

# 國立交通大學

土木工程學系  
碩士論文

應用虛擬實境於營造工地危害辨識教學

Training of Potential Hazard Identification on Construction Site Using  
Virtual Reality

研究生：張瑞娜

指導教授：曾仁杰 博士

中華民國一零一年七月

應用虛擬實境於營造工地危害辨識教學

Training of Potential Hazard Identification on Construction Site Using  
Virtual Reality

研究生：張瑞娜 Student : Rui-Na Chang

指導教授：曾仁杰 Advisor : Ren-Jye Dzeng



A Thesis  
Submitted to Department of Civil Engineering  
College of Engineering  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master  
In  
Civil Engineering

July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of Chinese

中華民國一零一年七月

## 摘要

在勞委會彙整之民國 97~99 年國內營造業重大職災實例中，因危害辨識能力不足導致災害發生之比例約占 23%。若在安衛教育時針對危害辨識進行訓練，相信能降低四分之一的職災發生。傳統安衛課程習於講述法與紙筆測驗，缺乏互動性也不易具體化；實習課程或現地參觀為安全考量，授課單位皆將環境中潛藏危害事先排除，亦難以提升受訓者危害辨識能力。使用虛擬實境之技術，可提供受訓人員一個可融入的且含潛藏危害的虛擬場景，除讓受訓人員有身歷其境的體驗外，更可免除真實訓練的危險性，讓受訓者在安全的擬真訓練環境中，進行重複性的危害辨識訓練。

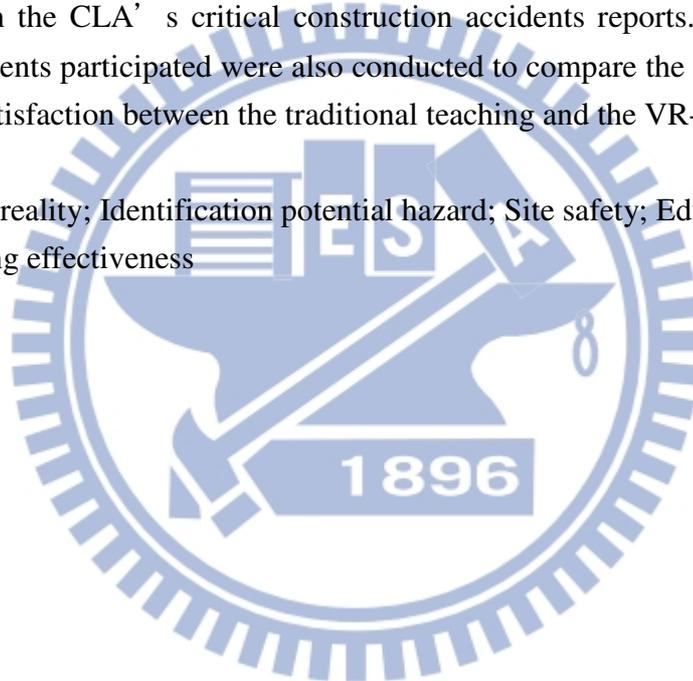
本研究模擬潛藏各種危害之虛擬營造工地，設立危害情境互動機制與計分機制，建置出主動式、參與式及探索式之虛擬營造工地危害辨識訓練環境。虛擬實境教材以勞委會彙整之營造業重大職災案例為基礎，建置出潛藏墜落、滾落、物體崩塌等發生機率較高之危害形態情境於虛擬營造工地。透過主動式探索與觀察，受訓者可了解並學習到危害辨識知識，達到教育訓練之目的。本研究將虛擬實境融入危害辨識教育訓練中並設計實驗教學，實驗教學分傳統教學（控制組）與虛擬實境教學（實驗組），最後透過測驗與問卷，評估學習成績及學習滿意度。

關鍵字：虛擬實境、危害辨識、工地安全、教育訓練、學習成效

## Abstract

Based on the construction accidents reported by the Council of Labor Affairs (CLA), approximately 23% of construction accidents could be attributed to inability to identify work hazards. Traditional safety training focuses on lectures and exam tests, and lacks of interactivity and reality. Site visits, while providing real site experience, for safety reasons also often lacks the opportunity to observe potential work hazards. Virtual reality (VR) technique allows trainees to immerse in a virtual environment with designed work hazards, and thus provides them with realistic and interactive experience in hazard identification training with the exposure to hazards. This research creates an interactive virtual construction site where users can walk through the site and identify the various types of work hazards that collected based on the CLA' s critical construction accidents reports. An experiment with two groups of students participated were also conducted to compare the learning effectiveness, motivation, and satisfaction between the traditional teaching and the VR-based teaching.

Key word: Virtual reality; Identification potential hazard; Site safety; Education training; Learning effectiveness



## 誌謝

時光飛逝，兩年的碩士求學生涯轉眼即過。回首這段旅程，許多喜悅、高興、無奈與焦慮的心情都從心底浮現，這些記憶都將成為我人生中重要且美好的一段。

本論文能順利完成，衷心感謝指導老師 曾仁杰教授，感謝老師總是在滿滿的行程當中，撥出時間協助我解決論文所遇到的難題，無論是資源上的幫助或是論文的指導，都感謝老師親切且不厭其煩的悉心教導並給予許多寶貴意見。感謝交通大學 黃玉霖教授及陸軍官校 王世旭教授提供課堂時段讓我進行實驗，使本研究得以順利完成。同時，亦感謝口試委員王維志教授、楊亦東教授以及楊智斌教授於口試審查時，提供寶貴意見，使這篇論文更為正確。

在新竹六年的求學過程中，感謝中華大學營建工程系對我大學時期的教導與督促，讓我能幸運的將這六年的學生生涯在交通大學土木工程系碩士班營建管理組劃上休止符。這一路上，感謝爸媽的無限支持，讓我可以專注於學業上的衝刺，哥哥、姐姐對我在生活上的照顧，更使我成長的路上不孤單，謝謝我的家人！

碩士求學期間，感謝不斷幫助我成長的學長姐們，黑暗中遞送溫暖的中華幫 紹偉學長、小黑學長、汎儀學姊，無頭緒時給予指引的 亦卓學長、小畢學姐。感謝同一間研究室的夥伴，文武雙全喜歡拍照的小涵、教我統計跟推薦動畫的小古、喜歡當活動主持人的奕哲、沒戴帽子老師認不出來的文泰、很會跟僑生聊天的啟申、籃球很厲害的沈煥，神龍見首不見尾的佳宏、假營管真 IT 愛小叮噹的奕中、比所有老師都高的竹節。感謝同一家的學弟妹們，感謝在高雄的好麻吉 阿蔡、教導我勇氣及希望的布丁，感謝在新竹貿二貿八工地打工時照顧我教導我的前輩們，感謝各位在這兩年來所給予的支持與協助，能夠認識這些前輩、學長姐、同學、學弟妹、朋友們真的非常開心，謝謝你們！

最後，謹將此論文獻給我最親愛的家人與在天上的爺爺、奶奶，因為有你們的支持與包容，我才能順利完成論文拿到碩士學位，請你們和我一起分享這份榮耀與喜悅。

張瑞娜 謹致於  
交通大學土木工程系營建管理組  
中華民國一零一年七月

# 目錄

摘要 .....	I
Abstract.....	II
誌謝 .....	III
圖目錄 .....	VII
表目錄 .....	VIII
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究動機 .....	1
1.3 研究目的 .....	1
1.4 研究範圍 .....	1
1.5 研究限制 .....	2
1.6 研究方法 .....	2
1.7 研究架構 .....	2
1.8 研究流程 .....	3
第二章 文獻回顧 .....	4
2.1 危害辨識 .....	4
2.1.1 危害辨識定義 .....	4
2.1.2 危害辨識重要性 .....	4
2.1.3 危害形態辨識 .....	4
2.1.4 危害辨識技術 .....	5
2.2 職業安全衛生教育訓練 .....	7
2.2.1 國內營造業職業安全衛生教育訓練現況 .....	8
2.2.2 國內大專及技職院校職業安全衛生教育訓練現況 .....	8
2.2.3 國內職業安全衛生教育訓練之發展 .....	9
2.3 虛擬實境相關文獻回顧 .....	10
2.3.1 虛擬實境基本定義與發展概況 .....	10

2.3.2 虛擬實境於各領域之應用 .....	11
2.3.3 虛擬實境於安全衛生教育訓練之應用 .....	12
2.4 小結 .....	14
第三章 虛擬實境訓練系統之設計 .....	15
3.1 危害辨識實例篩選 .....	15
3.2 虛擬實境空間配置與案例搭配 .....	17
3.3 虛擬實境模型建置 .....	23
3.4 虛擬實境訓練系統之使用者介面介紹 .....	25
第四章 實驗教學設計與實施 .....	27
4.1 研究問題與假設 .....	27
4.2 實驗教學設計與實施流程 .....	28
4.2.1 教學前測 .....	29
4.2.2 實驗教學 .....	29
4.2.3 教學後測 .....	30
4.3 測驗試卷設計 .....	30
4.4 學習滿意度問卷設計 .....	34
4.5 實驗教學過程心得 .....	40
4.6 資料處理 .....	40
第五章 實驗結果與分析 .....	43
5.1 測驗試卷之結果與分析 .....	43
5.1.1 樣本資料分析 .....	43
5.1.2 學習成績分析 .....	44
5.2 學習滿意度問卷之結果與分析 .....	47
5.2.1 樣本資料分析 .....	47
5.2.2 學習滿意度分析 .....	48
5.3 小結 .....	56
5.3.1 學習成績（測驗試卷） .....	56

5.3.2 學習滿意度 (問卷) .....	56
5.3.3 課程適用年級 .....	56
5.3.4 虛擬實境遊戲優缺點與改善 .....	56
5.3.5 實驗教學心得 .....	57
第六章 結論與建議 .....	58
6.1 結論 .....	58
6.2 建議 .....	58
參考文獻 .....	59
【附錄 1】國內外文獻原文資料 .....	64
【附錄 2】危害案例 .....	65
【附錄 3】虛擬工地之危害元件與提示語對照表 .....	74
【附錄 4】預試測驗試卷 .....	77
【附錄 5】正式測驗試卷 .....	80
【附錄 6】虛擬實境教學組 (實驗組) 學習滿意度問卷 .....	82
【附錄 7】傳統講述教學組 (控制組) 學習滿意度問卷 .....	85

