

③覆エスパンの中間付近

覆エスパンの中間付近は、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが発生しやすい。

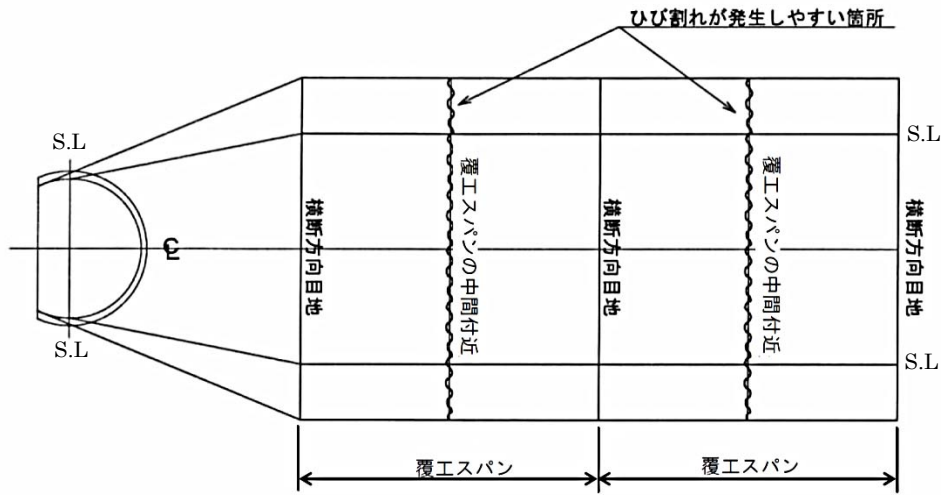


図-4.7 覆エスパンの中間付近に発生する変状の例



付写真 覆エスパンの中間付近に発生したひび割れの例

④ 顕著な変状の周辺

1) ひび割れ箇所

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

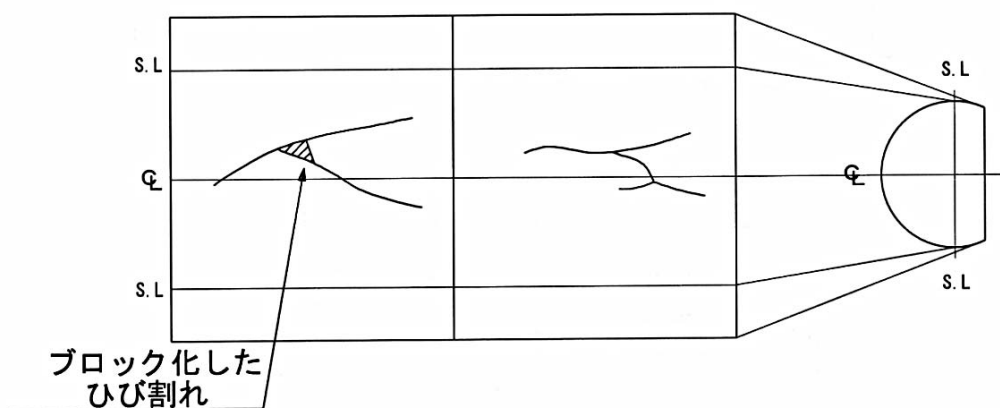


図-4.8 複数のひび割れでブロック化した覆工コンクリートの例

