

捷運工程混合實境結合 BIM 之輔助 施工模擬導入

- 李政安 新北市政府捷運工程局 局長
林逸羣 新北市政府捷運工程局 副總工程司
陳加乘 新北市政府捷運工程局 科長
黃正翰 臺灣營建研究院 資訊科技組組長／博士
謝禎謙 臺灣營建研究院 資訊科技組專案副理
高士恩 臺灣營建研究院 資訊科技組助理工程師

BIM 結合 MR 應用於捷運工程施工與設備維護

隨著新科技的蓬勃發展，市場上出現了各種影像技術產品，例如 AR、VR 和 MR 等。其中，MR (Mixed Reality 混合實境技術) 在工程領域中是未來的重要趨勢。MR 不僅可以提供即時互動體驗，還可以透過與現實場景融合的方式，快速解決工程中的介面衝突和設備維護等相關應用問題。

由於捷運工程具有龐大的施工量和維護需求，本研究將建築資訊模型 (BIM) 同時結合新科技 MR 的混合實境技術，應用於設施維護和工程管理，減少捷運施工困難和排除管線衝突，並以提高設備維護管理效率。

捷運機廠的 BIM 模型，概念上即為將傳統紙本圖面的資訊數位化，BIM 模型以資料庫的方式儲存運用，過去皆利用電腦軟體檢視的方式，利用其 3D 畫面的特行性排除衝突及問題，若可將其導入 MR 混合實境設備，使不會操作 BIM 相關軟體的工程師或施作人員有參

考方式，導入建物的數位資料及數位視覺化，於穿戴式裝置中並加上實境，將可讓工程施作更為便利。

MR 設備能夠展現實際空間及虛擬影像，並能夠空出雙手的優勢，可以進一步增進 BIM 模型帶來的價值，其使用 MR 技術進行多人檢核與溝通，應用於土木工程的設計過程、施工管理、營運管理等全生命週期管理過程，使得各階段的溝通協調更為便利，設計變更時增加修改效率與準確度、減少人為錯誤，進而提高 BIM 模型提供給參與者的使用效益，實為值得探討的問題。

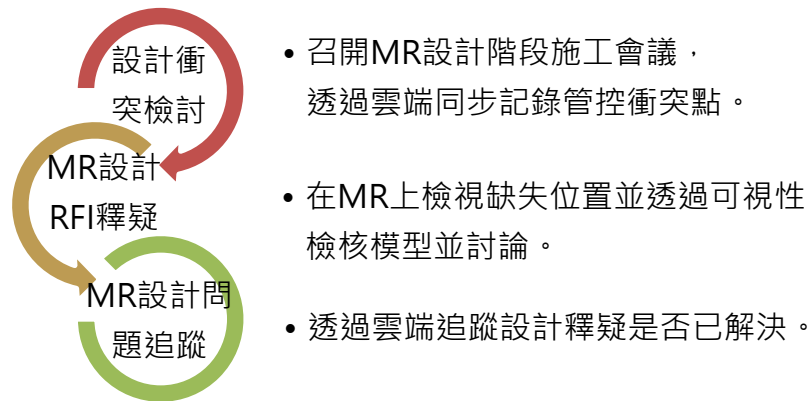
因此，本研究希望透過 MR 技術，協助捷運工程輔助設計階段檢核設計空間與機電管線建置合適性，讓不會使用 BIM 模型的現場施工人員或業主可與工程師進行討論，在施工階段於施工前結構體完成時，甚至可使用 MR 將機電管線呈現於施作完成之結構體，預先檢核結構物體內管線走向，降低機電工程管線與空間規劃變更設計之風險，此為營建產業未來努力的方向；而維護管理部分，則可透過 MR 混合實境結合 BIM 模型或現場設備實境，檢視相關元件資訊（如製造廠商、型號等）或讓因疫情關係無法來國內之外國技師、工程師協助指導，為施工人員帶來更為便利的科技應用體驗，以下將針對各階段導入 MR 技術應用內容說明。

各階段導入 MR 技術應用說明

一、MR 於設計施工階段應用

由於捷運工程較於複雜且管路眾多，若當團隊還在使用傳統獨立作業的方式工作時，經常會發生現場管線空間預留不足，或管線設備過多，使淨高不足等因素導致實際施工時產生大量修改設計，而使工程延宕，因此，當設計階段透過邀請工程經驗豐富工程師，戴起 MR 設備模擬現場正在建造或安裝時，實境方式去檢視所需要

