

図-2 熟練診断技術者の思考プロセス

とが重要である。また、損傷や原因を特定又は絞り込みを行った後に、メカニズムに対応した措置の方針を選択していくこととなる。点検要領において措置は、必要に応じて実施する調査結果に基づき、道路橋の機能や耐久性などの維持や回復を目的に、監視や対策を行うことを指す。本研究でも同じ意味で「措置」を用いているが、具体的措置内容を決定する前に、損傷の状況に応じた措置の方針を設定することにしている。措置の方針の種類及び定義を表-1に示す。この方針に基づき、架橋環境条件、交通規制などの施工が可能な時期や期間、それら条件から定まる施工等における制約条件等、各種の条件に基づき、効果が発揮される具体的な措置方法を選択していくことになり、このような論理的なプロセスで検討することが重要となる。

2.2 診断セット

メンテナンスサイクルを確実かつ円滑に実施していくためには、前述のとおり橋に生じる損傷のメカニズムを明らかにし、そのメカニズムに応じて、点検で何をどの精度で検知し、何を根拠に損傷や原因の特定等の診断を行い、どのような措置の方針とするべきかなど、一連で整理することが重要となる。著者らは、橋に生じる損傷のメカニズム・点検で取得すべき情報・詳細調査・診断の決め手となる情報・措置方針や工法例の一連のセット情報を「診断セット」と称して、この体系的な整理に着手している。診断セットを構成する項目の概要を表-2に示す。診断セットでは、措置方針や工法例についても整理しており、診断に必要な詳細調査では、措置方針などを示すために必

表-1 本システムにおける措置の方針の定義

措置の方針	定義
損傷なし	損傷がなく健全な状態であり、措置を行う必要はない。
早急な措置は不要	損傷ではあるが、早急な措置を行う必要はない。
長寿命化	損傷の原因除去や、完全な処置により元の状態に復帰させる。なお、損傷が生じていない段階で将来的に損傷となることが予想される場合に原因を除去することも含む。
延命	損傷の原因の完全な除去は難しく、補修などを行うことで損傷の進行をコントロールする。
危機管理	損傷進行の確実なコントロールができない状態で、モニタリング等を行いながら供用し、早期に対策する。
緊急措置	通行規制や緊急的な補修等を直ちに行う。

表-2 診断セットの構成

項目	内容
損傷メカニズム	何が原因で、損傷がどのように進行し、最終的にどうなるのか図とともに解説した情報
点検における着目点	損傷の進行過程を特定するために必要な点検で着目する変状とその検知方法
診断に必要な詳細調査	損傷及び原因の特定、損傷の進行程度及び措置方針の判断に必要な詳細調査
診断の決め手となる情報	損傷及び原因の特定、損傷の進行程度及び措置方針の判断の決め手となる情報
措置の方針	長寿命化、延命、危機管理、緊急措置等の区分
工法例	措置の方針に応じた対策の例

表-3 診断AIシステムの対象

対象部材	損傷種類
床版橋、橋台、橋脚、基礎、 支承、伸縮装置、排水装置、 RC床版 (鋼トラス、鋼桁、RC桁、PC桁は R3年度に追加予定部材)	塩害、ASR、凍害 土砂化、腐食、疲労等

