

道路橋の診断における AI 技術の活用の検討

国立研究開発法人土木研究所	構造物メンテナンス研究センター	正会員	○廣江	亜紀子
国立研究開発法人土木研究所	構造物メンテナンス研究センター	正会員	澤田	守
国立研究開発法人土木研究所	構造物メンテナンス研究センター	正会員	石田	雅博
国立研究開発法人土木研究所	構造物メンテナンス研究センター	正会員	金澤	文彦

1. はじめに

平成 26 年より橋長 2.0m 以上の道路橋について 5 年に 1 回を基本とした近接目視点検が義務化され、全国 70 万橋の橋梁で点検・診断が実施された。診断に基づき維持修繕が進められることとなっているが、維持修繕費用は今後より一層の増加が予想され、適切な点検・診断をもとにした合理的なメンテナンスが求められる。その一方、橋梁についての専門知識を持った熟練技術者の減少などの問題も顕在化してきており、専門知識を十分有しない道路管理者への支援が必要となっている。そこで、加速度的に発展する AI 技術を活用して、メンテナンスサイクルにおける点検・診断を支援し、措置の信頼性向上に資する方法について検討を行った。

2. 橋梁診断における AI の活用方法

橋梁診断においては、診断結果を得た根拠を説明できることが AI の活用における前提条件と考えた。そのため、専門家の知識やノウハウを人手でルール化し、そのルールに従ってデータを処理するエキスパートシステムに着目することとした。エキスパートシステムに適用するために橋梁診断の流れをルール化するにあたっては、熟練技術者の知識・ノウハウを活用する。

さて、熟練技術者の診断では、まず橋梁諸元・各種履歴、点検調書、前回調書との比較をもとに緊急対策の必要性の判断を行い、現地調査の結果等も踏まえ、疑いのある損傷候補の抽出作業を行う。情報が不足する場合には、詳細調査を実施し、その結果をもとに損傷の特定、損傷の進行状態の推定を行い、措置方法の指示を含めた診断所見を示す。これら一連の流れについてはこれまで形式的に把握されておらず、各人の経験に基づいて診断が行われていた。そこで、熟練技術者の経験に基づいた暗黙知を形式化し、診断 AI システムの処理ルールを作成するため、橋に生じる可能性のあるすべての劣化・損傷について、①損傷の原因から崩壊に至る現象（損傷メカニズム）、②点検で着目する変状と検知方法及び詳細調査の活用方法、③損傷の進行程度と措置の判断の決め手となる情報、④措置方法と効果、これら①～④を診断セットと称し、整理することとした。整理にあたっては、熟練技術者への意見聴取を行うことにより、暗黙知の診断セットへの反映を図った。

3. RC 床版の診断セット案

診断セットは、部材ごと（RC 床版、PC 桁、鋼桁、支承、基礎、床版橋、鋼床版、橋台・橋脚、伸縮装置・排水装置など）、損傷ごと（疲労、土砂化、塩害（凍結防止剤、飛来塩、海砂由来）、凍害、ASR など）に作成を行うこととするが、ここでは診断セットの一例として RC 床版の診断セット案を紹介する。

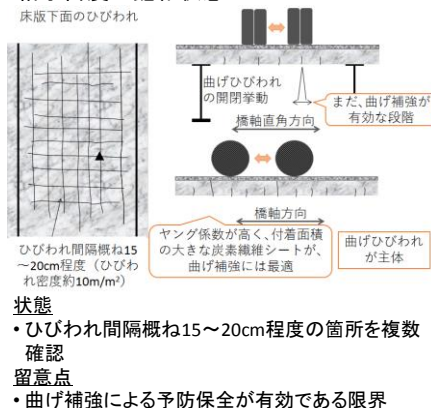
RC 床版の疲労の診断セット例の一部を図 1 に示す。図 1 はコンクリート打設から陥没までの疲労による損傷の進行過程を図示している。供用開始後に床版下面に輪荷重による橋軸方向のひび割れが発生し、更に輪荷重により橋軸直角方向にも曲げひび割れが発生、曲げひび割れが進展し複数の格子状のブロックを形成し、曲げひび割れが床版を貫通し角欠けが発生、輪荷重による押し抜きせん断により抜け落ちが発生し、橋の上下で第三者被害が発生する可能性のある状態となる。それぞれの段階において、ひび割れ幅やひび割れの間隔、床版下面での漏水や遊離石灰の有無などを、診断を行うにあたっての着目点として挙げることにより、現在橋梁がどの段階にあるかの判断を補助する。更に、曲げ補強による予防保全が有効である限界となり、それよりも進行するとせん断補強が必要となる目安として、ひびわれ間隔が概ね 15～20cm 程度の箇所を複数確認できる