## 圖目錄

圖 1-1 研究架構圖.....	3
圖 1-2 研究流程圖.....	3
圖 3-1 虛擬實境訓練系統架構圖.....	15
圖 3-2 案例篩選流程圖.....	16
圖 3-3 空間配置圖.....	17
圖 3-4 戶外區危害佈點圖.....	18
圖 3-5 施工架區危害佈點圖.....	19
圖 3-6 室內區 1F 危害佈點圖.....	20
圖 3-7 室內區 2F 危害佈點圖.....	21
圖 3-8 室內區 3F 危害佈點圖.....	22
圖 3-9 模型建置流程圖.....	23
圖 3-10 危害元件示意圖.....	24
圖 3-11 安全元件示意圖.....	24
圖 3-12 計分機制示意圖.....	24
圖 3-13 互動語法撰寫.....	25
圖 3-14 辨識成功之提示語視窗.....	25
圖 3-15 虛擬實境訓練系統之開啟「互動」畫面.....	26
圖 3-16 虛擬實境訓練系統之危害辨識畫面.....	26
圖 3-17 虛擬實境訓練系統之計分機制畫面.....	26
圖 4-1 研究問題架構圖.....	27
圖 4-3 問卷架構圖.....	35
圖 4-4 檢定方法之選用流程.....	41
圖 4-5 T 檢定之檢視流程.....	41
圖 5-1 虛擬實境空間移動方向增加示意圖.....	55

## 表目錄

表 2-1 「危害」、「危害辨識」名詞定義.....	4
表 2-2 危害形態表.....	5
表 2-3 常用危害辨識技術分析表.....	7
表 2-4 國內職業安全衛生相關學校系所彙整.....	8
表 2-5 各學者對虛擬實境之定義.....	10
表 2-6 虛擬實境應用於安衛教育訓練之分析.....	13
表 3-1 戶外區－實際案例與虛擬實境設計對照表.....	18
表 3-2 施工架區－實際案例與虛擬實境設計對照表.....	19
表 3-3 室內區一樓－實際案例與虛擬實境設計對照表.....	20
表 3-4 室內區二樓－實際案例與虛擬實境設計對照表.....	21
表 3-5 室內區三樓－實際案例與虛擬實境設計對照表.....	22
表 3-6 互動語法摘要表.....	25
表 4-1 預試測驗試卷各題難易度與鑑別度分析.....	31
表 4-2 可信度高低與 Cronbach $\alpha$ 係數之對照表.....	33
表 4-3 預試測驗試卷之信度分析表.....	33
表 4-4 預試測驗試卷之因素分析摘要表.....	34
表 4-5 預試學習滿意度問卷之信度分析表.....	36
表 4-6 預試學習滿意度問卷之因素分析摘要表.....	38
表 4-7 李克特式五點量表.....	42
表 5-1 傳統教學測驗試卷－學生背景資料分析摘要表.....	43
表 5-2 虛擬實境教學前測測驗試卷－學生背景資料分析摘要表.....	44
表 5-3 測驗試卷問答題配分表.....	44
表 5-4 不同教學組別於前、後測之「學習成績」差異比較.....	45
表 5-5 前、後測於不同教學組別之「學習成績」差異比較.....	46
表 5-6 後測測驗試卷於不同背景因素之「學習成績」差異比較.....	46
表 5-7 傳統教學學習滿意度問卷－學生背景資料分析摘要表.....	48

表 5-8 虛擬實境教學學習滿意度問卷－學生背景資料分析摘要表.....	48
表 5-9 不同教學組別於構面之得分情形.....	49
表 5-10 不同教學組別於授課方式比較之得分情形.....	50
表 5-11 虛擬實境教學於不同背景因素之「學習成效滿意度」分析.....	51
表 5-12 虛擬實境教學於不同背景因素之「教學滿意度」分析.....	52
表 5-13 虛擬實境教學於不同背景因素之「學習動機與興趣滿意度」分析.....	52
表 5-14 不同教學組別之「課程適用年級」分析－全年級學生意見.....	53
表 5-15 不同教學組別之「課程適用年級」分析－大二學生意見.....	54
表 5-16 虛擬實境「遊戲優點」分析.....	54
表 5-17 虛擬實境「遊戲缺點」分析.....	54
表 5-18 虛擬實境「遊戲改善」分析.....	55



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景

營造工地的危害常是可以被發現，只要勞工花一點時間注意自護、互護、監護就可以預防。依據國內勞工安全衛生教育訓練規則規定：「雇主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之安全衛生教育訓練。」，更凸顯出安全衛生教育訓練的重要性。

目前國內辦理安全衛生教育訓練之單位，其授課方式：

1. 習於講述法與紙筆測驗：強調以分數高低來決定學生對教學內容的了解，但此種訓練方式較缺乏互動性。
2. 實習課程：基於安全衛生考量，實習課程會在一個相對安全的環境下進行，較無法訓練到危害辨識的能力。
3. 體驗館課程：課程受限於體驗館硬體設施，無法提供較全面的危害辨識教學項目，若新建或改建既有硬體設施，將有龐大金費支出。

受訓學生若能於安衛教育訓練中充分吸收或探索相關危害知識，將可降低因危害辨識能力不足而發生之職災。因此如何以安全為前提，提供充滿各種危害情境的危害辨識訓練環境為一重要課題。

## 1.2 研究動機

危害辨識相關課程之教育、訓練或經驗，是為了確保學習者擁有危害辨識之能力。藉虛擬實境特性可省去增建、改建體驗館之昂貴費用，且可依教學內容隨意變化欲模擬之危害場景，讓學生於安全的授課環境中不受時間、空間的限制進行學習。本研究應用虛擬實境技術模擬潛藏各種危害之營造工地，讓學習者可針對各種危害情境學習判斷能力與應變技巧，透過身歷其境探索式遊戲教學，增進學習成績與學習興趣，降低學術與實務落差，提升危害認知與應變能力。

## 1.3 研究目的

1. 建立「虛擬實境危害辨識系統」，培養、訓練學生於營造工地之危害辨識能力。
2. 探討虛擬實境輔助教學對學生學習成績、學習滿意度之比較與評估。

## 1.4 研究範圍

以勞委會彙整之國內營造業民國 97 年至 99 年重大職災案例為危害辨識教材案例。

## 1.5 研究限制

1. 為結合各種危害情境，本研究於虛擬實境系統模擬新建、改建等情境同時發生之營造工地。
2. 建置虛擬實境之軟體為 Google SketchUp 8，模擬技術受限於此套軟體。該軟體具容易上手之特性，有助於虛擬實境輔助教學之推廣。
3. 本研究使用電腦進行虛擬實境教學，因此實驗對象將受限於對電腦使用功能熟悉之學生。

## 1.6 研究方法

本研究使用之研究方法其原因如下：

1. 文獻回顧法  
使用文獻回顧收集國內外相關文獻，針對安全衛生、危害辨識之訓練進行調查分析，作為了解發展建構之動機參考，建置符合實務需求之虛擬實境系統，並選用合適之虛擬實境開發工具。
2. 專家訪談法  
針對虛擬實境教學內容尋求專家進行訪談，探討虛擬實境教學輔助危害辨識訓練之成效，確立與修正虛擬實境系統之內容。
3. 虛擬實境訓練系統設計與建置  
本研究使用 Google SketchUp 8 軟體建置虛擬實境訓練系統。
4. 準實驗研究法  
以文獻回顧與專家訪談之結果為依據，設計「虛擬實境學習」與「傳統學習」之教案，採準實驗法前、後測設計方式進行教學實驗。
5. 問卷調查法  
於實驗教學前、後設計危害認知能力測驗進行分析比較，收集學生對虛擬實境教學與傳統教學之滿意度問卷，探討虛擬實境輔助教學對學生學習成績、學習滿意度之比較與評估。

## 1.7 研究架構

依據文獻回顧與專家訪談之結果，本研究建置虛擬實境危害辨識系統進行實驗教學，並設計危害認知測驗試題與學習滿意度問卷，探究虛擬實境對危害辨識教學之影響。最後評估與分析測驗試卷與問卷調查之結果，撰寫本研究之結論並對國內危害辨識教學提出建議，以達研究目的。

本研究之研究架構圖如圖 1-1 所示。以文獻回顧為基礎，發展設計出「虛擬實境系統」，並將建置完成之虛擬實境系統融入「實驗設計」當中，以便探究虛擬實境輔助教學之成效。

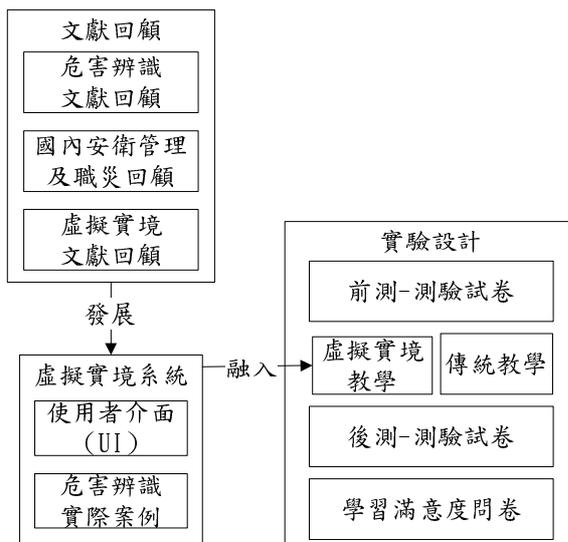


圖 1-1 研究架構圖

### 1.8 研究流程

依據研究目的本研究建置危害辨識教學系統，運用虛擬實境技術模擬各種危害情境，藉由實驗教學探討虛擬實境模擬技術應用於危害辨識教學之適用性。研究流程圖如圖 1-2 所示。

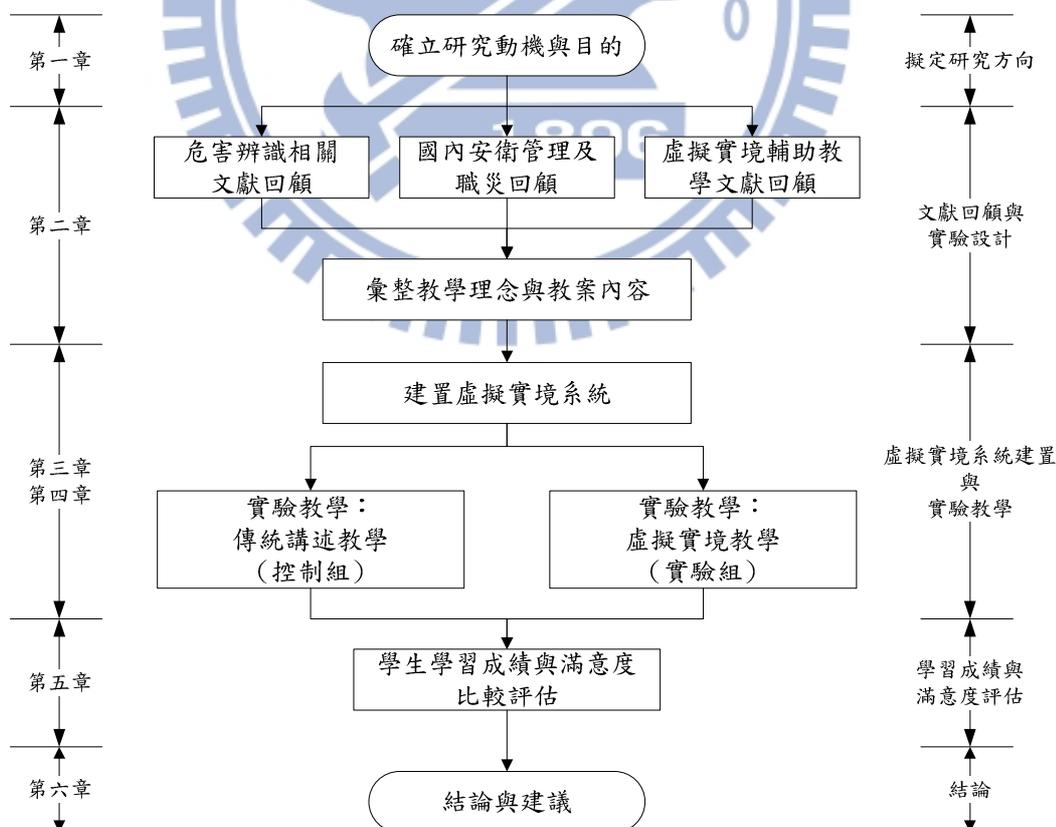


圖 1-2 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 危害辨識

#### 2.1.1 危害辨識定義

職業安全衛生管理系統標準大多以危害辨識和風險評估為核心。英國標準協會制定「BS 8800 職業安全衛生管理系統標準」，與「OHSAS 18001 職業安全衛生管理系統標準—規範」。我國行政院勞委會也在 2007 年頒佈適合我國國情之「臺灣職業安全衛生管理系統」(Taiwan Occupational Safety and Health Management System, TOSHMS) 指引。

