

8. 道路トンネルの維持管理の現状と関連する技術開発動向、それらの課題

Current Status, Trends of Technical Development and Their Problems for Road Tunnel Maintenance

湊 太郎* 牛島 栄**

わが国の総面積の 70 %以上は、山地や丘陵からなる非常に急峻で複雑な地形を有し、島国であり山国でもあると言える。このような山地や丘陵などの障害物を超えて人や物の往来を可能とする道路トンネルは、わが国の交通インフラの要である。また、平成 30 年（2018 年）北海道胆振東部地震や未だ記憶に新しい東北地方太平洋沖地震などに伴う大規模な震災、大型台風の来襲による豪雨・浸水被害など、毎年のように災害に見舞われる我が国では、防災対策および危機管理の面からも道路の役割が重要視されている。

その一方で、多くの尊い命が犠牲となった平成 24 年（2012 年）12 月 2 日に発生した中央自動車道の笹子トンネル天井板落下事故は、供用開始後 35 年を経過していたこともあって、社会インフラの老朽化問題に対する国民の高い関心と呼ぶとともに、社会インフラに対する信頼性が揺らぐ契機となった。これらのことから、国土交通省をはじめとしてインフラ長寿命化計画（行動計画）に基づき、道路構造物に関連する法令の改正、必要な基準やマニュアルの作成、定期点検の実施と健全性の診断・評価、それらに基づく個別施設計画の策定が進められている。これら構造物の補修・補強に関する材料や工法についても、省工程、材料の高性能化、可視化などが図られている。

しかしながら、総じてインフラの維持管理・更新の役割を担っている地方自治体では、関連する予算や人材の不足などが相まって、適切な維持管理が実施されず供用中の構造物では、インフラ老朽化による危険性が増していることは否めない。場合によっては、供用が不可能な状態となっている構造物も少ない。道路トンネルでは、対象となるトンネルの約 70 %しか点検が完了しておらず、そのうち基礎自治体である市区町村に限れば 40 %しか点検が完了していない。そのため、道路トンネルの個別施設計画の策定済みが、国や高速道路会社が 100 %であるのに対し、市区町村では 27 %にとどまっている。

今後、道路トンネルなどの構造物の円滑な維持管理体制を構築するためには、その重要性を認識し、日進月歩の維持管理に関する知識や技術情報を的確に把握し保有する人材の定期的かつ計画的な育成と確保が求められる。また、迅速かつ的確に構造物の点検・調査・診断・評価が実施可能な技術も、早期に実現される必要がある。これら技術は、簡便な方法で実施でき、要する費用も安価でなければならない。現在、道路トンネル内を法定速度で走行しながら、覆工コンクリートなどの画像データを収集する点検車、ドローンを利用して車両の通行を妨げず点検・調査を行う技術などが開発され提案されている。このような点検・調査技術が実用化されるのに伴い、膨大な構造物の情報が収集されることになるが、これらを効率的にかつ的確に診断・評価することは、現状の人的資源では非常に困難であると言わざるを得ない。そのため、今後は AI を利用した画像診断システムなど、より効率的で効果的な診断・評価システムの確立が必要になるものと考えられる。

これらの内容に関しての道路トンネルの現状と課題を整理し、今後求められる技術や人員育成などについて私見を述べた。

道路トンネルの維持管理の現状と関連する技術開発動向、それらの課題 Current Status, Trends of Technical Development and Their Problems for Road Tunnel Maintenance

○湊 太郎* 牛島 栄**

Taro MINATO Sakae USHIJIMA

ABSTRACT Since Japan have many mountains and hills, the road tunnels are one of very important social infrastructure for transportation. Some of these tunnels are in existence for more than 50 years. Therefore, such old tunnels must be made appropriately a inspection and diagnosis of the degree of deterioration. Thereafter, on the basis of diagnosis results, these tunnels will be repaired or reinforced with the suitable manner. However, on the much local government played a major role in the maintenance and renewal on the social infrastructures, the lack of human resources and budget are the significant problems. Therefore, a large number of road tunnels not have been made a diagnosis and also developed no plan for tunnel maintenance.

In order to solve these problems, it is need to develop human resources with outstanding specialist capabilities. Futhermore, adequate technology and sophisticated equipment are required for a maintenance and a management of transportation infrastructures like road tunnels. Now, MIMM (Mobile Imaging Technology System and Mobile Mapping System) is developed as the inspection robot technology for the road tunnels. The Drone is also attempted to use as the inspection technology of road tunnels. In the future, AI (Artificial Intelligence) system is necessarily required to process so much informations from a inspection and a diagnosis for tunnels.

In the paper, current status and problems of road tunnel maintenance were discussed, and expressed one's humble opinion about people and technology required on maintenance and management for the transportation infrastructure.

Keywords : 道路トンネル, 維持管理, インフラ, 人材育成, 技術開発

Road Tunnel, Maintenance, Infrastructure, human resource, technology development

1.はじめに

わが国は、その総面積の 70 %以上が、山地や丘陵からなる非常に急峻で複雑な地形を有し、島国であると同時に山国でもあると言える。このような山地や丘陵などの地形的な障害物を越えて人や物の往来を可能とする道路トンネルは、わが国の交通インフラの要である。また、平成 30 年 (2018 年) 北海道胆振東部地震や未だ記憶に新しい東北地方太平洋沖地震などに伴う大規模な震災、大型台風の来襲や局地的大雨・集中豪雨に起因する洪水・浸水被害など、毎年のように自然災害に見舞われるわが国では、防災対策および危機管理の面からも交通インフラの役割が再認識され重要視されている。

その一方で、多くの尊い命が犠牲となった平成 24 年 (2012 年) 12 月 2 日に発生した中央自動車道の笹子トンネル天井板落下事故は、トンネルが供用開始後 35 年を経過していたこともあって、社会インフラの老朽化問題に対する国民の高い関心と呼ぶとともに、社会インフラに対する信頼性が揺らぐ契機

となった。

これらのことから、国土交通省をはじめとしてインフラ長寿命化計画 (行動計画) に基づき、道路構造物に関連する法令の改正、必要な基準類やマニュアルの作成、定期点検の実施と健全性の診断・評価、それらに基づく個別施設計画の策定が進められている。

しかしながら、総じてインフラの維持管理・更新の役割を担っている地方自治体では、関連する予算や人材の不足などが相まって、適切な維持管理が実施されず、供用中の構造物では老朽化による危険性が増していることが否めない状況となっている。場合によっては、供用が不可能な状態となっている構造物も少なくない。

本稿では、道路トンネルの維持管理の現状と課題について述べ、建設会社として、道路トンネル構造物の維持管理者の関係性を踏まえ、その果たすべき役割や技術開発の現状について言及した。

* 技術研究所材料研究部 **執行役員 技術研究所所長

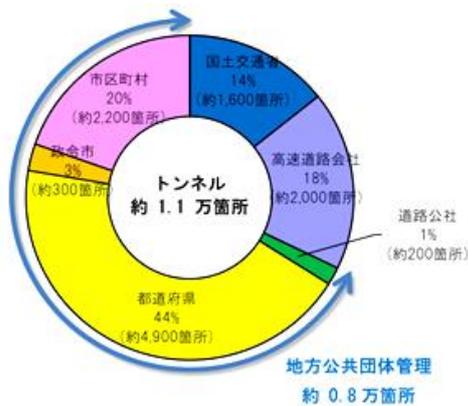


図1 トンネルの現況 (道路管理者別) ②

2. 既設道路トンネルの現況

2.1 概要

現在の日本国内に存在する道路トンネルの総数は、11,169本となっている¹⁾。道路管理者別に見ると、都道府県が44%最も多く、次いで市区町村が20%を占めている (図1) ②。

これら既存の道路トンネルは、高度経済成長期を起点として一斉に整備されており、急速に老朽化が進行し、今後20年間で建設後50年を経過する施設の割合が加速的に増大すると見込まれている³⁾。国土交通白書2018によれば³⁾、現存する約1.1万本のうち、建設後50年を経過する道路トンネル割合は、2018年3月現在で約20%であるのに対し、2023年には約27%となり、2033年には約42%に達する³⁾。なお、この割合には、建設年度が不明な約400本が含まれておらず、これらが含まれれば、さらに割合が増大することになる。建設年度別の道路トンネルの本数を図2に示す。図中の凡例には、建設年代が不明なトンネルの本数を記述している。

2.2 道路トンネルの内装

図3に示すトンネルの内装区分を見ると、覆工タイプが箇所比率で68%を占めており、覆工は、コンクリートの浮き・はく離が問題となる。

山岳法により施工された道路トンネルでは、必要な形状や機能を長期にわたり安定して保持するために、覆工が施工される。覆工の材料は、トンネルが建設された時代により大きく異なり、石積み、レンガ積み、コンクリートブロック積み、場所打ちコンクリート (無筋・鉄筋)、吹付けコンクリート等がある。現在では、ほとんどのトンネルが、場所打ちコンクリートによる覆工が施工されている。

