され補修モルタルが塗付されている	
※膨張性土圧によりアーチ右側部が押し出され, 天端に圧ざが発生している。応急対策として防護セントルの設置と, 押し出し部分にロックボルトを打設している。	
判定の目安	
覆工コンクリートに「圧ざ」(圧縮破壊域)が確認されれば, すでに覆工の耐荷力は失われているものと考えられるため, IV判定とする。	
判定上の留意点	
① 覆工の内側が圧縮領域となって破壊(圧ざ)に至るまでに, 圧縮ひび割れが発生する場合がありますので, このような兆候を見逃さないことが重要である。また, ひび割れ沿いに打音異常が認められた場合, 覆工の変形の有無に注意して, 外力による判定を行う必要がある。	

表-5.20 変状事例概要 (外力 11)

外力 11			
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	膨張性土圧
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要		標準断面図	
① トンネル延長：915m ② 内空断面積：42.0 m <sup>2</sup> ③ 竣工年：1967年（昭和42年）			
変状概要			
本トンネルは、最大土被り 200m で、新第三紀凝灰質砂岩、泥岩を通過するトンネルである。起点側の泥岩層区間で、複数個所で著しい膨張性土圧により、覆工の押し出し、せん断ひび割れや圧ざ、盤ぶくれ等の現象が発生している。			
変状展開図			

(外力 11)

変状状況写真



写真1：せん断ひび割れ沿いの一部の覆工コンクリートは落下し、残存する部分もブロック化している



写真2：せん断ひび割れが複数発生し、覆工コンクリートが、分割され、ブロック化して崩落する直前の状態

判定の目安

覆工に発生した複数のせん断ひび割れに起因して、覆工コンクリートがブロック化して、はく落する状態であり、IV判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ひび割れ沿いに複数のブロック化した覆工コンクリートが認められる場合、極力、ハンマー打診で叩き落としを行ってから、残ったものに関し判定する必要がある。
- ② ブロック化した覆工コンクリートの落下の恐れがある場合、状況に応じて応急措置（交通規制等）を講じる必要がある。

表-5.21 変状事例概要 (外力 12)

外力 12			
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状原因	地すべり
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
トンネル概要	標準断面図		
① トンネル延長 : 82m ② 内空断面積 : 38.2 m <sup>2</sup> ③ 竣工年 : 1962 年 (昭和 37 年)			

変状概要

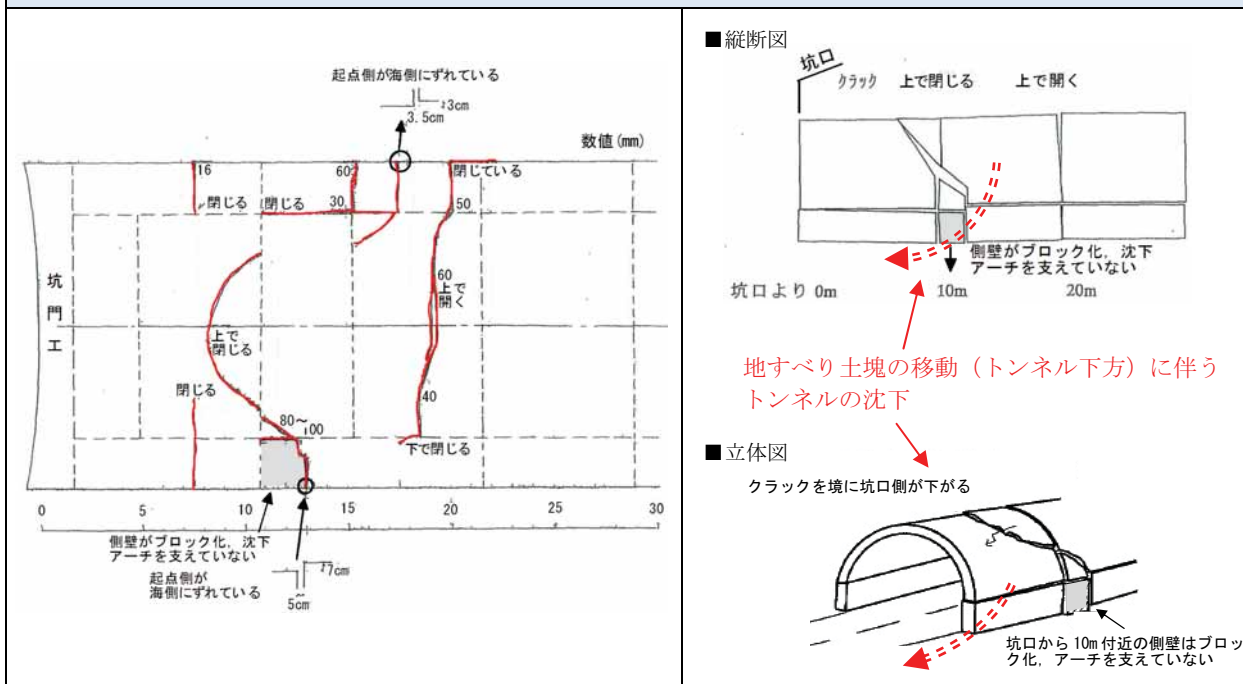
(1) 代表的な変状状況

地すべり面が想定されるトンネル坑口より 10m 程度の覆工に, せん断ひび割れおよび, 横断目地部での段差 (路面まで連続) が発生。地すべり変位に伴うひび割れの進行は認められないが, せん断ひび割れが発生している (トンネルの起点側覆工スパンが沈下し, ひび割れによって覆工がブロック化)。

(2) 変状原因

昭和 38 年に, 豪雪の融雪水の流入および地震が重なり, 安定を保ってきた地すべりの活動が活発化したことによりトンネルに変状が発生したものと推定。

変状展開図・解説図





(外力 12)

変状状況写真

路面のひび割れ，段差

路面に伸びる  
ひび割れ

※アーチ肩～天端部（形鋼系当て板工設置後）

判定の目安

地すべり変位に伴うひび割れの進行は認められないが、地すべりに起因して発生したせん断ひび割れと横断目地で、覆工コンクリートがブロック化しているため、IV判定と評価。なお、応急対策として形鋼・金網工で防護されているが、判定はIVのままである。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。  
 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分II a またはIII（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。  
 ・ブロック化の面積が大きい場合  
 ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合  
 ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合  
 ・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  
 注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ひび割れ沿いの細かなうき、はく離とは視点を変えて、大局的に覆工コンクリートのブロック化の恐れがないか、確認する必要がある。
- ② ブロック化した覆工コンクリートの落下の恐れがある場合、状況に応じて応急措置（交通規制等）を講じる必要がある。

## 5.3 材質劣化によるトンネル変状

### 5.3.1 変状の特徴

材質劣化による変状の原因としては、表-5.22 に示すようにさまざまな原因がある。

表-5.22 材質劣化による変状の原因と特徴（文献2）を加筆修正

変状原因		概要
外因 (環境)	経年劣化	コンクリートの経年劣化の代表的な原因は中性化である。コンクリートの中性化は、主としてコンクリート中の強アルカリ生成物である水酸化カルシウムが、大気中の炭酸ガスと反応してアルカリ性を失い、中性化する現象をいう。
	鋼材腐食	坑門等の鉄筋コンクリート構造物では、中性化の進行等で鋼材の腐食・体積膨張により、鉄筋に沿ったひび割れの助長および鋼材断面の減少・耐荷力低下を生じる可能性がある。
	漏水	漏水は、外力による変状（水圧等）の原因にもなるが、それ以外にも漏水自体が材質劣化を促進する原因となる場合がある。
	凍害	寒冷地のトンネルでは、凍害は覆工の劣化要因の中でもっとも問題となることが多い要因である。凍害の発生機構は、コンクリート中の水分の凍結およびそれにとりもなう体積膨張にある。
	塩害	コンクリート中への塩分浸透は、鋼材腐食を促進させる可能性があり、鋼材腐食による体積膨張でコンクリートにひび割れが生じる。
	有害水	背面地山中の地下水には、火山地帯にみられる酸性水等のように、覆工にとって有害成分を含むものがあり、覆工劣化をもたらす原因となる。
	その他	通行車両の事故による火災時には、コンクリートは高温条件にさらされる。火災による覆工の劣化としては、強度、弾性係数等の力学的性質の低下、コンクリートの表面および内部での爆裂現象、はく離、ひび割れ等が考えられる。また、通行車両の排気ガスや煤煙に含まれる窒素酸化物等が漏水中の水分と化合して強い酸性水を生成する可能性がある。これまでのところ同現象による直接的変状の例は少ない。
内因 (材料・施工)	使用材料	使用材料に起因する変状は、発生時期は早期なものが多い。使用材料の不適切な選定として、セメントの異常凝結や低品質骨材による膨張等がある。またアルカリ骨材反応等の事例も報告されている。
	施工方法	コンクリートの打込み不良や締固め不足によりコールドジョイントや豆板等が形成される場合がある。またセメントの水和熱による温度変化とそれにとりもなう体積変化が地山の拘束を受けた場合に、ひび割れが生じる場合がある。

上表に示す各種の変状原因によって、覆工等にひび割れ、豆板、巻厚不足等の材質劣化による変状が顕在化するが、材質劣化に関する対策区分の判定は、表-5.1 に示したように、以下の変状種類に対して、判定を行うことになる点に留意する必要がある。

- ① うき、はく離
- ② 鋼材腐食（鉄筋腐食含む）
- ③ 有効巻厚の減少

とくに、「①うき、はく離」の判定に際しては、はく落物の規模によってトンネル内の利用者被害を招くおそれがあるため留意する必要がある。参考までに、トンネル坑内で発生するはく落物の分類を図-5.1 に示す。

以下、材質劣化による変状種類毎に変状事例を解説する。

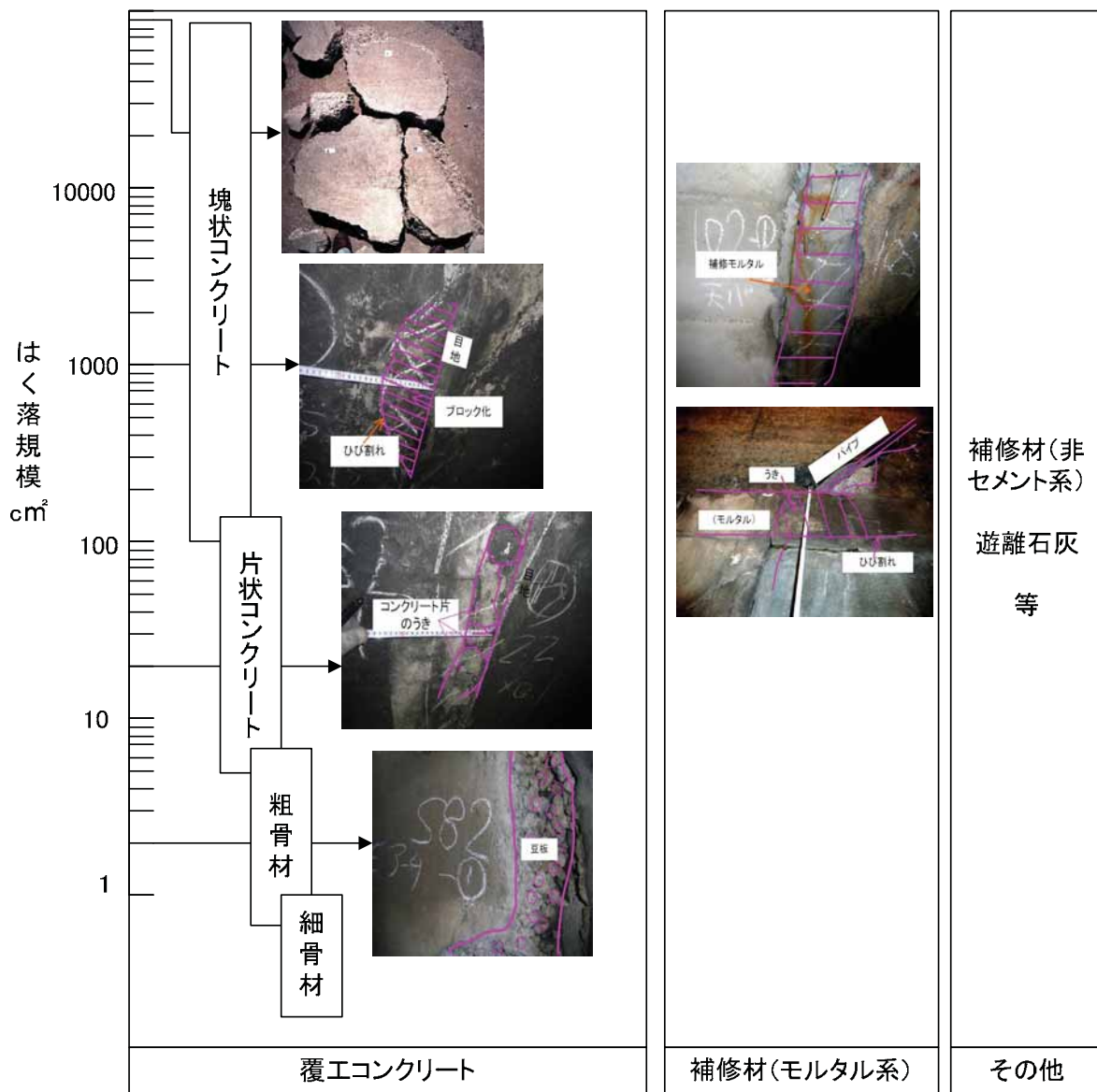


図-5.1 トンネル坑内で発生するはく落物の分類

### 5.3.2 材質劣化による変状の事例

変状原因が材質劣化による事例一覧を表-5.23に示す。表には変状の代表的な写真のほか、判定区分、変状種類、判定の目安、部位区分、変状原因、変状状況もあわせて示した。また、各変状の詳細状況について、表-5.24～表-5.75に示す。

表-5.23(1) 変状事例総括表【材質劣化】（その1）

No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
1	Ⅱb	ひび割れ	ひび割れが閉合し、ブロック化している 打音異常：無	側壁	使用材料・施工不良	不明		側壁に漏水を伴うブロック化したひび割れ	表-5.24
2	I	ひび割れ	軽微なひび割れ	アーチ	使用材料・施工不良	幅 0.4 mm × 長さ 3.9m		アーチ天端にひび割れが発生している	表-5.25
3	I	ひび割れ	軽微なひび割れ	側壁	使用材料・施工不良	幅 0.35 mm × 長さ 3.3m		側壁にひび割れが発生している	表-5.26
4	Ⅱb	ひび割れ	ひび割れはあるが、単独ひび割れで、進行しても閉合の恐れがない	アーチ	使用材料・施工不良	幅 1.8 mm × 長さ 12.5m		アーチ天端に縦断ひび割れが発生している	表-5.27
5	Ⅱb	ひび割れ	ひび割れ等は閉合していないが、進行により閉合が懸念される	アーチ	使用材料・施工不良	幅 0.4 mm × 長さ 5.0m		アーチ天端にひび割れが集中的に発生している	表-5.28
6	Ⅱa	ひび割れ	ひび割れがブロック化している 寒冷地	アーチ横断目地	使用材料・施工不良	幅 3.0 mm × 長さ 0.55m		目地沿いに乾燥収縮によるひび割れが発生している	表-5.29
7	Ⅱa	ひび割れ	ひび割れはあるが、進行しても閉合の恐れがない	アーチ	使用材料・施工不良	幅 3.0 mm × 長さ 7.5m		アーチ天端に縦断ひび割れが発生している	表-5.30