「危害」一詞在 BS 8800、OHSAS 18001 與 TOSHMS 中，皆定義為「對人體健康造成傷害或損害的潛在因素」，「危害辨識」定義為「鑑別危害的存在和定義危害特性的程序」(葉宇光，2009)。

表 2-1 「危害」、「危害辨識」名詞定義

名詞	定義	參照之管理系統
危害 (Hazard)	潛在造成任何形式傷害的來源、情況或行為，這些傷害包括受傷或疾病，或是這些後果同時發生。	■ BS 8800 ■ OHSAS 18001 ■ TOSHMS
危害辨識 (Hazard Identification)	鑑別危害的存在和定義危害特性的程序。	■ BS 8800 ■ OHSAS 18001 ■ TOSHMS

資料來源：葉宇光，2009

#### 2.1.2 危害辨識重要性

行政院勞工委員會所頒布之「危害辨識及風險評估技術指引」指出，適當的危害辨識及風險評估，可協助事業單位建置良好的職業安全衛生管理系統，有效控制危害及風險，預防與削減災害，並提昇職業安全衛生管理績效，進而達到永續經營之目的。

事業單位應依安全衛生法規及職業安全衛生管理系統相關規範的要求，建立、實施及維持風險評估管理計畫或程序，以有效執行工作環境或作業危害的辨識、評估及控制。TOSHMS 風險評估技術指引要求事業單位應事先依工作環境或作業，製程、活動或服務的危害特性，界定潛在危害的分類或類型，作為危害辨識、統計分析及採取相關控制措施的參考，對所辨識的作業，應蒐集相關資訊，作為風險評估的依據。事業單位應針對作業危害源，辨識所有潛在危害、發生原因與合理且最嚴重的後果(邱瀧毅，2012)。

#### 2.1.3 危害形態辨識

行政院勞委會為利於危害辨識工作的執行，將危害區分為物理性、化學性、生物性、人因工程、心理性等五大類，細部分類參考如表 2-2 所示。本研究將危害形態發生率較高之項目，納入實驗教學教材中：(1)墜落、(2)物體飛落、(3)物體倒塌、崩落、(4)與有害物等之接觸、(5)跌倒、(6)感電、(7)火災。

表 2-2 危害形態表

危害形態							
1	墜落	6	物體倒塌、崩落	11	溺斃	16	物體破裂
2	滾落	7	被撞	12	與高溫、低溫之接觸	17	火災
3	跌倒、滑倒	8	被夾、被捲	13	與有害物等之接觸	18	不當動作
4	衝撞	9	被切、割擦傷	14	感電	19	廠外交通事故
5	物體飛落	10	踩踏	15	爆炸	20	其他
						21	無法歸類者

資料來源：行政院勞工委員會，2009

事業單位應就作業清冊之每項作業考量下列因素，辨識出所有可能潛在危害（行政院勞工委員會，2009）：

1. 是否有引起傷害的根源，包含：
  - (1) 人員之行為、能力以及其他因素是否會造成危害？
  - (2) 工作場所中，由事業單位或其他單位所提供之基礎設施、設備及物料等對人員會造成何種傷害？
  - (3) 工作場所外部之作業及潛在危害對內部人員安全衛生之影響？
2. 可能受到傷害的人員，包含：
  - (1) 作業者本身。
  - (2) 同一工作場所之工作人員。
  - (3) 工作場所週遭人員等。
3. 傷害發生的原因，包含機械設備故障、人為疏忽、天然災害等。

另在設計階段如工作區域、過程、裝置、機械/設備、操作/維護程序及工作組織等設計，除需辨識可能引起之危害外，亦應評估現有人員是否具備足夠之技術能力及知識，可有效的運用或操作這些設計。

#### 2.1.4 危害辨識技術

常用的危害辨識技術分析方法包括查核表、故障假設分析、危害與可操作分析、失效模式與影響分析、事件樹分析、失誤樹分析等（葉宇光，2009；曹常成、洪銀忠，2008）。

##### 1. 查核表（Checklist）

查核表分析為利用已製成的項目表單，去辨識與一般製程設備和操作有關的已知類型的危害、設計缺陷以及潛在危害，通常用於檢查各種規範和標準的執行情況。查核表的製作一般是利用相關的法規、標準和條例所提供的資訊建立，為一種簡單的危害辨識方法，其結果的呈現為定性描述。

查核表分析每次只針對單一項目，因此無法辨識製程或作業間相互依賴及互相影響的危害，亦無法了解真正失效的原因，僅能提供表單中的項目做查核。查核表於現場查核中較著重可量化檢查項目，例如：鋼筋綁紮之縱向間距 10 公分，查核人員可依數據快速檢查，但當查核項目無法量

化時，例如：表面不得腐蝕，則較需倚靠查核人員經驗。若能在其基礎上補足與加強查核人員相關經驗或辨識能力，相信能更加提升查核效益。

2. 假設情境分析 (What-If Analysis)

假設情境分析方法是一種完全以經驗為導向，對製程或操作的腦力激盪分析方法。危害分析人員基於各自的專長，提出許多「如果…會怎麼樣？」(What-if) 的問題，來挑戰製程或系統的設計或操作方式，以發掘潛在性的問題。What-if 分析對於考慮因素採開放式的問答，優點是可以激發提出更多被忽略的潛在性危害，但缺點是不易引導與規範此分析之進行，尤其對於較欠缺經驗的人員來說更是如此。

3. 危害與可操作分析 (Hazard and Operability Study, HAZOP)

HAZOP 分析以系統化方式詳細的審查製程或操作，判斷製程偏離是否導致不期望的後果，雖然 HAZOP 分析技術最初的發展是用於評估新的設計或技術，但也適用於評估所有製程的生命週期階段。當 HAZOP 小組列出偏離可能的原因和後果，以及現有防止偏離的防護措施後，則進一步判斷現有的保護措施是否不足而存在著可信的偏離狀況，再提出相關的建議行動以降低危害。

4. 失效模式與影響分析 (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)

FMEA 為評估製程設備中失效或不當操作所引起系統中人員的傷亡或財物損失。失效模式為描述造成設備失效的原因，而影響分析則是判斷系統對於設備失效所產生的反應。分析結果可產生具代表性的建議事項，依照建議事項做修正或改善，增加設備的可靠度，進而改善製程安全。

由單一失效模式引起的最嚴重後果估計，後果嚴重性可藉由定性的方式表示，發生機率可藉由數值表示，利用風險矩陣可獲得風險高低。

5. 事件樹分析 (Event Tree Analysis, ETA)

事件樹分析是根據二元邏輯的方式，也就是事件的發生為「可能」或「不可能」，或者是設備運作的「失效」或「成功」，並藉由圖形的方式描述由起始事件到可能的後果，起始事件為特定設備失效或人為失誤。

6. 失誤樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)

FTA 建構的程序以事故或是不期望發生的頂端事件為起始點，辨識引發事件的直接原因，即失誤事件。每項失誤事件以相同的方式進一步檢視，直到分析人員辨識出所有失誤事件的根本原因或是達到預期的分析範圍。FTA 無法確保能夠察覺出所有的失效原因，尤其是共同原因的失效，分析結果的可靠性則是取決於樹的結構完整性、正確性和失效率數據的品質。執行時，分析人員需對設備或系統的運作和失效模式有詳盡的瞭解，並有完整的製程流程圖，確保分析的品質及有效性。

上述常用危害辨識技術，依使用時機約可區分為規劃期與施工前檢查期兩大類，分析結果如表 2-3 所示。這些技術除查核表外均針對設計、規劃時期所使用，較缺乏對現場執行面的危害辨識。無論是在設計、規畫時期的辨識技術或施工前檢查期的查核表內容條列，均需仰賴分析人員的經驗，凸顯出危害辨識訓練、輔導的重要性與必要性。

表 2-3 常用危害辨識技術分析表

使用時機	辨識技術	優點	缺點
規劃期	假設情境分析 (What-If Analysis)	激發出更多被忽略的潛在性危害。	可靠性，取決於分析人員的經驗與訓練。
	危害與可操作分析 (Hazard and Operability Study, HAZOP)		
	失效模式與影響分析 (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)		
	事件樹分析 (Event Tree Analysis, ETA)		
	失誤樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)		
施工前 檢查期	查核表 (Checklist)	檢查各種規範和標準的執行情況。	僅提供表單項目做查核。
	本研究虛擬實境教學系統之危害辨識能力訓練。	直接對環境進行危害辨識分析。	學習時仰賴模型擬真度。

## 2.2 職業安全衛生教育訓練

我國「勞工安全衛生教育訓練規則」明定，雇主應於事前使勞工接受勞工安全衛生教育訓練。有效的勞工安全衛生教育訓練，能夠提供施工管理人員與勞工團體建立正確且合宜的營造安全衛生知識，同時提升施工效率及維護工作場所的安全衛生，有效降低營造職業災害發生率（林楨中、陳俊璋，2006）。勞工參加安全教育訓練愈積極，也愈能具備良好的安全衛生認知與態度（梅士賢，2004）。

職業安全衛生教育訓練，是控制工作場所發生危害的根本。使勞工學習危害鑑別、安全作業方法與培養目標，能降低職業所帶來的傷害與疾病（Cohen and Colligan, 1995）。一般談論職業災害，大多以工作中因為不安全環境或設備所造成的傷害殘廢疾病或死亡為主（陳俊復，2008）。勞工身為職業安全衛生主體，除受法令保護外，更應與雇主共同具有維護職場安全衛生的權利及義務。個別勞工有拒絕危險工作的權利（曹常成，2007）。因此使勞工具備危害辨識能力為安全衛生管理基礎。在職業安全衛生教育中，更應將危害辨識訓練納為訓練教材之核心。

