



虛擬實境技術於工程實務之應用

黃琬淇／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 副經理

周淵清、許睿叡、廖翊含／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師

周頌安／中興工程顧問股份有限公司 總工程師

隨著資訊技術的蓬勃發展，智慧科技正持續改變一般民眾的生活模式，從而也影響了各行業的營業模式。中興工程顧問公司身為工程顧問服務業的領航者，持續在工程全生命週期提供適切的工程規劃設計、監造與專案管理等專業技術與服務；近年更以強化溝通效益為目的，導入虛擬實境（VR）技術於規劃設計成果展示、施工監造成果體現及施工場域危害預防，陸續歸納出勾勒願景、重現實景與訓練技職等三個方向，以實際應用案例導入並持續深化應用。後續將以導入 VR 的經驗為基礎，推展各式創新智慧科技於工程實務之應用。

關鍵詞：工程全生命週期、虛擬實境技術

Abstract

The rise of novel information and communication technologies have wrought fundamental change throughout our societies, not only in lifestyles but also commercial patterns. Sinotech Engineering Consultants Ltd., as a pioneer in the engineering consulting industry, has devoted into providing professional talents and capabilities to solve problems encountered throughout the whole life cycle of construction projects. Virtual Reality (VR) technology, which has become easier to be applied thanks to the improvement of software and reasonable costs, has been implemented in three main aspects in Sinotech to enhance communications. The three aspects namely are to plot the vision, to reappear the past, and to give occupational safety trainings. Our successful experiences on applying VR technology in construction projects will be the model for applying advanced intelligent technologies in the engineering field.

Keywords: Whole Life Cycle of Construction Projects, Virtual Reality Technology

虛擬實境技術的演進與發展趨勢

虛擬實境（Virtual Reality，以下簡稱 VR）的概念最早可溯及 1860 年代，當時有藝術家以全景壁畫的方

式來實現；至 1960 年代則演變為以電腦虛擬出 3D 空間，並藉由與連接電腦的頭戴式裝置，使操作者能夠 360° 觀看無死角畫面，進而對虛擬環境產生沉浸感；VR 最早應用於軍事訓練，至此之後，VR 則被固定為此互動操作型式的代名詞。惟當時受限於硬體效能和軟體支援程度，故演進緩慢；直至 2010 年以後行動裝置開始普及，且微型處理器及顯示卡的效能大幅提升，市場上得以推出平價且體感良好的設備後，VR 技術才較常被討論。尤其是近三年來，VR 已進入廣泛應用的內容開發期。

現今的 VR 可進一步定義為：一種以電腦模擬的可互動環境，使用者藉由配戴遮蔽視線的頭戴顯示器，即可在虛擬環境中即時且較無限制的觀察由電腦運算產生的三維空間內的事物，感受到其中的深度或動作^[1,2]。就資訊傳達的目的而言，藉由人機間的直覺式互動及資訊呈現，VR 可達到訊息有效傳達、深化訊息的印象之效果；而就知識學習的角度而言，應用 VR 則具有強化學習動機、使學習經驗更完整連續、及提升學習與應用成效等多重效益^[3]。

本文即基於前述對於 VR 的定義與功能特色，以中

興工程顧問公司（中興公司）的 VR 應用與推展為例，說明目前 VR 技術於工程與管理的應用現況，作為後續基於工程生命週期持續導入更多元的智慧科技，以提升工程設計、監造與維運之品質與效率之參考。

虛擬實境技術之於工程與管理的發展重點

虛擬實境技術發展概述

VR 內容的製作流程主要包含三個程序：模型建立、仿真外觀建置及 VR 模組產生。首先在模型建立的部分，其來源可為 BIM 軟體建模成果，或透過可執行平面影像重建的軟體建模後導入。以可應用影像生成仿真 3D 模型的軟體 Agisoft Metashape^[4] 為例，模型建立與外觀建置流程主要包括兩部分：針對模型建立主體取得相關影像及建立 3D 模型及外觀建置。

