

報告 鉄道コンクリート構造物の維持管理業務の実態調査と課題

中田 悠貴*1 松崎 晋一郎*2 渡辺 健*3

要旨：持続可能な鉄道の実現には、会社規模関わらず安全性を確保したうえでの維持管理業務が不可欠である。一方、昨今の少子化や労働人口の減少により、これまでに以上に効率的な運営が必要となっている。鉄道コンクリート構造物の特に全般検査の現状を明らかにするため、維持管理業務に関わる実務者へのアンケート調査を行った。その結果、1人あたりの保守延長が増加傾向にあり、高架橋等高所での点検や支承部等狭隘箇所での点検に苦慮していることが分かった。また、検査周期延伸に関しては、高架橋延長の大きい事業者において、延伸に期待する声があることがわかった。

キーワード： 鉄道コンクリート構造物, 維持管理業務, アンケート, UAV

1. はじめに

持続可能な鉄道の実現には会社規模関わらず、安全性を確保したうえでの維持管理業務が不可欠である。鉄道は設備を維持するうえで、維持管理業務に多くの労力を割いており、昨今の少子高齢化や労働人口の減少、設備の老朽化により技術継承や人材育成を懸念とする事業者も存在し、これまで以上に効率的な運営の構築が必要であるといえる。鉄道事業者の土木業務全体のうち維持管理業務における橋りょう検査は多くの割合を占めており、特に新幹線を運行させている事業者においては、コンクリート橋の割合の多い事業者も存在する²⁾。橋りょう検査の効率化、特にコンクリート橋の維持管理業務の効率化を行うことで土木業務全体の効率化につながると考える。

維持管理業務の効率化のためには、UAVやデジタル技術の導入による検査精度の向上、また、その結果から得られる情報を適切に判断し、検査周期の延伸を

行う必要があると考える。UAVやデジタル技術の導入は対象とする保守構造物の特性と実態をよく把握したうえで、適切な方法により検査を行う必要がある。本報告では、日本国内における鉄道事業者の維持管理業務に携わっている実務者を対象に、特にコンクリート構造物を対象として、維持管理業務における実態と課題、周期延伸への意識調査、UAVやデジタル技術の活用状況や課題について、アンケート調査を行った結果を報告する。

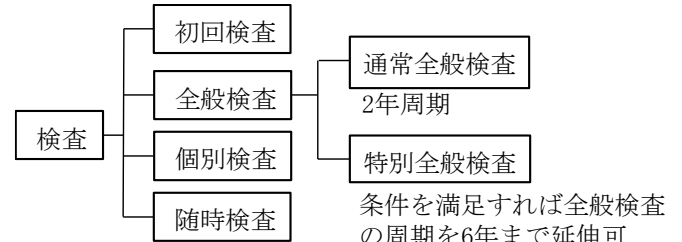


図 - 1 健全度判定ならびに構造物の状態

表 - 1 健全度と構造物の状態

健全度		構造物の状態
		運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状があるもの
A	AA	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、変状等があり、緊急に措置を必要とするもの
	A1	進行している変状等があり、構造物の性能が低下させつつあるもの、または、大雨、出水、地震等により、構造物の性能を失うおそれのあるもの
	A2	変状等があり、将来それが構造物の性能を低下させるおそれのあるもの
B	将来、健全度Aになるおそれのある変状等があるもの	
C	軽微な変状等があるもの	
S	健全なもの	

*1(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 研究員 (正会員)
 *2(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 副主任研究員 (正会員)
 *3(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 室長 博士(学術) (正会員)

2. 鉄道コンクリート構造物の検査の概要

コンクリート構造物の検査は、図 - 1 に記載のとおり構造物の竣功後 2 年以内に行う初回検査、全般検査のうち、目視を主体とし 2 年を超えない周期で行う通常全般検査、健全度の判定の精度を高め、所要の性能が確認された場合に全般検査の周期が延伸できる特別全般検査、全般検査・随時検査の結果詳細な検査が必要とされた構造物に対して、精度の高い判定を目的に行う個別検査、地震や大雨等により変状の発生もしくはそのおそれのある構造物を抽出する目的の随時検査に大別される。

また、全般検査・随時検査により得られた結果は各構造物の特性等を考慮し、表 - 1 に記載のとおり健全度判定として A, B, C, S に区分することを原則し、健全度 A と判定されたものについては、個別検査においてさら健全度 A を AA・A1・A2 に細分化された判定も含め、再度健全度の判定を行う。