### 2.2.1 國內營造業職業安全衛生教育訓練現況

營造業在我國所佔職業災害發生的比例一直是最高的，在工程多層分包承攬、人員流動性高與高比例的自雇工作者的前提下，營造現場的施工經驗並不容易累積。過去憑藉「師徒傳授」施工經驗的方式，僅能依賴傳授者的經驗是否正確與完善，卻無法確保知識的完整性與系統性（林楨中、陳俊瑋，2006）。

陳彥伶（2010）研究分析發現，民國 98 年全國核可辦理安全衛生教育訓練之單位有 537 家，民國 96 年受訓人數高達 17 萬人。從現場評鑑發現訓練單位有下列主要的問題：總會與分會之內部運作機制不佳；訓練單位針對師資未建立師資遴選與淘汰機制，甚至出現有講師專長與授課課程不符之情況；坊間自行出版教材，但未能即時更新或提供補充教材。

江天賜（2008）研究指出，目前辦理一般安全衛生教育訓練其授課方式與課程內容仍未跳脫傳統思維模式，缺乏討論、模擬演練、實習、實作等方式。一般安全衛生教育訓練，因授課主題缺少變化，往往使學員興趣缺缺，效果有限。

### 2.2.2 國內大專及技職院校職業安全衛生教育訓練現況

我國加入世界貿易組織（WTO）後，面臨產業升級與各行業日漸重視職場安全衛生之國際趨勢，為確保工作環境優良，吸引優質勞工，提昇產業競爭力，以及配合政府「防止職業災害，保障勞工安全」之政策，國內大專及技職院校推廣與設立職業安全衛生系所（參見表 2-4），培養具備正確觀念的職業安全與衛生人才，提升國內事業單位職業安全衛生管理人員之素質，以因應產業升級而日益嚴重化、複雜化的職業安全衛生問題。

表 2-4 國內職業安全衛生相關學校系所彙整

技職院校	
學校	系所
大仁科技大學	環境與職業安全衛生系暨環境管理研究所
中華醫事科技大學	職業安全衛生系
中臺科技大學	環境與安全衛生工程系、安全與防災科技研究所
弘光科技大學	環境與安全衛生工程系、環境工程研究所、 職業安全與防災所、環境工程研究所在職專班
明志科技大學	環境與安全衛生工程系暨環境與資源工程研究所
東南科技大學	環境與安全衛生工程系
高雄第一科技大學	環境與安全衛生工程系（系/所）
雲林科技大學	環境與安全衛生工程系
輔英科技大學	職業安全衛生系
嘉南藥理科技大學	職業安全系暨產業安全衛生與防災研究所
中山醫學大學	職業安全衛生學系（系/所）
中國醫藥大學	職業安全與衛生學系
元智大學	工業安全學程

表 2-4 國內職業安全衛生相關學校系所彙整 (續)

技職院校	
學校	系所
長榮大學	職業安全與衛生學系暨研究所
高雄醫學大學	職業安全衛生研究所 (所/博士班)
聯合大學	環境安全衛生工程學系
交通大學	工業工程與管理系所(系/所/博士班)
交通大學	工學院產業安全與防災碩士在職專班

我國大專院校以培養理論研究與工程設計之人才為主，技職院校則以培養勞工安全衛生管理人員與工業安全衛生技師為主，目前國內職業安全衛生相關系所在教育訓練上以課堂講授為主，並輔以職業安全衛生實習課程（徐玉堂 等人，2003）。國內土木相關學校科系之學生，畢業後投入營造業服務的機會大於其他科系學生，更需於學校教育時期就接受相關職業安全衛生教育訓練。

落實學生校外實習課程，能加強學生實務經驗與提高專業知能，使學生能夠將學校課堂所上所學之理論與工作內容相互印證，縮短學術教育與產業需求的落差。楊德祥、繆慧娟（2003）認為，安全衛生的知識主要都與身處的環境發生直接的關係，單項設備或物質在不同的環境中會有不同的危險程度與應變處理方式，如果能有效的反應環境中該項設備或物質所對應的學習重點，將有助於學習者加深學習的印象，也更能清楚了解學習內容所對應環境中，可能的危險程度與自我責任的認知。

### 2.2.3 國內職業安全衛生教育訓練之發展

傳統安全教育訓練僅透過講師所編撰的書面教材在課堂上講授，學生只能用揣摩想像課程情境，模擬可能造成事故狀況，藉以提高安全意識。此種教育方式會隨時間增長而淡忘，產生之學習效果有限（蘇文娟、黃景煜，2011）。

許多職業安全衛生訓練課程的內容過於單調，只注重安全衛生知識與技術陳述，忽略提升學習興趣的方法。在各項安全衛生的知識與技術中，不少是日常生活中就應具備的。往往讓一位受訓的作業人員誤以為他已經熟悉課程的大部分內容，而不必再認真學習。藉由納入互動式與動態式的訓練課程，可提升受訓人員注意力、學習效率與學習興趣（王秋森，1998）。

故本研究建置虛擬實境輔助教學系統，以虛擬實境教學方式進行因過於危險而無法實施之實習訓練。虛擬實境技術可替學習者模擬還原尚未發生職災之危害情境，以輔助危害辨識學習。透過模擬，可針對不易舉證或不易發生卻又重要之危害情境進行模型建置，使學習者藉虛擬實境輔助，得以在安全環境中進行教育訓練，提升危害辨識知識。

## 2.3 虛擬實境相關文獻回顧

### 2.3.1 虛擬實境基本定義與發展概況

國外許多學者分別對虛擬實境（Virtual Reality，VR）下定義，大致而言，將虛擬實境定義為一種由電腦所產生的模擬環境，可讓使用者浸入其中（張霄亭、朱則剛，1998）。以下綜合整理各專家學者對虛擬實境之定義：

表 2-5 各學者對虛擬實境之定義

學者	定義
Glenn (1991)	虛擬實境是一種經驗而非技術，Glenn 認為虛擬實境應以使用者為主體，使用者願意放棄他們的不信任感，或是願意相信他們在虛擬實境所做的事。【附錄 1】
Latta (1991)	虛擬實境是一種人機介面，主要經由電腦與周邊設備創造出具感受性的環境，此環境可由個人的行動而控制，對使用者而言就像處於真實環境一般。
Sheridan (1991)	虛擬實境的臨場感應具有三個向度： 1. 感官資訊的延伸：資訊適當地傳遞給適當的感測器讓使用者接收。 2. 控制感測器與環境接觸：使用者可以自行控制視野、觀看事物，或藉由聲響和觸覺做出相對應的反應。 3. 操作真實事務的能力：操作虛擬環境中的機器或改變虛擬環境中物體的能力。
Gigante (1993)	虛擬實境在設備上需具備有電腦產生的 3D 圖形、立體化的視覺呈現與聲音系統、頭部需帶上頭戴式顯示器(Head-Mounted Display, HMD)，手部要配戴感應式資料手套(Dataglove)。使用者在此虛擬實境環境中能產生參與感的幻覺，其虛擬實境是一個沉浸式(Immersive)、多重感官刺激的經驗。
Burdea and Coiffet (1994)	虛擬實境應具備三個 I：沉浸度(Immersion)、互動性(Interaction)與想像力(Imagination)。【附錄 1】
Summitt. and Summitt (1995)	虛擬實境為一種電子通訊媒介，為感官經驗的延伸。虛擬實境是一種使用者的經驗。【附錄 1】
紀大任 (1997)	在 Burdea(1994)的三 I 架構中，增加一項網際網路(Internet)的多人虛擬實境，朝多人即時互動去發展。【附錄 1】

資料來源：尹泰霖，2008；傅志豪，2010

綜以上觀點，虛擬實境是藉由電腦去模擬三度空間的虛擬世界，提供使用者對視覺、聽覺與觸覺等感官的模擬，讓使用者就像身歷其境一般，能及時且無限制去觀察三度空間內的事物。當使用者移動位置時，電腦可以立即進行複雜的運算，將精確的 3D 世界影像傳回產生臨場感。

虛擬實境一開始是做為飛行員訓練之用，之後更廣泛地應用於其他領域，包括：建築、娛樂、醫學、汽車業與教育等。而虛擬實境之所以能被廣為運用，主要是因為具備以下優點 (Maria *et al.*, 1998；Ausburn and Ausburn, 2004)：

1. 虛擬實境可以模擬出不方便或不可能探索的危險環境，讓學習者能在免除真實環境危險、減少時間及金錢支出的情況下，進行與環境或物體的互動。
2. 虛擬實境中，學習者不只是一個觀察者，更是主動學習的參與者。在激發學習的過程中，也能提升學習者的興趣。
3. 由電腦所模擬的學習情境可重複、持續性的操作、練習，可避免人力教導的缺點，如疲勞、厭倦。

### 2.3.2 虛擬實境於各領域之應用

由於虛擬實境其特性，故被廣泛的運用在各種不同領域，將學習導引至一個更直覺、更真實的新境界。從最早期的飛行模擬器(Flight Simulator)，到後來不管是工程、科學、設計、…等，在不同的領域都有完整的發揮。以下為不同領域之應用狀況 (許嘉宏，2005；黃雅晨，2008)：

1. 應用於工程領域：
  - (1) 防災教育：透過虛擬實境，檢視作業人員於屋頂層裝置大型機電設備時，處於狹窄作業空間各身體部位如頭部、膝蓋彎曲程度等各方面人員動作是否適當，藉此排除實際作業時的危險發生。(Bartels *et al.*, 2001)。
  - (2) 工程規劃：將工程計畫預先於虛擬場景中規劃檢討，將可預見之風險降至最低。
  - (3) 機具操作訓練：在危險性高之工作環境操作大型機具，如地下潛盾機開挖，或大型吊車操作，預先以虛擬操作的方式，訓練機具操作人員，讓人員熟悉工作環境與機具操作，降低實際工程進行之風險。
2. 應用於科學視算模擬：

美國太空總署 (NASA) 著名的 Ames 研究中利用虛擬實境技術讓科學家在模擬風洞中遊走，科學家可從不同的角度觀察風洞的特性，比起數字化的實驗結果，此種方式要來的有效及真實。
3. 應用於娛樂領域：
  - (1) 電腦遊戲及電玩：The Vivid Groupe 公司於 1994 年 7 月的 Siggraph 展中，發表「Mandala」。這是一個讓玩家不須佩帶任何設備，可與螢幕中有特殊設計的椅子上，隨著電影裡的人物一起打籃球。
  - (2) 虛擬電影院：在新加坡的聖陶沙島 (Santosa) 的「瘋狂電影院 (Cinemanía)」，觀眾可融入於電影之中，隨著電影的進行會讓觀眾有相對應的轉彎、震動等互動之感覺。
4. 應用於教育訓練領域：