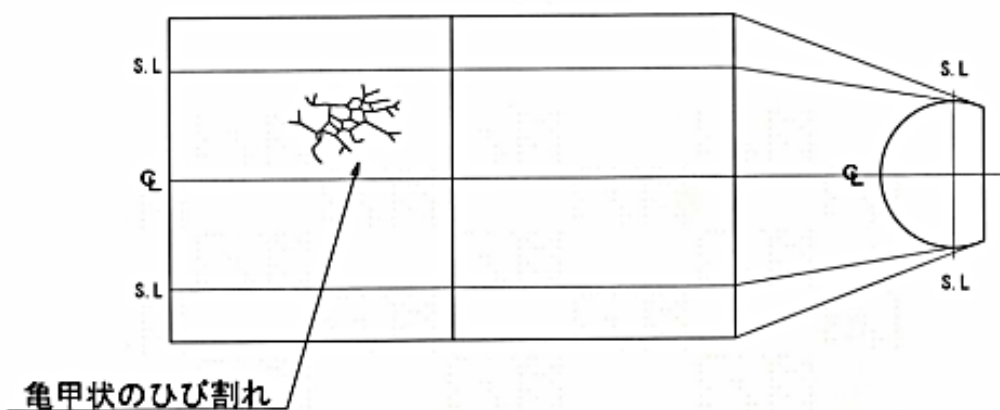


図-4.9 覆工コンクリートの亀甲状のひび割れによる細片化の例



付写真 複数のひび割れで覆工コンクリートがブロック化している例

2)覆工等の変色箇所

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

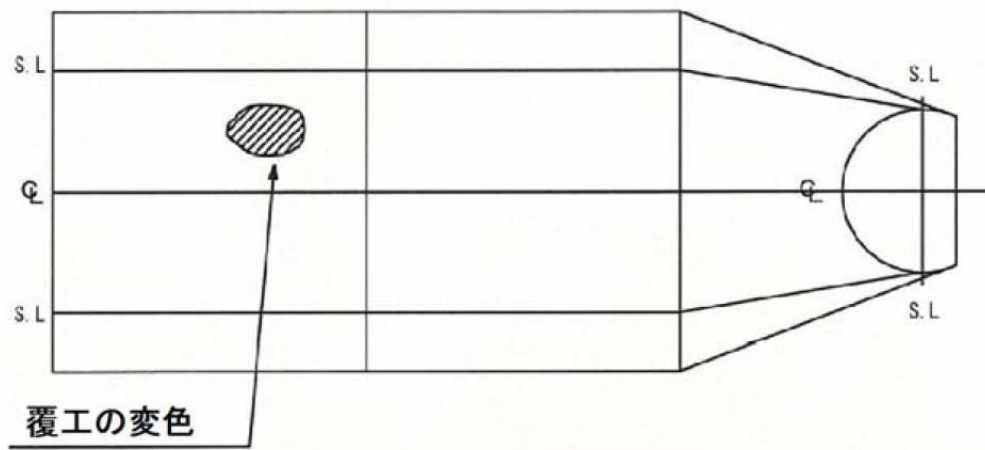


図-4.10 覆工コンクリートの変色位置の例



付写真 覆工コンクリートが変色している例
（うき・はく離を伴う）

3)漏水箇所

覆工表面等に漏水箇所や漏水の跡のあるところは、ひび割れや施工不良（豆板等）があり、そこから水が流れ出している場合が多い。その付近のコンクリートにうきやはく離が発生している可能性がある。

