

[特集] AIとイノベーション…③

AIによるインフラの維持管理

株式会社 価値総合研究所 パブリックコンサルティング第2事業部 部長 井上 陽介

はじめに

高度経済成長期に集中的に整備された我が国の社会インフラ（道路橋、トンネル、河川、下水道、港湾等）は、建設後平均30年を超えるものが多い。今後20年間で、老朽化の目安である建設後50年以上経過するインフラの割合が加速度的に高くなることから、一斉に老朽化するインフラを戦略的に維持管理・更新することが喫緊の課題となっている。

国土交通省ではインフラの維持管理について、損傷が拡大した段階で大規模な修繕等により機能回復を図る「事後保全」の取組から、損傷が軽微な段階で予防的な修繕等により機能保持を図る「予防保全」の取組に転換し、「長寿命化」や「トータルコストの縮減」を図ることとしている。

本稿では、筆者が参画した内閣府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」（以下、「SIPインフラ」という。）の事例も踏まえ、インフラ維持管理におけるAI活用について概観する。

社会インフラの現状と課題

(1) 社会インフラの老朽化

国土交通省によれば、2018年3月現在での老朽化インフラ（建設後50年以上経過した施設）は橋梁が約25%、トンネルが約20%であるが、約15年後の2033年にはそれぞれ約63%、約42%となる。これらのインフラの多くは地方公共団体が管理している。施設数で見ると、橋梁では約73万橋のうち約66万橋と9割、トンネルでは約1.1万箇所のうち0.8万箇所と約7割を占める。

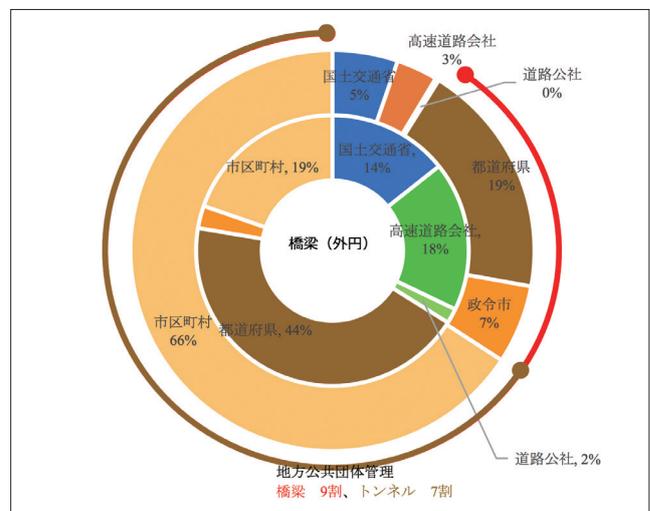
図表1 建設後50年以上となるインフラの割合

	2018年	2023年	2033年
道路橋(約73万橋)	約25%	約39%	約63%
トンネル(約1.1万本)	約20%	約27%	約42%

出典：「道路メンテナンス年報」（平成30年8月,国土交通省）より作成

老朽化の状況は、立地環境や維持管理の状況等によって異なるものの、今後地方公共団体にとってもインフラの維持管理負担は大きくなる。

図表2 橋梁・トンネルの管理者別施設数割合



出典：「道路メンテナンス年報」（平成30年8月,国土交通省）より作成

(2) インフラの維持管理サイクル

インフラ維持管理には、維持管理の計画・評価・改善を行う計画などPDCAを回すマネジメントサイクル、実際の施設等の点検・診断・措置・記録等を行うメンテナンスサイクルがある。メンテナンスサイクルについては、平成25～26年度に政令や省令等による定期点検の義務化が行われ、道路管理者は5年に一度の定期点検を行うこととなった。平成26年から始まった定期点検は平成30年度に全ての橋梁、トンネル等の点検が実施され一巡する予定である。

定期点検は、近接目視（必要に応じて触診や打音等の非破壊検査も）によって点検を行い（図表3参照）、その点検結果から健全性を4段階で区分し（図表4参照）、必要な措置を講じるとともに、損傷箇所や診断結果を調書等して記録する（図表5参照）といった一連のサイクルとなる。なお、損傷箇所に対する修繕・更新はその措置すべき内容によって定期点検後の着手となる。