讓使用者不斷的重覆演練，訓練某一項特定的技能。如飛行訓練、戰車操作訓練、駕駛訓練、機械維修訓練、火災救災演練、Peloton 運動模擬器…

等，或以虛擬的方式，將傳統教育內容以虛擬實境的方式讓使用者不斷反覆練習。由於其身歷其境之效果，加深其內容記憶吸收。

5. 應用於醫學領域：

外科手術模擬、傷後復健、遠距遙控手術、針對懼高症患者的心理治療等。如內視鏡虛擬手術模擬及訓練系統（Laparoscopic Surgery Training System, LSVR）或稱為最小侵入性外科手術模擬系統，係由一個具有物理屬性（如彈力、重力、變形等）的虛擬腹腔環境與一組類似真實手術刀，提供使用者一種身歷其境的手術模擬與訓練環境。

6. 應用於設計領域：

應用於建築設計規劃、室內設計規劃、商品設計與航太設計…等。如英國 Colt 公司開發的 Vegas 軟體，被倫敦地鐵及消防學院用來研究建築物設計對人類行為的影響（Tate *et al.*, 1997）。

7. 應用於軍事領域：

將各種軍事設備操控以虛擬實境模擬，提供士兵演習及戰技訓練使用。如由 Jacobsen 所研發的 I-Port 系統，讓士兵在模擬的系統中訓練軍事戰技。

8. 應用於太空領域：

美國太空總署（NASA）利用虛擬實境，預先於地球訓練太空人熟悉太空世界，使太空人能夠完成更艱鉅的太空任務。另一最有名的例子為 1993 年 NASA 利用虛擬實境相關技術，完成修復太空望遠鏡的任務。

9. 應用於網路領域：

虛擬博物館、虛擬校園導覽、虛擬銀行…等。如故宮提供虛擬實境展示，重現故宮十九間展覽室的立體空間。

電腦是一種媒體，可以協助教師來安排教學、管理或達成個別化教學。教師利用電腦，可以進行下列的教學（陳昭雄，1989）：

1. 反覆練習教學以提高學科的熟練度。
2. 個別教導的方式以提高個別化的學習
3. 模擬實際情境以擴大教學層面
4. 寓遊戲於教學以提高學習的興趣
5. 啟發思考能力以解決問題
6. 執行電腦輔助測驗以協助教師的評量
7. 支援一般的課堂教學活動
8. 執行電腦管理教學以提升教學效率

### 2.3.3 虛擬實境於安全衛生教育訓練之應用

虛擬實境技術的應用對安全衛生有許多正面的價值，例如作為工作場所或人機界面的人因工程評估、現場組裝或工作場所設計之參考、危險工作場所維修工程訓練（Wilson, 1996）。下列舉出虛擬實境於安全衛生訓練之應用例子：

1. 勞委會曾探討危險性機械重大職業災害，發現常因使用者操作不當與教育訓練不足，而造成人員傷亡。但受限於實習訓練場地、租用起重機費用昂貴…等問題，我國人員訓練過程中無法獲得充分足夠的操作訓練。行政院勞委會勞工安全衛生研究所，因此研發六軸移動式起重機模擬訓練系統，並將此套系統技術移轉勞委會職業訓練局南區職業訓練中心進行教育訓練，使勞工操作技能更成熟，避免人員傷亡、財產損失及社會成本負擔（勞工安全衛生研究所，2000）。
2. Hirotake 等人（1995）研發一套虛擬實境的機械維修訓練系統，受訓者須配戴可呈現立體化視覺的特殊眼鏡，並搭配感應式的特殊手套（Dataglove），使受訓者在排除危險的虛擬環境中，重複性、持續性地練習高危險性的機械組裝與拆卸，如核能電廠設備。【附錄 1】
3. Bartels 等人（2001）為減少煤礦井的工人受傷，藉虛擬實境模擬立體工作場所，研究錨桿鑽機（roof bolter）垂直運動狀況，並訪問工人於機械旁可能的工作行為，模擬出各身體部位動作，透過虛擬實境模擬機械運作與附近工人的行為動作，藉以檢視潛藏危險並事先排除，以減少工人因礦山機械而產生的作業風險。【附錄 1】
4. Assfalg 等人（2002）使用虛擬訓練環境，教育與指導建築工人當身處於工地現場時所必須採取的個人安全防護措施。讓建築工人在虛擬的高空作業環境中，以自由行走的方式在虛擬環境中探索，當到達特定地點時，即透過影像撥放方式顯示正確的安全措施做法，使建築工人在培訓過程沒有安全上的疑慮。【附錄 1】

上述虛擬實境於安衛教育訓練之應用，依類別約略可區分為機械模擬類與場景模擬類，如表 2-6 所示。本研究藉虛擬實境技術建置潛藏各種危害之虛擬營造工地，讓學生透過虛擬場景，學習以目視方式對環境進行危害辨識分析。

表 2-6 虛擬實境應用於安衛教育訓練之分析

類別	應用	研究者
機械類	研發六軸移動式起重機模擬訓練系統。	勞工安全衛生研究所（2000）
	研發虛擬實境的機械維修訓練系統。	Hirotake <i>et al.</i> （1995）
	以虛擬實境研究錨桿鑽機垂直運動。	Bartels <i>et al.</i> （2001）
場景類	個人 建置虛擬訓練環境，教育與指導建築工人相關個人安全防護設備。	Assfalg <i>et al.</i> （2002）
	環境 本研究建置虛擬營造工地，進行危害辨識教育訓練。	

這些應用虛擬實境技術於安衛教育訓練的例子當中，勞研所（2000）研發的起重機模擬訓練系統、Hirotake 等人（1995）研發的機械維修訓練系統，以及 Bartels 等人（2001）

研發的錨桿鑽機模擬系統，整體而言均是以虛擬實境技術模擬「營建機械」，並以此虛擬環境進行相關安衛訓練，與本研究針對「營建工地場景」建置虛擬環境之訓練方式較不相同。

在 Assfalg 等人 (2002) 研發的場景類虛擬訓練環境中，較侷限於單向式傳播的教育方式，此種方式可提升知識傳遞速度，使受訓者快速吸收，但較無法提升受訓者學習興趣。在虛擬訓練環境中，若能導入遊戲機制與互動機制，較能提升學習者的學習動機與興趣，使教育訓練效果往上提升。故本研究建置一套融入遊戲機制與互動機制之虛擬訓練系統，讓學習者為追求訓練系統中較高的遊戲積分，而努力、認真於系統中的教育訓練內容，進而提升學習者自身危害辨識知識，以達教育訓練之目的。

## 2.4 小結

職業安全教育訓練的目標不僅重視基礎安全衛生知識，另一方面更需強調危害辨識能力，而最佳訓練方法是透過實際的作業讓學生在做中學，即情境式學習。然而，無論是實習課程或工地參觀的學習方式，為避免學生暴露於危險環境中，授課單位皆會將環境中潛藏危害先行排除，雖保障學生安全，卻也使其失去危害辨識的學習機會。

虛擬實境能模擬立體工作環境，讓學生在安全的虛擬危害環境中，藉由情境間的互動，建立安全衛生知識與危害辨識能力；透過情境式學習激發學生的興趣與動機，讓學生吸收的知識不再是抽象知識，而是能夠實際應用到週遭環境上。虛擬實境擬真訓練，可免除真實訓練的危險性，讓學生在安全的擬真訓練環境中，進行重複性的危害辨識訓練。故本研究將虛擬實境應用於安全衛生教育當中的危害辨識訓練，建立一虛擬實境案例式危害辨識教學遊戲。讓學生身歷其境進行危害辨識訓練，期望提升學生於營造工地之危害辨識能力。

### 第三章 虛擬實境訓練系統之設計

本研究建置之虛擬實境訓練系統架構如圖 3-1 所示，系統架構分三部分：系統開發者、系統管理者與使用者 (User)。

1. 系統開發者：建立與維護基本場景及危害情境，依不同場景搭配適當之危害情境與安全規則。
2. 系統管理者：維護或新增危害情境，並搭配適當之安全規則。
3. 使用者 (User)：僅能使用建置好之虛擬實境遊戲系統，控制媒介為滑鼠。

以下分四小節說明本研究之危害辨識實例篩選、虛擬實境空間配置與案例搭配、虛擬實境模型建置以及虛擬實境訓練系統之使用者介面介紹。

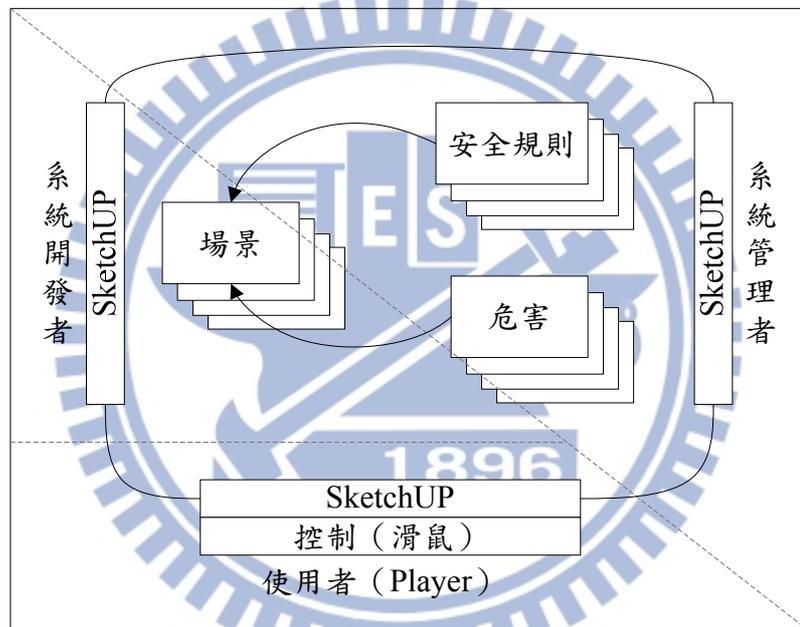


圖 3-1 虛擬實境訓練系統架構圖

#### 3.1 危害辨識實例篩選

本研究以實際案例為實驗教學之教材內容，根據行政院勞委會彙整之國內歷年職災案例為教學教材。依產業別、發生年份、災害發生原因、行業別、危害情境與模擬技術為教學案例篩選原則。以下依篩選步驟分五部份做說明及如圖 3-2 所示。

1. 第一次篩選原則：產業別、發生年份

行政院勞委會將產業別分為營造業、營造業以外、危險性機械設備與局限空間，本研究篩選出民國 97 至 99 年各年度營造業重大職災實例，篩選後之總案例數為 396 件。

