

[共通セッション] 構造物の設計/維持管理におけるAI/DX

構造物の設計/維持管理における AI/DX (4)

2023年9月14日(木) 15:10 ~ 16:30 CS-6 (広島工業大 五日市キャンパス三宅の森Nexus21 709/広島大 東広島キャンパス工学部講義棟 B111)

[CS11-25] AI を活用した損傷の継続監視における課題と評価手法の検討 Examination of issues and evaluation methods in continuous monitoring of damage using AI

*中島 道浩¹、伊藤 均¹、横田 敏広¹、浅沼 孝²、山田 康一郎²、永野 達也³ (1. 八千代エンジニアリング、2. ニコンシステム、3. ニコン・トリムブル)

*MICHIHIRO NAKAJIMA¹, ITOU HITOSHI¹, YOKOTA TOSHIHIRO¹, ASANUMA TAKASHI², YAMADA KOICHIRO², NAGANO TATSUYA³ (1. Yachiyo Engineering, 2. Nikon Systems, 3. NIKON-TRIMBLE)

キーワード：ひび割れ、AI、健全性評価、継続監視、載荷試験、橋梁

crack, Artificial Intelligence, soundness assessment, continuous monitoring, loading test, bridge

橋梁等の道路構造物は、平成26年から5年に1度の定期点検が義務付けられており、点検結果として写真や損傷図が蓄積されている。現場で取得したデジタルデータからの正確な進展把握が AIにより可能となれば、点検・診断結果を定量的に評価可能となり、点検・診断の高度化、補修設計、長寿命化計画において維持管理費の低減につながる効果が導き出せると考えている。本検討では、現時点の損傷検知 AIが持つ課題を把握した上で、継続監視データの評価手法について検討した。検討の結果、AIが作図した CAD図で評価することが困難であることは確認され、継続監視において損傷を定量的に評価する手法を検討する必要性が確認された。

Since 2014, road structures such as bridges have been obliged to undergo periodic inspections once every five years, and photographs and diagrams of damage have been accumulated as inspection results. Systems for creating damage diagrams using damage detection by AI have also come to be used. We believe that it will be possible to evaluate this, and we believe that we can derive the effect of reducing maintenance and management costs in sophistication of inspection and diagnosis, repair design, and life extension planning.

AI を活用した損傷の継続監視における課題と評価手法の検討

八千代エンジニアリング (株) 正会員 ○中島 道浩
 八千代エンジニアリング (株) 正会員 伊藤 均
 八千代エンジニアリング (株) 非会員 横田 敏広
 (株) ニコンシステム 非会員 浅沼 孝
 (株) ニコンシステム 非会員 山田 康一郎
 (株) ニコン・トリンプル 非会員 永野 達也

1. 目的

橋梁等の道路構造物は、平成 26 年から 5 年に 1 度の定期点検が義務付けられており、点検結果として写真や損傷図が蓄積されている。また、損傷の多い構造物などでは、AI による損傷検知を利用した損傷図の作成システムなども活用されるようになってきた。現場で取得したデジタルデータからの正確な進展把握が AI により可能となれば、点検・診断結果を定量的に評価可能となり、点検・診断の高度化、補修設計、長寿命化計画において維持管理費の低減につながる効果が導き出せると考えている。本検討では、現時点の損傷検知 AI が持つ課題を把握した上で、継続監視データの評価手法について検討した。

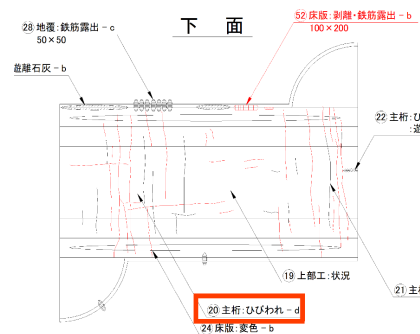


図 1 過年度の点検調査

2. デジタルデータを活用した継続監視

ひび割れが卓越した橋梁において、撮影した写真から AI によるデジタルデータ (CAD 図) を作成し、継続監視を試みている。本橋は、過去の点検調査では、ひび割れが進展し続ける結果 (図 1) となっており、健全性診断区分ではⅢと判断されていた。AI による損傷図 (図 3) を作成することにより、進展性に対して正確な判断が可能になると考えている。