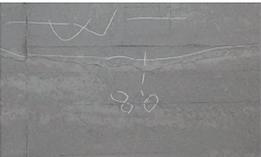
図表3 トンネルの近接目視の例



出典：「道路トンネル点検要領」（平成26年6月,国土交通省）

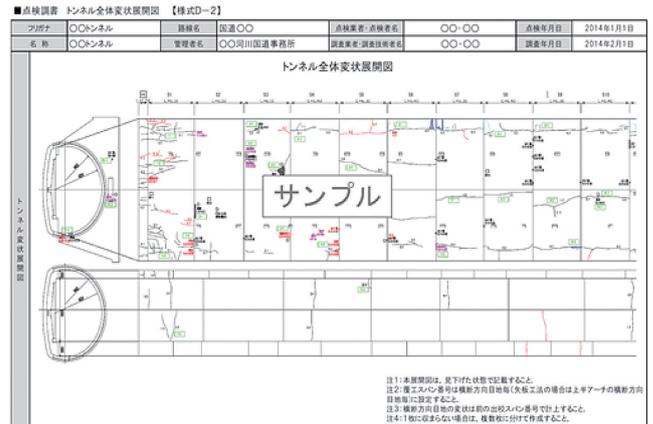
図表4 道路トンネルの健全性の判定区分とひび割れ区分例

判定区分	定義
I 健全	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 予防保全段階	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 早期措置段階	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 緊急措置段階	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

判定区分	変状写真	変状概要
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、または圧ざりがあり、緊急に対策を講じる必要がある状態	
備考	ひび割れについては将来的な進行を考慮の上、判定することが望ましい。	

出典：「道路トンネル点検要領」（平成26年6月,国土交通省）

図表5 トンネル変状箇所展開図サンプル

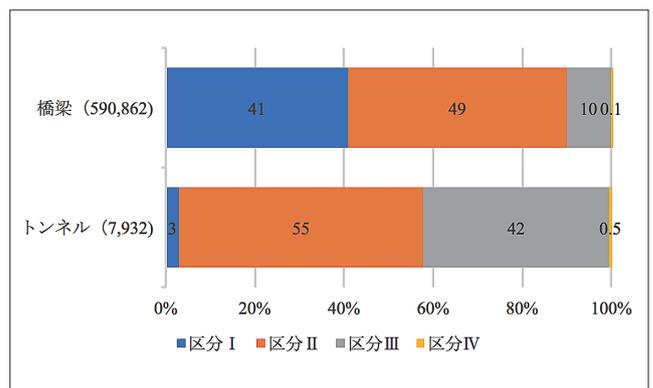


出典：「道路トンネル点検要領」（平成26年6月,国土交通省）

(3) インフラの点検結果と修繕着手状況

平成26～29年度の橋梁・トンネルの点検による健全性の診断は、判定区分III、IVの割合が橋梁で10.1%、トンネルで42.5%となっており、トンネルは早期に措置が必要なインフラの割合が高くなっている。

図表6 平成26～29年度 橋梁・トンネルの判定区分の割合

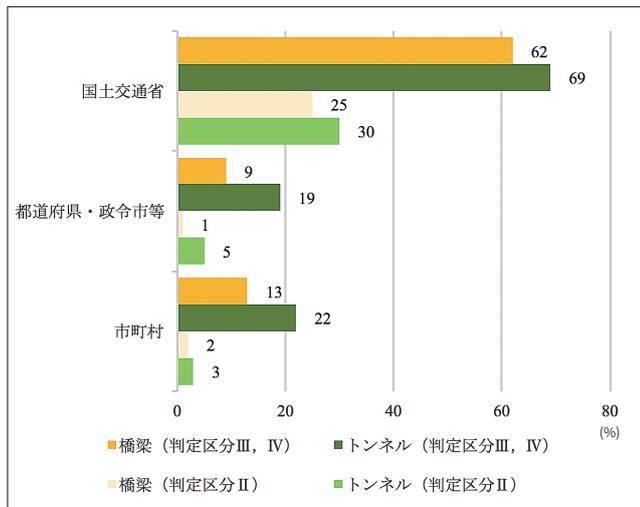


出典：「道路メンテナンス年報」（平成30年8月,国土交通省）より作成

点検後の修繕・措置の状況（平成26～28年度点検施設）をみると判定区分III、IVの修繕については国土交通省が管理する橋梁で62%着手、地方公共団体では9～13%着手と低い状況にある。トンネルも同様に、国土交通省が69%着手、地方公共団体は19～22%着手と低い。また、判定区分IIの修繕、いわゆる予防保全型の修繕は国土交通省で25～30%、地方公共団体は1～5%と進んでいないのが実態である。

