

建設現場における VR, AR の技術導入と課題

清水建設（株） 土木技術本部 正会員 ○児玉 浩一
清水建設（株） 土木技術本部 正会員 柳川 正和

1. はじめに

国土交通省では、2012 年に CIM(Construction Information Modeling/Management)という概念を提唱し、2017 年 3 月には「CIM 導入ガイドライン（案）」が発刊され、3 次元モデルの詳細度や発注者・受注者の役割、基本的な作業手順や留意点などが明示された。また、海外では BIM(Building Information Modeling)は建設分野全体を指し、土木分野は BIM for infrastructure と呼ばれることが多い。これらを受けて、2018 年には国際標準化などの動向に呼応し、「BIM/CIM」に名称を統一する方針が打ち出された。

調査・測量・設計から施工・維持管理までの建設プロセス全体をつなぐ 3 次元データが BIM/CIM である。BIM/CIM は躯体だけでなく周囲を含めて 3 次元化することで、現実空間を仮想空間に置き換えることができ、これから施工を行う場所のイメージを具体的かつ視覚的に確認することができる。仮想空間を使うことによって、様々な視点からの施工検討が可能になり、施工前に現場で起こりうる問題点を事前に洗い出すことが可能となる。

この仮想空間の中で周囲を確認したり、内部を移動したりすることができる VR (Virtual Reality : 仮想現実) システムを現場に導入することによって、作業位置での施工面の安全検討や、作業手順の疑似体験などが可能となる。また、AR (Augmented Reality : 拡張現実) システムを導入すれば、現実空間をベースに、仮想空間に作られた 3 次元モデルや情報を映像として重ね合わせることができるようになる。

本稿では、3 次元モデルを導入した現場で、タブレット端末に専用ゴーグルを使用しない簡易 VR システムと AR システムを入れて現場内で活用した事例と、インターネット回線を利用して同一 VR システム内に遠隔地から参加して、現場の 3 次元モデルや写真、360 度カメラの映像を参照することによって、オンライン会議でありながらあたかも現場で会議に参加しているような状況を作って行われた技術検討会について報告する。

2. 簡易 VR システムを用いた不具合防止事例

(1) ボックスカルバートの 3 次元モデル化

本事例は、地下に建設される道路トンネルのボックスカルバートの 3 次元モデル（図-1）に簡易 VR システムを適用した事例である。

ボックスカルバートの一部区間は、躯体側面に機械室が設置され、さらに非常出口も併設されることから、他の区間とは構造が大きく異なる。中壁や床版には、機械に合わせた開口部や埋設配管が多数設置される。そこで、躯体のイメージをつかみやすくし、施工ミスを防止する目的で 3 次元モデルを作成し、それを現場内で利活用することとした。



図-1 ボックスカルバートの事例
(3 次元モデル)

キーワード BIM/CIM, 3 次元モデル, タブレット, VR, AR

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社土木技術本部イノベーション推進部 TEL 03-3561-1049

(2) タブレット端末による簡易VRシステム

3次元モデルは、事務所のPCや会議室のモニターでの確認で全体のイメージをつかむことや、各自が図面からイメージするものの補強には適しているが、現場の細かい部分を確認する手段としては不十分である。しかし現場でモデルを確認することができれば、開口部や埋設配管の設置漏れや位置ずれなどの不具合などを早期に発見することができる。そこで、現場内での3次元モデルの活用方法としてタブレット端末に簡易VRシステムを導入して活用する方法を採用した。

通常のVRシステムは、専用のゴーグル(図-2)を着用して仮想空間に入り周囲を見渡すことになるが、現場内では視界を遮断するゴーグルを用いることは安全上不可能である。これに対して簡易VRシステムは、タブレット端末の3次元モデルのビューワーソフトの機能を主としていることから、現場内でも利用しやすく持ち運びやすいメリットがある。また、同システムは、タブレットを上下左右に画面を動かすと画面上のモデルもその動きに追従するため、360度全ての方向の構造物を確認することができる(図-3)。

