

AIを活用した小規模橋梁点検の実証実験について

七尾市役所建設部土木課
(株)日本海コンサルタント

近年、橋梁の老朽化等に伴い、定期点検や計画的修繕費用の増加が課題となっており、七尾市では管理橋梁の安全管理とコスト縮減の両立を目的に、小規模橋梁を対象にして AI を活用した橋梁診断支援システムの実証実験・本格運用を行った経緯を紹介します。

1. はじめに

平成 26 年度の道路法施行規則の一部改正により、橋梁等の施設について 5 年に 1 回の定期点検が義務付けられ、七尾市では令和 2 年度現在、455 橋を定期点検しながら、管理しています。管理橋梁のうち、架設後 50 年を超す高齢化橋梁（図 1）は現在 103 橋（全体の 23%）ですが、20 年後には 355 橋（全体の 78%）と橋梁の急速な高齢化が待ち構えている状況の中、橋梁の管理費用では、点検費の占める割合が大きく、補修の予算を十分に確保しづらい状況となっています。そのため、限られた予算の中で、補修費用などを少しでも確保するために、点検等の出来るところのコストの縮減や省力化、効率化の必要性を感じ、橋梁点検方法に関する検討を令和元年度に行いました。検討では、点検・長寿命化計画を受注している(株)日本海コンサルタントが、国土交通省研究開発助成制度により研究・開発していた AI 橋梁診断支援システム（図 2）活用の提案があり、システム開発の産学官委員会の検討の中で、橋梁診断の精度（正答率）が劣化要因 90.8%、健全度 84.4% と、実用に十分な精度があることを聞き、このシステムで実証実験してみました。また、このシステムは、どの自治体、コンサルタントでも定額で利用可能であったことも、実験実施を決めた一因です。今回は、市の管理橋梁の 50% 以上を占める 5m 未満の小規模橋梁について AI を活用した点検で、作業の省力化やコスト縮減、判定のバラツキや劣化の見落とし防止等の効果が期待できると考え、チャレンジしたもので、この取り組みは、令和 2 年度のインフラメンテナンス大賞の優秀賞を頂きました。本稿では、本市が行った取り組みについて紹介します。

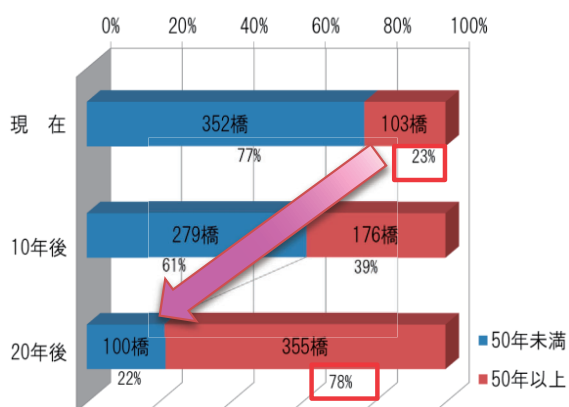


図1 橋齢50年以上の橋梁数の推移（七尾市管理）

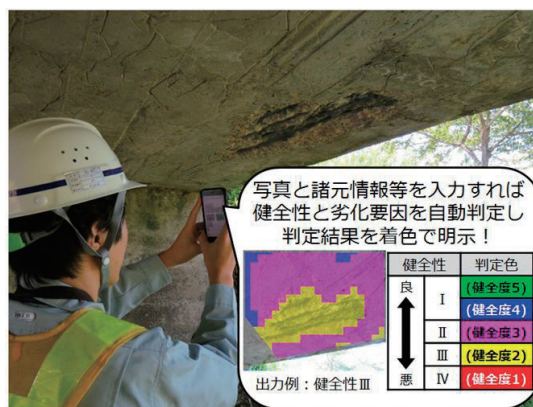


図2 AI橋梁簡易点検のイメージ

2. 七尾市における橋梁・維持管理の現状

七尾市の橋梁の特徴として、橋長が5m未満の橋が224橋と約50%であり（図3）、橋梁形式ではPC橋・RC橋・鋼橋・ボックスカルバート等と様々ですが、RC床版橋やボックスカルバートといった形式が296橋（約65%）となっています（図4・図5）。