在模型產生後，即可進一步利用配套軟體製作 VR 模組。以遊戲平台開發軟體 Unity Pro^[5] 製作 VR 模組為例，大致可分為三步驟^[6]：

1. 匯入模型並製作外觀：依據 3D 模型之來源，將模型轉換為適當檔案格式匯入 Unity Pro，必要時為 3D 模型貼上材質、調整場景燈光，以展現適當之外觀色彩。
2. 放置 VR 核心模組及安裝控制輸入模組：於 Unity Pro 載入核心模組，以啟動特定 VR 裝置；並安裝硬體廠商提供的外掛控制模組，讓使用者可應用該 VR 裝置在場景中利用傳送方式移動。
3. 測試及導出：前述與硬體裝置的連結模組設定完成後，即可以裝置連接電腦執行運作測試；在 Unity Pro 的編輯狀態下即時預覽，查看裝置運作情況及有無錯誤訊息；若無問題則可利用 Build Settings 面板發布所開發之場景與內容。

前述製作成果可發布為多平台可用之執行檔，該執行檔即為無須安裝開發軟體、有設備與電腦便可操作的 VR 模組。

虛擬實境技術於工程與管理的應用重點

中興公司持續關注各界先進及創新技術的發展狀況，期能在適當時機導入穩定且高性價比的技術與設備，以提升工程規劃、設計、監造與維運及專管等各工程顧問服務項目之執行效益；VR 技術也是其中之一。基於技術與設備成熟度等考量，中興公司係於

2016 年購入首套 VR 設備，並進用專業人員進行內容開發；經過 4 年間的持續嘗試和精進，目前已歸納出三項主要發展軸線，分別是：勾勒願景、重現實景及訓練技職；茲簡要說明三個軸線的目的與特色。

1. 勾勒願景：即工程規劃與設計構想的實現。此部分採用 VR 之目的在於儘可能準確地傳達工程規劃與設計理念與構想，讓業主、民眾等利害關係者，能夠適切的了解提案內容，進而接受設計理念或至少能夠聚焦議題，避免因為認知上的落差，導致不斷反覆修正、產生不信任等負面觀感。除應用於工程規劃或設計概念的體現，中興工程並應用 VR 進行人因工程的檢討，提升規劃設計成果的品質。
2. 重現實景：即設計成果與施工過程之實景體現。每一次的工程設計與監造，對於工程顧問公司來說，都是難能可貴的經驗傳承。特別是有特殊意義的工程，透過 VR 完整而充分地回顧工程設計特色及施工管理的過程與細節，對內可以提升團隊的榮譽感並建立知識傳承，對外則是設計監造服務成果的品質保證以及能力展現。故中興公司結合計畫執行採用監造管理資訊系統（PMIS）之優勢，配合相關影像與工序資料的保存結果，以擴增虛擬實境的概念，打造虛擬展示空間；成功應用 VR 技術於重要工程的關鍵工法及工序重現。
3. 訓練技職：即施工現場危害預防之落實。工程顧問公司的各項專業服務項目中，最具危害風險的即為工程現場的監造服務工作。有鑑於中興公司對於勞工安全衛生高度重視，已於 2019 年通過 ISO 45001 職業安全衛生管理系統驗證，故亦將 VR 技術應用於建置工程監造工安模擬訓練集；基於工程管理專業經驗所彙整各種高危險、高重複性之工安與品管檢查項目，結合各式建模技術並與工地實景整合，完成具有施工現場臨場感的 VR 教材，藉以加強且落實現場作業人員的職前訓練，確保員工作業時能夠符合職業安全衛生之要求。

中興公司應用虛擬實境技術成果綜覽

以下即根據前章所述之三大應用主軸，就中興公司應用 VR 技術之實例進行分項說明。

勾勒願景：以淡海輕軌為例

中興公司自 2016 年起已針對捷運工程、建築工

程、橋梁工程及土地開發等不同類型專案，以勾勒願景為目的，完成數個虛擬實境場景；其中，淡海輕軌係中興公司內化 VR 技術並持續推展至今日之開端。淡海輕軌虛擬實境最早的發想主要源於專管團隊提出的需求：希望能更有效提升專案宣導與溝通效益。也因此，中興公司在 2016 年先推出第一版淡海輕軌軌道及車輛之虛擬實境，而後再漸進地加入車站、站內設施、周遭街景與植被、駕駛艙模型，及車門開關與乘車體驗等互動模式，如圖 1 所示。

本項 VR 應用除多次出現於媒體報導，確實幫助業主通過議會質詢、促進民眾溝通、提升工程形象外，同時以人因工程相關議題提出檢討，對於工程設計品質提升有實質幫助。設計者藉由 VR 設備進入淡海輕軌車站設計成果場景中，即能以幾乎是實際尺寸、親身體驗的方式，對於乘客進站動線、刷卡機台高度、指引標誌位置、車站看板角度，及車站圍欄高度等細節，進行檢討與修正；如圖 2 所示。

