

橋梁点検の勘所とそれを実現する VR 橋梁損傷体験システムの有効性

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○西田 彼方
山口大学大学院理工学研究科 学生会員 長崎 恭次
山口県土木建築部道路整備課 正会員 澤村 修司
山口大学大学院理工学研究科 フェロー会員 宮本 文穂

1. はじめに

近年、日本の既存橋梁の多くは高齢化が進み、橋梁の維持管理が重要視されている¹⁾。しかしながら、維持管理業務の基本である目視点検には、点検・診断にコストがかかる。さらに、少子高齢化によって若手技術者の減少や熟練技術者の退職による人材不足により若手技術者が熟練技術者から点検技術を教わる機会が減り、専門知識を持った若手技術者が減少しているという大きな問題がある。これらの問題を解決する方法として、バーチャルリアリティ (VR) 技術を利用した橋梁点検技術教育のための新たなシステムとして、VR 損傷体験システム (以下、本システム) が開発されている²⁾。本研究では、本システムを作成する際に、どのように橋梁を VR 化するかを検討するために、山口県橋梁点検要領 (案) と山口県の橋梁点検データを用いて橋梁点検の勘所を調査した。また、山口県の技術職員の方々に本システムを体験して頂き、その有効性を調べた。

2. 点検の勘所

本システムでは現在、コンクリート橋を対象に開発を行っている、山口県若手土木職員にコンクリート橋の点検の勘所を理解できるように VR を用いて説明することから、山口県橋梁点検要領 (案) と山口県の橋梁点検データ (案) を基にコンクリート橋の点検の勘所を調査した。

コンクリート橋に発生する損傷として、ひび割れ、剥離鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、コンクリート補強材の損傷、床版ひび割れ、浮き、腐食などが挙げられる。点検する際には、これらの損傷の状況を判定しなければならない。山口県橋梁点検要領 (案) での損傷判定は a, b, c の三段階で行い、a

は「損傷なし」、b は「損傷が発生している」、c は「損傷が著しい」とされている。図-1 に上部工コンクリート主桁のひび割れと剥離鉄筋露出の判定例を示す。

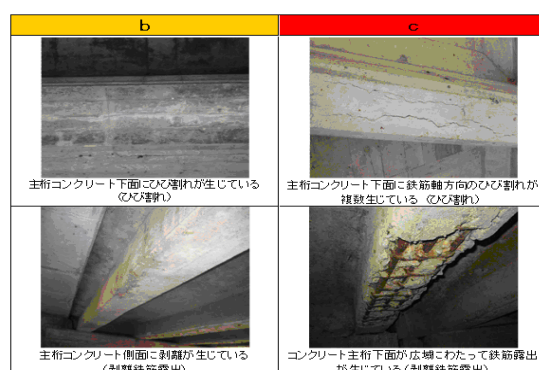


図-1 ひび割れと剥離鉄筋露出の判定例

次に、コンクリート橋の点検時に着目すべき箇所は、以下の通りである。(図-2)

- ①橋梁全体について桁端部は健全か
 - ・支承周りを良く見る。
- ②RC 橋について
 - ・ひび割れが発生していないか。
 - ・ひび割れから、遊離石灰、鉄筋の錆汁は出ていないか留意する。
- ③PC 橋について
 - ・ひび割れが発生していないか。
 - ・PC ケーブルのシース位置からの水漏れ、遊離石灰、鉄筋の錆は出ていないか留意する。
 - ・支間中央部で下面に縦方向にひび割れがあれば要注意とする。
 - ・PC 鋼材にそったひびわれも要注意とする。
 - ・PC 橋の間詰め部からの水漏れ、遊離石灰、鉄筋の錆は出ていないか。
 - ・昭和 50 年頃までのプレテン T 桁橋の間詰めコンクリート形状は、落下しやすい形状となっており、要注意とする。