七尾市では、これまで、従来通りの近接目視点検を実施し（図6）、道路橋定期点検要領（国土交通省）及び道路橋に関する基礎データ収集要領（案）（国土技術政策総合研究所）に基づき、いしかわ橋梁データベースシステムにデータを蓄積してきました。

令和元年度までの点検の結果、比較的健全である健全性Ⅰ及びⅡが424橋（93.2%）、健全性Ⅲが30橋（6.6%）、健全性Ⅳが1橋（0.2%）と比較的健全な橋梁が多いことが確認されました（図7）。健全性Ⅲ・Ⅳの31橋の補修が必要な橋梁は、令和元年度に策定した長寿命化修繕計画に基づき、補修工事（例：図8）を実施しています。計画的に補修工事を進め、今後増大する補修費用を抑えるために、予防保全にも着手するためには、少しでも財源の確保が必要な状況でした。

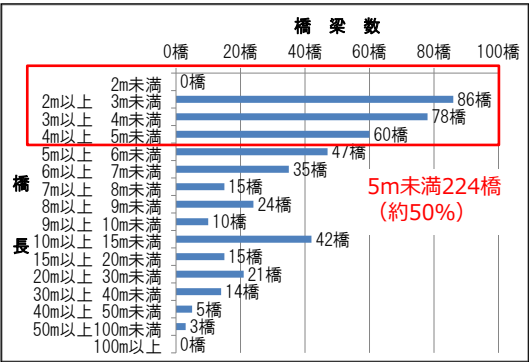


図3 橋長ごとの橋梁数

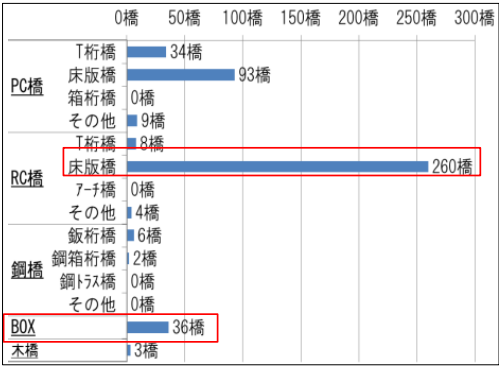


図4 橋種ごとの橋梁数



図5 橋梁の例



図6 橋梁点検風景

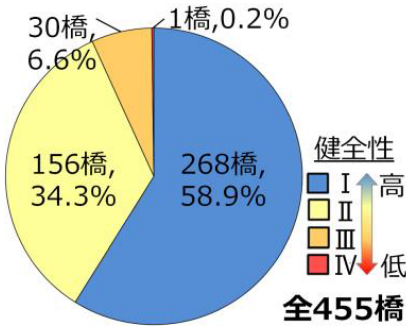


図7 健全性ごとの橋梁数



図8 橋梁主桁の補修工事の例

3. AI 橋梁診断支援システムの概要

AI（Artificial intelligence、人工知能）とは、人間の知能を計算機等に機械化する技術で、1900年代後半から研究・開発が進み、近年の人工知能ブームは、主にディープラーニング（ニューラルネットワークの一種）という計算手法による画像認識技術の発展によるもので、様々なAIが各分野で開発されています。その中で、橋梁点検を支援するAIである、AI橋梁診断支援システム（Dr.Bridge[®]）と出会い、導入の可能性を検討しました。本システムの概要を表1に、計算モデルのイメージを図9に示します。このシステムは、ディープラーニングを使用しており、橋梁のコンクリート部材の写真及び諸元情報等から劣化要