他のメリットとしては、3次元ソフトのビューワー機能を用いるため検討用などで作成されたデータがあればVR専用のデータを作成しなくても、そのまま活用できることである。デメリットとしては、簡易機能であることから現在の位置と3次元モデルの表示位置を自動調整することができず、場所を移動したらビューワーソフト内の3次元モデルも手動で移動させる必要があることと、画面に見えるモデルと実際の風景がずれてしまい微調整が難しいことである。

簡易VRシステムは、構造物の完成イメージを現場で簡易に表示することができるだけでなく、現場見学などに来られた地元住民等に対しての現地でのイメージ説明に活用することも可能である。



図-2 VR用のゴーグル(例)
(周囲の視界が遮断される)



図-3 タブレットを移動させると画面も移動
(ビューワーアプリの簡易VR機能)

3. ARシステムを用いた不具合防止事例

(1) ボックスカルバートの3次元モデル化

本事例も、前述のボックスカルバートの3次元モデルにARシステムを適用したものである。

(2) タブレット端末によるARシステム

ARシステムは、タブレット端末のカメラから入力された画像に3次元モデルを重ね合わせることで、構築する構造物と施工途中の状況を容易に比較できるシステムである。タブレット端末を現場に向けるとカメラからの画面が表示され、そこに3次元モデルが重なって表示される(図-4)。

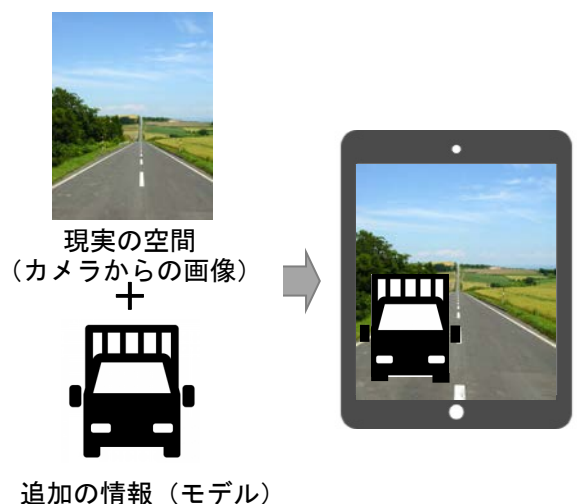


図-4 ARのイメージ

開口部や埋設管の設置位置が現場の映像と合成されて表示されることで、図面と現場を見比べるよりも簡単に比較することができるようになる（図-5）。また、埋設配管や金物などが型枠に隠れてしまう場合でも、画面を向けることで設置する位置が確認でき、その後型枠の中を確認すれば設置漏れが無いかどうかのチェックができるようになる。

簡易 VR システムが現場と画面上のモデルの位置関係が合わせにくかったのに対して、AR システムではタブレット端末の GPS や事前に作成したマーカーをカメラで撮影することで現在位置を認識し、モデルと合成することができるようになる。自分の位置を調整する必要がなくなるため、現場内の様々な位置での利用がしやすくなり、前述の簡易 VR システムよりも AR システムの方が便利なシステムである。AR システムのデメリットとしては、図面と相違が無いようにモデルを注意深く作成する必要があり、システム専用のデータへの変換と座標等の調整が必要となることから、それらを含めた準備の期間が必要である。