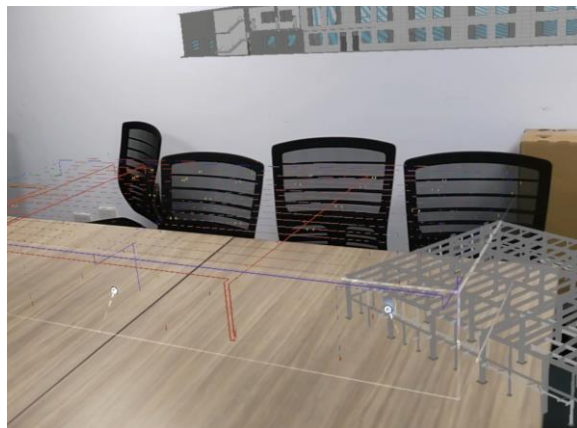
的預留與安裝方式進行討論，對於後續進行施工時會較有利，設計階段導入如圖一，工程中雙週會定期利用 MR 設備進行設計檢討。



圖一 MR 設計衝突檢討及問題追蹤。(資料來源：本團隊彙整)

(一) MR 檢核設計

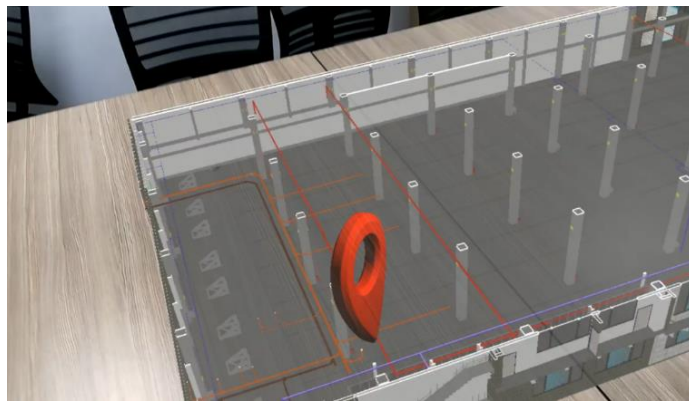
透過定期召開 BIM 介面檢討會議，檢討 BIM 3D 模型內的碰撞點，進行設計衝突檢討，若牽涉到多個系統間的干涉，或是空間狹小卻多系統區域，以一般設備較難看出施工性，若以 MR 裝置呈現，可以更加自由移動視點，與實體空間一致，能夠更實地進入空間，確認周遭物件是否有影響碰撞因素，其針對 BIM 3D 模型內管線及結構衝突，使用者可以在 MR 環境下檢討最佳解決方式，讓設計整合更加順暢，如圖二。



圖二 多方多系統拆解畫面。(資料來源：本團隊彙整)

(二) 透過 MR 建立缺失點

召開 BIM 介面檢討會議時，若有需注意與需建立 RFI 釋疑處，利用 MR 設備以視覺化方式查看模型，透過 MR 模型建立檢視點並上傳至雲端當中，此情境中之模型為安坑機廠駐車廠模型，並透過 MR 設備的 BIM 檢核軟體將模型切割，位於駐車廠挑高位置有消防管路，傳統 2D 圖紙中同樓層垂直管路較難於圖面判讀，研判此處管線安裝較容易出錯並於模型標示需至現場檢核之議題點，如圖三。



圖三 議題點建立。(資料來源：本團隊彙整)

(三) MR 設計施工 RFI 追蹤

於設計與施工階段，經常有各種介面需要整合，過程中需要多方顧問協調，整合議題可藉由雲端平台統一記錄、追蹤、管理，讓專案參與人員能在 MR 環境下協同討論，並於平板裝置或個人電腦管理相關紀錄，如圖四。



圖四 透過雲端平台追蹤議題點。(資料來源：本團隊彙整)

(四) MR 於設計階段的延伸應用

召開設計施工協調會議，若會議中需國外技師指導之協助，可透過 MR 設備至工地現場檢討如何施工，透過 MR 設備進行多方通訊，將實境畫面展示於會議室螢幕中，並同步透過視訊通話方式展示 MR 畫面，於 MR 虛擬環境瀏覽 BIM 模型，進行多方討論。

