

# 橋梁点検における損傷図データを用いた健全度診断に関する基礎的研究

南 貴大<sup>1</sup>・浦田 渡<sup>2</sup>・藤生 慎<sup>3</sup>・福岡 知隆<sup>4</sup>・高山 純一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 金沢大学大学院 環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: takahoro1993@gmail.com

<sup>2</sup>学生会員 金沢大学大学院 環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: superw7@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: fujju@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 金沢大学博士研究員 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: tfukuoka@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>6</sup>フェロー 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

日本では、約73万橋の橋梁が存在しており、一斉に高齢化が進んでいる。予防保全的維持管理を行うために5年に1度の頻度で近接目視により点検・診断が行われている。しかし、財源・人材が不足している地方公共団体にとって近接目視点検を継続的に行うことは困難である。そのような中、近年、維持管理の効率化に向けて画像データの活用が期待されており、ひびわれ等の損傷の自動検出・半自動・手動検出に関する研究がなされている。しかし、損傷図の作成までに留まっており、維持管理計画を立てる上で必要な健全度の評価の自動化までは行われていない。診断結果の客観性の確保のため、本研究では、ひびわれ検出後の点検対象物の健全度評価の自動化に向けて、過去の定期点検時の橋梁の諸元データ、損傷図データと健全度評価値の関係を統計的に分析を行った。

**Key Words :** soundness of bridge, bridge inspection, CAD data of damage, automatic diagnosis.

## 1. はじめに

日本では、高度経済成長期に建設された社会基盤施設が一斉に高齢化が進んでおり、それらの維持管理が重要視されている。そのような中、橋長2m以上の橋梁において、道路管理者には、5年に1度の近接目視点検が義務付けられている。定期的な点検を行うことで、橋梁の最新の状態を把握するとともに、措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を取得し、予防保全的維持管理を可能にしている。定期点検の結果を蓄積し活用することで、維持管理計画をより効率的・効果的に行うことが可能になっている<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>。しかし、地方公共団体では財源、人材が不足しており、継続的に近接目視点検を続けることは困難である。また、既存の点検業務では専門技術者が行うとはいえ、点検員によって点検・診断結果にばらつきが生じることが指摘されている<sup>6)</sup>。そのため、より効率的で点検者の主観性の少ない点検・診断手法が求められている。

そのような中、新たな点検・診断手法として画像

データの活用性が期待されており、近接目視点検に代替する遠隔撮影システムの開発に向けて、画像データから、コンクリート構造物のひびわれを自動検出<sup>7) 8) 9) 10)</sup>・半自動検出<sup>11)</sup>を試みている研究が数多くなされている。

しかし、検出精度は十分であるとは言えず、撮影条件によっては自動検出が困難である部材や損傷が存在することが考えられる。財源・人材が不足している中で、莫大な数の橋梁が高齢化しているという現状において、段階を踏んだ効率的な橋梁の点検手法の開発が求められる。そこで、画像データを用いた損傷の自動検出は最終的な目標ではあるが、本研究グループでは、画像を人が目視して損傷を点検するシステム(画像目視点検)の構築を目指している<sup>12)</sup>。本研究では、超高解像度カメラで撮影された画像を用いて、ディスプレイ上で画像目視点検を行うことができる環境を構築し、その画像目視点検の環境下で、複数の橋梁の点検経験者にコンクリートひびわれの検出・診断をしていただき、ヒアリングにより画像目視点検の有用性・課題について把握を



図-1 超解像度カメラを用いたRC橋脚の撮影様子



図-2 画像目視点検環境下でのひびわれ検出の様子

行った。また、画像目視点検を行った場合、点検者によってコンクリートひびわれの検出・診断結果にどの程度ばらつきが生じるのかについて把握を行った。

また、過去の橋梁の定期点検の結果を用いて、健全度と損傷図（CADデータ）、諸元データの関係性について統計的に分析することで、ひびわれ検出後の点検部位の健全度診断の自動化を図った。健全度診断の自動化によって客観性を担保した健全度を取得することができ、維持管理計画をより精緻なものにできると考えている。