現在、鉄道構造物維持管理標準（コンクリート構造物）（以下、維持管理標準）の特別全般検査実施による周期延伸の条件としては、以下の項目を満足する場合に全般検査の周期延伸が可能であることが記載されている³⁾。

- ・健全度が S である構造物。
- ・RC・PC・SRC 構造物であること。
- ・供用開始直前に実施した初回検査から 10 年以上経過している構造物。
- ・中性化や塩害、ひび割れによる鋼材腐食等、変状要因に応じた中性化深さや鋼材のかぶり等調査項目を実施し、将来予測により周期延伸の判断基準を満足した構造物となっている。

3. 調査概要

維持管理業務における実態と課題、周期延伸への意識の調査は、アンケート形式により調査を行った。各鉄道事業者向け専用の HP にて調査票の送付・回収を行い、調査対象は、鉄道構造物の維持管理に関わっている JR、大手・準大手私鉄、中小・第三セクター、公営・その他鉄道事業 171 社を対象に送付した。調査期間は、2024 年 10 月 11 日～11 月 29 日で行った。配

布形式については、MicrosoftForms（以下 Forms）を基本とし、一部設問については、Word による配布を行い、メールによる回収を行った。鉄道事業者への配布状況と回答状況の詳細については、表 - 2 のとおりである。

調査内容については、維持管理業務のうち主に検査業務の実態と、全般検査周期延伸ニーズの確認、予防保全対策に対する調査、UAV・ICT 技術に関する調査を行い、記述式と複数回答可とする質問を含む選択式を混ぜて行う形で調査を行った。

4. 調査結果と課題

4.1 全般検査の実態と課題

図 - 1 は、維持管理業従事者の年代別の割合を示している。全鉄道事業者種別の平均では、41 歳から 55 歳の間の人数割合が小さい一方、鉄道事業者種別ごとと比較した場合、JR では 21 歳～25 歳、次いで 26 歳～30 歳の割合が多い結果となり、この 2 つの年代で全体の 40% 近くの割合を占めていることが分かる。国鉄採用社員の退職がほぼ終わり経験の浅い若手社員で少ない編成人員にて維持管理業務に携わっていることが分かる。一方、中小・三セク、公営・その他鉄道においては 51 歳以上の割合が最も大きく、21 歳～25 歳の割合が JR とは対照的に低いことが分かる。数年から十数年後には 51 歳以上の社員が退職を迎えるとともに、少子化による新規社員の採用難から業務量の更なる負担増加が予想される。

図 - 2 は鉄道事業者種別ごと 1 人当たりの構造物の平均保守延長（2001 年度、2024 年度）を示した図である。JR で最も多く 27.5 km、次いで、大手・準大手私鉄、中小・三セク、公営・その他鉄道の順となり、いずれの種別の鉄道事業者においても、1 人あたりの保守延長が増加していることから、維持管理における従事者は減少傾向にあることがわかる。

また、図 - 3 は、高架橋の延長を鉄道事業者の種別ごとに平均したグラフであり、各事業者の種別で差はあ

表 - 2 配布状況と回答状況

鉄道会社種別	配布	回答			
	別紙・Forms	別紙(回答事業者)	別紙(回答率%)	Forms(回答事業者)	Forms(回答率%)
JR	7	5	71.4	5	71.4
大手・準大手私鉄	22	13	59.1	12	54.5
中小・三セク	124	55	44.4	34	27.4
公営・その他	18	12	66.7	11	61.1
合計	171	85	49.7	62	36.3