重現實景：白米景觀橋虛擬展示館

白米景觀橋工程為中興公司負責設計與監造之蘇花改工程蘇澳東澳段的一部分，因鄰近白米甕社區，故橋塔採用白米造型，以融合當地人文及景觀特色。除了具有文化和歷史意義外，由於其造型特殊使得橋梁結構與力學行為亦相對複雜，為國內第一座採複合波型鋼腹板、搭配外側雙索面混合形斜索系統之雙塔脊背橋。

國內外重大工程因其特殊性或基於宣導與推廣之目的而建立展示館之作法近期相當常見，惟可展示的內容或型式皆會受限於空間大小，此外，前往展示館亦有交通及時程方面的問題需要克服。為此，中興公司嘗試以擴增虛擬實境 (Augmented Virtual Reality, AVR)、行動展示館的概念發想，規劃並實現可強化傳統展示方式的白米景觀橋虛擬展示館，如圖 3 所示。本虛擬展示館已於 109 年中興工程 50 周年慶祝大會暨先進工程技術研討會中展示發表，獲得相當好評。



圖 1 淡海輕軌 VR 製作成果示意圖 (左：高架站、右：車廂內)



圖 2 VR 輔助淡海輕軌人因工程檢討議題 (左：刷卡機、右：月台)



圖 3 白米高架橋虛擬展示館概念圖（左：實體展示攤位；右虛擬展示館）

前段所述之 AVR 概念，係以同實境的海報展示方式呈現於虛擬展示館中，但又在虛擬展示館作擴充展出相對應海報內容的可互動式縮小 3D 模型，讓觀展者能夠在 VR 場景中觀賞模型、加強對於海報展示內容的認知。此外，在虛擬展示館中央、實體空間內所沒有的地景模型，為可供觀展者進入不同高程鳥瞰白米景觀橋模型的入口；如圖 4 左所示。在以不同高程瀏覽地景之後，則可再進入虛擬展示館的第三個展示場景，觀看白米景觀橋工程之 P38 橋塔施工程序的系列展示；如圖 4 右所示。

白米景觀橋虛擬展示館的展出，除了在研討會上獲得觀眾好評之外，亦曾至蘇花公路改善工程處展出，並獲得業主肯定。必須強調的是，以 AVR 概念打造虛擬展示館的構想能夠得以實現，還有賴於當初蘇花改監造計畫在執行過程中，配合監造管理資訊系統（PMIS）的建置、持續蒐集工程關鍵及施工程序資料並妥善保存，才能在白米景觀橋完工通車近兩年、P38 施工完成已四年餘的此時，結合 VR 技術重現工程實景。

技職訓練：懸臂工作車推進工安檢查

工安檢查為工程監造與現場管理作業中非常重要的一環，與現場作業人員的安全衛生及工程品質與成果都息息相關。因此中興公司將既有的工程查核與管理相關專業知識和經驗與 VR 技術結合，並購入新一代的 VR 一體機（Oculus Quest）作為體感設備，進行重要工程項目之職安衛訓練教材製作與推廣。

以懸臂工作車推進前後之檢查為例，教育訓練教材製作成果如圖 5。訓練進行的方式為：參訓者進入 VR 場景中、自選單點選檢查項目後，進入工區環境；再利用控制器於其間遊走，找到檢查點的位置、勾選檢查項目完成檢查後，即可點選完成按鈕、退出該項檢查回到選單畫面；如此重複以上步驟，直至完成該工項的所有檢查項目為止。

相較於前兩種 VR 應用方向（勾勒願景、重現實景）採用大量的數值模型作為 VR 內容編製素材，技職訓練 VR 場景中的主模型與周邊環境建置，應用了大量的攝影測量成果，藉以增加工區及工程機具與設備的擬真度，提升受訓者的現場辨識能力、強化訓練成效。