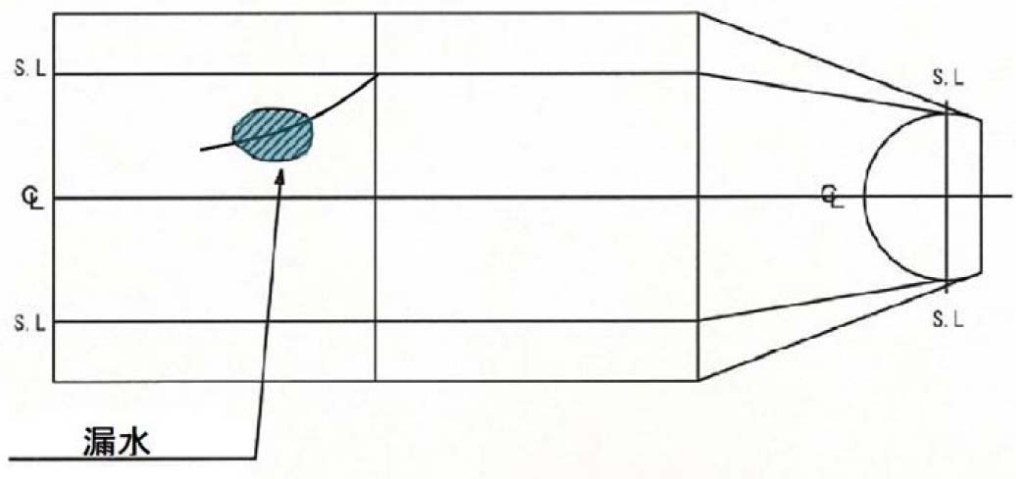


図-4.11 ひび割れからの漏水位置の例



付写真 漏水（噴出）している例

4)覆工の段差箇所

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

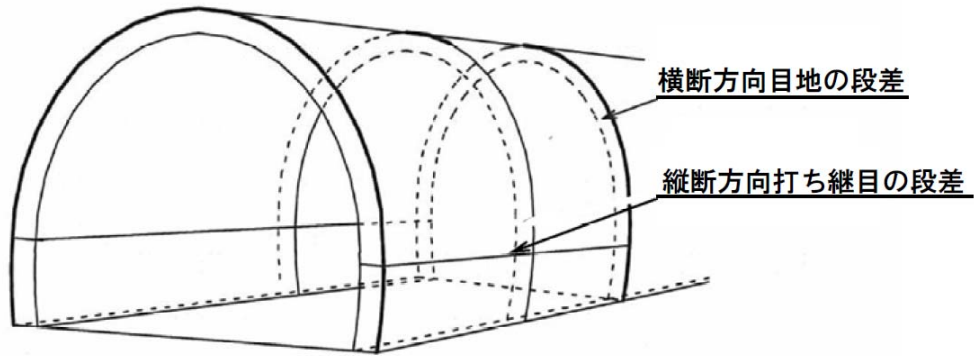


図-4.12 目地部、打ち継目部の段差の例



付写真 段差の例

5)補修箇所

覆工の補修は、覆工コンクリートと別の材料であるモルタル、鋼材、繊維シート、その他を塗布及び貼り付けて補修した場合が多く、容易に判別できる。これらの補修箇所は補修材自体、または、接着剤が劣化して不安定な状態になっていたり、変状が進行して周囲にうきやはく離が生じている場合がある。

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

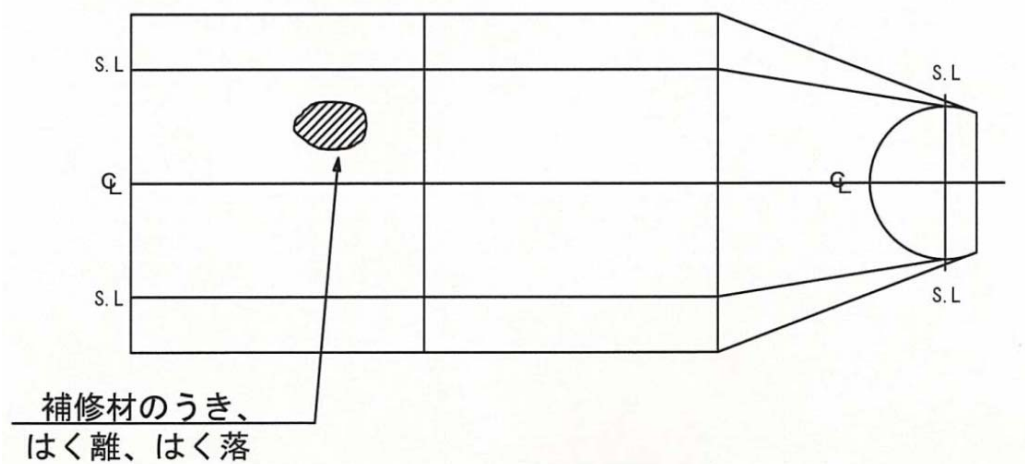


図-4.13 補修材のうき、はく離、はく落の変状の例



付写真 補修モルタルが劣化してはく離している例

6) コールドジョイント付近に発生した変状箇所

コールドジョイントは施工の不具合でできた継目である。コールドジョイントの付近にひび割れが発生しやすいので、コンクリートがブロック化することがある。特に図-4.14に示すようなコールドジョイントが覆工の軸線と斜交する場合は、薄くなった覆工コンクリート表面にひび割れが発生し、はく落しやすい。また、せん断に対する抵抗力が低下する原因となる。