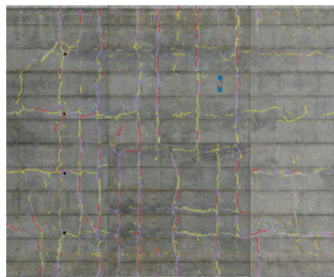
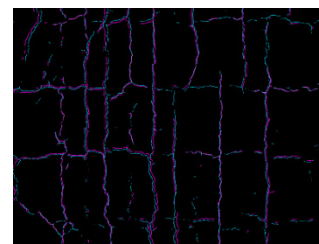


図 3 AI による損傷図



—2021.7 —2022.5

図 2 2 時点の損傷図の比較

3. 現場における実施結果

実橋における継続監視データとして、2021 年 7 月、2022 年 5 月の 2 時点の現地撮影を実施し、ひび割れの進展状況を確認した。取得した損傷図を比較した結果を図 2 に示す。損傷図を作成するため、複数の画像を結合した結果、合成による位置ズレ等が起こり損傷図による評価が難しい結果となった。

そのため、解析したひび割れの幅、延長のデータから比較することとした。図 5 では 2 回目の撮影の方がひび割れの延長が伸びており、進展が確認される結果となっている。一方で図 4 では 2 回目の撮影の方がひび割れの延長が減った結果となっている。

現地における目視による進展状況は、ひび割れの進展はないと判断できる。そのため、1 回目と 2 回目は撮影条件 (撮影者が異なる) が一定とならず、2 回目の撮影の画素解像度が異なったため、解析結果が変わったと判断した (表 1)。

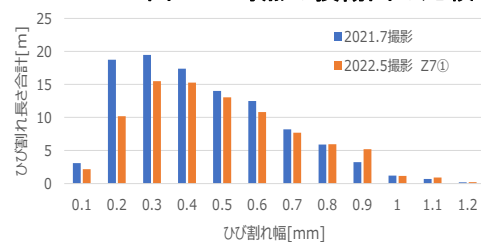


図 4 2 時点の解析結果の比較①

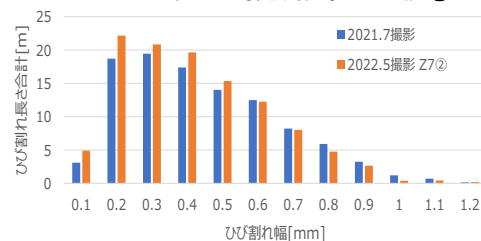


図 5 2 時点の解析結果の比較②

表 1 撮影条件の比較

撮影日	機材	センサーサイズ	画素数	画質設定	撮影枚数	画素解像度 [mm/pix]
2021.7	Z 7	フルサイズ	4575万画素	FINE	約100枚	0.26
2022.5	Z 7①	フルサイズ	4575万画素	FINE	約300枚	0.32
	Z 7②	フルサイズ	4575万画素	FINE	約300枚	0.20

キーワード ひび割れ, AI, 健全性評価, 継続監視, 載荷試験, 橋梁

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー 八千代エンジニアリング (株) TEL 03-5822-6213

4. 载荷試験（室内）における検証

現場での実証の結果、人為的な要因によって解析条件が異なってしまった。そのため、梁の载荷試験によるひび割れの進展を経年による進展と捉え、室内試験によるひび割れ進展把握の検証を実施（0～28stepの载荷試験）した。画像補正の影響を確認するため、撮影角度を変えた2手法（正対、あおり）で実施し、撮影機材等は固定としたが、あおり、正対で撮影機材の設置位置が異なるため、あおりの画素解像度が高い条件で実施した（図6）。

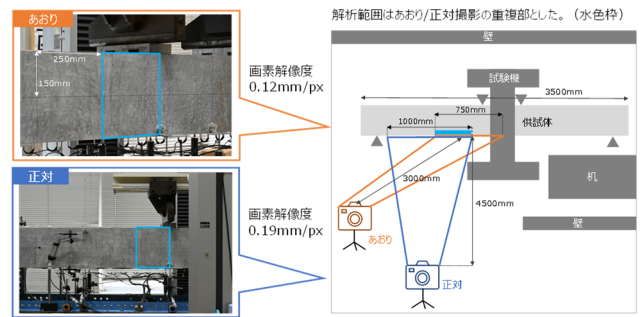


図6 室内試験における撮影条件

5. 载荷試験（室内）における実施結果

ひび割れが発生し始めた step6～step12の正対画像のひび割れ検出結果を比較した（図7）。室内試験においても同一の結果とはならずズレが生じる結果となった。梁の载荷試験は、载荷により梁がたわむため、撮影機材を固定しても梁が変動するため、同一の評価が難しい結果となった（図8）。