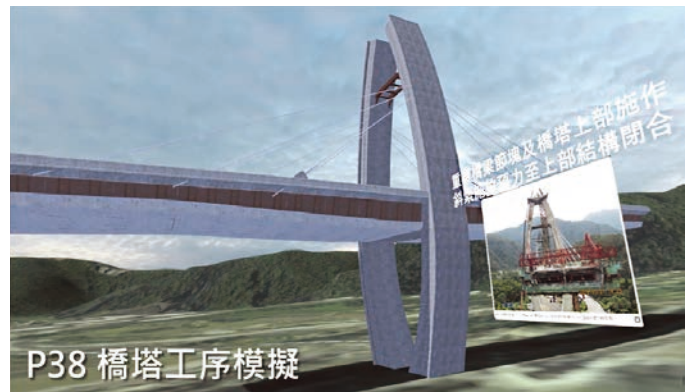
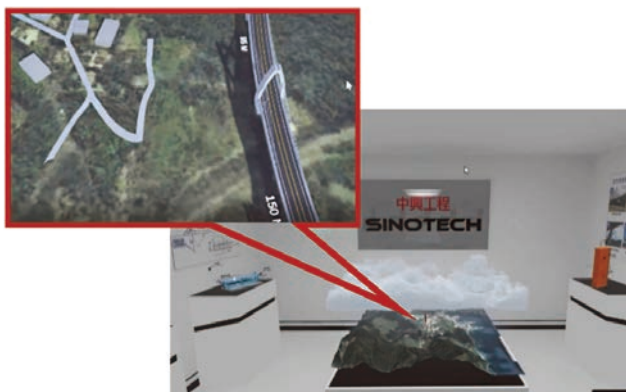


圖 4 白米景觀橋地景模型（左）及 P38 橋塔施工程序（右）展示圖



圖 5 監造 VR 訓練教材—懸臂工作車推進作業工安檢查畫面

以 VR 技術結合監造職安衛訓練教材的應用，除了成果能夠確實幫助受訓的監造作業人員增進實務技能、減少職業安全危害發生的機率與程度，在製作教材的過程當中，還多次由多位資深的監造與品質稽核同仁及主管共同檢討各安全衛生檢查項目之檢查目的、該檢查之對象、進行檢查之位置、方式等，此面向的應用還兼具知識驗證、經驗保存與新傳的重要價值。

結論與建議

本文主要基於工程與管理實務需求，說明中興公司應用 VR 技術之發展脈絡與成果。能夠搭配最新的 VR 技術和設備、在短期發展出 VR 技術於工程實務的三種明確應用型式：勾勒願景、實景重現及技職訓練，並不是單靠技術的引進所能夠達成；更重要的是使用者能夠順應新的資訊應用模式，願意配合產製 VR 內容所需，進行相關資料（模型、實景影像資料、文字資料等）的生產、蒐集、整理與確認等工作，才能夠較快速地大幅提升新技術應用的廣度與成效。

另由 VR 製作和配套軟、硬體設備的發展歷程可

知，工程產業身為創新技術的應用者而非開發者，著手進行軟、硬體設備購入及應用發展的時機點非常重要。過早應用尚未成熟的資通訊技術或工具，不僅成本和技術門檻高、有事倍功半之虞，所開發的成果亦難於後續推展。也因此，中興公司將憑藉 VR 技術之應用經驗，密切追蹤發展趨勢、持續進行小型的主題式試驗，以及反覆檢討如何有效應用在實務工作中，為後續導入更多元的智慧科技應用作足準備，以期在技術與工具能夠發揮最大效益時，切合需求與問題來導入創新技術，為自身與業主共創雙贏的新局。

參考文獻

1. 呂守陞、戴慧美，虛擬實境在建築系統模版配置之運用，建築學報，第二十七期，pp. 89-102 (1998)。
2. 鍾勁威，虛擬實境應用於結構動力分析模擬，土木工程系所碩士論文，國立交通大學（新竹），2005。
3. 廖心瑜，虛擬實境於建築業墜落情境模擬之研究，土木與防災設計系碩士論文，中國科技大學（台北），2019。
4. Agisoft Metashape, Webpage: <http://www.agisoft.com/>
5. Unity3D, Webpage: <https://unity3d.com/>
6. 周淵清、陳宜民，BIM 結合 VR 之工程應用，中興工程季刊，第 145 期，pp.15-20 (2019)。

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
 一個土木人務必加入的專業學術團體
 一個國際土木組織最認同的代表團體
 一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體



中國土木水利工程學會
 CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

歡迎加入學會



<http://www.ciche.org.tw>
 下載入會申請表

電話：(02) 2392-6325
 傳真：(02) 2396-4260

e-mail: service@ciche.org.tw