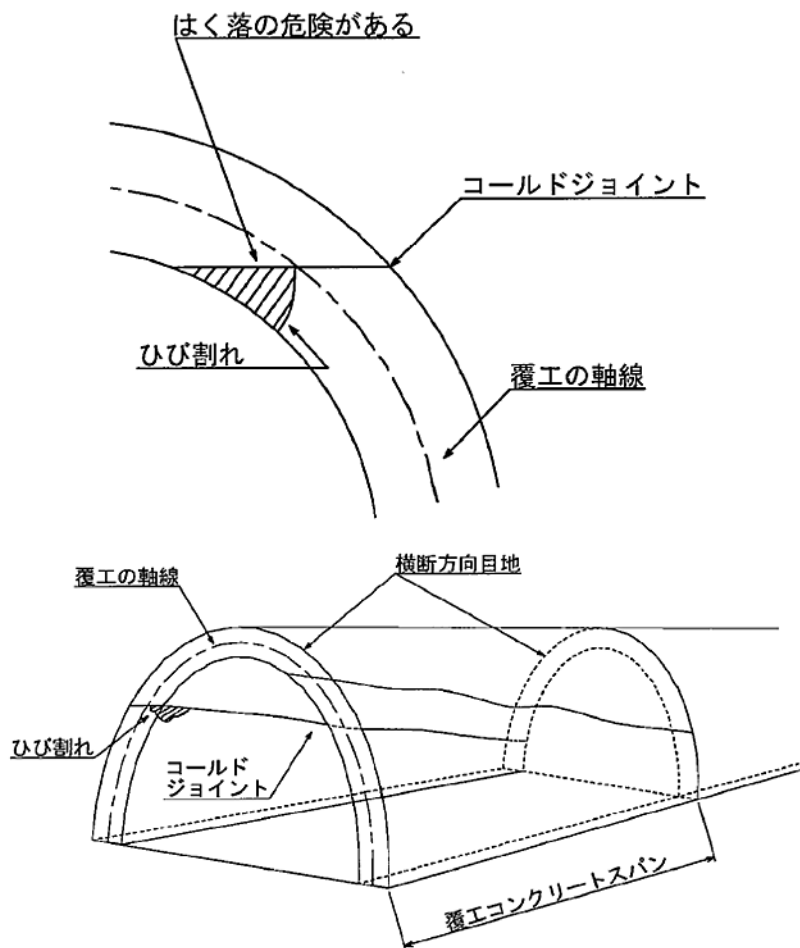
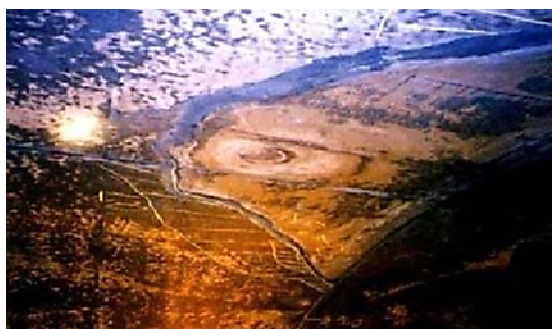


図-4.14 コールドジョイント付近に発生するひび割れの例



付写真 コールドジョイント付近に発生したひび割れの例

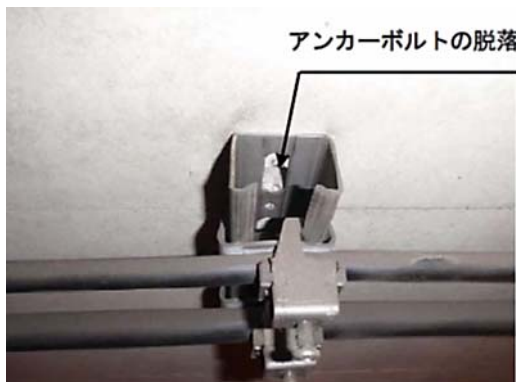
⑤ 附属物

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

■ 照明灯具等の取付金具の例



図-4.15 附属物の異常発生箇所の例



付写真 固定金具の腐食とアンカーボルトの脱落の例

(3) 応急措置

(1) 及び(2)に基づいて把握された変状の状況に応じて、応急措置、応急対策、調査の対応が必要となる場合がある。ここでは応急措置について以下に述べる。なお、応急対策及び調査の内容については、それぞれ本編「7. 措置」「5. 対策区分の判定」において述べることとし、その要否に関しては第1編「2. 点検の目的」を参照する。

応急措置に関して、その例や留意事項を以下に示す。

①トンネル本土工

1)応急措置の実施

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

2)応急措置の種類

定期点検における主な応急措置の例を表-4.5 に示す。

表-4.5 トンネル本土工の変状に対する主な応急措置の例

変状の種類	変状現象	応急措置
外力・材質劣化	うき、はく離	うき・はく離箇所等のハンマーでの撤去
外力	路面の変状	交通規制
漏水	大規模な湧水、路面滞水	交通規制、排水溝の清掃等
漏水	つらら、側水、氷盤	交通規制、凍結防止剤散布 危険物の除去（たたき落とし等）

