

## (42) コンクリート表面ひび割れ点検支援策

広田 健一<sup>1</sup>・勝尾 伸一<sup>1</sup>・小島 尚人<sup>2</sup>  
大和田 勇人<sup>3</sup>・山下 剛史<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本シビックコンサルタント (株) (〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-26-2)  
E-mail: hirota-kn@nccnet.co.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 東京理科大学 理工学部 土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

<sup>3</sup>正会員 東京理科大学 理工学部 経営工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

<sup>4</sup>非会員 東京理科大学 理工学部 土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

本研究は、コンクリート表面のひび割れ点検精度の向上を目的として、動画視認性評価システム (VISシステム:VISibility evaluation system of feature composite moving image inducing visual illusion)の機能を拡充し、現場適用効果を示したものである。VISシステムは、錯視誘発画像特徴合成動画とそれに対する視認性評価動画をリアルタイムでPC (ノート・タブレット型)画面上に表示し、ひび割れ点検支援を担う。トンネル覆工、床版等の点検を試みた結果、点検対象から10m離れても幅0.2mm (管理境界)のひび割れを探索・発見でき、さらに、高所作業台からのチョークによる描画記録時のひび割れ見落とし対策としても寄与できることが判った。

**Key Words :** crack detection of concrete surface, concrete surface, moving image, visual illusion, image texture, image enhancement and interpretation

### 1. はじめに

土木構造物の劣化が進み、効率的かつ効果的な点検対応が求められている中、コンクリート表面のひび割れ探索精度の向上、点検作業の効率化を目指した技術開発が喫緊の検討課題となっている。例えば、トンネル覆工コンクリート表面のひび割れ点検では、交通規制をかけて動画を撮影し、ひび割れ展開図を自動作成する専用システムの開発が進んでいる<sup>1)</sup>。しかし、現状では、徒歩や高所作業台からの目視点検時に撮影する画像 (ほとんどがデジタルカメラ撮影による静止画<sup>2)3)</sup>)と点検記録を事務所に持ち帰り、静止画に対する「ひび割れ判読・判定処理<sup>3)</sup>」を実施することが多い。点検コストや交通規制の制約がある現場が数多く、点検対象工種も多岐にわたること等がその理由の一つである。

静止画を用いたコンクリート表面ひび割れ検出に関する研究は数多いが<sup>1)</sup>、現場で撮影される動画に対するリアルタイム処理には言及されていない。現状の「点検体制を変更」することなく、「現場点検と室内点検」を併用して、「ひび割れ探索精度を向上」させることが点検支援システムの開発要件の一つになると言える。

筆者らは、各種検査計測動画に対してリアルタイムでひび割れを強調し、判読支援を担うシステム、いわゆる動画視認性評価システム (VISシステム:VISibility

evaluation system of feature composite moving image inducing visual illusion)を開発し<sup>4)7)</sup>、各種検査計測動画への適用性の検討を進めている。このシステムでは「擬似回転錯視と残像錯視」を誘発する錯視誘発画像特徴合成動画 (Feature Composite moving image inducing visual illusion:FC動画)」と、それに対する「視認性評価動画」をリアルタイムで表示できる。「擬似回転錯視」によって「ひび割れ強調」、「残像錯視」によって「元画像の画質維持・鮮鋭化」効果を得られる点が特色となっている。現場点検時の撮影動画に対するひび割れ探索精度の向上が期待できるが、点検工種 (トンネル覆工、床版、橋脚等)は様々であり、現場でのFC動画と視認性評価動画によるひび割れ探索精度の検証が今後の課題となっていた。