表-5.23(2) 変状事例総括表【材質劣化】(その2)









No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
8	Ⅲ	ひび割れ	覆工コンクリートや骨材が細片化している	アーチ	使用材料・施工不良	幅4.5mm×長さ12m		アーチに横断ひび割れが発生している	表-5.31
9	Ⅱb	うき, はく離	打音異常: 有 軽微なひび割れ	アーチ	使用材料・施工不良	0.20m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.32
10	Ⅱb	うき, はく離	打音異常: 有	アーチ	使用材料・施工不良	0.36m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.33
11	Ⅱb	うき, はく離	打音異常: 有	アーチ	使用材料・施工不良	0.10m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.34
12	Ⅱb	うき, はく離	打音異常: 有 一部叩き落とし	側壁	使用材料・施工不良	0.16m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.35
13	Ⅱa	うき, はく離	打音異常: 無 ブロック化の兆候	アーチ 横断目地	使用材料・施工不良	0.01m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのはく離の兆候がある	表-5.36
14	Ⅱa	うき, はく離	打音異常: 無 ブロック化の兆候	アーチ 横断目地	使用材料・施工不良	0.11m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのはく離の兆候がある	表-5.37
15	Ⅱa	うき, はく離	打音異常: 無 ブロック化の兆候	アーチ 横断目地	使用材料・施工不良	0.40m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのはく離の兆候がある	表-5.38

表-5.23(3) 変状事例総括表【材質劣化】(その3)

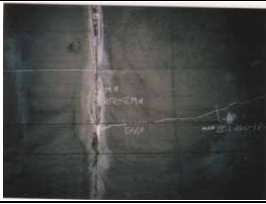


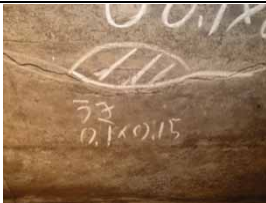

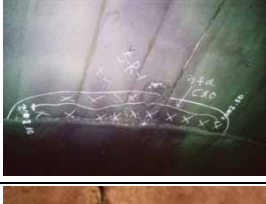
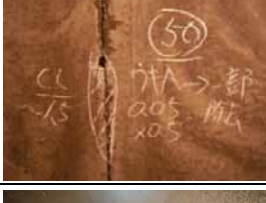

No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
16	Ⅲ	うき, はく離	打音異常:有 ブロック化の兆候	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.06m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきがみられる	表-5.39
17	Ⅲ	うき, はく離	打音異常:無 将来豆板部が劣化する可能性大	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.01m <sup>2</sup>		覆工コンクリートの豆板がみられる	表-5.40
18	Ⅲ	うき, はく離	打音異常:無 将来豆板部が劣化する可能性大	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.40m <sup>2</sup>		覆工コンクリートの豆板がみられる	表-5.41
19	Ⅲ	うき, はく離	打音異常:有 閉合が懸念される	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.015m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.42
20	Ⅳ	うき, はく離	打音異常:有 ブロック化	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.25m <sup>2</sup>		覆工コンクリート等のはく離が顕著にみられる	表-5.43
21	Ⅳ	うき, はく離	打音異常:有 ブロック化	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.36m <sup>2</sup>		覆工コンクリート等のはく離が顕著にみられる	表-5.44
22	Ⅳ	うき, はく離	打音異常:有 ブロック化	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.025m <sup>2</sup>		覆工コンクリート等のはく離が顕著にみられる	表-5.45
23	I	うき, はく離	打音異常:無	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.329m <sup>2</sup>		はく落跡がある	表-5.46

表-5.23(4) 変状事例総括表【材質劣化】 (その4)

No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
24	I	うき, はく離	打音異常: 無 うき部分を完全に叩き落とした	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.04m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきがみられる	表-5.47
25	I	うき, はく離	打音異常: 無 将来豆板部が劣化する可能性	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.20m <sup>2</sup>		覆工コンクリートの豆板がみられる	表-5.48
26	II b	うき, はく離	打音異常: 無 ブロック化している	側壁	使用材料・ 施工不良	0.48m <sup>2</sup>		亀甲状のひび割れが閉合している	表-5.49
27	II b	うき, はく離	打音異常: 有 一部叩き落とせない箇所がある	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.03m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきがみられる	表-5.50
28	II b	うき, はく離	打音異常: 無 横断目地での段差の側面が劣化している	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	15mm (目地部の段差)		横断目地に段差が発生している	表-5.51
29	II a	うき, はく離	打音異常: 無 ブロック化している	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.13m <sup>2</sup>		目地沿いに発生したひび割れが閉合してブロック化している	表-5.52
30	II a	うき, はく離	打音異常: 無 閉合しつつある	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.005m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきがみられる	表-5.53
31	II a	うき, はく離	打音異常: 無 覆工コンクリートや骨材が細片化している	アーチ 横断目地	使用材料・ 施工不良	0.06m <sup>2</sup>		覆工コンクリートや骨材が細片化している	表-5.54

表-5.23(5) 変状事例総括表【材質劣化】(その5)









No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
32	Ⅲ	うき、はく離	打音異常：有ブロック除去後も濁音	アーチ横断目地	使用材料・施工不良	0.12m <sup>2</sup>		覆工コンクリートのうきの兆候がある	表-5.55
33	Ⅱb	鋼材腐食	打音異常：無鉄筋発錆	アーチ	使用材料・施工不良	0.0025m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.56
34	Ⅱb	鋼材腐食	打音異常：無発錆	側壁	使用材料・施工不良	0.0025m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.57
35	Ⅱb	鋼材腐食	打音異常：無鉄筋発錆	側壁	使用材料・施工不良	0.0009m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.58
36	Ⅱa	鋼材腐食	打音異常：無鋼材発錆進行	アーチ	使用材料・施工不良	0.12m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.59
37	Ⅱa	鋼材腐食	打音異常：無鋼材発錆進行	アーチ	使用材料・施工不良	0.12m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.60
38	Ⅱa	鋼材腐食	打音異常：無鋼材発錆進行	坑門	使用材料・施工不良	0.15m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.61
39	Ⅲ	鋼材腐食	打音異常：有鋼材発錆進行	アーチ	使用材料・施工不良	0.18m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出している	表-5.62




表-5.23(6) 変状事例総括表【材質劣化】（その6）

No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
40	III	鋼材腐食	打音異常：有 鋼材発錆進行	アーチ	使用材料・ 施工不良	3.15m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出している	表-5.63
41	III	鋼材腐食	打音異常：有 鋼材発錆進行	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.05m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出している	表-5.64
42	IV	鋼材腐食	打音異常：有 鋼材発錆進行 コンクリート劣化	アーチ	使用材料・ 施工不良	3.04m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく断面欠損している	表-5.65
43	IV	鋼材腐食	打音異常：有 鋼材発錆進行 コンクリート劣化	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.04m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく断面欠損している	表-5.66
44	IV	鋼材腐食	打音異常：有 鋼材発錆進行 コンクリート劣化	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.10m <sup>2</sup>		アーチ部表面に鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく断面欠損している	表-5.67
45	I	鋼材腐食	打音異常：無 軽微な腐食	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.0009m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.68
46	IIb	鋼材腐食	打音異常：無 表面的に腐食	アーチ	使用材料・ 施工不良	0.005m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.69
47	IIb	鋼材腐食	打音異常：有 ブロック化の兆候	アーチ 横断 目地	使用材料・ 施工不良	0.03m <sup>2</sup>		アーチ部表面に非構造鋼材が露出している	表-5.70

表-5.23(7) 変状事例総括表【材質劣化】（その7）

No.	判定区分	変状種類	判定の目安	部位区分	変状原因	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
48	II b	有効巻厚の減少	打音異常：無 有効巻厚 2/3以上	アーチ	施工不良・凍害	0.10m <sup>2</sup>		表面に粗骨材が露出しているが、有効巻厚の減少はほとんど見られない	表-5.71
49	III	有効巻厚の減少	打音異常：有 有効巻厚 1/2	アーチ	施工不良・凍害	0.20m <sup>2</sup>		凍害の進行により巻厚が減少	表-5.72
50	III	有効巻厚の減少	打音異常：有 有効巻厚 1/2	アーチ	施工不良・凍害	0.45m <sup>2</sup>		横断目地部の豆板箇所 で凍害により巻厚が減少	表-5.73
51	IV	有効巻厚の減少	打音異常：有 断面欠損	アーチ	施工不良・凍害	2.40m <sup>2</sup>		横断目地部の豆板箇所 で凍害により断面が欠損	表-5.74
52	IV	有効巻厚の減少	打音異常：有 断面欠損	アーチ	施工不良・凍害	0.50m <sup>2</sup>		凍害の進行により断面が欠損	表-5.75

表-5.24 変状事例概要（材質劣化1）

材質劣化1					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	不明	打音異常	無
はく落物	—	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb判定
変状概要			変状状況写真		
漏水を伴うブロック化したひび割れ。					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。打音異常がなく、発生部位が側壁であるため利用者被害の可能性が低いことからⅡb判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ


- 注1) 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。
- 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
  - ・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
- 注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の進行がある場合はⅡa～Ⅳ判定となる。
- ② 漏水はにじみ程度であるため、Ⅱb判定。



表-5.25 変状事例概要（材質劣化2）

材質劣化2					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 0.4mm× 長さ 3.9m	打音異常	不明
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	I 判定
変状概要	変状状況写真				
アーチ天端部にひび割れ。 （前回点検時：幅 0.4mm×長さ 3.9m）					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。坑口パターンの鉄筋の拘束による乾燥収縮ひび割れと考えられ、前回点検時からひび割れの進行が認められないことから I 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ひび割れが進行して閉合の懸念や打音異常がある場合は II b～IV 判定となる。

表-5.26 変状事例概要（材質劣化3）

材質劣化3					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 0.35mm ×長さ 3.3m	打音異常	不明
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	I 判定
変状概要			変状状況写真		
側壁からアーチにかけて発生しているひび割れ。					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。覆工スパンの中間付近に発生する乾燥収縮および温度伸縮によるものと考えられるひび割れであり、発生部位が側壁で利用者被害がないと想定されることから I 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 単独のひび割れであり、打音異常もないが、ひび割れの進行により閉合が懸念される場合は、II b 判定。

表-5.27 変状事例概要（材質劣化4）

材質劣化4					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 1.8mm× 長さ 12.5m	打音異常	不明
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ天端部に縦断ひび割れ。 （前回点検時：幅 0.5～1.1mm×長さ 12.0m）					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。前回点検時からひび割れ幅が増大しているが単独のひび割れであり、アーチ天端付近に発生する乾燥収縮および温度伸縮によるものと考えられる縦断ひび割れであることから II b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>


対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。  
 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。  
 ・ブロック化の面積が大きい場合  
 ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合  
 ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合  
 ・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  
 注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 前回点検からひび割れ幅が増大しているが、前回点検と今回点検の坑内環境（温度および湿度等）を勘案してひび割れの評価を行うことが重要である。

表-5.28 変状事例概要（材質劣化5）

材質劣化 5					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 0.4mm× 長さ 5.0m	打音異常	不明
はく落物	片状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ天端部にひび割れが複数発生している。 (幅 0.4mm×長さ 5.0m, 幅 0.3mm×長さ 3.0m, 幅 0.4mm×長さ 3.2m, 他 8 箇所)					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。打音異常が不明であるが「無」と仮定した場合、ひび割れが集中的に発生しているが、内空断面計測結果に変位の進行は見受けられなかったことから II b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点


① さらに、ひび割れが進行してブロック化や打音異常がある場合は II a～IV 判定となる。



表-5.29 変状事例概要（材質劣化6）

材質劣化6					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ、横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 3.0mm×長さ 0.55m	打音異常	不明
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真				

目地沿いに乾燥収縮によるひび割れ



判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。打音異常が不明であるが「無」と仮定した場合、開口幅が 3.0mm であること、寒冷地であり、温度変化による膨張収縮等によりひび割れが進行し、うき、はく落となる可能性があるため、Ⅱa 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱb によることを基本とするが、下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

① ひび割れ等がさらに進行し、打音異常がある場合は判定ランクを上げてⅢ～Ⅳ判定。

表-5.30 変状事例概要（材質劣化7）

材質劣化7					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 3.0mm× 長さ 7.5m	打音異常	不明
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチに縦断方向ひび割れ。					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。打音異常が不明であるが「無」と仮定した場合、アーチ天端付近に発生する乾燥収縮および温度伸縮によるものと考えられる縦断ひび割れであり、単独のひび割れでブロック化の可能性が低いこと、内空断面計測から変位はないが、開口幅が 3.0mm であることを勘案し、Ⅱa 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常		
			有	無 <sup>注2)</sup>	
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	→ Ⅱa
		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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ	

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱb によることを基本とするが、下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

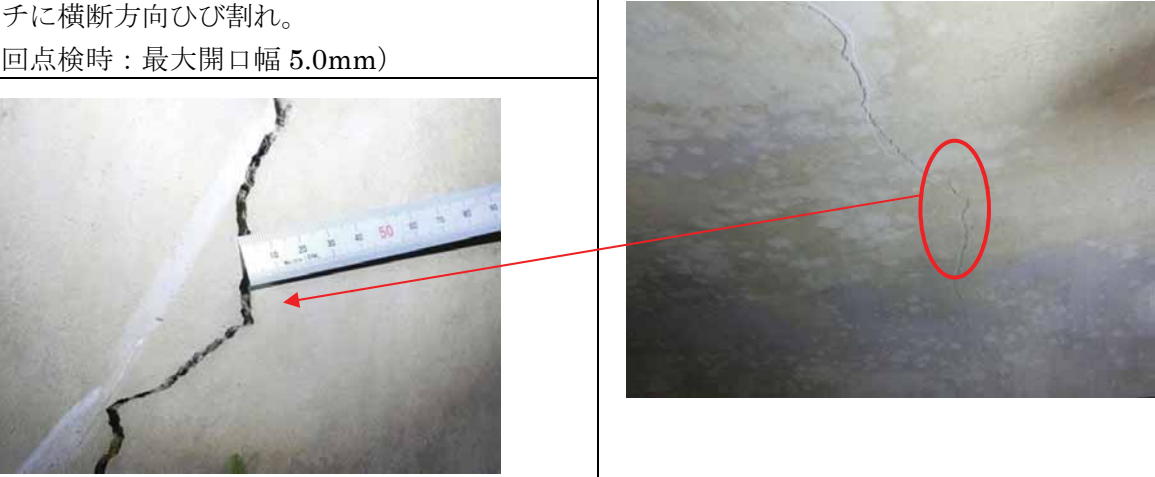

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 単独のひび割れであるが、打音異常があり、ひび割れの進行により閉合が懸念される場合はⅢ判定。