## 2. 画像目視点検環境の構築

本研究では、ダイナミックレンジ：84db以上、ピクセルサイズ：4.6ミクロン、光感度：ISO：50～6400、シャッター速度：最大1/1600秒の諸要素を持つ超解像度カメラ<sup>13)</sup>で100メガピクセル（11,608×8708）の写真の撮影が可能である。この超解像度カメラで撮影された写真画像データは、1枚あたり約600MBの容量となり、専用のソフトウェア<sup>13)</sup>を用いることで閲覧でき、明度、彩度、コントラストなどを自由に調整することが可能である。超解像度カメラの大きさは、97.4×93×170.5 mm、重さは、930 (g) であり持ち運びは容易で、ドローンにも搭載することが可能であるため、橋梁点検車・高所作業車、足場やボートでのアクセスが必要なアプローチの難しい橋梁の写真も容易に撮影することが可能である。

### 2.1. 撮影対象橋梁

撮影の対象として、I 県にかかる橋長 580 メートル、幅員 10.75 メートル、総径間数が 12 径間の路下条件が河川・開水路・湖沼の橋梁の RC 橋脚を選定した。選定した理由としては、使用するカメラの解像度と撮影距離の関係からひびわれ幅 0.2mm 以上のひびわれが視認でき、かつ部材に一定量のひびわれを有しているためである。架設年月は 2003 年であり、定期点検は 2017 年に橋梁点検車を用いて近接

目視によって実施されている。

撮影方法としては、撮影対象の RC 橋脚から約 17m 離れた対岸から三脚を使用し、超解像度カメラで対象橋脚の全体が画像 1 枚で収まるように撮影した（図-1）。視認できる範囲の橋脚部の大きさは、幅は約 15m、高さは水面から約 8m であった。画像分解能は 0.9mm/pixel で、撮影に要した時間は三脚など現場での準備時間を含み約 10 分であった。

### 2.2. 画像目視点検の環境

52 インチの 4K 解像度対応のモニターで専用のソフトウェア<sup>14)</sup>を用いることでの超解像度カメラで撮影された RC 橋脚全景画像を閲覧できる環境を構築した。明度、彩度、コントラストなどを自由に調整することが可能であり、マウス操作でスムーズに拡大縮小の操作や損傷個所にフリーハンドで色付けを行うことも可能である。100 メガピクセル（11,608×8708）で構成されている画像であるため、拡大しても画像が荒れることなく、計算上 0.2mm 以上のひびわれを視認することが可能である。

## 3. 画像目視によるひびわれの検出・診断実験

本研究では、画像目視点検の有用性や課題、点検者によるコンクリートひびわれ検出・診断結果のばらつきについて把握するために、橋梁の定期点検を請け負っている建設コンサルタントの橋梁点検経験者に 2 章で構築した画像目視点検の環境下で RC 橋脚のひびわれを検出・診断していただいた。

### 3.1. 画像目視点検の実験の被験者

画像目視点検の実験の被験者として北陸地方の橋梁の点検の経験のある建設コンサルタント 4 社に協力していただいた。均質な条件で検出・診断を行うために、本研究で対象とした RC 橋脚を前回点検で点検していない建設コンサルタントを選定している。点検者は、計 30 名を対象としている。

### 3.2. コンクリートひびわれの検出方法

被験者は画像目視点検環境下でRC橋脚の画像を拡大を行い、視認できるひびわれを検出し、ひびわれの上をマウス操作で赤色でトレースし、検出結果の保存を行った。この操作をRC橋脚の全体で行い、RC橋脚全体のひびわれが検出できたところまでの時間を計測した。ひびわれ検出の様子を図-2に示す。被験者は余計な情報が入らないように一人ずつ実験を行った。