2. 第二次篩選原則：災害發生原因

實驗教學之訓練方針為提升學習者危害辨識能力，故保留勞委會認定

災害發生原因為「危害認知與辨識能力不足」之案例，篩選後之總案例數為 91 件。

3. 第三次篩選原則：行業別

本研究僅針對行業別為「土木、建築類」之案例予以保留，篩選後之總案例數為 69 件。

4. 第四次篩選原則：危害情境

依上述步驟篩選後，將危害情境重複之案例（如：電梯直井、鋼管施工架、合梯…等情境）捨去，使教材案例具多元化特性，篩選後之總案例數為 23 件。

5. 第五次篩選原則：模擬技術

本研究建置虛擬實境之平台為 Google SketchUP 8，模擬範圍受限於靜態情境。舉例來說，假設一台挖土機在停駛時被判斷為安全情境，但當挖土機啟動後，如因操作不當或未依規劃路線行駛等動態事件導致災害發生，即屬於動態情境案例。因模擬技術僅限於靜態情境，故將動態情境之案例捨去，篩選後之總案例數為 20 件。



圖 3-2 案例篩選流程圖

案例依流程篩選後，共篩選出 20 個案例，危害型態包含：墜落、物體飛落、感電、物體倒塌、跌倒、與有害物質等接觸、火災爆炸。每個案例皆為獨立事件，皆有各自的職災發生原因，篩選出之案例參見【附錄 2】

經篩選而出的案例，皆簡述職災發生經過、職災原因分析（直接原因、間接原因）、職災防止對策與勞安規定。舉例來說，案例 0001 表示方式如下：

### 案例 001：從事吊掛作業遭 H 型鋼樑飛落撞擊致死災害

#### 1. 發生經過簡述：

使用挖土機將連續壁鋼筋籠之吊桿移至施工地點，因鋼索勾到鋪於導溝上之鋼筋網，使勾掛在鏟齒上的一條鋼索掉落，造成吊桿旋轉打破駕駛座玻璃，接著吊桿飛落，一名勞工遭受撞擊致死。

#### 2. 原因分析：

直接原因：物體飛落撞擊。

間接原因：

(1) 使車輛系營建機械供為主要用途以外之用途（以挖土機吊運物品）。

(2) 未禁止人員進入車輛系營建機械作業之操作半徑內。

#### 3. 防止對策與勞安規定：

不得以挖土機從事吊掛。應禁止人員進入車輛系營建機械作業之操作半徑內。（勞工安全衛生設施規則第 116 條第 1 項第 3 款暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）

### 3.2 虛擬實境空間配置與案例搭配

為讓學習者感受營造工地氛圍，虛擬實境空間分三區域：戶外區、施工架區與室內區，配置如圖 3-3 所示。由 3.1 節篩選出之案例，依空間性質與施作程序將危害情境分配至各區域。在職災實例資料中，皆有附上職災後之現場照片或示意圖，雖學習者可透過文字與圖片增加危害辨識知識，但仍需憑自身想像，才能還原職災發生前之現場環境。

虛擬實境技術可替學習者模擬還原尚未發生職災之危害情境，以輔助危害辨識學習。透過模擬，可針對不易舉證或不易發生卻又重要之危害情境進行模型建置，使學習者藉虛擬實境輔助，提升危害辨識知識。以下說明各區域與危害案例之搭配。

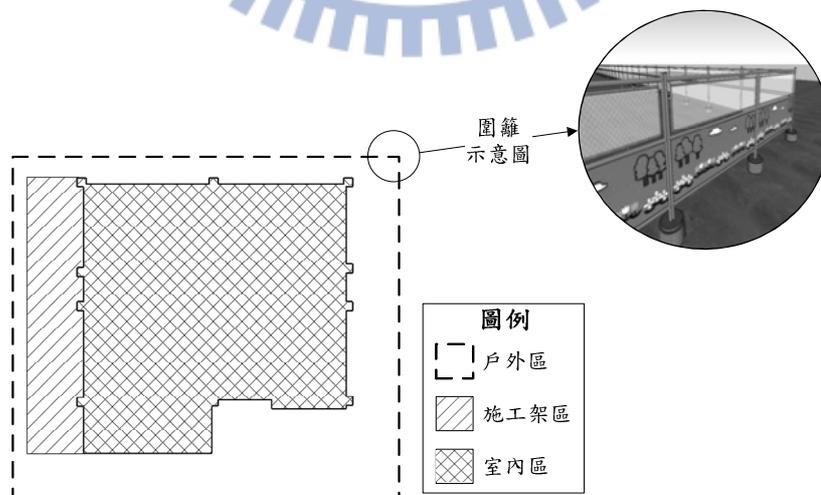


圖 3-3 空間配置圖

## 1. 戶外區

營造安全衛生設施標準第 8 條規定，雇主對於工作場所應設置適當圍籬、警告標示。模型中建置簡易式鋼管圍籬（如圖 3-3 之圍籬示意圖）圍塑營造工地戶外空間（如圖 3-3 之粗虛線）。將露天開挖、下水道人孔與危害媒介物屬於大型營建機械（挖土機、移動式起重機）之案例分配至戶外區，危害情境佈點如圖 3-4 所示。戶外區之實例與模型轉換，如表 3-1 所示，其中案例 001 原始案例發生經過為，以挖土機吊掛 H 型鋼，但因模型中 H 型鋼較不易表現，故以危害情境較明顯之挖土機搭載人員示意之。

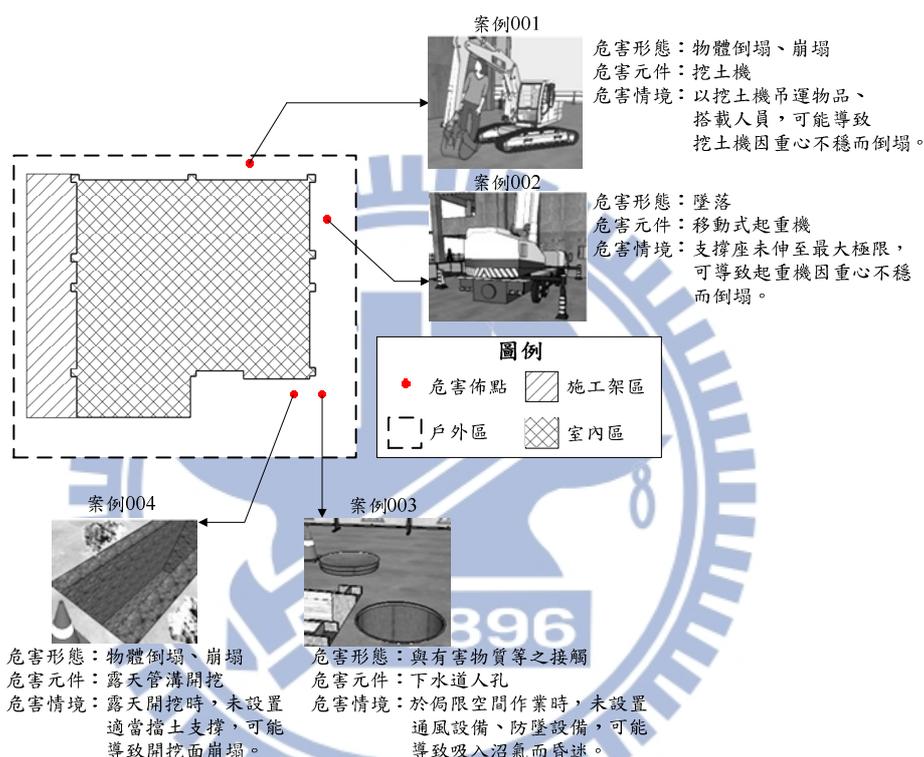


表 3-1 戶外區－實際案例與虛擬實境設計對照表

案例代碼	勞委會分析		虛擬實境設計	
	災害媒介物	災害原因	危害元件	危害情境
001	營建物 (H 型鋼)	以挖土機吊掛 H 型鋼 (機具使用不當)	挖土機	以挖土機搭載人員 (因 H 型鋼可能較不易辨識，故改為搭載人員示意。)
002	移動式起重機	支撐座未伸至最大極限 (機具使用不當)	移動式起重機	支撐座未伸至最大極限
003	有害物 (缺氧空氣)	侷限空間，未充分通風換氣、未提供防墜設備。	下水道人孔	未充分通風換氣、未提供防墜設備。
004	土砂、岩石	露天開挖，未設置適當擋土支撐。	露天管溝開挖	未設置適當擋土支撐

## 2. 施工架區

模型中施工架為搭建四層之鋼管施工架，僅建置於建築物單一側，使學習者進行危害辨識訓練時，不需花過多時間探索，達控制遊戲時間之目的。危害情境佈點如圖 3-5 所示。施工架區之實例與模型轉換，如表 3-2 所示，其中案例 006 原始案例，因防墜設施「脫落」之動態情境不易表現，故模型中以未架設防墜網示意此危害情境。