因と健全性を自動で判定できるもので、入力情報をもとに道路橋定期点検要領の様式を出力することができるというポイントもあります。

表 1 AI 橋梁診断支援システム (Dr.Bridge[®]) の概要

種 類	・クラウド型システム
開発体制	・株式会社日本海コンサルタント ※共同開発：日本ユニシス 株式会社、共同研究：金沢大学近田研究室
適用範囲	・対 象：橋梁コンクリート部材 ・健 全 度：5 区分 (5 (健全)・4・3・2・1 (不健全)) ※健全性との対応表有 ・劣化要因：7 区分 (ASR、塩害、中性化、凍害、収縮系・疲労、豆板系・健全部)
	・調書：道路橋定期点検要領 様式 (対象：コンクリート橋・鋼橋)
助成金等	・国土交通省 H29・30 建設技術研究開発助成制度 ・石川県産業創出支援機構 (2019 事業化促進支援事業)
入力データ	・入力データ：写真 + 諸元情報 + 損傷情報 ※諸元情報：地域情報 (塩害地域等)、部材情報 (主桁、下部工等)、材料情報 (RC 等) 損傷情報：ひび割れ幅、断面欠損有無等
適用範囲	・写真条件：撮影距離 0.5 ～ 3.0m, 解像度 400 × 300～1200 × 900pixel 以上 ・詳細事項：人が写真から診断できる写真。適用条件は教師データに依存

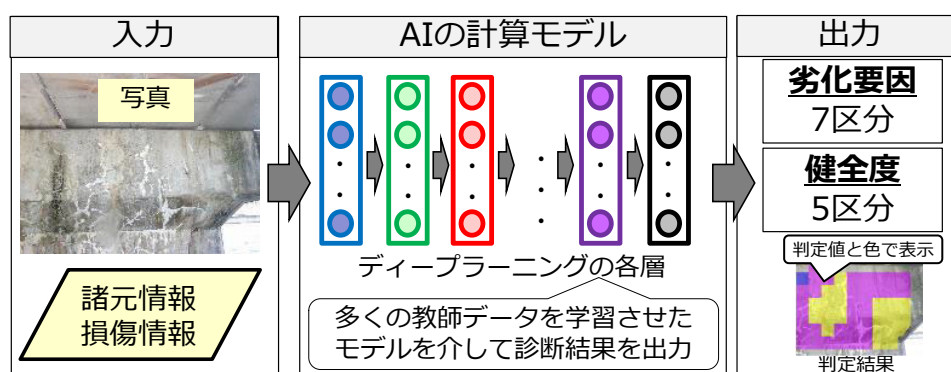


図 9 本システムの計算モデルのイメージ

AI を活用した橋梁点検のイメージを図 10 に示します。従来の橋梁点検業務では、現場で点検した後に室内でデータ整理し、技術者が診断し、調書作成をしています。この AI システムを活用した場合は、現場で撮影した写真をシステムに入力すれば診断結果が自動で算出されるとともに、点検調書も自動で作成でき、作業時間の短縮効果があります。

また、診断結果は、健全度と劣化要因が現場で即時確認可能で、例えば健全度であれば、画像に健全度 (1 ～ 5) の範囲が着色して明示されます。

このように、AI システムを活用することで、調書の自動作成等の省力化・省人化（作業省略・手戻り防止等）や、単純ミスや見落しの防止、個人差等による診断結果のばらつき防止抑制等の効果（図 11）により、現場や会社内での点検に関係する作業の省力化や作業時間短縮、品質向上といった効果が期待できると共に、コスト縮減にも効果が期待できます。