3)応急措置の留意事項

応急措置を行う際の留意点を以下に示す。

- ①打音検査によりうき・はく離が発見された場合は、点検作業の範囲内で、応急措置としてハンマー等により極力、危険箇所を除去するように努める必要がある。なお除去したコンクリート片等は産業廃棄物になるため、適切に処理する必要がある。
- ②定期点検結果に基づいて応急対策を適用するまでには、点検結果の集計や報告とりまとめ、応急対策の設計等に一定の期間を要する。このため、応急対策を適用するまでの間で安全性が確保されないと判断された、極めて緊急性の高い変状（応急措置としてのハンマーでの撤去が困難な程の不安定なコンクリート塊が残存し、すぐにでも落下の危険性がある場合等）が確認された場合は、速やかに対応を検討する必要がある。
- ③応急措置に代えて応急対策を実施する場合もあるが、その場合、応急対策を点検後速やかに実施する必要がある。なお、応急対策は、点検作業の範囲を超える対応であることから、その内容は「7. 措置」に記述する。

②附属物

1) 応急措置の種類

応急措置の具体例を表-4.6に示す。

表-4.6 附属物の異常に対する主な応急措置の例

変状現象	応急措置
附属物の固定アンカーボルトの緩み	ボルトの締直し
照明灯具のカバーのがたつき	番線による固定（番線固定した灯具等は本対策を行うことを基本とする）

2) 応急措置の留意事項

応急措置を行う際の留意点を以下に示す。

- ①番線固定等の簡易な応急措置の場合、点検結果の判定に影響しないことに留意する。
すなわち、後述する判定区分が「×」であれば「×」のままとなる。
- ②附属物の取付状態については調査、応急対策を必要としないため、点検時に応急措置または対策の必要性を確認する必要がある。

5 対策区分の判定

定期点検では、トンネルの変状状況を把握したうえで、変状毎に表-5.1の判定区分による判定を行う。

表-5.1 判定区分

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 b	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、緊急に対策を講じる必要がある状態

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

【解説】

対策区分の判定は、トンネルの変状・異常が利用者に及ぼす影響を詳細に把握し、適切な措置を計画するために行うものであり、点検・調査実施後に変状等に対して判定を行う。「4. 変状状況の把握」に基づき、変状・異常を判定の単位とし、対策区分を判定する。

ここでは、後述する「6.1 変状毎の健全性の診断」に基づく考え方で、個々の変状を表-5.1の判定区分に応じて評価する。

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

調査の代表的な手法を表-5.2に記載する。調査は既往資料、気象、地表面・地山及び覆工等のトンネルの構造物を対象として実施する。調査項目は、調査対象物や推定される変状原因に応じて、適宜選定する。

なお、調査が不要で、応急対策の実施に代えて本対策を実施することが合理的な場合があるため、対策区分の判定では、変状の状況の把握による結果、対策の緊急性を含めて総合的に判断する。

表-5.2 調査の代表的な手法

構造物及び覆工背面の調査	ひび割れ進行性調査	<p>ひび割れ進行性調査は変状の進行の有無とその進行状況を確認する目的で行われる。</p> <p>ひび割れは、温度変化によるコンクリートの膨張、収縮にともない、開閉を繰り返す。したがって、ひび割れの測定と併せて坑内温度も測定することが望ましい。また、ひび割れ進行の有無を判断するためには通常の場合1年以上継続して測定を継続することが望ましい。</p>	
	漏水（状況）調査	<p>漏水の調査は、位置、量、濁りの有無、凍結及び既設漏水防止工の機能の状況等について実施する。</p>	
	a)位置	<p>漏水位置が車両運転、坑内設備の機能を阻害する位置にあるか否かについて調べる。</p>	
	b)漏水量	<p>トンネル内の漏水量や漏水状態及び側溝等の排水状態を調べる。</p>	
	c)濁り	<p>漏水が透明なものであるか、濁ったものであるかによって、土砂が漏水とともに流出しているかについて調べる。</p>	
	d)凍結	<p>凍結については次の項目について調査する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・位置…トンネル延長方向・断面方向の分布 ・程度…つらら・側氷、路面凍結の発生時期、大きさ、成長速度 ・気温…積算寒度、最低気温、トンネルが長い場合には坑内気温分布 	
	e) 既設漏水防止工の機能調査	<p>既に行った漏水防止工事の種類、箇所及び排水設備の状況を明らかにし、それらの効果と機能状況について調査する。</p>	
漏水水質試験	<p>水質試験は、覆工コンクリート等の劣化原因や漏水の流入経路の推定を行うことを目的としている。調査項目としては水温、pH及び電気伝導度である。</p> <p>水温は温度計等によって測定される。水温の箇所ごとの季節的変動をみることによって、漏水が地下水に関係するものか、地表水に関係するものかの判別に利用できる。pHの測定は、覆工コンクリートの劣化に及ぼす影響を把握するために行われる。</p>		
覆工厚・背面空洞調査	<p>覆工コンクリートの巻厚や背面の空洞及び背面の地山状況を調査し、変状原因の推定及び対策設計等に必要な資料を得ることを目的とした調査である。</p> <p>調査方法は、局所破壊検査と非破壊検査に大別される。</p>		