表-5.31 変状事例概要 (材質劣化 8)

材質劣化 8					
変状種類	ひび割れ	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	幅 4.5mm× 長さ 12.0m	打音異常	不明
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真				
アーチに横断方向ひび割れ。 (前回点検時：最大開口幅 5.0mm)					
					

判定の目安

材質劣化によるひび割れについては、利用者の安全性に及ぼす影響の観点から、「うき、はく離」によって判定する。打音異常は不明であるが、単独のひび割れであり、スパンの中間に発生する乾燥収縮に起因する横断ひび割れと考えられ、内空断面計測から変位はないが、開口幅が 4.5mm と大きく、ひび割れ沿いで覆工コンクリートが小片化して落下することを勘案し、Ⅲ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ(進行性が著しい場合)とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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


注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 単独のひび割れであるが、打音異常があり、ひび割れの進行によりコンクリートの小片のはく落が懸念される場合は判定ランクを上げてⅣ判定。



表-5.32 変状事例概要（材質劣化9）

材質劣化9					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.20m <sup>2</sup> (0.1m×2.0m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートにうきの兆候がある。					

判定の目安

打音異常はあるが、ブロック化の兆候はないため、Ⅱb判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>


対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

- 注1) 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。
- 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
  - ・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
- 注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の兆候がみられる場合は、Ⅲ判定となる。

表-5.33 変状事例概要（材質劣化10）

材質劣化 10					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.36m <sup>2</sup> (0.6m×0.6m)	打音異常	有
はく落物	補修材 (セメント系)	施工方法	矢板工法	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
吹付けコンクリート表面に, うきの兆候がある(ハンマー打診で, 除去後)。					

判定の目安

吹付けコンクリート自体は打音異常があるが, ひび割れ等が発生してブロック化する兆候はないため, II b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ひび割れ等によって, 吹付けコンクリートがブロック化の兆候がみられる場合は, III判定となる。

表-5.34 変状事例概要 (材質劣化 11)

材質劣化 11					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.10m <sup>2</sup> (0.1m×1.0m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートにうきの兆候がある。					

判定の目安

打音異常はあるが、ブロック化の兆候はないため、Ⅱb と判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

- 注1) 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。
- 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱb によることを基本とするが、下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
  - ・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
- 注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の兆候がみられる場合は、Ⅲ判定となる。

表-5.35 変状事例概要 (材質劣化 12)

材質劣化 12					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.16m <sup>2</sup> (1.6m×0.1m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	II b 判定
変状概要	変状状況写真				
目地部のうき。一部で叩き落としを実施。					

判定の目安

目地モルタルが材質劣化し、打音異常があるためⅢ判定となるが、はく離の一部を叩き落としで除去したこと、および発生部位が側壁で利用者被害の可能性は低いため、Ⅱb判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

→Ⅱb  
はく離部を叩き落としで除去

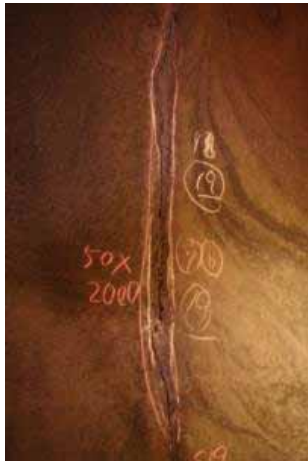
- 注1) ブロック化とは、ひび割れ等が単独またはひび割れと目地、コールドジョイント等で閉合し、覆工が分離した状態をいう。
- 注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
  - ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合
- 注3) 補修材等のうき、はく離については、本体工に生じるうきに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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 措置後の判定は叩き落としきれなかった箇所の規模や打音異常から総合的に判断することが必要。



表-5.36 変状事例概要（材質劣化13）

材質劣化13					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.01m <sup>2</sup> (0.05m×2.0m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
横断目地沿いの覆工コンクリートの一部でひび割れが発生し, はく離の兆候がある。					

判定の目安

打音異常が認められないが, ひび割れと横断目地で, ブロック化している。ハンマー打診で落下しないが, ひび割れ幅が開口した場合, コンクリート片の落下による利用者被害の恐れがあることからⅡa 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分Ⅱb によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

① 今後, ひび割れが深部まで進展し, 打音異常が認められればⅢ～Ⅳ判定となる。

表-5.37 変状事例概要 (材質劣化 14)

材質劣化 14					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.11m <sup>2</sup> (0.05m×2.2m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートにはく離の兆候がある。					

判定の目安

打音異常が認められないが、ひび割れ等が閉合しブロック化の兆候があり、コンクリート片の落下による利用者被害の恐れがあることからⅡa判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している	Ⅳ	Ⅱb, <b>Ⅱa</b> , Ⅲ
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ(進行性が著しい場合)とするなどを検討することが望ましい。

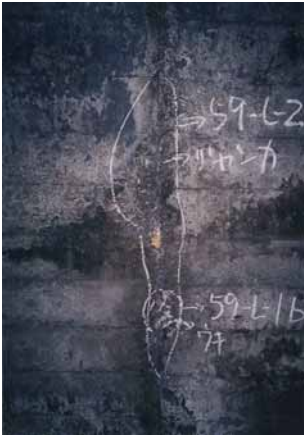
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の進行により打音異常が確認されれば、Ⅲ判定となる。

表-5.38 変状事例概要（材質劣化 15）

材質劣化 15					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.40m <sup>2</sup> (0.2m×2.0m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート ・コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートにはく離の兆候がある。					

判定の目安

打音異常が認められないが、覆工コンクリートに豆板があり材質劣化しており、コンクリート片等の落下による利用者被害の恐れがあることからⅡa判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, <b>Ⅱa</b> , Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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


注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 経年で打音異常が認められれば、Ⅳ判定となる。



表-5.39 変状事例概要（材質劣化 16）

材質劣化 16					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.06m <sup>2</sup> (0.6m×0.1m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートのうきがみられる。					

判定の目安

打音異常があり, 点検時にはひび割れ等は閉合してはいないがアーチ部であり, ひび割れの進行により閉合が懸念されるため, Ⅲ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分Ⅱbによることを基本とするが, 下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ(進行性が著しい場合)とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注3) 補修材等のうき, はく離については, 本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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 側壁部で同様な変状がある場合は, 利用者被害の可能性の有無を判定に考慮する。

表-5.40 変状事例概要（材質劣化 17）

材質劣化 17					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.01m <sup>2</sup> (0.2m×0.05m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートの豆板がみられる。					

判定の目安

打音異常が認められないが、アーチ部で覆工コンクリートの劣化が進行しているため、コンクリート片等の落下による利用者被害の恐れがあることからⅢ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 側壁部で同様な変状がある場合は、利用者被害の可能性の有無を判定に考慮する。

表-5.41 変状事例概要（材質劣化 18）

材質劣化 18					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.40m <sup>2</sup> (0.4m×1.0m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートの豆板がみられる。					

判定の目安

打音異常が認められないが、アーチ部で覆工コンクリートの劣化が進行しているため、コンクリート片等の落下による利用者被害の恐れがあることからⅢ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

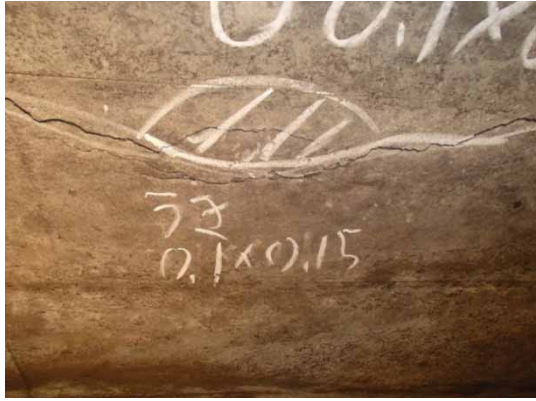
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 側壁部で同様な変状がある場合は、利用者被害の可能性の有無を判定に考慮する。

表-5.42 変状事例概要 (材質劣化 19)

材質劣化 19					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.015m <sup>2</sup> (0.1m×0.15m)	打音異常	有
はく落物	片状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ天端部のひび割れ沿いのうき。					

判定の目安

打音時に濁音が確認され、ひび割れの進行により閉合が懸念されるため、Ⅲ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>②</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ(進行性が著しい場合)とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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


注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化する場合はⅣ判定。



表-5.43 変状事例概要（材質劣化 20）

材質劣化 20					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.25m <sup>2</sup> (0.5m×0.5m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートのはく離が顕著にみられる。					

判定の目安

打音異常があり, 覆工コンクリートがひび割れによってブロック化して, 一部は落下しているため, IV判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

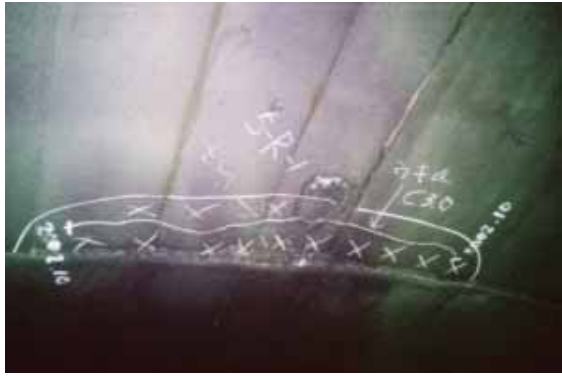
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注3) 補修材等のうき, はく離については, 本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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化した覆工コンクリートの落下のおそれがある場合, 状況に応じて応急措置(交通規制等)を講じる必要がある。

表-5.44 変状事例概要（材質劣化 21）

材質劣化 21					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.36m <sup>2</sup> (1.8m×0.2m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートのはく離が顕著にみられる。					

判定の目安

打音異常があり, ひび割れと横断目地で覆工コンクリートがブロック化しているため, IV判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分 II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分 II a または III (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

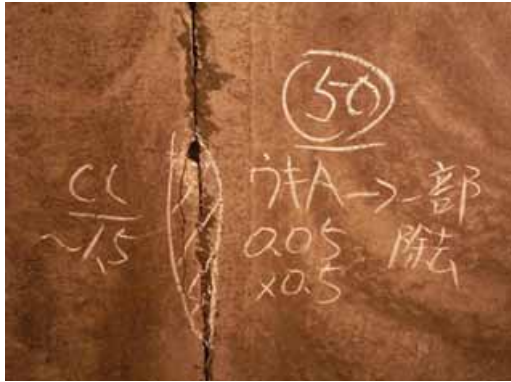
- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化した覆工コンクリートの落下のおそれがある場合, 状況に応じて応急措置 (交通規制等) を講じる必要がある。

表-5.45 変状事例概要（材質劣化 22）

材質劣化 22					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.025m <sup>2</sup> (0.5m×0.05m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
覆工コンクリートのはく離が顕著にみられる。					

判定の目安

打音異常があり、ひび割れと横断目地で覆工コンクリートがブロック化している。天端付近であり、うきの一部を叩き落として除去したが、残存するうきはひび割れ幅が開口した場合等で落下する可能性もあるため、IV判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分II a またはIII（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

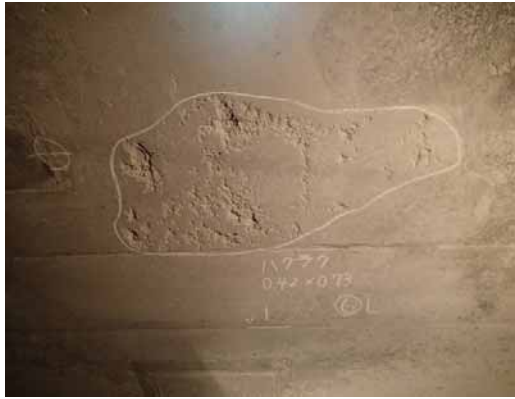
注3) 補修材等のうき、はく離については、本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため、発生位置等を考慮し、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化したコンクリート片が小さい場合は、ハンマー等で除去して残存する部分で判定を行う。
- ② ただし、横断目地付近においてハンマー等で除去できない場合は、必要に応じて応急措置（金網等によるはく落防止措置）を講じておくことが望ましい（応急対策の適用に時間を要する場合）。



表-5.46 変状事例概要 (材質劣化 23)

材質劣化 23					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.329m <sup>2</sup> (0.45m×0.73m)	打音異常	無
はく落物	片状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	I 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチにはく落跡。					

判定の目安

はく落跡があるが、打音異常がなく、叩き落としで除去できる部分もないため、I 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① はく落跡があり、現状では叩き落とす箇所もないが、変状規模の拡大の可能性を考慮し、記録しておくことが望ましい。

表-5.47 変状事例概要 (材質劣化 24)

材質劣化 24					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.04m <sup>2</sup> (0.4m×0.1m)	打音異常	有 → 無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	Ⅲ判定→Ⅰ判定
変状概要			変状状況写真		
目地沿いにうき, 叩き落とし実施前はⅢ判定。					
<p>叩き落とし実施前</p>					

判定の目安

うき部分を完全に叩き落とすことができたため, 措置後の判定はⅠ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分Ⅱbによることを基本とするが, 下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注3) 補修材等のうき, はく離については, 本土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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 措置後の判定は叩き落とさきれなかった箇所の規模や打音異常から総合的に判断することが必要である。

表-5.48 変状事例概要（材質劣化 25）

材質劣化 25					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.20m <sup>2</sup> (1.0m×0.2m)	打音異常	無
はく落物	粗骨材, 細骨材	施工方法	NATM	判定区分	I 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部に豆板（ジャンカ）がある。					

判定の目安

打音異常がなく、覆工表面の骨材の露出規模を勘案し、はく落の可能性は低いと判断し、I 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分 II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分 II a または III（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 骨材の露出状況、はく落物の規模等により II b 以上の判定となる。

表-5.49 変状事例概要（材質劣化 26）

材質劣化 26					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.48m <sup>2</sup> (0.8m×0.6m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
側壁に亀甲状ひび割れが発生しており, 閉合している。					

判定の目安

打音異常がなく, 亀甲状ひび割れが閉合しているが, 発生部位が側壁で利用者被害の可能性は低いいため, II b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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


注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の進行により II a~IVとなる。



表-5.50 変状事例概要（材質劣化 27）

材質劣化 27					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.03m <sup>2</sup> (0.3m×0.1m)	打音異常	有
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
目地沿いにうき。叩き落とし実施前はIII判定。			<p>措置部：含浸接着剤塗布</p> 		

判定の目安

目地沿いのうきは叩き落としにより落としきれなかった部分があるが、はく落の可能性は低いため、措置後の判定はII b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分II b によることを基本とするが、下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注3) 補修材等のうき、はく離については、本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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 措置後の判定は叩き落としきれなかった箇所の規模や打音異常から総合的に判断することが必要である。

表-5.51 変状事例概要 (材質劣化 28)