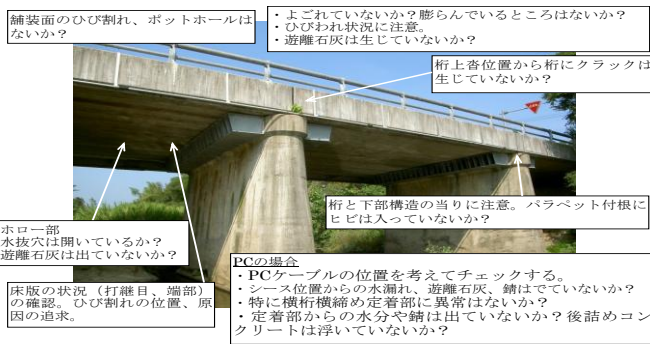


図-2 コンクリート橋の点検の勘所

また、損傷の種類ごとの発生しやすい箇所を留意しながら点検を行う。例として、図-3 にひび割れの発生箇所を示す。

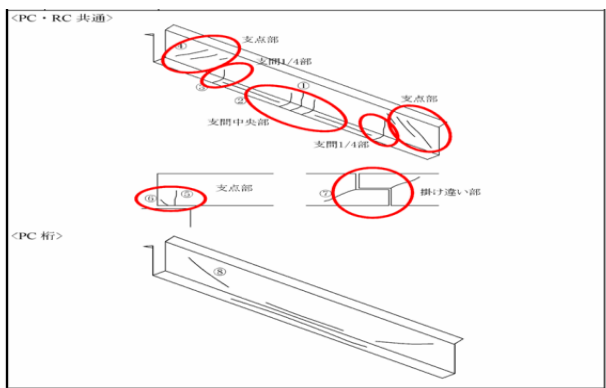


図-3 ひび割れの発生箇所

図-3 の①、②は支間中央部、③は支間 1/4 部、④、⑤、⑥は支点部、⑦は掛け違い部、⑧は PC 桁全体である。ひび割れはこれらの箇所に発生しやすいため留意しながら点検する。

橋梁点検技術者教育に効果を示すため、このような点検の勘所を表現した本システムを作成する。

山口県の橋梁点検データから、各損傷の対策区分を調査した。

対策区分 A：対策の必要なし B：経過観察 C：対策の必要あり

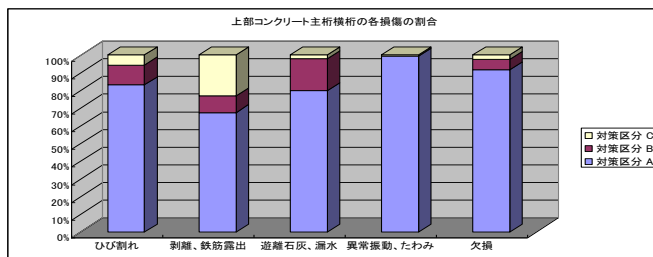


図-4 コンクリート橋主桁・横桁の各損傷の割合

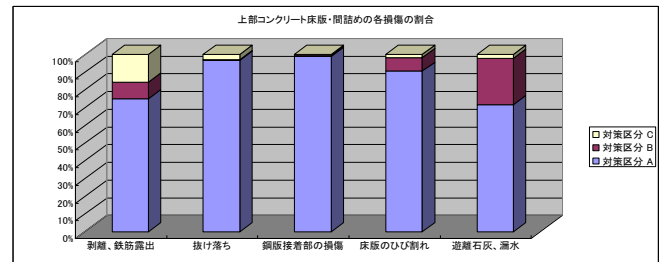


図-5 コンクリート橋床版・間詰め各損傷の割合

図-4 と図-5 により、対策をする必要があるものは、ひび割れと剥離・鉄筋露出の損傷である。そのため本システムを作成する際の、写真撮影と画像加工の工程では、これらの損傷に対しては画質を保ったまま撮影、編集を行ない、体験者が損傷を理解しやすいように作成する。またひび割れと鉄筋露出と一連の流れで発生する浮きの損傷も明確に VR 化しなければならない。これらの損傷が本システムで、体験者に理解されているかを若手の県技術職員を対象とした橋梁技術者講習会で検討する。

3. 本システムの概要

本システムは、図-6 に示すような 3 次元コンピュータグラフィック (3D-CG) を用い、橋梁の立体モデルを作成し、VR 環境を実現することにより、時間や場所の制約を受けることなく橋梁の点検を繰り返し体験できるシステムである。VR 損傷体験システム作成のための作業として、以下の 5 つが挙げられる：①橋梁の外観を撮影、②画像の加工、③画像の連結、④3 次元 CG モデルの基盤作成、⑤モデル基盤に画像の貼り付け。

