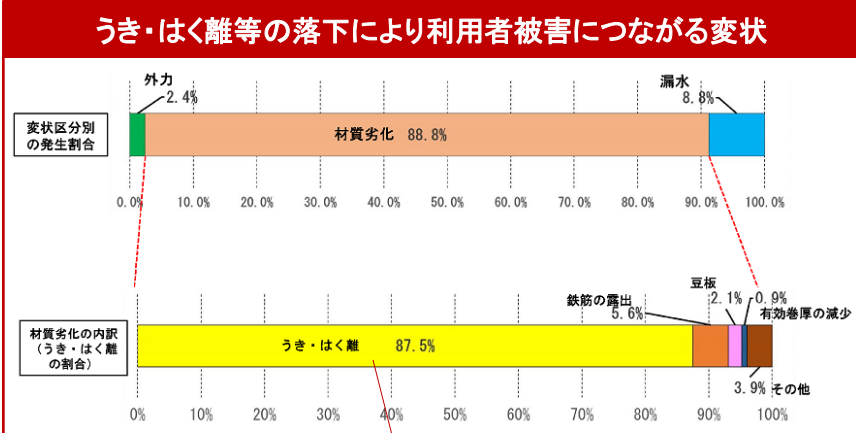


# 点検支援技術の開発の方向性について(トンネル)

---

# 新技術活用のお考え方 [トンネルの例]

- トンネルに発生する変状の原因は、外力、材質劣化、漏水に区分されるが、健全性の診断結果がⅢおよびⅣの変状については材質劣化が約89%を占める。材質劣化のうち、はく落の要因となる「うき・はく離」が約88%を占める。はく落などの落下現象は、利用者被害につながるため、効率的かつ精度よく点検することが求められる。
- 附属物等の落下による利用者被害防止の観点から取付状態の把握が必要であるが、覆工上部に設置されていることや設置数が多いことから、点検の効率化が求められる。
- 外力による変状は割合としては少ないものの、進行により構造物の破壊等利用者被害につながる恐れがある。



変状区分と変状種類の関係【H26～H30定期点検結果(国管理)】  
(変状等の健全性の診断において、ⅢおよびⅣと判定された変状)



うき・はく離が変状の大半を占める。  
うき・はく離は打音検査により把握し、必要に応じてたたき落としを行うが、その作業量は多く、点検の効率化が求められる。



附属物等の取付状態の把握は、近接目視、打音検査、触診等により行われるが、設置数が多い等から、点検の効率化が求められる。

**うき・はく離や附属物等の取付状態の把握を点検支援技術により効率化**

## 外力性の変状



圧力による圧縮性のひび割れは、ひび割れ幅が小さく、変状要因の特定が困難なことがある。

路盤の盤ぶくれは車両走行に影響を及ぼすため、早期の発見・対策が求められるものの、進行が緩慢な場合は発見が困難な場合もある。

点検支援技術で得られる計測結果を組合わせて、外力性の有無を判定する技術等を活用



近接目視による変状把握のみでは、外力性の影響を把握することが困難な場合がある。

# 定期点検における新技術活用の方角性(案)

- 覆工等の状態把握は、目的に応じて最適な技術を組み合わせて効率的に実施
- 健全性の診断は、AI等の技術も活用しつつ、人(知識と技能を有する者)が実施

## 構造物全体の健全性の診断

専門的知見  
・AIの活用

覆工等の健全性の診断

覆工等の状態の把握

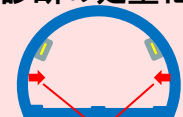
人が定性的に診断

近接目視や打音検査及び点検支援技術を用いて状態を把握した結果から人が健全性を診断

R3 性能カタログ公表  
・画像計測技術 8技術  
・非破壊検査技術 7技術  
・計測・モニタリング技術 5技術

R4 性能カタログ公表  
・画像計測技術 6技術  
・非破壊検査技術 6技術  
・計測・モニタリング技術 3技術

診断の定量化



状態の把握、変状の進行性に加えAI等を利用して措置の緊急度を定量的に把握

**LEVEL4**  
計測・モニタリング技術等

人が定性的に把握

近接目視・打音検査により状態を把握



R2 性能カタログ公表  
・画像計測技術 8技術  
・非破壊検査技術 6技術  
・計測・モニタリング技術 3技術

状態の把握、健全性の診断のための情報を定量的に把握

**LEVEL3**  
計測・モニタリング技術等

任意のタイミングで状態把握、覆工の変状等を把握

**LEVEL2**  
計測・モニタリング技術

[ 監視への活用 ]

作業の効率化、状態把握の質の向上



**LEVEL1**  
画像計測技術、非破壊検査技術

技術開発の方角性

- ・簡易に、安価に活用できる
- ・計測性能の向上

1巡目点検(~H30年度)