材質劣化 28					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	15mm (目地部の段差)	打音異常	無
はく落物	—	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
横断目地に段差が発生し, 側面が劣化している。(前回点検時: 段差 15mm)					

判定の目安

材質劣化によるひび割れ等については, 利用者の安全性に及ぼす影響の観点から, 「うき, はく離」によって判定する。コンクリートの打込み時期が異なる部位の境界で段差が確認できないことから, 覆工施工時の型枠設置のずれ等に起因した横断目地の段差であると判断される目地部側面が劣化しているが打音異常がないため, II b 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

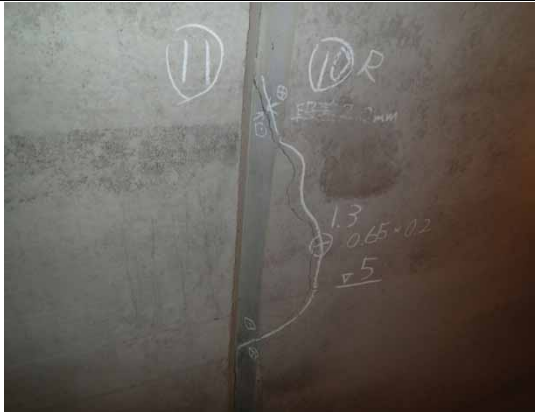
- 注1) ブロック化とは, ひび割れ等が単独またはひび割れと目地, コールドジョイント等で閉合し, 覆工が分離した状態をいう。
- 注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分II a またはIII (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。
- ・ブロック化の面積が大きい場合
  - ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
  - ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
  - ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合
- 注3) 補修材等のうき, はく離については, 本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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① アーチと側壁, 側壁と舗装の境界に連続して段差等がある場合は外力の作用によって段差が生じている可能性があるため, 別途外力の判定を行う必要がある。



表-5.52 変状事例概要（材質劣化 29）

材質劣化 29					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断 目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.13m <sup>2</sup> (0.65m×0.2m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ目地部に発生したひび割れが閉合して ブロック化している。 (ひび割れ幅 1.3mm, 段差 2mm)					

判定の目安

打音異常が無く、アーチ横断目地沿いのひび割れが閉合しブロック化しており、ブロックに段差があり、ブロック化が進行しているため、Ⅱa 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象 箇所	部位 区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している	Ⅳ	Ⅱb, <b>Ⅱa</b> , Ⅲ
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱb によることを基本とするが、下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の進行によりⅢ～Ⅳとなる。

表-5.53 変状事例概要（材質劣化 30）

材質劣化 30					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.005m <sup>2</sup> (0.05m×0.1m)	打音異常	無
はく落物	片状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真				
アーチのひび割れ沿いにうき。					

判定の目安

ひび割れの進行により閉合しつつある。打音異常はないが、発生部位がアーチであり、ひび割れ幅が開口した場合等でコンクリート片の落下による利用者被害の恐れがあることを考慮し、Ⅱa 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している	Ⅳ	Ⅱb, <b>Ⅱa</b> , Ⅲ
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合、判定区分Ⅱbによることを基本とするが、下記の場合は判定区分ⅡaまたはⅢ（進行性が著しい場合）とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して、ブロック化している場合
- ・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

注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、判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① ブロック化の進行によりⅢとなる。

表-5.54 変状事例概要 (材質劣化 31)

材質劣化 31					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.06m <sup>2</sup> , 0.01m <sup>2</sup> (0.6m×0.1m, 0.2m×0.05m)	打音異常	無
はく落物	塊状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	II a 判定

変状概要	変状状況写真
アーチ目地沿いとうき。	

判定の目安

打音異常がなく, 目視点検による目地周辺のひび割れ等も確認できないが, 目地部の覆工コンクリートに細片化している箇所があるため, II a 判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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	II b	
		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	II b
		ひび割れ等が閉合しブロック化している	IV	II b, II a, III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している <sup>注3)</sup>	III, IV	II b, II a, 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	IV	II b, II a, III

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分 II b によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分 II a または III (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。


- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 細片化が進行し, はく落が懸念される場合は判定ランクを上げて III 判定。

表-5.55 変状事例概要 (材質劣化 32)

材質劣化 32					
変状種類	うき, はく離	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.12m <sup>2</sup> (0.15m×0.8m)	打音異常	有
はく落物	片状コンクリート	施工方法	NATM	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ目地部のうき。(叩き落とし後の写真。)					

判定の目安

ひび割れがブロック化しており, 叩き落としによるブロック除去後も打音検査で濁音箇所があるため, Ⅲ判定とする。

表-4.10 うき・はく離等に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

対象箇所	部位区分	ひび割れ等の状況 <sup>注1)</sup>	打音異常	
			有	無 <sup>注2)</sup>
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している <sup>注3)</sup>	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	Ⅳ	Ⅱb, Ⅱa, Ⅲ

注1) 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。

注2) 打音異常が認められない場合, 判定区分Ⅱb によることを基本とするが, 下記の場合は判定区分Ⅱa またはⅢ (進行性が著しい場合) とするなどを検討することが望ましい。

- ・ブロック化の面積が大きい場合
- ・ひび割れの発生状況や劣化の状況から落下の危険性が考えられる場合
- ・ひび割れの閉合が進行して, ブロック化している場合
- ・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

注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, 判定することが望ましい。

判定上の留意点

- ① 措置後の判定は叩き落としきれなかった箇所の規模や打音異常から総合的に判断することが必要。

表-5.56 変状事例概要（材質劣化 33）


材質劣化 33					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.0025m <sup>2</sup> (0.05m×0.05m)	打音異常	無
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に非構造鋼材が露出している。					
判定の目安					
露出した鋼材の表面が腐食しているが小面積であるため、II b 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 露出した鋼材が、構造用の鋼材（支保工等）であるかを確認する必要がある。					



表-5.57 変状事例概要 (材質劣化 34)


材質劣化 34					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.0025m <sup>2</sup> (0.05m×0.05m)	打音異常	無
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に鋼材（鉄片）が露出している。					
判定の目安					
表面的に鋼材が腐食しているが小面積であるため、II b 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 構造用の鋼材であれば防錆対策が必要であり、それを判定に考慮する必要がある。					



表-5.58 変状事例概要 (材質劣化 35)


材質劣化 35					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	側壁
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.0009m <sup>2</sup> (0.03m×0.03m)	打音異常	無
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に鋼材（鉄片）が露出している。					
判定の目安					
表面的に鋼材が腐食しているが小面積であるため、Ⅱb 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 露出した鋼材が、構造用鋼材で無いことの確認が必要。					

表-5.59 変状事例概要（材質劣化 36）


材質劣化 36					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.12m <sup>2</sup> (0.1m×1.2m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面のコンクリートが欠落し、非構造用の鋼材が露出している。					
判定の目安					
鋼材の露出面にうき錆がみられるため、Ⅱa 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 鋼材の錆の進行で周囲の覆工コンクリートのうき、はく離が進行するか判定に考慮する必要がある。					

表-5.60 変状事例概要（材質劣化 37）


材質劣化 37					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.12m <sup>2</sup> (0.3m×0.4m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に非構造用の鋼材（鉄片）が露出している。					
判定の目安					
鋼材の露出面にうきや錆がみられるため、Ⅱa 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 鋼材の錆の進行で周囲の覆工コンクリートのうき, はく離が進行するか判定に考慮する必要がある。					

表-5.61 変状事例概要 (材質劣化 38)

材質劣化 38					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	坑門	部位区分	坑門
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.15m <sup>2</sup> (0.5m×0.3m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に非構造の鋼材が露出している。					
判定の目安					
鋼材全周にうき錆がみられるため、Ⅱa 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 周辺の覆工コンクリートがハンマー打診で欠落する場合は、Ⅲ～Ⅳ判定にする必要がある。					

表-5.62 変状事例概要 (材質劣化 39)


材質劣化 39					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.18m <sup>2</sup> (0.6m×0.3m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に鉄筋が露出し, 腐食している。					
判定の目安					
腐食により鋼材の断面欠損がみられるため, Ⅲ判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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	Ⅱb	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			
	Ⅱa	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			
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 構造用鋼材であり, 早期に防錆対策を行う必要があることを判定に考慮。					



表-5.63 変状事例概要（材質劣化 40）

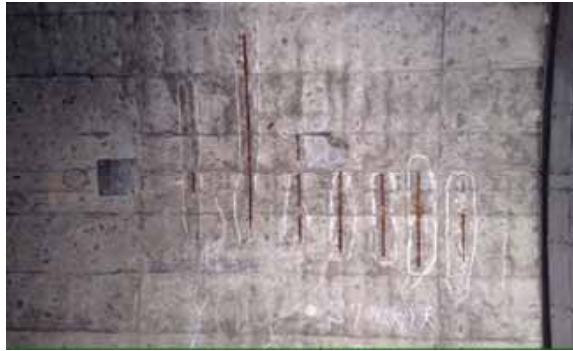
材質劣化 40																
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ											
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	3.15m <sup>2</sup> (1.5m×2.1m)	打音異常	有											
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定											
変状概要			変状状況写真													
アーチ部表面に鉄筋が露出し、腐食している。																
判定の目安																
腐食により鋼材の断面欠損がみられるため、Ⅲ判定とする。																
<p style="text-align: center;"><b>表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup></b></p> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">I</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">II</td> <td style="text-align: center;">II b</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">II a</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IV</td> <td>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</td> </tr> </table>						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
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															
注1) 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。																
判定上の留意点																
① 今後、鉄筋の腐食によって広範囲で、覆工コンクリートの劣化が進行する恐れがあることを、判定に考慮。																



表-5.64 変状事例概要 (材質劣化 41)



材質劣化 41					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.05m <sup>2</sup> (0.15m×0.3m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に鉄筋が露出している。					
判定の目安					
腐食により鋼材の断面欠損がみられるため、Ⅲ判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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	Ⅱb	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			
	Ⅱa	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			
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 鋼材自体の腐食による断面欠損の程度に応じて、判定を行う。					

表-5.65 変状事例概要 (材質劣化 42)

材質劣化 42					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	3.04m <sup>2</sup> (1.6m×1.9m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく断面欠損している。					

判定の目安

腐食により鋼材の著しい断面欠損がみられるため、IV判定とする。

表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup>


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

注1) 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。

判定上の留意点

- ① 鋼材自体の断面欠損の進行とともに、周辺の覆工コンクリートの状態も総合的に判断して、判定に考慮する。

表-5.66 変状事例概要 (材質劣化 43)

材質劣化 43					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.04m <sup>2</sup> (0.4m×1.0m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に広範囲に鉄筋が露出しており、鉄筋が著しく断面欠損している。					

判定の目安

腐食により鋼材の著しい断面欠損がみられるため、IV判定とする。

表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup>

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

注1) 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。

判定上の留意点

① 鋼材の断面欠損の度合いより、その影響を考慮して判定する。

表-5.67 変状事例概要 (材質劣化 44)


材質劣化 44														
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ									
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.10m <sup>2</sup> (1.0m×0.1m)	打音異常	有									
はく落物	コンクリート粗骨 材・モルタル分, 鋼材	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定									
変状概要			変状状況写真											
<p>鉄筋腐食にともなってアーチ部表面の覆工コンクリートがブロック化しており、内部の鉄筋も著しく断面欠損している。</p>														
判定の目安														
腐食により鋼材の著しい断面欠損がみられるため、IV判定とする。														
<p>表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">II</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>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</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>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</td> </tr> </tbody> </table> <p>注1) 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。</p>						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
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													
判定上の留意点														
① 腐食した鋼材周辺の覆工コンクリートの落下の有無も判定に考慮する。														

表-5.68 変状事例概要 (材質劣化 45)


材質劣化 45					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.0009m <sup>2</sup> (0.03m×0.03m)	打音異常	無
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	NATM	判定区分	I 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に非構造鋼材が露出している。					
判定の目安					
表面的に鋼材が腐食している。腐食も軽微で措置を必要としないため、I 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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			
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 露出した鋼材が構造用鋼材で無いことの確認が必要。					



表-5.69 変状事例概要 (材質劣化 46)



材質劣化 46																
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ											
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.005m <sup>2</sup> (0.05m×0.1m)	打音異常	無											
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定											
変状概要			変状状況写真													
アーチ部表面に非構造鋼材が露出している。																
判定の目安																
<p>表面的に鋼材が腐食しているため、II b 判定とする。</p> <p style="text-align: center;"><b>表-4.16 覆工補修・補強材等<sup>注1)</sup>の鋼材腐食に対する判定区分<sup>1)</sup></b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">I</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">II</td> <td style="border: 2px solid red;">II b</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>II a</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IV</td> <td>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</td> </tr> </table> <p>注1) 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。</p>						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
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															
判定上の留意点																
① 露出した鋼材が構造用鋼材で無いことの確認が必要。																



表-5.70 変状事例概要 (材質劣化 47)

材質劣化 47					
変状種類	鋼材腐食	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ, 横断目地
変状原因	使用材料・施工不良	変状規模	0.03m <sup>2</sup> (0.1m×0.3m)	打音異常	有
はく落物	コンクリートモルタル分, 鋼材	施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要			変状状況写真		
アーチ部表面に非構造鋼材が露出している。					
判定の目安					
表面的に鋼材が腐食しているため、II b 判定とする。					
表-4.16 覆工補修・補強材等 <sup>注1)</sup> の鋼材腐食に対する判定区分 <sup>1)</sup>					
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				
注1) 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。					
判定上の留意点					
① 露出した鋼材が構造用鋼材で無いことの確認が必要。					

表-5.71 変状事例概要 (材質劣化 48)

材質劣化 48					
変状種類	有効巻厚の減少	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	施工不良・凍害	変状規模	0.10m <sup>2</sup> (1.0m×0.1m)	打音異常	無
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要			変状状況写真		
<p>アーチ部表面に粗骨材が露出しているが、有効巻厚の減少はほとんど見られない。また打音異常も認められない。</p>					

判定の目安

冬期の凍害によって、今後、変状が進行する可能性があり、Ⅱb と判定する。

表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例 (矢板工法の場合)<sup>2)</sup>

箇所	主な原因	有効巻厚/設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	Ⅱb
			○		Ⅱa, Ⅲ
		○			Ⅲ, Ⅳ

