

新都市社会技術融合創造研究会 研究成果報告会

建設DXにおける「トンネル点検支援技術、斜面
防災・減災」の取り組み

トンネル点検支援技術の高度化に関する研究

5.運用マニュアルの提案

(株) 建設技術研究所
野村 貢

1

11. 支援技術を活用した状態の把握と診断 11章

11.1 運用マニュアル（案）の概要

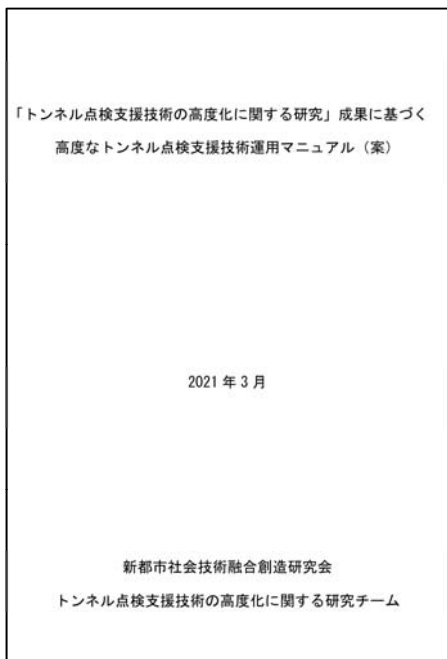
- 「運用マニュアル」は、本研究における支援内容の確立（支援内容と支援レベル）までで整理された内容を用いて、過年度研究において作成したマニュアルを改訂
- 過年度研究では走行型画像計測について、評価方法、評価基準を整理し、走行型計測による望ましいトンネルマネジメント像を提案した。その後、定期点検要領の改訂、国土交通省による点検支援技術性能カタログの発行など支援技術活用のテーブルが拡大したことを受け、本研究ではカタログに示す点検支援技術の分類（画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術）に基づく現行の主要技術について着目し、これらを現場で運用するにあたり考慮しておくべき事項を中心に運用マニュアルとして取りまとめ
- さらに今後も支援技術において、諸データの採取技術と分析・解析技術の開発、分業化が進むことを考慮し、性能規定化の必要性とその考え方の提案を実施

2

11.1. 運用マニュアル（案）の概要

高度なトンネル点検支援技術運用マニュアル（案）

本研究では、点検支援技術カタログにおいて一定の技術評価を得た技術およびその可能性の高い技術を取り扱い、高度なトンネル点検支援技術運用マニュアルとしての位置付けを目指す



章	項	記載内容	
1. 高度なトンネル点検支援技術運用マニュアルについて	1.1	本マニュアルの目的	
	1.2	本マニュアルの構成	
	1.3	本マニュアルの使用手法	
2. 適用条件	2.1	本マニュアルが取り扱う支援技術と支援内容	
	2.2	支援技術の要求性能	
	2.3	支援技術の使用環境	
	2.4	支援技術の適用が推奨される条件	
3. 画像計測技術	3.1	画像計測技術の枠組み	
	3.2	画像計測技術の計画	
	3.3	画像計測技術の精度管理	
	3.4	画像計測技術の成果物	
	3.5	画像計測技術の品質管理	
	3.6	施工時データの取扱い	
	3.7	特殊な状況下での技術適用	被災後の適用
4. 非破壊検査技術	4.1	非破壊検査技術の枠組み	
	4.2	非破壊検査技術の計画	
	4.3	非破壊検査技術の精度管理	
	4.4	非破壊検査技術の成果物	
	4.5	非破壊検査技術の品質管理	
	4.6	施工時データの取扱い	
	4.7	特殊な状況下での技術適用	
5. 計測・モニタリング	5.1	計測・モニタリングの枠組み	レーザ計測
	5.2	計測・モニタリングの計画	
	5.3	計測・モニタリングの精度管理	
	5.4	計測・モニタリングの成果物	
	5.5	計測・モニタリングの品質管理	
	5.6	施工時データの取扱い	
	5.7	特殊な状況下での技術適用	
6. 成果物管理	6.1	成果物の仕様	
	6.2	成果物管理	
	6.3	BIM/CIMの適用	
	6.4	i-constructionの適用	