そこで、本研究では、コンクリート表面のひび割れ点検精度の向上を目的として、VISシステムを現場点検と室内点検に併用した場合の効用に関する検討に着手した。

### 2. 本研究の特色と検討ケース

#### (1) VISシステム拡張開発要件

「ひび割れ点検システム」の設計・開発では、工種別に数多くの点検現場に従事する技術者の立場に立って考えることが必要となる。本研究では、VISシステムを現

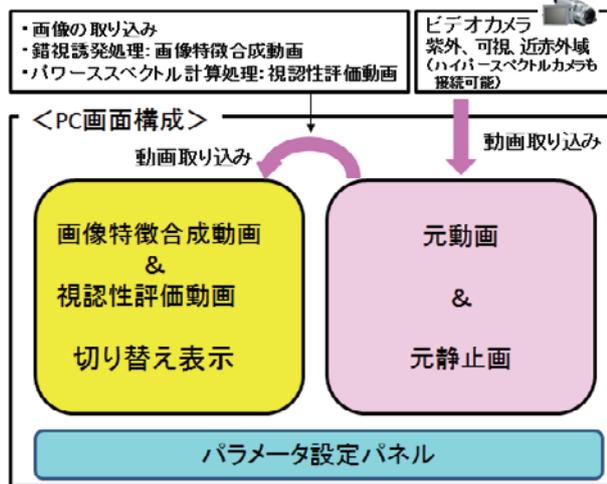


図-1 VISシステム画面構成の特色

場対応型システムに拡張すべく、以下の開発要件を設定した。VISシステムは、これらの点に配慮した現場対応型システムとなっている（3章(3)）。

- a) 即時現場でシステムを導入・稼働でき、現場での操作が簡易なこと。
- b) 現状の点検体制の変更がなく、点検作業に支障がないこと。
- c) 現場点検と事務所に戻っての室内点検を併用し、FC動画と視認性評価動画を通して、ひび割れ探索精度を向上できること（ひび割れ展開図へ反映）。
- d) 既稼働の専用点検システムとも接続・連携でき、拡張性を有すること。

なお、FC動画、視認性評価動画の内容と作成方法は、文献4～7)を参照されたい。

## (2) VISシステムの特徴

VISシステム（Java言語で開発）は、市販ビデオカメラとPC（ノート、タブレット型）を接続するだけで利用可能となる。FC動画とそれに対する視認性評価動画をリアルタイムでノートPCの画面上に表示し、ひび割れ探索支援を担う。図-1にVISシステムの特徴の一つである画面構成を示す。画面右側に元画像、左側にFC動画と視認性評価動画が表示される。これらのウィンドウ配置はマウスで任意に移動できる。

VISシステムは、画面上に表示される元画像を取り込んでFC動画と視認性評価動画を作成する。画面上に表示されればよいとため、元画像は静止画、動画のいずれにも対応できる。この設計によって、元画像を表示する際のソフトの制約をなくしている。マウス操作（あるいはタッチ操作）だけで、適宜、FC動画と視認性評価動画を切り替えつつ、元画像と比較可能である。高価かつ専用の画像処理ソフトの導入や操作方法をマスターする必要もない。

交通規制をかけて、まとめて撮影する点検動画に対してもFC動画と視認性評価動画を作成・比較することができる。既往の各種点検システムをみても、元動画の「画質改善、画像特徴強調、ひび割れ探索」処理を同時に、かつリアルタイムでは実施できない<sup>1)8)</sup>。これら既往の点検システムに、VISシステムをインストールしたノートPCを接続すれば、点検動画を取り込んでリアルタイムでひび割れを探索が可能となる。もちろん、事務所に動画を持ち帰り、室内での詳細点検も実施できる。VISシステムは、各種既存の点検システムとの接続・連携もでき、拡張性あるシステムとなっている。VISシステムの特徴の一つである。

## 3. VISシステムによるひび割れ探索効果

### (1) 検討ケース

現場適用に際して、本研究開発では、次の2項目の検討に着手した。

- ・検討ケースA：室内実験、動画拡大率とひび割れ視認性評価（3章(2)）
- ・検討ケースB：現場実験、リアルタイムひび割れ発見精度の検討（3章(3)）

ケースAでは、室内実験を通して、動画拡大機能によって5m離れた地点から微細ひび割れ（幅0.2mm管理限界）の視認性の有無について検討する。ケースBでは、トンネル覆工コンクリート、床版、橋脚等の点検を試みるとともに、現場でのVISシステム導入効果の有無について検討する。

### (2) 室内実験：動画拡大率とひび割れ視認性評価

動画に対する拡大率とひび割れの視認性評価について、室内実験を実施した。ビデオカメラを三脚に設置し、リアルタイムでひび割れ探索を実施した。図-2がその結果である。

観測対象は、RC梁の曲げ・せん断試験終了後のコンクリート表面である。左側から元動画、FC動画（分散特徴合成）、視認性評価動画の順である。拡大率は10倍、20倍、40倍の出力結果を掲載した。

拡大率40倍の視認性評価動画の中央部をみると判るが、判読基準として、幅0.2mm、長さ2cmのシャープペンの針を貼付してある。この針が青色に発色している。この発色基準により、緑色のひび割れの幅は0.2mmより小さく、青色のひび割れの幅は0.2mm以上となる。リアルタイム処理であっても容易にひび割れ幅の違いを判読できるようになっている。

