

## 2. VR 橋梁上部工モデルの製作と活用

### Production and Utilization of VR Bridge Superstructure Model

技術支援課 ○伊丹 博之、松浦 祐子、安藤 哲明、大澤 健二、関口 幹夫、  
鎌田 千秋（現 北多摩南部建設事務所）、辛島 望（現 道路管理部）

#### 1. はじめに

近年の急激な社会経済情勢の変化の中で、行政の技術職員に求められる技術は年々高度化・複雑化している。ベテラン職員の退職等も加わり、現場のノウハウを直接吸収する機会が減少しているのみならず、現場経験の機会そのものが減少している。

公共施設の整備から維持管理までの各段階で必要な能力・技術力を有する職員を育成するためには、現場経験が不可欠である。そこで、「実物の構造物を見る」ことにより現場実務の経験を補完し、現場での技術的判断力等の向上を効果的に図っていくことを目的に、平成 22 年度に土木技術支援・人材育成センター構内に実物構造物モデルとして、コンクリート擁壁モデル等の製作を行った。以降、令和 2 年度までに 25 モデルの製作を行い、技術研修等で活用している（図-1）。

令和 3 年度からは、従来の実物構造物モデルでは製作が困難である大型構造物等について、現場

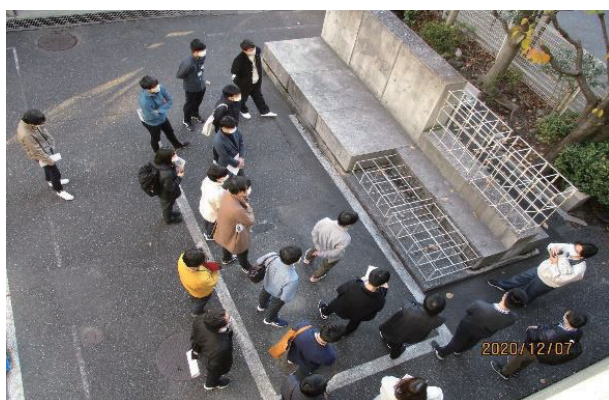


図-1 実物構造物モデルを活用した研修

さながらの体験が可能となる VR 技術を活用した構造物モデルの製作を開始した。

本報では、令和 3 年度に製作した VR 橋梁上部工モデルの概要、活用方法等を報告する。

#### 2. VR 橋梁上部工モデルの概要について

##### (1) 設計委託発注

令和 3 年 5 月、VR 技術を活用した構造物モデルを使用した技術研修コンテンツ等の作成を目的として、VR 橋梁上部工モデルの製作に係る設計委託の起工を行った。

本委託の起工は、受注者の技術力によって、差が出る可能性がある業務であると考え、参加者の提出する技術提案書を審査し、最適なものを特定することを目的に、プロポーザル方式を適用することとした。

業務内容は、以下のとおりである。

- ① VR 橋梁上部工モデルの設計
- ② 実物・実写コンテンツの作成
- ③ ①、②で作成した各コンテンツを活用した研修コンテンツの作成
- ④ ③で使用する研修システム環境等の提案及び操作マニュアル等の作成

##### (2) 設計委託の成果

受注者と協議等を行い、以下の成果物を作成した。

##### 1) VR 橋梁上部工モデルの設計

高浜橋（港区）及び松枝橋（八王子市）の 2 橋梁の工事のしゅん功図を受注者に貸与し、橋梁上部工の BIM/CIM データを参考に、VR 技術や 3 次元

CAD データを用いて、設計、施工及び維持管理の 3 内容を整理し、研修コンテンツの基礎資料の作成を行った。

## 2) 実物・実写コンテンツの作成

橋梁上部工の工事検査の際に使用した検査調書及び実物の材料を撮影した実物・実写コンテンツとして、以下 4 モデルの作成を行った。

なお、本コンテンツは、スタンドアローンでの使用を想定している。

### ① 鋼材材料検査モデル

刻印がつけられた鋼材とミルシートを撮影した、鋼材の材料検査モデル

### ② 溶接検査モデル

工場で溶接した溶接検査の状況や溶接不良モデルを撮影し、溶接検査の実施方法や溶接不良の原因を理解するモデル

### ③ 防食モデル

主要な防食方法である塗装、溶融亜鉛めっき、耐候性鋼材、ステンレス鋼の特徴と利用状況や注意点、品質検査のモデル (図-2)