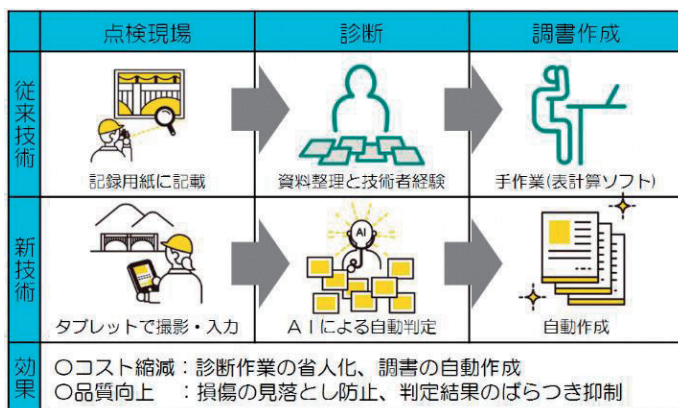


図 10 従来技術と新技術の比較イメージ

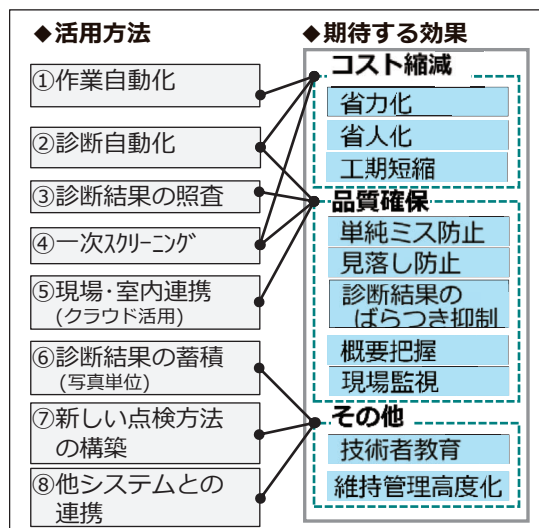


図 11 システムの活用方法と期待する効果

4. 小規模橋梁を対象とした AI 簡易点検に関する実証実験

4.1. AI 簡易点検の導入検討

平成 31 年 2 月に「道路橋定期点検要領（国土交通省道路局）」が改定され、合わせて「特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料（以下、特定溝橋の参考資料）」が発行されました。この参考資料には、特定の条件を満足する溝橋といった単純構造かつ第三者被害が懸念されないといったリスクの低い橋に関する点検の省力化について示されています。七尾市では、これらの資料を参考に、点検の効率化、コストを縮減することを念頭として管理する橋梁数が多い小規模橋梁をターゲットに点検方法を検討しました。

本市では、従来は全ての橋梁について基礎データ収集要領による詳細な点検を実施していましたが、小規模かつ第三者被害が懸念されない橋といった特定の条件の橋梁について道路橋定期点検要領の様式を主体とした点検仕様に変更することで、調書枚数を 10 枚程度から 2 枚程度、部材種類を 10 区分程度から 6 区分程度に縮減することにしました。さらに、AI 橋梁診断支援システムを活用した簡易点検（以下、AI 簡易点検）することで、コスト縮減と品質確保（見落とし防止等）を図ることができると考えました。新たな橋梁点検手法による費用を試算したところ（図 12）、現地点検や調書作成作業の労務費低減により、従来の橋梁点検業務費用に対して約 35% 低減することが出来るのではないかと考え、実験しました。

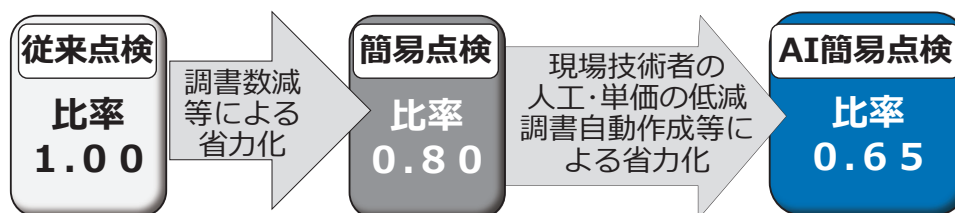


図 12 従来点検と簡易点検・AI 簡易点検のコスト比率（想定）

AI 簡易点検の導入するにあたり、懸念事項と対策方針を表 2 に示します。新技術を導入した際に、大きな問題が生じないか確認することがもっとも重要で、点検の対象橋梁は、「特定溝橋の参考資料」を参考に、構造形式や橋長規模、第三者被害の可能性の他、急激な劣化の可能性が低いと考えられる比較的健全な橋（補修済除く）を選定しました。また、AI 点検は、人に代わって、すべてを判定出来るような 100% の精度はまだないので、小規模橋梁であっても、初回点検では、AI を使わず、従来の点