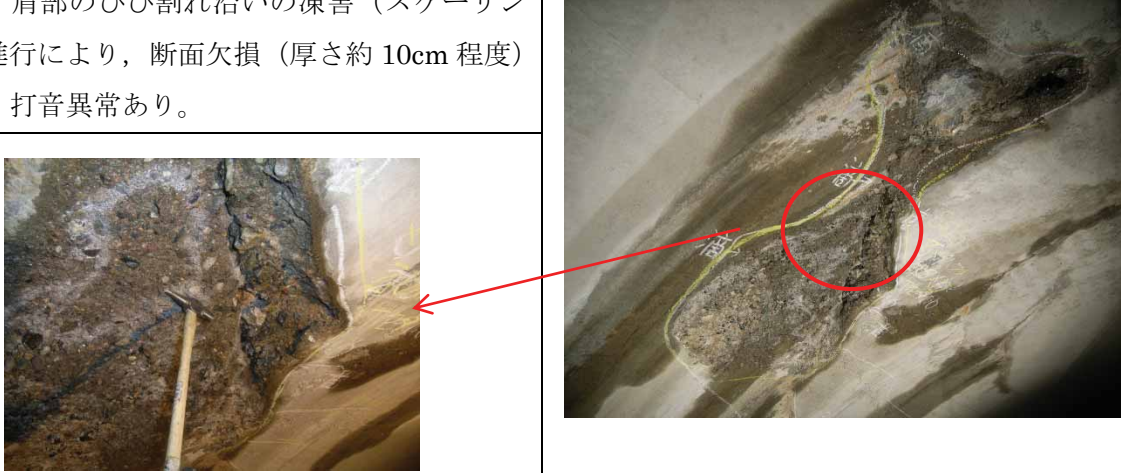
注1) 有効巻厚/設計巻厚が 1/2 未満は判定区分Ⅲ、1/2~2/3 は判定区分Ⅱa を基本とするが、巻厚不足に起因するひび割れや変形の発生が認められる場合、判定区分をそれぞれⅣ、Ⅲへ1ランク上げることが望ましい。  
 なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は 15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。

判定上の留意点

- ① ハンマー打診によって粗骨材等がはく落しないことが、有効巻厚の減少に関するⅡb 判定の条件である。もし、はく落の可能性があれば、別途「うき、はく離」で判定を行う必要がある。

表-5.72 変状事例概要 (材質劣化 49)

材質劣化 49					
変状種類	有効巻厚の減少	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	施工不良・凍害	変状規模	0.20m <sup>2</sup> (2.0m×0.1m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定

変状概要	変状状況写真
<p>アーチ肩部のひび割れ沿いの凍害（スケーリング）の進行により、断面欠損（厚さ約 10cm 程度）が発生。打音異常あり。</p>	

判定の目安

設計巻厚 60cm に対し、欠損厚さは 10cm 程度であるが、残存する覆工コンクリートも豆板状で、有効巻厚として評価できないこと、ひび割れ（覆工を貫通）によって、覆工コンクリートの分離面が形成されていることから、有効巻厚は 1/2 程度と推定し、Ⅲ判定とする。

表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例（矢板工法の場合）<sup>2)</sup>


箇所	主な原因	有効巻厚/設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	Ⅱb
			○		Ⅱa, Ⅲ
		○			Ⅲ, Ⅳ

注1) 有効巻厚/設計巻厚が 1/2 未満は判定区分Ⅲ、1/2~2/3 は判定区分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、判定区分をそれぞれⅣ、Ⅲへ1ランク上げることが望ましい。  
 なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は 15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。

判定上の留意点

- ① 打音異常があり、粗骨材等がはく落するため、別途「うき、はく離」ではⅣ判定となる。

表-5.73 変状事例概要（材質劣化 50）

材質劣化 50					
変状種類	有効巻厚の減少	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	施工不良・凍害	変状規模	0.45m <sup>2</sup> (0.3m×1.5m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要			変状状況写真		
<p>アーチ天端部の横断目地境界で豆板状の覆工コンクリートが、凍害（スケーリング）の進行により、断面欠損（厚さ約 5cm 程度）が発生。打音異常あり。</p>					

判定の目安

残存する覆工コンクリートも、横断目地付近で十分な締固めが行われておらず、深部まで豆板状で、巻厚もかなり薄いことから、有効巻厚は 1/2 程度と推定し、Ⅲ判定とする。

表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例（矢板工法の場合）<sup>2)</sup>

箇所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	Ⅱb
			○		Ⅱa, <b>Ⅲ</b>
		○			Ⅲ, Ⅳ

注1) 有効巻厚／設計巻厚が 1/2 未満は判定区分Ⅲ、1/2~2/3 は判定区分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、判定区分をそれぞれⅣ、Ⅲへ1ランク上げることが望ましい。  
なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は 15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。

判定上の留意点

① 打音異常があり、粗骨材等がはく落するため、別途「うき、はく離」ではⅣ判定となる。



表-5.74 変状事例概要（材質劣化 51）



材質劣化 51					
変状種類	有効巻厚の減少	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	施工不良・凍害	変状規模	2.40m <sup>2</sup> (3.0m×0.8m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
<p>アーチ天端部の横断目地境界で豆板状の覆工コンクリートが、凍害（スケーリング）の進行により、欠損し、背面の地山が露出。打音異常あり。</p>					
判定の目安					
<p>覆工コンクリートが欠損し背面の地山が露出しており、IV判定とする。周囲の覆工巻厚も薄く、十分な強度を有さない（豆板状）。</p>					
<p>表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例（矢板工法の場合）<sup>2)</sup></p>					
箇所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	II b
			○		II a, III
		○			III <b>IV</b>
<p>注1) 有効巻厚／設計巻厚が 1/2 未満は判定区分III、1/2～2/3 は判定区分II a 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、判定区分をそれぞれIV、IIIへ1ランク上げることが望ましい。          なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。</p>					
判定上の留意点					
<p>① 打音異常があり、粗骨材等がはく落するため、別途「うき、はく離」でもIV判定となる。          ② 覆工背面に広範囲に空洞が残存しており、別途、背面空洞調査を実施し、「突発性の崩壊」による外力の判定を行う必要がある。</p>					

表-5.75 変状事例概要（材質劣化 52）

材質劣化 52					
変状種類	有効巻厚の減少	対象箇所	覆工	部位区分	アーチ
変状原因	施工不良・凍害	変状規模	0.50m <sup>2</sup> (1.0m×0.5m)	打音異常	有
はく落物	コンクリート粗骨材・モルタル分	施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要			変状状況写真		
<p>アーチ肩部で豆板状の覆工コンクリートが、凍害（スケーリング）の進行により、欠損し、背面の地山が露出。打音異常あり。</p>					
判定の目安					
<p>覆工コンクリートが欠損し背面の地山が露出しており、IV判定とする。周囲の覆工巻厚も薄く、十分な強度を有さない（豆板状）。</p>					
<p>表-4.18 有効巻厚の減少に対する判定の目安例（矢板工法の場合）<sup>2)</sup></p>					
箇所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚 <sup>注1)</sup>			判定区分
		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			○	II b
			○		II a, III
		○			III IV
<p>注1) 有効巻厚／設計巻厚が 1/2 未満は判定区分III、1/2～2/3 は判定区分II a 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、判定区分をそれぞれIV、IIIへ1ランク上げることが望ましい。 なお、有効巻厚としてはコンクリートの設計基準強度以上の部分とし、設計基準強度が不明な場合は15N/mm<sup>2</sup> 以上の部分とする。</p>					
判定上の留意点					
<p>① 打音異常があり、粗骨材等がはく落するため、別途「うき、はく離」でもIV判定となる。 ② 覆工背面に空洞が残存しており、別途、背面空洞調査を実施し、「突発性の崩壊」による外力の判定を行う必要がある。</p>					







## 5.4 漏水によるトンネル変状

### 5.4.1 変状の特徴

漏水による変状は、表-4.20 に示した判定の目安を参考に、表-5.76 に示す漏水の度合いと利用者被害の有無の観点より、対策区分の判定を行う。

表-5.76 漏水の度合い<sup>2)</sup>

漏水の度合	噴出	流下	滴水	浸出（にじみ）
漏水の状態	水圧の作用により水が噴き出している	自然流下のような状態で、連続的に水が流出している	ポタポタと落ちるような状態で、断続的に水が流出している	表面が濡れている状態で、滴水等はない
模式図				 覆工 ひび割れ

このため、同じ覆工部位から同等量の漏水が発生していても、利用者被害の有無によって、判定が異なる点に留意する必要がある。

また、坑内で観察される漏水の量は、点検の時期や降雨の影響で大きく異なる場合があるため、トンネルの管理者等より実際の漏水の状態等に関して情報を得た上で、これらを判定に考慮することが望ましい。

## 5.4.2 漏水による変状の事例

変状原因が漏水による事例一覧を表-5.77 に示す。表には変状の代表的な写真のほか、判定区分、変状種類（漏水度合）、判定の目安、部位区分、変状状況もあわせて示した。また、各変状の詳細状況について、表-5.78～表-5.104 に示す。

表-5.77(1) 変状事例総括表【漏水】（その1）

No.	判定区分	変状種類 (漏水度合)	判定の目安	部位区分	変状規模	変状写真	状況	参照表番号
1	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	アーチ	(対策規模) 延長 5m × トンネル 全周		アーチ天端のひび割れからの遊離石灰を伴う漏水	表-5.78
2	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	側壁	延長 0.5m × 周長 2m		側壁横断目地からの遊離石灰を伴う漏水	表-5.79
3	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	側壁	延長 6m × 周長 2m		側壁ひび割れからの漏水	表-5.80
4	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	側壁	延長 0.5m × 周長 2m (1箇所当たり)		側壁横断目地からの漏水	表-5.81
5	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	側壁	延長 4m × 周長 2m		水平打継目からの再漏水	表-5.82
6	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	側壁	延長 8m × 周長 3m		水平打継目からの漏水	表-5.83
7	Ⅱb	にじみ	利用者への影響：無	アーチ	にじみ程度		アーチのひび割れからの漏水	表-5.84

表-5.77(2) 変状事例総括表【漏水】（その2）


No.	判定区分	変状種類 (漏水度合)	判定の目安	部位区分	変状規模	変状写真	状況	参照 表番号
8	Ⅱb	にじみ	利用者への 影響：無	アーチ	延長 0.15m × 周長 1.4m		アーチから 漏水	表-5.85
9	Ⅱb	にじみ	利用者への 影響：無	アーチ	延長 0.2m × 周長 4.5m		アーチのひ び割れから 遊離石灰を 伴う漏水	表-5.86
10	Ⅱa	滴水	利用者への 影響：有	アーチ	延長 0.5m × 周長 7m		アーチ横断 目地からの 漏水	表-5.87
11	Ⅱa	滴水	利用者への 影響：有	横断 目地	延長 0.5m × 周長 8m		アーチひび 割れからの 漏水	表-5.88
12	Ⅱa	滴水	利用者への 影響：有	アーチ	延長 2m × 周長 7m		アーチコー ルドジョイ ントからの 漏水	表-5.89
13	Ⅲ	流下	利用者への 影響：有	アーチ	延長 2m × トンネル 全周		アーチ天端 の豆板部か らの漏水	表-5.90
14	Ⅲ	流下	利用者への 影響：有	アーチ	延長 1m × 周長 8m		アーチコー ルドジョイ ントからの 漏水	表-5.91
15	Ⅲ	流下	利用者への 影響：有	アーチ	延長 0.5m × 周長 6m		アーチ横断 目地からの 再漏水	表-5.92

表-5.77(3) 変状事例総括表【漏水】（その3）



No.	判定区分	変状種類 (漏水度合)	判定の目安	部位区分	変状規模	変状写真	状況	参照 表番号
16	IV	噴出	利用者への 影響：有	アーチ	延長 1m × 周長 4m		アーチコー ルドジョイ ントからの 漏水	表-5.93
17	IV	噴出	利用者への 影響：有	アーチ	延長 0.5m × 周長 8m		アーチ横断 目地からの 漏水	表-5.94
18	II a	滞水	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 2m × 周長 2m		監査歩廊お よび車道へ の滞水	表-5.95
19	II a	滞水	利用者への 影響：有	側壁	延長 30m × トンネル 全周		車道への滞水	表-5.96
20	II a	滞水	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 3m × 周長 2.5m		監査歩廊お よび車道へ の滞水	表-5.97
21	III	滞水	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 10m × 周長 3m		水平打継目 からの再漏 水(流下)に より監査歩 廊および車 道に滞水	表-5.98
22	III	滞水	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 8m × 周長 2m		側壁ひび割 れからの漏 水	表-5.99
23	II a	滞水	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 1.2m × 周長 10.5m		監査歩廊お よび車道へ の滞水	表-5.100

表-5.77(4) 変状事例総括表【漏水】（その4）

No.	判定区分	変状種類 (漏水度合)	判定の目安	部位区分	変状規模	変状写真	状況	参照 表番号
24	Ⅲ	つらら・側氷	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 6m × 周長 2m		水平打継目 からの漏水 で側氷が形 成	表-5.101
25	Ⅳ	つらら・側氷	利用者への 影響：有	横断 目地	(漏水箇所) 延長 0.5m × 周長 6m		横断目地か らの再漏水 で、つらら が形成	表-5.102
26	Ⅳ	つらら・側氷	利用者への 影響：有	アーチ	(漏水箇所) 延長 3m × 周長 6m		アーチコー ルドジョイ ントからの 漏水によ り、つらら が形成	表-5.103
27	Ⅳ	つらら・側氷	利用者への 影響：有	側壁	(漏水箇所) 延長 6m × 周長 2m		水平打継目 からの漏水 により側氷 が形成	表-5.104

表-5.78 変状事例概要（漏水1）

漏水1			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 5m×トンネル全周
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要	変状状況写真		
アーチ天端のひび割れからの遊離石灰を伴う漏水（にじみ）。			

判定の目安

アーチ「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、Ⅱb 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる）。

注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、側水等による道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。



表-5.79 変状事例概要（漏水 2）

漏水 2			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	延長 0.5m×周長 2m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要	変状状況写真		
側壁横断目地からの遊離石灰を伴う漏水（にじみ）。			

判定の目安

側壁「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、II b 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。

注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.80 変状事例概要（漏水 3）

漏水 3			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	延長 6m×周長 2m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要		変状状況写真	
側壁ひび割れからの漏水（にじみ）。			

判定の目安

側壁「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、II b 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。


注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。
- ② NATM のトンネルにおいて、ひび割れの発生原因として水圧の作用等の外力の作用の疑いがある場合、別途外力の判定もあわせて実施する。また必要に応じて、ひび割れの発生原因や進行性確認のための調査を計画する。

表-5.81 変状事例概要（漏水4）

漏水4			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	延長 0.5m×周長 2m (1箇所)
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb判定
変状概要	変状状況写真		
側壁横断目地からの漏水（にじみ）。			

判定の目安

側壁「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、Ⅱb判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる）。


注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.82 変状事例概要（漏水5）

漏水5			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	延長 4m×周長 2m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要		変状状況写真	
水平打継目からの再漏水（にじみ）。			

判定の目安

側壁「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、Ⅱb 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる）。


注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.83 変状事例概要（漏水6）

漏水 6			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	延長 8m×周長 3m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要		変状状況写真	
水平打継目からの漏水（にじみ）。			

判定の目安

側壁「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、Ⅱb 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>

箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		判定区分 <sup>㉒</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>㉓</sup>	
アーチ	漏水			○	○	○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>㉓</sup>
		○				○		Ⅲ
	つらら					○	○	Ⅳ
側壁	漏水			○		○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>㉓</sup>
		○				○		Ⅲ
	側氷					○	○	Ⅱb
路面	土砂流出					○	○	Ⅲ, Ⅳ
						○	○	Ⅲ, Ⅳ
	滞水					○	○	Ⅱb
						○	○	Ⅲ, Ⅳ
凍結					○	○	Ⅱb	
					○	○	Ⅲ, Ⅳ	