このような覆工には、その種類によって問題点が

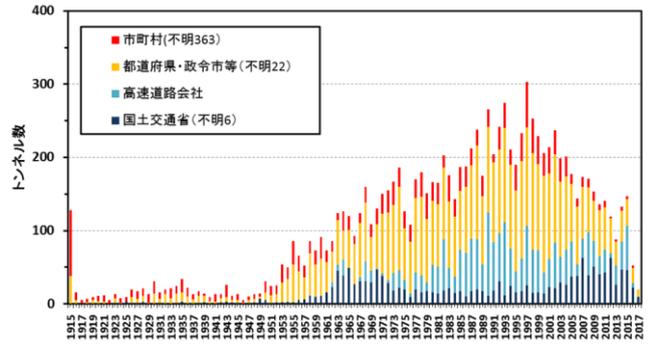


図2 建設年度別の道路トンネル本数 ②

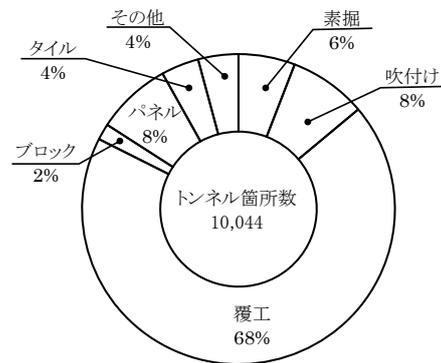


図3 道路トンネルの内装区分 ④

色々指摘されている⁵⁾。例えば、現在標準工法となっている NATM においては、施工時のコンクリートの品質による材料分離、施工中断によるコールドジョイントの発生、空気たまりによる天端付近の充填不足、型枠設置・撤去時の過度の荷重による打継目部部の損傷などが発生するとされている。矢板工法が多用されていた時代の覆工コンクリートについては、覆工と地山の間空隙が残りやすく、これによって支保に緩み荷重が作用しやすいといった問題点が挙げられている。

3. トンネルに生じる変状と異常

3.1 変状と異常の違い

道路トンネルに生じる変状とは、トンネル本体工の覆工、坑門、天井板本体などに発生する劣化の総称である⁶⁾。変状の種類としては、厚さ、ひび割れ、浮き、はく離、変形、移動、沈下、鋼材腐食、有効巻厚の不足や減少、漏水に起因するものなどが挙げられる。

一方で異常とは、トンネル内の附属物やその取付金具に発生した不具合を指している⁶⁾。その種類として、破断、緩みや脱落、亀裂、腐食、変形、欠損、がたつきなどが挙げられる。

表1 トンネルの変状要因^{5),7)}

外因		内因			
外力	環境	材料	施工	設計	
① 塑性圧 ② 偏圧・斜面クリープ ③ 地すべり ④ 地山の緩みによる鉛直圧 ⑤ 水圧 ⑥ 凍上圧 ⑦ 地盤沈下 ⑧ 地耐力不足 ⑨ 地震 ⑩ 近接施工 ⑪ 地殻変動 ⑫ その他	① 経年(中性化) ② 漏水 ③ 有害水 ④ 凍害 ⑤ 煙害 ⑥ 塩害 ⑦ 火災	① 骨材の泥分 ② 異常凝結 ③ アルカリ骨材反応 ④ 温度応力 ⑤ 乾燥収縮	① 温度応力 ② 乾燥収縮 ③ 養生不良 ④ 型枠の早期脱型 ⑤ 脱型時の偶発的な荷重 ⑥ 不等沈下 ⑦ アーチ背面の空隙 ⑧ 側壁部(側部)空隙 ⑨ 不均質な打設 ⑩ 型枠沈下 ⑪ 打継目の施工不良 ⑫ 打設中断(コールドジョイント) ⑬ 沈下 ⑭ 支保工の沈下・振動 ⑮ 防水不良 ⑯ 巻厚不足	① 防水不良 ② 巻厚不足 ③ 側壁直 ④ 抱きコンクリート不足 ⑤ 押え盛土不足 ⑥ インハート無し ⑦ 排水工不良 ⑧ 断熱工無し	

表2 変状現象と変状原因の一例(一部改編)⁸⁾

変状原因	変状現象	外 因						内 因																	
		土圧		土質	振動	水		人為																	
		塑性土圧	偏圧	地すべり・山崩れ	鉛直ゆるみ土圧	地盤支持力不足	地盤沈下	地震	交通等振動	凍結膨張	水圧	有害水	近接施工	切盛土工	覆工強度不足	インハート無し	覆工背面空隙	押え盛土不足	断熱工無し	材質不良	巻厚不良	打設不良	排水不良	乾燥収縮	
覆工	ひび割れ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	目違い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ぼく離・ぼく落	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	漏水									○															○
	材質劣化																				○				○
坑門	断面変形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ひび割れ		○	○																	○				○
	変形																				○				○
	開口		○	○																	○				○
	面壁前傾			○		○															○				○

3.2 変状の原因

トンネル構造物は、構築後に各種の自然力や人為的な作用を受け、時間の経過に伴って化学的、物理的に変質あるいは変状を示し、劣化が進行して損傷に至る。トンネルに生じる変状の原因は、外力や環境などの外的要因と、材料・設計・施工などに起因する構造的な要因である内的要因に大別される。一般的に、トンネルに変状が生じる場合、多種多様な要因と変状が複合的に相互作用している場合が多い。山岳トンネルに関して、地圧によるトンネルの変状を中心にして、図4に示されるような関連図が整理されている。

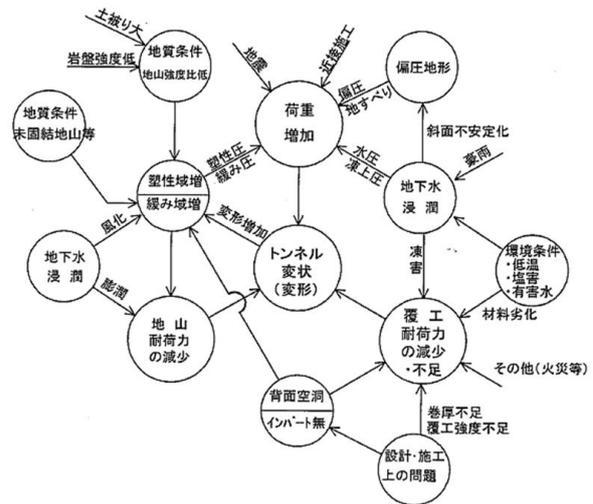


図4 トンネル変状の関連図⁷⁾

3.3 ひび割れ

道路トンネルの変状の中で最も一般的で報告例が多いものは、覆工コンクリートのひび割れである。

(1) 材料・環境に起因するひび割れ^{9),10)}

材料・環境に起因するひび割れの例は、図5に示すようなものが挙げられる。これらは、コンクリー

トの水和熱や気温変化に伴う温度収縮ならびに乾燥収縮による変形が、拘束される場合に生じる。

覆工コンクリートは、トンネルの軸方向と周方向の何れにおいても、断面の厚さに比して延長が長い。また、全周にわたり外周面が吹付けコンクリートに

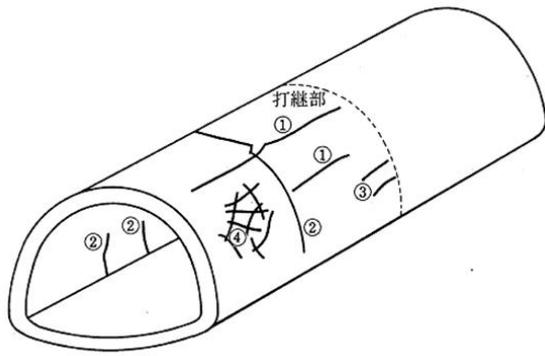


図5 材料・環境に起因するひび割れの例

接している。そのため、コンクリート自体の変形が拘束されやすい構造となっており、その結果として、覆工コンクリートの変形が拘束されて引張応力が生じてひび割れが起きる。

図中①のひび割れは、ほぼトンネルの軸方向に直線的に伸びるもので、クラウン部近傍からアーチ下半部の範囲で生じやすい。②のひび割れは、トンネルの軸に直角な方向に伸びるものであり、スプリングラインやトンネルの断面が変化する近傍から上向きに規則的な間隔で生じる。場合により、覆工コンクリートの全周にわたり生じる。③のひび割れは、継目部近傍でトンネルの軸方向に伸びるものであり、長さが短いものの規則的な間隔で生じやすい。④のひび割れは、ランダムな方向に亀甲状あるいは網目状に分布するものであり、アーチ部に生じやすい。

(2) 施工に起因するひび割れ^{9),10)}

施工に起因するひび割れの例は、図6に示す通りである。これらは、施工プロセスを主な原因として生じるひび割れである。

図中⑤のひび割れは、打継部付近で先行打設したコンクリート側の上半分で型枠の接触により発生するものであり、型枠の据付けや不均等な脱型による覆工コンクリートに対する圧力により生じた曲げひび割れである。⑥のひび割れは、打継部付近で先行打設されたコンクリート側に斜めに生じるものであり、型枠を据付ける際に、その反力が先行打設コンクリートの下端部に作用して生じる曲げひび割れである。⑦のひび割れは、トンネル軸方向に水平に、あるいはコンクリート打設時のコンクリートの流れに沿って発生するものである。これは、コンクリートの締固めが難しいアーチ上半分において、コンクリート打設が中断された際に発生するコールドジョイントに起因する。⑧のひび割れは、覆工コンクリ