3.3. コンクリートひびわれの診断方法

ひびわれ検出後に被験者にヒアリングを行った。ヒアリングでは、個人属性（年齢・点検経験年数など）、画像目視点検の有用性・課題に関する項目の他に、ひびわれを検出したRC橋脚の損傷程度の評価、対策区分の評価、健全性の評価、ひびわれの発生要因についての診断していただいた。損傷程度の評価、対策区分の評価、健全性の評価は国土交通省の橋梁定期点検要領<sup>15)</sup>に基づいて評価していただいた。

ひびわれの損傷程度は表-1に示すように、5段階で評価されている。最大ひびわれ幅（RCの場合、0.2mm未満を小、0.2mm以上0.3mm未満を中、0.3mm以上を大）と、最小ひびわれ間隔（最小ひびわれ間隔が概ね0.5mm未満を大、最小ひびわれ間隔が概ね0.5mm以上を小）で評価される。本研究の画像目視点検の環境下では、詳細なスケールを計測することができないため、事前情報として、画像が計算上0.2mm以上が視認できるようなスペックであるということとRC橋脚の幅と高さの情報を被験者に与え評価していただいた。

各損傷に対して、補修等や緊急対応、維持工事対応、詳細調査などの何らかの対策の必要性について判定していただくために、対策区分の評価を表-2に示すように、9区分で評価していただいた。

着目する部材と損傷が道路橋の機能に及ぼす影響の観点から、部材の健全性を表-3に示す4段階で評価していただいた。

ひびわれの発生要因の推定については、被験者自身がひびわれをトレースした画像を基に発生要因について推定していただいた。橋梁の諸元（架設年次、位置情報、海岸線からの距離など）については各被験者が求めたものについてのみ情報の提供を行った。

4. 画像目視点検の有用性・課題の抽出

画像目視点検にの有用性について、ひびわれ検出をした後にヒアリングを行った。質問項目としては、画像目視点検で苦労した点、画像目視点検による近接目視点検の再現度合い、画像目視点検の抵抗感、画像目視点検の実現による効果の4項目である。

画像からひびわれを検出する作業で苦労した点として、ひびわれとコンクリートの打ち継ぎ目の判断ができないこと、チョーキングの跡や遊離石灰を伴っているひびわれについては、ひびわれかどうか判

表-1 ひびわれの損傷程度の判定区分<sup>15)</sup>

区分	最大ひびわれ幅に着目した程度	最小ひびわれ間隔に着目した程度
a	損傷なし	
b	小	小
c	小	大
	中	小
d	中	大
	大	小
e	大	大

表-2 対策区分の判定区分<sup>15)</sup>

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

表-3 部材の健全性の判定区分<sup>15)</sup>

区分	定義
I 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

断できないといった、現場では触って判断するものが画面上であると判断しにくいという意見を多くいただいた。また、画面を拡大した状態で移動できないことやスケールが分からないといったソフト上の問題もあった。

ひびわれを検出・診断する作業において画像目視点検は近接目視点検をどの程度再現できているのかについて、再現率80%と回答していただいた被験者が最も多く、平均値は74.2%であった。再現できていない部分については、ひびわれとコンクリートの打ち継ぎ目、チョーキングの跡や遊離石灰、汚れなどを判別するために触る・こすることができない点という意見が多く挙げられた。また、0.1mmなどの小さなひびわれを視認できないことも再現率が満たされない理由として挙げられ、画像分解能に対する不満もあった。少数意見ではあるが、鉄筋から生じるひびわれかどうかを判定するために打音検査を行えないといった意見もあった。

画像でひびわれを検出・診断することに抵抗があるかという問いに対して、画像だけでも抵抗はないという被験者は11人で約37%、画像だけでは抵抗があると回答した被験者は19人で約63%であった。抵抗のない被験者の意見としては、ひびわれに限るのであるなら画像だけで判断することができるという意見や、大きな面積を素早く点検することができる点で画像のほうが良いといった意見があった。画像だけでは抵抗がある被験者の意見としては、現物に触れて確かめたいといった意見や写真を撮った人とひびわれを検出・診断した人が異なるため、現場

