資料3

メンテナンス「技術」について

平成30年度　第3回
北海道道路メンテナンス会議

資料3-1

定期点検の結果（全国事例）

平成30年度　第3回
北海道道路メンテナンス会議

近接することにより確認できた事例（橋）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

近接目視により確認された鋼橋の桁端部の断面欠損

遠望目視（変状箇所の確認は困難）

近接目視により断面欠損を確認

桁内側からの近接目視により確認された鋼橋の桁端部の断面欠損

桁外側からの近接目視の状況
（変状の確認は困難）

桁内側からの近接目視により断面欠損
を確認

近接することにより確認できた事例（橋）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

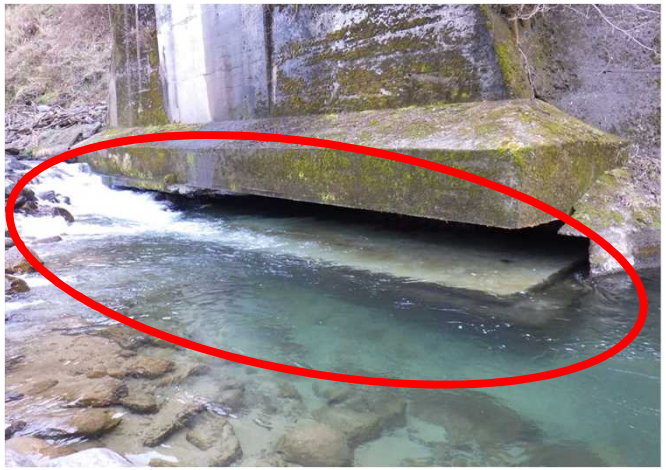
近接目視により確認されたH鋼杭の断面欠損

遠望目視（変状箇所の確認は困難）

近接目視によりH鋼杭の断面欠損を確認

近接目視により確認された基礎の洗掘

遠望目視（変状箇所の確認は困難）



橋台基礎の大規模な洗掘を確認

近接することにより確認できた事例（トンネル）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

照明灯の取付金具の破断

近接目視により確認された「うき」

打音により確認された目地付近の「うき」

近接することにより確認できた事例（シェッド）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

高所作業車による近接目視により確認された主梁端部の破断

路上からの目視状況（変状箇所の確認は困難）

高所作業車による近接目視により破断を確認

打音、触診により確認されたアンカーボルト定着不良

近接目視の状況（変状の確認は困難）

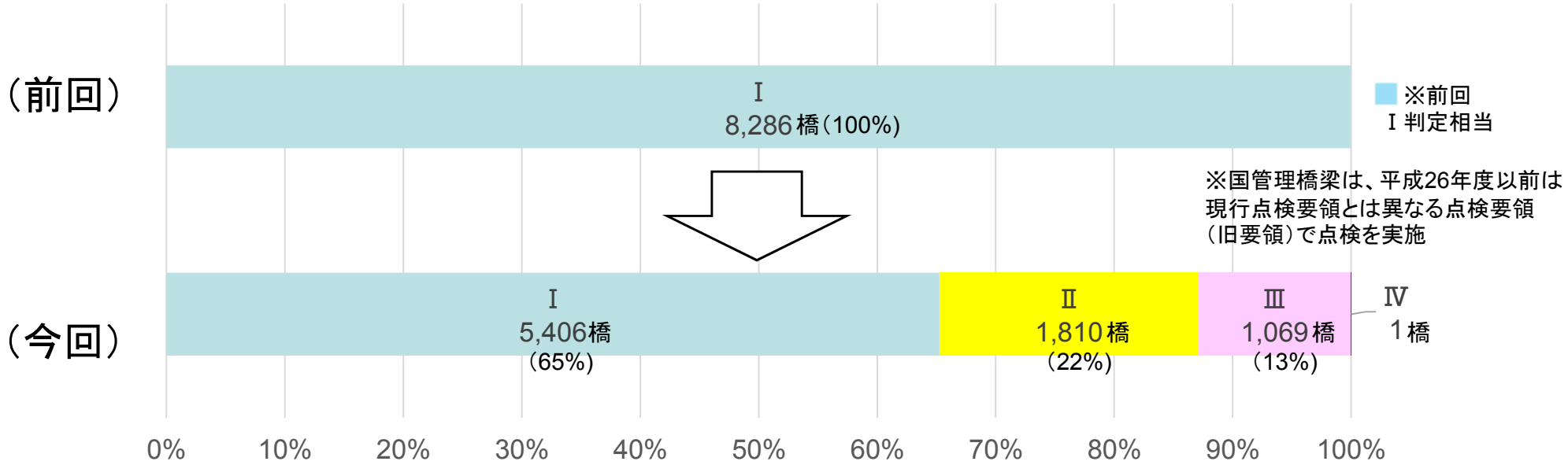
打音、触診により定着不良を確認

前回点検から損傷が進展した事例（橋）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○前回Ⅰ判定のうち、2割は次回Ⅱ判定に、1割は次回Ⅲ判定に損傷が進展する傾向



