

基調講演

AI に RC 床版のメンテナンスを教えよう

国立研究開発法人土木研究所
理事長 西川和廣



1. AI の導入の必要性

インフラメンテナンスへの AI 導入の必要性については改めて説明する必要はないだろう。曰く、莫大な予算がかかる、技術者、技術力が足りない、若年技術者の減少と技術の継承が困難である等、課題ならば即座に列挙することができる。そして、以上を解決するための有力な手段として人工知能 AI の活用が期待されているのはご承知の通りである。しかし、橋の損傷・劣化には設計、材料、施工、供用環境など、きわめて多くの要因が関係しており、流行のディープラーニングやビッグデータ解析だけから判断できることは限定的である。橋の供用期間は数十年以上となるのが普通であるが、経年劣化・損傷を AI まかせて評価・診断し、かつ責任を持てる対処方法を示すことができるのかと問われれば、否定的にならざるを得ない。

このように実現が困難である理由はいくらでも挙げることはできるのだが、冒頭に述べた必要性にはきわめて重い意味がある。遠い道ではあるかもしれないが、速やかに取り組む責任があるのではないか。これが橋のメンテナンスサイクルへの AI 技術の導入を決意した動機である。

土木研究所では、AI を含めた ICT に関する技術力の補完と、アイデアの結集を図るため、このたび公募による 25 者からなる共同研究を始めたところである。おそらく最初に取りかかることになるであろう、RC 床版の点検と診断を対象に、現時点での構想を中心に述べることにしたい。研究を進める中で、全く異なる展開になる可能性のあることをお断りしておきたい。

2. 土木研究所が取り組む理由

土木研究所が取り組むプロジェクトでは、2つの AI、すなわち点検 AI と診断 AI が中心となると考えている。点検 AI については、精度面での信頼性と、生産性すなわち効率にすぐれた技術を選べば良いが、診断 AI については、その結果について責任が伴うことから、ベースとなる教師データに相当するものにはしかるべきクレジットが必要になる。できれば国の、そうでなくても土木研究所が保証したものでなければ、使われないであろうと考える。さらに、教師データは、技術の進歩や新たな損傷形態の出現があれば、速やかにアップデートしなければならず、それを可能とする運営がなされなければならない。こうした機能を継続的に維持して行くには、永続性のある公的な組織が関わるのが不可欠である。これが、土木研究所で取り組まなければならないと考えた最大の理由である。

3. AIを導入するためにしなければならないこと

ものを教えるからには、まず教えることについて十分な知識が必要であることは当然であるが、講義の準備をするように、教える内容をあらかじめ整理し、生徒が理解できるようにしておかなければならない。

メンテナンスサイクルへのAIの導入を考えるに当たり、最初に描いたのが図-1である。メンテナンスサイクルには4つのプロセスが設定されているが、それぞれどのような目的をもっているのかについての十分な理解がなければならない。

図では、点検、診断、措置、記録のそれぞれに対し、ごく短い言葉でその目的を表現した。点検の目的は適切な診断を行うためであり、診断は適切な措置方法を示すために行われる。さらに措置のプロセスではリスクを軽減するための補修・補強や通行規制などを行うことになるが、その後の管理のために記録を残さなければならない。そして記録は5年後の次回点検での比較を行うことが目的である。

この様に書いてみると、それぞれのプロセスは、次のプロセスを円滑、適切に進めることが目的になっているのがわかる。したがって、それぞれのプロセスに求められる情報の種類や精度、いわゆるリクワイアメントについては、次に行われるプロセスからの要求で決定されることになる。

4. メンテナンスサイクル AIに必要な技術の全体像

図-2は、図-1にメンテナンスサイクルに関連して必要となる技術を、これから開発が必要となることを含めて書き入れ、見取り図としたものである。

例えば、点検AIでは、使用するAI、画像採取、分析、調書作成技術のほか、画像採取に必要なUAVなどの移動手段(AI Vehicle)も必要になる。さらに、外観からだけでは検知できない損傷やその兆候を検知するための技術、例えば電磁波レ