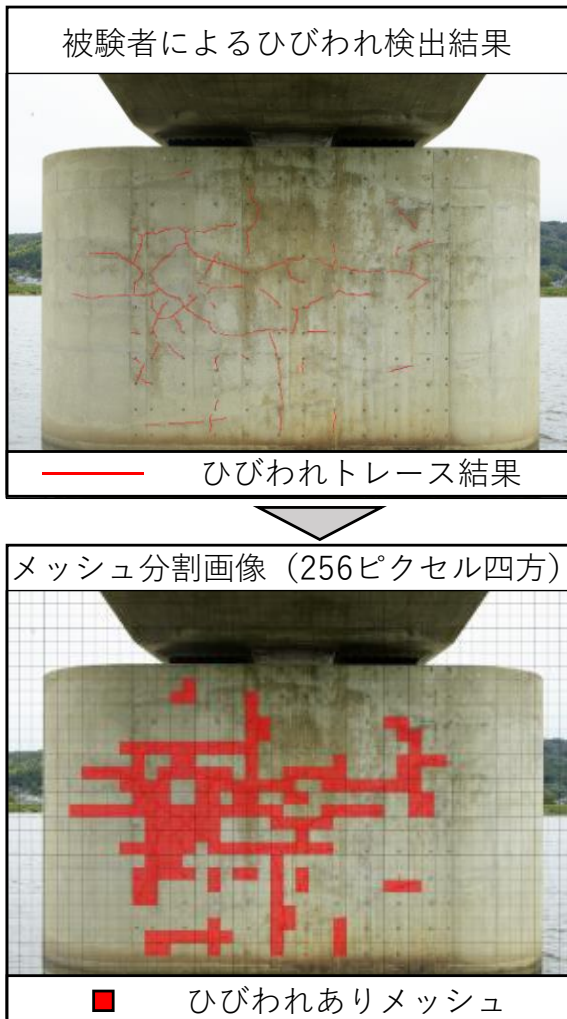


図-3 メッシュ分割によるひびわれ検出の評価

の環境を見たいといった意見、ひびわれ検出まで可能であるが、診断となった場合に現場の環境を知る必要があるといった意見があった。

画像目視点検が実現したら人員削減に寄与するかどうかについて「とても寄与すると思う」「寄与すると思う」「寄与するとは思わない」「全く寄与するとは思わない」の4段階で評価していただいた結果、「とても寄与すると思う」と回答した被験者が11人で約37%、「寄与すると思う」と回答した被験者が19人で約63%となり、すべての人が、少なからず人件削減に寄与すると感じていることが分かった。理由としては、画像で検出・診断するので、天候に左右されないこと、橋梁点検車・高所作業車などの機材を操作する人や交通誘導を行う人を減らすことができること、撮影と検出・診断を分離できるので、点検者が現場に赴かなくて済むこと、広い範囲を短時間で点検することができることなどの理由が挙げられた。

## 5. 点検者の検出・診断結果のばらつき評価

本章では、画像目視点検で被験者30人が行ったひ

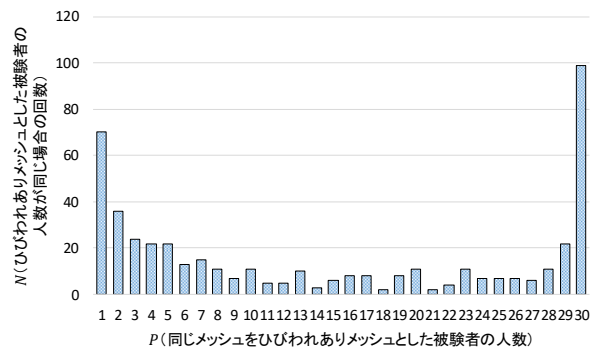


図-4 画像目視点検における被験者によるひびわれ検出のばらつき

びわれ検出の結果のばらつきについて評価する。また、ひびわれを検出したRC橋脚の損傷程度の評価、対策区分の評価、健全性の評価、ひびわれの発生要因の診断結果のばらつきについて把握する。