■：診断区分Ⅰ　■：診断区分Ⅱ　■：診断区分Ⅲ　■：診断区分Ⅳ

○前回点検（Ⅰ判定相当）から変状が進展した事例

鋼橋

H24点検

▲桁端部の堆砂

H29点検（判定区分Ⅲ）

▲桁端部の腐食、断面欠損

コンクリート橋

H24点検

▲桁端部の漏水

H29点検（判定区分Ⅲ）

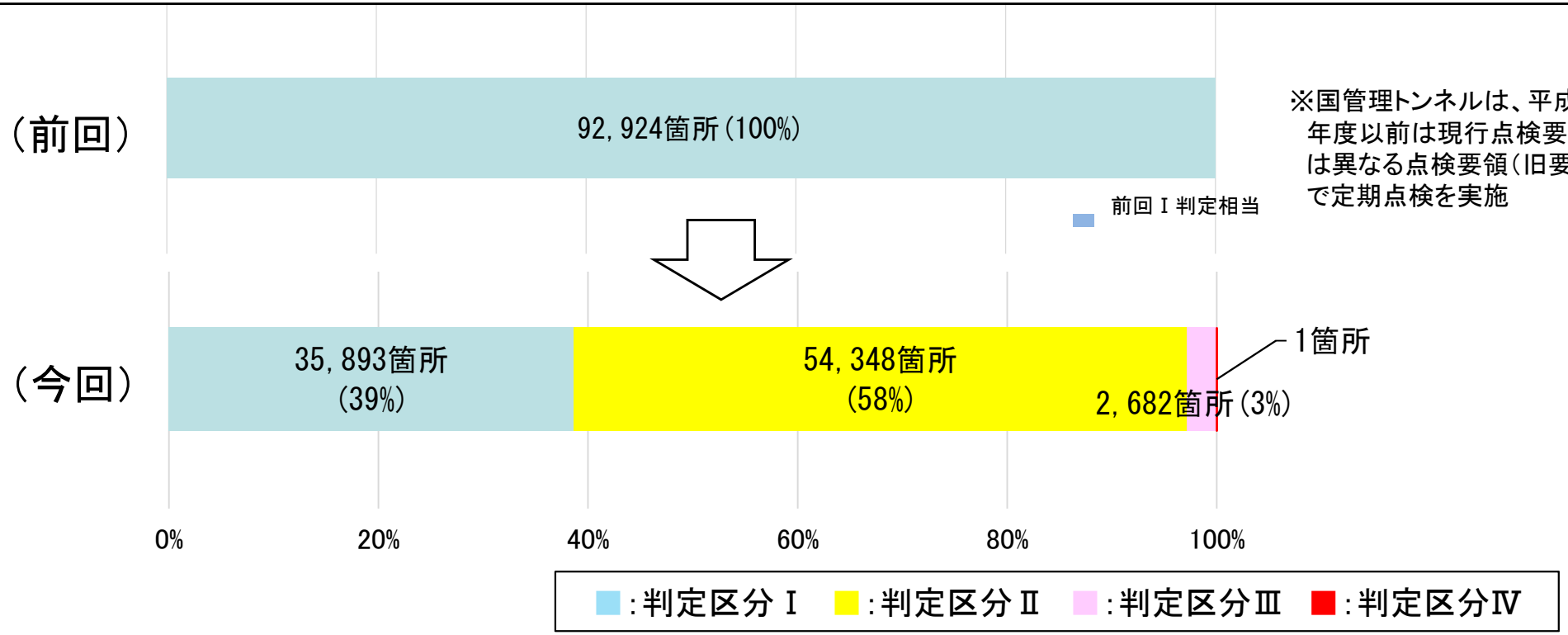
▲桁端部のひび割れ、うき

前回点検から損傷が進展した事例（トンネル）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

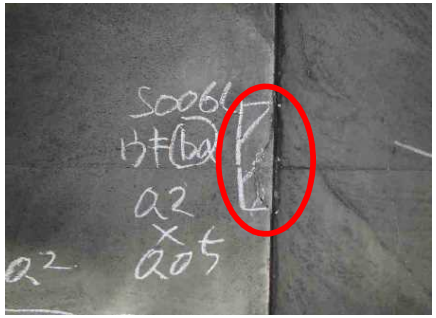
○前回Ⅰ判定相当のうち、58%は判定Ⅱに、3%は判定Ⅲ又はⅣに変状が進展



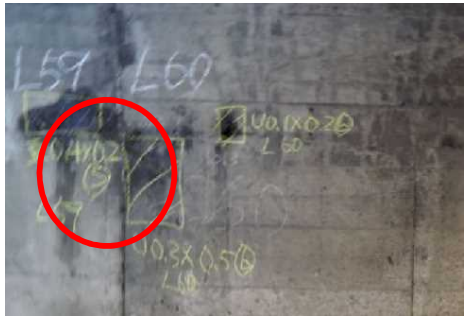
※国管理トンネルは、平成26年度以前は現行点検要領とは異なる点検要領（旧要領）で定期点検を実施

○前回点検（Ⅰ判定相当）から変状が進展した事例

H26点検（判定区分Ⅲ）



H27点検（判定区分Ⅲ）



▲目地沿いに発生したうき

H29点検（判定区分Ⅲ）

▲ひび割れ

定期点検後まもなく損傷が発見された事例

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○ 定期点検では「Ⅲ判定」とされていたが、7ヶ月後に斜材4箇所の破断が発見され、通行止めとなった事例

平成27年　定期点検　Ⅲ判定（腐食）

平成28年（点検から7か月後）
斜材4ヶ所の破断を発見

建設後まもなく損傷が生じた事例（橋）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

下部工のひびわれ

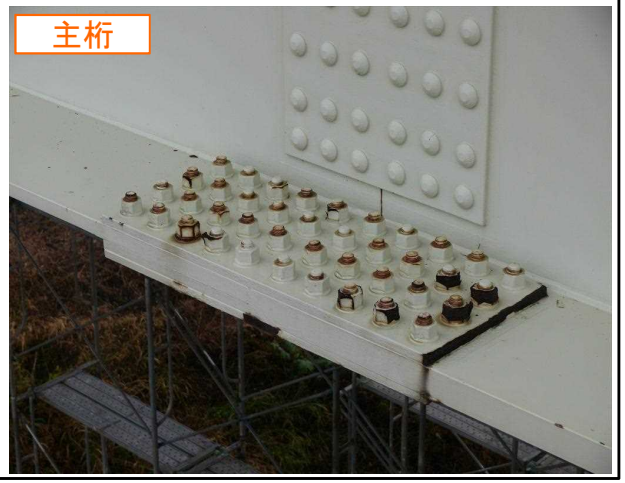
徳益IC ONランプ橋（国道：福岡県柳川市）
橋長110m　幅員6．2m
2012年架設（2歳）
Ⅲ判定（2014年）
（下部工のひびわれ）

床版の剥離・鉄筋露出

甘城橋（府道：大阪府富田林市）
橋長14m　幅員10．6m
2001年架設（14歳）
Ⅲ判定（2015年）
（床版の剥離・鉄筋露出）

主桁の腐食

小友こ線橋（国道：秋田県能代市）
橋長148m　幅員11．2m
2004年架設（10歳）
Ⅲ判定（2014年）
（腐食）



耐候性鋼材の腐食減肉

平門橋（国道：愛媛県上浮穴郡久万高原町）
橋長29m　幅員13．0m
2003年架設（12歳）
Ⅲ判定（2015年）
（耐候性鋼材の腐食減肉）

建設後まもなく損傷が生じた事例（トンネル・大型カルバート）

国土交通省

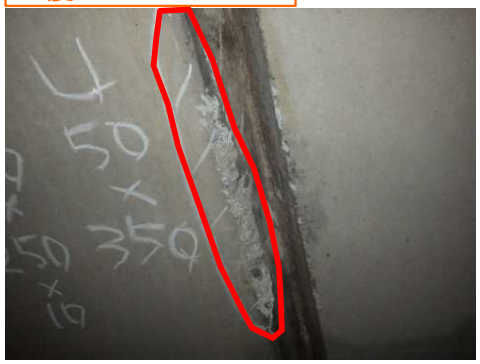
社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