構造物及び覆工背面の調査	覆工厚・背面空洞調査	a)局所破壊検査による調査	局所破壊検査とは簡易ボーリングにより覆工コンクリート等の一部を破壊し、採取したコアによる物性や劣化状況を調査するとともに削孔時のボーリング孔を利用して覆工コンクリートや背面空洞の有無、背面地山の状況を観察・把握する調査方法である。
		b)非破壊検査による調査	非破壊検査に使用されている手法として実用化されているのは電磁波法（地中レーダ）による覆工巻厚、空洞の有無や大きさの調査である。

(1)トンネル本体工

トンネル本体工の場合、「4. 変状状況の把握」の結果に基づき、変状毎の対策区分の判定を材質劣化、漏水、外力に区分し、Ⅰ～Ⅳの判定区分により行うこととする。

トンネル本体工のうち、トンネル全体の健全性と関連の深い覆工と、その他坑門や天井板等に区分し、対策区分の判定の目安例を以降に記述する。「判定の目安例」は「判定基準」を補完するために示すが、定量的に判断することが困難な場合もあり、変状要因が複合していることも考えられるため、機械的に適用するものではなく、現場の状況に応じて判定を行うのが望ましい。

なお、判定区分Ⅰ～Ⅳに分類する場合の措置との関係についての基本的な考え方は、表-5.1のとおりであるが、本要領の判定区分とトンネル維持管理便覧(平成5年11月)及びトンネル定期点検要領(案)(平成14年4月)(以下、便覧等)による判定区分の対比の目安を表-5.3に示す。

表-5.3 本要領と便覧等の判定区分の対比の目安

本要領	便覧等	
	点検結果判定 (3区分)	調査結果判定 (4区分)
変状区分の判定 (5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：直ちに対応)

①覆工

トンネル本体工のうち覆工について、表-5.1 の判定区分を踏まえ、表-5.4 に示す変状種類及びの変状の区分別に、判定の目安例や変状写真例等を示す。

表-5.4 変状種類及び変状区分との関係

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

1) 圧ざ、ひび割れ

圧ざ、ひび割れに着目し、下記を参考に判定を行う。

表-5.5 圧ざ、ひび割れに対する判定区分

区分	変 状
I	ひび割れが生じていない、または生じていても軽微で、措置を必要としない状態
II b	ひび割れがあり、その進行が認められないが、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、監視を必要とする状態
II a	ひび割れがあり、その進行が認められ、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III	ひび割れが密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が低下しているため、早期に対策を講じる必要がある状態
IV	ひび割れが大きく密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が著しく低下している、または圧ざがあり、緊急に対策を講じる必要がある状態

【判定の目安例】

外力による圧ざ(断面内で圧縮による軸力と曲げモーメントの影響が顕著に現れ、トンネルの内側が圧縮によりつぶされるような状態)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。ひび割れの進行性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-5.6 に示す。

表-5.6 点検時（ひび割れの進行性の有無が確認できない場合）の判定の目安例

対象 箇所	部位 区分	ひび割れ						判定区分
		幅			長さ			
		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 a*
			○				○	II a
			○			○		III
			○		○			III
		○					○	II b ~ III
		○				○		III
		○			○			IV

※ 補足) 3mm 未満のひび割れ幅の場合の判定例を下記に示す。

I, II b: ひび割れが軽微で、外力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、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。

また、調査の結果、ひび割れの進行性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-5.7 に示す。また、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-5.7 調査の結果、ひび割れの進行性が確認された場合の判定の目安例


