

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 虛擬實境在材料力學輔助教學之應用

### Preparation of NSC Project Reports

計畫編號：NSC 87-2511-S-009-002

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：林昌佑 國立交通大學土木工程學系

#### 一、中文摘要

本研究主要探討虛擬實境於電腦輔助教學上的應用，依據相關理論與技術的討論，完成一間虛擬材料力學實驗室為主題，並藉此過程整理出虛擬實境學習環境的設計原則，評估其可行性及適用範圍。進一步則將虛擬實境結合全球資訊網及超文件格式的技術，提供系統相關的材料力學教學說明，並能將系統研究成果傳播於網路上，達到虛擬網路教學的理想。所構建虛擬實境系統為一虛擬材料力學實驗室，其中教學的主題包含應力應變、軸力分析、扭矩分析、彎矩分析等四部份。使用者於其中觀察到相關的互動，如桿件受力變形、斷面應力分布...等。

關鍵詞：材料力學，電腦輔助教學，虛擬實境

#### Abstract

The technique of virtual reality can be utilized in the application of computer aided instruction for civil engineering education such as mechanics of material. In this kind of course, students sometimes require a three dimensional view for the behavior of a loading member. Virtual reality images of some model tests for structure model tests are setup in this research, which provide an environment for student to view the experimental member in a three-dimensional simulated graphical

world. He can view the testing model, input a loading, request its behavior, make changes and feedback. Furthermore, the basic theoretical background information is provided as references.

**Keywords:** mechanics of material, computer aided instruction, virtual reality

#### 二、緣由與目的

電腦科技被運用在力學分析計算上已有一段時間。如利用電腦的特性，解決大量分析計算的需求；圖形輔助顯示；運用人工智慧技巧，如專家系統等，以藉由經驗法則等解決問題。而一般市面結構分析軟體，如 ANSYS、ETABS、SAP90 等較少考慮教學輔助用途。基本上，材料力學所探討為單一桿件受力情況。因此，發展能同時配合理論推導與分析結果的輔助教學應用軟體，應是值得努力的方向。

另一方面，從圖形輔助角度來看，即使是三維空間受力物體，一般分析應用軟體所表現出仍以二維平面為主。由教學用途而言，在探討單一桿件受力行為時，有時需將各方向應力分佈表現出來，二維平面圖形顯示效果並不十分理想。為達成教學效益，應可以電腦科技設法模擬結構模型試驗，讓學生可在輔助教學系統中隨意施加外力，並以互動式使用者界面觀察變化情形。而這些如能以立體化顯示實體及三維應力情況，應都可導致較佳之學習效果。

在現今電腦科技中，虛擬實境技術已

日漸成熟，正足以達成上述目標。虛擬實境的特點為建立三維空間的立體展示及互動交談界面，能夠讓使用者產生身處電腦內部場景的印象。使用者利用立體觀看裝置、滑鼠或 VR 手套等設備，自由游走於虛擬的環境，同時以較直覺化方式地處理虛擬環境中的資訊 [1, 2, 3, 4]。而虛擬實境並非特別新的科技，主要在整合如立體顯像、三維電腦圖形顯示、互動使用者界面等技巧，卻能達成驚人的學習訓練效果(圖一)。

本研究主要目的在建立一套材料力學的教學軟體，藉著結合網際網路與虛擬實境的方式，建造一間網路虛擬材料力學實驗室為目的。虛擬實境基本上在改進傳統電腦的人機界面。虛擬實境建立三維空間的展示及交談界面，能夠讓使用者利用立體觀看裝置、滑鼠或 VR 手套等設備，自由游走於虛擬的環境中，同時直覺化地處理其中的資訊。應用在材料力學教學輔助，在視覺上可提供如結構模型試驗場景，施加外力以觀察結構位移、應力變形...等等。

## 二、研究方法

### 虛擬實境簡介

虛擬實境技術的目的在於建立一個新的使用者介面，讓使用者可以置身在電腦模擬實際環境的空間中，利用電腦的技術，讓使用者產生幻覺，彷彿真的置身於特定的環境中，使用者一旦置身於此擬真的環境，便可以透過搖桿、手套、語音、或是更特殊的三度空間輸入裝置，自由的遊走於這些即時描繪的虛擬世界中，同時可以更直覺化的處理其中的資料。