### 5.1. ひびわれ検出結果のばらつき評価指標

本研究で行った画像目視点検でのひびわれ検出はマウス操作によるフリーハンドで行ったものなので、ピクセル単位で検出結果のばらつきを評価することは望ましくない。そのため、ひびわれを赤線でトレースしたRC橋脚画像を256ピクセル四方のメッシュに分割し、分割されたメッシュに赤色が含まれている場合、そのメッシュをひびわれありメッシュとし、ひびわれが含まれていない場合、ひびわれなしメッシュとした(図-3)。被験者30人分の検出結果を同様にメッシュ分割し、ひびわれありメッシュとひびわれなしメッシュに分類した。

評価指標としては、既往研究でひびわれの近接目視点検結果のばらつきを評価している指標を用いた<sup>6)</sup>。

$$Q = \frac{\sum (P \times N) / \sum N}{P_0} \quad (1)$$

ここで、 $P$ :同じメッシュをひびわれありメッシュとした被験者の人数、 $N$ :ひびわれありメッシュとした被験者の人数が同じ場合の回数、 $P_0$ :被験者の総数である。ひびわれありメッシュが被験者によってどの程度一致しているかを示す指標であり、式(1)で得られる評価値が大きいほど、検出結果のばらつきが小さいことを示す。

### 5.2. 点検者による検出結果のばらつき評価

被験者30人のひびわれ検出結果のばらつきを評価した。 $P$ (同じメッシュをひびわれありメッシュとした被験者の人数)と $N$ (ひびわれありメッシュとした被験者の人数が同じ場合の回数)の集計結果を図-4に示す。 $P$ の値が大きいところに $N$ の値が集中している場合、検出結果にばらつきが小さいこと表す。画像目視点検でのひびわれ検出結果のばらつき評価値は49%であり、既往研究における近接目視でのひびわれ検出結果のばらつき評価値の28%より高い結果となった。要因としては、ひびわれ検出を橋

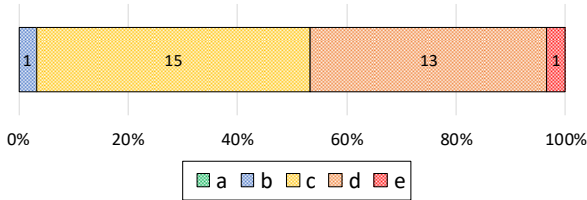


図-5 被験者による損傷程度の診断結果 (N=30)

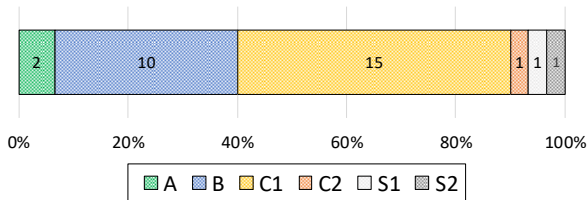


図-6 被験者による対策区分の診断結果 (N=30)

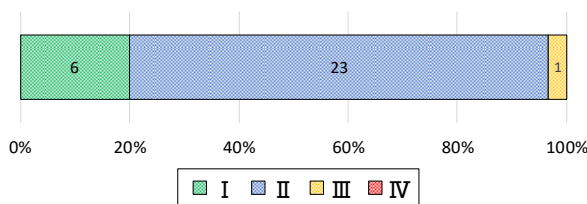


図-7 被験者による健全性の診断結果 (N=30)

梁点検車や高所作業車を使う屋外ではなく画像で室内でできること、画像であるため、何度でも見直すことができ、見逃しを防ぐことができることなどが考えられる。

### 5.3. 点検者による診断結果のばらつき把握

ひびわれ検出後において、被験者30人にひびわれを検出したRC橋脚の損傷程度の評価、対策区分の評価、健全性の評価、ひびわれの発生要因についての診断していただいた。被験者30人の損傷程度の評価の集計結果を図-5に、対策区分の評価の集計結果を図-6に、健全性の評価の集計結果を図-7に示す。損傷程度については、cとdに診断結果が大きく分かれ、bとeと診断した被験者も一人ずついた。対策区分の評価では、判定区分B（状況に応じて補修を行う必要がある）と判定区分C1（予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある）に診断結果が大きく分かれた。健全性の評価については、健全性I（健全）と健全性II（予防保全段階）に大きく分かれた。診断結果にばらつきが生じた要因としては、ひびわれ検出結果の差異、点検者の評価基準の差、本研究では、ひびわれの幅や間隔をスケールで計測できていないため、損傷程度を評価する際にばらつきが出たことなどが考えられる。