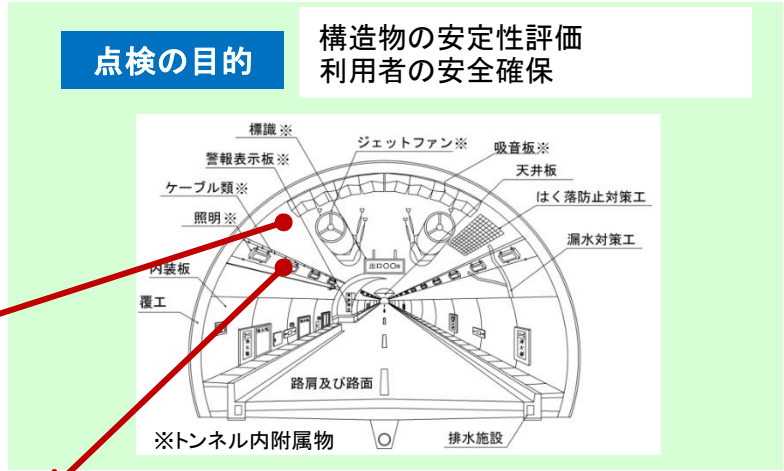
2巡目点検(R元年度)

2巡目点検(R2年度~)

今後(3巡目点検に向けて)

# 点検(部位・部材の状態把握)と診断の考え方(現状)

- 健全性の診断とは、道路トンネルの生じた変状状況や変状の進行性等から次回定期点検までの間の措置の必要性について評価すること。
- 診断にあたっては、構造物の安定性と利用者の安全確保の観点から、変状または覆工スパンごとの状態把握に必要な情報を取得する。



取得したい情報に応じて、点検技術者が技術を選択 (LEVEL1~3を組み合わせ)

**状態把握**  
(変状・覆工スパンごと)

**本土工**

- 【外力性の変状】  
→ 圧ざ、ひび割れの進行性
- 【材質劣化】  
→ うき・はく離の範囲・状況
- 【漏水】  
→ 位置・範囲・状況

**附属物等**

- 【附属物本体】  
→ 腐食、亀裂、変形
- 【取付部材】  
→ 破断、亀裂、腐食
- 【ボルト・ナット類】  
→ 破断、緩み、脱落



**点検技術者**  
(知識と技能を有する者)による検討の視点

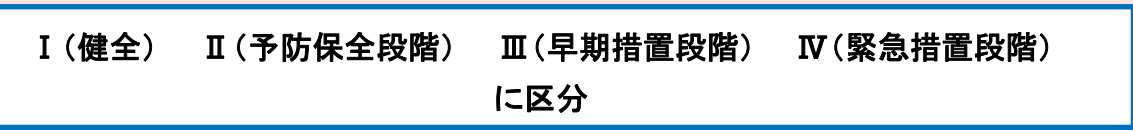
青字: 画像計測・非破壊検査技術を活用して把握できる情報

赤字: 計測・モニタリング等を活用して把握できる情報

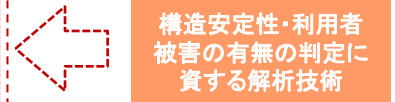
- ・ ひび割れがどこに発生し、その幅と長さほどの程度か
- ・ うき・はく離がどの位置に発生し、どの程度の規模か
- ・ どこに漏水が発生しているか
- ・ ひび割れや変形の進行性は確認できるか 等

- ・ 附属物本体や取付の部材の腐食がどこに発生し、その範囲はどの程度か
- ・ ボルトの破断や脱落はあるか
- ・ ボルトに再締め付けが必要な緩みは生じているか
- ・ 落下につながる変形等はみられるか 等

**健全性の診断**  
(変状・覆工スパンごと)



今後、開発が必要 (P.12参照)  
計測データから診断を定量化 (LEVEL4)



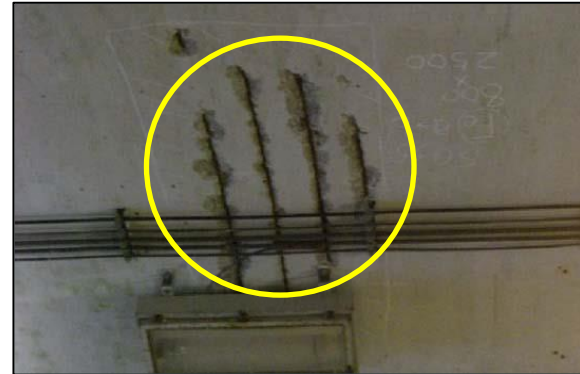
○ 画像計測技術とは、点検技術者が対象構造物の外観の変状等を把握するための画像を撮影する技術。