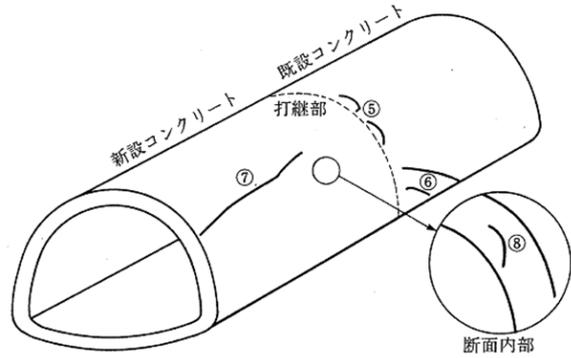


図6 施工に起因するひび割れの例

ートの表面では確認されない断面内部で局所的に伸びるものであり、型枠の沈下やコンクリートと型枠の付着に起因する。

4. 既設道路トンネルの維持管理に関する取組み

4.1 道路トンネルの維持管理体制の動向

2012年(平成24年)12月2日に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故を契機として、道路構造物に関する維持管理体制の抜本的な見直しが進められた。2014年(平成26年)3月31日付で、道路法施行規則の一部を改正する省令(国土交通省令第39号)およびトンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示(国土交通省令告示第426号)が公布され、同年7月1日より施行された。これを受けて、新しい規定に基づいた「道路トンネル定期点検要領」が、2014年(平成26年)6月に策定された。この要領は、国土交通省の直轄管理のトンネルに適用される「直轄版」と、人員・予算・技術不足といった問題を抱える地方自治体に対して、技術的助言を与えるものとして、最小限の方法と記録項目を記した「自治体版」の2種類が策定された。「自治体版」では、道路の重要度や施設の規模などを踏まえ、各道路管理者が必要に応じて、より詳細な点検・記録を行う場合は、「直轄版」を参考にすることが記されている。

地方自治体のうち政令市以外の市町村では、経済情勢の悪化を受けて、トンネルの維持管理に対する予算が十分に確保できず、点検マニュアルを独自に作成するなどして、維持管理費用の削減に努めてきた。それに加えて、人員・技術不足の影響も受け、これまで地方自治体の維持管理体制は、統一性を著しく欠く内容となっていた。例えば、ある自治体では、一般的な点検の種類に加えて、定期点検の方法

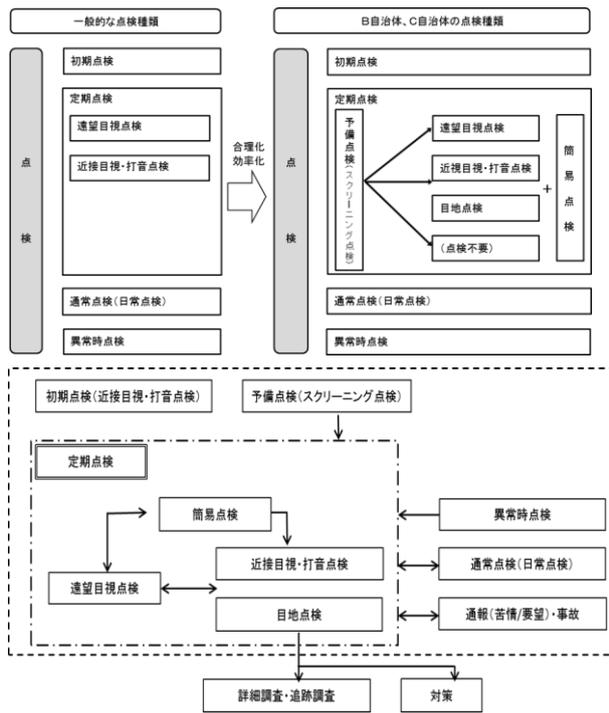


図7 B自治体、C自治体における点検の種類（上）と体系（下）

と頻度を仕分けする「スクリーニング手法」を導入し、点検の効率化を図るなどしていた。その例として、図7に点検の種類と体系を示す。このような状況の結果として、管理者によるトンネルの維持管理水準のバラツキを生んでいた。これらを鑑み、地方自治体による道路トンネルの維持管理水準の均一化を図るため、それぞれの管理者が対応できるような技術的助言を与えるものとして、「道路トンネル的点検要領（自治体版）」が策定された。

4.2 定期点検要領⁶⁾

「道路トンネル定期点検要領」の大まかな流れは、①点検、②調査、③診断、④措置、⑤記録となっている。「直轄版」では、図8に示すような、定期点検を対象としたメンテナンスサイクルの基本的なフローが示されている。

(1) 定期点検

「定期点検」は、道路トンネルの変状や異常など最新の状態を把握し診断するとともに、次回の定期点検までに措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を得る目的で実施される。また、これらの情報は、安全で円滑な交通の確保や第三者に対する被害を防止するなど、道路トンネルに係る維持管理を適切に実施するために必要不可欠なものである。具体的には、一定期間ごとに定められた方法で点検を実施し、

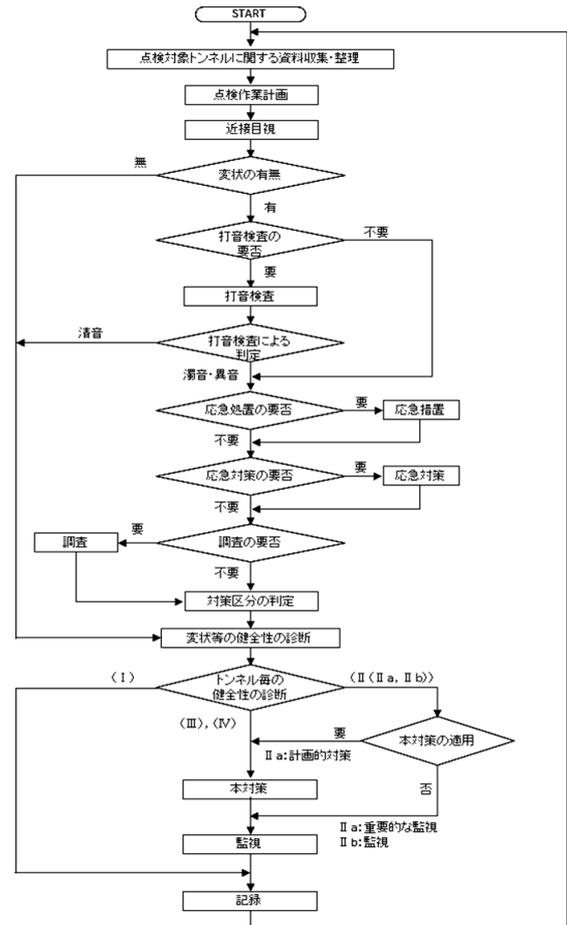


図8 メンテナンスサイクルの基本フロー⁶⁾

必要に応じて調査を行い、その結果に基づいてトンネル毎の健全性を診断、これらの記録を残す一連の作業が「定期点検」である。

「道路トンネル定期点検要領」では、定期点検頻度を「5年に1回の頻度で実施する」ことを基本としており、初回の点検は、道路トンネルの覆工打設完了後1～2年に間に実施することが望ましいとしている。初期段階に発生した変状・異常を的確に把握した記録は、以後の維持管理に有効な資料となる。さらに、道路トンネルの機能を良好な状態に維持するため、このような定期点検に加え、日常的な状態把握、事故や災害などによる変状・異常の把握などを適宜行うことも望ましい。

定期点検の箇所は、「道路トンネル本体工」と「道路トンネル附属物」が挙げられる。また、「坑口部」も点検箇所である。

トンネル本体工について、定期点検要領の「直轄版」と「自治体版」ともに、変状を近接目視により観察することを基本としている。近接目視とは、肉眼による部材の変状などの状況把握および評価が行

表3 変状の判定区分（直轄版）⁶⁾

区分	定義
I	利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態。
II	II b 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態。
	II a 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態。
III	早晚、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態。
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態。

表5 圧ざ、ひび割れに対する判定区分の参考

I	ひび割れが生じていない、または生じていても軽微で、措置を必要としない状態
II	II b ひび割れがあり、その進行が認められないが、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、監視を必要とする状態
	II a ひび割れがあり、その進行が認められ、将来的に構造物の機能が低下する可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
III	ひび割れが密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が低下しているため、早期に対策を講じる必要がある状態
IV	ひび割れが大きく密集している、またはせん断ひび割れ等があり、構造物の機能が著しく低下している、または圧ざがあり、緊急に対策を講じる必要がある状態

表4 変状種類と変状区分の関係⁶⁾

変状種類	変状区分		
	外力	材質劣化	漏水
①圧ざ、ひび割れ	○		
②うき、はく離	○	○	
③変形、移動、沈下	○		
④鋼材腐食		○	
⑤有効巻厚の不足または減少		○	
⑥漏水等による変状			○