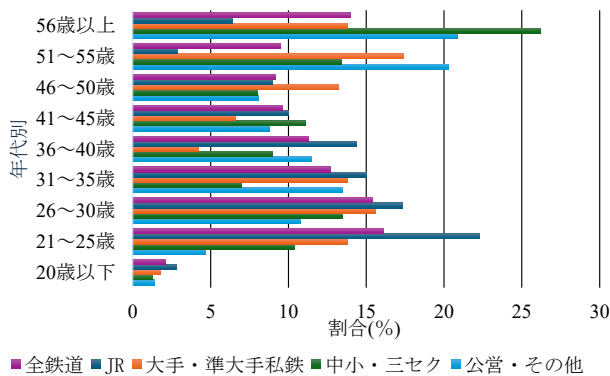


図 - 1 維持管理業務従事者の年齢構成

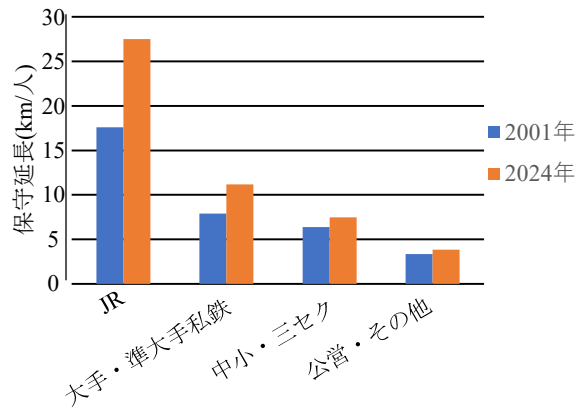


図 - 2 1人当たりの保守延長の比較

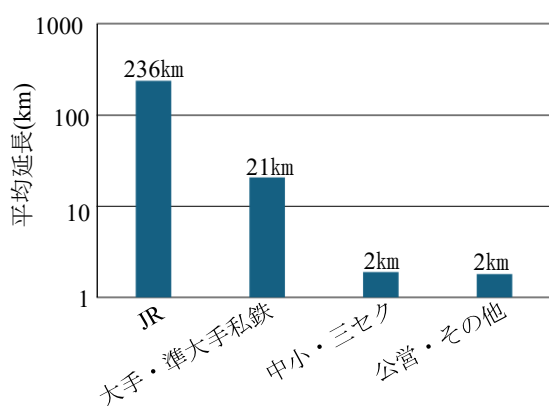


図 - 3 事業者種別ごとの高架橋平均延長

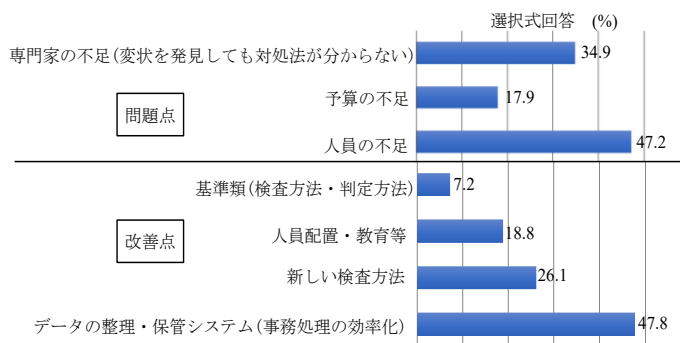


図 - 4 今後の構造物検査体制における問題点・改善点

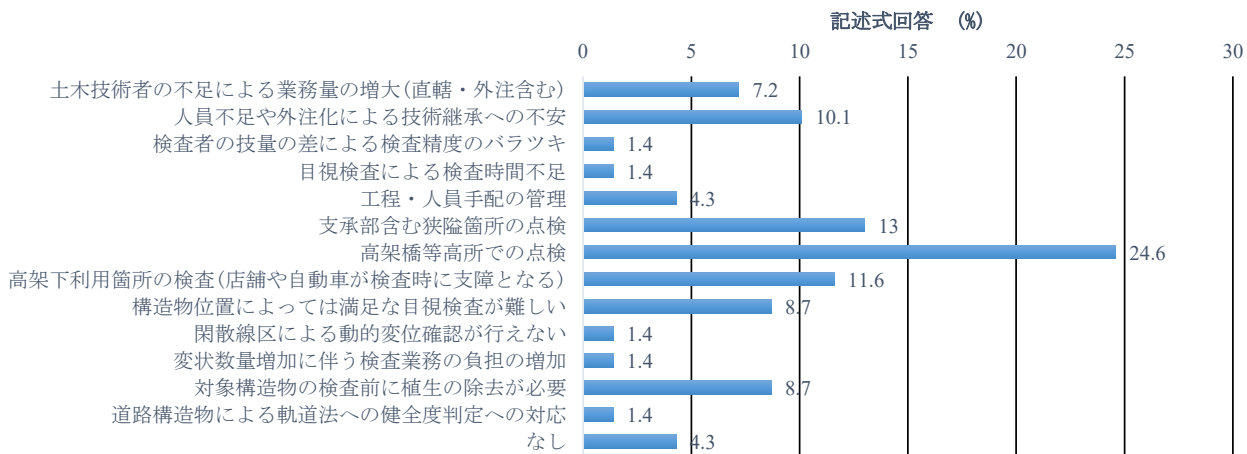


図 - 5 全般検査における苦慮点

るものの、路線延長が長いことから想像できるとおり、JRにおける高架橋の延長が圧倒的に大きいことが分かる。図 - 2 と図 - 3 から、一人当たりの保守延長が大きい事業者の順に、高架橋の全般検査に占める割合も大きいことも想像できる。また、中小・三セクと公営・その他鉄道では、高架橋平均延長こそ同様の結果が得られたものの、後者については、地下鉄事業者がほとんどを占めており、路線環境に大きな違いがあ

ることに留意が必要である。