目地部のうき（トンネル）

亥ヶ谷山トンネル（国道：三重県尾鷲市）
工法：NATM
トンネル延長：3197m
2012年建設（6歳）
Ⅲ判定（2016年）

目地部の「うき」 点検Ⅲ⇒措置後Ⅱb
（一部たたき落とし、劣化防止材吹付）

覆工コンクリート



目地部のうき（トンネル）

大茂内第二トンネル（秋田自動車道：秋田県）
工法：NATM
トンネル延長：2988m
2011年建設（7歳）
Ⅲ判定（2017年）

左アーチ肩部～妻壁の「ひび割れ」
（幅4mm × 長さ4.5m）

覆工コンクリート

頂版の損傷（大型カルバート）

鳴戸カルバート（国道：青森県鰺ヶ沢町）
構造形式：場所打ちボックスカルバート
2014年供用（3歳）
Ⅲ判定（2017年）

車両の衝突痕とみられる変状

頂版の損傷

頂版

剥離・鉄筋露出（供用後3年）

目地部の開き（大型カルバート）

浜厚真No.5函渠（国道：北海道厚真町）
構造形式：場所打ちボックスカルバート
2003年供用（12歳）
Ⅱ判定（2015年）

目地部の開きによる裏込土の流出

目地部

目地開き（供用後12年）

特徴的な損傷事例（橋）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

横締めPC鋼棒の突出

大間川橋（国道：石川県七尾市）
橋長8m　幅員7．8m
1974年架設（44歳）
（横締めPC鋼棒の突出）

補強されたPC桁間詰部の踏み抜き

豊中南IC橋付近（阪神高速道路：大阪府池田市）
1967年架設（51歳）
（PC桁間詰部の踏み抜き）

下部工の腐食

岩間大橋（市道：高知県四万十市）
橋長120m　幅員3．5m
1966年架設（52歳）
（パイルベント橋脚の腐食）

下部工の洗掘

共栄橋（町道：北海道上川郡清水町）
橋長301m　幅員2．1m
1977年架設（41歳）
（洗掘）

特徴的な損傷事例(トンネル)

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

覆工コンクリートのひび割れ・段差

諸淵トンネル下り線(国道:神奈川県足柄上郡山北町)
延長234m
1974年建設(42歳)
Ⅲ判定(2016年)
(ひび割れ:幅8mm
段差10mm)

覆工コンクリート

漏水防止板からの漏水

長等トンネル下り線(国道:滋賀県大津市)
延長1305m
1981年建設(34歳)
Ⅲ判定(2015年)
(漏水:流下)

覆工コンクリート(漏水防止板)

覆工コンクリートのうき

関トンネル上り線(国道:三重県亀山市)
延長1140m
1965年建設(49歳)
Ⅲ判定(2014年)
(うき(ブロック化))

覆工コンクリート

覆工コンクリートの鉄筋露出

七宗第2トンネル(国道:岐阜県加茂郡七宗町)
延長468m
1977年建設(40歳)
Ⅲ判定(2017年)
(鉄筋露出)

覆工コンクリート

特徴的な損傷事例（シェッド・大型カルバート）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

頂版のうき、剥離・鉄筋露出

猪谷3号洞門（国道：富山県富山市）
延長16m　幅員8．6m
1960年供用（56歳）
Ⅲ判定（2016年）
（うき、剥離・鉄筋露出）

基礎の洗掘

橘洞門（国道：高知県仁淀川町）
延長80m　幅員7．5m
1980年供用（37歳）
Ⅲ判定（2017年）
（洗掘）

頂版のひびわれ、遊離石灰

乙忠部3号BOX（国道：北海道枝幸町）
延長49m　幅員12m
1972年供用（44歳）
Ⅲ判定（2016年）
（ひびわれ、遊離石灰）

底版の洗掘

原川BOX（国道：大阪府柏原市）
延長38m　幅員6m
供用年不明
Ⅲ判定（2015年）
（洗掘）

溝橋の構造と損傷事例

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

■溝橋
（カルバート）

支承がない、上下部構造一体の小規模なコンクリート構造

道路土工　カルバート工指針
剛性ボックスカルバートの設計　5-1基本方針

4）地震動の作用に対する照査

従来型剛性ボックスカルバートでは，門形カルバートを除き，地震動の作用に対する照査を省略してもよい。門形カルバートについてはレベル１地震動の作用に対する照査を行えば，レベル２地震動に対する照査を省略してよい。これらは，①既往の剛性ボックスカルバートの被災事例によると，大きな被害が生じた事例はないこと，②剛性ボックスカルバートは橋脚等の地上に突き出した構造物と比較して周辺地盤の挙動の影響が大きく，カルバート自身の慣性力の影響が少ないこと，③剛性ボックスカルバートは不静定次数の高いラーメン構造であり，部分的な破壊がカルバート全体の崩壊につながる可能性は低いこと，等を考慮したものである。

部分的な破壊やそれに伴う全体の崩壊よりも、沈下や移動が卓越する傾向

土被りが薄いときには、頂版への活荷重の影響の累積が懸念（突然の踏み抜き）

平成26年度から平成28年度迄の定期点検結果を調査

（頂版のひびわれが健全性Ⅲの主要因といわれている溝橋（カルバート）約160橋を抽出）

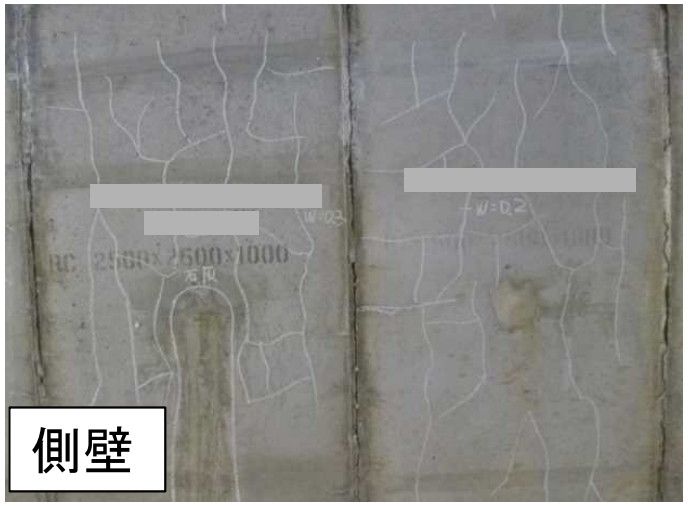
溝橋の構造と損傷事例（定期点検結果を調査）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○1巡目の点検結果、活荷重による頂版の踏み抜きは確認されていない

