

点検現場にいるような臨場感を体感できる VR 点検シミュレーターの開発

やまもとく る み やまねたつゆき ど いたつろう かみしまりょうすけ
山本久留望¹・山根立行¹・土井達朗¹・神島涼佑¹

¹ (株) 建設技術研究所 東京本社 インフラマネジメントセンター (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町
3-21-1)

高度経済成長期に集中的に建設された橋梁等の道路構造物は老朽化が進行しており、道路管理者には5年に一度の近接目視点検が義務づけられ、点検結果に基づいたメンテナンスが求められている。点検・診断に係る技術力向上のため、従来は集合形式で地方公共団体職員を対象とした現場研修が行われていたが、近年では新型コロナウイルスの影響によりその機会が失われている状況にある。本稿は、コロナ禍における職員の学習機会の確保に対する解決策として、VR技術に着目し、点検現場を再現した仮想空間上の橋梁モデルにより、損傷確認から健全性診断までの橋梁定期点検の基礎的知識の習得ができる「VR点検シミュレーター」を開発した報告である。

Key Words : 橋梁点検, 新技術, 仮想空間, 点検シミュレーター

1. はじめに

高度経済成長期に集中的に建設された橋梁等の道路構造物の老朽化が進行しており、道路管理者においては、管理施設に対する効率的な維持管理が求められている。平成24年に発生した笹子トンネルの天井板崩落事故を受けて、平成26年度に橋梁、トンネルなどの道路施設に対して5年に一度の近接目視点検が義務づけられ、法定点検結果に基づいたメンテナンスが行われているところである。

全国の道路施設の大半(道路橋の場合: 全国約72万橋のうち、約91%(約66万橋))を管理する地方公共団体において、定期点検の義務化に伴う技術的な負担は大きい。特に、小規模な地方公共団体では土木系以外の職員が道路構造物のメンテナンスに従事することもあり、適切な維持管理のための技術的判断が困難な場合も多い。また、財政的な問題から点検費用を抑えるため、小規模橋梁に対する定期点検を職員自ら行うこと(直営点検)も珍しくないことから、点検・診断に係る職員の技術力向上は急務であるといえる。

このような現状を踏まえ、従来は国土交通省や県が主催者となり、地方公共団体職員を対象とした現場研修会を定期的に開催していた。現場研修会では、実橋に発生した損傷を実際に確認しながら、専門技術者による技術的な説明を直接受けることで、点検

についての必要な技術を学べる場となっていた。しかし、令和2年度の新型コロナウイルス感染症の流行を境に、現場研修会は相次いで中止となり、従来のような実践的な技術力向上の機会が失われている状況にある。

本稿は、コロナ禍により減少した地方公共団体職員の学習機会の確保に対する解決策の一つとして提案した「VR点検シミュレーター」(以下、点検VR)の開発について報告するものである。

2. 点検VRの概要

点検VRでは、現場を再現した仮想空間上の橋梁モデルにより、点検・診断を模擬体験できる。ゴーグルを装着した体験者は、橋梁モデル内で損傷を発見・観察し、損傷の範囲や程度等を把握した上で、橋梁の状態を診断することで、橋梁定期点検の一連の流れと基礎的知識の習得が可能となっている(図-1)。



図-1 点検VRの体験イメージ

3. 点検VR開発上のポイント

点検VRの開発フローを図-2に示す。

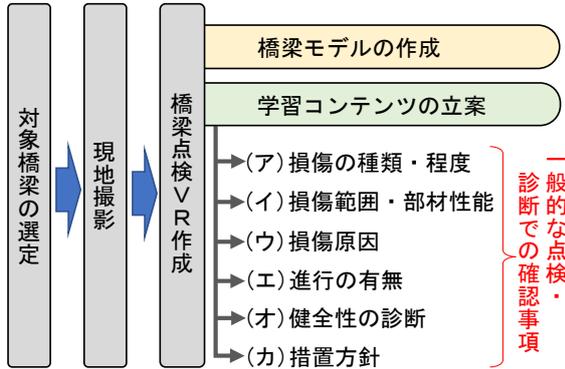


図-2 点検VR開発フロー

開発にあたっては、下記(1)~(3)のポイントを押さえ、有意義なコンテンツとなるように工夫している。

(1) VR空間上での健全性診断に必要な情報の表示

VR空間上で、健全性診断に必要な基本情報(対象橋梁の諸元や関連する図面)を確認するとともに、橋面や桁下といった任意の位置を選択・移動しながら、橋梁を取り巻く環境条件や、各部材に生じる腐食やひびわれ等の損傷を観察できるようにした。

(2) 臨場感を体感できる橋梁モデルの作成

VR空間上に配する橋梁モデルは、現場と同じ臨場感を体感できるように、3DCGでなく、実際の橋梁の360度画像を使用した。現地撮影では高品質画像が取得でき、撮影時間短縮が可能な小型の360度カメラを使用し、対象形式は鋼橋とコンクリート橋の2パターンとした。