また図 - 4 は、今後の全般検査における問題点・改善点をまとめたものである。図 - 1 で事業者の種別ごとに年齢構成をまとめ課題を述べたが、今後の構造物検査における課題・問題点として、回答が最も多かったのが人員の不足であり、次点で、専門家の不足(変状を発見しても対処法が分からない)と回答した事業者が多く、いずれの事業者においても人員を起因とした

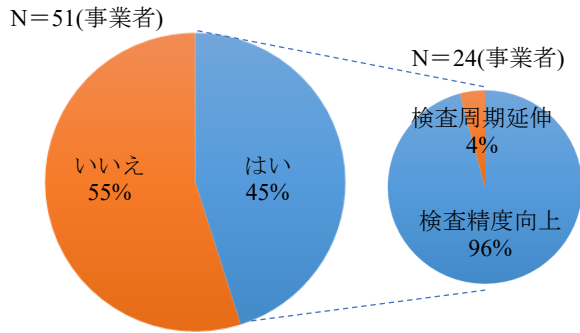


図 - 6 特別全般検査の実施状況と実施目的

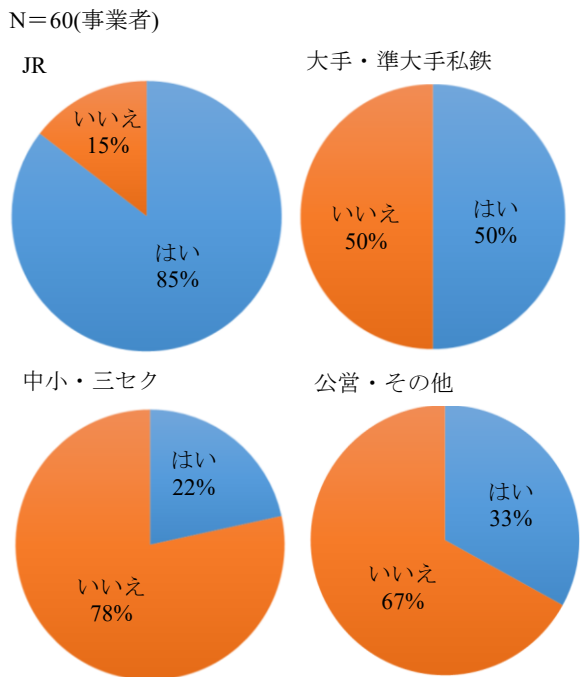


図 - 7 延伸条件緩和による周期延伸の検討

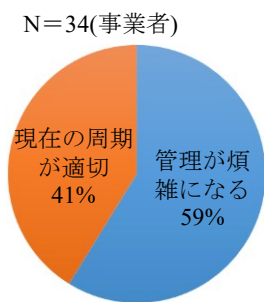


図 - 8 周期延伸を検討しない理由

今後の維持管理業務のあり方に問題を抱える事業者が多いことが分かった。

図 - 5 は全般検査を行う際の苦慮点をまとめたものであり、図 - 4 の今後の課題同様、土木技術者の不足による業務量の増大、人員不足や外注化による技術継承への不安と人員を起因とする苦慮点としての回答が合わせて 17.2% が得られた。一方で、最も回答が多かった

のは、高架橋等高所での点検が 24.6% となり次いで、支那部含む狭隘箇所での点検、高架下利用箇所での点検となり、全回答のうち、50% 近くの回答で高架橋や支那部における検査で苦慮していることが分かった。