二、MR 於工程施工階段應用

施工設計在施工過程中會因為各種原因不斷修改，突發狀況有時候比整體團隊的反應速度更快，尤其牽涉上下或橫向的溝通。例如，可能需要一個工程變更單，但工程數據管理部門 (VDC) 需要時間來改圖。現場工作人員並不會事先展延完工期，但是接踵而來即時狀況，最終會造成連鎖反應拖延施工進度。如果沒有記錄與有效溝通 BIM 模型和竣工圖之間存在的差異，可能會導致嚴重的系統衝突、違約或是付出更多修改成本的問題。此外，參與人數眾多，每個角色對工程抱持不同看法，對於施工也有相對的影響。



圖五 透過雲端平台追蹤議題點。(資料來源：本團隊彙整)

為了加強整合團隊之間的協作，提升檢測錯誤並解決問題的效率。現場施工時，工作團隊可以輕易發現與解決突發狀況，並視覺化

新的修改內容融入實際現場的情形，避免一系列日後可能發生的更大問題。當所有團隊對工程具有共同的視覺概念時，可以更有效的彼此協調並避免延誤工作進度，導致產生更多的變更單、RFI 和重工，如圖五。

（一）MR 施工前施作確認

未來推廣至施工案場中，於施工位置，預先於 BIM 中建置 QR Code 位置，至現場後於捷運站體中，指定一處進行定位，並透過 MR 進行實景套疊，可幫助工程人員確定施作位置，如圖六、圖七所示，可以預先了解機具進場方式與結構安裝進程。



圖六 BIM 模擬機具進場方式與結構安裝進程。



圖七 透過 MR 檢核結構施作位置。
（資料來源: [1]）

（二）BIM 機關驗收計畫

為使 BIM 專案模型與實際竣工現況相符，需請施工單位列出重要機房等空間，建立 MR 視點與相對應的 QR Code，且視點皆為經監造單位及專案管理單位審查通過之視點區域，於驗收時機關透過 MR 設備，套疊於實體空間中以利於驗收。

三、MR 於維護管理應用

MR 設備可使用於風險較高的時期，例如流行疾病疫情嚴峻時期，可能會限制進入工地人員數，這會使工人在需要時難以獲得幫助。無

《每月專題／工程虛擬實境結合 BIM 應用》

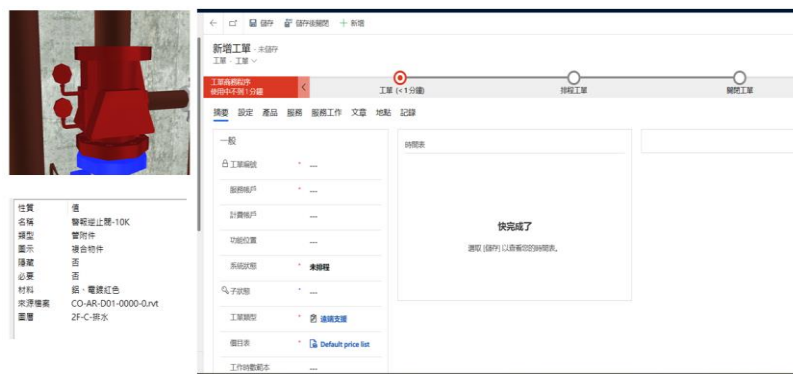
法到現場的主管或技術專家，與現場人員在溝通上產生障礙，也無法親自解決問題。

(一) MR 遠端技師協助

藉由遠端協助應用功能的幫忙，工作人員可以使用 MR 設備與不在工作現場的人員共享即時狀況。非現場人員，如工務經理或 VDC 設計工程師，可以直接從他們的電腦螢幕上看到模型套疊在實際工程現場，因此他們看到的資訊與現場團隊一致。工作人員可以即時獲得所需的支援，確保在不會延遲進度的情況下完成工作。同樣的，遠端團隊成員、遠端工作人員可以在保持聯繫和即時掌控工作現場的同時，避免冒著過多的安全風險並且進行非必要的差旅。

(二) MR 維修派工排程

情境模擬時由於現場巡檢設備過程中發現場設備有漏水情形，使用 MR 設備查看 BIM 模型資訊，並將資訊等現場畫面進行拍照截圖，透過 Field Service 網頁建立檢修工單，進行後續維修時之狀況追蹤，亦可進行管理及查看，如圖八。