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.1 高度なトンネル点検支援技術の定義と分類

本研究で着目する支援技術は、点検支援技術カタログに掲載された技術および定期点検要領の主旨に沿った萌芽的技術とし、カタログに示す点検支援技術の分類にしたがって分類、分類ごとに運用マニュアルとして取りまとめた

変状の判定項目	使用する技術分類	技術分野	適用性（9章）	
① 圧ざ・ひび割れ（外力）	外力性判定	計測・モニタリング	レーザ計測	○
	ひび割れ幅、長さ、進行性、ひび割れ密度	画像計測	画像計測	○
	微細ひび割れ	画像計測	画像計測	—
	遊離石灰・漏水	画像計測	画像計測	—
② うき・はく離（材質劣化）	うき・はく離	非破壊検査	内部欠陥レーダ	△
		計測・モニタリング	レーザ計測	△
	ひび割れ閉合、材質劣化	画像計測	画像計測	○～△
	ジャンカ、はく離、かけ	画像計測	画像計測	—
③ 変形、移動、沈下	変色、劣化、漏水	画像計測	画像計測	—
	変形速度	計測・モニタリング	レーザ計測	○
④ 鋼材腐食、鉄筋腐食	腐食面積	画像計測	画像計測	○
	断面欠損	非破壊検査	内部欠陥レーダ	△
⑤ 巻厚不足、背面空洞	覆工巻厚	非破壊検査	非接触レーダ計測	△～×
	圧縮強度	—	—	×
	背面空洞深さ	非破壊検査	内部欠陥レーダ	△～×
⑥ 漏水	漏水、遊離石灰、つらら、側水	画像計測	画像計測	○
	漏水量の判定	—	—	×
	滞水、土砂流出、凍結	画像計測	画像計測	△
⑦ 附属物	異常の有無	画像計測	画像計測	△

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.1 高度なトンネル点検支援技術の定義と分類

本研究で適用性判断に用いられた技術と点検支援技術カタログ掲載の関係

点検支援技術の分類	技術名称	開発者	点検支援技術 カタログ掲載	本 研 究 で 確 認
画像計測技術	画像解析を用いたコンクリート構造物のひび割れ定量評価技術	大成建設株式会社	○	
	社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」	富士フイルム株式会社	○	
	走行型高精細画像計測システム（トンネルトレーサー）	内外テクノス株式会社	○	
	道路性状測定車両イーグル（L&Lシステム）	西日本高速道路エンジニアリング四国(株)	○	
	社会インフラモニタリングシステム（MMSD®II）	三菱電機株式会社	○	○
	走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R（ミーム・アール）／MIMM（ミーム）	パシフィックコンサルタンツ(株)/計測検査(株)	○	○
	一般車両搭載型トンネル点検システム	株式会社リコー	○	○
	トンネル覆工表面撮影システム	(株)三井E&Sマシナリー、(株)トノックス	○	
近赤外線画像撮影による点検技術	国際航業株式会社		○	

5

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.1 高度なトンネル点検支援技術の定義と分類

本研究で適用性判断に用いられた技術と点検支援技術カタログ掲載の関係

非破壊検査技術	デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム	原子燃料工業株式会社	○	
	道路性状測定車両イーグル（トンネル形状計測）	西日本高速道路エンジニアリング四国(株)	○	
	レーザー打音検査装置	(株)フォトンラボ	○	
	天秤方式移動型レーダ探査技術	(株)ウォールナット	○	
	打音検査ユニット	東急建設(株)	○	
走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R（ミーム・アール）－レーダ探査技術－	パシフィックコンサルタンツ(株)	○	○	
計測・モニタリング	OSVを活用したトンネル附属物の監視技術	パシフィックコンサルタンツ(株)、OSV研究会	○	
	3軸加速度センサを用いた傾斜計による、トンネル内付属物（照明器具・標識等）の傾斜角度変位モニタリングシステム	(株)ザイマックス	○	
	MIMM-R（ミーム・アール）のレーザースキャナを活用したトンネル内装板背面の覆工変状の監視技術	パシフィックコンサルタンツ(株)	○	
	社会インフラモニタリングシステム（MMSD®II）	三菱電機株式会社		○