### ④ 鉄筋検査モデル

鉄筋検査における留意点のモデル

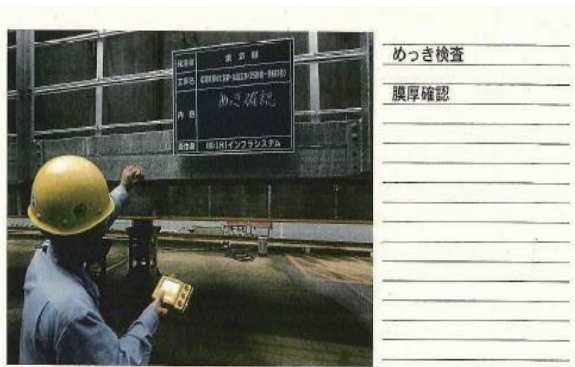


図-2 防食モデル (めっき検査、塗膜確認)

## 3) VR 橋梁上部工モデルを用いた研修コンテンツの作成

研修コンテンツの作成は、設計、施工及び維持管理の 3 内容で整理することとした。

設計に関する研修コンテンツは、施工性や維持管理を見通した設計を行うことを目的として、照査設計照査要領 (東京都建設局)、エラー事例一覧 (日本橋梁建設協会)、橋梁設計要領 (案) (東京都建

設局) を参考に、以下 10 シーンの留意点の抽出を行っている。

- ・周辺施設への影響に留意  
(騒音・振動は規制値内か。等)
- ・支障物件に留意  
(周辺施設、架空線等との干渉がないか。等)
- ・交差条件の確認 (道路・鉄道)  
(車道、歩道の建築限界が確保されているか。等)
- ・交差条件の確認 (河川)  
(計画高水位、堤防余裕高を考慮した桁下クリアランスが確保されているか。等)
- ・橋梁基本条件の確認  
(道路線形、計画交通量、幅員構成等が、道路設計や隣接工区との整合性が取れているか。等)
- ・景観への配慮  
(主桁の塗装色等が景観に配慮できているか。等)
- ・施工条件の確認  
(施工時期、施工ヤードに留意できているか。等)
- ・架設方法の確認  
(上部工の輸送路 (車高制限、重量制限、幅員等) に留意できているか。等)
- ・仮設構造物の確認  
(適用基準、設計条件に留意できているか。等)
- ・維持管理空間の確保  
(桁端部の点検空間の確保、桁下の維持管理空間の確保ができているか。等)

なお、施工、維持管理に関する研修コンテンツも、東京都建設局、国土交通省等の基準等を参考に、それぞれ 7 シーン、8 シーンの留意点を抽出しており、施工に関しては、検査の留意点も追加している。

また、効果的に学習を行うことが可能なシステムとするため、橋梁上部工の 3 次元モデルを VR 空間内に展開し、橋梁の設計、施工及び維持管理上の留意点をポップアップで表示させることとした (図-3)。



図-3 VR 構造物モデルを活用した研修コンテンツ

ポップアップに記載した留意点は、音声データとして再生することで、講師がいない状況でも個人学習が可能なものとしている。加えて、設計・施工の課題とその解決策を学ぶ機能、橋梁の部材名を学ぶ機能を作成している。

より個人学習に適したコンテンツとして、3次元データを展開したVR空間から360度画像を切り出し、これをGoogle社のGoogle Street Viewのように繋ぎ合わせたコンテンツを作成した。本コンテンツには、留意点をクイズ形式で学ぶ機能を有しており、職員個人が楽しみながら学習することが可能なものとした。

作成したアプリケーションファイルは以下の通りである。

- ・留意点学習コンテンツ
- ・部材名学習コンテンツ
- ・個人学習用コンテンツ

コンテンツには、以下の機能を搭載している。

- ・留意点の表示（留意点学習コンテンツ）

「VR 橋梁上部工モデルの設計」で検討した留意点をVR空間中の3次元モデルに紐づけて表示させる

機能を搭載している。具体的には、3次元モデルの視認性を確保するために、留意点から重要な文言を抽出して3次元モデルに旗揚げしている。この旗揚げは、1クリックで留意点のスライドに切り替えることができるようにしている。

また、スライドの内容は、音声として再生される仕組みとしている。音声は、ON/OFF切り替えが可能であり、集合研修時は音声をOFFとし講師が説明することを想定、個人学習時は、音声をONにして学習することを想定している。