注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判定区分はⅠとなる）。


注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模， および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.84 変状事例概要（漏水7）

漏水7			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	にじみ程度
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要	変状状況写真		
アーチの最大幅0.25mmのひび割れから漏水（にじみ）。			

判定の目安

アーチ「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、II b 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。

注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、つららによる道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

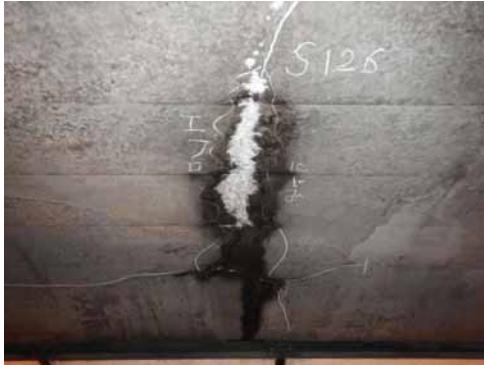
注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模，および部位区分の影響を考慮し判定。



表-5.85 変状事例概要（漏水 8）

漏水 8			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.15m×周長 1.4m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	NATM	判定区分	II b 判定
変状概要		変状状況写真	
アーチから漏水（にじみ）。			

判定の目安

アーチ「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、II b 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。

注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模，および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.86 変状事例概要（漏水9）

漏水9			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.2m×周長 4.5m
漏水の度合	にじみ	利用者への影響	無
施工方法	NATM	判定区分	Ⅱb 判定
変状概要	変状状況写真		
縦断ひび割れに遊離石灰を伴う漏水（にじみ）。			

判定の目安

アーチ「漏水（にじみ）」、利用者への影響「無」であり、Ⅱb 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる）。


注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模、および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.87 変状事例概要 (漏水 10)

漏水 10			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.5m×周長 7m
漏水の度合	滴水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱ a 判定
変状概要		変状状況写真	
アーチの横断目地からの漏水 (滴水)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (滴水)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅱ a 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>


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

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡ b とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.88 変状事例概要 (漏水 11)

漏水 11			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.5m×周長 8m
漏水の度合	滴水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真		
アーチのひび割れからの漏水 (滴水)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (滴水)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅱa 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.89 変状事例概要 (漏水 12)

漏水 12			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 2m×周長 7m
漏水の度合	滴水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真		

アーチのコールドジョイントからの漏水 (滴水)。



判定の目安

アーチ「漏水 (滴水)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅱa 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる)。


注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、つららによる道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.90 変状事例概要 (漏水 13)

漏水 13			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 2m×トンネル全周
漏水の度合	流下	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真		
アーチの豆板部からの漏水 (流下)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (流下)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>

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


注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。



表-5.91 変状事例概要 (漏水 14)

漏水 14			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 1m×周長 8m
漏水の度合	流下	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真		
アーチのコールドジョイントからの漏水 (流下)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (流下)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

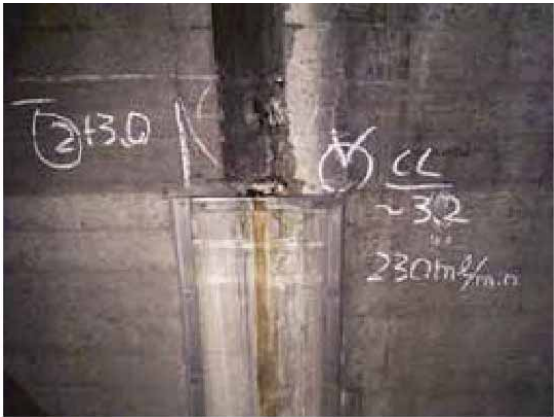
箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		判定区分 <sup>2)</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>1)</sup>	
アーチ	漏水			○	○	○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>注3)</sup>
		○				○		Ⅲ
	つらら					○	○	Ⅳ
側壁	漏水			○		○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>注3)</sup>
		○				○		Ⅲ
	側水					○	○	Ⅱb
路面	土砂流出					○	○	Ⅲ, Ⅳ
						○		Ⅱb
	滞水					○	○	Ⅲ, Ⅳ
						○	○	Ⅱb
凍結			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

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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、側水等による道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.92 変状事例概要 (漏水 15)

漏水 15			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.5m×周長 6m
漏水の度合	流下	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真		
アーチの横断目地からの再漏水 (流下)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (流下)」, 利用者への影響「有」であり, Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>


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

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.93 変状事例概要 (漏水 16)

漏水 16			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 1m×周長 4m
漏水の度合	噴出	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要	変状状況写真		
アーチコールドジョイントからの漏水 (噴出)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (噴出)」, 利用者への影響「有」であり, IV判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>


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

注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判定区分はIとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.94 変状事例概要 (漏水 17)

漏水 17			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	延長 0.5m×周長 8m
漏水の度合	噴出	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要		変状状況写真	
アーチの横断目地からの漏水 (噴出)。			

判定の目安

アーチ「漏水 (噴出)」, 利用者への影響「有」であり, IV判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉑</sup>


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

注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判定区分はIとなる)。  
 注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

① 降雨の履歴や規模, および部位区分の影響を考慮し判定。

表-5.95 変状事例概要 (漏水 18)

漏水 18			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 2m×周長 2m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真		
監査歩廊および車道への滞水 (坑内粉じん堆積を伴う)。			

判定の目安

路面滞水, 利用者への影響「有」とⅢ判定であるが, 監査歩廊上の滞水 (漏水の流下) であり, ほとんど利用者 (歩行者) の通行がないため, 1 ランク下げてⅡa 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

→Ⅱa


注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡb とする。

判定上の留意点

- ① トンネルの通行者, 自転車等の交通量・状態を判定に考慮する場合がある。



表-5.96 変状事例概要 (漏水 19)

漏水 19			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 30m×周長 3m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱ a 判定
変状概要	変状状況写真		
車道への滞水。			

判定の目安

路面滞水，利用者への影響「有」とⅢ判定であるが，路肩の滞水（漏水の流下）であり，利用者（通行車両）への影響が少ないため，1ランク下げてⅡa判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>4)</sup>

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

→Ⅱ a


注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判定区分はⅠとなる）。  
 注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、側水等による道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① トンネルの通行者，自転車等の交通量・状態を判定に考慮する場合がある。



表-5.97 変状事例概要 (漏水 20)

漏水 20			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 3m×周長 2.5m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅱa 判定
変状概要	変状状況写真		
監査歩廊および車道への滞水 (坑内粉じんを伴う)。			

判定の目安

路面滞水, 利用者への影響「有」とⅢ判定であるが, 監査歩廊上の滞水 (漏水の流下) であり, ほとんど利用者 (歩行者) の通行がないため, 1ランク下げてⅡa判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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


→Ⅱa

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① トンネルの通行者, 自転車等の交通量・状態を判定に考慮する場合がある。

表-5.98 変状事例概要（漏水 21）

漏水 21			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 10m×周長 3m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要		変状状況写真	
水平打継目からの再漏水（流下）により監査歩廊および車道に滞水している。			

判定の目安

側壁「漏水（流下）」、利用者への影響「有」。路面滞水、利用者への影響「有」であり、Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる）。


注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① 漏水が恒常的に監査歩廊～車道に流下している状態を考慮して判定。
- ② トンネルの通行者、自転車等の交通量・状態を判定に考慮する場合がある。

表-5.99 変状事例概要 (漏水 22)

漏水 22			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 8m×周長 2m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	NATM	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真		
側壁ひび割れからの漏水 (流下)。			

判定の目安

側壁「漏水 (流下)」, 利用者への影響「有」でⅡa 判定であるが, 路面滞水, 利用者への影響「有」で, Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はⅠとなる)。  
 注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, 側水等による道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。  
 注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① 漏水が恒常的に監査歩廊～車道に流下している状態を考慮して判定。
- ② NATM のトンネルで, 他区間に同様な滞水がない場合は, 本区間を要対策として評価することが望ましい。

表-5.100 変状事例概要（漏水 23）

漏水 23			
変状種類	漏水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 1.2m×周長 10.5m
漏水の度合	滞水	利用者への影響	有
施工方法	NATM	判定区分	Ⅱ a 判定
変状概要		変状状況写真	
監査歩廊から路面に滞水。			

判定の目安

側壁からの漏水により点検時は路面が滞水していたが、定期パトロールの結果から滞水はまれであり、冬期に路面凍結が発生していないことから、車両の走行障害が少ないと判断し、Ⅱ a 判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

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

→ Ⅱ a

注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判定区分はⅠとなる）。


注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はⅡ b とする。

判定上の留意点

- ① 監査歩廊上の滞水（漏水の流下）であり、ほとんど利用者（歩行者）の通行がないため1ランク下げてⅡ a 判定とする。

表-5.101 変状事例概要（漏水 24）

漏水 24			
変状種類	つらら・側氷	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 6m×周長 2m
漏水の度合	—	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	Ⅲ判定
変状概要	変状状況写真		
水平打継目からの漏水（写真の赤丸範囲）で側氷が形成されている。			

判定の目安

側氷，利用者への影響「有」であり，Ⅲ判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		判定区分 <sup>㉔2)</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>㉔1)</sup>	
アーチ	漏水			○		○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>㉔3)</sup>
	○				○		Ⅲ	
					○		Ⅳ	
つらら						○	Ⅱb	
					○		Ⅲ, Ⅳ	
側壁	漏水			○		○	○	Ⅱb
			○			○		Ⅱa <sup>㉔3)</sup>
	○				○		Ⅲ	
						○	○	Ⅱb
側氷					○		Ⅲ, Ⅳ	
路面	土砂流出					○	○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
	滞水					○	○	Ⅱb
						○		Ⅲ, Ⅳ
凍結						○	Ⅱb	
					○		Ⅲ, Ⅳ	

注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判定区分はⅠとなる）。

注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。


注3) 利用者への影響がない場合はⅡbとする。

判定上の留意点

- ① 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判定区分を1ランク上げて判定する。



表-5.102 変状事例概要（漏水 25）

漏水 25			
変状種類	つらら・側氷	対象箇所	覆工
部位区分	横断目地	変状規模	(漏水箇所) 延長 0.5m×周長 6m
漏水の度合	—	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要	変状状況写真		
横断目地からの再漏水で、つららが形成されている。			

判定の目安

つらら発生、利用者への影響「有」であり、つららによる利用者への影響が大きいため、IV判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>2)</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。

注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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。


注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① つららによる道路利用者への影響が大きい（つらら落下の危険性大）ためIV判定。



表-5.103 変状事例概要（漏水 26）

漏水 26			
変状種類	つらら・側氷	対象箇所	覆工
部位区分	アーチ	変状規模	(漏水箇所) 延長 3m×周長 6m
漏水の度合	—	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要	変状状況写真		
アーチコールドジョイントからの漏水により、つららが形成されている。			

判定の目安

つらら発生、利用者への影響「有」であり、つららによる利用者への影響が大きいため、IV判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

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

注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判定区分はIとなる）。


注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、水盤の発生、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判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

① つららによる道路利用者への影響が大きい（つらら落下の危険性大）ためIV判定。

表-5.104 変状事例概要（漏水 27）

漏水 27			
変状種類	つらら・側水	対象箇所	覆工
部位区分	側壁	変状規模	(漏水箇所) 延長 6m×周長 2m
漏水の度合	—	利用者への影響	有
施工方法	矢板工法	判定区分	IV判定
変状概要	変状状況写真		
水平打継目からの漏水により側水が形成されている。			

判定の目安

側水発生，利用者への影響「有」であり，側水による利用者への影響が大きいため，IV判定とする。

表-4.21 漏水等による変状に対する判定の目安例<sup>㉔</sup>

箇所	主な現象	漏水の度合				利用者への影響		判定区分 <sup>注2)</sup>
		噴出	流下	滴水	浸出 (にじみ)	有	無 <sup>注1)</sup>	
アーチ	漏水			○	○	○	○	II b
			○			○		II a <sup>注3)</sup>
		○				○		III
						○	○	IV
側壁	漏水				○	○	○	II b
			○			○		II a <sup>注3)</sup>
		○				○		III
						○	○	II b
路面	側水					○		III, IV
						○	○	II b
						○		III, IV
						○	○	II b
路面	凍結					○		III, IV
						○	○	II b
						○		III, IV
						○	○	II b

注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判定区分はIとなる）。

注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，側水等による道路利用者への影響が大きい場合は判定区分を1ランク上げて判定することが望ましい。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。

注3) 利用者への影響がない場合はII b とする。

判定上の留意点

- ① 車道部に氷盤が形成されている場合で，道路利用者への影響が大きい場合はスリップ防止のための応急措置を別途講じることが必要である。

**【参考文献】**

- 1) 道路トンネル定期点検要領：国土交通省道路局国道・防災課，平成 26 年 6 月
- 2) 道路トンネル維持管理便覧【本体工編】：公益社団法人日本道路協会，平成 27 年 6 月

## 6. まとめ

今後、財源が制約される中で効率的に道路トンネルの維持管理を実施していくためには、トンネル諸条件や環境条件等による変状発生の特徴や、変状の発生メカニズムを十分理解したうえで、基準等にもとづいた点検の実施とともに、適切な診断、措置、記録といったメンテナンスサイクルを確実に実施していくことが必要である。

本報告書は、道路トンネルの合理的な維持管理を行うための参考資料として作成したものであり、トンネル本体工を対象に道路トンネルの点検や変状実態に関する事項等を紹介し、変状の発生原因や推定に関する考え方を整理するとともに、各種の変状事例を抽出し、変状の概要、変状の種類、対策区分の判定例について整理したものである。なお、ここに紹介した変状事例は、供用中にトンネルにおいてこれまで実施された点検結果等の中から、変状の状況が比較的わかりやすい写真を示すよう努めたが、掲載した変状の状況写真によっては変状の状況を詳細に理解するには限界があるものと考えられる。したがって、本報告書に掲載した変状事例を利用する際は、変状の判定区分を判定した一つの事例として参考とし、実際のトンネルにおける変状の判定にあたっては、現地の状況を含めて総合的に判断することが重要である。

なお、本報告書に示した変状事例は代表的な変状の一部であり、すべての変状事例を網羅しているわけではないため、今後、継続した変状事例の収集・収集を行っていくことが必要である。

最後に、本報告書が今後の道路トンネルの合理的な維持管理を行ううえで、点検、診断時の一助となれば幸いである。

**【参考資料】**

点検結果に基づく道路トンネルの変状実態





## 参考資料 点検結果に基づく道路トンネルの変状実態

本資料は、既往の点検データの収集・分析に基づいて、トンネルが位置する地域による変状の差異を含めたトンネルに発生している変状の実態等について検討を行った結果を示す。