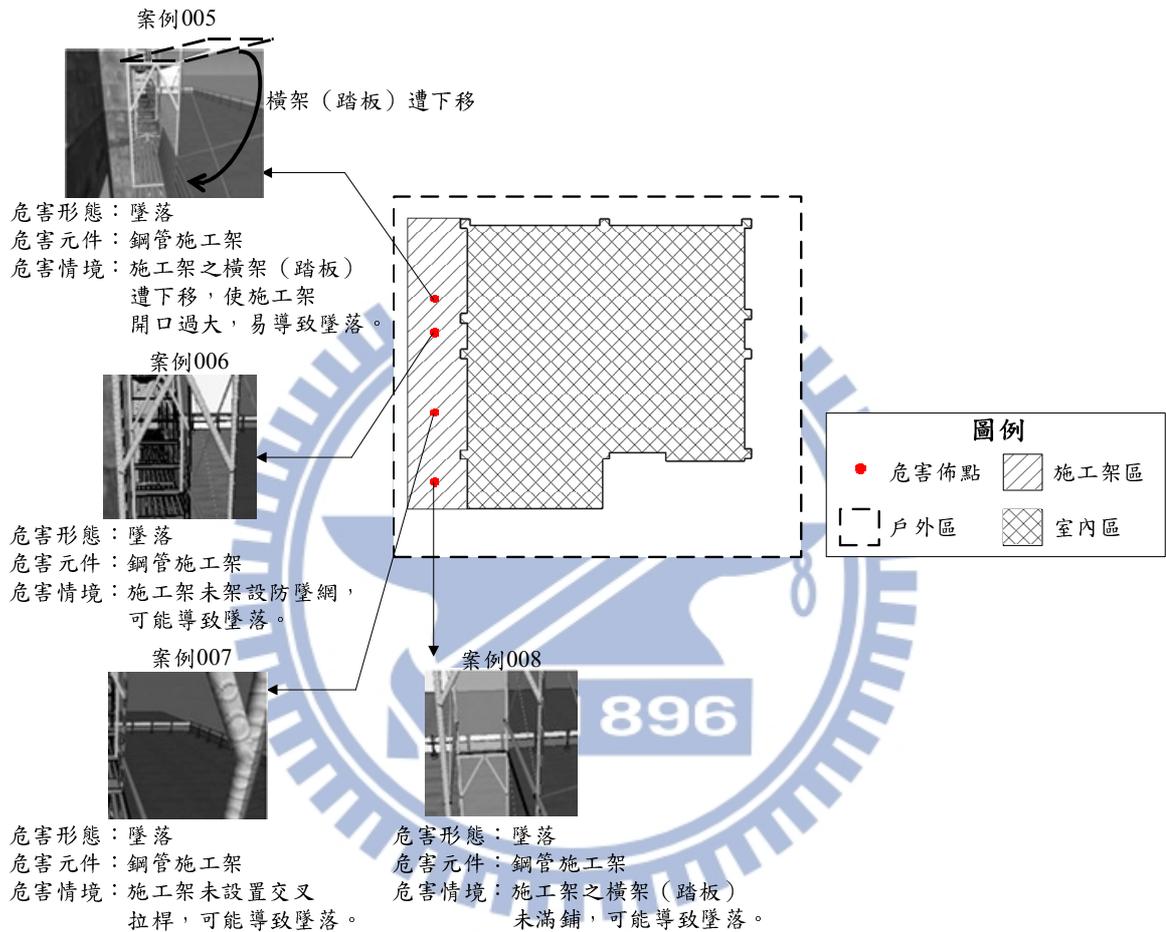


圖 3-5 施工架區危害佈點圖

表 3-2 施工架區－實際案例與虛擬實境設計對照表

案例代碼	勞委會分析		虛擬實境設計	
	災害媒介物	災害原因	危害元件	危害情境
005	工作臺、踏板	施工架踏板下移	施工架踏板	施工架踏板下移
006	施工架開口	防墜設施脫落未復原	施工架開口	未架設防墜網 (脫落之動態情境不易表現，故以未架設防墜網示意)
007	施工架開口	未設置交叉拉桿	施工架開口	未設置交叉拉桿
008	施工架開口	踏板未滿鋪	施工架開口	踏板未滿鋪

### 3. 室內區一樓

主建物為三樓層之鋼筋混凝土建築，連結室內區與戶外區之唯一出入口設置於一樓。室內建置一座直通樓梯與一座連結一樓與三樓之升降機，學習者可透過樓梯移動至各樓層；建置模型時，在樓層不高的建物中設置升降機，可增加危害情境種類，卻不增加遊戲時間，讓學習者在簡短的遊戲時間中，學習多元化的危害情境辨識。

營造安全衛生設施標準第 157 條規定，雇主對於構造物之拆除，不得使勞工同時在不同高度之位置從事拆除工作。但已採適當措施，維護低位勞工之安全者，不在此限。故分配案例時，將屬於從事拆除作業之危害案例，皆佈點於室內區一樓。為避免危害情境單一化，於該樓層多配置一個感電危害情境。危害情境佈點如圖 3-6 所示。室內區一樓之實例與模型轉換，如表 3-3 所示。

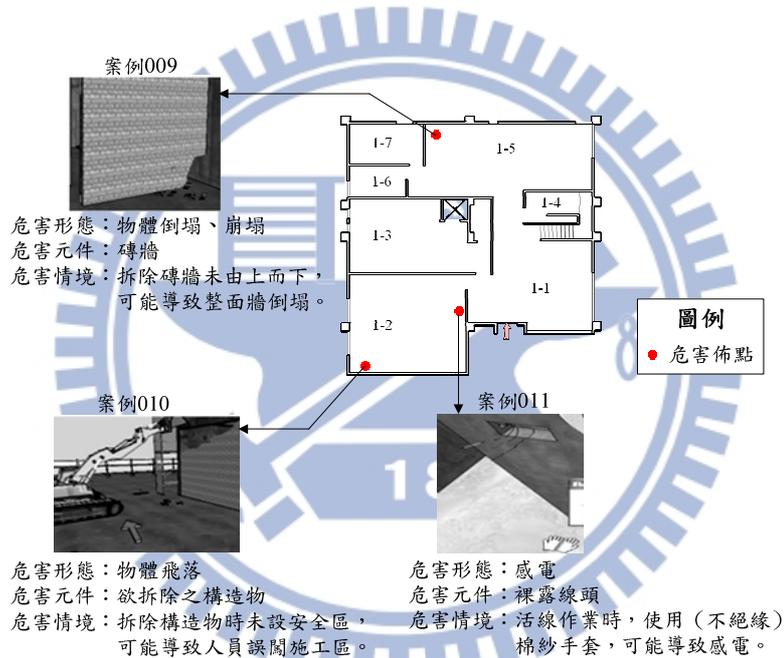


圖 3-6 室內區 1F 危害佈點圖

表 3-3 室內區一樓—實際案例與虛擬實境設計對照表

案例代碼	勞委會分析		虛擬實境設計	
	災害媒介物	災害原因	危害元件	危害情境
009	營建物 (磚牆)	拆除磚牆未由上而下，導致整面磚牆倒塌。	磚牆	拆除磚牆未由上而下
010	金屬材料 (鋼筋)	拆除構造物未設置安全區，鋼筋飛落砸到勞工。	欲拆除之構造物	未設置安全區
011	輸配電線路	徒手接觸電線續接處	裸露電線	活線作業使用棉紗手套 (因徒手接觸之狀況較不易表現，故以不絕緣之棉紗手套示意危害情境)

#### 4. 室內區二樓

主建物設計為尚未裝修之鋼筋混凝土構造物，故模型中場景大多為灰色混凝土壁，為讓學習者有不同視覺感受，於室內區二樓建置兩道輕質混凝土隔間牆，藉顏色對比增添場景活潑性與趣味性。一般而言，主結構體完成後即進行裝修工程，故分配案例時，將可歸類於裝修階段發生之案例，分配至該區。危害情境佈點如圖 3-7 所示。室內區二樓之實例與模型轉換，如表 3-4 所示。

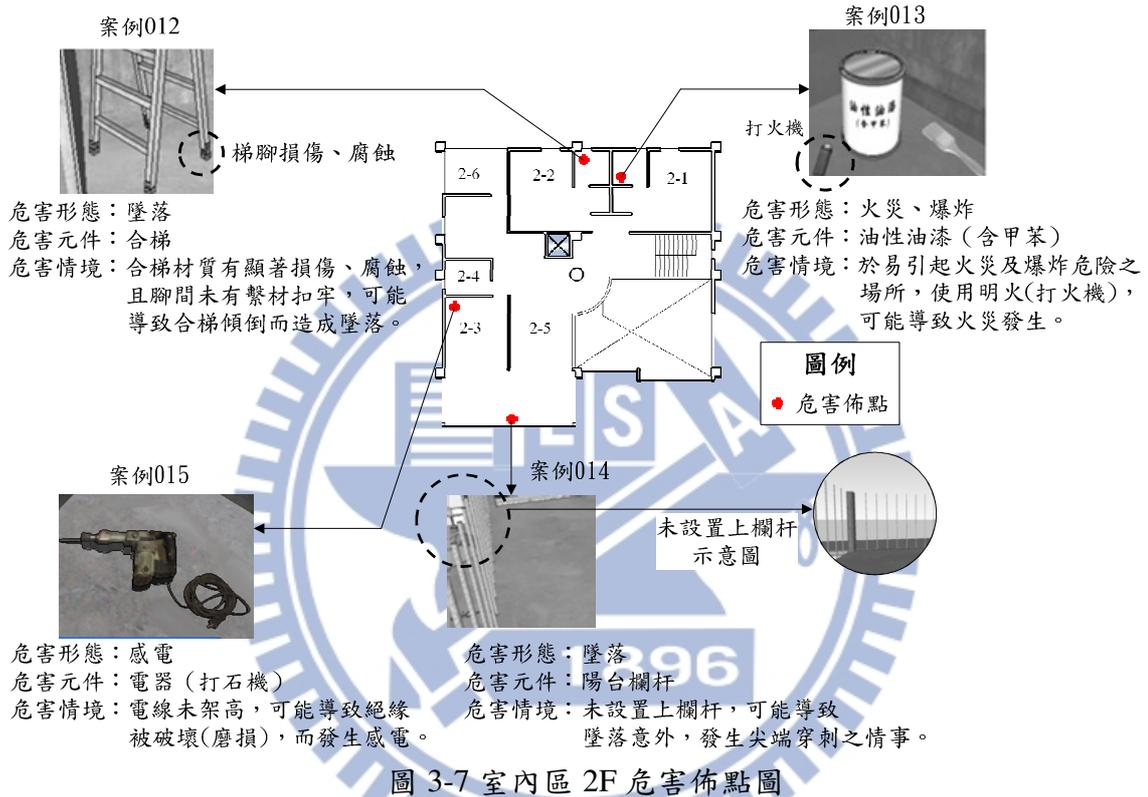


表 3-4 室內區二樓—實際案例與虛擬實境設計對照表

案例代碼	勞委會分析		虛擬實境設計	
	災害媒介物	災害原因	危害元件	危害情境
012	合梯	合梯材質有損傷、腐蝕，導致合梯傾倒。	合梯	合梯材質有損傷、兩梯腳未有繫材扣牢。
013	易燃氣體（甲苯）	推斷為打火機引燃藉於爆炸界限之甲苯氣體。	油性油漆（含甲苯）	於易引起火災、爆炸危險之場所，使用明火(打火機)。
014	營建物開口	陽台開口未設置護欄，導致墜落。	陽台欄杆	未設置上欄杆
015	輸配電線路	電線未架高、漏電斷路器故障，導致感電。	電器(打石機)	電線未架高

## 5. 室內區三樓

主建物最高樓層為三樓，為使虛擬實境系統模擬各種危害情境，三樓空間分為室內區與露臺區，露臺區危害元件包含屋頂採光浪板與架設未確實之欄杆，其餘尚未分配之案例皆佈點於室內區三樓。危害情境佈點如圖 3-8 所示。室內區三樓之實例與模型轉換，如表 3-5 所示。