- ・モデルの切り替え（留意点学習コンテンツ）

設計や施工のミスによって生じる不具合と、その不具合が解決された状態を切替える機能を搭載している。

- ・部材名の表示（部材名学習コンテンツ）

部材名を旗揚げし、部材名を学習する機能を搭載している。部材は個々に表示、非表示が切り替えられるようにしており、また、ハイライト表示することも可能である。



#### ・移動

VR 空間中の移動は、路面上の他、空間を俯瞰できる上空での移動、上部工を下面から確認できる桁下での移動が可能なものとしている。

また、VR 酔いを考慮し、ワープ形式とした。同形式は、目的地に放物線状に線が表示されて、ボタンを押すとその着地点に移動するというものであり、シームレスに移動する形式と比較すると、空間中を移動する際の視覚的な負担を軽減することが可能となる。

#### ・小テスト機能（個人学習用コンテンツ）

個人学習用コンテンツは、複数選択式の小テストを実装している。問題に回答した後に、解説スライドが表示される仕組みとしている。

3次元のモデルを作成するに当たっては、橋梁構造等を学ぼうと、特に重要となる、伸縮装置、排水装置、添架管が、受注者に貸与した3次元モデルに含まれていなかったことから、細部を再現させたモデルを追加させることとした。

なお、VR 橋梁上部工モデルの製作の過程では、作成した研修コンテンツに関する改良意見を収集するため、当センター及び建設事務所を対象にデモンストレーションを実施することで、操作性、コンテンツ内容等の改良を行っている。

#### 4) 研修システム環境等の提案及び操作マニュアル等の作成

本業務では、以下の検討を行った。

#### ・使用する研修システム環境等の提案

VR 橋梁上部工モデル及び実物・実写コンテンツ

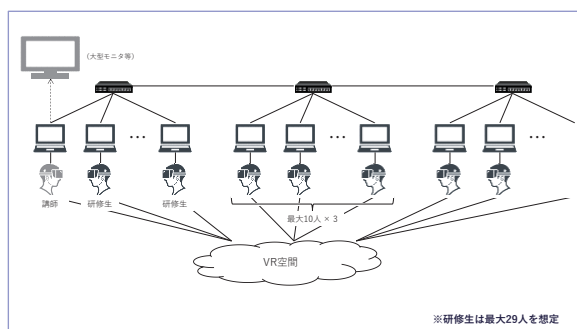


図-4 VR 技術を活用した研修システム環境の構築

による研修を行うにあたり、必要な機材等の選定及び VR 再生環境の構築の提案を行った。

VR 再生環境の構築に当たり、点群データや3次元 CAD データが取り込めるソフトウェアとする、10~30 台のノートパソコンを有線で接続して行うこととする、原則、Wi-fi 等のインターネット非接続状態での利用を想定する等を基本とした（図-4）。

ノートパソコンは、全 30 台の導入を予定している。講師 1 人がノートパソコンを 1 台使用した場合、受講生は最大で 29 人の同時受講が可能である。

#### ・ソフトセットアップの実施

購入したノートパソコン等へ、VR 橋梁上部工モデル及び実物・実写コンテンツのソフト導入を行った。

#### ・操作マニュアル等の作成

研修コンテンツの操作マニュアルを作成した。

### 3. 技術研修での活用について

令和 4 年 11 月 9 日、局技術研修「構造物維持管科」において、局内で初めて VR 構造物モデルを活用した技術研修を実施した。

本研修は、鋼構造物、コンクリート、舗装の補修・補強等の基礎的な知識、技術を習得することを目的に実施しているものであり、このうち、「鋼構造物の補修・補強」の講義で VR 構造物モデルを活用した（図-5）。



図-5 VR 構造物モデルを活用した研修

講義内容のカリキュラムは、(表-1) のとおりである。

表-1 「鋼構造物の補修・補強」カリキュラム

・鋼構造物の補修・補強 (座学)	50 分
・VR システムを使用した説明	30 分
VR 操作方法等の説明	( 5 分)
橋梁上部工の留意点等の説明	(15 分)
自己学習システムの説明	( 5 分)
VR 技術の活用に関する説明	( 5 分)

研修形式は、長時間における VR 体験は、受講生の負担が大きくなることから、座学と VR 構造物モデルの活用を併用して実施することとした。

従来のスライド資料を用いた座学研修を中心に、スライドの説明だけでは理解しにくい、橋梁構造や名称等について、VR 橋梁上部工モデルを活用し学習してもらうこととした (図-6)。

