

# AI機能による画像認識技術を用いた 河川管理施設の変状確認・評価について —樋門函体内を対象に活用した事例と今後の展開—

札幌開発建設部 空知川事務所 河川課 ○佐藤 佑香  
札幌開発建設部 空知川事務所 河川課 成田 正則  
株式会社 構研エンジニアリング 河川部 六浦 和明

樋門函体内の機能低下等につながるひび割れ、漏水、鉄筋露出、ジャンカ等の確認は、目視を主体に標尺等を用いて計測、記録、写真撮影で行い、その結果から構造物の健全度等の評価を行っている。本報告では、AI機能を用いた画像認識技術を活用することにより評価の高度化等を図ることを目的に、実施条件の整理、画像認識の検出状況及び効果を確認するとともに、今後の活用拡大に向けた課題や展開等について報告する。

キーワード：維持・管理、危機管理、防災、i-construction、河川DX

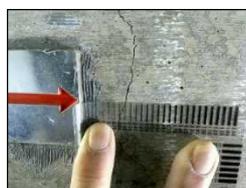
## 1. はじめに

近年、橋梁・トンネル点検は、点検の効率化・高度化を目的に、多様な診断技術の開発により、点検支援技術の拡充を図っている。

樋門等の河川管理施設においても、「数多くの社会資本ストックをいかに効率的・効果的に維持管理するか」が求められている。

空知川河川事務所管内では、点検要領<sup>1)</sup>に基づく目視点検により、31樋門中5樋門が函体のひび割れ、漏水、鉄筋露出、ジャンカ等の顕著な変状からC評価（予防保全段階）となっている（写真-1）。

本報告では、近年の技術動向及び社会的背景を踏まえ、試行として樋門函体内点検にAI機能を用いた画像認識技術を用い、評価の高度化等を試みた。



a) ひび割れ(漏水なし)



b) ひび割れ(漏水あり)



c) 鉄筋露出



d) ジャンカ

写真-1 樋門函体内の主な変状

## 2. AI機能を用いた画像認識技術の活用

### (1) AI機能を用いた画像認識技術について

AI機能を用いた画像認識技術は、「点検支援技術性能カタログ<sup>2)</sup>」に示す標準項目（以降、「標準項目」と称す）を満足するとともに、汎用性の観点から、橋梁点検等で実績を有する画像認識技術（以降、「AI画像認識技術」と称す）を用いた。

### (2) 主な仕様

主な仕様を表-1に示す。AI画像認識技術は、既往のひび割れ等の変状を教師データとして収集しているため、0.6mm/pixel以上の解像度を有する画像に対して、0.2mm以上のひび割れ（点検要領<sup>1)</sup>におけるB評価（要監視段階）相当）を検出できる。

表-1 AI機能を用いた画像認識技術の主な仕様<sup>\*</sup>

項目	値
検知する変状	ひび割れ、剥離・鉄筋露出、漏水
AI機能	畳み込みニューラルネットワークによる自動検出
教師データ	以下の構造物の変状に関する正解情報を付与 ・RC橋やPC橋の下部構造や上部構造 ・トンネル覆工コンクリート、ボックスカルバート ・ダム、護岸、堤防
解像度	・ひび割れ幅0.2mm以上を検出・幅計測するためには0.6mm/pixel以上であることが必要
ひび割れの計測方法	・幅：ひび割れ横断方向の画素の濃淡分布を考慮し、実寸幅に換算を行い、0.05mm単位でひび割れの幅を計測する。 ・長さ：自動検出されたひび割れの画素数長さをを用いて実寸長さに換算する。

<sup>\*</sup>点検支援技術性能カタログ<sup>2)</sup>に示す標準項目より引用した。

### 3. 実施条件の整理

#### (1) 対象構造物

対象構造物は、表-2に示す「R3年度の健全度評価がC評価（予防保全段階）」とされた樋門の内、函体内への進入が比較的容易で、函体損傷の変状が見られる4樋門とした。

表-2 対象構造物一覧

施設	函体形状 (B×H×L～連数)	経過年	変状項目
樋門①	2.5m×2.0m×23.5m～2連	53年	鉄筋露出 ひび割れ
樋門②	2.0m×2.5m×18.0m～2連	51年	鉄筋露出 ジャンカ ひび割れ
樋門③	1.5m×1.5m×19.0m～2連	49年	鉄筋露出 ジャンカ ひび割れ
樋門④	1.2m×1.2m×15.0m～1連	54年	鉄筋露出 ジャンカ ひび割れ