4.2 特別全般検査の実施状況と周期延伸のニーズ

図 - 6 は各鉄道事業者における特別全般検査の実施有無についてまとめた図であり、回答が得られた事業者のうちの 45% が、特別全般検査を実施していることが分かった。特別全般検査については、健全度の判定の精度向上をはかり、周期延伸を行うこともできるが、特別全般検査を実施していると回答した事業者のうち、周期延伸まで行っている事業者は 4% にとどまった。地上からの目視により判断の難しい部位・箇所を高所作業車や足場を用いた目視により検査を行い、検査精度の向上を目的とした事業者もあり、周期延伸までおこなっていると答えた事業者は少なかった。

図 - 7 は、特別全般検査による検査周期条件のうち現在の検査周期延伸の条件が、健全度 C にまで緩和された場合、検査周期の延伸を検討しますかという問いに対する回答を事業者の種別ごとにまとめた図である。健全度判定 C については、検査時点では運転保安、旅客および公衆などの安全に対する影響がなく、次回検査時に必要に応じて重点的に調査を行う軽微な変状であり、健全度 S に加えて C 判定構造物を周期延伸の対象として加えた場合の意向として質問を行った。質問の結果、JR では 79% の事業者で延伸を検討するという回答が得られたとともに、大手・準大手私鉄においても、50% の事業者で延伸を検討するという回答が得られた。一方、回答事業者の母数の最も多かった中小・三セク鉄道事業者においては、78% の事業者において、延伸を検討しないという回答が得られた。

図 - 8 は、検査周期延伸を検討しないと回答した事業者に対して、検討しないと答えた理由に記述式の回答をまとめた図である。回答のうち、目立った回答が、管理が煩雑になるという意見が多かった。この点に関しては、判定結果の異なる構造物の混在を懸念する声や、人事異動に伴う技術継承の不安があるといった具体的な理由がある回答も得られたが、約 24% の回答には具体的な記載はないが、管理が煩雑になるという意見があった。

図 - 9 は、同一区間にあるトンネル、橋りょう、土工等土木構造物をすべて同一基準月に行っているかという問いをまとめたものである。JR の一部事業者において、トンネル以外で実施しているものの、いいえ（構造物ごとに基準月を分散させている）と回答した事業者が多かった。一方、中小・三セク鉄道においては、

N=64(事業者)

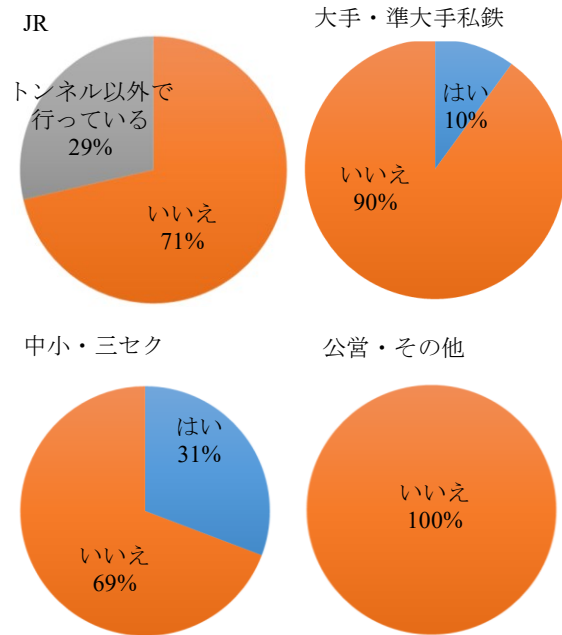


図 - 9 同一基準月内での検査実施状況

N=62(事業者)

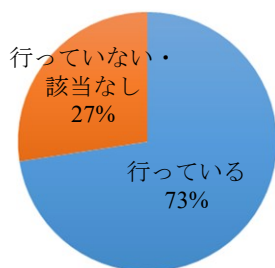


図 - 10 公衆安全性懸念箇所への対策状況

N=55(事業者)

