

## 鋼橋の疲労損傷に関する近接目視点検訓練シミュレータの開発・改良

一般財団法人 首都高速道路技術センター 正会員 ○葉山 瑞樹 藤原 俊輔  
首都高速道路株式会社 正会員 平野 秀一 日名 誠太

### 1. はじめに

道路法施行規則改正（平成 26 年 3 月 31 日公布、同年 7 月 1 日施行）により、道路橋の定期点検では、必要な知識及び技能を有する者が 5 年に 1 回の頻度で近接目視点検を行うことが義務化された。そのため、インフラ老朽化や生産人口の減少が進む中、点検技術者の効率的な養成が喫緊の社会的要求事項とされている。現状の点検技術者の教育は、テキストによる座学と現地の実習によるものに大別される。テキストによる座学は比較的容易に実施できるが、実際の構造を十分に理解することは難しい。対して現地における実習は、実構造物を見ることができるが、現地の準備や安全性の確保に労力を要することや実習できる人数に制限がある。これら座学と現地実習のメリット・デメリットを補完し、疲労き裂の発生部位と発生原因を机上で効率的に学習することを目的として、首都高速道路株式会社、東京都市大学、首都高技術株式会社、一般財団法人首都高速道路技術センターとの共同研究（平成 26 年度～平成 28 年度）において「鋼橋の疲労損傷に関する近接目視点検教育ソフト（以下、点検訓練シミュレータ）」を開発<sup>1)</sup>した。本稿では、点検訓練シミュレータの実装化を目的に実施した機能改良点について報告する。

### 2. 点検訓練シミュレータの概要

本システムは、3D ゲーム開発ソフト Unity を開発プラットフォームとして、橋梁の 3D モデル（図-1）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室内のパソコンにおいて実橋梁の点検を体験可能としており、①VR を利用して橋梁内のウォークスルーによる疑似体験、②橋梁内の近接目視点検、③疲労損傷の発生部位・発生原因学習、④点検数と損傷発見数のスコア評価を基本機能としている。

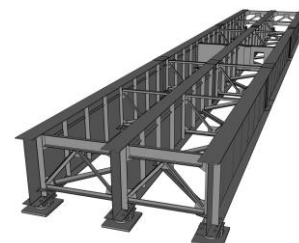


図-1 橋梁 3D モデル  
(RC 床版鋼単純 I 桁橋)

### 3. 機能改良点

#### 3-1. 点検箇所と損傷箇所の改良

点検訓練シミュレータ（図-2）の点検必要箇所は、鋼橋の典型的な疲労き裂の発生部位である 85 箇所であったが、実際の点検では全ての溶接箇所を近接目視する必要があるため、疲労き裂が発生する可能性のある全ての部位である 376 箇所に変更した。また、進展すると部材破断等の可能性のある危険なき裂の発生部位や典型的なき裂の発生部位に絞り込んだ点検も可能としている。危険なき裂については、シミュレータ開始前に解説資料を閲覧することで学習ができ、点検時に危険なき裂を見落とした場合は、点検終了時に警告メッセージを表示する。また、損傷箇所については、従来は点検必要箇所のうち 10 箇所を固定で設定していたが、継続的な学習ができるように、10 箇所をランダムに設定するよう改良した。

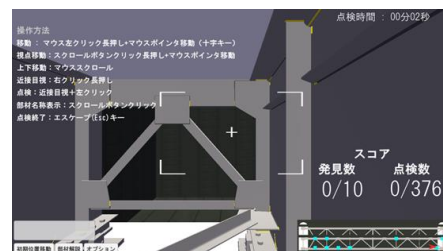


図-2 点検訓練シミュレータ

#### 3-2. 損傷ランク判定画面の追加

点検操作で損傷を発見した場合に表示する損傷ランク判定画面（図-3）を追加した。利用者は、損傷情報（部位、き裂長、母材影響等）や損傷写真（塗膜状態、き裂状態）から判断してクラック記号と損傷ランクの入力を行い、正答と比較することで学習ができる。また、クラック記号図や該当部位の損傷解説を表示して、クラック記号や損傷の発生部位詳細、発生原因を習熟することも可能である。



図-3 損傷ランク判定画面

キーワード 鋼橋、点検、疲労き裂、シミュレータ、教育

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル（一財）首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5751

3-3. 点検結果画面の追加

点検終了後、点検結果の確認やPDF出力ができる画面を追加した（図-4）。点検時間、点検箇所数、損傷発見数等のほか、全ての損傷箇所の詳細を一覧表示する。危険なき裂の見落としやランク判定誤りがあった場合など、シミュレータ画面に戻り再点検することもできる。