#### (2) 使用した機材

主な使用機材は、一眼レフカメラ、ライト、三脚である。いずれも市販品を用い、標準項目②に記載されている解像度等の撮影条件を満たすことが可能である。

#### (3) 撮影条件

撮影条件を表-3に示す。また、カメラ画素数・検出対象とするひび割れ幅毎の撮影距離を表-4に示す。

「B評価相当（要監視段階）」の変状を撮影できるように、2400万画素のカメラを使用し、撮影距離は2.0m以内、撮影ラップ率は30%以上とした。照度は、函体内の変状を明瞭に撮影するため、10,000Lux以上を確保した。

表-3 撮影条件一覧

項目	条件	管理方法
有効画素数	2400万画素 (1000万画素以上)	使用するカメラの性能値・設定値を事前に確認する
撮影距離	2.0m以内*	カメラ液晶モニターより、撮影範囲を確認する
撮影ラップ率	30%以上	
撮り角度	±20° 以内	被写体とカメラの距離・撮影位置の高さを計測する
検出可能なひび割れ幅	0.2mm (B評価相当)	近接目視による確認を行う
照度	10,000 Lux 以上	ライトによる照度調節を行う

※「有効画素数：2000万画素」における撮影距離

表-4 撮影距離一覧

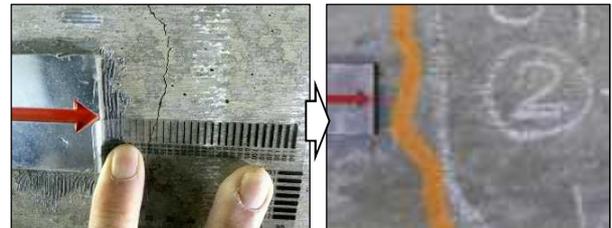
カメラ画素数	撮影距離 (検出対象とするひび割れ幅毎)		
	0.2mm	0.3mm	0.4mm
1000万画素	1.0m以内	2.0m以内	3.0m以内
2000万画素	2.0m以内	3.0m以内	4.0m以内

### 4. 画像認識技術による変状検出状況及び効果

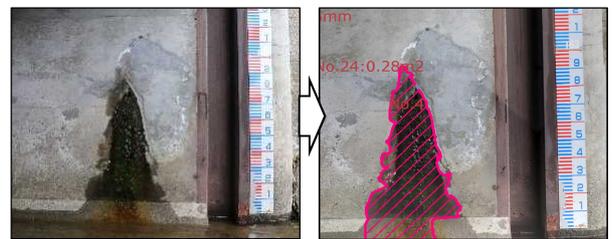
#### (1) 変状の検出状況

目視点検で確認された、ひび割れ、漏水、鉄筋露出、ジャンカ等の変状を、AI画像認識技術を用いた場合についても、同様に検出可能であることを確認した。

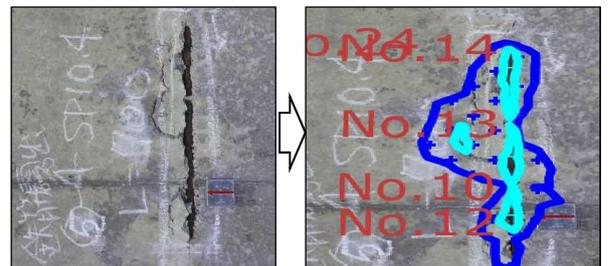
変状の検出状況を写真-3に示す。



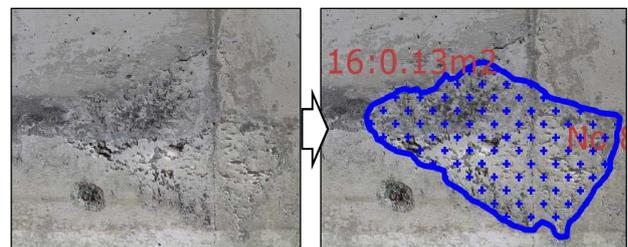
a) ひび割れ (漏水なし)



b) ひび割れ (漏水あり)



c) 鉄筋露出



d) ジャンカ

写真-3 AI画像認識技術による変状の検出状況  
(左記：目視点検、右記：AI画像認識技術)

