

道路トンネルの定期点検における 点検支援技術の活用について

四国建設コンサルタント株式会社 道路・計画部

建設コンサルタント協会 四国支部若手の会 重永 雄大

平成 31 年 3 月に道路トンネル定期点検要領が改訂され、点検作業のより一層の効率化や高度化が推進されている。新点検要領では、関連技術の開発や試行実績を踏まえて、有効な新技術も活用できるようになった。

本業務では、上記定期点検要領の改訂に先立ち、新技術情報提供システムに登録されている道路性状測定車両イーグル(L&L システム)を活用して覆工画像展開図を作成しており、その内容及び課題等について紹介するものである。

キーワード 道路トンネル定期点検、次世代インフラロボット技術、トンネル覆工面高精度撮影、画像展開図、点検後の見える化

1. はじめに

我が国の社会インフラを巡っては、多くの施設で老朽化が進行している。また、年々リスクの高まる南海トラフの大規模地震等の災害や、社会情勢としての生産年齢人口の減少といった重要かつ喫緊の課題に対し、ICT 等を活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。

【現状と課題】

- ・ 少子高齢化、人口減少による建設産業における労働力不足の懸念
- ・ インフラの老朽化に対応した効率的な維持管理及び更新
- ・ 大規模災害への迅速な対応

道路トンネルの点検にあたっても同様に、ICT を活用した効率的な維持管理及び更新が必須であり、着実に効率的な新技術を導入する必要があると考えられる。

表-1 に四国内の路線別トンネル本数、図-1 に建設年度別トンネル本数を示す¹⁾。

四国内には、168 のトンネルがあり、高度経済成長期に施工されたトンネルは、約半数の割合を占める。現在、建設後 50 年を越えるトンネル本数の割合は、約 16% である。20 年後には約 54% となり、ますます維持管理費が増大する事が考えられ、効率的・効果的な維持管理が必要とされている。

表-1 トンネル本数(県別・路線別)

県名	路線名	11号	32号	33号	55号	56号	192号	196号	高速	計
徳島県		1	5	0	25 (6)	0	4	0	0	35 (6)
香川県		4	4	0	0	0	0	0	0	8 (0)
愛媛県		2	0	5	0	38 (13)	0	5	5	55 (18)
高知県		0	3	17	9 (4)	33 (4)	0	0	8	70 (16)
計		7	12	22	34 (10)	71 (17)	4	5	13	168 (40)

うち()番は、自導道

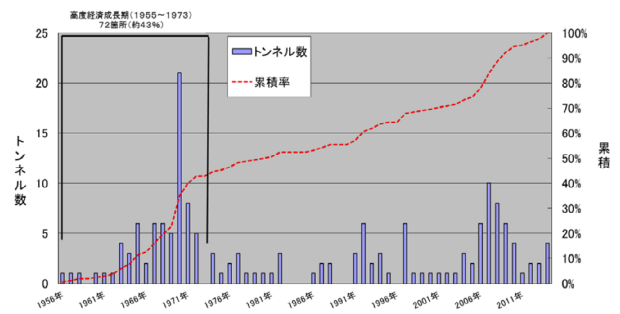


図-1 建設年度別のトンネル箇所数分布

国土交通省及び経済産業省では、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、現場のニーズと技術シーズとのすりあわせなどの検討を経て、現場検証の結果を踏まえ、現場への試行的導入を実施し、その後の本格導入を目指している²⁾。

また平成 31 年 3 月には、道路トンネル定期点検要領が改訂され、新技術の活用が進められている。

そのような情勢の中、本稿では、徳島河川国道事務所管内の道路トンネル点検を実施するにあたり導入した、最新の ICT 技術の内容と課題等について紹介する。

2. 道路トンネル定期点検要領の改訂概要

構造物メンテナンスは、継続的なインフラ管理のために、点検・診断の結果に基づき、必要な対策を適切な時期に、着実に効率的に実施するとともに実施内容を記録し、5年に1回の次の点検・診断等に活用するという「メンテナンスサイクル」を着実に取り組み、推進していく必要がある。

点検の重点化や効率化に向け、インフラの重要度や老朽化度合等に応じ点検内容・方法を設定することや、新技術を活用するなど、効率的な点検・診断ができるように点検基準・要領等を見直す必要があり、改訂された道路トンネル定期点検要領³⁾では、上記を踏まえて新技術の活用に関して以下のような改訂がされた。