虛擬實境系統的組成除了電腦基本配備外，可分為四個模組：虛擬世界、虛擬實境軟體、輸出裝置和輸入裝置[5, 6]。

#### 1. 虛擬世界

虛擬世界是描繪一個互動式的模擬環境，其中包含定義立體物件模型的資料庫，儲存物件的基本屬性、動作、聲音和行為等資料；以及虛擬世界的初始化設

定，諸如：光源、背景、控制台、儀表和視窗(觀測窗)等。

#### 2. 虛擬實境軟體

這部份可分為兩個層面說明，其一是最基本的虛擬實境執行觀測工具(或稱瀏覽工具)；另一層面則為設計虛擬實境的編輯工具，以及軟體開發工具模組，以輔助程式設計。前者因市場需求較多，價格較低，甚至在虛擬實境普遍成熟後，可望有免費的觀測軟體流通。

#### 3. 輸入設備

提供觀測者動作的訊息，即執行觀測任務時，輸入裝置直接影響使用者觀看得到的影像；當編輯資料或從事開發設計工作時，輸入裝置下達設計者的命令。有：3D 滑鼠、搖桿、VR 手套和位置追蹤器等。

#### 4. 輸出設備

虛擬實境輸出設備目前最普遍的是視覺輸出裝置，能夠隨時呈現使用者在虛擬世界中面對的景觀。當然，隨裝置的不同呈現的效果有很大的差異。例如：電腦螢幕、喇叭、立體眼鏡、頭盔顯示器(HMD)...等。

虛擬實境已被廣泛應用在各領域。除了影音娛樂遊戲外，亦被使用在如飛行訓練、機械操作等教育訓練上。在工程應用上，運用虛擬實境直觀、互動的特性，已被應用在如建築設計、室內設計、景觀佈置、工廠規劃、管線工程等，甚至汽車與航太工業的設計製造。大部分仍屬於研究開發的階段，應用的範圍雖然包羅萬象，但卻僅有少數的開發進入商品化的階段。

### 虛擬材力實驗室之構建

本系統是用 Superscape VRT 一軟體 [3] 構建出虛擬世界，再利用與全球資訊網的連結達到教學的目的，接下來就先介紹這一套虛擬實境製作軟體的內容，藉此瞭解本系統的製作方法及原理。最後再介紹全球資訊網的概念，結合網際網路的技術，以完成整個系統的架構。

考慮軟硬體的性能限制後，決定出學習素

材內容的呈現方式，便可以開始著手製作本雛形系統。製作的過程順序為，先決定素材的外觀，如樑柱的外觀等，由基本元件(cube)建立出物件的形體(shape)；再將多個物件，依照其組織結合成群體(group)；接著對應虛擬環境中場景的規畫安排，適當的置入物件或群體的位置，最後，再遵循物件在虛擬環境表達的方式，如物件屬性、有無互動...等，完成設定該物件應有的屬性值。以完成整個虛擬世界(world)。

整個虛擬世界構建的程序如下：

1. 由構想規畫出世界的藍圖：依照最初的構想，本研究預定製作三間研究室，以置放軸力、扭矩、彎矩相關的展示項目。
2. 繪出元件的外觀：由點決定平面，由面組合成物件。
3. 決定出該物件的顏色、光源。
4. 決定該物件在世界中所該放置的位置，以及該物件的正確尺寸。
5. 決定該物件的互動形式，若無互動則重複步驟，則可逐步完成整個虛擬世界。
6. 待整個世界的雛形完成後，開始檢視世界，決定物件的屬性、運動的有無、是否可見、可移動...等。
7. 決定瀏覽的視點及起始位置(Home)。

嚴格說來，一般虛擬世界的檔案格式並不是超連結文件的格式，所以並不能由虛擬世界中直接產生超連結，但是Superscape VRT提供了另一種檔案格式可提供虛擬世界在WWW上執行，並可在虛擬世界中產生超連結物件，進而連結到其他說明主題的網頁。使用者只需要在瀏覽器上plug-in Viscape 這支程式，即可以在WWW上瀏覽虛擬世界。

#### 四、研究成果

本研究的成果為一間虛擬材料力學實驗室，並藉由與全球資訊網的連結顯示教學主題的說明網頁，並能將系統研究成果傳

播於網路上，供遠端使用者使用，達到虛擬網路教學的理想，而本系統的網址為<http://cadlab.cv.nctu.edu.tw/vrlab>。當使用者藉由www連結到本材料力學教學網頁後，即可順著歡迎畫面的導覽說明，有條理的瀏覽材料力學的內容。本網頁的內容架構可分為下列三部分，分述如下。