### 1. 供用年数・施工方法の違いによるトンネルの変状の実態

#### (1) 検討方法

供用中の道路トンネルにおいて旧定期点検要領<sup>1)</sup>に基づいて実施された既往の定期点検結果の収集を行い、点検結果の比較・整理を行い、供用年数・施工方法の違いによるトンネルに発生する変状の違いについて分析した。分析対象とした道路トンネルは図-1に示す1925年から2011年に供用を開始した659本のトンネル(総延長316km)である。施工方法の違いについては、従来一般的に用いられた矢板工法と、1980年代中頃より採用され始めて現在は標準的な工法として用いられているNATMに区分した。さらに、NATMについては2000年以降に採用され始めた品質や耐久性を向上させる技術等の適用による違いを確認するため、NATM初期と2000年以降とに区分し検討を行った。分析は、平成14年以降に各トンネルで実施された複数回の定期点検結果のうち、その時点での最新の定期点検結果をもとに最新のトンネルの変状実態について整理・分析を行った。これは、定期点検の方法・時期等の情報が入手困難の場合があったためである。したがって、本分析結果はその時点での最新の点検結果に基づくものであり、トンネルにとっての初回の定期点検で発見された変状に限っていないということを前提とする必要がある。

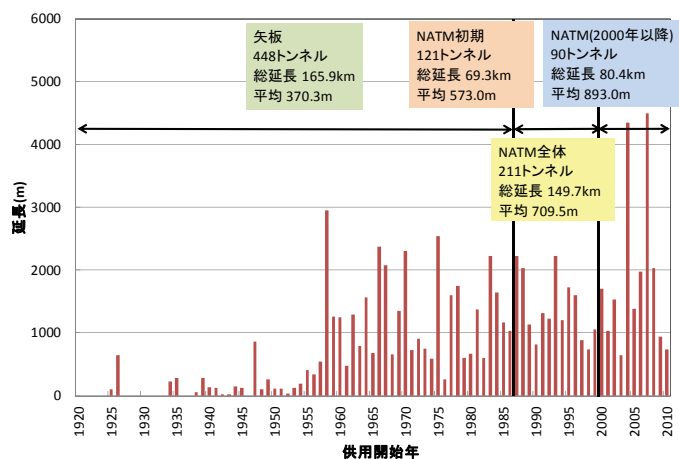


図-1 分析トンネルの供用開始年毎のトンネル延長

さらに、寒冷地域と寒冷地域以外のトンネルでの変状の発生状況の差異を把握するため、前記659トンネルの所在地と図-2に示す積雪寒冷特別地域略図<sup>2)</sup>をもとに「積雪地域ならびに寒冷地域の両地域でカバーされる地域」、「寒冷地域のみ」のいずれかに位置するトンネルを、「寒冷地域」に位置しているトンネルとして抽出し、「寒冷地域」以外のトンネルの変状と比較を行った。ここで、図-2は積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法(昭和31年法律第72号)第4条第1項に規定する積雪寒冷特別地域道路交通確保5箇年計画として指定された地域の積雪寒冷特別地域略図である。



図-2 積雪寒冷特別地域略図<sup>2)</sup>

## (2) 検討結果

図-3に最新の点検結果に基づいた各供用開始年毎のトンネルの延長100mあたりに発生している変状数を示す。変状は、図中に示した段差、うき・はく離・はく落、豆板、補修材、ひび割れ、漏水、つららの変状毎に延長100mあたりに発生した変状数を示す。ここでいう変状数とは、各変状の種類・規模・変状の程度に係わらず定期点検で抽出された変状の合計と定義した。図より、1925年のトンネルで漏水の変状数(256)が極端に多い。縦軸の関係で図には示されていないが同年のひび割れも同程度(279)の変状数である。これは、1920年代～1930年代のトンネルは一般的に木製支柱式支保工を用いた掘削を行い、コンクリートブロック製の材料を用いた覆工のトンネルで施工されており、供用年数の経過とともに、これらの施工方法の違いの影響が変状の発生数に関係している可能性がある。また、NATMは、矢板工法によるトンネル(以下、矢板)に比べて100mあたりの変状数が少ない傾向が見られた。また、覆工コンクリートの品質向上や耐久性向上等に対して諸対策が採用されることが増加したと考えられる2000年以降におけるNATMによるトンネルでは、さらに変状数が少なくなっている傾向が見られている。これらは図中に示したように、工法別に矢板～NATM初期～NATM(2000年以降)の各区分毎の平均値で整理した100mあたりの変状数が、それぞ

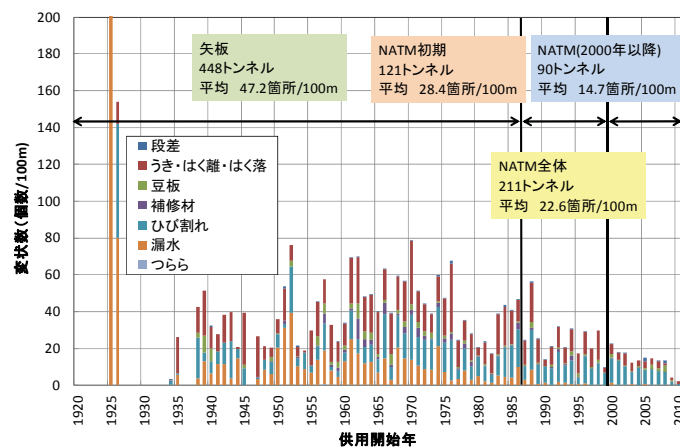


図-3 供用開始年毎のトンネル変状数

れ 47 個, 28 個, 15 個と減少しており, 矢板と比較して NATM 初期で約 60%, NATM (2000 年以降) で約 30%であり, NATM (全体) でも約 50%と少ない。また, 変状は主にうき・はく離・はく落, ひび割れ, 漏水の変状が多いことがわかる。また, 比較的供用年数が経過している矢板工法によるトンネルの場合は, 漏水による変状が多い。一方, NATM によるトンネルは防水シートが設置されていることから, 漏水による変状は年々少ないことが分かる。なお, 前述したとおり, 本分析結果は最新の点検結果に基づくものであるため初回定期点検時で発見された変状に限っておらず, また, 個々の変状の劣化の進行が考慮されていないということを前提として考えなければならない。また, NATM (2000 年以降) の変状数が, NATM 初期よりも少ない要因としては, 供用開始年の影響も考えられるため, さらなるデータの蓄積を行ったうえでの検討が必要である。

次に図-4 に変状の種類毎の 100m あたりが発生する変状数について施工条件毎に示す。図には各変状について旧定期点検要領の定期点検結果の判定に基づいた判定区分 A, B, S 毎の変状数も示した。ここで, 判定 A は「変状が著しく応急措置や対策を必要とする」, 判定 B は「変状があり調査を要する」, 判定 S は「変状があっても健全か軽微な変状」である。図より, 変状の種類毎で見ると, 矢板ではうき・はく離・はく落が最も多く, 続いてひび割れ, 漏水と続き, これらの変状で全体の約 90%を占める。また, NATM ではひび割れが最も多く, うき・はく離・はく落と続き, これらの変状で全体の約 85%を占める。NATM の漏水は NATM 初期で多少発生していたものの, 2000 年以降の変状数は非常に少なく, ほとんど発生していないことが分かる。

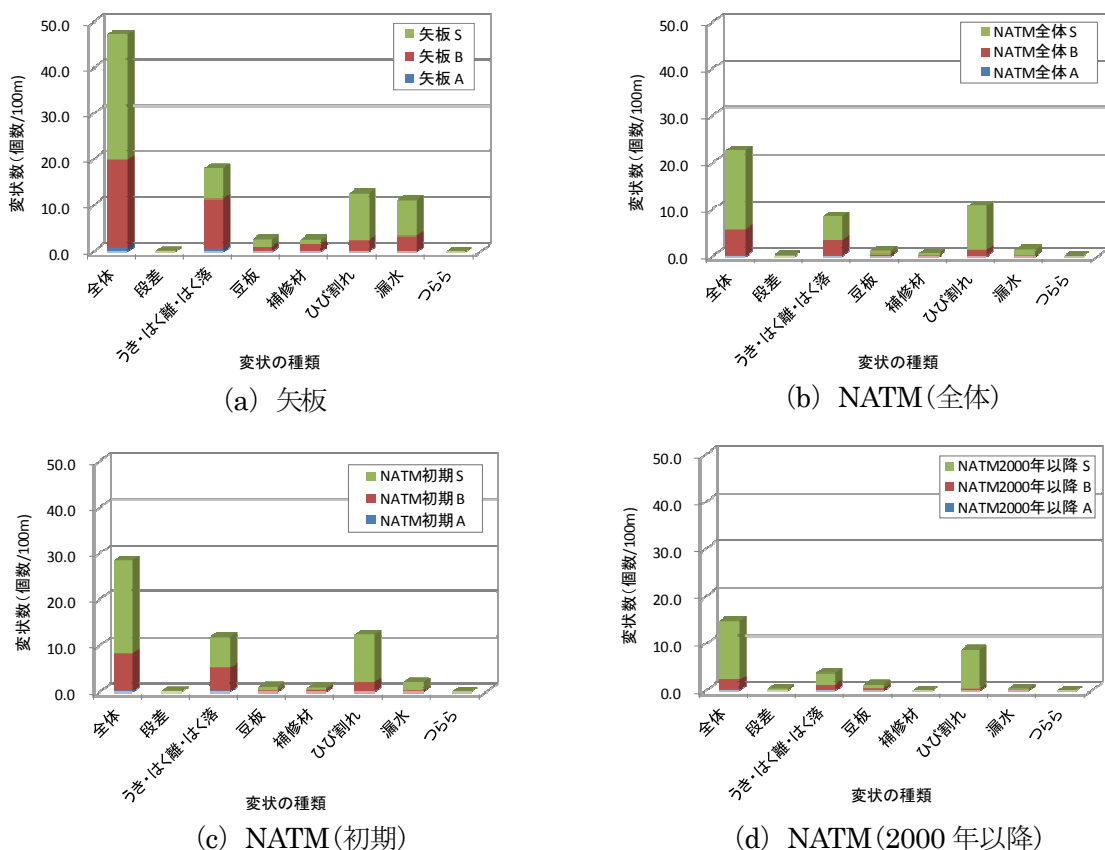


図-4 変状の種類毎の変状数

変状の程度（判定区分）で見ると、矢板では変状の約 60%は S 判定で健全か軽微な変状となっているが、約 40%で調査が必要な変状である。また、判定 A の変状が著しく応急措置や対策を必要とする状況の変状も数%程度発生している。特に、うき・はく離・はく落が約 60%程度で B 判定以上の変状の程度である。一方、NATM は B 判定以上の変状は矢板に比較して少なく、（初期）で約 25%、（2000 年以降）で約 15%程度となっている。

以上より、供用年数との関連は明確ではないものの、施工条件によって変状数、変状の程度が異なっていることが分かった。すなわち、矢板工法によるトンネルでは変状数が多く、変状の判定区分も比較的悪い変状の割合が多いことが分かった。また、NATM は矢板に比較して変状数も少なく、変状の判定区分の割合も少ないことが分かった。ただし、上述のように本分析は、分析対象のトンネルのその時点での最新の点検結果に基づくものであることに注意を要する。

次に、寒冷地域と寒冷地域以外におけるトンネルでの変状実態の差異について分析する。前記の 659 トンネルの中から寒冷地域に位置しているトンネルとして図-5 に示す 1958 年～2009 年供用開始の 153 トンネルを分析対象とした。寒冷地域と寒冷地域以外のトンネルの変状実態の比較にあたっては、同時期における供用開始年トンネルとの比較を行うこととし、寒冷地域以外のトンネルとして図-6 に示す 457 トンネルを分析対象とした。図-7、図-8 に寒冷地域、寒冷地域以外での供用開始年毎のトンネル変状数を示す。図より、矢板と NATM 初期で寒冷地域の変状数が寒冷地域以外に比べて、それぞれ約 10%、約 35%程度大きいことがわかる。

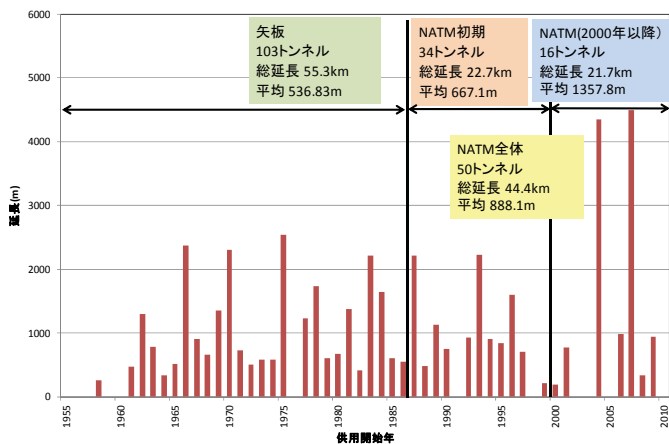


図-5 寒冷地域の供用開始年別のトンネル延長

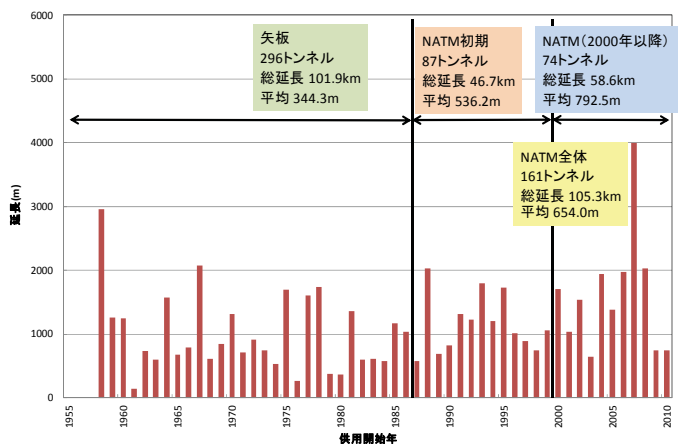


図-6 寒冷地域以外の供用開始年別のトンネル延長

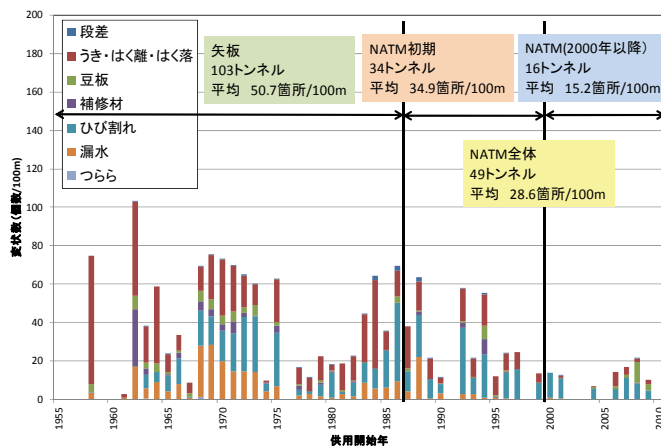


図-7 寒冷地域の供用開始年毎のトンネル変状数

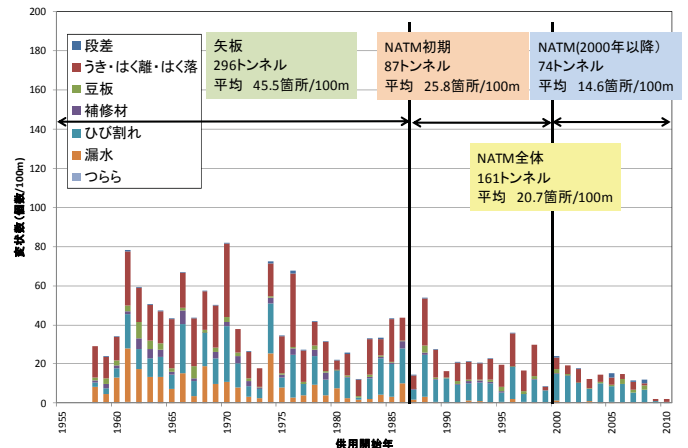


図-8 寒冷地域以外の供用開始年毎のトンネル変状数

次に図-9 に変状の種類毎の変状数を示す。図より、矢板では各変状ともにそれぞれ寒冷地域の変状数が寒冷地域以外に比べて若干であるが大きいことがわかる。中でもひび割れ，うき・はく離・はく落の変状数が大きくなっている。NATMでも矢板と同様な傾向であり，段差，つららを除き各変状で寒冷地域の変状が寒冷地域以外に比べて大きい。特に，NATM初期ではひび割れで寒冷地域が寒冷地域以外に比べて約60%程度大きいことがわかる。