VR 技術を活用することで、橋梁構造を視覚的に捉えられることから、座学研修で学んだ内容を補完し、より効果的に橋梁構造等を学習させるものとして役立つものであった。

なお、研修終了後に受講生にアンケートを実施したところ、研修内容への満足度、理解度、必要度に関しては、5段階評価のうち、それぞれ 4.78、4.22、4.56 となり、全ての項目で高評価であった。また、「現場の作業イメージが湧く」、「視覚的に物事を捉えられるのは非常に有益」等の感想が寄せられた。その他、「工事説明会等で住民等により工事内容をより効果的に理解させられるのではないかと」の感想もあった。

引き続き、技術研修等において、VR 構造物モデルの活用を拡大させていくとともに、VR 構造物モデルを活用した効果的な研修方法の検討を進める。

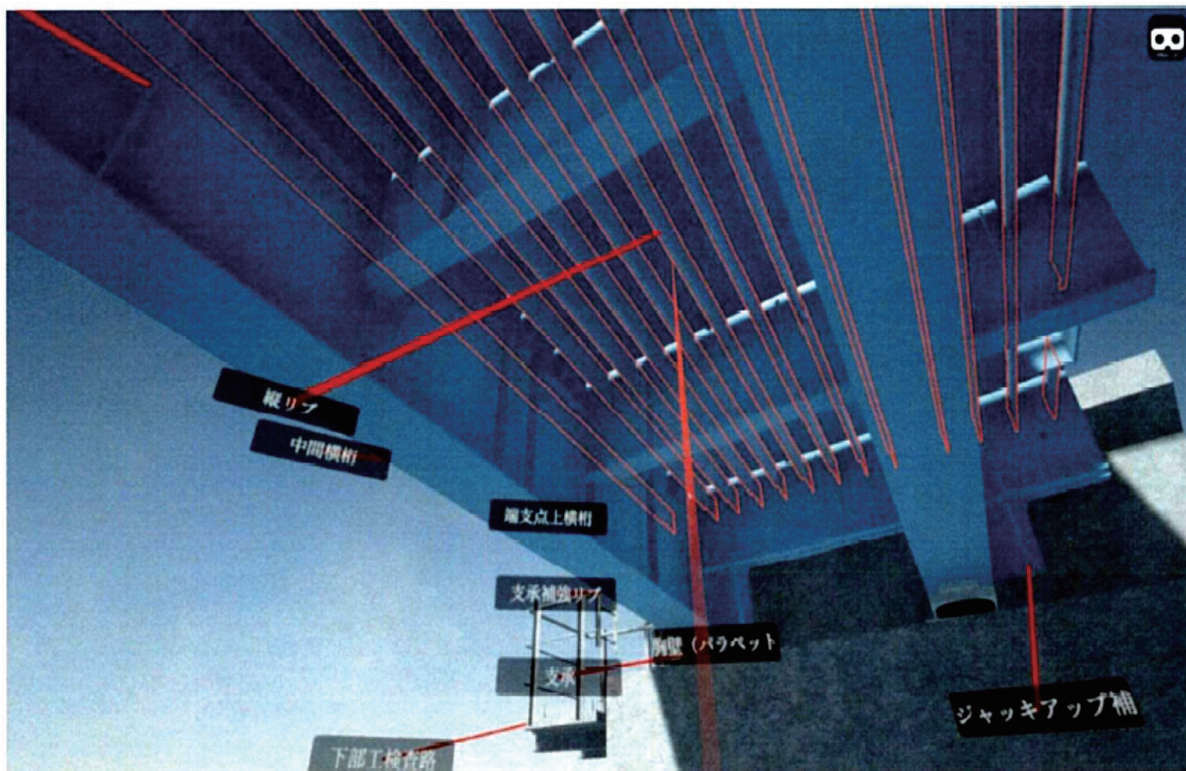


図-6 VR 構造物モデルの活用により、橋梁桁下構造の名称等を学習

#### 4. 今後の展開について

令和4年度に、VR河川護岸・堤防モデルの製作を行った。今後も引き続き、様々な事業分野に対応した技術研修等を実施するため、VR 構造物モデルのバリエーションを増やしていく。令和5年度以降は、VR 道路管理者・地下埋設物モデル（仮称）、VR 仮設工モデル（仮称）等の製作に取り掛かっていく予

定である。

また、これらの VR 構造物モデルの活用に当たっては、該当する分野に精通している職員等に講師を依頼し、実務経験に沿った講義等も行っていく予定である。