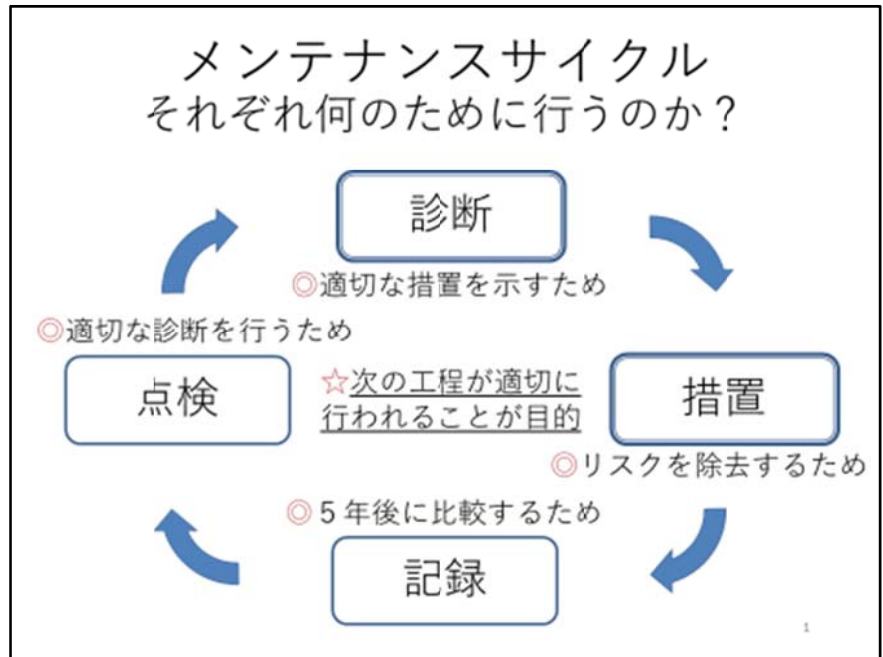


図-1 メンテナンスサイクル各プロセスの目的

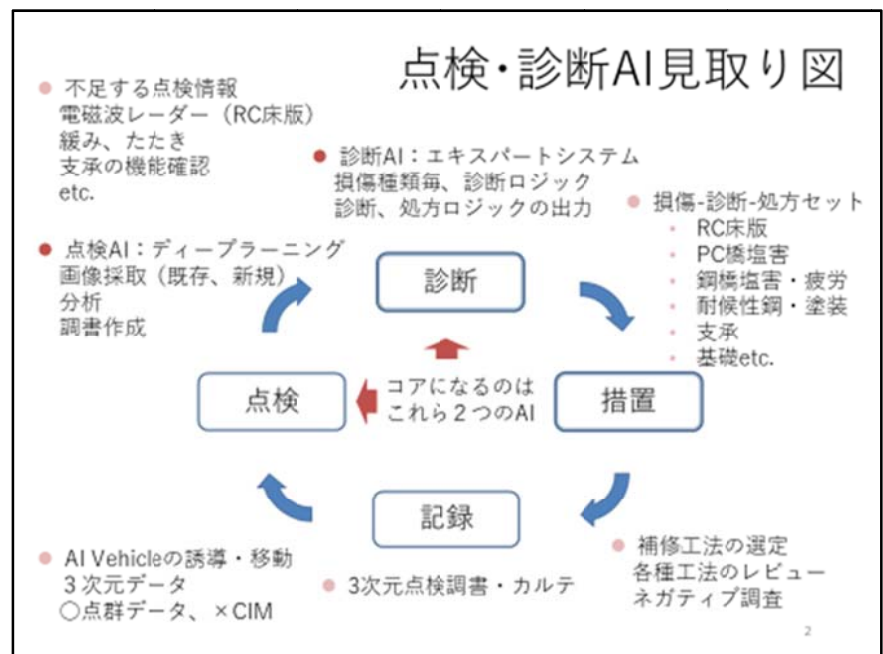


図-2 メンテナンスサイクル AIに必要な技術の全体像

ーダーによる漏水・滞水の探査などの技術も必要となるであろう。

図を見ると、診断 AI がメンテナンスサイクル全体の中心をなすことがわかる。診断者は、点検において得られる情報から補修工法の効果に至るまで、一連の知見を有していなければならないが、ここでは「損傷メカニズム－点検－診断－措置のセット」と表現した。これについては追って詳述する。

このほかにも、既存の補修工法の効果や施工条件などについてのレビューが必要であり、さらにそれらの情報を次回点検以降に伝える点検調書のあり方についても検討が必要になる。サイクルを通じての生産性向上に資する、3次元データを念頭に置いた調書のあり方についても、いずれ検討が必要になるだろう。言い換えれば、AI 導入をきっかけに、橋の維持管理すべてについて総ざらいすることに他ならない。

5. 点検 AI と診断 AI、どの AI を使うのか

AI といっても様々な種類が有り、専門家でない筆者には正確な分類は出来ないが、ある解説書によれば、以下のタイプが御三家とされているようである。

- ニューラルネットワーク（ディープラーニング）・・・画像、音声の分類が得意
- 遺伝的アルゴリズム（GA）・・・膨大な組み合わせから最適解を得る
- エキスパートシステム・・・人が教えた範囲で働く、暗黙知の継承に期待

点検 AI では、損傷の兆候を見逃さないことが最も重要であり、入力として画像データが想定されることからディープラーニングが最適と考えるが、責任を伴う診断 AI の場合、結論に至った論理の出力が不可欠であり、一方で人の能力を超える必要は無い（あっても信用されない）。したがって、医師も補助として使用しているエキスパートシステムが最適と考えている。これは同時に熟練技術者の技術を継承するのに最適である。エキスパートシステムは一代前に一度挫折した AI として知られているが、現在のコンピュータの能力ならば、十分活用できるものと期待している。