【事例1】
1980年架設（36歳）



【事例2】
2002年架設（14歳）

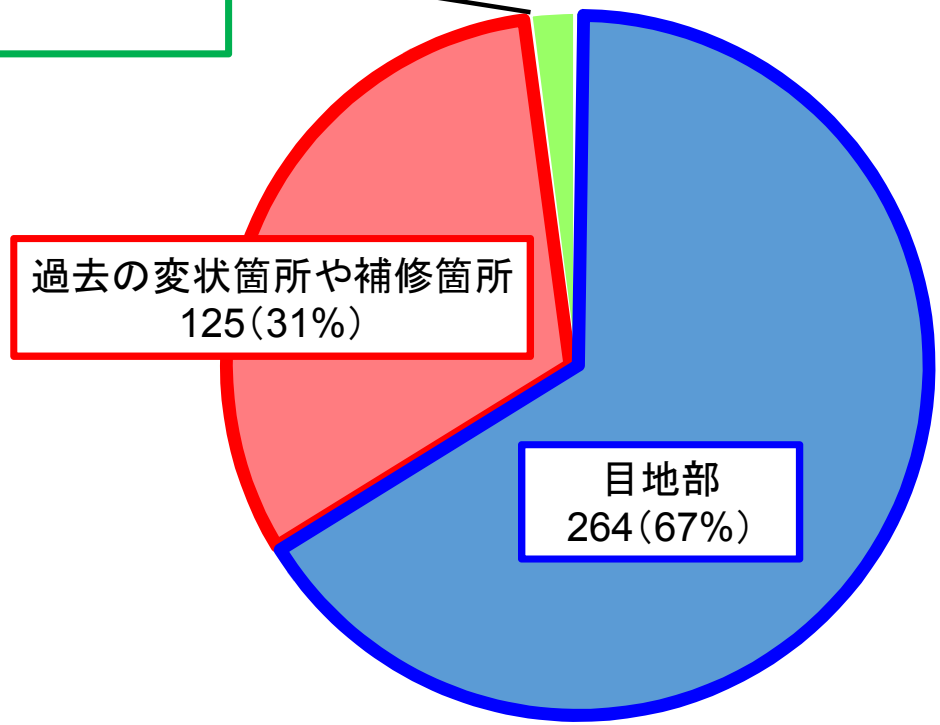
トンネルの点検結果（うき・はく離、はく落発生傾向の分析）

国土交通省

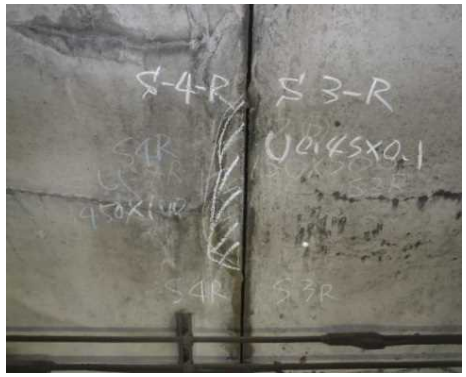
社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○ うき・はく離、はく落の発生個所に着目すると、

- ✓ 目地部　：67%
- ✓ 過去の変状箇所や補修箇所　：31%
- ✓ その他（過去の変状箇所周辺等で発生したうき・はく離・はく落）　：　2%　で発生。



うき・はく離、はく落発生傾向



目地部分のうき

凡　例

発生箇所
発生数（発生割合）

注1）国管理トンネルが対象。
注2）平成26～29年度定期点検実施トンネルのうち20トンネルを抽出して分析。

資料3-2

点検支援技術の開発の動向

平成30年度　第3回
北海道道路メンテナンス会議

点検支援技術の開発の動向（橋梁）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○ H26年度より近接目視・打音検査の支援技術を公募し、技術検証を実施。
○ H28年度より点検記録作成支援技術、非破壊検査技術を公募し、応募のあった「①損傷写真の撮影」、「⑤非破壊検査」について技術の仕様を確認し、評価結果を整理。

公募技術			H26年度	H27年度	H28～29年度
近接目視・打音検査の代替または支援する技術 ※模擬橋梁での検証			応　　募：31技術 技術検証：12技術 ↓ 近接目視の調査精度レベルに至らず	応　　募：26技術 技術検証：17技術 ↓ 10技術は実橋梁での検証を推薦	－
点検記録作成支援技術	①	損傷写真の撮影	－	－	応募：7技術
	②	損傷写真の整理	－	－	応募：0技術
	③	損傷図の作成	－	－	応募：0技術
	④	損傷程度の評価区分の自動判別	－	－	応募：0技術
非破壊検査技術	⑤	コンクリート構造物のうき・はく離検出	－	－	応募：6技術

定期点検の流れと公募技術の関係（橋梁）

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

《定期点検（法定点検）の流れ》

知識と技能を有するものが実施

定期点検

- 近接目視を基本とした方法により損傷を把握
- 必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用

- 施設毎に健全性の診断を行い、Ⅰ～Ⅳの区分に分類

記録

- 定期点検、健全性の診断の結果を記録し、これを保存

定期点検の質の向上に向けたニーズの例

- 外観把握が困難な水中部や狭隘部等の状況を把握
- コンクリート内部の損傷や鋼材の腐食、表面のうき・はく離の状況等を非破壊で把握
- 損傷状況の評価を自動で区分し客観的なデータとして維持管理に活用

技術による支援

公募技術

①損傷写真の撮影
カメラで損傷画像を撮影

④損傷程度の評価区分の自動判別
損傷程度の評価区分を自動で判別

⑤非破壊検査
コンクリート構造物のうき・はく離を検査

- 損傷を写真撮影し、画像として記録・保存
- 損傷写真から損傷図を自動作成し、記録作業を効率化

技術による支援

①損傷写真の撮影
カメラで損傷画像を撮影　※再掲

②損傷写真の整理
損傷写真を自動で整理

③損傷図の作成
損傷図を自動で作成

点検支援技術の開発の動向(トンネル)

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○ H26年度より近接目視・打音検査の支援技術を公募し、技術検証を実施。
○ H28年度より点検記録作成支援技術を公募し、応募のあった「①変状写真の撮影 レベル1」について技術の仕様を確認し、評価結果を整理。

公募技術			H26年度	H27年度	H28～29年度
近接目視・打音検査の代替または支援する技術 ※模擬トンネルでの検証			応　　募：8技術 技術検証：2技術 ⇩ 近接目視の調査精度レベルに至らず	応　　募：13技術 技術検証：10技術 ⇩ 6技術は実トンネルでの検証を推薦	－
点検記録作成支援技術	①	変状写真の撮影 レベル1※ ※ひび割れを示すチョークを判別	－	－	応募：4技術
	②	変状写真の撮影 レベル2※ ※ひび割れそのものを判別	－	－	応募：0技術
	③	変状写真台帳の整理	－	－	応募：0技術
	④	変状の自動検出	－	－	応募：0技術

定期点検の流れと公募技術の関係(トンネル)