図-2の拡大率40倍のFC動画を見ると、錯視誘発効果により、シャープペンの針の左上部にうっすらとひび割

拡大率	元動画 ビデオカメラ	画像特徴合成動画 合成画像特徴：分散	視認性評価動画
10倍			
20倍			
40倍			

注1)視認性評価動画 ひび割れ幅： $p$   
 緑色のひび割れ： $p < 0.2\text{mm}$ 、青色のひび割れ： $p \geq 0.2\text{mm}$   
 2)視認性評価動画中央部：幅0.2mm、長さ2cmのシャープペンの針を貼付  
 3)コンクリート表面からビデオまでの距離：5m

図-2 動画拡大率の違いに伴うひび割れ視認性の検討

れが浮かびあがって見えている。このFC動画に対する視認性評価動画を見ると、幅0.2mm以下のひび割れが明瞭に検出できている。実際にコンクリート表面を確認したところ、この箇所は、コンクリート表面がはらんで浮いており、当該ひび割れは「浮きひび割れ」であることが確認された。コンクリート表面あるいはコンクリート塊の剥離危険箇所判定支援につながる結果と言える。拡大率10倍の元動画では、この箇所のひび割れは判読できないが、視認性評価動画ではうっすらとはあるが確認できる。

これらの結果から、FC動画と視認性評価動画を適宜切り替えながら、ひび割れと思われる箇所を現場で発見したら、動画を拡大し、さらにひび割れを探索していくといった処理が実現できたこととなる。

### (3) 現場実験：リアルタイムひび割れ発見精度の検討

前述の結果をもとに、VISシステムを現場に持ち込み、トンネル覆工コンクリート表面、床版、橋脚等のひび割れ探索を試みた。いずれも微細ひび割れを探索・発見できたが、紙面の都合上、チョークによるひび割れ記録時の見落とし対策に寄与できることも判ったので、その内容について紹介する。その時の点検結果を図-3に示す。

図-3(a)が視認性評価動画、図-3(b)が元動画である。図-3(b)の右側にチョークによるひび割れの記録があるが、図-3(a)の視認性評価動画を見ると、チョーク記録の端部からさらに左側に延びる微細ひび割れが存在していることが判る。高所作業台にいる点検者は、80cm程度離れた箇所からチョーク棒を用いてひび割れに沿って描画する。この程度の距離であっても、現場では点検者がひび割れを視認できず、見落すことになる。図-3(a)