(1) 状態の把握

状態の把握は、近接目視により行うことが基本であるとされている。

平成26年の定期点検要領では、近接目視によって行う評価と同等の評価が行えると判断出来る新技術が開発された場合は、新技術の併用を妨げるものではないとの記載であったが、平成31年の定期点検要領では、点検箇所の一部について、その他の方法で状態を確認し、対策区分の判定を行うことができることが明確にされた。

これにより、定期点検において近接目視の代替として新技術を活用が推進されるように改訂された。

(2) 記録

定期点検の結果記録は、道路トンネルが利用されている期間中は、保存することとされている。

平成26年度の定期点検要領では、トンネル諸元や点検結果総括表など12の様式でとりまとめられるものであったが、平成31年の定期点検要領では、新技術の活用に応じて記録様式を選択できるように改訂された

その他にも、附属物等の取付状態に関する異常写真のとりまとめ様式や近接目視による状態の把握が不可能であった箇所を記録する様式が追加される改訂が行われた。

改訂前	改訂後
様式-1 トンネル諸元	様式-1 トンネル諸元
様式-2 トンネル点検要領	様式-2 トンネル点検要領
様式-3 トンネル点検結果総括表	様式-3 トンネル点検結果総括表
様式-4 トンネル点検結果	様式-4 トンネル点検結果
様式-5 トンネル点検結果	様式-5 トンネル点検結果
様式-6 トンネル点検結果	様式-6 トンネル点検結果
様式-7 トンネル点検結果	様式-7 トンネル点検結果
様式-8 トンネル点検結果	様式-8 トンネル点検結果
様式-9 トンネル点検結果	様式-9 トンネル点検結果
様式-10 トンネル点検結果	様式-10 トンネル点検結果
様式-11 トンネル点検結果	様式-11 トンネル点検結果
様式-12 トンネル点検結果	様式-12 トンネル点検結果

図-2 記録様式改訂概要

3. 点検現場の実情

本業務で実施したトンネル点検の体制について、1事例を紹介する。

【トンネル概要】

トンネル名	内妻トンネル
路線名	一般国道55号
完成年度	1982年(37年経過)
工法	矢板工法
トンネル延長	253m

(1) 点検人員 (全12名)

本トンネルの点検は、作業日数を短縮するためにトンネル点検車2台を用いて、点検員7名(点検補助員含む)、運転手2名、誘導員2名、清掃員1名に



写真-1 点検の状況

より実施した。多くの人材を確保する必要があり、さらなる作業の効率化を図る必要があると考える。

(2) 安全管理

点検を実施するためには、片側交互通行が必要となるため、道路管理者の他に所轄の警察署と協議した。本トンネルの点検は、9名の交通整理人が必要となった。点検では、現場での作業時間短縮を図り、道路利用者への影響を最小限にとどめる必要があると考える。

(3) 点検作業

トンネル点検の現地作業は、大別して点検(近接目視と打音検査)とスケッチ(変状の記録)がある。スケッチは、点検後のチョークの跡を目視で確認して、手元の展開図に変状の位置を記録する作業となる。

本トンネルにおいては、4名の作業員で1日スケッチすることが想定され、規制時間が延びることが問題であり、スケッチ作業の効率化が必要であると考えられる。

4. 次世代インフラ用ロボットの概要

(1) 施策概要

次世代インフラ用ロボットは、平成26、27年度の全国の直轄現場等における現場検証及び評価を通じ、開発・改良を促進し、現場検証結果を踏まえ、平成28年度から試行的導入を実施している状況である。

【トンネルにおける取り組み内容】

- 維持管理
- ・近接目視点検を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

(2)トンネル維持管理技術

維持管理（トンネル）の新技术としては、近接目視点検を支援や打音検査の支援など 10 技術が現場検証及び評価の対象となっており、近接目視点検支援として以下の 4 技術の評価が公表済み⁴⁾となった。

近接目視点検支援は、主にトンネル覆工撮影し、その撮影した画像を計測し、変状を確認する技術であり、本稿で紹介する新技术も検証され、結果報告されている。

○次世代社会インフラ用ロボット現場検証結果報告

トンネル（現場導入に向けリクワイアメントの一部を公表（H30.3）し、リクワイアメント案に基づき評価を実施中）



H30年3月29日に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」トンネル維持管理部会の審議を経て評価結果公表済の技術