(3) 橋梁点検に必要な知識を効率的に習得できるコンテンツの立案

VR空間上の橋梁モデルから損傷発生箇所を探し、見つけた損傷をクリックすると、図-2(ア)~(エ)に関する情報が表示され、「(オ)健全性の診断」をクイズ形式にすることで、楽しみながら診断時のポイントや、損傷に対する「(カ)措置方針」を学ぶことができるコンテンツを立案し、点検VRに実装した。

4. 点検VRの開発

(1) 対象橋梁の選定

直近の定期点検で、主要部材に顕著な損傷が確認された橋梁のうち、様々な種類の損傷が発生しているA橋(鋼橋)、及びB橋(コンクリート橋)を対象橋梁として選定した(図-3)。

(2) 現地撮影の実施

VR空間上の橋梁モデルの作成のため、360度カメラを用いて対象施設の全体写真を撮影した(図-4)。なお、撮影箇所は橋面と桁下とした。



図-4 現場(桁下)での撮影風景

橋梁情報		橋梁情報	
橋梁名	A橋(鋼橋)	橋梁名	B橋(コンクリート橋)
架設年次	1994年	架設年次	1985年
橋長	32.0m	橋長	10.0m
点検年	2015年	点検年	2016年
健全性	Ⅲ	健全性	Ⅱ
損傷状況		損傷状況	
部材名称	上部構造(床版)	部材名称	支承本体
変状種類	漏水・遊離石灰	変状種類	腐食
損傷状況		部材名称	上部構造(主桁)
損傷状況		部材名称	下部構造(壁壁)
損傷状況		変状種類	剥離・鉄筋露出
損傷状況		変状種類	うき

図-3 対象施設情報及び代表的な損傷(左:A橋(鋼橋),右:B橋(コンクリート橋))

(3) 橋梁モデルの作成

360度カメラで撮影した複数枚の360度画像をつなぎ合わせて、橋梁モデルを作成した。橋面と桁下の複数地点から任意の場所を選択することでモデル空間を移動し(図-5)、その場所を中心に全方向を見回すことができる。また、「カーソルの移動」と「決定ボタン」のみの直感的な操作で誰もが扱いやすいシステムとしている。

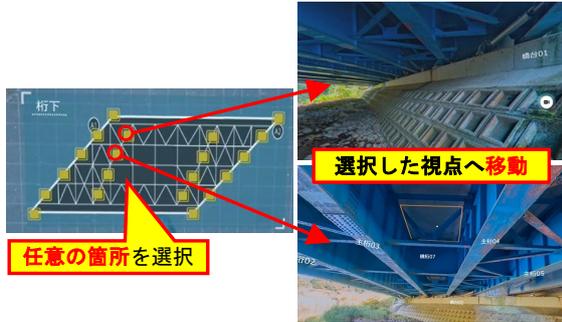


図-5 モデル空間の移動画面

(4) 学習コンテンツの立案

点検 VR 内の学習コンテンツは、道路橋の定期点検において必要となる基礎的知識の修得を目的とし、実際の橋梁点検の一連の流れや押さえるべきポイントをクイズ形式で学習できる内容とした。詳細を以下に示す。

a) 損傷の種類・程度の確認

橋梁モデル内の損傷箇所を選択し、損傷写真及び損傷状況等を確認することができる。例えば、図-6では、コンクリート床版に遊離石灰を伴うひびわれが発生しており、点検時のポイントとして、クラックスケールを用いたひびわれ幅の計測が例示される。また、コンクリートのうきが発生している箇所では、テストハンマーを用いた打音検査時の音(損傷箇所と健全な箇所の音の違い)を聞くこともでき、視覚



図-6 損傷確認画面

的・聴覚的に損傷に関する情報を取得できるように工夫している。

b) 損傷の範囲・部材性能の確認

損傷写真や損傷状況から、現状の「損傷範囲(例:局部的, 広範囲)」や「部材の性能(例:耐荷性能低下の可能性有り等)」に関する情報を確認できる。また、ズーム機能を搭載しており、局所的な損傷であっても拡大して発生状況を観察できるように配慮している。

c) 損傷原因の確認

b)の情報から推定される損傷の発生原因や損傷の進展理由を併せて確認できるようにすることで、点検時の着目点を学べるように工夫している。

d) 進行の有無の確認

前回点検時の損傷写真の情報から、損傷の進行度合を確認できる(図-7)。また、当該損傷の進行に影響する周辺部材(舗装, 伸縮装置等)の損傷状況も併せて確認可能としており、他部材との関連性を意識しながら診断を行うことができるように工夫している。