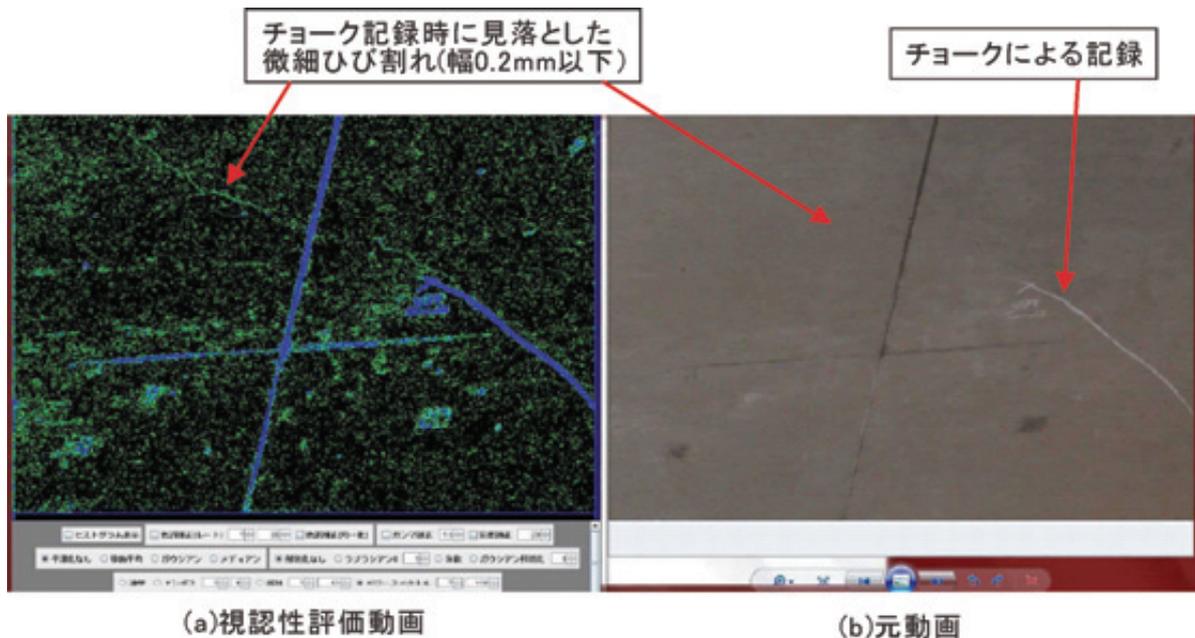


図-3 VISシステム現場適用効果：チョークによる記録時のひび割れ見落とし箇所

の視認性評価動画上では明瞭にひび割れ（幅0.2mm以下）が検出できている。FC動画と視認性評価動画を切り替えつつ、探索していった結果、微細ひび割れが現場で発見できた事例である。

図-3(b)の元動画は拡大図であり、拡大すると画質が「ぼやけ」、ひび割れの視認性が低下するといった問題もあるが、視認性評価動画を見ると中央部に幅0.2mm以下のひび割れが視認できている。元画像を鮮鋭化できるFC動画に対する視認性評価動画上の効果でもある。室内実験同様に、現場においてもVISシステムの動画拡大による微細ひび割れの探索・発見効果が認められる。

#### 4. まとめ

本研究の内容は、以下の3点にまとめられる。

(a) VISシステムの現場導入前の室内実験を通して、動画拡大機能によって5m離れた地点から「幅0.1mmのひび割れ（0.2mm管理境界）」も視認できることが確認された。特に、コンクリート表面の「はらみ、浮き」に伴う「幅0.2mm以下」のひび割れも強調・判読でき、コンクリート表面あるいはコンクリート塊の剥離危険箇所判定支援につながることを示した。

(b) この結果のもとに、VISシステムを現場に持ち込み、トンネル覆工コンクリート表面、床版、橋脚等の点検を試みた結果、点検対象から10m程度離れても幅0.2mmのひび割れを探索・発見できることが判った。

(c) さらに、高所作業台からのチョークによるひび割れ描画時の見落とし対策にも寄与できることが判った。現状の点検体制を変更することなく、VISシステムは現

場稼働でき、ひび割れ点検支援に寄与できることを示した。VISシステムは、通常のPCとビデオカメラを接続するだけであり、導入コストも安価で、操作も簡易であり、現場対応型システムとして有用となる。

本研究では、観測波長帯として可視領域で観測される動画を対象とした。近赤外領域、紫外線領域で観測されるビデオカメラ（UAV搭載点検等）、あるいはハイパースペクトルカメラもVISシステムに接続できる。観測波長帯別のFC動画、視認性評価動画によるひび割れ検出精度の比較・検討を予定している。今後この方面の研究にもVISシステムが寄与できるものと考えている。

#### 参考文献

- 1) NEXCO 西日本：トンネル覆工点検システムの開発、  
<<http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h26/0730b/>>  
(入手 2014.8.21)。
- 2) 藤田悠介，中村秀明，浜本義彦：画像処理によるコンクリート構造物の高精度なひび割れ自動抽出，土木学会論文集 F（土木情報学），Vol.66，No.3，pp.459-470，2010。
- 3) 藤岡彩永佳，小林 聖，渡辺賢三，坂井吾郎，坂田昇，細田 暁：目視調査に基づくコンクリート構造物の表層品質評価手法，第 26 回 構造物の診断と補修に関する技術・研究発表会論文集，pp.41-46，2014。
- 4) 小島尚人：画像判読支援動画生成方法，プログラム及び画像判読支援動画生成装置，特許第 4868509 号，2011。
- 5) 広田健一，二宮建，小島尚人，大和田勇人：画像特徴複数合成強調・判読支援動画作成アルゴリズムの構築とその実用化への一提案，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.67，No.2，pp.1 44-1 56，2012。
- 6) 小島尚人，永倉佑一：画像特徴合成動画生成装置，画像特徴合成動画生成方法，及びプログラム，特許第 5246770 号，2013。
- 7) 重岡 匠，広田健一，小島尚人，金子和弘：錯視を誘発する画像特徴合成動画に対する視認性定量評価の試みとその実用化，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.2，pp.1 9-1 18，2013。
- 8) 梅津健司，藤原保久，浅井洋，千葉嘉隆：橋梁等構造物の点検ロボットカメラの性能検証，第 26 回 構造物の診断と補修に関する技術・研究発表会論文集，pp.47-52，2014。