図-2 検証済み技術

5. 次世代インフラ用ロボットの導入

(1)導入した新技术の概要

本業務においては、トンネル点検(スケッチ)を効率化し、現地での作業時間を最小限にとどめることができ、経済的で最も優れた『道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)』を利用した。

新技术であるイーグルは、カメラ及び照明、光源装置、録画装置等の撮影に必要な機材及び電源装置を車両後部に搭載されている。トンネル覆工の撮影は、道路の交通規制なく、一般の自動車の走行速度でトンネル内を走行することで、カラーの詳細な覆工画像を撮影することが可能である。一度の撮影では走行車線側の覆工しか撮影できないため、トンネル内の全覆工を撮影するためには2回(往復)の撮影走行が必要となる。

品名	台数	仕様
撮影車	1台	6t中型車 70~100km/hにて撮影 ひび割れ検出精度：0.2mm程度 注意喚起用情報板搭載（後尾警戒車両兼用） 基準緩和認定取得済み

測定時

前面 側面 後面

図-3 道路性状測定車両イーグルの概要

(2)実施手順

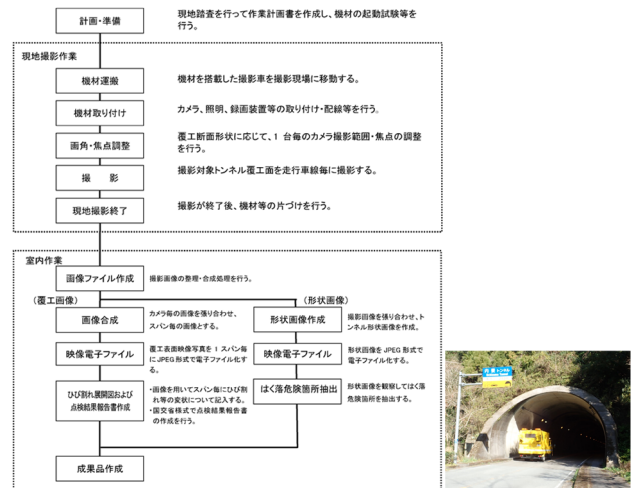


図-4 画像撮影手順と撮影状況

(3)作成データ

作成した画像データは、1 スパン(6~10m)毎に分割されて作成される。

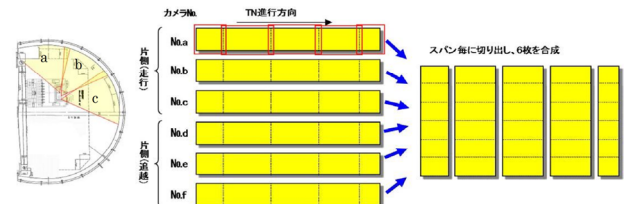


図-5 画像作成イメージ図

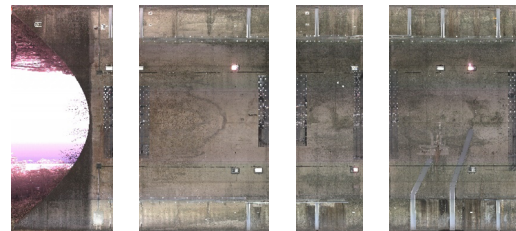


図-6 作成される画像データ

本技術により良好な画像データが得られるが、横断目地部が凹部となる場合は、カメラに対して直角となることや陰が発生するため、一部変状の確認が困難であった。



図-7 変状確認困難な箇所例

(4)導入効果

a)作業日数の短縮

現地で変状スケッチ展開図作成に要する日数の短縮（本業務対象 16 トンネル：20.5 日前減）。

b)作業省力化

現地でのスケッチ作成に要する労働力の削減（点検 82 人・日削減、交通整理員のべ 187 人）。

c)作業リスク低減

現地作業時間の短縮により、交通規制を伴う危険作業の危機リスクを低減。

d)図化精度向上

目視によるスケッチと比較し、変状の図化精度を向上。

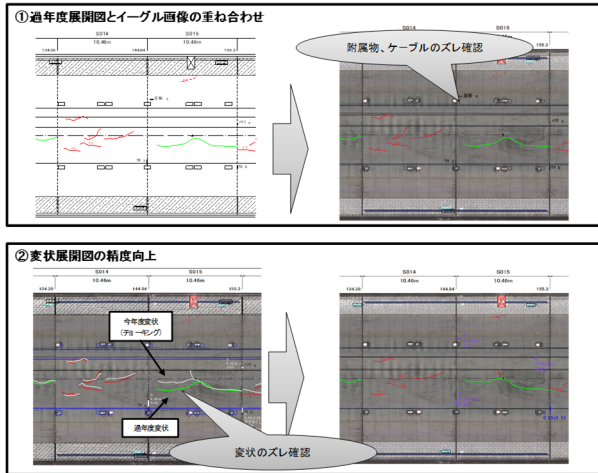


図-8 図化精度の確認結果

e)点検後の見える化

変状箇所に限らず、画像としてトンネルを保存することにより、点検以降の想定外の変状が発生した際に点検時の記録を確認可能。

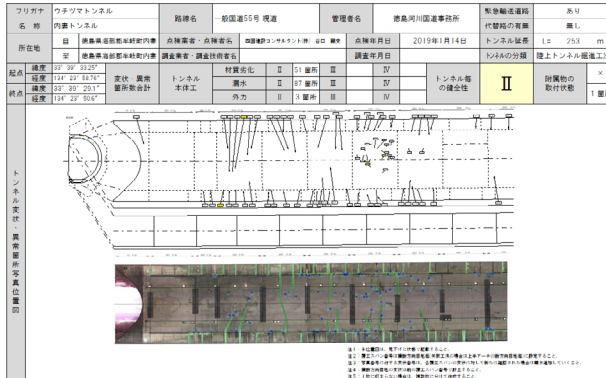


図-9 点検調査

6. 今後の課題

(1)新技術の導入コスト