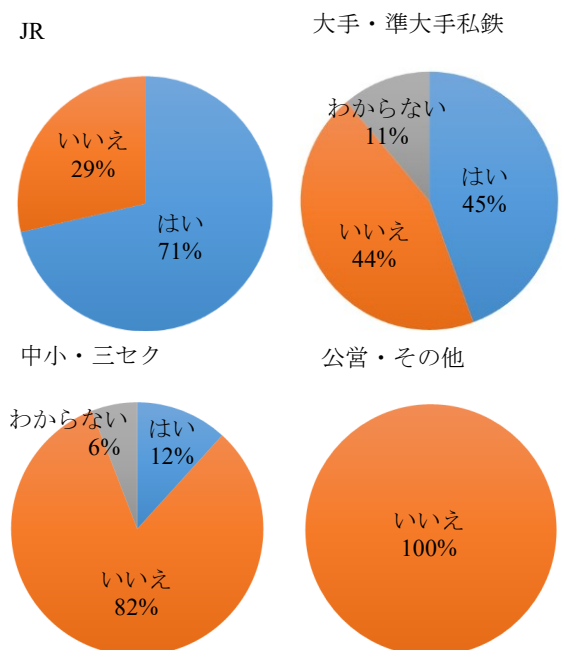


図 - 11 予防保全対策による周期延伸への意向

31%の事業者で同一基準月にすべての構造物を検査していることが分かった。路線延長の短い事業者では、同一の検査者が検査業務以外の合間に検査業務をまとめておこなっていることも推測でき、このことが管理の煩雑化を懸念している可能性もある。

4.3 予防保全対策の実施状況

図 - 10 は、公衆安全性懸念箇所への予防保全対策による対策状況をまとめたグラフである。維持管理標準には、はく離・はく落によりコンクリート片が落下する恐れ範囲に第三者が立ち入る場合には、第三者に危害が及ぶ危険性を否定できないため周期を延伸することができないとされているが、73%と多くの事業者で対策を行っていることが分かった。

また、図 - 11 は、公衆安全性懸念箇所において、表面処理等による予防保全対策によって周期延伸が可能であれば周期延伸を行いますかという問いに対しての回答をまとめたものである。図 - 3 において、事業者種別ごとの高架橋の平均延長を示したが、延長が大きい事業者ほど、予防保全による周期延伸を期待している割合が高い傾向が分かる対策に多くの実績があり普及が進んでいるとともに、予防保全対策に対し、多くの事業者で周期延伸をのぞむ声があることがわかった。

4.4 UAVによる検査精度向上

4.2 では、特別全般検査において、目視による検査精度を行っている事業者が多いことが分かった。昨今、UAV が各分野で導入・活用されているが、鉄道の維持管理分野でも例外ではない。本節では、目視を基本とした全般検査に変わる UAV の各社の導入状況と利活用の方法、また、今後活用が期待される項目について、まとめた。

図 - 12 は目視に変わる代替えとして、UAV 等検査機器の導入を行っている事業者の割合を示したグラフである。49 の事業者から回答が得られ、そのうち 38%にあたる 20 の事業者で導入していることが分かった。また、事業者の種別により分けた場合、JR、大手・準大手私鉄、中小・三セクの順に多いことが分かった。一方で、その活用方法については、表 - 3 の意見で示したとおり、全般検査や特別検査で行われる目視点検を完全に代替するものではなく、実証段階や補助手段として利用されている側面が強い。このことは、UAV 使用に関わる法規の壁や、資格取得に関わる費用の面、検査方法や汎用機器使用による検査方法の確立が行われていないことによって、本格的な運用にまで至っていない事業者が少ないことと推察される。また、図 - 13 は、UAV における今後の利活用の場面をまとめたものであ