#### (2) 効果

##### a) 目視点検結果との比較

検出状況を定量化するため、目視点検で確認された変状数を正解値とし、AI画像認識技術を用いて確認された変状数との比較を行った。

目視点検結果に対するAI画像認識技術の変状識別状況を表-5に示す。

各樋門において、目視点検で確認された変状をAI画像認識技術においても同様に確認された。さらに、AI画像認識技術は、目視点検で識別しづらい箇所を識別可能であり、高い検出精度を確保することが可能である。

表-5 目視点検結果に対するAI画像認識技術の変状識別状況

樋門	目視点検	AI画像認識技術	
		新たに確認した変状数	総変状数
樋門①	68箇所	12箇所	80箇所
樋門②	96箇所	52箇所	148箇所
樋門③	89箇所	33箇所	122箇所
樋門④	29箇所	13箇所	42箇所

b) 変状の誤認識状況

AI画像認識技術の誤認識状況を定量化するため、AI画像認識技術を用いて確認された総変状数と誤認識数を比較した。

各樋門におけるAI画像認識技術の総変状数と誤認識数との比較を表-6に示す。樋門①～④において、AI画像認識技術の誤認識が確認された。AI画像認識技術は、教師データに基づく変状事例をもとに、画像の色彩等から変状の有無を判断するため、構造物の変状と判断しない箇所を誤認識する場合がある。

誤認識事例については、次章に示す。

表-6 誤認識状況の比較結果

樋門	AI画像認識技術	
	総変状数	誤認識数
樋門①	80箇所	62箇所
樋門②	148箇所	52箇所
樋門③	122箇所	50箇所
樋門④	42箇所	53箇所

c) 作業性の評価

目視点検とAI画像認識技術を用いた点検との作業性の比較を図-1に示す。なお、作業にかかる人工数は、対象構造物（4樋門）の平均値とした。

AI画像認識技術は、写真撮影に2倍（1.50/0.75）の人工数を要した。一方、変状評価・変状模式図作成・考察における作業性は、1.8倍（3.7/2.1）程度向上した。

総合的な作業性は、目視点検と比較して1.2倍（4.45/3.85）程度向上した。ただし、誤認識を確認する必要があるため、実運用ベースで比較した人工数は、目視点検と比較し、AI画像認識技術が多い結果となった。

今後、教師データの拡充及びAI画像認識技術の精度向上により、現地確認及び考察に係る人工数は軽減できる。

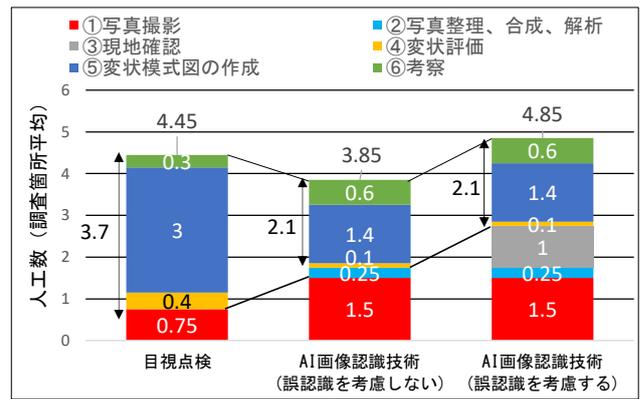


図-1 作業性の評価 (人工数)