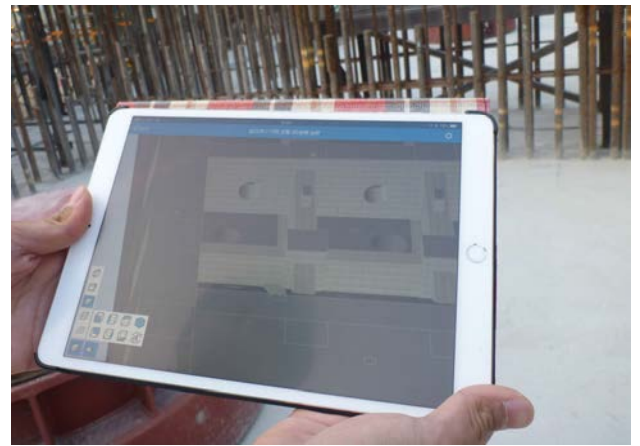


図-5 3次元モデルをARシステムで表示

4. 遠隔地を結んだVRネットワークシステムを用いたオンライン会議

(1) 現場での従来の技術検討会

現場での従来の技術検討会は紙ベースの資料（平面図・断面図・ステップ図）で行っていた。この方式だと、施工の経験や知識が各個人で違うため、資料から得られる施工イメージに差が生じることや、リスクの洗い出しで漏れが生じる可能性がある。また、資料を見る時間が少なかった人は施工イメージをつかむのに時間がかかり、イメージの確認で会議の時間がとられてしまう可能性もある。

また、専門家を集めて検討会を行おうとしても、現場に集まるためのスケジュール調整に難航したり、移動のための時間のロスが生じてしまう。スケジュールの調整がつかない専門家は不参加という形になり、リスクの洗い出しに漏れが生じる可能性がある。

(2) BIM/CIM の活用とオンラインを用いた技術検討会

BIM/CIM を活用し現場の 3 次元モデルによって施工イメージを共有することができるようになったことで、発注者・受注者・協力業者が、施工イメージを共有することができ、詳細なリスクを事前に洗い出し、高度な事前検討が可能となった（図-6）。

そこに新型コロナウイルス（COVID-19）によって移動が制限され、会議も対面式からオンラインへと移行することになり、遠隔地であってもオンラインを用いることで簡単に会議が開けるようになった。これにより移動による時間の無駄が省けるようになり、会議への参加もしやすい状態となった。

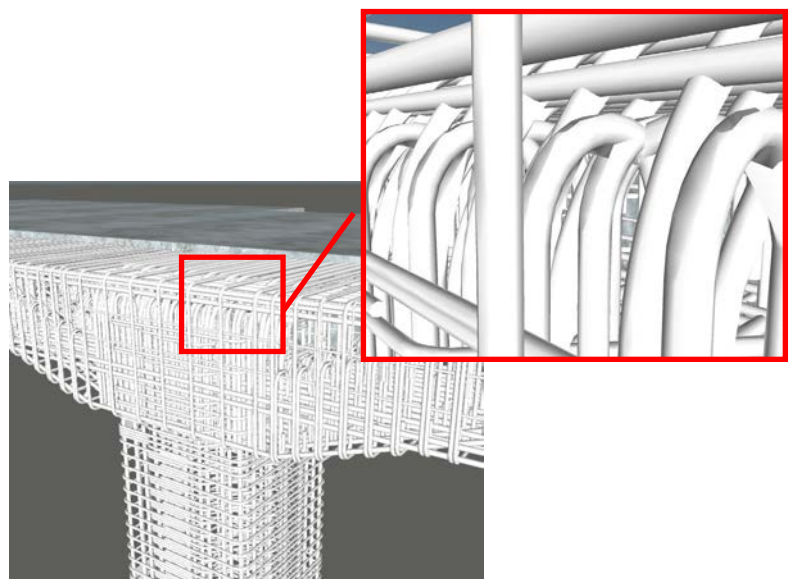


図-6 3次元モデルによる事前検討例
（鉄筋の干渉確認のためのモデル化）

(3) VRネットワークシステムを用いた技術検討会

新しい試みとして、VR ネットワークシステムを用いた技術検討会が、本社と約 100km 離れた 2 つの現場を結んで行われた。VR ネットワークシステムとは、インターネットを利用することによって遠隔地の複数のユーザーが、同一の VR 空間に同時に入れるシステムである。3 箇所の専用のゴーグルを着用したメンバーは、VR 空間内でアバター（操作をしているユーザーの「分身キャラクター」）として表示され、仮想空間上で一堂に会することができた。（図-7）