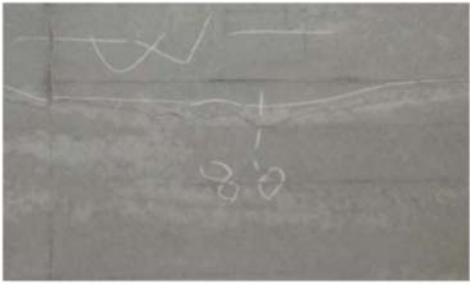

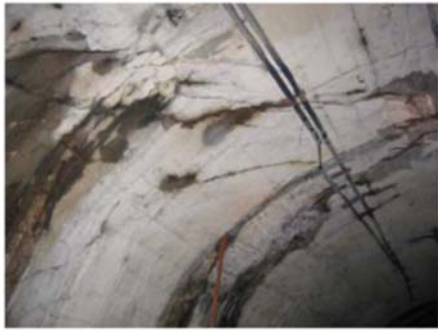
対象 箇所	部位 区分	ひび割れ				判定区分
		幅		長さ		
		3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	
覆工	断面内		○	○	○	II a ~ III
		○			○	III
		○		○		IV

なお、表-5.6及び表-5.7は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。

従って、上記のような変状が確認された箇所については必要に応じて点検時、調査時に計画的に確認を行った上で、判定を実施するのが望ましい。

表-5.8 圧ざ、ひび割れに対する判定区分別変状例

判定区分	変状写真	変状概要
I		ひび割れが生じていない、または生じていても軽微で措置を必要としない状態
II b		ひび割れがあり、その進行が認められないが、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、監視を必要とする状態
II a		ひび割れがあり、その進行が認められ、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III		ひび割れが密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が低下しているため、早期に対策を講じる必要がある状態
IV		ひび割れが大きく密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が著しく低下している。または圧ざがあり、緊急に対策を講じる必要がある状態
備考	ひび割れについては将来的な進行性を考慮の上、判定することが望ましい。	

2) うき・はく離

うき・はく離によるコンクリート等の落下に着目し、下記を参考に判定を行う。

表-5.9 うき・はく離に対する判定区分

区分	変 状
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 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・はく離は落下の危険性は、ひび割れ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-5.10 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-5.10 うき・はく離等に対する判定の目安例

対象箇所	部位区分	うき・はく離等の状況	打音異常	
			有	無
覆工	断面内	ひび割れ等はあるものの、進行しても閉合の恐れがない	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～III
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化している	III～IV	II b～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～III

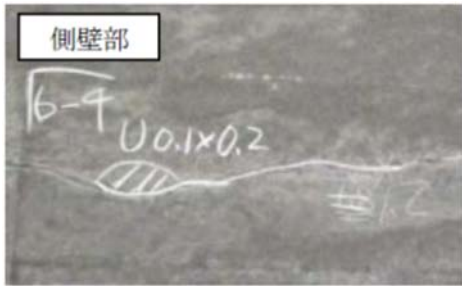
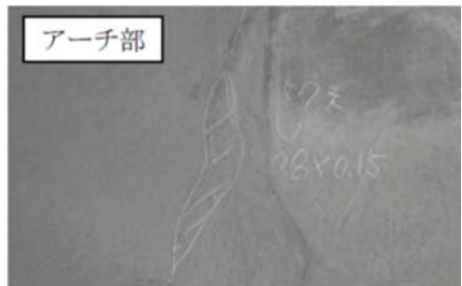


補足1) ブロック化とは、ひび割れ等が単独またはひび割れと目地、コールドジョイント等で閉合し、覆工が分離した状態をいう。

補足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とする等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から落下の危険性が考えられる場合
- ・ブロック化が進行している場合
- ・劣化要因が明確な場合や寒冷地等の厳しい環境条件下にある場合

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

表-5.11 うき・はく離に対する判定区分別変状例

判定区分	変状写真	変状概要
I		ひび割れ等によるうき・はく離の兆候がないもの、またはたたき落としにより除去できたため、落下する可能性がなく、措置を必要としない状態
II 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
備考	<p>覆工コンクリートのうき・はく落については、落下のおそれがある場合、アーチ部に比べ、側壁部では落下による利用者被害の可能性が低いこと等も勘案し、判定することが望ましい。</p>	