3-4. 橋梁 3D モデル（RC 床版鋼箱桁橋）の追加

点検訓練シミュレータの橋梁 3D モデルとして、従来は RC 床版鋼単純 I 桁橋のみであったが、新たに RC 床版鋼箱桁橋（図-5）を追加した。桁内には、ダイヤフラム、横リブがあり、縦リブには現場継手溶接部がある。また、片方の桁端部は切欠き構造としている。点検箇所は 1603 箇所、損傷箇所は 10 箇所ランダムで設定される。

3-5. 多様な利用者を想定した改良

パソコン操作に慣れない利用者でも直感的に操作できることを目的に、キーボードやマウスを多用せずマウスのみで移動操作や近接目視点検ができるように操作性や動作速度を改善した。加えて、点検初心者や点検経験者など、利用者のレベルに合わせて活用できるよう、点検箇所・損傷箇所のガイド（着色）表示切り替え、部材名称・解説表示の機能を追加した。また、点検訓練シミュレータをなるべく多くの利用者に体験してもらうための工夫として、ヘッドマウントディスプレイ（図-6）を用いた点検訓練シミュレータを開発した。実物に近い臨場感のある橋梁内の点検が体験できるものである。

4. アンケート調査の実施

改良した点検訓練シミュレータの有用性を把握するため、点検訓練シミュレータを用いた説明会等において、点検訓練シミュレータに関するアンケート調査を行った。アンケート調査項目とアンケート結果を以下に示す。

表-1 アンケート調査項目

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| Q1 | 操作は使いやすい。                   |
| Q2 | 構造物（構成部材や部材名称等）の学習として効果がある。 |
| Q3 | 疲労損傷の発生部位や発生原因の学習として効果がある。  |
| Q4 | クラック記号やランク判定の学習として効果がある。    |
| Q5 | 点検初心者向けに効果がある。              |
| Q6 | 点検実務者向けに効果がある。              |
| Q7 | 繰返しの継続学習に効果がある。             |
| Q8 | 自己のスキルアップとして効果がある。          |
| Q9 | 点検訓練シミュレータを今後も使用していきたい。     |

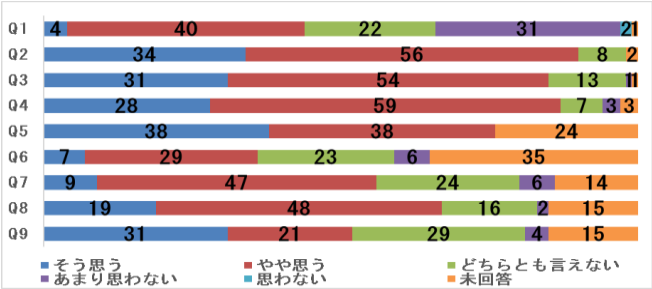


図-7 アンケート結果

全体を通して「そう思う」、「やや思う」が約70%で肯定的な回答であった。特に、Q2：構造物（構成部材や部材名称）の学習、Q5：点検初心者向けの学習については、非常に効果的であるとの回答が大多数であった。しかし、Q1：操作の使いやすさについては、「あまりそう思わない」「思わない」が33%の否定的な回答であり、「慣れるまでが難しい」、「操作性が良ければまた使いたい」との意見が多く、更なる改善の余地があることが伺えた。

5. まとめ

本開発では、鋼橋の疲労損傷に関する近接目視点検教育ソフト（点検訓練シミュレータ）の改良を行った。また、点検訓練シミュレータを用いて説明会を開催し、その後のアンケート調査によって評価を行い、点検初心者向けの学習ソフトとして非常に有効であることが分かった。点検技術者の技術力向上や疲労き裂の早期発見につなげるため、引き続き操作性の再検討やコンクリート構造物への適用等、更なる改良を検討していく予定である。

参考文献

1)横山 薫, 田井 政行, 小西 拓洋, 三木 千壽: 鋼橋の疲労損傷に関する近接目視点検教育ソフトの開発 土木学会論文集H(教育),Vol.73,No.1,67-75,2017.



図-4 点検結果画面

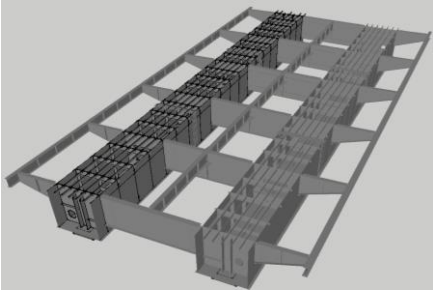


図-5 橋梁 3D モデル（RC 床版鋼箱桁橋）



図-6 ヘッドマウントディスプレイ