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

《定期点検(法定点検)の流れ》

知識と技能を有するものが実施

定期点検

- 近接目視を基本とした方法により損傷を把握
- 必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用

- 施設毎に健全性の診断を行い、Ⅰ～Ⅳの区分に分類

記録

- 定期点検、健全性の診断の結果を記録し、これを保存

定期点検の質の向上に向けたニーズの例

- 外観把握の困難箇所の状況を非破壊で把握
- トンネル覆工内部の状況を簡便に把握
- トンネル内の変状を自動で検出し把握

技術による支援

- 損傷を写真撮影し、画像として記録・保存
- 変状写真から変状図を自動作成し、記録作業を効率化

技術による支援

公募技術

①変状写真の撮影：レベル1
カメラで損傷画像を撮影
（ひび割れを示すチョークを判別）

②変状写真の撮影：レベル2
カメラで損傷画像を撮影
（ひび割れを判別）

④変状の自動検出
変状を自動で検出

①変状写真の撮影：レベル1　※再掲
カメラで損傷画像を撮影
（ひび割れを示すチョークを判別）

②変状写真の撮影：レベル2　※再掲
カメラで損傷画像を撮影
（ひび割れを判別）

③変状写真台帳の整理
変状写真台帳を自動で整理

点検支援技術の現場活用

国土交通省

社会資本整備審議会　道路分科会
道路技術小委員会（H30.11.2）資料より

○ 現在までに技術の公募、仕様確認を経て評価結果を公表した技術を対象に、国の定期点検の現場で先行的に活用。

技術の公募・仕様確認を経て評価結果を公表した技術

国の定期点検の現場で先行的に活用

①道路橋の損傷写真を撮影する技術

- カメラを搭載したドローンやアーム型ロボットで橋梁の損傷写真を撮影
- 橋梁、シェッド・大型カルバートの定期点検の現場で活用

②コンクリート構造物のうき・剥離の非破壊検査技術

- ドローンやアーム型の機械に搭載した打音機構や赤外線等によりコンクリートのうき・剥離を検査
- 橋梁、シェッド・大型カルバートの定期点検の現場で活用

③道路トンネルの変状写真を撮影する技術

- カメラを搭載した車両でトンネル内を走行し、覆工の変状写真を撮影※
  ※レベル1：ひび割れを示すチョークを判別
- トンネルの定期点検の現場で活用

コンクリート構造物のうき・剥離を検出可能な非破壊検査技術の評価

技術名			赤外線調査トータルサポートシステム　Jシステム	ポール打検機	回転式打音診断支援システム【S-SJ】
開発者			西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	日本電気株式会社	（株）ネクスコ東日本エンジニアリング
NETIS番号			SK-110019-V	審査中（技術事務所名：関東地方整備局）	審査中（技術事務所名：関東地方整備局）
技術概要			・橋梁等のコンクリート構造物のうき・剥離などの変状箇所を、赤外線法により、高精度かつ定量的に検出する点検技術。 ・遠望非接触の非破壊検査のため、足場や交通規制が不要。 ・独自に開発した損傷判定支援システムにより、解析作業の熟練度にかかわらず、赤外線画像から変状箇所の損傷状態を定量的に判定することが可能。	・地上あるいは足場、高所作業車、橋梁点検車からコンクリート部材をポール打検機の使用により打音検査を補助、補強する。 ①高所にあるコンクリート部 ②点検ハンマーによる打音検査が困難な箇所 ③添架物で塞がれた箇所など近接して打音検査ができない箇所 ④横桁、対傾構が輻輳する構造 ⑤桁下の空間が狭く足場が設置出来ない場所。	・六角の軸球体をヘッド部に持つ回転式打音点検器を使用して、コンクリート表面を連続的に回転打撃し、その打音を聞き取りやすく、また、その打音波形を分析し、うき・剥離損傷の有無をリアルタイムに表示する装置であり、点検の高度化を図るものである。 ・点検ハンマーによる打音点検が困難な狭隘部の点検が可能である。
測定状況					
対象物			コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出
従来の方法			点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査
技術の特徴	必要な機器・装置等（計測）		冷却型高性能赤外線カメラ（素子：InSb）、調査支援モニター、デジタルカメラ（可視画像）、熱環境測定装置	打音点検用のハンマーとマイクと近接目視点検用のカメラ	回転式打音点検器と狭指向性のショットガンマイクロフォンおよびアンプ
	必要な能力・資格等（計測）		無し	打音点検の経験	打音点検の経験
	必要な機器・装置等（解析）		損傷判定支援ソフトを用いて赤外線サーモグラフィーの熱画像を自動解析し、変状を自動識別する。	点検員がヘッドホーンで打撃音を聴音し、静音・濁音を判断する。	打音をマイクにて採取し、アンプにて暗騒音部分の周波数帯をフィルターカットすることで打音を聞き取りやすくし、打音の波形分析によりうき・剥離の損傷有無を判断する。
	必要な能力・資格等（解析）		無し	打音点検の経験	打音点検の経験
	（参考）※1 概略費用	計測費用（直接人件費）※2	53,855円（点検面積502.5m2）	43,985円（点検面積473.9m2）	52,060円（点検面積502.5m2）
		計測費用（直接経費）※3	8,060円（点検面積502.5m2）	50,000円（点検面積473.9m2）	43,170円（点検面積502.5m2）
		解析費用（直接人件費）※4	74,790円（点検面積502.5m2）	18,200円（点検面積473.9m2）	46,170円（点検面積502.5m2）
		計	136,705円（点検面積502.5m2）	112,185円（点検面積473.9m2）	141,400円（点検面積502.5m2）
適用条件			・天候が雨天でないこと。 ・調査対象部位が湿潤状態でないこと。 ・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 ・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。 ・調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°　以上確保できること。 ・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。 ・調査時間帯は原則として夜間とする。 ・コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離 ・日較差（1日の最高気温と最低気温の差）7℃以上が望ましい。 ・撮影距離約50m未満（ただし、レンズや、距離計の変更により80m程度まで対応可能）	・適用箇所：主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面、壁高欄。 ・点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入出来ないほどの水辺で無いこと。 ・天候が雨天で無いこと。 ・コンクリートのかぶりが3cmまでのうき・剥離。 ・高さ8m程度までは足場無しで打音検査が可能。それ以上は高所作業車、橋梁点検車を使用する。横構、対傾構が輻輳する構造など検査車バケットでは近接が出来ない箇所に適用できる。側道橋と本線橋の狭隘な隙間でも打検機が届く範囲は点検が可能。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。	・適用箇所：主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面、壁高欄。 ・点検する部位に点検員がアクセス出来ること。梯子、高所作業車、橋梁点検車により近接する必要がある。 ・雨天時、強風時は実施困難。側道の重交通騒音などの環境音が特別に大きくないこと。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。 ・基本的には打音法であり、構造物へ近接する必要がある。 ・ハンマーによる打音法が困難な狭隘部の点検を行うことが出来る。
検証結果	①精度	検出率※5※7※10	100%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：52箇所／52箇所、剥離：38箇所／38箇所）	76%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：127箇所／164箇所、剥離：6箇所／11箇所）	83%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：150箇所／182箇所、剥離：3箇所／3箇所）
	②効率性	ヒット率※6※7※10	26% （90箇所／350箇所）	22% （133箇所／593箇所）	33% （153箇所／469箇所）
	検証対象部位・部材		主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ）、床版下面、地覆側面、壁高欄	主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面	主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面