6

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.2 適用効果が期待されるトンネルの条件

- ① トンネルの劣化が経年的進行であるとするならば、前回点検時のこれら情報と新規に取得した情報を比較し、多様な着目項目について経年変化を客観的に提示できる支援技術はすべてのトンネルに適用価値
- ② 支援技術には省力化、コスト縮減の指向もあり、非常に短いトンネルや変状が極端に少ないトンネルにおいては、支援技術を投入することが省力化に繋がらない場合も生じる

トンネル変状および点検延長	トンネル変状からの適用性	点検延長からの適用性	摘要
100m未満	小規模トンネルは低土被りで変状が発生しやすく適用性は高い	支援技術による省力化は期待できない	
100～500m未満	同上	変状が少ない場合には支援技術による省力化が期待できる	
500m～1km未満	経年変化把握のため、支援技術の適用が推奨される	変状の多少に関わらず支援技術による省力化が期待でき適用が推奨される	
1km以上	経年変化把握のため、支援技術の適用が推奨される	変状の多少に関わらず支援技術による省力化が期待でき適用性は高い	

7

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.3 高度なトンネル点検支援技術運用マニュアル（案）

- ① 本研究では、点検支援技術カタログにおいて一定の技術評価を得た技術およびその可能性の高い技術を取り扱うので、運用マニュアルとしての位置付けを目指す
- ② 本研究では、画像計測技術により取得した画像を用いたAIによるスクリーニングについてアプリケーション開発を含め研究・開発したが、現段階では運用マニュアルを策定する段階にはないものとして、対象から除外

章	項	記載内容
1. 高度なトンネル点検支援技術運用マニュアルについて	1.1	本マニュアルの目的
	1.2	本マニュアルの構成
	1.3	本マニュアルの使用方法
2. 適用条件	2.1	本マニュアルが取り扱う支援技術と支援内容
	2.2	支援技術の要求性能
	2.3	支援技術の使用環境
	2.4	支援技術の適用が推奨される条件
3. 画像計測技術	3.1	画像計測技術の枠組み
	3.2	画像計測技術の計画
	3.3	画像計測技術の精度管理
	3.4	画像計測技術の成果物
	3.5	画像計測技術の品質管理
	3.6	施工時データの取扱い
	3.7	特殊な状況下での技術適用

8

11.2 運用マニュアル（案）の内容

11.2.3 高度なトンネル点検支援技術運用マニュアル（案）

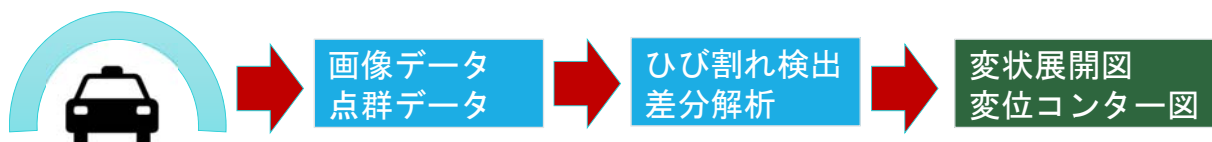
章	項	記載内容
4. 非破壊検査技術	4.1	非破壊検査技術の枠組み
	4.2	非破壊検査技術の計画
	4.3	非破壊検査技術の精度管理
	4.4	非破壊検査技術の成果物
	4.5	非破壊検査技術の品質管理
	4.6	施工時データの取扱い
	4.7	特殊な状況下での技術適用
5. 計測・モニタリング	5.1	計測・モニタリングの枠組み
	5.2	計測・モニタリングの計画
	5.3	計測・モニタリングの精度管理
	5.4	計測・モニタリングの成果物
	5.5	計測・モニタリングの品質管理
	5.6	施工時データの取扱い
	5.7	特殊な状況下での技術適用
6. 成果物管理	6.1	成果物の仕様
	6.2	成果物管理
	6.3	BIM/CIMの適用
	6.4	i-constructionの適用