定期点検までは一巡しつつあるが、地方公共団体では維持管理を行うための予算の確保や技術職員の不足により、機能・サービス水準・安全性を最低限維持確保するため、判定区分III、IVへの措置が優先され、判定区分IIを対象とした予防保全型の措置までには至っていない状況にある。

図表7 橋梁・トンネルの判定区分別の修繕着手率（平成26～28年度点検施設）



出典：「道路メンテナンス年報」（平成30年8月,国土交通省）より作成

インフラ維持管理におけるAIの活用

(1) メンテナンスサイクルからみた活用

○点検時における損傷箇所の抽出支援など作業効率化

インフラ維持管理でAIの活用が期待される範囲として、まずは、点検時における損傷箇所の抽出支援である。前述のように橋梁やトンネルの調査・点検では、点検員が橋梁やトンネルを近接目視し、必要に応じて触診・打音することにより、ひび割れやうき等の損傷箇所を抽出する必要がある。点検にあたって損傷が出やすいところなど点検すべきポイントがあり、点検員の専門知識や経験により行われているものの、その作業の負担は少なくない。

既に実用化されている部分もあるが、ロボット、ドローンや特殊車両で撮影した画像をAIにより判別し損傷箇所を抽出する手法があり、SIPインフラにおける研究開発でも散見された。画像判別により損傷箇所など注視して点検すべき箇所を1次スクリーニングすることで、時間・コストを低減できるほか、点検員等の作業負担軽減や、経験の浅い点検員等でも熟練者と同等に行えるようになる。ある研究開発では、AIの導入により作業時間は1/10になったとの報告もある。

さらに、図表5で示したように、ひび割れやうき等の損傷箇所は点検・診断結果として展開図等の調書として記録する必要があり、点検データをデジタル化することにより調書類の作成負担の軽減も図られる。

画像判別以外のAI活用としては、打音検査での利用がある。打音検査は、トンネルや橋脚等の表面のうき、剥離などが無いかハンマーでたたき、その音で判断するものである。叩いたときの音の違いでうき等の範囲を判断し、必要に応じてたたき落とす措置をとる。しかし、音の聞き分けやたたき方には経験・ノウハウが必要となることからAIを活用するものである。SIPインフラでは産業技術研究所がAI打音検査システムとして、計測ユニットをつけた点検ハンマーでたたきことにより、リアルタイムで打音の異常を検知し、点検作業員に知らせる技術を開発している。

○健全性の診断や措置時における判断支援

損傷箇所の確認後は、その損傷に対する健全性の診断が必要となる。判定区分の基準は損傷の種類によって異なり、例えば、トンネルにおけるひび割れの場合、ひび割れの進行の有無、ひび割れの幅や長さによって判定区分の目安を定めている。そのため、AIで自動的に判定区分しそれを点検員が確認する。また、損傷箇所の要因や最適な措置方法を、類似事例や過去の履歴などからAIが指南することも考えられる。

○余寿命予測など解析の高速・高度化

橋梁やトンネルがあと何年持つか、その余寿命が予測できると今後の予防保全にも活用でき、メンテナンスサイクルに加えてマネジメントサイクルにも寄与できる。SIPインフラでは、コンクリート床版裏面のひび割れからAIを活用してその余寿命の予測を高速化した技術が横浜国立大学前川宏一教授らによって開発されている。FEMを使った疲労解析は多くの手間と計算時間が数日間かかっていたが、数多くの床版のひび割れ図を学習データとして活用したAIモデルにより、瞬時に判断できるようになった。

(2) インフラの管理レベルからみた活用

国、地方公共団体が膨大なインフラを維持管理していくためには、全て同じレベルの維持管理が必要とされるのではなく、そのインフラの性質・重要性によって管理レベルが異なる。国や地域の骨格となる道路など高いレベルの管理が求められるインフラは、個別の状況に応じたデータ処理や分析にAIを活用した余寿命予測を行うことが考えられる。

一方、地方自治体などが管理する小規模インフラや健全性の高いインフラの場合は、損傷箇所のスクリーニングなど省人化にAIを活用することが期待される。

画像判別によるひび割れ等の抽出

前述のように、ひび割れ等の損傷箇所抽出及びその判定区分の推定に画像判別によるAIが活用されている。ひび割れの場合の判定区分の目安として、ひび割れ幅（3mm以上）や長さ（5m以上）が用いられることから、ロボット等で取得した画像からひび割れ等の損傷を抽出し、さらに何mm幅以上であるかを検知することが必要となる。