d) 健全度評価への活用

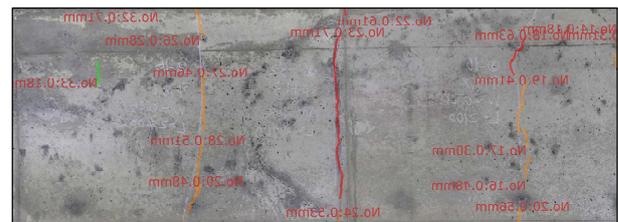
健全度評価への活用事例を図-2に示す。

AI画像認識技術は、ひび割れ等の変状を検出・フィルタリングし、その結果について図面出力・数量集計することが可能である。

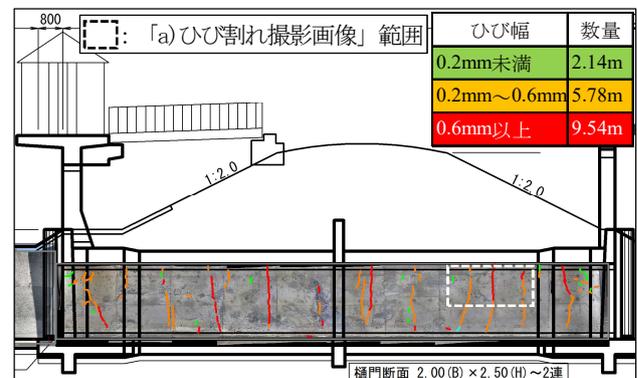
また、出力した図面データは、樋門一般図等との重ね合わせを行うことで、変状模式図・経過変状模式図等の作成が可能となり、変状の進行度や変状箇所の変遷等の確認が容易となる。



a) ひび割れ撮影画像



b) 変状検出・フィルタリング



c) 数量集計・樋門一般図との重ね合わせ

図-2 変状模式図作成例（樋門台帳図との重ね合わせ）

## 5. 活用拡大にむけた課題

### (1) 変状検出における課題

AI画像認識技術による変状の検出箇所について、現地調査を実施した結果、変状の誤認識を確認した。

主な誤認識事例を写真4～写真9に示す。

主な要因として、目視では構造物の劣化と判断しないコンクリートの表面の変色箇所・型枠・スパーサ跡・壁面の凹凸を変状として誤認識することが挙げられる（写真4、写真5、写真6、写真7）。

その他の事例として、錆汁による変色を変状範囲と誤認し、変色範囲に隠れたひび割れを認識しない事例（写真8）及びジャンカの変状範囲を誤認する事例（写真9）が確認された。

現状の技術においては、画像解析結果の再精査を行い、誤認識の有無を確認し変状検出の適合性を高めていく必要がある。



写真4 コンクリート表面の変色を誤認識した事例  
(上記：目視点検、下記：AI画像認識技術)

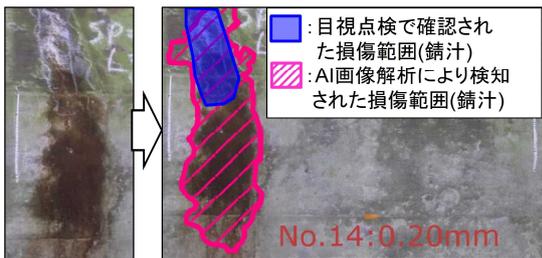


写真5 コンクリート表面の変色により変状範囲を誤認識した事例（左記：目視点検、右記：AI画像認識技術）

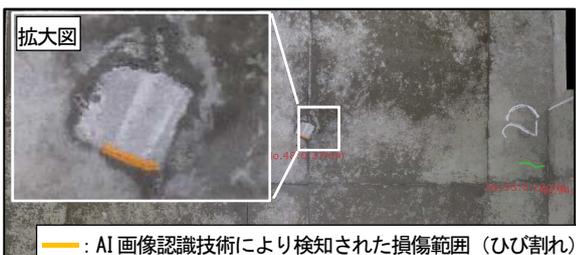


写真6 型枠・スパーサ跡を変状として誤認識した事例

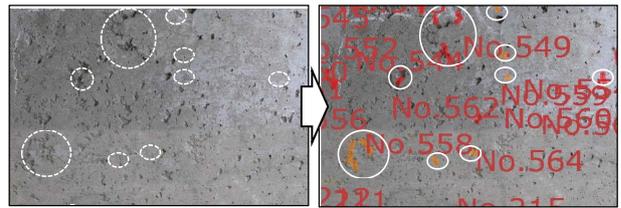


写真7 コンクリート表面凹凸を変状として誤認識した事例  
(左記：目視点検、右記：AI画像認識技術)