9

11.3 運用マニュアルの課題と今後の方向性

報告書11.3~11.4

- ① これまでの性能カタログ、仕様書は、走行画像のアウトプットとして、ひび割れ検出（ひび割れ幅）を採用
- ② しかし、ひび割れ幅は、取得した画像の解析結果である
- ③ 支援技術を正しく評価し、画像などデータ取得と解析の分業化を促進するには、プロセスごとの性能で規定化することが必要
- ④ 2回目以降の点検において、前回点検時の画像データなど継承して経時変化を可視化する際、受領データの画像（座標）品質が低いと成果品としての経時変化（経時変化図、コンター図）の精度も悪くなる
- ⑤ 後継作業を担当するコンサルタント等の業務品質を確保するためにも、プロセスごとの性能規定が必要



10

11.3 運用マニュアルの課題と今後の方向性

- ① 道路トンネルの性能規定に立ち返り、定期点検の持つ意味を定義する
- ② 道路トンネルが保有しなければならない性能に対して、最適に資する点検活動の提案、設計を可能にする
- ③ 現行の仕様規定型点検活動も価値があり重要であるが、効率的で効果の高い点検に裏付けられた中・長期維持管理が望まれている
- ④ 現行点検により点検記録やデータが蓄積されるなかで、運用マニュアルや点検支援技術カタログも性能規定型に成長させていくことが望ましい



11.3 運用マニュアルの課題と今後の方向性

- ① i-constructionを強く意識し、道路トンネルの性能規定に合致した活用ステージを提案
 - 下記に加え、施工段階での支援技術活用からの連続性確保の効果とそのため必要な運用ルールについて整理
- ② コンター図や変状展開図・画像の重ね合わせによる経時変化の可視化、BIM/CIMとの連動による活用ステージを提案

3-3: 個別分野①先進的なインフラ点検支援技術等の利用 国土交通省

□ ロボティクス等による点検作業効率化
 調査・測量から維持管理・更新までの全てのプロセスでICT等を活用する「i-Construction」の取組の一環として、ロボット等の先進的なインフラ点検支援技術等の活用を進める。

点検作業の省力化	点検記録等作成	納品データ管理
<p>点検箇所のスリーミング</p> <p>●非破壊検査等により損傷箇所を特定し、技術者による点検が必要な箇所を事前に抽出</p> <p>IT技術を活用した路面性状把握</p> <p>●スマートフォン等による簡易な測定で、路面状態を安価に把握</p>	<p>点検記録の自動化</p> <p>●点検写真の整理に供する映像を取得</p> <p>点検記録の重複</p> <p>●3Dモデル上の正確な位置に、写真と点検記録を蓄積</p>	<p>IT技術の活用やスリーミングによる点検作業の省力化</p>
<p>●点検写真の整理の自動化</p> <p>●損傷図作成の自動化</p>	<p>●ロボットによる点検記録データを利用した内業のデータ整理作業の半自動化</p>	<p>紙によるデータ納品の省簡と後利用可能な正確な位置情報の保持</p>

11.5 まとめ

- 画像計測技術、非破壊検査技術の道路トンネル分野への適用には、異業種参入も含め、多様なプレイヤーと検出・可視化アプローチが存在
- 道路管理者、維持管理業務参画企業ともに多様な技術分野に精通する必要性が生じており、ベーシックブックとしての点検支援技術カタログおよび運用マニュアルの存在は重要
- 現時点での技術到達点を確認し、運用マニュアル（案）として取りまとめた
- 一方で、仕様書規定に基づく定期点検業務契約が自由な技術開発、活用の敷居を高くしていることを意識、性能規定型への転換を推奨した
- さらにSociety5.0の進展やi-constructionの拡大に伴い、今後も急速に技術開発が進むことを認識、本研究による成果は現時点の取りまとめに過ぎず急速に陳腐化していくこと、それを意識した運用マニュアル更新のための研究開発が必須であることを申し送りとした