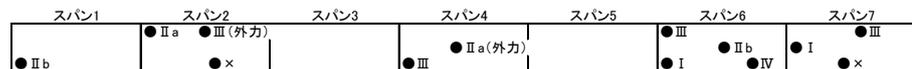
表6 健全性診断の判断区分

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状態。
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。

① 変状状況の把握、対策区分の判定

集計	IV	1箇所
	III	4箇所
	II a	2箇所
	II b	2箇所
	I	2箇所
	x	2箇所

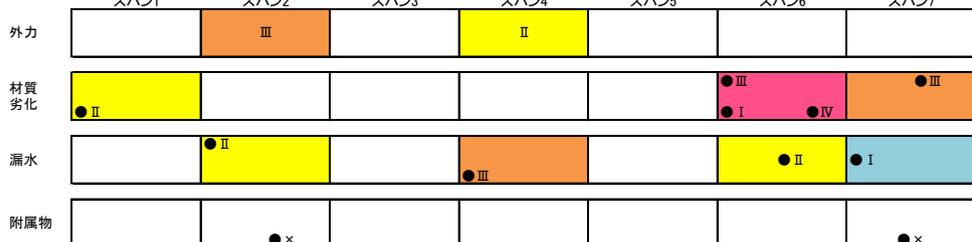
附属物



※ トンネル点検の結果を記録する。

② 変状等の健全性の診断(変状単位)

集計	IV	1箇所
	III <td>3箇所</td>	3箇所
	II <td>3箇所</td>	3箇所
	I <td>2箇所</td>	2箇所
	x	2箇所



外力に起因する変状 : 覆工スパン単位
材質劣化、漏水に起因する変状: 変状箇所

③ 覆工スパン毎の健全性の診断(構造物単位)

集計	IV	1スパン
	III <td>3スパン</td>	3スパン
	II <td>1スパン</td>	1スパン
	I <td>2スパン</td>	2スパン



④ トンネル毎の健全性の診断(構造物単位)

トンネルを総じて IV



図9 健全性診断の流れの例（一部変更）⁶⁾

える距離まで接近して目視を行うことを想定している。この近接目視による変状把握は、その限界がある場合も少なくない。そのため、覆工表面に浮き・はく離などが懸念される箇所に対しては、それらの有無および範囲を把握するため、打音検査を含む非破壊検査技術などを適用し、トンネルの利用者へ落下などの被害の可能性がある判断される箇所は、浮き・はく離箇所を撤去するなどの応急措置を講じる。初回の点検では、道路トンネルの全延長に対す

る近接目視による観察、覆工表面の全面に対する打音検査の実施を基本とする。2回目以降の点検では、道路トンネル全延長に対して近接目視を実施するとともに、必要に応じて打音検査を併用することを基本としている。

トンネル内附属物は、それらの取付状態や取付金具などの異常を確認するため、近接目視や打音検査、触診を実施することが基本とされている。

(2) 診断

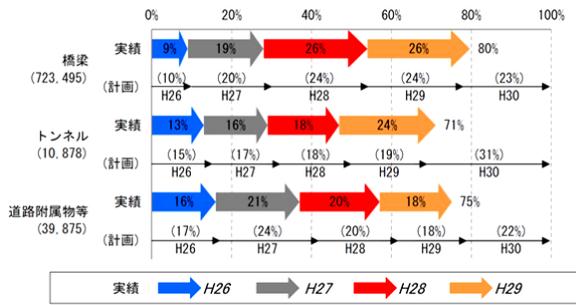


図 10 5年間の点検計画と平成26～29年度の累積点検実施率（全道路管理者）²⁾



図 12 健全性の判定区分と建設経過年数（全道路管理者合計）²⁾

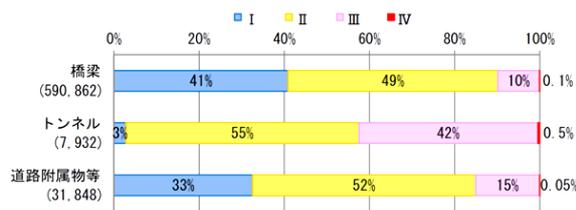


図 11 道路構造物の健全性の判定区分の割合（全道路管理者合計）²⁾

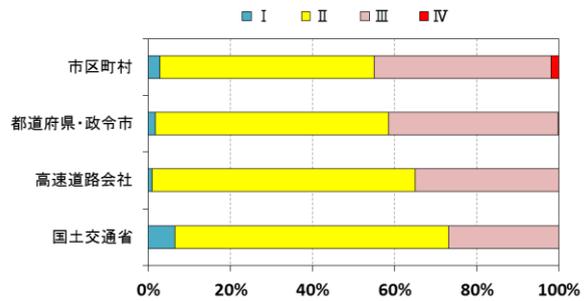


図 13 道路管理者別の健全性の判定区分の割合²⁾

定期点検および必要に応じて実施された調査の結果を基にして、変状ごとの状況把握のため表 3 に示すような判定区分による診断を行う。この変状の診断は、表 4 に示すような外力、材質劣化、漏水の変状に対して実施する。ここで、道路トンネルの変状で最も一般的で報告例の多い、厚さ、ひび割れに関して表 5 に「直轄版」の判定区分の参考を示しておく。

道路トンネルの健全性の診断は、表 6 に示す判定判定区分により行うことを基本としている。この健全性の診断は、変状等の健全性の診断を実施した後に構造物単位で実施するトンネル毎の健全性の診断の 2 段階で行うものである。一般的な健全性の診断の流れは、図 9 に示す通りである。

まず、点検または必要に応じて実施した調査により、変状状況の把握と対策区分の判定を実施し、その結果を基にして変状区分を表 4 に示すように分類し、I～IVの区分によって変状の健全性の診断を行う。なお、材質劣化や漏水に起因する変状は、それぞれ変状単位で行う。外力に起因する変状は、覆工スパン単位で行う。

次に、変状等の健全性の診断結果を基にして、覆工スパン毎の健全性を診断し、その結果を総合してトンネル毎の健全性の診断を実施する。変状単位および覆工スパン単位で得られた材質劣化、漏水、外

力に関する各変状の中で最も評価の厳しい健全性を採用し、その覆工スパン毎の健全性とする。図 9 に示す例では、スパン 6 で材質劣化に起因する変状において区分IVがあるため、スパン 6 の健全性は区分IVと診断される。

このようにして得られた覆工スパン毎の健全性の中で最も評価の厳しい健全性を採用し、そのトンネル毎の健全性とする。図 9 に示す例では、スパン 6 が区分IVであるため、このトンネルの健全性は区分IVとされる。

4.3 点検実施状況と判定区分^{1),2)}

2014 年（平成 26 年）の道路トンネル定期点検要領の策定後、道路管理者による点検が順次実施されている。2014 年度（平成 26 年度）より 5 年間の点検計画と平成 26～29 年度の累積点検実施率の推移は、図 10 に示す通りである。図中の平成 29 年度（2017 年度）の点検実施率は、平成 26 年（2014 年）12 月末時点の施設数に対する実施率である。この図から分かるように、道路トンネルの累積点検実施率は、全道路管理者合計で 71 %となっている。これを道路管理者別に見ると、国、都道府県・政令市、高速道路会社が約 80 %であるのに対し、基礎自治体である市区町村では 40 %にとどまっている。

平成 29 年度（2017 年度）に実施した健全性の診

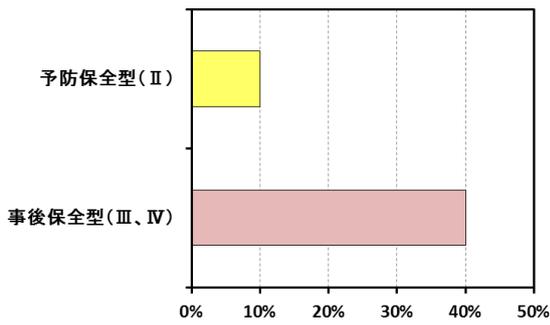


図 14 事後保全型、予防保全型の修繕着手率²⁾

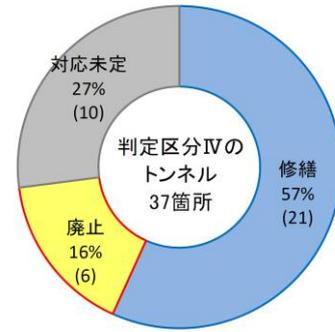


図 16 判定区分Ⅳのトンネルの措置状況²⁾

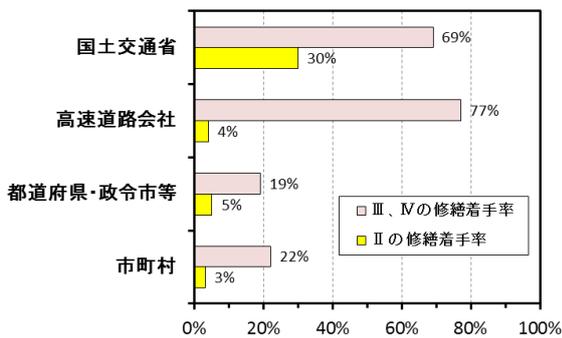


図 15 道路管理者別の修繕着手率²⁾

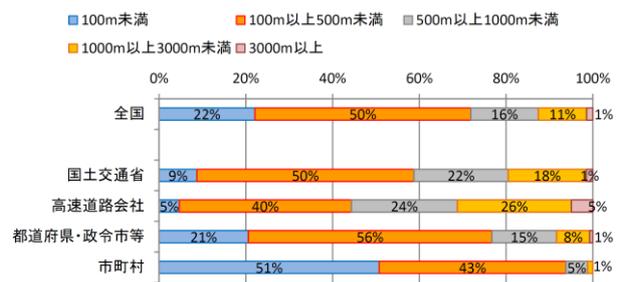


図 17 管理者別の施設長分布²⁾

断結果は図 11 に示す通りであり、道路トンネルの大部分が区分Ⅱ（予防保全段階）および区分Ⅲ（早期措置段階）となっている。建設経過年数では、図 12 に示すように、建設後 50 年以上を経過したトンネルと建設年代が不明なトンネルにおいて区分Ⅳ（緊急措置段階）のトンネルは、図 13 に示すように、その割合が基礎自治体である市区町村で増える。また、区分Ⅲ（早期措置段階）と診断されるトンネル数も、基礎自治体である市区町村で増える傾向にある。