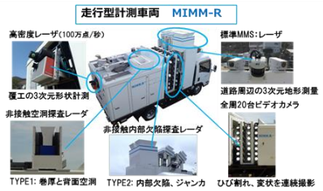
※1　概略費用は橋梁構造形式RC連続T桁のうち1径間（径間長26.8m、幅8.3m、点検面積502.5m2）を対象に各技術が点検した範囲にかかる費用
※2　計測費用（直接人件費）には、機器のキャリブレーション等、計測の準備にかかる費用を含む
※3　計測費用（直接経費）には、付随して必要となる機器（橋梁点検車等）にかかる費用を含む
※4　解析費用（直接人件費）には、記録・調書の作成にかかる費用を含む
※5　検出率＝（従来方法による点検で把握された損傷のうち、当該技術で検出できた損傷数）／（従来方法による点検で把握された損傷数）
※6　ヒット率＝（当該技術で異常が検出された箇所数のうち、従来方法による点検で損傷が把握された箇所数）／（当該技術で異常が検出された箇所数）
※7　うき・剥離箇所数は、各技術が点検を実施した範囲の箇所数
※8　損傷の評価基準は橋梁定期点検要領　⑫うき　e　⑦剥離・鉄筋露出　c　～e
※9　第三者被害予防処置は、「橋梁における第三者被害予防処置要領（案）」（平成28年12月）に基づく措置
※10 このデータは、平成29年11月時点。ただし、Jシステムの検証結果については、平成27年10月から平成28年2月に実施した現場検証データである。

技術名			橋梁点検支援ロボット	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	コンクリート構造物変形部検知システム「BLUE DOCTOR」
開発者			ジビル調査設計株式会社	新日本非破壊検査㈱	㈱オンガエンジニアリング
NETIS番号			QS-170024－A	審査中（技術事務所名：九州地方整備局）	審査中（技術事務所名：九州技術事務所）
技術概要			橋梁点検の際に橋梁点検車が利用出来ない橋梁において全ての作業を橋面上から行い点検員に代わって橋梁下面に挿入した各種点検台車と一体になったロボットアームを遠隔操作で可動させて、赤外線サーモグラフィと打音検査装置との併用でうき・剥離を検出するものである。また、橋面上での占用スペースも小さく（幅1．5m、長さ3m）歩道に設置すれば車道の交通規制を回避出来る。	・有線式のマルチコプター上部に車輪駆動機構と点検機構を搭載、マルチコプターの飛行機能で橋梁の床版など人が容易に近づけない部位に接近、車輪を押し当てて走行しながら、特殊な機構による打音検査とカメラによる目視を実施する飛行と自走機能を持つ有線式飛行型点検ロボットである。また、点検により得られた打音信号は解析技術で可視化し、うきや剥離等の損傷検出に加え位置情報と合わせて点検調書作成を支援する。	・橋梁等のコンクリート構造物の浮き・剥離などの欠損部（空隙）の有・無及び深さを、移動式衝撃弾性波法により、高精度かつ定量的に検知するコンクリート構造物点検技術。欠損箇所表面にスプレーマーキング可能。打音点検で見つからない欠損部も検出可能で、かつ定量化が可能な打音検査を補助する技術。ロボットに搭載すれば打音点検前のスクリーニングとして、高精度、高効率な点検を可能とする技術である。
測定状況					
対象物			コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出
従来の方法			点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査
技術の特徴	必要な機器・装置等（計測）		橋梁点検支援ロボット（ベース車：自走式クローラ台車）、可視カメラ、赤外線サーモグラフィ、回転式打診装置、集音用マイク、録音装置、温度分析用ソフトウェアー	・ドローン搭載型打音検査機構（打撃機構+マイク） ・PC（信号解析・表示、データ保存） ・モニター用タブレット	・ブルードクター伸縮スティックタイプ1式（マーキング機能付き） ・バッテリーパック或いはポータブル発電機（※マーキング機能を使用する場合） ・定点撮影用デジタルカメラ
	必要な能力・資格等（計測）		赤外線サーモグラフィによる熱画像の取得と打音点検の経験	飛行許可・申請を行う場合、飛行操作者は10時間の経験が必要	調査対象部位が手元より3m以上の場合、足場、高所作業車もしくは吸着走行型ロボット（開発中）が必要
	必要な機器・装置等（解析）		赤外線サーモグラフィーによりスクリーニングし、打撃音をマイクで集音した結果を併用して、点検員がうきを判断する。	打撃装置からの打音をマイクにより集音し周波数分布の変化から変状を自動識別する	弾性波エコーを自動解析してLED表示される損傷を点検員が記録する。
	必要な能力・資格等（解析）		熱画像解析と直接打診の経験	打音信号解析の経験	打音点検の経験
	（参考）※1 概略費用	計測費用（直接人件費）※2	62,600円（点検面積202.8m2）	59,000円（点検面積138.0m2）	72,020円（点検面積478.4m2）
		計測費用（直接経費）※3	222,400円（点検面積202.8m2）	61,200円（点検面積138.0m2）	85,950円（点検面積478.4m2）
		解析費用（直接人件費）※4	140,800円（点検面積202.8m2）	172,500円（点検面積138.0m2）	25,400円（点検面積478.4m2）
		計	425,800円（点検面積202.8m2）	292,700円（点検面積138.0m2）	183,370円（点検面積478.4m2）
適用条件			・適用箇所：主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面（側道橋が近接する箇所を除く）、壁高欄。 ・雨天時、強風時は実施困難。側道の交通騒音などの環境音が特別に大きくないこと。 ・橋梁総幅員は8m未満。主桁の高さが1．8m以下。地覆内側面から外側への張り出しが1．5m以下。高欄の乗り越え高さが1．5m以下。システムの組立、積み下ろしに必要な空間　w＝3．0m　L＝15m程度が確保出来る。 ・打検機の移動は、幅員方向に4mまでである。 ・赤外線サーモグラフィーによりスクリーニングし、打撃音をマイクで集音し、点検員がうきを判断する。打検機は構造物への近接が必要。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。 ・点検ハンマーと比較すると狭隘部の点検困難箇所の点検が可能。 ・車道を規制する橋梁点検車に比べて橋梁を占用する部分は小さくなるが検査装置が歩道を占有するため交通規制が必要である。 ・アーム型機構で点検できる面積は制限され、他の点検を併用する必要がある。	・適用箇所：主桁（下面）、床版下面、検査対象は検査装置の上面に限定される。垂直面、添架物が設置されている箇所は不可能。 ・打診装置が機械の中心にあり、機械の幅の半分（約50cm）は不可能。 ・UAVの飛行可能エリアまたは許可・申請の承認が必要 ・点検ロボットの作業範囲内（半径30m程度）への第三者の立ち入り制限がある。 ・日中、晴れまたは曇り、最大風速：4m/秒以下 ・打撃音をマイクで収集し、音を解析し、うきを判断する。 ・飛行モード時の安全確保のため橋面に親綱が必要。橋上に補助員を配置する必要がある。UAV飛行中に機体が落下することがあり、飛行体安全性に課題がある。 ・垂直面への適用は開発中であり、現状の装置では定期点検範囲の約27%の点検が出来る。 ・第三者予防処置のコンクリートの叩き落としは高所作業車により実施する必要がある。	・適用箇所：主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面（側道橋が近接する箇所を除く）、壁高欄。 ・基本は打音法と類似の衝撃弾性波法のため、梯子、ステージ、高所作業車などを使用してコンクリート構造物への近接が必要である。打診装置が機械の中心にあるため機械の幅の半分（約5cm）分は叩けない。 ・伸縮スティックが付随するので手元から3m以内であれば足場、高所作業車が不要。 ・作業場所に雨がかからないこと、強風で無いこと ・打撃を与える労力を自動化し、弾性波エコーの解析により計測結果を定量化できる。従来の打音法と併用することが出来る。マーキング機能を使用しない場合はバッテリーパック、マーキング機能を使用する場合は電源（発電機等）が必要である。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。
検証結果	①精度	検出率※5※7※10	68%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：67箇所／100箇所、剥離：4箇所／5箇所）	54%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：32箇所／58箇所、剥離：1箇所／3箇所）	60%　※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る （うき：100箇所／162箇所、剥離：4箇所／10箇所）
	②効率性	ヒット率※6※7※10	45% （71箇所／159箇所）	6% （33箇所／529箇所）	21% （104箇所／487箇所）
	検証対象部位・部材		主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面	主桁（フランジ下面）、床版下面	主桁（フランジ、ウエブ）、横桁（フランジ、ウエブ）、床版下面、地覆側面