材料力學教學部分  
此部份建立一套完整有系統的材料力學教學內容，採用一面網頁說明一個主題的架構，讓使用者能夠清楚的釐清觀念所在。主題包含了材料的基本性質、軸力、扭矩、剪力、彎矩等(圖二)。

#### 虛擬實境理論部分

介紹虛擬實境的理論，希望有興趣的使用者能對虛擬實境有更深一層的認識，包含的主題有虛擬實境的定義、虛擬實境的範圍與分類、虛擬實境工具及虛擬實境的應用與發展等。

#### 虛擬材力實驗室部分

此部份是本研究的重心所在，利用Superscape VRT一軟體，系統於此建立了一間虛擬材力實驗室，使用者連結至此處時，首先會出現操作說明網頁，以幫助使用者順利的在虛擬實境中瀏覽，實驗室的教學主題有應力應變、軸力分析、扭矩分析、彎矩分析等四部份，在應力應變實驗室中，使用者可了解材料受力後的應力應變軌跡圖；而在軸力實驗室中可了解桿件受軸力的變形及應力分布情形，而扭矩實驗室中則是展示了對實心圓桿及薄殼桿件的扭矩分析，同樣的，在彎矩實驗室中則是展示了桿件受彎後的變形及應力分布，以及對中性軸及中性面的定義(圖三)。

#### 五、結論

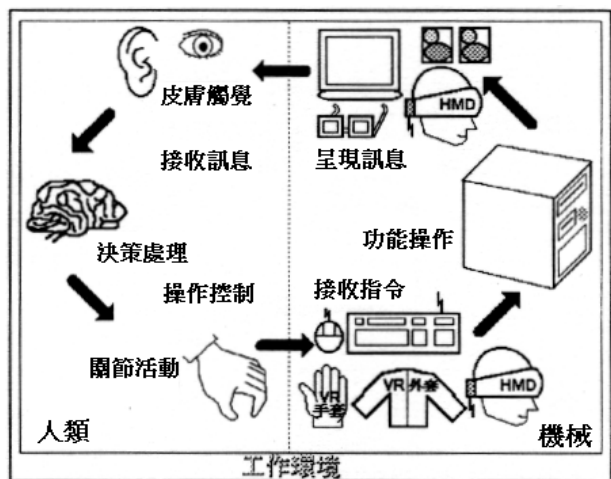
本研究探討虛擬實境於電腦輔助教學上的應用，依據相關理論與技術的討論，以完成一間虛擬材料力學實驗室為主題，並藉此過程整理出虛擬實境學習環境的設計原則，評估其可行性及適用範圍。網路教學部份更將虛擬實境結合全球資訊網及

超文件格式的技術，提供系統相關的材料力學教學說明，藉此解決虛擬實境中無法出現大量文字的問題，並能將系統研究成果傳撥於網路上，達到虛擬網路教學的理想。

在電腦輔助教學上，虛擬實境提供了3D圖形的觀察介面，而超文件連結則提供了相關的教學說明網頁，藉由兩者的相輔相成，將使得使用者能夠達到更好的學習效果。

### 五、參考文獻

1. 林政弘，“深入虛擬實境 VR”，**峰出版社**，民國86年。
2. 賴邦彥，“Easy to Know 虛擬實境”，**全欣出版社**，民國85年。
3. 謝護圭，“PC 虛擬實境”，**儒林出版社**，民國85年。
4. 姚裕勝，“**虛擬實境學習環境之研究—以結構力學之學習為例**”，**國立交通大學碩士論文**，民國85年。
5. Bricken, M. & Byrne, C.M, “Summer School in Virtual Reality: A Pilot Study on Educational Application of Virtual Reality”, Human Interface Technology Lab(HITL) of Washington Technology Center(WTC) at University of Washington,1991.
6. Winn, D., “A Conceptual Basis for Educational Application of Virtual Reality”, Human Interface Technology Lab (HITL) of Washington Technology Center (WTC), Report No TR-93-9,1993.
7. VRT for Windows, “User Guide”,Superscape,1996.



圖一 虛擬實境輔助教學系統主要架構圖



圖三 桿件受彎曲作用之斷面應力分布畫

圖二材料力學教學目錄