4.4 修繕着手状況

道路メンテナンス年報（平成 29 年度）によれば、道路トンネルに関して事後保全型（判定区分Ⅲ、Ⅳ）の修繕に比べて、予防保全型（判定区分Ⅱ）の修繕が、未だ進んでいない状況にある²⁾。平成 26～28 年度点検施設に関する修繕着手率を、図 14 に示す。

この修繕実施状況を道路管理者別に見ると、図 15 に示す通りとなる²⁾。点検実施年度（平成 26～28 年度）の平均で、国土交通省では、事後保全型の修繕（判定区分Ⅲ、Ⅳの修繕）に 69%着手し、予防保全型の修繕（判定区分Ⅱの修繕）に 30%着手して

いる。高速道路でも同じように、事後保全型の修繕に 77%着手しているが、予防保全型の修繕には 4%しか着手していない。

都道府県・政令市等および市町村では、事後保全型の修繕に各々 19%と 22%しか着手しておらず、予防保全型の修繕に各々 5%と 3%しか着手していない。

平成 26～29 年度に判定区分Ⅳと診断されたトンネルについて、その内訳を図 16 に示す²⁾。これを見ると、57%（21 本）が修繕済みか修繕予定であり、16%（6 本）が撤去・廃止済みか予定となっている。残りの 27%（10 本）は、対応未定である。この対応未定のトンネルは、すべて市町村が管理者である。

5. 地方自治体における課題と取組み

5.1 市町村における道路トンネルの特徴

道路トンネルの施設長の分布を管理者別に見ると、図 17 に示すように、1,000 m 以上の道路トンネルは、国土交通省や高速道路会社で多くなっている²⁾。一方、100 m 未満の道路トンネルは、基礎自治体の市町村で多くなっており、市町村が管理する道路トンネルの約 50%を占めている²⁾。

これら施設長 100 m 未満の道路トンネルは、図

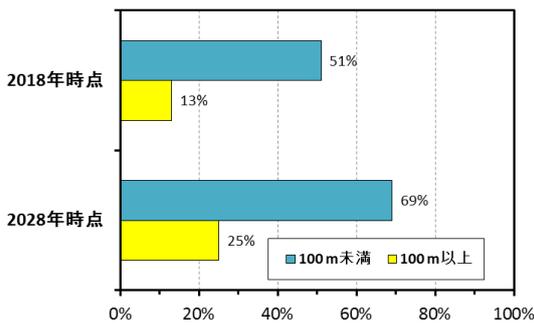


図18 建設後50年が経過するトンネルの割合²⁾

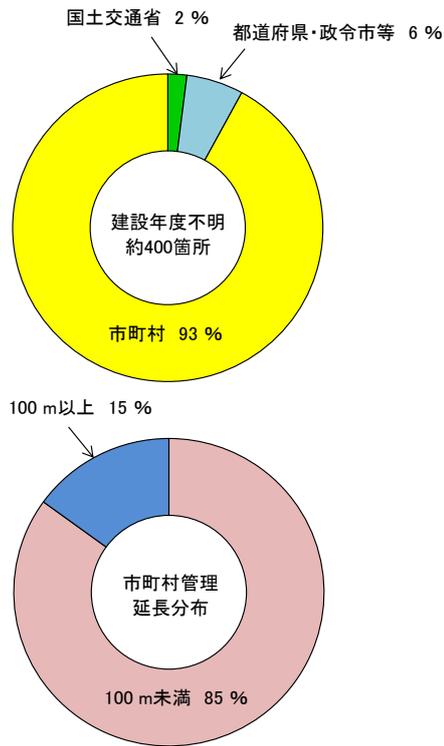


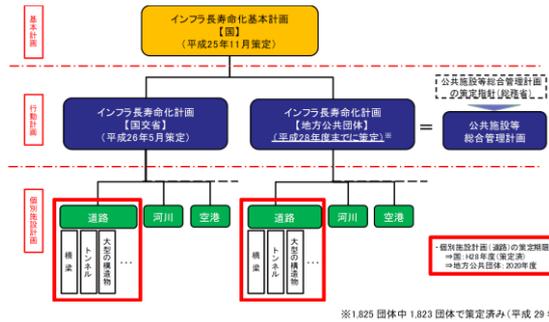
図19 建設年度不明トンネルの内訳²⁾

18に示すように、現在から10年後の2028年時点で約69%が建設後50年を経過することになる。これに対して、施設長100m以上の道路トンネルの場合、2028年時点で約25%が建設後50年を経過する。

このように建設年度が明確な道路トンネル以外に、約400本の建設年度が不明な道路トンネルが存在する。これらの内訳は、図19に示す通りであり、その90%以上が市町村管理の道路トンネルであり、さらにその約85%が施設長100m未満の道路トンネルである。

5.2 個別施設計画の策定状況

各道路管理者は、道路構造物の定期的な点検・診断結果に基づいて、個別施設計画を策定している。



※1,825 団体中 1,823 団体で策定済み(平成29年度末時点)

道路管理者	計画策定対象施設数	計画策定完了施設数	計画策定率
国土交通省	10	10	100%
高速道路会社	6	6	100%
都道府県・政令市等	90	81	90%
市町村	608	163	27%
全体	714	260	36%

図20 インフラ長寿命化計画の体系と個別施設計画の策定状況²⁾

地方自治体は、2020年度までに策定する予定となっている。平成29年度(2017年度)末時点における道路トンネルの個別施設計画策定率は、図20に示すように全体で約36%となっているが、市町村では27%に止まっている。これは、計画策定対象施設数が、他の道路管理者に比べて著しく多いことも関係していると思われる。

5.3 市町村における課題

これまでに述べてきたように、平成26~29年度の累積点検実施率は、基礎自治体である市町村では40%にとどまっております。この定期的な点検・診断結果に基づいて策定される個別施設計画は、対象施設数の27%しか完了していない。また、判定区分Ⅲ(早期措置段階)および判定区分Ⅳ(緊急措置段階)と診断されたトンネル数も、図13に示したように市町村で増える傾向にある。さらに、これら事後保全型(Ⅲ、Ⅳ)の修繕は、都道府県・政令市等や市町村において、対象施設の20%前後しか着手されておらず、予防保全型(Ⅱ)に至っては5%以下となっている。

このような点検・診断から対策に至る進捗の遅延は、地方自治体における慢性的な人材、予算、技術力不足が影響している。インフラ構造物の維持管理上での基本事項である点検を実施するには十分な人材(技術系職員)が必要であり、計画立案には担当者に対応の技術力が求められ、補修などの対策を実施するには予算が確保されなければならない。

基礎自治体である市町村における土木部門の職員数は、図21に示すように、1996年度(平成8年

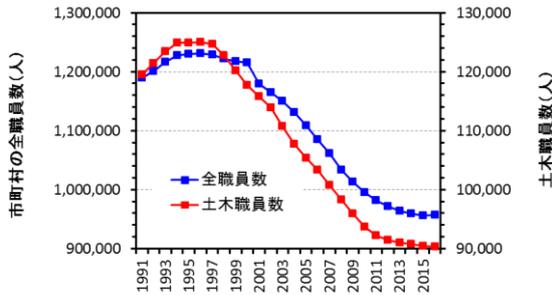


図 21 市町村における職員数の推移
(地方財政白書資料編より作成)¹²⁾

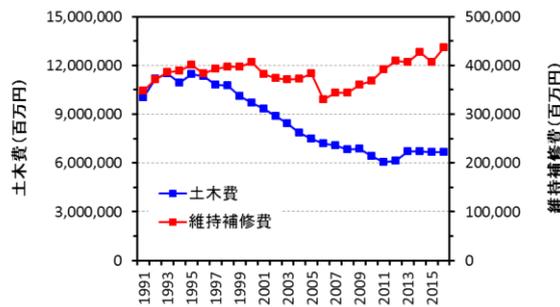


図 22 市町村における土木費と維持補修費の推移
(地方財政白書資料編より作成)¹²⁾

度)の125千人をピークに減少に転じ、2016年度(平成28年度)では90千人まで約28%減少している^{11,12)}。これは、1,231千人から956千人まで約22%減少した全体の職員数の減少割合よりも大きい。このうち、土木技師や建築技師などの技術系職員がいない市町村の割合も、2017年度(平成29年度)時点で25.8%に達している。維持管理・更新に携わる職員数では、5人以下の町村が多く、一部では担当する職員が0という市町村も存在する¹¹⁾⁻¹³⁾。