### 画像計測技術により撮影したい主な項目や変状例

【覆工のひび割れ】



【覆工鉄筋／附属物の腐食】



【覆工からの漏水】



○ 非破壊検査技術とは、外観からは見えない構造物内部の変状等に対して、外部から構造物を破壊せずに把握する技術。

・例えば、従来は点検技術者が打音検査で把握していたうきを非破壊で把握する技術など

### 非破壊検査技術により把握したい主な項目や変状例

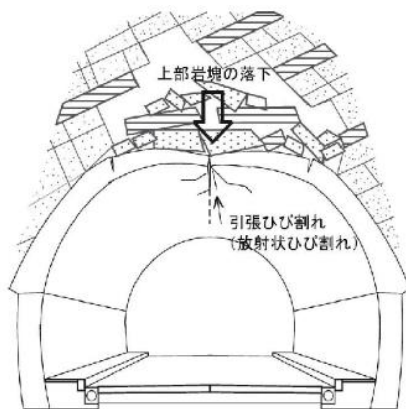
【覆工のうき・はく離】



【附属物のボルトのゆるみ】



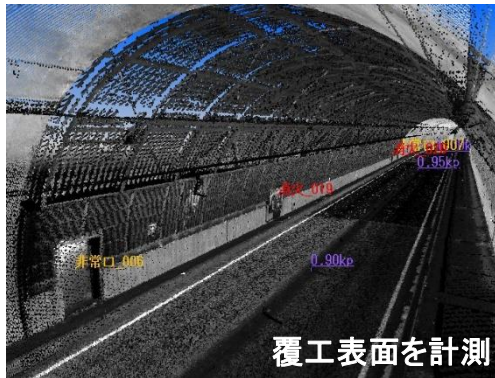
【覆工の背面空洞】



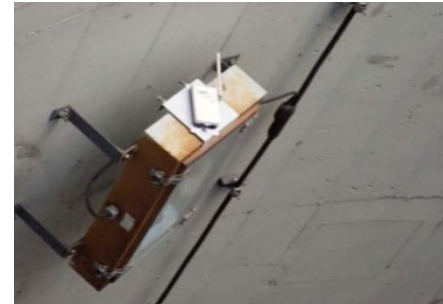
○ 計測・モニタリング技術とは、点検対象構造物の位置(変位)や応答(ひずみ等)を時間的に継続して計測することにより、その変動を定量的に把握する技術。

## 計測・モニタリング技術により検出したい主な項目と変状事例

【覆工の変形】



【附属物等の取付状態】



センサーによる監視

【附属物のボルトのゆるみ】



# 措置の1つである「監視」へのモニタリング技術の活用について

- 監視とは、対策を実施するまでの期間、構造物への管理への活用を予定し、予め決めた箇所の挙動等を追跡的に把握すること。
- 監視の目的に応じて適切な計測・モニタリング技術を活用することで、効率的に実施。

**措置**

**監視**

- ・定期的な監視
- ・常時の監視

**対策**

- ・補修
- ・補強

**通行規制・通行止め**

- ・全面通行止め
- ・車線規制

## 監視の目的とモニタリング技術の活用(例示)

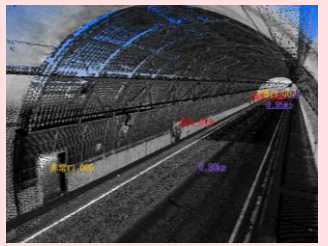
### ○ 変状の進行性の把握

ひび割れの進行性を把握することで、**外力性の変状の有無**を把握する  
外力に起因することが懸念されるひび割れにひび割れ変位計を設置し、ひび割れの進行性を把握することで外力性の変状の有無を把握する



### ○ トンネル変形の進行性の把握

トンネルの変形の進行性を把握することで、**対策の要否**を判定する  
変形が確認されたトンネルに対し、変形の進行性の有無を把握し、対策の要否を判定する



### ○ 附属物の取付異常の把握

附属物の取付異常の有無を把握することで、**対策の要否**を判定する  
取付異常の発生が懸念される附属物にモニタリング技術を適用し、取付異常の発生の有無を監視する





# 診断の定量化技術(LEVEL 4)の開発について(将来)

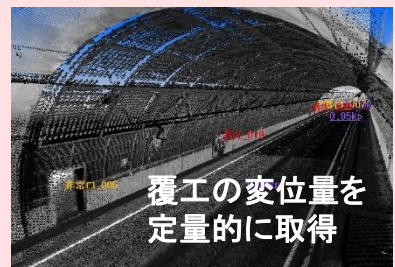
○ LEVEL1~3の充実を図りつつ、LEVEL4の技術(構造物の安定性、覆工はく落や附属物落下による利用者被害の有無に資する情報の定量化が可能な技術)を今後開発。

取得データの例

トンネル覆工の変状

附属物の変位

状態把握  
(部位・部材ごと)



取得したデータと、健全性の診断の関係を定量的に把握できる技術の開発

健全性の診断区分  
(変状・覆工スペースごと)

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段階
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

構造物の安定性、覆工はく落や附属物落下による利用者被害の有無の推定に必要な量を把握