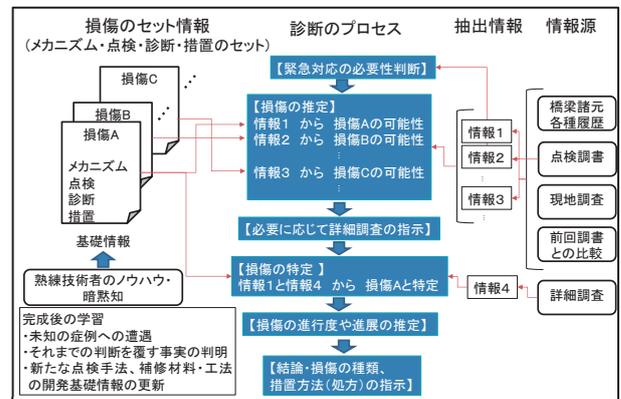


図-3 診断AIシステムにおける処理の流れの概要

要な調査も含めている。

AIに学習させるために、橋に生じるすべての損傷・劣化メカニズムを整理する必要があるが、説明ができていない場合にはデータから仮説を立て、診断セットとしてまとめている。整理に当たっては、AI共同研究に参加する複数の熟練技術者と議論を行い、構造形式毎に生じやすい変状等の経験に基づく暗黙知も含め診断セットに反映を図っている。

R3年度中には、表-3に示す部材および損傷種類の診断セットを作成し、システム実装ができる

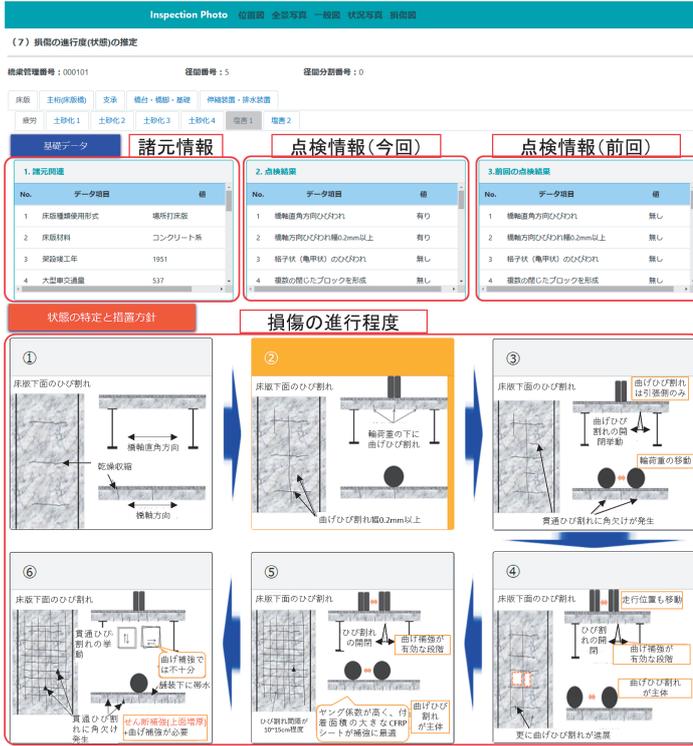


図-4 損傷進行度推定画面の例

見込みである。

3. 橋梁診断AIシステムの開発

3.1 橋梁診断AIシステムの概要

診断AIシステムは、診断結果の理由を第三者に説明可能なものとするために、診断セットをもとに診断のフローチャートを作成し、処理フローに沿って入力情報を処理するエキスパートシステムとした。現在はRC床版及び床版橋に対応している。システム処理の流れを図-3に示す。台帳データ（橋梁形式、供用年、設計基準、交通量等）、今回の点検データ（所見、損傷が疑われる部材、部位、変状等）、カルテデータ（前回までの所見、補修履歴等）などの情報からデータを入力し、床版の抜落ち等直ちに措置が必要な変状の有無などから緊急対策の必要性を判断したのち、疑いのある損傷候補を複数抽出する。そして、システムが損傷や損傷の進行程度等を確定するための追加情報取得の必要性を提案し、必要に応じて管理者が詳細調査を実施する。ここまでで得られ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）の推定及び損傷の進展性の推定を行った後、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。これら処理の分岐条件は診断セットが基となっている。