※1　概略費用は橋梁構造形式RC連続T桁のうち1径間（径間長26.8m、幅8.3m、点検面積502.5m2）を対象に各技術が点検した範囲にかかる費用
※2　計測費用（直接人件費）には、機器のキャリブレーション等、計測の準備にかかる費用を含む
※3　計測費用（直接経費）には、付随して必要となる機器（橋梁点検車等）にかかる費用を含む
※4　解析費用（直接人件費）には、記録・調書の作成にかかる費用を含む
※5　検出率＝（従来方法による点検で把握された損傷のうち、当該技術で検出できた損傷数）／（従来方法による点検で把握された損傷数）
※6　ヒット率＝（当該技術で異常が検出された箇所数のうち、従来方法による点検で損傷が把握された箇所数）／（当該技術で異常が検出された箇所数）
※7　うき・剥離箇所数は、各技術が点検を実施した範囲の箇所数
※8　損傷の評価基準は橋梁定期点検要領　⑫うき　e　⑦剥離・鉄筋露出　c　～e
※9　第三者被害予防処置は、「橋梁における第三者被害予防処置要領（案）」（平成28年12月）に基づく措置
※10 このデータは、平成29年11月時点。ただし、Jシステムの検証結果については、平成27年10月から平成28年2月に実施した現場検証データである。

道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術の評価

ユースケースの前提	点検員等がチョーキング（ひび割れ幅0.3～3.0mmのひび割れ、うき・はく離の打音異常の有無及び範囲、鋼材腐食の範囲）した後、ロボットによる写真撮影を実施。点検員等がロボットにより取得した変状写真を見て、記録調書を作成。 ※上記とは別に、専門的な知識と技能を有する技術者が近接目視を行った上で健全性の診断を行う。

