

リクワイヤメントについて(トンネル)

リクワイヤメントの視点

国土交通省道路局では良い技術は活用するという方針の下、新技術の開発・導入を促進しており、毎年度の取組を新技術導入促進計画として策定しています。
今般、令和6年度新技術導入促進計画における「リクワイヤメントの視点」に基づき、トンネルの点検支援に求める技術（リクワイヤメント）をとりまとめました。

視点	説明
視点①	トンネルの本体工の状態把握を支援する技術 例) 覆工のひび割れ（幅、形状、段差の有無ならびに段差量）、うき・はく離、鋼材腐食、漏水等を計測・抽出する技術
視点②	附属物等（ジェットファン、照明、ケーブル等）の取付状態の把握を支援する技術 例) 附属物等の取付部材の腐食、変形、亀裂、欠損を把握する技術
視点③	トンネルの健全性の診断に必要な情報を把握・推定する技術 例) ひび割れや変形等の変状情報から差異を検出し、進行性を把握する技術
視点④	点検作業（状態の把握、点検結果の記録やとりまとめ）を効率化する技術 例) 近接目視や触診等の作業を効率化することができる技術

トンネルの点検支援技術のリクワイアメント一覧

求める技術（道路行政の技術開発ニーズ）		
A	トンネルの本体工の状態把握を支援する技術	レーダーやレーザー等によって、覆工のうき・はく離や補修・補強材の劣化を把握する技術
		レーダーによる覆工背面の計測結果を解析することで、背面空洞の位置・規模を把握し、診断に資する情報を定量的に把握する技術
		点検作業に要する時間を短縮する技術
B	附属物等（ジェットファン、照明、ケーブル等）の取付状態の把握を支援する技術	画像等によって附属物等の腐食，変形，亀裂，欠損を把握する技術
		ボルト部の打撃により、ボルトのゆるみ・劣化の有無を把握する技術
		附属物本体のやボルト等の状態をモニタリングし、微小変位や傾きといった落下の予兆を早期に把握することで、被害が生じる前に処置を可能とする技術
C	トンネルの健全性の診断に必要な情報を把握・推定する技術	ひび割れや変形等の変状の進行性を把握する技術
		ひび割れ等の変状要因が外力性かどうかを推定するために必要な情報を把握する技術

点検支援技術の活用段階

PHASE 1	知識と技能を有する者が診断を行うために必要となるトンネル本体工や附属物等の状態を把握し、近接目視や打音検査といった従来点検の補助や効率化が可能となる技術(主としてリクワイアメントの視点①②④の技術が該当) 例) 本体工のひび割れや、うき・はく離等の変状を抽出する技術
PHASE 2	知識と技能を有する者が診断を行う際に活用できる情報として、従来の点検手法では得ることが難しい情報の把握が可能となる技術(主としてリクワイアメントの視点①②④の技術が該当) 例) 覆工背面の空洞の位置と規模や、覆工背面の水みち等を検出する技術 例) モニタリング等により、覆工のひび割れや変形等の進行性を把握する技術 例) 附属物本体の変形やボルトの緩み等をモニタリングし、落下の予兆を把握する技術
PHASE 3	状態の把握の結果や施工時の地質情報等の補助データを統合・分析して、知識と技能を有する者による変状原因の推定、対策の要否および緊急性、地震等による被災の可能性等の判定を補助・補完する技術(主としてリクワイアメントの視点③の技術が該当) 例) 複数の計測データや補助データ等を統合し、変状要因を推定する技術 例) 複数の計測データおよび変状の発生原因をAI等で解析することにより、点検者による対策の必要性や緊急性の判定を補助・補完する技術