このような「人材の数の不足」に加えて、維持管理・更新に関する技術的なノウハウを十分に備えた人材に限られているという「人材の質の不足」も問題として挙げられる。維持管理・更新に関わらず、土木工学は経験工学とも言える分野であり、技術者が現場で実務経験を積み、それらが世代間で円滑に継承されていることによって、技術的なノウハウの確保や蓄積が可能となる。しかしながら、最近の緊縮財政や行政改革の流れの中で、地方自治体の土木関係職員数が継続的に減少している上に、頻繁な短期間での異動が加わり、インフラの維持管理・更新に関する技術的なノウハウの蓄積・継承が困難な環境が慢性的に形成されているのが現状である。

市町村の財政状況として、土木費と維持補修費の

推移を見てみると、図22に示すように、土木費が2011年(平成23年)まで減少する傾向を示し、近年はほぼ横ばいで推移している。それに対して、維持補修費は、2006年(平成18年)に減少しているものの、全体的に継続して増加する傾向を示している。ピークを示す1993年(平成5年)から2016年(平成28年)までの23年間で、土木費は約4.8兆円減少しているのに対し、維持管理費は約500億円増加している。土木費に対する維持管理費の割合を算出すると、1991年(平成3年)の約3%から2016年(平成28年)の約7%まで連続して増大している。

土木部門の職員は、道路トンネルなどの道路構造物のみならず、河川構造物や下水道などを含むインフラ全般を少人数で所掌しなければならないのが現状である。また、平時における構造物の維持管理・更新に加えて、地震や台風などの自然災害が発生した際には、被災構造物の点検・診断・修繕や仮設住宅の建設などに人手が取られることになり、土木部門の職員の必要数が絶対的に不足することになる。

以上に述べた人材、予算、技術力不足といった課題は、一朝一夕で解決が図れるものではなく、そのような状況化にある市町村にとって、省令や告示の通りに5年に1回の近接点検や統一的な健全性の診断など、的確な維持管理を実施することは非常に難しい状況になっている。

このようなインフラの管理者側の問題だけでなく、インフラの補修・補強を実際に担う建設業における人材確保・育成、ノウハウの蓄積、技術力の向上が難しい状況となりつつある¹¹⁾。建設関連企業の中でも特に地方の建設企業では、若手入職者の減少といった深刻な問題に直面している。就業者の年齢構成を見ると、55歳以上が約3割を占める一方、29歳以下の若年層は約1割となっており、全産業に比べて高齢化と若年層の低下が著しく進行している¹¹⁾。

若手入職者の減少は、他産業と比べた場合の賃金の低さ、休日の少なさ、危険度の高さなどが原因として挙げられている。

このような施工側の問題も、インフラの維持管理・更新に関する課題の解決をより一層複雑なものとしている。

5.4 課題解決に向けた取組み

(1) 財政的支援(予算不足の解消)

各地方自治体が管理するインフラ施設に対して、インフラ長寿命化計画を踏まえた点検・診断、修

繕・更新等の老朽化対策を総合的に支援するため、防災・安全交付金や補助制度の拡充が行われている。具体的には、市町村などが単独で、又は共同して策定した整備計画に対して、基幹的な社会資本整備事業のほか、関連する社会資本整備や効果促進事業を総合的・一体的に支援するとしている¹⁴⁾。

このほか、地方財政計画において、「公共施設等適正管理推進事業費」が、平成29年度の3,500億円から平成30年度の4,800億円に増額されている。また、「公共施設等適正管理推進事業債」の対象事業および地方交付税措置が拡充され、平成29年度から実質的な地方負担が、100%から73%まで低減されている^{14),15)}。

(2) 技術的支援（技術力の向上）

関連する機関の連係による検討体制を整え、課題の状況を継続的に把握・共有し、効果的な老朽化対策の推進を図ることを目的として、国、地方自治体、高速道路会社、道路公社といった施設管理者が一堂に会する道路メンテナンス会議を設置している。これは、2014年（平成26年）7月に、全都道府県で設置済みである。この会議の役割は、①研修・基準類の説明会などの調整、②点検・修繕において、優先順位等の考え方に該当する路線の選定・確認、③点検・措置状況の集約・評価・公表、④点検業務の発注支援（地域一括発注等）、⑤技術的な相談対応である¹⁴⁾。

具体的には、実務的な点検の適切な実施および評価に資する研修体制を充実させ、技術者不足が問題となっている地方自治体の職員に研修への参加を呼び掛けている。研修は、2014年度（平成26年度）より実施されており、2017年度（平成29年度）までに地方自治体の職員3,660人が受講している²⁾。

また、市町村の人材不足と技術力不足を補うため、市町村が行う点検・診断の発注事務を都道府県等が受委託することで、地域一括発注を実施している。初年度の2014年度（平成26年度）には、26都道県

（116市町村）で実施され、2015年度（平成27年度）は41都道府県（453市町村）、2016年度（平成28年度）は38道府県（605市町村）、2017年度（平成29年度）は29道府県（403市町村）で実施された^{2),13),16)}。この地域一括発注の好例として、奈良県が取り組んでいる「奈良モデル」がある¹⁷⁾。「奈良モデル」は、小規模市町村が多い奈良県において、「市町村合併に代わる奈良県という地域にふさわしい行政のしくみ」として誕生した¹⁷⁾。奈良県

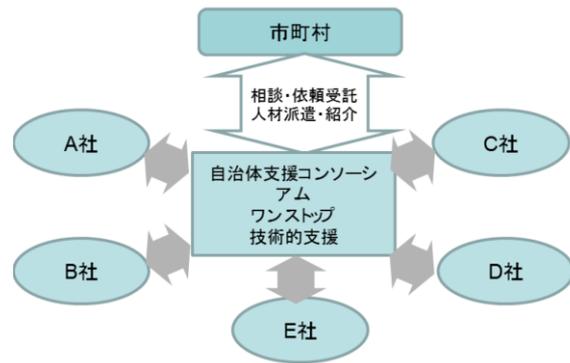


図23 自治体支援コンソーシアムによる技術者派遣制度の事例¹⁾

表7 現状の技術者派遣の実施形態¹⁾

自治体窓口主体	会社、法人等		協議会
派遣主体	会社、法人等が自ら技術者派遣	技術者を派遣できる会社、法人等とのマッチングを行い、マッチング先から技術者派遣	
派遣形式	業務を委託または労働者派遣		
例	(公財)とちぎ建設技術センター	(公財)島根県建設技術センター	自治体支援コンソーシアム (大阪市他5機関)

と市町村の役割分担として、①市町村同士の連携による効率化（水平補完）、②小規模市町村に対する奈良県の支援（垂直補完）、③市町村への権限移譲の3つが設けられた¹⁷⁾。この地域一括発注モデルの長所は、a) 市町村に発注の手間がかからない、b) 県と市町村の連携・協働体制が構築されるため、市町村が県の技術的支援を受けやすい、c) 点検結果のバラツキが無くなり、市町村単位での統一が可能となる、といったことが挙げられる¹⁶⁾。

(3) 体制面の支援（人材不足の解消）

国土交通省では、技術者の派遣が有効と判断される業務の抽出、派遣される技術者に求められる技術水準の確認などを目的として、2016年度（平成28年度）に技術者派遣を試行を開始した¹⁾。一部の地域では、表7に示すような、自治体のニーズに応じて技術者を派遣する制度が確立され、運用されている¹⁾。

また、民間資格の登録制度の活用および包括的民間委託の導入が図られている。民間資格の登録制度は、必要な水準の技術力を持つ技術者を確保するため、点検・診断等に必要となる知識や技術を登録要件として明確化し、この要件に適合すると確認された既存のコンクリート診断士のような民間資格を登録するものである。点検・診断等の発注業務において、登録した民間資格を活用し、点検・診断等の業務の質を確保しようとするものである¹⁾。2018年