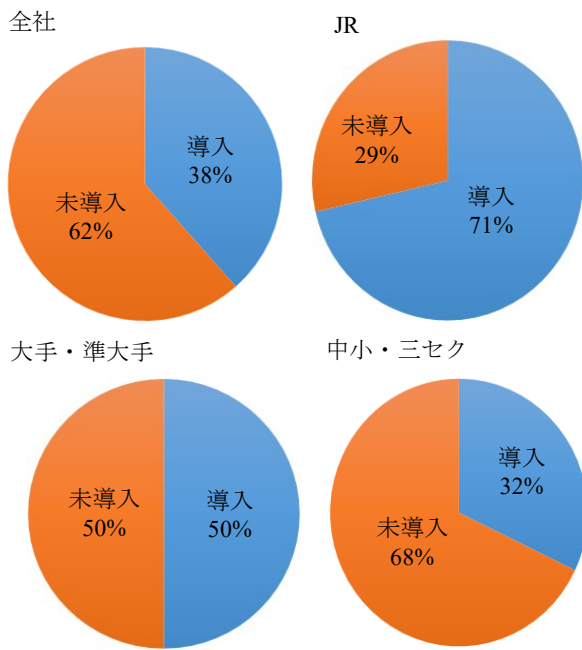


図 - 12 UAV 等の導入状況

表 - 3 現在の UAV 等利活用の場面の例

UAVの活用状況
各現業区にドローンを数台ずつ配備し、全般検査の補助や災害時調査に活用している。 水中にある構造物（高架橋、橋梁橋脚等）の一部で試験的にドローンを活用した検査を実施した。 土木技術センターに1台ずつドローンを配備しているが、十分な活用には至っていない。
各現業事務所に各1台以上のドローンを配備し、検査その他に活用している。 360度カメラと高所撮影機を利用して、高所の状況確認を行えるようにしている。 橋梁検査の個別検査においては、UAVを活用し検査を実施している。
ドローンを1台保有しているがまだ実証段階であり、実用はしていない。 ドローン等の全般検査への活用等を検討している。（試験施工段階）

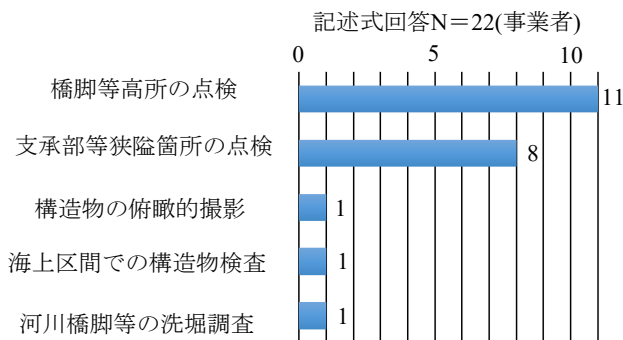


図 - 13 今後想定される利活用の場面

る。最も多かった回答で橋脚等高所での点検、次いで、支承部等狭隘箇所の点検において、利活用の場面があるという回答が多く、全般検査時に苦慮している箇所にも活用していくことが課題であるといえる。

5. まとめ

日本国内における鉄道事業者において、維持管理業務に携わる実務者へのアンケートの結果、以下の知見を得た。

- 1) 生産年齢人口の減少や、ベテラン社員の退職により事業者の種別に関わらず、一人当たりの保守延長が増加傾向にある。また、年齢構成については、事業者の種別ごとに大きな差がみられることが分かった。今後の課題、全般検査時の苦慮点として、社員数の減少、実務者の若年化により人員不足・専門家の不足と回答する事業者が多数を占めるとともに、特に高架橋等高所、支承部等狭隘箇所での検査に苦慮していることが分かった。
- 2) 特別全般検査を事業者のうち、96%が目視による判断が難しい箇所への検査精度向上を目的とした検査を行っていることが分かった。一方で、検査周期の延伸まで行っている事業者は少なく、4%にとどまり、現在の検査周期が適正と答えた事業者は少なく管理が煩雑になるという事業者が多かった。同一検査基準月において、橋りょう以外の構造物の検査も行っていることも原因の一つと考えられる。
- 3) 公衆安全性懸念箇所に対しては、73%の事業者で予防保全対策を行っていることが分かった。また、予防保全対策の実施により周期の延伸を実施しますかという問いに対しては、周期延伸の意向が大きいことが分かり、予防保全対策による周期の延伸には前向きな声が多かった。
- 4) UAVを導入している事業者が40%を占めるが、検査の代替まで行っている事業者は少なく、また、高所や狭隘部での活用が有効であるという意見が多かったことから、近接目視により判断を行っている箇所への検査精度向上を目的としたUAVの活用法の提案が、多くの事業者での維持管理業務負担の軽減につながると考える。

参考文献

- 1) 加藤 直人, 小沢 一雅, 嶋: 地域鉄道事業者の土木構造物維持管理の現状と課題, 第33回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, I-12, pp13-16, 2015年12月
- 2) 廣田 元嗣, 築嶋 大輔, 堀澤 誠: 鉄道コンクリート橋りょうの維持管理について, コンクリート工学, Vol.41, No.2, pp.1435-1440, 2019
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)コンクリート構造, 2007.1