リクワイヤメントと道路行政の技術開発ニーズの関係

リクワイヤメントの視点	道路行政の技術開発ニーズ
① トンネルの本体工の状態把握を支援する技術 ④ 点検作業(状態の把握、点検結果の記録やとりまとめ)を効率化する技術	トンネル点検では、覆工のうきや剥離、ジャンカによる内部欠陥等を打音検査で把握しているが、人が行うために点検にムラがあること、作業に時間を要することが課題となっている。本ニーズでは、レーダーやレーザー等によって、覆工のうき・はく離や補修・補強材の劣化を把握する技術や、レーダーによる覆工背面の計測結果を解析することで、背面空洞の位置・規模を把握し、診断に資する情報を定量的に把握する技術、走行型計測計を用いた技術や変状抽出を行う技術など、トンネル本体工の状態を把握する技術の開発を求めるものである。
② 附属物等(ジェットファン、照明、ケーブル等)の取付状態の把握を支援する技術 ④ 点検作業(状態の把握、点検結果の記録やとりまとめ)を効率化する技術	トンネル覆工にはジェットファン等の重量物の吊元があるが、吊元付近の覆工コンクリートにひび割れ、取付部材の腐食や緩み等による附属物等の取付異常が生じることがある。本ニーズでは、画像等によって附属物等の腐食、変形、亀裂、欠損を把握する技術や、ボルト部の打撃により、ボルトのゆるみ・劣化の有無を把握する技術、附属物本体の変形やボルトの緩みをモニタリングし、落下の危険性を把握する技術など、附属物等の取付異常を把握する技術の開発を求めるものである。
③ トンネルの健全性の診断に必要な情報を把握・推定する技術	トンネルの健全性の診断や対策工の実施の要否を判断するにあたり、変状の進行状態の把握が必要となる場合がある。本ニーズでは、ひび割れや変形等の進行状態を把握する技術やひび割れ等の変状要因が外力によるものかどうかを推定するためにその他必要な情報を把握する技術の開発を求めるものである。

リクワイヤメント説明資料の構成

次項以降の説明資料は以下の構成に則り記載している。

求める技術の概要・背景:

リクワイヤメントの背景および点検現場における課題やニーズ、現状などを記載

点検支援技術の活用段階:

各リクワイヤメントにおける点検支援技術の活用段階を表示
(活用段階の説明は資料p3を参照)

トンネルの本体工の状態把握を支援する技術

リクワイヤメントの視点①

PHASE 1

PHASE 2

- 状態の把握に必要な変状(ひび割れ、漏水等)を効率的かつ精度よく把握する。
- 利用者被害防止の観点から、トンネル覆工のはく離につながるうき・はく離を効率的かつ精度よく把握する。
- 補修・補強材(導水樋、繊維シート、鋼板接着による内面補強工等)の落下により利用者被害を生じる可能性があるため、これらの状態を把握する。

道路行政の技術開発ニーズ

・レーダーやレーザー等によって、覆工のうき・はく離や補修・補強材の劣化を把握する技術



▲ 打継ぎ目の化粧モルタルがういている状態



▲ 繊維シートの接着(劣化により落下が懸念)



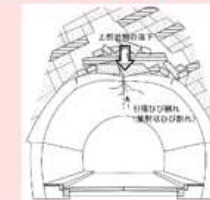
▲ アンカーボルトにより固定された鋼板(ボルトの取付異常により落下が懸念)

うき・はく離の位置、規模

補修・補強材の劣化の有無

補修・補強材の固定ボルトの劣化の有無

・レーダーによる覆工背面の計測結果を解析することで、背面空洞の位置・規模を把握し、診断に資する情報を定量的に把握する技術



▲ 覆工の背面空洞により生じる変状の模式図

背面空洞の位置、規模

求める技術の具体例:

リクワイヤメントに対応する技術の具体例を記載

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

トンネルの本体工の状態把握を支援する技術

リクワイヤメントの視点①

PHASE 1

PHASE 2

- 状態の把握に必要となる変状(ひび割れ、漏水等)を効率的かつ精度よく把握する。
- 利用者被害防止の観点から、トンネル覆工のはく離につながるうき・はく離を効率的かつ精度よく把握する。
- 補修・補強材(導水樋、繊維シート、鋼板接着による内面補強工等)の落下により利用者被害を生じる可能性があるため、これらの状態を把握する。