以上の作業を行い、VR 損傷体験システムが完成する。本システムの作成手順の流れを図-7 に示す。本システムを体験することにより、現場に行かずして橋梁点検の体験が行えるため、低コストで橋梁点検技術者の育成を行うことができる。本システムの機能として、(1)画像による損傷確認、(2)VR を利用して点検箇所のウォークスルーによる疑似体験、(3)損傷の確認と評価レベルの確認、(4)点検者の意見のフィードバックなどがある。現在の本システムは 3D-CG モデルを自在に視点操作できるという段階であり、他機能の追加改良が検討されている。



図-6 3次元CGモデル

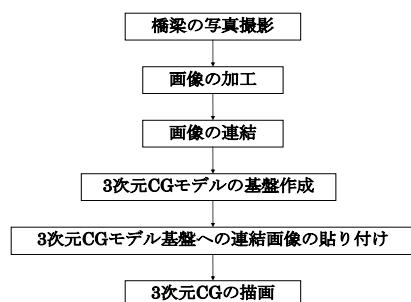


図-7 本システム作成の流れ

4. 本システムの有効性の検討

山口県では「山口県橋梁メンテナンスエキスパート講習会（ME 講習会）」と称する，若手の県技術職員を対象とした橋梁技術者講習会が開催されている．この講習会では，橋梁の維持管理に関する幅広い内容について講義・実習が行われている．そこで，本システムを使用して頂き，橋梁点検技術者教育に効果が得られるか検討した．

昨年の講習会では，橋梁の目視点検実習を行う前に本システムを用いて，講師となる専門技術者により目視点検の手順やポイント，実習を行うスパンの損傷の説明をして頂いた．受講されている点検技術者の方々には橋梁3D-CGモデル上で擬似的に目視点検をして頂いた．その後，実橋梁での目視点検実習における点検結果が向上するかを調べる．今年の講習会では，本システムを使用せず，目視点検の手順やポイント，実習を行うスパンの損傷の説明をして頂いた．本システムを使用しない代わりに，現地では点検してもらう前，いくつか実際に発生している損傷を例に点検のポイントの説明をして頂いた．対象

はS大橋（山口県内）のスパン1とスパン2である．スパン1に主に発生している損傷はひび割れ，鉄筋露出，浮きでスパン2に主に発生している損傷は遊離石灰である．スパン1は遠望目視点検で昨年は本システム使用，今年は本システム不使用で現地の実際の損傷を使用しての説明，スパン2は本システム不使用で現地での損傷説明も行わない，といった条件となる（図-8）．これらの目視点検結果を比較して損傷体験効果を検討する．

目視点検結果は損傷図に記入される．図-9に示すような専門技術者の点検結果を模範解答とし，受講されている点検技術者の点検結果を重ねて採点し，定量化を図った．以下にその手順を示す：

- (1)図-9のように損傷図の橋梁を縦に三分割し，各損傷箇所番号をふる．
- (2)採点項目は損傷の種類と位置の2つとする．
- (3)損傷の種類と位置の採点は別個に採点し，どちらも0～2点の中から点数をつける．

種類：模範解答と比べ，損傷が合っていれば2点，損傷が間違えていても損傷を見つけていれば1点，記入がなければ0点とする．

位置：模範解答と若手技術者の解答を重ねたときに少しでもマークと重なっていれば2点，重ならなければ1点，記入がない場合や，明白や目印がある中記入がずれていれば0点とする．

- (4)解答者が模範解答にない損傷を記入した場合は，加点も減点もせず無効とする．
- (5)それぞれの点数を表-1のように損傷の種類と位置の組み合わせにより，0～4点で総合点をつける．
- (6)各総合点を100点満点換算したものが，点検者1人の点数となる．