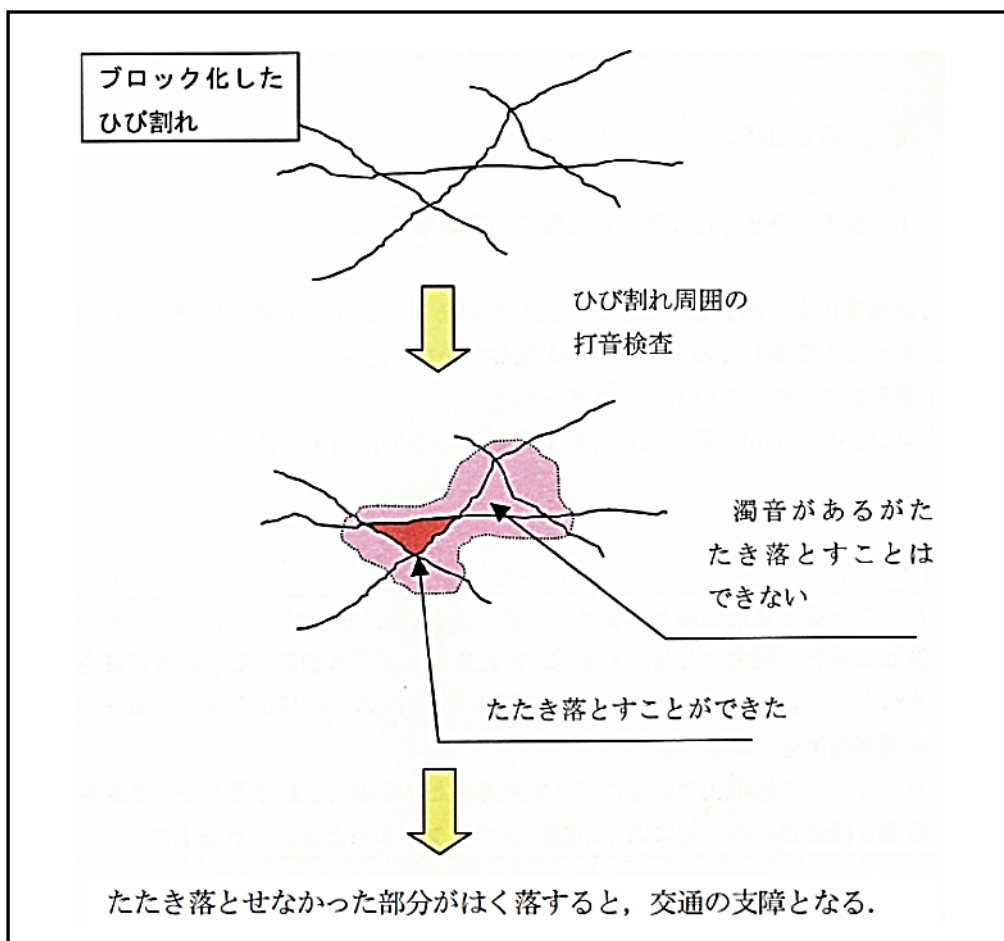


図-5.1 ブロック化したひび割れの例



付写真 ブロック化したひび割れの例

3) 変形、移動、沈下

変形、移動、沈下に着目し、下記を参考に判定を行う。

表-5.12 変形、移動、沈下に対する判定区分

区分	変 状
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 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II b～IVに対する判定の目安例として、表-5.13 に変形速度に対する判定の目安例を示す。

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-5.13 変形速度に対する判定の目安例





対象箇所	部位区分	変形速度				判定区分
		10 mm/年以上 〔 著しい 〕	3～10 mm/年 〔 進行がみられる 〕	1～3 mm/年 〔 進行がみられる～緩慢 〕	1 mm/年未満 〔 緩慢 〕	
覆工	断面内				○	II b～II a
				○		II a
			○	○		III
		○				IV

補足) 変形速度1～3mm の場合の判定例を下記に示す。

II a : 将来的に構造物の機能低下につながる可能性が低い場合

- ・変形量自体が小さい場合
 - ・変形の外的要因が明確でないまたは進行も収束しつつある場合 等
- Ⅲ：将来的に構造物の機能低下につながる可能性が高い状態
- ・変形量自体が大きい場合
 - ・地山からの荷重作用が想定される場合（変形の方法が斜面方向と一致する等）

表-5.14 変形、移動、沈下に対する判定区分別変状例

判定区分	変状写真	変状概要
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 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
備考		
<p>変形、移動、沈下に対する判定は個々のトンネルのおかれている状態や特徴を理解したうえで、総合的な観点から判定することが望ましい。</p> <p>進行性の判断は、地山挙動調査等を行い判定することが望ましい。</p>		