道路行政の技術開発ニーズ

- ・レーダーやレーザー等によって、覆工のうき・はく離や補修・補強材の劣化を把握する技術



▲ 打継ぎ目の化粧モルタルがういている状態

うき・はく離の位置, 規模



▲ 繊維シートの接着(劣化により落下が懸念)

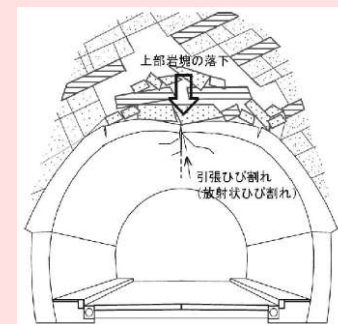
補修・補強材の劣化の有無



▲ アンカーボルトにより固定された鋼板(ボルトの取付異常により落下が懸念)

補修・補強材の固定ボルトの劣化の有無

- ・レーダーによる覆工背面の計測結果を解析することで、背面空洞の位置・規模を把握し、診断に資する情報を定量的に把握する技術



▲ 覆工の背面空洞により生じる変状の模式図

背面空洞の位置, 規模

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

- 照明やケーブル等のトンネル附属物等について、落下による利用者被害防止の観点から、取付状態について把握する。
- 附属物等の取付状態の評価にあたっては、近接目視に加えて打音検査や触診が必要となるが、取付部材や取付部の覆工は死角となることが多いことや設置数が多いことなどから、点検作業を補完・補助する技術が求められる。

道路行政の技術開発ニーズ

- ・ 画像等によって附属物等の腐食, 変形, 亀裂, 欠損を把握する技術
- ・ ボルト部の打撃により、ボルトのゆるみ・劣化の有無を把握する技術

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。



▲附属物取付部の腐食



▲附属物のボルトのゆるみ

- ・ 附属物等の取付部材の腐食, 変形, 亀裂, 欠損
- ・ 附属物等のボルト・ナットの腐食, 緩み, 脱落
- ・ 附属物等本体の腐食、変位、傾斜

- ・ 附属物本体のやボルト等の状態をモニタリングし、微小変位や傾きといった落下の予兆を早期に把握することで、被害が生じる前に処置を可能とする技術も対象とする。

- 近接目視等の現場作業により得られる状態の把握の結果に基づいて診断を行う。
- ひび割れ等への措置を行うにあたっては、変状の要因を的確に把握する必要があるものの、近接目視のみでは要因の特定(材質劣化によるのか、外力の影響なのか等)が困難な場合があることから、ひび割れの進展や、覆工の変形を把握する技術が必要である。
- 点検支援技術を利用して診断を行う場合、これまでとは異なる情報(点検支援技術による情報)に基づいて、状態の把握をすることが求められる。
- 点検支援技術による情報から診断に資する情報を定量的に得ることができれば、人力作業の効率化・省人化が期待できる。

道路行政の技術開発ニーズ

- ・ひび割れや変形等の変状の進行性を把握する技術
- ・ひび割れ等の変状要因が外力性かどうかを推定するために必要な情報を把握する技術



- トンネルの定期点検における近接目視等の作業は、片側車線規制下で高所作業車を利用して行われており、作業足場が高所作業車のデッキ内に限られるなど狭い作業範囲での作業となっている。そのため、近接目視や触診等を効率化する技術が求められる。
- 高所作業車の作業デッキでは点検対象箇所へ近づくことが困難な場合がある。そのため、点検者が覆工表面や附属物等へ容易に近づけるようにする技術が求められる。
- 定期点検結果の記録・保存にあたっては、大量の写真データや損傷変状データ図の整理に手間がかかる。そのため、撮影画像から変状を検出する技術や変状図を作成をする技術が求められている。

道路行政の技術開発ニーズ

・トンネル点検では、覆工のうきや剥離、ジャンカによる内部欠陥等を打音検査で把握しているが、人が行うために点検にムラがあること、作業に時間を要することが課題となっている。→点検作業を効率化することが求められる。



▲本体工の近接目視



▲本体工の打音検査



▲附属物の打音検査



▲附属物の触診