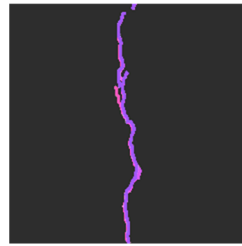


図7 図による比較

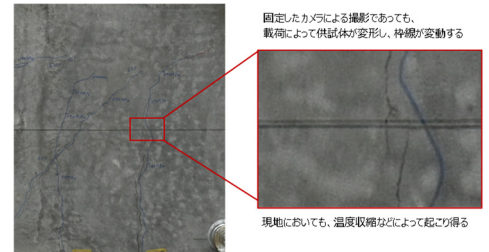


図8 载荷による枠線の変化

外部環境においても温度収縮などによって発生する事例と考えられ、解析図による評価は容易ではないことが確認された。

そのため、解析したひび割れ幅、長さのデータにより進展について確認した結果、どちらの比較においても、損傷の進展傾向を捉えられた（図9、図10）。step12において、荷重制御から変位制御に変えて、損傷の進展速度が変わったことも捉えられており、固定した撮影条件下においては、進展は評価できることは確認された。しかし、正対とあおりを比較すると大きなズレが生じている。

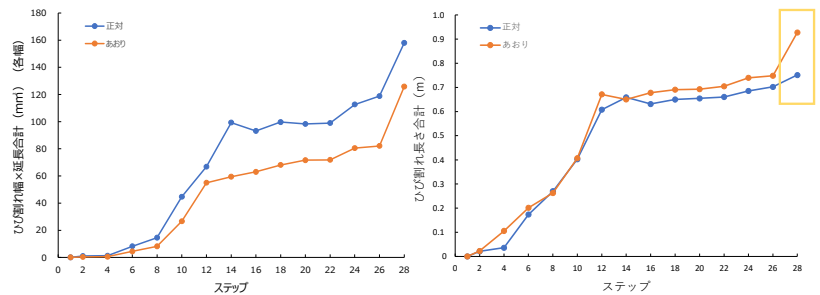


図9 ひび割れ幅×長さの比較 図10 ひび割れ長さの比較

これは、あおり補正、画素解像度の違いによりひび割れの検出精度の違い（図11）、あおり撮影の影響によりひび割れの溝が明るく映っており、あおり撮影側の輝度差が小さくなり、ひび割れ幅の精度に影響を与えた結果（図12）と考えている。

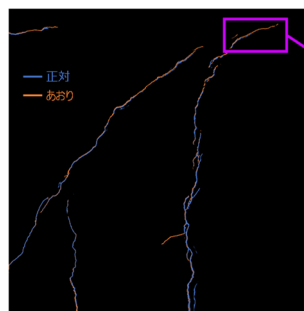


図11 ひび割れ長さの影響

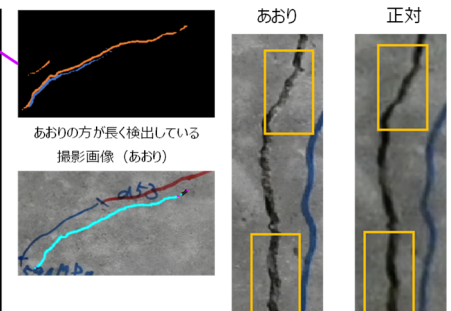


図12 影響要因

6. 継続監視における評価手法の検討案

画像を利用し図による損傷の進展を正確に把握するためには、撮影条件の完全一致、撮影環境（斜光、温度変化など）の完全一致が出来ない限り、正確な評価ができない。そのため、図13に示すようなメッシュ等による分析が必要であると考えている。

一時点の損傷図としては、人が実施するよりも早く、正確であることは間違いない。ただし、現場において、複数回のデータ取得条件を完全に固定して計測することは現実的でない。それは、健全性の評価を幅、長さの絶対値では判断困難とも言える。AIによる解析データを用いた健全性評価および進展の判断方法について今後も検証する必要がある。

本検討は、多摩市にご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

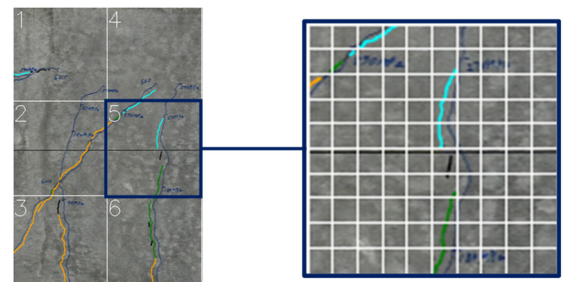


図13 評価手法（案）