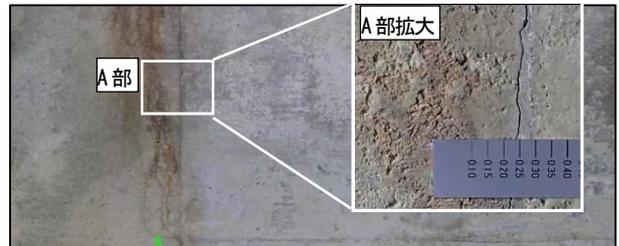


写真8 変色範囲に隠れたひび割れを認識しない事例

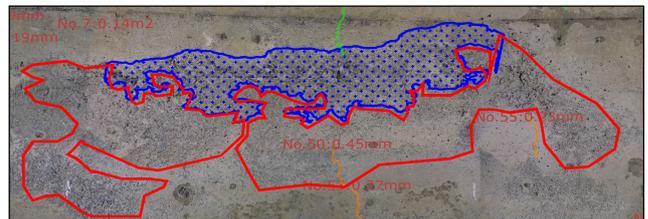


写真9 ジャンカの変状範囲を誤認識した事例  
(青線：AI画像認識技術、赤線：現地確認結果)

### (2) 写真撮影における課題

被写体（壁面）との離隔距離を確保できる樋門の場合、延長1mあたりの撮影枚数は、5枚程度である。一方、函体断面幅が2.0m未満の場合、延長1mあたりの撮影枚数は9～12枚程度必要となり、函体断面幅が小さい樋門ほど撮影枚数が多くなる。（図-3）

AI画像認識技術の使用料は、写真枚数に比例するため、函体断面幅が小さい樋門はコストが高くなる。（図-4）

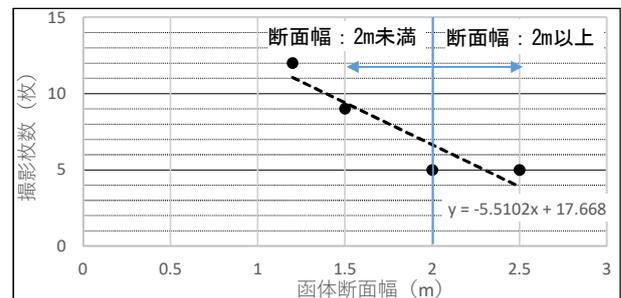


図-3 延長1mあたりの写真撮影枚数

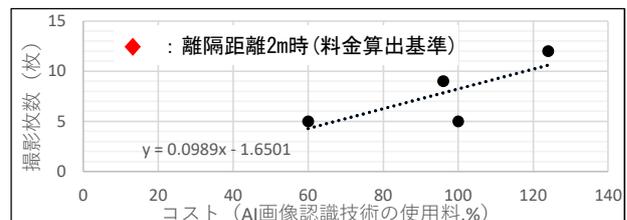


図-4 延長1mあたりの撮影枚数とAI画像認識技術使用料の関係

### (3) 補修施工後における課題

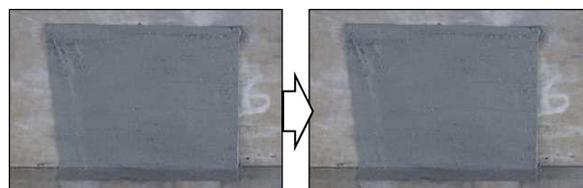
健全度評価を踏まえ、補修施工を行った2樋門のモニタリング調査として、AI画像認識技術を用い、点検評価を試みた。

