

橋梁の点検・診断における効率化・信頼性向上

金澤文彦

1. はじめに

我が国の道路橋は、高度経済成長期以降急速に整備され、増大するストックの老朽化が懸念されるなか、平成19年には、国直轄管理の長大橋トラス部材が破断し重大事故に繋がりがねない損傷が発生し、米国では、ミネソタ州I-35W橋の崩壊など検査直後に事故が発生した。

こうした背景のなか、これまで行われてきた事後保全から予防保全に転換を図るべく、道路法一部改正等に基づき、平成26年度から、道路管理者に対し5年に一度の近接目視が義務付けられ来年度で一巡することになる。点検、診断、措置、記録というメンテナンスサイクルを確立することが求められているが、地方公共団体における点検、診断実務を行う専門技術者の不足、財源不足など様々な課題が明らかになってきた¹⁾。また、地方公共団体管理の橋梁では、点検結果をもとに老朽化に伴う交通規制を行う箇所も増加している。

一方で、点検・調査の効率化や信頼性向上、健全性についての合理的な評価や優先順位の付け方、不具合実態や現場条件に適合した補修補強方法など、現状では維持管理の実施に際して様々な技術的課題を抱えている。また、社会資本の多くは市町村が管理しており、求められるサービス水準に対応した維持管理手法が明らかになっておらず、実務上の課題となっている。

このため、土木研究所では第4期中長期計画(平成28~33年度)において研究開発プログラムの一つ「メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究」に取り組んでいる。本稿では、このうち橋梁について、その状態把握技術や、維持管理で深刻な問題となっている既設橋コンクリート部材の塩害と鋼部材の腐食劣化に対する耐荷性能評価手法に関する開発の動向、今後の点検・診断をより効率化するために活用が求められるAI(人工知能)技術の活用可能性を考察する。

2. 点検・診断技術の開発動向

2.1 状態把握技術の開発

RAIMS(モニタリングシステム技術研究組合)では、センサやICTを活用したモニタリング技術について、RC床板等の劣化を対象に実証実験を行い、センサから得られたデータの分析結果と損傷程度との関係をとらえ、健全性評価での活用の有効であるとしている。これらの実証結果を踏まえて、適用条件、活用方法を具体化して活用ガイドラインとして公表することとしている。

今後、現場で導入・普及を図るためには、様々な主体で開発されたモニタリング技術、非破壊検査技術の性能評価手法を開発することが課題である²⁾と考える。

2.2 耐荷性能評価手法の開発

コンクリート構造物に生じる劣化原因の中で、「塩害」は、コンクリート構造物の耐久性を低下させる要因の一つとして特に深刻である。土木研究所は、塩害により損傷を受けたPC桁橋の残存耐荷力を推定するため、簡易解析手法を適用した解析モデル化、PC桁橋の損傷程度に応じた耐荷力の評価手法を提案した²⁾。これにより、PC橋梁の維持管理において、補修・補強対策の要否、落橋等の重大損傷を未然に防ぐための安全性を判断するうえで一つの目安となり得ると考える。

鋼部材の腐食も、既設道路橋における主たる劣化・損傷であり維持管理における重要な課題となっている。土木研究所では、構造条件や損傷部材によっては、破断等の損傷が橋全体の致命的損傷につながる可能性があるトラス橋を対象として、部材及び橋全体系の破壊メカニズムや残存耐荷力の評価手法の検討を行っている。これまでに、トラス主構部材に関して、腐食による断面欠損量が圧縮耐荷力に及ぼす影響を示し、腐食状態を示す評価指標により、安全側となる耐荷力の概略推定について可能性を示した³⁾。

今後、耐荷性能評価手法について、橋梁条件を変えて検証ケースを増やしデータを蓄積・分析す

ることで再現性を高め、実務に使用できるよう研究を促進する必要があると考える。

3. 点検・診断におけるAIの活用可能性

AIは、これまでエキスパートシステム、ニューラルネットワーク、統計的機械学習から、深層学習（DNN）による画像認識へと飛躍的に性能を向上し、加速度的に発展している⁴⁾。

機械学習アルゴリズムの高度化により、画像認識のみならず音声認識、自然言語処理にもDNNが活用され、コンピューターとの自然な対話などが可能な状況に近づいてきている。特に医療分野では、大量の論文等の情報を記憶・分析し、最適な病名、薬剤、治療方針などの情報を提案できるコグニティブコンピューティング（自然言語を含むデータから推論を行い、対話により人間の意思決定支援を行う情報処理）に関する開発が進められている。また、ロボット分野においては、強化学習アルゴリズムを用いて、自力で学習を行い、自律的に制御を獲得するシステムの開発も進められている。

橋梁の点検・診断では、既設橋梁の状態把握を的確に、効率良く行うために、点検段階における近接目視の支援、損傷状態の判断、変状の経年変化の記録等について、更なる技術開発が求められている。また、5年に1回の点検データ等により変状の経年変化を正確に把握して、進行状況・予測を行うことが重要であることから、三次元データ等で比較する技術の開発も求められている。また、点検結果から得られる変状の原因を的確に判断するための診断ロジックの構築や共有化による診断技術の質の向上、診断結果をもとにした補修・補強方針の信頼性向上など様々な課題に対する技術開発も求められている。

目視点検については、人間の目により変状の抽出、分類を行っていることから、DNNによる画像認識との親和性が高いと考えられる。ひび割れ等の26変状、汚れ、水跡、コールドジョイント、修補跡等の重要な変状を記録に残し、経年変化を確認するうえで、カメラ等画像をもとにAIによる自動抽出・分類や、3次元モデルを活用して記録保存することは効率性、信頼性の面で有効であると考えられる。こうしたAIを開発するうえで重要

な役割を果たすのは、教師データ、評価データの作成である。AIの性能限界は学習に使用したデータにより決まることから、画像認識の認識性能を向上させるためには、専門技術者の知見、経験を活用して教師データ、評価データの量と質を確保することが重要である。

診断においては、点検調書、診断調書、橋梁基礎データ、交通量・気象等の環境情報等や構造解析を用いた健全性評価、診断技術者の暗黙知の言語化をもとに、変状と損傷との法則性、因果関係を統計的に仮説検証することにより、劣化要因の判断、最適な措置判断の支援に有効であると考えられる。こうした診断ロジックを共有化し、類似事例や参考論文等を検索可能とする意思決定支援システム（機械学習とコグニティブコンピューティングなどによるシステム）を構築することにより、信頼性の高い診断やシステムの活用を通じた診断士の育成にも役に立つと考える。

今後は、橋梁の点検・診断を実施している技術者やAI開発に関わる技術者、研究者等と連携体制を構築して、道路管理者のニーズを踏まえたうえで、メンテナンスサイクルにおける実装を目標に取り組む必要があると考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第61回基本政策部会配布資料、資料2 持続可能なメンテナンスの実現、2017.4.14
- 2) 石田雅博、宇佐美惣、大島義信、吉田英二：既設橋コンクリート部材の塩害と技術開発、土木技術資料、第58巻、第6号、pp.22～25、2016
- 3) 村越潤、田中良樹、高橋実：既設道路橋における鋼部材の腐食と技術開発、土木技術資料、第58巻、第6号、pp.12～15、2016
- 4) 多田智史、石井一夫：あたらしい人工知能の教科書、株式会社翔泳社、2017

金澤文彦



土木研究所橋梁構造研究グループ長
博（工）
Dr. Fumihiko KANAZAWA