会議主催者が用意した VR モデル上には、現場の図面や写真、360 度カメラで撮影した映像が格納されているため、ゴーグルを着用したユーザーは独自に見たい箇所を確認することができ、現場に行かずとも現場をリアルに近い状態で確認することができるようになった。各ユーザーのゴーグルの画像はオンライン会議システムを併用することで会議に参加した全員と共有することができた。これによって 3 次元モデル内で課題抽出が行え、より高度な施工検討会を行えることを確認した。

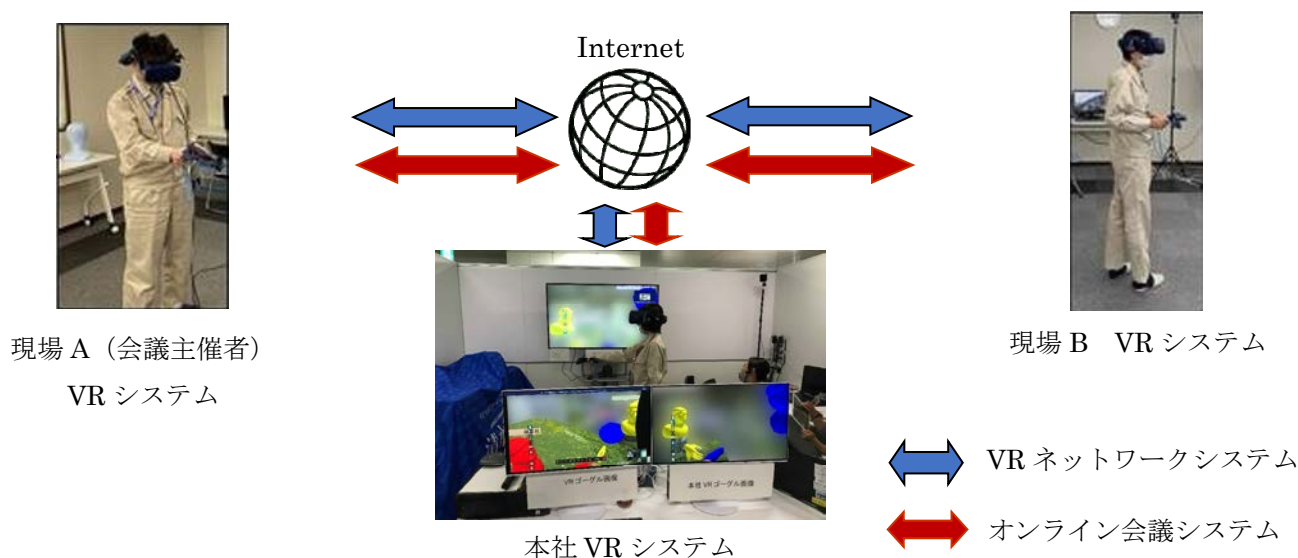


図-7 VRネットワークシステムを用いたオンライン会議

5. VR, ARシステム導入の効果と課題

これまで3次元モデルは、事務所での施工検討や安全教育を行うツールとしての利用が一般的であった。本稿で報告したタブレット端末を使用した簡易VRシステム、ARシステムの活用事例では、現場における品質確保や省力化の効果も確認でき、BIM/CIMの専門知識を持っていない現場でも専門部署からの支援で効率化を図ることができることが確認できた。

また、VR ネットワークシステムを用いたオンライン会議では、同一の VR システムを介することで知識や経験を持った専門家が現場に行かずとも現場をリアルに近い状態で確認することができ、3 次元モデル内で課題抽出が行え、より高度な施工検討会が開催できることが証明された。

その一方、3次元モデルの作成や運用、VRシステムの活用には、専門知識をもつスタッフや支援部署が必要であり、技術の習得が課題となっている。また、ハイスpekクな機器やソフトウェアが必要であることから、費用対効果の十分な検討も重要である。

今後は、簡易 VR システム等の導入をきっかけに現場に BIM/CIM を広め、VR を用いた現場内での新たな活用方法について現場と協力しながら試行していく予定である。