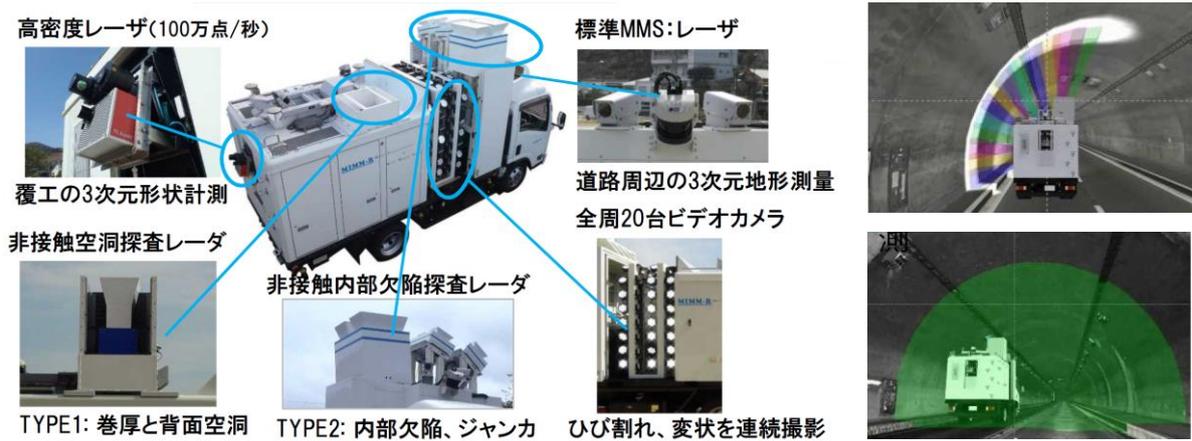


図24 走行型高速3D計測システム¹⁸⁾

(平成30年)2月現在、維持管理分野に関して延べ172資格が登録されている。

包括的民間委託は、スケールメリットや民間企業の技術・ノウハウを活用して、効率的な維持管理を図るために、複数の分野および施設の維持管理業務を包括的に民間に委託するものであり、維持管理における包括委託の実施を目指す市町村等において具体的な検討が行われている¹⁾。

5. 関連する技術の開発動向など

5.1 インフラ維持管理の効率化

基礎自治体である市町村が抱える課題を解決するための1つの方法として、民間技術を活用した非破壊検査技術やロボット技術などの新技術やIT(情報技術)を活用することによって、インフラの維持管理・更新に関わるシステム全体を高度化し、安全性、信頼性、効率性の向上を実現することが挙げられる。

現在まで、点検・診断時における新技術(センサー、ロボット)の活用と計画段階における新技術(ビッグデータ)の活用が検討されており、一定程度の成果が挙げられている。また、点検・診断時に限らず、新技術(センサー、ロボット)を供用中のインフラの日常的なモニタリングに適用することも検討されている。今後は、あらゆる場面でセンサーなどが計測し撮影した大量のデータを保存し処理するために、AI(人工知能)の利用が必要になってくると思われ、最近ではAIの導入に関する研究が進められている。

以下に代表的な技術開発の成果を挙げて、その将来的な利用について論じる。



図25 飛行ロボットによる点検システム²⁰⁾

5.2 点検ロボット

(1) 走行型計測車両システム

近接・遠望目視や打音検査を補完・代替・充実する技術として、交通規制を必要とせず、走行型画像計測(Mobil Imaging Technology System)と走行型レーザー計測(Mobile Mapping System)の一体型車両(MIMM)が開発されている。これに非接触空洞探索レーダと非接触内部欠陥探索レーダを搭載した走行型高速3Dトンネル点検システム(MIMM-R)も開発された(図24参照)¹⁸⁾。

この走行型計測車両システムは、50～70 km/h で走行しながら計測することが可能であり、70 km/h で走行しても 0.5 mm 程度のひび割れを認識できるとされている。このシステムが計測した画像から変状展開図、レーザー点群から変形モードを算出し、非接触レーダ探査から巻厚不足、背面空洞の有無、内部欠陥（うき、ジャンカ）が検出される。

このほかにも、デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システムやトンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システムなども開発されている¹⁹⁾。

(2) 飛行ロボット（ドローン）

小型無人飛行機（ドローン）を活用した点検技術の開発も数多く行われており、搭載した可視／赤外線カメラと打撃機構を用いてひび割れや空洞等の検出を行うシステムが開発されている²⁰⁾。

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）インフラ維持管理・更新・マネジメント技術における研究課題の中で開発されたシステムは、ドローンと駆動車輪を合わせた移動機構、カメラによる近接目視と打音機構による打音検査を実施する点検機構、画像・音響解析による変状検出機構から成る（図 25 参照）²⁰⁾。

5.3 人工知能（AI）

先述したように、道路トンネルを含むインフラの定期点検は、技術者による近接目視を基本としており、数多くの構造物の微細な損傷を把握するため、相当長い時間を要している。このような状況を打開するため、「人の作業」の支援を目的として点検ロボットの導入が検討され進められている。今後は、点検ロボットの支援を受けて、画像データなど劣化・変状に関する大量のデータが、短期間に集積されることになる。そのため、次の段階として、「人の判断」を支援するための人工知能（AI）の導入を進める必要がある。

国土交通省では、建設生産プロセス、維持管理、災害対応分野を対象にして、ロボット用人工知能（AI）の開発を促進するため、2018 年度（平成 30 年度）より環境整備に着手している。具体的には、インフラ管理者・土木技術者の正確な判断を蓄積した「教師データ」の提供、性能認識システムの構築等、民間の AI 開発を促進すると共に利活用できる環境整備に取り組んでいる。

（国研）土木研究所では、平成 30 年度の新たな取り組みとして、トンネル分野における AI 技術の活用を挙げている²¹⁾。内容は、トンネルの設計、施

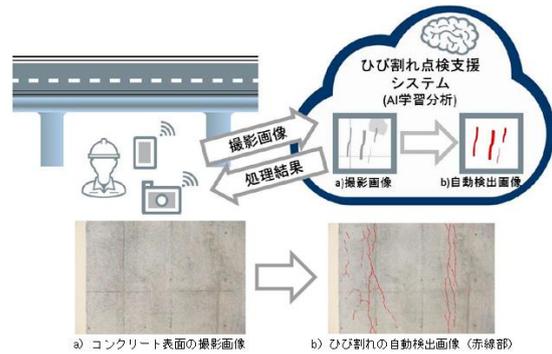


図 26 ひび割れ検出 web サービス²²⁾

工、維持管理等の各段階で得られた情報と AI に関する研究を進めるものであり、施工に使用された膨大な切羽情報等を覆工のひび割れ等の維持管理情報と結びつけることにより、施工、設計、維持管理における安全性や生産性を向上させ、トンネルのトータルコストの低減を目指すとしている。

（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構では、人工知能（AI）を活用したコンクリートのひび割れ点検支援システムを開発し、試験公開を実施している²²⁾。ひび割れに特有の特徴パターンを効率よく検出する画像解析技術と、特徴パターンを高精度に識別する人工知能技術により、機械学習型のひび割れ検出システムが構築された。様々な状態のコンクリート構造物を撮影した約 600 枚のひび割れサンプル画像を作成し、これを教師データとして用いて検出システムに学習させ、汚れや撮影状況の影響を受け難いひび割れ自動検出を実現した。検出精度は、81%である²²⁾。今後は、この技術をクラウド上に構築したシステムに実装し、現場においてスマートフォン等の携帯端末から、いつでもどこでも利用可能とする。このシステムにより、点検に関わる作業時間を現在の約 300 分から 30 分まで 1/10 に短縮できるとしている²²⁾。

このような人工知能（AI）の開発には、技術者の正確な判断の蓄積を基礎とする教師データの整備が必要不可欠である。より効率的な評価システムとするには、国や地方自治体に集積されるデータを一括して保管・管理するデータベースの構築が欠かせない。

現在までに確立されている AI を用いたシステムは、ひび割れ等を検出するための画像診断を対象にしているものがほとんどである。しかしながら、定期点検では、場合により打音検査も実施され、コンクリートの浮きなどの診断がなされる。そのため、人工知能（AI）を用いたシステムには、画像診断の



図 27 将来的なインフラ点検の姿²³⁾

みならず、ロボットが打音検査によって集積する音響データの診断も将来的に求められることになると思われる。そのため、熟練技術者により正確に評価された劣化の有無に伴う音響の違いを学習させるため、教師データとしての音響データの蓄積が必要となると考えられる。

5.4 将来的なインフラ点検の姿

上述したロボットや人工知能 (AI) を用いることにより、インフラの維持管理・更新に関わるシステム全体が、現状に比べて格段に高度化され、安全性、信頼性、効率性の向上が実現されると考えられる。つまり、現状では「人」が行っている作業をロボットや人工知能が支援・代替することになり、点検・診断システム全体の省力化が図られる。このような将来的なインフラ点検の姿は、図 27 に示されるようなものが想定される²³⁾。このようなインフラ点検・診断のシステムが構築されることにより、慢性的な人材や技術不足に悩む地方自治体の負担を軽減することが可能になると思われる。

このほか、市民参画による負担軽減も検討され、一部では導入されている。市民参画は、インフラに対する国民のイメージを改善し、国民とインフラの密接な関係を理解してもらう格好の機会を与えることにもなる。また、健全度の診断結果を受けて、対象インフラの撤去・更新が検討される際に、そのインフラの重要性や使用頻度などに関して、使用者である国民の意見が反映される環境を提供することにも繋がると考えられる。さらに、農山漁村地域では、地元住民の土木作業に関するスキルが無視できないリソースでもあり、その協力を得ることは、インフラ管理者の負担軽減に資すると思われる。