道路トンネル覆工画像計測の新技術は、導入することにより多くのメリットがあることが確認された。

ただし導入する費用に関しては、最も経済性に優れた道路性状測定車両イーグル（L&L システム）においても、約 213 万円（周長 17m×延長 500m×10 トンネル）（直接人件費、直接経費）⁵⁾と高価であることが課題である。

今後のさらなる普及のためには、作業日数の短縮による交通誘導員の費用削減や展開図作成等の省力化によるコスト削減と同程度の費用とすることが、必要と考えられる。

またそのためには、効率的に道路トンネル覆工画像計測を活用することが有効であり、一度に多数のトンネルの画像計測を実施することにより、全体として新技術の導入コストを抑えることが考えられる。

従って道路トンネルの定期点検は、道路管理者の判断により適切な方式で発注されるものであり、点検支援技術を活用することを含めて業務委託を行うことも制度上可能であると考えられるため、技術活用を盛り込んだ発注⁵⁾により新技術の採用箇所が増えることや管理トンネルを全て一度に撮影する業務により新技術のコスト縮減が図られることが考えられる。

ただし、管理数が少ない市町村では上記のような発注によるコスト縮減は見込めないといった課題は残ると考えられる。

(2)覆工画像計測技術の精度向上

道路トンネル覆工画像計測は、トンネル内の明るさや、覆工表面の汚れ、凹凸などにより変状の検出精度に低下することが考えられる。今後経年劣化によりますます坑内環境が悪化していくことが想定されるなか、画像計測の高度化を目指し、ひび割れの検出精度や凹凸部分の変状検出精度の向上などが必要と考えられる。

7. おわりに

本稿においては、道路トンネルの点検作業の効率化を目指し、次世代インフラロボットを活用した点検作業を紹介した。作業リスク低減や図化精度向上など多大なメリットがあり、今後ますます普及することが望まれる。普及させるためには、さらなる導入コストの削減や発注方法の検討、計測技術の向上などが課題と考えられる。

謝辞：本論文作成に当たり、ご協力及びご助言をいただきました関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 四国地方整備局 道路管理課：道路トンネル 個別施設計画，平成 29 年 12 月
- 2) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 トンネル維持管理課：トンネル維持管理技術の現場検証・評価の結果，平成 28 年 3 月 30 日
- 3) 国土交通省 道路局 国道・防災課：道路トンネル定期点検要領，平成 31 年 3 月
- 4) 国土交通省：点検支援技術 性能カタログ（案），平成 31 年 2 月時点
- 5) 国土交通省：新技術利用のガイドライン（案），平成 31 年 2 月