ひびわれの発生要因の集計結果を図-8に示す。温度ひびわれや乾燥収縮などの非進行性の初期欠陥が要因であるという診断結果が多くみられた。またASRや塩害が要因であるという診断結果もみられた。ひびわれ発生要因の診断結果にばらつきが生じた要因として、ひびわれ検出結果の差異や点検経験年数

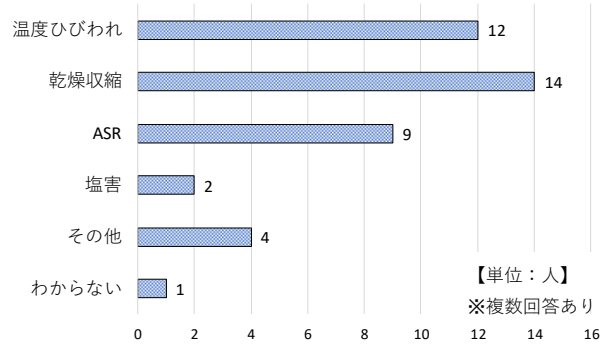


図-8 被験者によるひびわれ発生要因の診断結果

が考えられる。

## 6. 損傷図と諸元を用いた健全度自動診断

診断結果には、診断者によってばらつきが生じており、効果的な維持管理計画を立てる上では、診断結果に主観的な判断を最小に抑える必要がある。そのため、健全度の自動診断に向けて、本章では、過去の近接目視点検結果である健全度と、健全度診断の際に参照した損傷図・橋梁の諸元データの関係性を統計的に明らかにする。これまで、健全度と諸元のデータの関係性について統計的に分析を行っている研究はなされているが、損傷図を活用した事例はみられない。画像から損傷図の自動作成の研究が進んでいく中で、今後、損傷図が容易に作成できることが考えられる。既存の研究でなされている諸元のみでの健全度予測に損傷図から得られる情報を加えることで、健全度の予測が精緻になると可能性がある。

### 6.1. 使用データ

本研究では、過去に行われた橋梁の定期点検結果を使用データとした。橋梁の定期点検データにおいて、橋梁の健全性に関する指標である、損傷度・判定区分・健全度・要因をそれぞれ目的関数として使用した。また説明変数として、橋梁の諸元である、橋長・架設年次などに加えて、海岸線からの距離、凍結防止剤の散布状況、交通量などの環境条件などの情報と、図-9に示すような損傷図（CAD）のデータを用いた。

### 6.2. 損傷図から所得可能情報

多くの道路管理者が保存している損傷図はCADで作成されており、点検対象部材に対して損傷が検出された箇所・種類・程度が記録されている。本研究では、コンクリート部材を対象とし、ひびわれと浮きの損傷についてのみ分析を行った。