補修工法別（左官工法、充てん工法、注入工法）のAI画像認識技術の認識状況について、写真-10、表-7に示す。

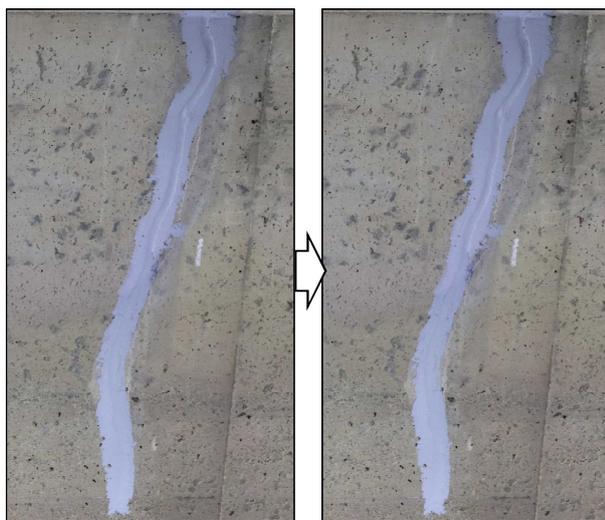
表面被覆を実施しない箇所は、「変状有り」として認識されるため、補修箇所を事前に図面などに反映した上で、点検時にバックデータと比較し慎重に経過変状の有無を確認する必要がある。

表-7 補修施工済箇所のAI画像認識状況

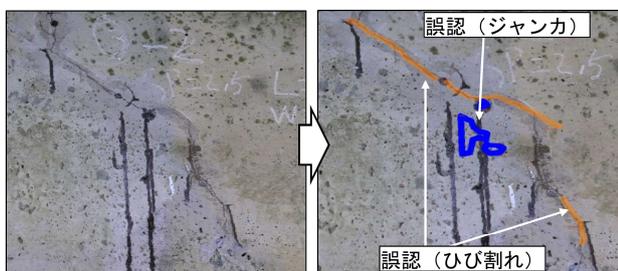
補修工法	表面処理	認識状況
左官工法	有り	異常なし
充てん工法	有り	異常なし
注入工法	無し	変状有



a) 表面処理あり（左官工法）



b) 表面処理あり(充てん工法)



c) 表面処理なし(注入工法)

写真-10 ひび割れ補修箇所における画像認識状況  
(左記：目視点検、右記：AI画像認識技術)

## 6. まとめ

AI画像認識技術を用い、樋門函体内の変状確認・評価を実施した。得られた調査結果から、以下の結論を得た。

- (1) 国が定める標準項目<sup>2)</sup>を遵守した撮影方法、AI画像認識技術を用いることで、樋門函体内の機能低下等につながるひび割れ、漏水、鉄筋露出、ジャンカ等を検出可能である。
- (2) AI画像認識技術を用いた変状の確認、評価は、標準項目<sup>2)</sup>を遵守した撮影方法の下で実施することで、高い再現性を確保することができる。
- (3) AI画像認識技術を樋門函体点検に活用することで、変状評価にかかる作業量を削減できる。
- (4) 現状では、コンクリート表面の微小な凹凸、変色等を変状として誤認する可能性があるため、画像認識結果の再精査を行い、誤認識の有無を確認する必要がある。
- (5) 函体断面が小さい樋門については、壁面との離隔距離が短くなるため、撮影枚数が多くなる傾向にある。ただし、図面出力・数量集計が自動化されるため、変状評価にかかる作業量は削減できる。
- (6) AI画像認識技術の補修施工箇所の認識状況を確認した結果、表面被覆を実施しない箇所は、「変状有り」として認識された。

## 7. 今後の展開

今回使用したAI画像認識技術は、1年に3~4回程度のアップデートを行い、教師データの更新・追加に伴う誤検出の低減を図っており、目視点検による再確認が不要となることで、変状確認・評価の効率化・高度化が見込まれる。

今後、教師データの収集・蓄積及びAI認識技術における課題の抽出・フィードバックを行い、河川管理施設の維持管理技術の発展に寄与することを期待する。

謝辞：本調査の実施及び本報告に関してご協力いただいた各関係機関の方々に深く感謝を申し上げます。

### 参考文献

- 1)国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領,平成31年4月
- 2)国土交通省：点検支援技術性能カタログ（橋梁・トンネル）令和4年9月