現時点での点検は人（技術者）による判断を正としていることから、AIで抽出されたひび割れの結果は人（熟練技術者）が行ったものとの高い一致率が求められる。ひび割れを網羅的にくまなく抽出、予防保全や事後保全の観点から措置が必要となるひび割れを見落とさないことが重要になる。

既に画像判別によるひび割れ抽出は橋梁、トンネルや路面性状などでも使われている。例えば、計測検査株式会社ではMIMMという特殊車両でトンネルを撮影し、その画像から、ひび割れの抽出にAIを活用している他、更なる精度向上にむけた開発が行われている。図表8はそのサンプルであり、ひび割れの幅別（0.3mm：緑、0.5mm：黄色、1.0mm：赤）に色分けされた図が自動作成される。正解図に対する一致率は8割程度と高い。

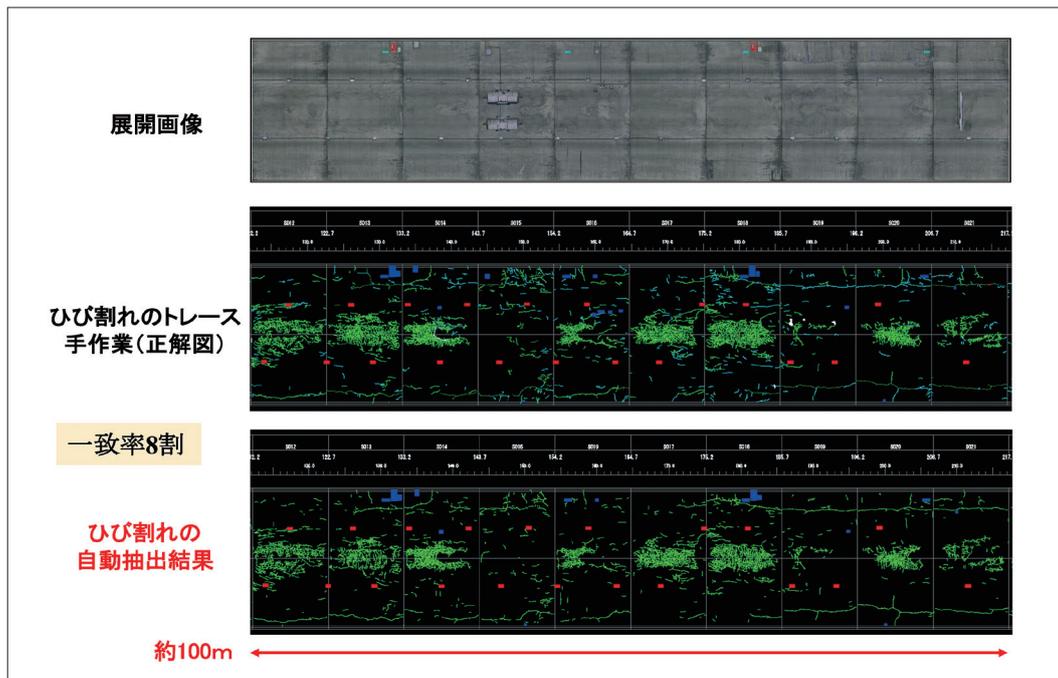
今後のインフラ維持管理における AI 活用

インフラの維持管理においてAIは、損傷箇所等を抽出・記録するなどの「技術者の作業」支援は一部実用化されている。将来的に画像判別による損傷抽出精度が十分に信頼性を得られるものとなれば、トンネル等の現場ではロボットや自動運転の車両が画像撮影を行い、技術者は1次スクリーニングとしての点検・診断をオフィスで行い、その後最終判断や現場で措置を行うなど、点検における体制や業務フローが大きく変わる可能性を秘めている。

さらに、損傷箇所の抽出だけでなく、損傷種類や要因の特定、措置方法の提示など「人の判断」を支援する活用が期待される。ただし、それを支える「教師データ」の構築が重要であり、今後の点検などで個々の管理者、事業者が蓄積するだけでなく、土木技術者の判断を公共財として流通させることが求められる。国土交通省では「AI開発支援プラットフォーム」を掲げて、橋梁やトンネルの点検にAIを活用するために必要となる教師データの提供やAIを評価するとしている。

また、インフラ維持管理におけるAIの活用は点検・診断等のメンテナンスサイクルに限るものではなく、今後は人口減少下の社会において、そもそも維持管理・更新すべきインフラであるか、余寿命予測も含むマネジメントサイクルでの活用も行っていくべきであろう。

図表8 AIを活用したトンネルのひび割れ自動抽出と手作業の例



資料提供：計測検査株式会社