検で初期データを整理し、2回目以降に導入することにした。

他にも、各種リスクから詳細点検を実施すべきと考えられた橋等、柔軟に詳細点検に移行できる仕組みとしました。そのような方針とし、AI簡易点検で使用するAI橋梁診断支援システムについて、本市の橋梁においても期待する精度があるか、実証実験を行いました。

表2 AI簡易点検時の主な懸念事項と対策方針

	懸念事項	対策方針
1	事故等が生じた場合の責任 (現状、AIが責任を負えない)	・AIの用途は、あくまで支援(省力化・省人化、損傷の見落とし防止等)とし、最終的な診断結果は、点検責任者(人)によることとした。
2	成果の一部省略(損傷図等)によって懸念される維持管理上の支障 (重要な損傷の見落とし、診断結果のばらつき)	・簡易点検の仕様で必要最低限の要求性能を満足できると考えた特定の橋梁(表3)に限定した。 ・AIを導入し、コスト縮減の他、損傷の見落とし防止や診断結果のばらつき等への対策とした。
3	維持管理の仕組みの持続性確保 (定期的実施される点検・長寿命化計画の方針の明確化、自治体職員の異動時における引継ぎ等への配慮)	・維持管理の仕組みを持続することを目的に七尾市独自の橋梁維持管理マニュアルを制定した。 (詳細点検・簡易点検の方法、長寿命化修繕計画や措置の基本方針等) ・点検業務の特記仕様書や設計書を整備した。

表3 簡易点検と詳細点検の対象橋梁の区分

簡易点検	詳細点検(従来点検)
以下の全てに該当する橋 ・溝橋(BOXカルバート)またはRC床版橋(単純構造形式) ・橋長5m未満(橋長規模が小さい橋) ・河川橋(桁下の第三者被害の可能性が無い橋) ・健全性ⅠまたはⅡの橋(健全性が高い橋、補修済除く) ・2回目以降の点検	以下のいずれかに該当する橋 ・簡易点検以外の橋 ・各種リスクから詳細点検を実施すべきと考えられた橋

4.2. 実証実験

(1) 実証実験の方法

実証実験は、本市が管理する多様な環境のRC床版橋(11橋、表4・図13)を対象とし、現地で橋梁の主桁・下部工(22部材)を撮影し、その写真をもとにAI診断した健全性と過年度報告書から抽出した健全性(以下、既往診断結果)を比較・検証しました。なお、既往診断結果は、近接目視による点検結果であり、コンクリート診断士など有資格者による診断結果です。

表4 対象橋梁の概要

番号	橋梁名称	橋長 ×幅員 (単位:m)	諸元情報		損傷情報			
			架設年	塩害地域	主桁		下部工	
					ひび幅 (mm)	鉄筋 露出	ひび幅 (mm)	断面 欠損
①	A橋	6.4×4.7	1960	—	0.0	有	0.0	有
②	B橋	5.8×4.8	1962	—	0.0	有	0.0	無
③	C橋	5.5×3.8	1955	—	0.5	無	2.0	無
④	D橋	2.4×5.0	1970	—	0.0	有	0.0	無
⑤	E橋	5.5×2.2	1970	○	0.2	無	0.6	無
⑥	F橋	5.8×6.2	1983	—	0.0	有	2.0	無
⑦	G橋	8.1×3.2	1970	○	0.0	有	0.0	無
⑧	H橋	6.0×5.2	1970	○	0.0	有	0.0	無
⑨	I橋	5.4×6.5	1989	—	0.2	無	0.6	無
⑩	J橋	5.3×6.6	1980	—	0.0	有	0.2	無
⑪	K橋	3.2×5.0	1979	—	0.1	無	0.0	無