図-5 診断結果出力画面の例

供用中の道路橋に生じる損傷や影響因子、さらには変状の種類やパターンは多岐にわたり、生じる症例の全てを網羅することは難しい。本研究では、多く発生が報告されている症例から順にシステムに取り込んでおり、システムで対応できないものも存在する。システムは、一般的な症例に対する案を提示し、また、不明なものは不明と提示する。システムは技術的に望ましいと考えられる措置方針等の案を示すが、最終的には道路管理者が判断するという使い方を想定している。図-4、図-5に診断AIシステムの画面の例を示す。このシステムが提案する診断・措置方針の中では、診断セットに示す損傷及び原因ごとの状態の進行過程を図解したものや、損傷及び原因の特定の根拠についても提示されるため、システム利用者は診断に至った理由を把握することが可能である。診断AIシステムは、点検結果等を基に事務所で使用することを想定して構築していたが、地方公共団体では点検業務と診断業務が同時に実施されるため、令和2年度は、タブレット型診断AIシステムを現場に持ち込み、現場でタブレットに表示される項目を確認しながら入力できるよう改良を行った。

3.2 現場検証

作成したタブレット型診断AIシステムについて、その実用性を確認することを目的として、RC床版及び床版橋を対象に現場検証を行った。対象橋梁は、茨城県及び東北地方整備局が管理する橋のうち、検証対象の部材に損傷が生じている橋梁を選定した。RC床版の現場検証の状況を写真-1に示す。検証は診断AIシステムによる診断

結果をシステム構築のベースとなった共同研究に参加する熟練診断技術者による現地での診断結果と比較することにより行った。熟練診断技術者は、諸元情報及び目視で得られる床版ひび割れ等の情報から「疲労」または「土砂化」の可能性があるとし、予防保全として床版防水の措置が必要と診断した。一方、診断AIシステムでは「土砂化」の可能性を提示し、これに対する措置として床版防水の設置を提示した。このように、今回検証したケースでは、システムが出力する診断結果が熟練診断技術者による診断と概ね一致することを確認できた。

また、診断結果の説明性や診断システムの使用性についても併せて検証した。その結果、道路管理者からは、診断結果や措置方針などが具体的に表示されるので第三者に対して説明しやすい等の意見が得られ、説明性の部分については概ね良好な評価であった。一方で、診断AIシステムの使用性については、変状位置の記録ができた方が良く、経験がないと適切な入力が難しい、入力項目が多い等の意見が寄せられた。これらの意見を踏まえ、変状情報に位置情報を紐付けて保存したり、入力項目を補足する文章や写真を付記したりするなどの改良を今後進めていきたいと考えている。また、点検作業の省力化の観点から、本号の特集報文で紹介されているような画像から変状を抽出する技術等の活用も検討する予定である。

3.3 今後の開発予定

令和3年度中に、橋種の9割を対象とする診断AIシステム（Ver.1.0）を構築し、R4年度から本格的に試用を行い、実運用に向けた課題を見つけて改良を進め、令和6年度からの実展開を目標に開発する予定である。



写真-1 RC床板の検証状況

4. まとめ

維持管理における診断では、診断結果に至った具体的な説明が求められることから、エキスパートシステムを採用し、熟練診断技術者の診断における知識や思考方法をフローチャート化した診断のロジックを順次作成をしている。現段階では、対応可能な症例は限定され、処理フローの修正が必要な場合も想定される。今後、熟練診断技術者の診断と併用することも含めて随時検証を行い、知見を蓄積するとともに、現在進めている予防保全に資する各種の研究成果等を反映し、現場実務を支援していきたいと考えている。

謝 辞

本研究は、「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」の取り組みの一つである。また、現場実証にあたっては、茨城県土木部道路維持課及び東北地方整備局の方々にご協力いただいた。関係各位に感謝する。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路メンテナンス年報、pp.44～45、2020.9
- 2) 道路橋定期点検要領：国土交通省道路局、2019.2

澤田 守



土木研究所構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造研究グループ
上席研究員（特命事項
担当）
SAWADA Mamoru

江口康平



土木研究所構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造研究グループ
研究員、博士（工学）
Dr. EGUCHI Kohei

石田雅博



土木研究所構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造研究グループ
上席研究員
ISHIDA Masahiro