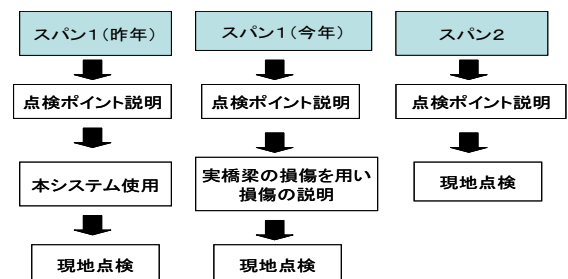
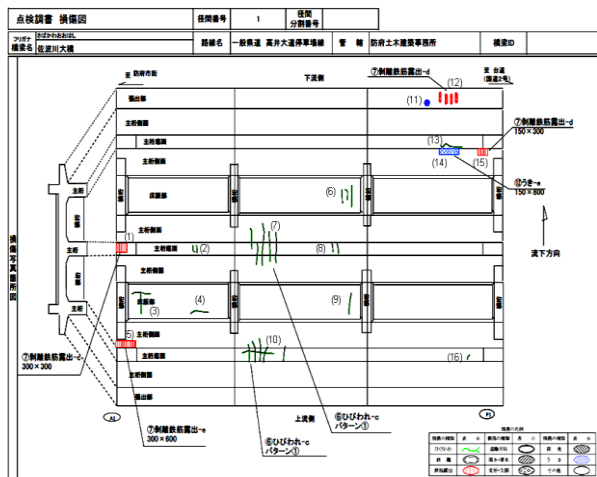


図-8 各スパンの条件



図－9 損傷図の記入例

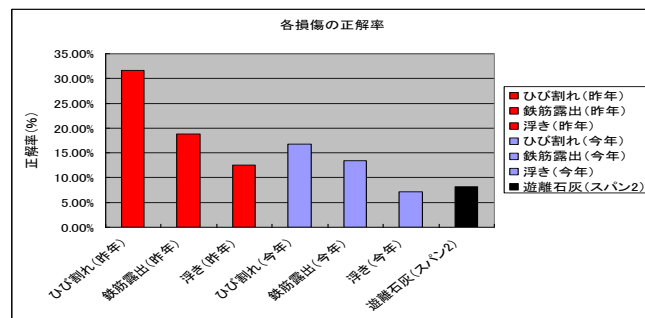
表－1 総合点の付け方

		損傷の種類		
		合う 2点	異なる 1点	記述なし 0点
位置	合う 2点	4点	2点	0点
	ずれる 1点	3点	1点	0点
	記述なし 0点	0点	0点	0点

5. 結果と考察

得られた採点結果をもとに作成した、昨年と今年のスパン1のひび割れ、鉄筋露出、浮きの正解率と、スパン2の遊離石灰の正解率を図－10の各損傷の正解率に示す。

図－10より、実際の橋梁で損傷説明した今年と本システムを使用して損傷説明した昨年を比べると、本システムは実際の損傷説明と同等以上の効果があることがわかる。また、実際の損傷でも本システムでも損傷の説明していない遊離石灰と、その他の損傷を比べると浮き以外の損傷には効果的であることが明らかとなる。ゆえに、本システムは、ひび割れと鉄筋露出の損傷説明を行うことに効果的であるという結論に至る。また、打音検査に依存する浮きの損傷に対しては、本システムの画像説明だけでは理解しづらいことがわかる。そのため、打音検査が体験できるように音響システムの導入が必要である。



図－10 各損傷の正解率

6. まとめ

本システムを作成する上で、重要となる損傷の種類やその劣化傾向を調査するため、山口県橋梁点検要領（案）と山口県の橋梁点検データを用いて橋梁点検の勘所を調査し、若手の山口県技術職員を対象とした橋梁技術者講習会（ME講習会）で本システムの有効性を検討した。以下に本研究の成果を示す：

- (1) コンクリート橋の主桁・横桁、床版に発生しやすい損傷としてひび割れ、鉄筋露出であった。
- (2) (1)の損傷とその損傷と関連性がある浮きの損傷が本システムで明確に表現できているか調査するため、ME講習会で本システムを使用し、その有効性を検討した。その結果、ひび割れと鉄筋露出においては本システムの損傷説明が効果的となることが明らかとなったが、打音検査に依存する浮きの損傷に対しては、本システムの画像説明だけでは効果的とは言えない。浮きの損傷を理解してもらうために、音響システムなどの導入の必要がある。
- (3) 本システムの現状は、VR化している損傷が主な損傷であるひび割れと鉄筋露出、浮きだけなので、これ以外の損傷もVR化していかなければならない。また、損傷ごとの特徴や発生しやすい箇所が理解できる橋梁を対象に本システムを作成する必要がある。

参考文献

- 1) 山口県土木建築部道路整備課：山口県橋梁点検要領（案），pp.3～41，2008年8月
- 2) 江本久雄・内村俊二・澤村修司・高橋順・宮本文穂：橋梁点検技術者のためのバーチャルリアリティ体験システムの開発，pp.1～18，2009年12