圖八 Field Service 網頁建立檢修工單。(資料來源：本團隊彙整)

(三) 設備維護維修教學

情境中第一線人員在現場檢修專業設備時，當遇到較為複雜的技術問題時，可透過 Dynamics 365 Remote Assist 服務，於 MR 設備上

開啟 Remote Assist App 並撥出通話功能，遠端請求原廠專業技師協助，例如非場駐工程師維護項目：供電系統、號誌系統、廣播、旅客顯示資訊...等，透過 MR 設備的空間定位功能，將操作指示標註於現場的相對空間內，讓現場能夠快速排除狀況，原廠技師亦可透過 MR 系統傳送設備技術文件，如操作維修手冊等，讓現場人員能夠查閱相關資料，同時空出雙手進行作業，情境模擬中，遠端技師向現場巡檢人員遠端指導，說明如何調整警報逆止閥。

將捷運工程 BIM 模型導入 MR 設備呈現設計、施工及維運階段模型於實際案場，將 MR 設備結合 BIM 模型，透過設計前檢討施工前後比對，進而模擬建築結構與機電系統碰撞衝突；維運階段透過機械設備維運資訊管理、維修派工作業等項目，使營建產業結合更多元的智慧科技應用。

透過 MR 視覺化呈現可降低施工風險、提升品質

為提升產業執行效率，將捷運工程生命週期導入 MR 混合實境之新技術，避免管線與建築結構發生衝突，更能了解管線於圖面上配置，實際在現場配置後呈現的走向與規劃是否利於施作與檢核，進而控制進度與成本。於管理方面，捷運工程各式設備在完工之後被使用的過程中，關於當初購置廠商、保固商、產品規格、操作手冊等相關資訊，都可以在 BIM 模型技術的幫助下更有效的完整保存，運用 MR 實境技術達到最佳的使用與呈現方式。

一、進行視覺化呈現

利用視覺技術可以解決平面視圖上無法確認的碰撞問題，也可於現場疊合 BIM 模型與現場做 1：1 比對，可確認模型與現場之差異性。

二、降低各式風險

為避免於施工階段發生管線衝突問題，而導致後續須重工或後續須打除等問題嚴重可能造成工程進度落後，若前期可以落實檢討、現場施工人員可以攜帶 MR 設備，能夠快速並準確地依照 BIM 模型施做，可減少大量施工誤差。

三、節省時間成本

在全球發生新冠疫情的影響下，目前有許多設備如集電弓線路、號誌系統仍需非駐廠工程師技術服務與協助，以致許多須急迫解決問題遭到延遲，若工程師能攜帶 MR 設備至現場，可利用設備之遠距技術支援，當遇到較為複雜之技術問題時，可透過系統遠端請求原廠專業技師協助，並利用現場之相對空間定位功能，快速抵達設備所在位置與專業技師配合，快速針對狀況做排除。

四、提升專案品質

在設計階段透過 MR 設備在各系統之檢討會議中可快速確認衝突位置，並檢討相對應策略；施工階段利用 MR 設備可以在工地現場確認與檢核施做位置並在三維空間標記，使釋疑時能夠更準確的確認在場狀況；維護管理階段利用 MR 設備可於現場快速檢查各設備的狀況，使設備保持在良好狀況下運轉。

五、未來趨勢

本研究案將捷運工程 BIM 模型導入 Microsoft HoloLens 2 呈現設計、施工及維運階段模型於實際案場，將 MR 技術結合 BIM 模型實際於各階段進行模擬，進而模擬建築結構與機電系統碰撞衝突、機械設備維運資訊管理、維修派工作業等項目，本研究運用 MR 技術之經驗以期將導入更多類型工程，使營建產業結合更多元的智慧科技應用，提升工程上混合實境的應用成效，增進相關產業高科技發展趨勢。

參考文獻

1. 進行中の建設プロジェクト_最新技術を活用したプロジェクト推進：JR 東日本，<https://www.jreast.co.jp/construction/ict/>
2. 「JRE-BIM」の取組みについて
<https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/JRE-BIM-noquzuminitsuite-2020#downloads>
3. 周淵清、陳宜民，「BIM 結合 VR 之工程應用」，中興工程第 145 期，PP.15-20，2019 年 10 月。
4. 穿戴式 VR 裝置（HTC Vive），<https://www.vive.com/tw/>