6. 損傷メカニズム－点検－診断－措置のセット

診断がメンテナンスサイクルの中心にあると述べたが、診断の責任者は、点検において得られる諸情報の意味を理解し、必要とあれば詳細点検を指示し、その他の諸情報とともに検討して損傷の種類と原因を特定し、適切な措置の方法について判断を示さなければならない。それには、点検時にどんな変状が観察されるのか、それが損傷の進行においてどの段階にあることを示すのか、どの段階ならば簡単に治療可能で、どの状態になると手遅れとなるのか、また、それぞれどのような効果的な補修工法があるのかについて、損傷の種類毎に熟知していなければならない。さらに管理者を説得して適切な時期に措置を実施させなければならない。このことについて、図-2 の中にも損傷メカニズム－点検－診断－措置のセットという表現で書き入れた。

これまでに多くの調査・研究がなされていると言っても、必ずしも「すべて」という状況には至っているとは考えられない。とくに損傷のメカニズムについて完全に解明することは、困難で時間もかかり、そこまで期待するのは必ずしも現実的ではないが、この点については、ほとんどの技術者から支持され、矛盾のない「仮説」が構築できれば十分に用をなすことも事実である。今後、最低限 AI を駆動するのに必要なレベルにまで、速やかに必要な調査・研究を進め、空白部分を埋める必要がある。ただし、それにはその後、より信頼に足る事実が示された場合には、速やかに修正されることが前提である。

7. AI に教える RC 床版の損傷

RC 床版の損傷といえば、これまでは疲労損傷が主体だったが、輪荷重試験機の普及によって、そのメカニズムの解明は進み、設計法の改定や補強工法の開発もほぼ完成域にある。対象とする損傷が疲労だ

けであれば、従来からの床版下面のひび割れパターンをモニタリングすることで、点検、診断、措置のいずれに対しても判断が可能である。

しかし現在、RC床版の損傷は多様化しており、少なくとも4種類の損傷は考慮する必要がある。疲労、土砂化（砂利化）、塩害およびASRである。現在、損傷の中心は疲労から土砂化に移行しているといっているが、その中でも低温が主体である場合と輪荷重の影響が主体である場合では微妙にメカニズムが異なり、塩素イオンなどの存在でも変わってくるなど、点検、診断いずれについても慎重な検討が必要である。

また塩害には、凍結防止剤を含む路面からの漏水が主な要因であるが、海からの飛来塩分、洗浄が不十分な海砂の使用が原因となっているケースもある。また、ASRのメカニズムについては未解明な点が多く、現在、その解明のための研究が盛んに行われている。

この様に損傷メカニズムは多様であるが、凍結防止剤による塩害とASRについては、土砂化と同様路面側から供給される水の関与が必須であることが共通しており、早期に漏水を遮断することが損傷に対する効果的な予防保全対策になることから、漏水に注目した点検、診断方法を、従来の床版下面のひび割れに注目した方法に加えて行うことが必要ではないかと考えている。

現在、UAV等に搭載した高精度カメラにより取得した画像処理の開発が盛んに行われている。疲労損傷に限れば、点検AIとして、損傷の兆候をもれなく検知するスクリーニング技術として活用が期待され、コンクリートのひび割れなどの変化を5年前のデータと比較できるようになれば、診断への有力な情報として活用できる。路面からの漏水に起因する損傷に対しては、電磁波レーダーによる舗装下の水の面的な探査が簡易な手法が開発されれば、5年毎の定期点検時において強力な武器になろう。さらに、取得データの分析で、滞水の深さまで知ることができれば、診断と措置方法の選択に対しても大きな助けになる。このことから、前述の共同研究では、電磁波レーダーによる水の探査を研究の1項目として加えている。

8. ビッグデータが生成されるのはこれから

AIブームには大きな勘違いが存在していて、それは組織の上層部に多い。なにかビッグデータなるものがどこかにあって、AIという機械にそれを分析させると、なにか大きな利益をもたらしてくれるという根拠のない期待だ。実は「なにか」がくせもので、新技術の導入では、何を目的とするのか、したいことをあらかじめ明確に決めた上で、それが最適な技術である稼働かを判断しなければならないし、データについても使いものになるかどうかの見極めも重要である。有効活用可能なビッグデータが蓄積されるのは、バラツキの原因となる人為的な操作が入らない定期点検データが、AIによって生成されるようになるこれからであると考えているのであるが、いかがだろうか。

維持管理には限らないが、AIなど先端技術の導入はそれ自体が目的ではなく、強力な手段の一つであることを忘れずに取り組むことが肝要だと考えている。

参考文献

- 1) 三宅陽一郎、森川幸人：絵でわかる人工知能、サイエンス・アイ新書、2016.9
- 2) 西川和廣：道路橋メンテナンスサイクルへのAI導入に関する一考察、土木学会年次学術講演会、2018.8