キーワード AI, 橋梁点検, 診断, RC 床版

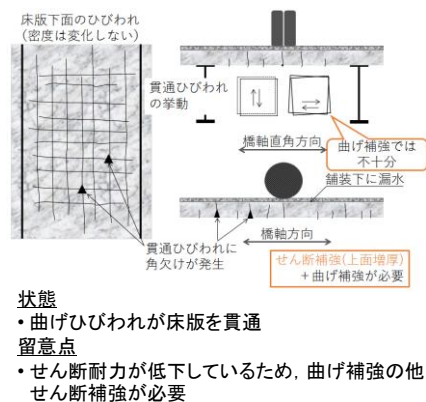
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

ようになることを示すなど、診断や措置の判断をするために点検において確認が必要な情報を具体的に提示している。また、RC 床版では、近年では床版の上面のコンクリートのモルタル分が抜け、骨材のみが残されたような状態になる土砂化（砂利化）の課題も顕在化してきている。土砂化の発生するメカニズムについては、未だ解明されていない部分が多いが、損傷メカニズムについて仮説をたて、診断セットの作成を進めている。

5. 格子密度が飽和状態



6. 貫通ひびわれの増加



7. 押し抜きせん断破壊(陥没)

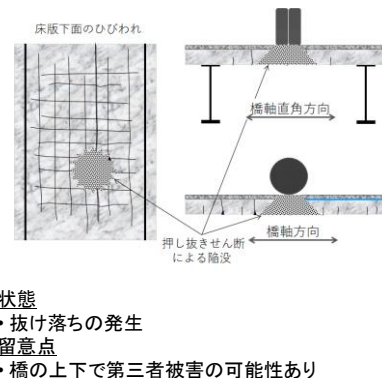


図1 RC 床版の診断セット例（疲労の損傷メカニズムから抜粋）

4. 診断AI システムプロトタイプ

診断セットを元に診断のフローを整理し、診断 AI システムのプロトタイプを構築する。システム処理の流れは、図2をイメージしている。橋梁台帳やカルテ、点検結果などの基礎データを取り込み、対象となる橋梁についてまず緊急対策の必要性を判断し、その後、診断セットに基づいて疑いのある損傷候補を複数抽出する。必要に応じて、システムが損傷を確定するための追加情報取得の必要性を提案し、管理者が詳細調査を実施する。ここまで得た情報をもとに損傷及び原因を特定するとともに、損傷の進行度（状態）やその後の損傷の進展を推定、措置方針を含めた診断結果を出力し、道路管理者の措置の実施内容をカルテに保存する。システムが提案する診断・措置方針は、診断セットに基づいているため、診断に至った過程の確認が可能である。そのため、経験の少ない作業者が点検・診断を行う場合にもこのシステムを使うことで、根拠に基づいた信頼性の高い診断が可能となると考える。

5. おわりに

本稿では検討中の診断セットについて、RC 床版の疲労を中心に紹介した。まずは特定の部材・損傷を対象にしたプロトタイプを構築し、現場での実証を行う。その結果を踏まえて、他の部材・損傷も含めたシステムに拡充して実証を更に進めて、診断AI のシステム要件や共通データ基盤を明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究は土木研究所と道路管理者、公的研究機関、民間企業からなる共同研究体で実施した。本稿で紹介した診断セットやプロトタイプの作成には、共同研究に参画している25者¹⁾の関係者の方々に協力いただいた。

参考資料

1) 国立研究開発法人土木研究所 平成30年11月30日記者発表資料「AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究を開始します～25者の共同研究者を決定しました～」

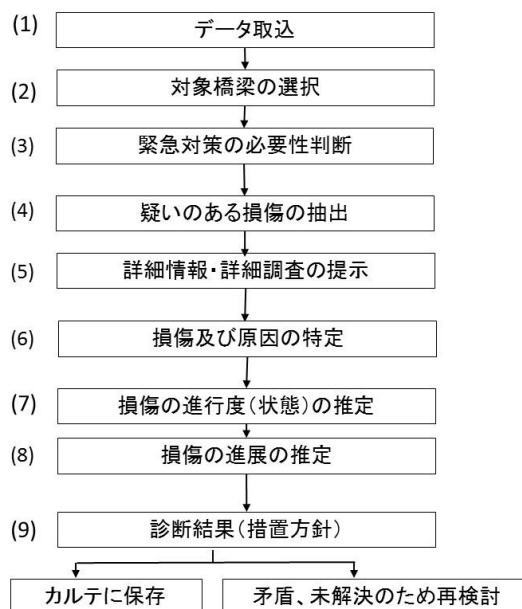


図2 診断AI のシステム処理の流れのイメージ