図-7 前回点検結果及び損傷の有無の確認画面

e) 健全性の診断

a)~d)の情報を基に、クイズ形式で健全性(I~IV)の診断を行うことができる(図-8)。回答画面では、診断理由や診断時のポイント等が確認可能である。また、

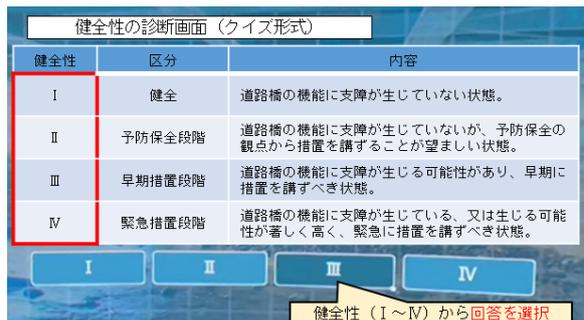


図-8 健全性¹⁾の診断画面

回答終了後のリザルト画面では、クイズの正答率が表示され、現時点での体験者の技術力が分かるように配慮している。

f) 措置方針の確認

クイズ回答後には、該当損傷に対する一般的な補修工法を確認することができる。措置方針は対象橋梁の定期点検調書（診断結果）の内容に基づき設定している。例えば、図-6、図-7の損傷（床版のひびわれ）の場合には、ひびわれへの「ひびわれ注入工」の実施に併せて、「床版防水工」や「炭素繊維補強」等の実施を提案している。

5. 点検VRを用いた講習会の実施計画

開発した点検VRを講習会に活用するため、実施計画を立案した。コロナ禍での実施となることを想定し、マスク着用や検温の実施の他、VR体験前後のVRゴーグル及びコントローラ等の使用機材（図-9）の消毒や密を避けた会場設営等、感染症対策を徹底した計画となるよう留意した。

講習会は地方公共団体の職員を対象とし、鋼橋及びコンクリート橋の点検VRを2人1組（VR体験者・サポート役各1名）で体験できるようにした（図-10）。また、ミラーリングにより体験中のVR空間の映像を大画面モニター及びビデオ会議ソフトウェア等で共有することで、VR体験者の損傷の見落としや間違った判断を複数名で議論できるようになり、待機中の受講者も主体的な参加が可能になるよう工夫している。

なお、令和4年度には、策定した実施計画に基づく講習会を複数の道路管理者に対し行う予定である。

6. おわりに

(1) 成果及び所見

本稿では、コロナ禍での道路橋の点検・診断に関する基礎的知識の学習機会の確保に向けて開発した点検VRについて報告した。成果及び所見を以下に示す。

a) 現場研修会に代わる新たな学習方法の提供

従来の現場研修会は、実橋での近接目視により行うことが一般的であったが、点検VRにより仮想空間上で現場と同じ臨場感、リアリティを体感できるようになった。

b) 現場研修会に実施における問題点の解消

研修ニーズに合わせて橋梁形式を選択し、代表的な損傷について効率的に学習できるため、「様々な損傷を一度に点検・診断できる実橋が少ない」、「当日の現地移動や安全管理及び関係者との事前調整など主催者側の準備に多大な時間と労力を要する」といった現場研修会開催にあたっての問題点を解消する



図-9 使用機材（VR機器、タブレット等）

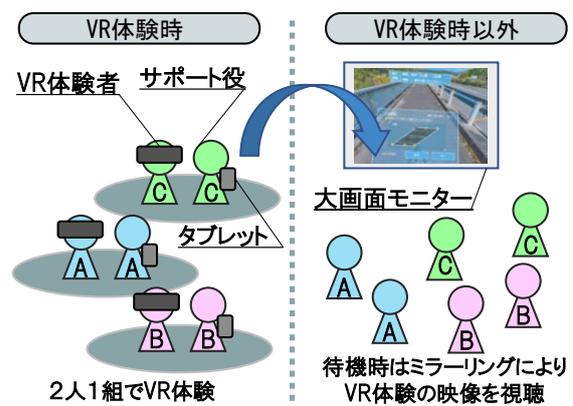


図-10 点検VR体験概要図

ことができ、新型コロナウイルス感染症の収束後にも十分に活用価値のあるツールを提供できた。

(2) 今後の展開

a) 体験者の声を踏まえた機能改良

今回開発した点検VRによる講習会を各地で実施し、使用感や内容に関する地方公共団体職員からの意見を収集し、適宜、機能改良やコンテンツの充実を図る。

b) その他施設のコンテンツ開発

一般的な鋼橋、コンクリート橋を対象として点検VRを作成したが、斜張橋やトンネル等、その他の土木構造物を対象とした新規コンテンツの開発を行う。

c) 海外の維持管理技術者に向けたコンテンツ開発

海外への事業展開や技術者育成のため、多言語でのコンテンツ開発を行う。

d) メタバース上の点検講習会の実施

開発したVR空間上の橋梁モデルを活用し、メタバース（インターネット上の仮想空間）上で模擬点検の様子を共有することで、リアルタイムでの意見交換を行い、体験者のより一層の技術力向上を図る取り組みを行う。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局 国道・技術課：橋梁定期点検要領, 2019