一般に，寒冷地域では寒冷地域以外に比べ厳しい環境条件下であるため，凍害や漏水等に起因する材質劣化への影響が大きいと考えられることから，うき・はく離・はく落等が寒冷地域のほうが多くなったものと考えられる。なお，極端な変状数の差異が見られなかったのは，矢板工法によるトンネルの覆工が逆巻き工法により構築されるのが一般的であるため，覆工スパン毎の横断方向目地のほか，トンネル延長方向にアーチ部と側壁部の縦断方向打継ぎ目が存在していること，防水シートが施されていないため覆工の目地や打ち継ぎ目あるいはひび割れ部等から漏水が生じやすい構造であることから，地域にかかわらず変状が多く発生し

ていることが考えられる。また、NATM 初期のひび割れが寒冷地域で若干増加したのは防水シートによる止水が不完全なトンネル等で発生した漏水等が何らかの影響を与えたことが考えられる。

以上より、寒冷地域と寒冷地域以外のトンネルでの変状数の極端な差異は見られないものの、マクロ的には一般的に考えられているように環境条件が厳しい寒冷地域に位置するトンネルのほうが寒冷地域以外に位置するトンネルに比べて変状数が多い傾向にあることがわかった。

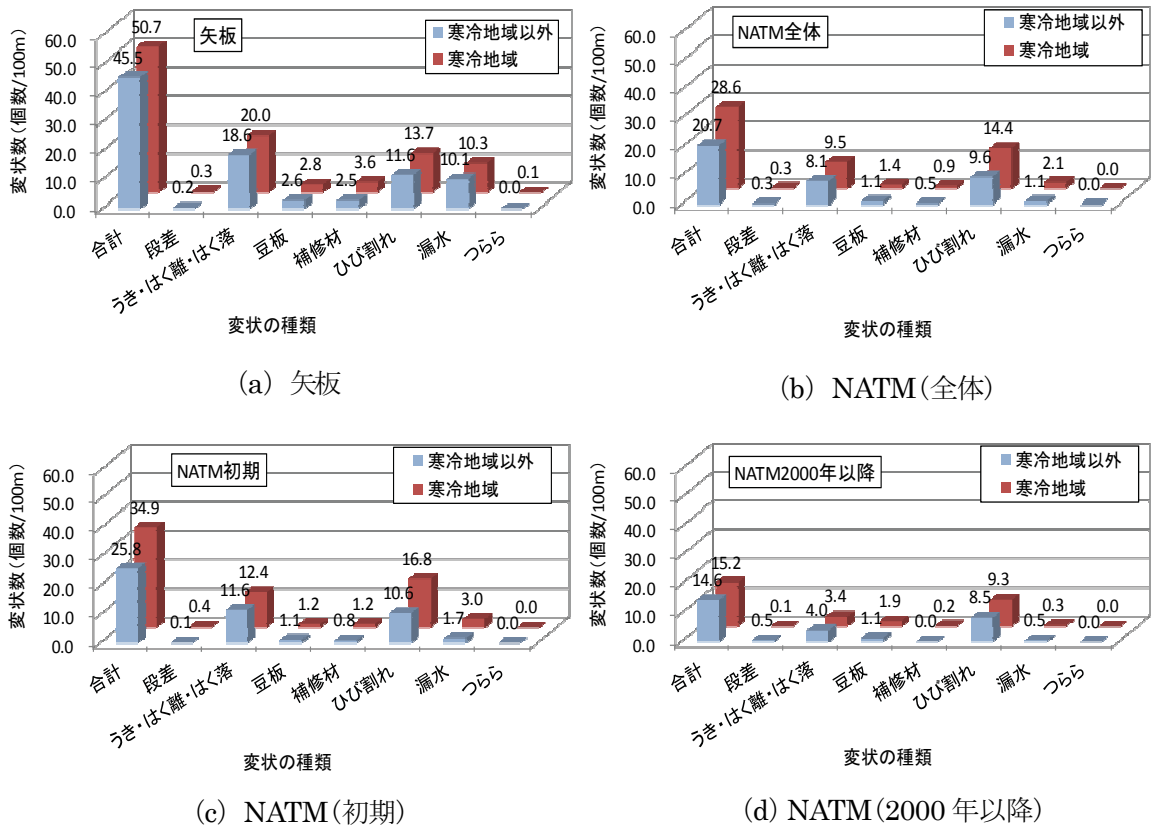


図-9 変状の種類毎の変状数



## 2. NATM を対象とした支保パターンとトンネル変状との関係

NATMにより施工されたトンネルの変状の実態は、トンネル施工時の資料が収集できた昭和62年(1987年)から平成20年(2008年)に施工された28トンネルをそれぞれNATM初期(2000年より前)(8トンネル), NATM(2000年以降)(20トンネル)と分類し、図-10に示す地山等級(支保パターン)の分析スパン数について1スパンあたりに発生する変状数、地山等級との関係について分析した。

図-11に各トンネルの地山等級毎に1スパンあたりに発生した変状数を示す。これより、トンネルによって発生する変状数が大きく異なっており、地山等級による顕著な差は見られなかった。これは個々のトンネルで使用材料や環境が異なっていることが原因の1つとして考えられる。また、地山等級毎の全データを用いた1スパンあたりの変状数を図-12、図-13に示す。図中には、旧定期点検要領<sup>1)</sup>に従った変状の判定結果(変状原因との関係は未分析)も示す。28トンネルの限定された結果であり、地山等級がC IとD IIでは分析したスパン数が少ないことに留意する必要があるが、マクロ的な傾向として、図より、ひび割れ、うき・はく離・はく落ともに、平均的には1スパンあたり概ね2箇所程度が最大変状数となっている。

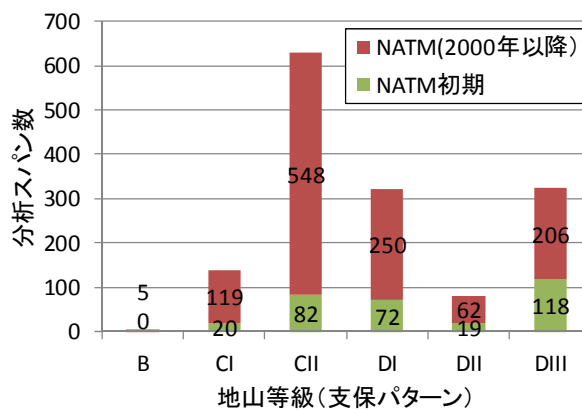


図-10 地山等級毎の分析スパン数

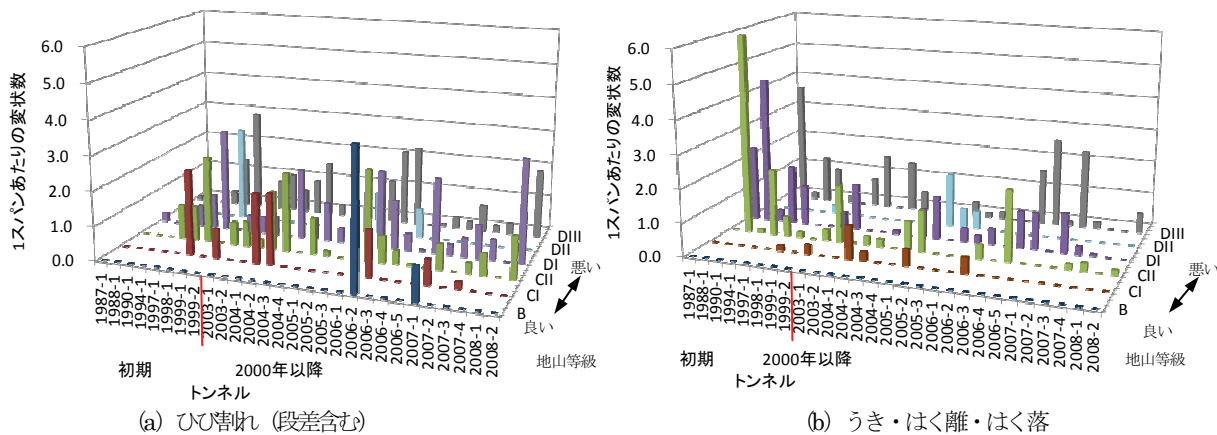
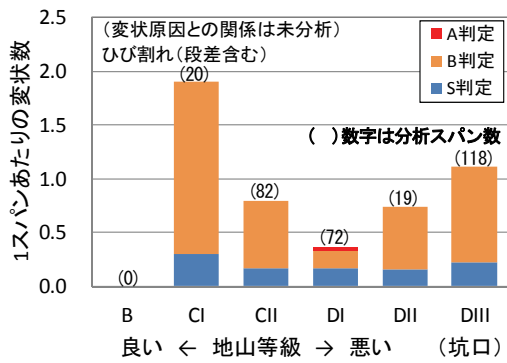
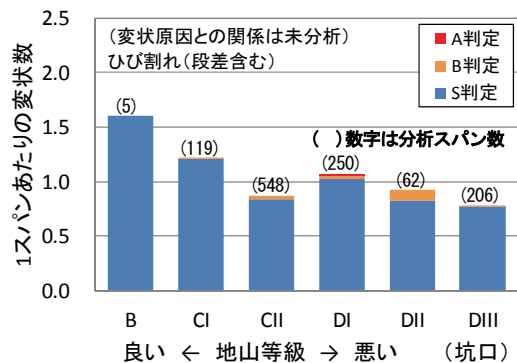


図-11 1スパンあたりの変状数

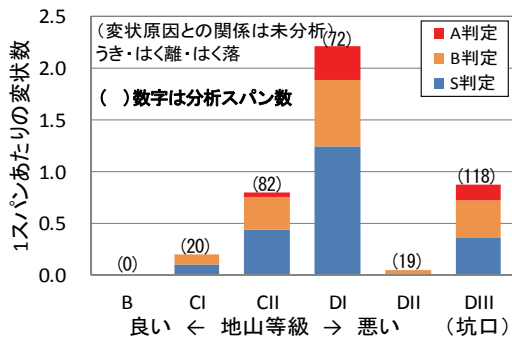


(a) NATM 初期

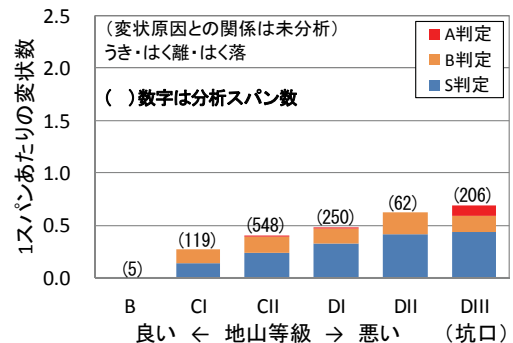


(b) 2000 年以降

図-12 1 スパンあたりの変状数 (ひび割れ (段差含む))



(a) NATM 初期



(b) 2000 年以降

図-13 1 スパンあたりの変状数 (うき・はく離・はく落)

また、NATM 初期は 2000 年以降と比較して、変状が著しく応急措置や対策を必要とする A 判定や、変状があり調査を要する B 判定の変状があることがわかった。一方で、2000 年以降のトンネルでは変状があっても健全か軽微な変状の S 判定が多いことがわかった。これらの結果は、供用年数との関係は明らかではない前提に留意する必要があるものの、覆工の品質向上等の諸対策による効果も現れていると考えられる。地山等級による変状数の違いは、一部の地山等級を除き、ひび割れで地山等級が良い場合に変状数が多く、うき・はく離・はく落で地山等級が悪い場合に変状数が多い傾向にあるが、この点に関しては、今後はデータを増加させることで、より精度の高い分析を行う必要があると考えられる。

### 3. まとめと今後の課題

供用中のトンネルにおける既往の点検結果を比較・分析を行うことにより、供用年数・施工方法の違いによるトンネルの変状の実態、NATMを対象とした地山等級（支保パターン）と発生している変状との関係について把握した。主な結果を以下に示す。

- ①供用年数との関連は明確ではないものの、施工条件によって変状数、変状の程度が異なっていることが分かった。すなわち、矢板工法によるトンネルでは変状数が多く、変状の判定区分も比較的悪い変状の割合が多いことが分かった。また、NATMは矢板に比較して変状数も少なく、変状の判定区分の割合も少ないことが分かった。ただし、上述のように本分析は、分析対象のトンネルのその時点での最新の点検結果に基づくものであることに注意を要する。
- ②寒冷地域と寒冷地域以外のトンネルでの変状数の極端な差異は見られないものの、マクロ的には一般的に考えられているように環境条件が厳しい寒冷地域に位置するトンネルのほうが寒冷地域以外に位置するトンネルに比べて変状数が多い傾向にあることがわかった。
- ③ひび割れ、うき・はく離・はく落ともに、平均的には1スパンあたり概ね2箇所程度が最大変状数となっている。また、NATM初期は2000年以降と比較して、変状が著しく応急措置や対策を必要とするA判定や、変状があり調査を要するB判定の変状があることがわかった。

今後、道路トンネルの変状発生の特徴等を考慮して、適切なメンテナンスサイクルの実現と合理的な点検・診断手法の確立に向けた検討が重要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 道路トンネル定期点検要領（案），国土交通省道路局国道課，平成14年4月
- 2) 積雪寒冷特別地域における道路交通の確保について（添付資料），平成21年3月30日，国土交通省HP，[http://www.mlit.go.jp/report/press/road01\\_hh\\_000064.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000064.html)（2017/1/31参照）

---

土木研究所資料  
TECHNICAL NOTE of PWRI  
No.4360 March 2017

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課 3  
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754