損傷図から健全度診断に必要な情報として、ひびわれの程度・範囲、点検対象物におけるひびわれの発生位置、ひびわれ損傷の形状の3つの情報を取得する。

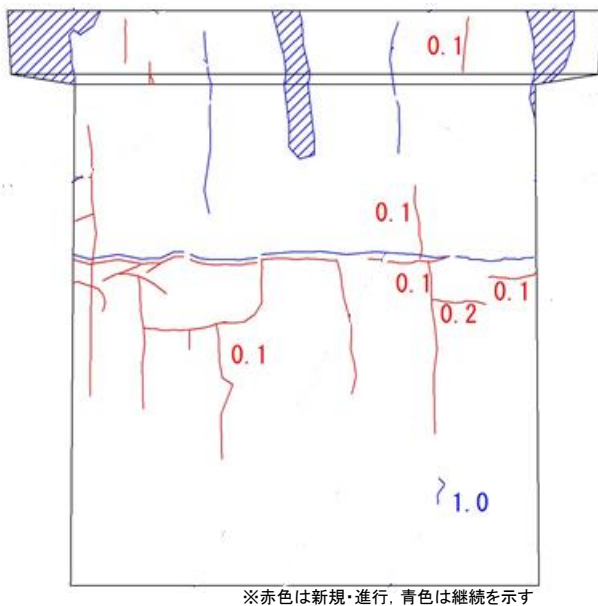


図-9 橋梁定期点検による損傷図の一例

### 6.3. 分析結果

既往研究では、健全度を橋梁の諸元や環境条件で説明することを試みているが、健全度の再現率は低い。

本研究では、諸元・環境条件データに加えて、損傷図から得られる、「ひびわれの程度・範囲」、「点検対象物におけるひびわれの発生位置」、「ひびわれ損傷の形状」の3つの情報を説明変数として用いることで、健全度の再現率が上がることがわかった。

## 7. まとめと今後の課題

本研究では、超高解像度のカメラで撮影した RC 橋脚の画像を用いて、画像目視点検の環境を構築し、複数の橋梁点検経験者にひびわれの検出・診断をしていただき、画像目視点検の有用性・課題について把握を行った。ヒアリングの結果、画像目視点検は近接目視点検を約 74.2%再現できていることが分かった。再現できていない部分としては、画像は 2次元であり、実際に点検物に触ることができないため、ひびわれと打ち継ぎ目やチョーキング、遊離石灰の違いを判別することが困難である点と細かなひびわれが画像分解能によっては把握できない点であることが分かった。画像目視点検の近接目視点検に対する再現率は 100%でないにもかかわらず、画像のみでのひびわれ検出・診断に抵抗を感じない橋梁点検者も一定数いることが分かった。

また、画像目視点検においてひびわれ検出・診断結果の診断者によるばらつきについて評価を行った。既往研究で行われている近接目視点検においてのひびわれ検出結果のばらつきの評価値と比較した結果、画像目視点検のほうがひびわれ検出結果のばらつき

が小さくなることが明らかとなった。また、橋梁の点検経験年数とひびわれ検出時間で被験者をクラスター分析を用いて分類し、各クラスターでの検出結果のばらつきを評価した結果、橋梁の点検経験年数とひびわれ検出に要した時間が似ている点検者同士であるとばらつきが小さくなることが分かった。

診断結果も診断者によってばらつくことが明らかになり、要因としては、ひびわれ検出結果の差異、点検者の評価基準の差、ひびわれ幅や間隔が計測できていないことが考えられる。

今後の課題として、ひびわれ幅や間隔が計測できる画像目視点検環境を構築し、ひびわれ幅や間隔が客観的に計測できる場合の診断結果のばらつきについても評価する必要がある。

また、本研究では、同じ画像を用いてひびわれ検出を行っているため、損傷規模の異なる橋脚や、他の部材についても検証する必要がある。

画像分解能によってもひびわれ検出結果や診断結果が異なる可能性があるため、画像分解能の異なる画像でも、点検者による診断結果・点検結果のバラツキを評価し比較することが必要である。