図13 実証実験対象橋梁の位置図

(2) 実証実験の結果

実証実験の結果を表5と図14に示します。22部材のうち19部材が既往診断結果と一致し、正答率は86.4%でした。また、誤答した3部材は、既往診断結果よりも「不健全」な評価としており、損傷の見落とし等の観点から安全側の判定結果であると考えられました。これらの結果から、AI診断の精度は、点検有資格者による診断と同程度の精度と考えました。実証実験により、AI診断の精度が高いことは確認出来たが、正答率が100%ではないことや、検証件数はまだ一部に限られることから、しばらくの間は、有資格者による診断の最終確認をすることとしました。今後、実際に点検業務で活用していく中で、さらに、よりよい仕組みとなるように改良していこうと考えています。

表5 既往診断とAI診断の対比表

番号	橋梁名称	既往診断結果		AI診断		照査結果	
		主桁	下部工	主桁	下部工	主桁	下部工
①	A橋	III	III	III	III	○	○
②	B橋	II	I	II	I	○	○
③	C橋	I	II	II	III	▲	▲
④	D橋	III	I	III	I	○	○
⑤	E橋	I	II	I	II	○	○
⑥	F橋	I	II	I	III	○	▲
⑦	G橋	II	I	II	I	○	○
⑧	H橋	II	I	II	I	○	○
⑨	I橋	I	II	I	II	○	○
⑩	J橋	II	I	II	I	○	○
⑪	K橋	I	I	I	I	○	○
正答数						10	9
正答率: (10+9)/22						86.4%	

○: 過年度(近接目視結果)と一致 ▲: 過年度と不一致

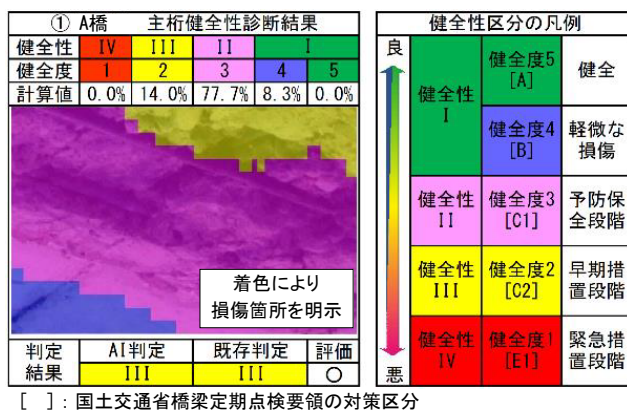


図14 AIによる健全性診断結果例

5. おわりに

今回、橋梁点検の安全管理とコスト縮減を目指し、七尾市に合った維持管理の方法を検討していく中でAIについて実証実験を行い、技術を確認しました。AI等の新技術は、実績がない場合が多く、精度や信頼性、使い方等の面で不安な面がありますが、実証実験や各種検討を行い実際に使うことで技術を理解し、必要に応じて当市に合った仕組み、マニュアル等を改善していくことが大切であるとあらためて感じました。令和2年度より、AIを活用した点検業務を本格的に進めています。業務の中で確認された改善点を踏まえ維持管理マニュアルを更新する等、よりよい維持管理の方法を継続的に検討していくことにしております。

また、他の既存システム活用も視野に、長大橋や港湾・漁港施設、法面等の点検についても、地元大学と協同でAI等の勉強を進め、新技術の利用範囲拡大を検討しています。

この取り組みに興味のある自治体等の視察の受け入れや、学校での授業(図15・16・17)等も実施しておりますのでお気軽に問い合わせください。



図15 合同デモの開催風景



図16 石川高専での講義風景



図17 他自治体の視察風景