6. 残された課題と解決方法

6.1 インフラ利用者である周辺住民の理解

古くは共和政ローマの時代から帝政の全時代、また日本国内でも律令制から武家政権の時代を通じて、上水道や道路など構築されたインフラを適宜、適切な方法でメンテナンスを実施することにより長く利用してきた。これらのインフラメンテナンスは、もちろん政治家や政府の担当部署が責任をもって実施していたが、周辺住民の協力も得ていた。共和政・帝政ローマでは、ローマ市民や有力者からの寄付行為および軍隊が活用されていた。江戸時代、道の保全・補修は町が負担していた。破損が著しい場合は、幕府の道中奉行が指示し、該当する道路が位置する地域の代官や大名が普請を行っていた。後に幕府の財政がひっ迫するに及んで、地域住民 (百姓) による自普請が奨励され、彼らによる共同維持管理のための組合結成が促された。

現代では、このような地域住民によるインフラの維持管理は、町内会主導の側溝水路清掃や草刈あるいは除雪などを除いて、大規模に行われているわけではない。都市部では、さらに地域住民の参加は望めない。ましてや、インフラ維持のための寄付行為など論外であろう。つまり、社会インフラは、人が人らしい生活を送る上で必要不可欠な存在であるが、その重要性を認識している住民は少なく、維持管理に至っては税収入を投入する意味が正しく理解されているとは言い難い。

6.2 市町村が新技術を導入する際の障害

これまで述べてきたように、基礎自治体である市町村における人材不足、技術力不足、予算不足といった慢性的であり深刻な問題を解決するため、国

をあげて対応策が講じられているが、これらの問題を根本的に解決するためには、やはりインフラの使用者である地域住民の理解を得ることが必須であると思われる。そのためには、市民参画を促す仕組みを構築すると共に、簡便な機構や方法を用いて、熟練技術者でなくとも、短時間に精度良いデータを得ることが可能な機器の開発が待たれる。

このほか、問題解決策の1つとして開発が進められている新技術に関して、管理者側（発注者側）における導入の障害を取り除かねばならない。

インフラ維持管理業務に関するアンケート調査の結果²⁴⁾²⁵⁾、新技術活用にとっての障害として、「会計検査への対応が不安」という項目への発注者の回答が大きな比率を占めていた。導入の効果や必要とされる性能・精度の確保、要する費用の妥当性に関して、会計監査において説明せねばならず、それらの根拠を揃える必要があることから、従来と異なる方法を導入する際の不安要素となっているようである²⁴⁾。これについては、九州・山口地域におけるアンケート²⁵⁾で「NETISに登録された技術であれば検討する」と回答した地方自治体が半数を超えており、「実績がなければ検討しない」と回答している自治体が2割となっていることから窺える。つまり、国の機関に登録されていないような新技術は、国の交付金対象となる業務や工事で使用する場合、会計検査への対応の不安を取り除かねばならないということである²⁵⁾。さらに、発注者側として、組織内合意のための根拠が必要、トラブル発生時のリスクが大きい（責任の所在）等が不安要素として挙げられている。また、SIP開発技術のような、新技術に関して興味がありながら、それらの詳しい内容を知らないという地方自治体が非常に多く、新技術に関する説明会や情報開示が、公平性を担保しつつ実施される必要性が指摘されている²⁴⁾²⁵⁾。

6.3 人工知能（AI）利用の課題

人工知能（AI）に関しては、画像認識や音声認識あるいは言語処理の点で、非常に高い精度が期待できるニューラルネットワーク（ディープラーニング）の点検AIとしての実装の検討が進められている。その成果も、徐々に公開されつつある。一方、今後は、点検結果に基づく診断・評価において、AIの適用が検討されなければならない。診断・評価AIには、現在医療関連で利用が進んでいるエキスパートシステムの利用が最適であるとされている。このシステムであれば、診断に至った論理、ロジックを

出力できるという利点がある。今後、市町村の人材と技術力不足をロボットや人工知能で補完させようとする場合、人工知能に演繹的推論や架設推論を機能させる必要があり、そのためには土木言語を理解させ概念間の関係を理解させねばならない。つまり、画像情報から状況を抽象化させ、それを概念付け、言語処理させることで状況の意味を理解させ、損傷の原因に対する仮説を立てさせ、その仮説の検証・対策の実行まで行わせるシステム全体の進化が求められるということである。

7. おわりに

基礎自治体である市町村は、慢性的な人材、技術力、予算の不足を抱えており、それに加えて、都市部から遠く離れた農山漁村では、高齢化・人口減少が著しく進展しているため、疲弊の程度が極めて深刻な状況にある。これに対し、国をはじめとして、重層的な支援策が講じられ、道路トンネルなど重要インフラの維持管理体制の新たな構築が試みられている。国や都道府県による支援に加えて、全体的な省力化と高精度化を図る目的もあり、点検ロボットや人工知能など新技術の適用も検討されている。さらに、インフラの使用者である地域住民に対し、インフラの重要性の理解を深めてもらうため、住民参画による維持管理体制の構築も試みられている。

このような維持管理体制が円滑に働くためには、発注者・管理者、施工業者、新技術の開発者、地域住民の間で、トラブルが発生した際の責任の所在を明確にし、使用する技術の簡便化を図りつつ、日進月歩の技術の情報を公表し、その取扱いを適宜説明・研修する場を設けることが必要になると考えられる。特に、新技術に関する情報の公表などは、公平性を担保しつつ実施されなければならない。また、維持管理の技術力の確保・向上を図るために実施される研修は、参加する側の担当職員の貴重な時間を割くことに繋がるため、可能な限りその負担が増すことの無いよう特段の配慮が強く望まれる。

民間である建設会社も、その専門とする分野である施工を基礎に「ものづくり」で培った技術を維持管理にまで拡大し、社会的役割を果たすよう技術開発を進めたいと切に願っている。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：インフラ長寿命化計画（行動計画）のフォローアップ（中間評価）、2018。
- 2) 国土交通省道路局：道路メンテナンス年報（平成29年

- 度)、2018.
- 3) 国土交通省：国土交通白書、2018
- 4) 国土交通省：道路統計年報 2018
- 5) 土木学会：トンネルライブラリー14 トンネルの維持管理、2013.
- 6) 国土交通省：道路トンネル定期点検要領、2014
- 7) 土木学会：トンネルの変状メカニズム、2004.
- 8) 定塚正行、竹内泰雄編：トンネル、新版 技術士を目指して(建設部門)第9巻、pp.369-405、1995.
- 9) 土木学会：トンネルライブラリー102 トンネルコンクリート施工指針(案)、2007.
- 10) 牛島 栄：トンネルの二次覆工コンクリート、コンクリート工学、Vol.43、No.5、pp.123-128、2005.
- 11) 国土交通省：平成28年度政策レビュー結果(評価書)「社会資本ストックの戦略的維持管理」、2017.
- 12) 総務省：地方財政白書(平成3年版～平成30年版)
- 13) 総務省：第32次地方制度調査会第4回専門小委員会、資料1-3 国土交通省総合政策局社会資本整備政策課・公共事業企画調整提出資料、2018.
- 14) 国土交通省：インフラメンテナンス情報(社会資本の老朽化対策情報ポータルサイト)
- 15) 総務省：地方財政制度
- 16) 首相官邸：未来投資会議 産官協議会(次世代インフラ)第2回、資料2、2018.
- 17) 奈良県 県土マネジメント部 道路管理課：奈良県の道路インフラの点検状況と「奈良モデル」による市町村支援、道路行政セミナー、pp.1-6、2018.
- 18) パシフィックコンサルタンツ株式会社：走行型トンネル調査MIMM-R
<https://www.pacific.co.jp/service/infrastructure/tunnel/lose-up/mimm-r/>.
- 19) (一財)先端建設センター、(一社)日本建設機械施工協会、(一財)橋梁調査会：次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム～現場実証ポータルサイト～、<https://www.c-robotech.info/>.
- 20) 国立研究開発法人 科学技術振興機構：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)インフラ維持管理・更新・マネジメント技術、<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>.
- 21) 国立研究開発法人 土木研究所：平成30年度の土木研究所の新たな取組み、2018
- 22) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：コンクリートのひび割れ点検支援システムを開発、試験公開、ニュースリリース、2017.
- 23) 新田恭士：次世代社会インフラ用ロボットの実用化に向けた今後の取組み、インフラ点検ロボット・AIに関する日米の動向調査報告会資料、2018.
- 24) 蓮池里菜、木下幸治、矢島賢治、高木朗義、六郷恵哲：インフラ構造物のメンテナンス等への新技術活用における障害と対策に関する考察、土木学会論文集F4(建設マネジメント)、Vol.73、No.4、I_100-I_111、2017.
- 25) 田中徹政、松田 浩、牧角龍憲、高橋和雄：九州・山口地域における自治体のインフラ維持管理業務に関するニーズ調査、土木学会論文集F4(建設マネジメント)、Vol.73、No.4、I_112-I_119、2017.