### 参考文献

- 1) 南貴大, 藤生慎, 中山晶一朗, 高山純一: 定期点検結果を用いた既存コンクリート桁の劣化速度に影響を与える環境要因分析, 土木学会論文集 D3, Vol.73, No.5, pp323-330, 2017.
- 2) 貝戸清之, 小林潔司, 青木一也, 松岡弘大: 混合マルコフ劣化ハザードモデルの階層ベイズ推計, 土木学会論文集 D3, Vol. 68, No. 4, pp.255-271, 2012.
- 3) 津田尚胤, 貝戸清之, 山本浩司, 小林潔司: ワイブル劣化ハザードモデルのベイズ推計法: 土木学会論文集 F, Vol.62, No.3, PP473-491, 2006.
- 4) 小林潔司, 貝戸清之, 大井明, Nguyen Dinh THAO, 北浦直樹: データ欠損を考慮した複合的隠れマルコフ舗装劣化モデルの推計, 土木学会論文集 E1, Vol.71, No.2, pp63-80, 2015.
- 5) 水谷大二郎, 小濱健吾, 貝戸清之, 小林潔司: 社会基盤施設の多元的劣化過程モデル, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No. 1, pp34-51, 2016.
- 6) 宮本文穂, 江本久雄, 高橋順, 平西邦裕: 現地調査に基づく撤去橋梁の健全度診断と余寿命推定およびその検証方法, コンクリート工学論文集, Vol. 23, No. 3, pp119-132, 2012.
- 7) 今井道男, 太田雅彦, 露木健一郎, 今井浩, 三浦悟, 村田一仁, 高田巡: 高速撮影動画を用いたデジタル画像相関法によるコンクリート構造物の動的挙動把握, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.72, No.1, 279-289, 2016.
- 8) 西村正三, 木本啓介, 松岡のどか, 大谷仁志, 緒方宇大, 松田浩: 橋梁維持管理における遠隔測定法の開発と評価, 応用測量論文集 24, 52-61, 2013.
- 9) 岡田佳都, 岡谷貴之: 橋梁点検を代替するための受動回転球殻を有するマルチコプタの開発と実橋梁における点検性能評価, 日本ロボット学会誌, Vol.34, No.2, pp119-122, 2016.

- 10) 木本啓介, 山口浩平, 奥松俊博, 河村太紀, 松田浩: 光学的計測手法による仮設足場を必要としない橋梁点検手法の開発, 長崎大学大学院工学研究科研究報告, 47(89), pp.59-66, <http://hdl.handle.net/10069/37675>, 2017.
- 11) 藤田悠介, 田口岳志, 浜本義彦: コンクリート構造物の外観検査のための画像合成および半自動ひび割れ評価, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.74, No.1, pp18-32, 2018.
- 12) 南貴大, 藤生慎, 高山純一, 須田信也, 奥村周也, 渡辺一生: 超高解像度カメラで撮影された画像を用いた橋梁点検の実施可能性に関する基礎的検討, 社会技術研究論文集, Vol.15, pp54-64, 2018.
- 13) Phase one industrial iXU-RS 1000, [http://industrial.phaseone.com/iXU\\_camera\\_system.aspx?c=ixurs1000](http://industrial.phaseone.com/iXU_camera_system.aspx?c=ixurs1000), 2017年10月17日閲覧.
- 14) Capture One Pro 11 Imaging Software | Phase One, <https://www.phaseone.com/ja-JP/Capture-One.aspx>, 2018年10月17日閲覧.
- 15) 国土交通省道路局国道・防災課, 橋梁定期点検要領, [http://www.mlit.go.jp/road/ir/ircouncil/pdf/yobo3\\_1\\_6.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ircouncil/pdf/yobo3_1_6.pdf), 2018年10月17日閲覧

## A BASIC STUDY ON DIAGNOSTIC IMAGING TECHNOLOGY FOR BRIDGE INSPECTION USING SUPER HIGH RESOLUTION CAMERA AND RESULTS OF VISUAL INSPECTIONS

Takahiro MINAMI<sup>1</sup>, Wataru URATA<sup>2</sup>, Makoto FUJII<sup>3</sup>, Tomotaka FUKUOKA<sup>4</sup>, Junichi TAKAYAMA<sup>5</sup>,

In Japan, there is a discussion about the replacement or extension of the service life of the bridges built during the rapid economic growth period, which are now reaching the end of their planned service period. As issues with the continuing close visual inspection of bridges are surfacing, the remote imaging system is expected to become a new inspection method that replaces close visual inspection. Using images of an entire pier with 100 million pixels taken with a super-high-resolution camera, and an inspection environment similar to that of on-site close visual inspections by human inspectors was created. We conducted interviews with experienced bridge inspection and examined the usefulness and issues of image visual inspection. In case of image visual inspection, we examined inspectioner's variation in inspection result.