技術名						走行型高速3Dトンネル点検システム　MIMM-R（ミーム・アール）			走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)			道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)			トンネル覆工コンクリート内部・表面調査システム			
開発者						パシフィックコンサルタンツ株式会社			中外テクノス			西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社			三井造船株式会社			
共同開発者						計測検査株式会社,iシステムリサーチ株式会社,株式会社ウォールナット			—			—			株式会社トノックス			
NETIS番号						（申請予定）			（申請中）			SK-160013-A			（申請予定）			
技術概要						トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度３次元レーザー計測システム、非接触レーダー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れ、漏水等の変状と、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測するもので、走行型であるため計測時の交通規制が不要となる。この統合型計測システムにより従来点検前に計測し、近接目視，打音検査の併用技術として支援するとともに、取得した3D可視化情報を総合的に活用し健全性診断を支援することにより、トンネル点検全般の高度化、効率化、省力化、安全性向上、コスト縮減を図れる。			民生用4Kビデオカメラを使用した高解像度の覆工面画像を取得するシステム。民生機を使用することで、装置全体をコンパクトにできる。カメラの配置により撮影範囲及び解像度を自在に変更でき、狭隘な水路トンネル等への対応が可能。 覆工表面を高い解像度で撮影することで、発生している変状を正確に記録する。 交通規制なしで撮影ができ、50km/hの速度では0.3mm以上のひび割れを検知する。交通規制内の低速撮影では画像は近接点検時と同等の解像感のある高精細な画像が得られ、覆工面の状態をより正確に記録することができる。			カラーラインセンサカメラによる高精細な可視画像撮像システムと、光切断法による3次元形状計測技術を併用して、覆工コンクリートの表面状態と形状を、同時に計測、解析する。これにより、覆工コンクリートのひび割れと、剥離の前兆である段差を検出し、コンクリート片が剥落する恐れのある箇所を非接触かつ定量的に検出する技術である。将来的に、現状のトンネルの損傷評価だけでなく、定期的に計測を行うことにより劣化進行を定量的に把握できる技術を目指している。			打音検査では検知困難だった変状（空洞や豆板など）を、マルチパスレーダ（MPLAレーダ）により3次元で映像化するシステム。専用支持装置に架装したレーダを車両に搭載し、最高速度3.5km/hでの連続走行計測が可能である。 マルチパスレーダによる計測データを覆工表面レーザ計測車（㈱トノックス製）による展開画像データと統合することで、トンネル覆工コンクリートの表面と内部状況を同時に把握し、総合的な判定・管理が可能となる。			
概要図																	
計測対象部位						トンネル本体工覆工　（アーチ、側壁）			トンネル本体工覆工（アーチ、側壁）			トンネル本体工覆工（アーチ、側壁）			トンネル本体工覆工（アーチ、側壁）			
技術の特徴※1	必要な機器・装置等					CCDカメラ（38万画素）×20台 画像合成ソフト			4Kカメラ(830万画素)：11台 画像合成ソフト			ラインセンサカメラ(4096画素/ライン：4台) 画像合成ソフト			レーザ照射装置＝アルゴンイオンガスレーザ(出力4W)×６面体スキャナ レーザスキャン性能＝21,000回転/分×６(レーザ走査線数) 画像合成ソフト			
技術の特徴※1	必要な能力・資格等					なし			なし			なし			なし			
技術の特徴※1	概略費用※2	直接人件費				1,832,700円（/周長17m×延長500m×10トンネル）			1,818,950円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			375,200円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			1,654,450円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			
技術の特徴※1	概略費用※2	直接経費				703,100円（/周長17m×延長500m×10トンネル）			1,209,953円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			1,762,000円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			1,750,150円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			
技術の特徴※1	概略費用※2	計				2,535,800円（/周長17m×延長500m×10トンネル）			3,028,903円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			2,137,200円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			3,404,600円(/周長17m×延長500m×10トンネル)			
技術の特徴※1	車両寸法	車両幅				2.08m			1.67m			2.18　m			2.26m			
技術の特徴※1	車両寸法	車両高さ				3.63m			2.80m			3.14　m			3.20m			
技術の特徴※1	適用条件	天候				屋外では強風、強雨、降雪時は使用不可（小雨では使用可能）			雨天時はカメラのレンズに雨滴がつき画像に影響が出るため撮影は避ける			天候が雨天でないこと			雨天時(小雨を除く)は、レーザ計測への影響が懸念されるため、計測は避ける			
技術の特徴※1	適用条件	気温条件				0℃～40℃			-10～40℃			特に無し			外気温0℃以下の場合は、レーザ計測への影響が懸念されるため、計測は避ける			
技術の特徴※1	適用条件	時間帯・日射条件				昼夜問わず計測可能			トンネル坑口に直射日光が当たる時間の撮影は避ける			坑口付近の覆工コンクリートについては、日射の影響を考慮し夜間が望ましい			昼夜問わず計測可能			
技術の特徴※1	適用条件	計測時の走行速度条件				80km/h以下			5～80km/h			100km/h以下（壁面撮影の場合）			60km/h以下			
技術の特徴※1	適用条件	渋滞時の計測可否				測定可能			渋滞時の撮影は不可			測定可能			測定可能			
技術の特徴※1	適用条件	設備等による死角条件				照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可			照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可			照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可			照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可			
技術の特徴※1	適用条件	車両から覆工表面までの距離条件				10m程度以内			制限なし（壁面までの距離が大きく変化する部分の撮影は不可。）			制限なし			概ね10m以内			
技術の特徴※1	適用条件	トンネル延長の制約				制限なし			制限なし			制限なし			制限なし			
技術の特徴※1	適用条件	車線数の制約				３車線以上も計測可能			制限なし			３車線以上も計測可能			３車線も計測可能			
技術の特徴※1	適用条件	断面形状の制約				矩形断面など対象構造物に応じて対応可能			大きな断面変化がないこと			矩形断面など対象構造物に応じて対応可能			矩形断面も計測可能（断面形状に応じて、レーザ照射器を要位置調整）			
技術の特徴※1	適用条件	トンネル内照明の消灯の必要性				不要			不要			不要			不要			
技術の特徴※1	適用条件	その他の条件				—			・トンネル覆工面が濡れている場合や内装版がある箇所では照明が反射し、画像に影響が出ることがある			—			・走行路面が平坦であること ・覆工表面の排ガスによる汚れが少ないこと			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	ひび割れ	幅0.3～3.0mm（0.1mm単位）	【レベル1】ひび割れを示すﾁｮｰｷﾝｸﾞを判別	【レベル2】ひび割れそのものを判別		【レベル1】ひび割れを示すﾁｮｰｷﾝｸﾞを判別	【レベル2】ひび割れそのものを判別		【レベル1】ひび割れを示すﾁｮｰｷﾝｸﾞを判別	【レベル2】ひび割れそのものを判別		【レベル1】ひび割れを示すﾁｮｰｷﾝｸﾞを判別	【レベル2】ひび割れそのものを判別		
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	ひび割れ	幅0.3～3.0mm（0.1mm単位）	100%（76箇所/76箇所）	（非申請）		100%（76箇所/76箇所）	（非申請）		100%（76箇所/76箇所）	（非申請）		100%（76箇所/76箇所）	（非申請）		
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	ひび割れ	幅3.0mm以上(0.5mm単位)※4	100%（14箇所/14箇所）			100%（14箇所/14箇所）			100%（14箇所/14箇所）			未検証(0箇所)			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	うき・はく離	打音異常の有無と範囲を示すﾁｮｰｷﾝｸﾞ	100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	うき・はく離	ひび割れ等の状況※5	100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			100%（47箇所/47箇所）			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	鋼材腐食	範囲を示すﾁｮｰｷﾝｸﾞ	未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	鋼材腐食	腐食の有無	未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			未検証(0箇所)			
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	漏水等による変状	部位	アーチ	側壁	路面	アーチ	側壁	路面	アーチ	側壁	路面	アーチ	側壁	路面
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	漏水等による変状	漏水（有無及び範囲）	100%（71箇所/71箇所）		（非申請）	100%（71箇所/71箇所）		（非申請）	100%（71箇所/71箇所）		（非申請）	100%（71箇所/71箇所）		（非申請）
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	漏水等による変状	氷	未検証(0箇所)		（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）
検証結果	〔A〕精度	〔A-1〕変状写真の撮影	判読可能率※3	漏水等による変状	土砂	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	（非申請）
検証結果	〔A〕精度	〔A-2〕変状写真台帳の整理		機能の有無		（非申請）			（非申請）			（非申請）			（非申請）		
検証結果	〔A〕精度	〔A-3〕変状の自動検出		検出率		（非申請）			（非申請）			（非申請）			（非申請）		
検証結果	〔A〕精度	〔A-3〕変状の自動検出		的中率		（非申請）			（非申請）			（非申請）			（非申請）		
検証結果	〔B〕効率性	現場規制時間の短縮		規制時間比率		非申請や未検証の部分が多いため、今回は算出対象外											
検証結果	〔C〕効率性	従来技術とのコスト比率		コスト比率（外業）		非申請や未検証の部分が多いため、今回は算出対象外											
検証結果	〔C〕効率性	従来技術とのコスト比率		コスト比率（内業）													
検証結果	〔C〕効率性	従来技術とのコスト比率		コスト比率（外業＋内業）													

※1　利用場面に対する開発者からの申告
※2　概略費用：周長17m(平均)、延長500m(平均)の同一路線上に連続した10トンネルを対象に算出。（費用は条件により変わります。）
　　点検員等がチョーキングした後にロボット技術により写真撮影を実施し、点検員が作業できる形に加工するまでの費用。旅費交通費、機材運搬費、間接原価、一般管理費等は除く。
※3　判読可能率＝（近接目視で検出した変状のうち、当該技術で記録した画像にて判読可能な変状箇所数）/（近接目視で検出した変状箇所数）
※4 検証トンネルにひび割れ（3.0mm以上）が無かったため、幅1.0mm以上のひび割れが判読可能であること、幅0.5mmのひび割れが認知可能であることを確認することにより、ひび割れ(3.0mm以上(0.5mm単位))が判読可能であるとみなすとした。
※5 ひび割れ等の状況：閉合、ブロック化、補修材等の材質劣化、覆工コンクリート等の細片化、覆工コンクリート等の材質劣化