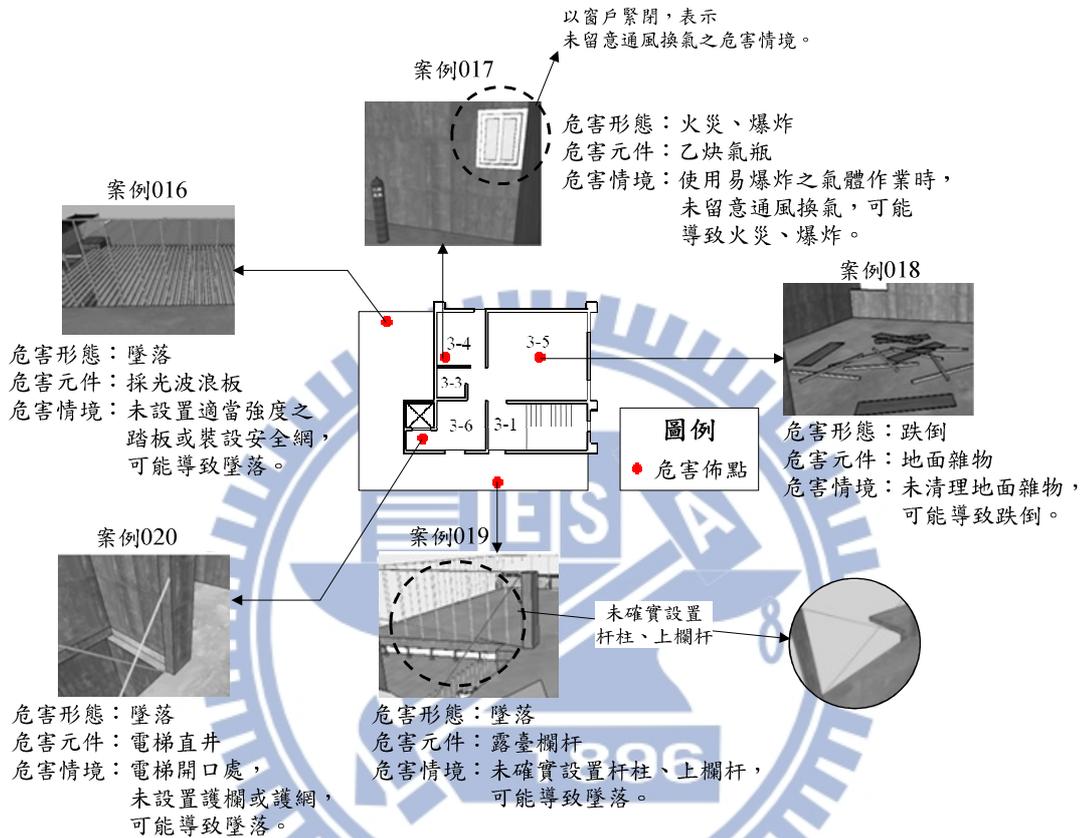


圖 3-8 室內區 3F 危害佈點圖

表 3-5 室內區三樓—實際案例與虛擬實境設計對照表

案例代碼	勞委會分析		虛擬實境設計	
	災害媒介物	災害原因	危害元件	危害情境
016	屋頂	未設置適當之踏板，導致踏穿採光罩。	採光波浪板	未設置適當強度之踏板供勞工踩踏。
017	熔接設備 (乙炔切割器)	使用易爆炸之氣體作業，未充分通風換氣。	乙炔氣瓶	未留意通風換氣 (以緊閉窗戶示意未通風狀況)
018	水、營建物 (雜物)	未清理地面雜物，且酒後跌倒落水，致酒精中毒及溺水窒息。	營建物 (雜物)	未清理地面雜物
019	營建物開口	陽台未確實設置護欄	露臺欄杆	未確實設置欄杆(杆柱、上欄杆)
020	電梯直井	電梯開口處未設置護欄，導致墜落。	電梯直井	電梯開口處未設置護欄

### 3.3 虛擬實境模型建置

本研究使用 Google SketchUP 建置虛擬實境。該平台為 3D 直覺式的建模工具，於 Google Sketch 8 版本中新增「互動」工具，可執行動畫、旋轉或移動至模型中某場景等功能。藉其互動功能與軟體容易上手之特性，建置出一套容易新增、修改與刪除之訓練系統。以下依據建置方式分三階段作說明及如圖 3-9 所示。

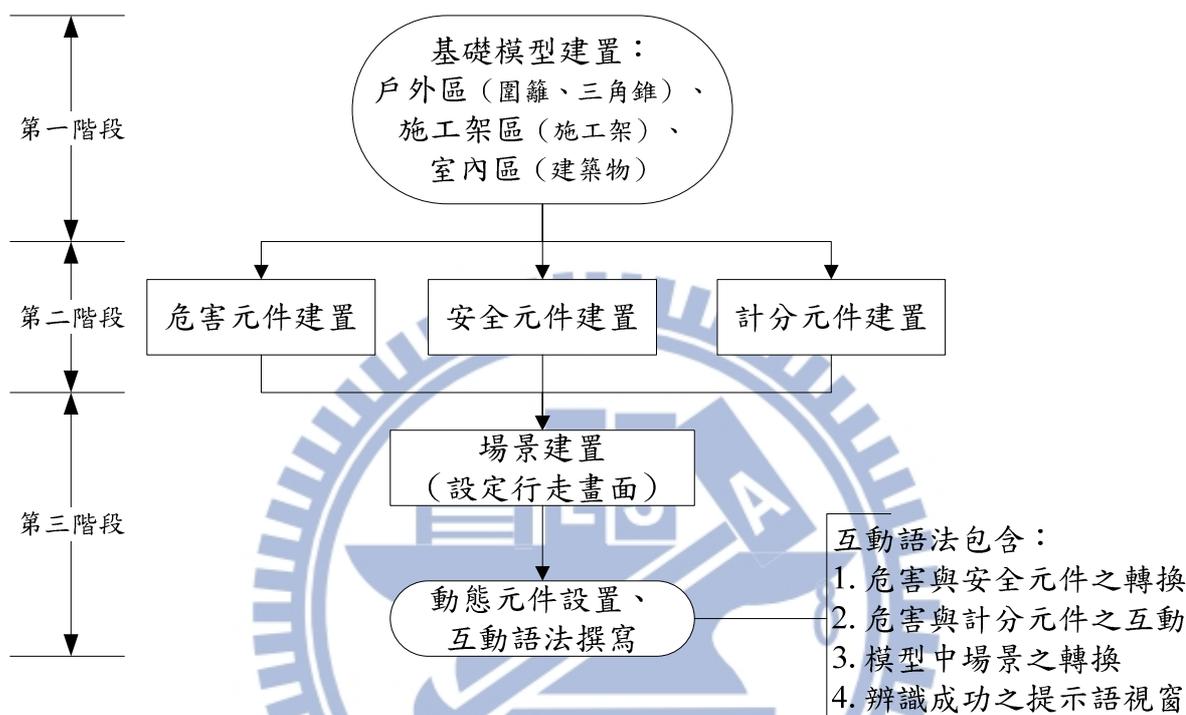


圖 3-9 模型建置流程圖

#### 1. 第一階段：基礎模型建置

- (1) 戶外空間：建置簡易式鋼管圍籬模型圍塑戶外空間。從 Google 3D 模型庫下載免費分享之三角警示錐模型，做適當修改後使用，以縮短建模時間。
- (2) 施工架空間：依據國家標準 CNS 4750 鋼管施工架規範，建置搭建四層之鋼管施工架模型。
- (3) 室內空間：建置三層樓鋼筋混凝土建築。完成之素模以材質功能貼上混凝土牆面真實照片，達模型擬真效果。

#### 2. 第二階段：元件建置

在 Google SketchUP 軟體中，若要在某些模型之間建立互動機制，需先將每個繪製好的模型轉換為「元件」。本研究依據實際案例之危害情境，將模型分為危害元件、安全元件與計分元件進行建置，說明如下：

- (1) 危害元件：由 3.1 節篩選出之重大職災實例，依其危害情境建置相對應之危害元件。大型營建機械如挖土機、移動式起重機，以下載 3D

模型庫模型再做適當修改之方式提升建模速度。舉例來說，若危害情境為拆除構造物時未設立安全區，則危害元件為欲拆除之構造物與拆除機械，如圖 3-10 所示。

- (2) 安全元件：每個危害元件皆有相呼應之安全元件。安全元件即是針對危害情境設置適當安全防護或排除危害元件，使其成為安全作業場所之元件。舉例來說，若危害情境為拆除構造物時未設立安全區，則安全元件為圍塑出安全區之安全圍籬，如圖 3-11 所示。

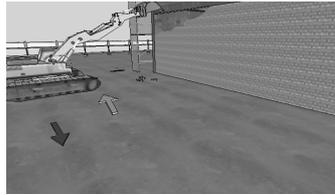


圖 3-10 危害元件示意圖

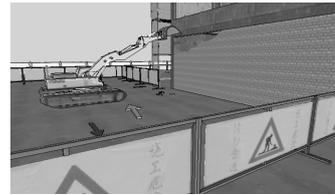


圖 3-11 安全元件示意圖

- (3) 計分元件：每個危害情境皆有相呼應之計分元件，計分機制以顯示相對應燈號示意，顯示綠色為危害辨識成功，顯示紅色則為危害辨識失敗，如圖 3-12 所示。因 Google SketchUp 軟體無計算分數功能，故以紅綠燈機制示意之。

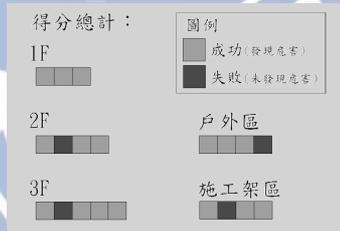


圖 3-12 計分機制示意圖

### 3. 第三階段：場景建置、動態元件設置與互動語法撰寫

- (1) 場景建置（設定行走畫面）：規劃出虛擬工地所有探索路徑，以目視高度 150 公分在建置好的模型裡取景（場景）。學習者在模型中移動時看到的所有畫面，皆在此階段建置完成。
- (2) 動態元件設置：虛擬擬實境教材以 20 個實際案例為基礎進行設計，故虛擬工地中危害情境共 20 處。每個危害情境皆包含危害元件、安全元件與計分元件，將屬於同一危害情境之元件以設置「動態元件」之方式來連繫。
- (3) 互動語法撰寫：

設定動態元件之元件屬性，將建置完畢之元件、場景與相呼應之提示語串聯，互動語法撰寫方式如圖 3-13 所示。藉場景間轉換達環繞模型之效果，引導學習者進行危害辨識訓練；當危害辨識成功時，將彈出提示語視窗，針對辨識成功之危害情境說明適當安全防護措施，如圖 3-14 所示。

互動語法摘要如表 3-6 所示，舉例來說，當成功辨識（點選）某一危害元件時，要使其產生互動反應，則使用 onClick 指令；要呈現成功辨識危害之提示語，則使用 ALERT 指令；要使安全元件顯現時，則使用到 SET 與 Hidden 指令。虛擬營造工地中危害情境與相對應之提示語內容請參閱【附錄 3】。



圖 3-13 互動語法撰寫



圖 3-14 辨識成功之提示語視窗

表 3-6 互動語法摘要表

行為屬性	onClick
	Hidden
onClick 函數	ALERT(「提示語訊息」)
	GOTOSCENE(「場景名稱」,時間,加速,減速)
	SET(「屬性」,狀態 1,狀態 2,...狀態 N)

### 3.4 虛擬實境訓練系統之使用者介面介紹

當學習者開啟虛擬實境遊戲系統時，首先點選下拉式工具列「工具」中的「互動」，開啟遊戲互動功能，接著點選畫面中「Game Start」指標即開始遊戲。遊戲中有各式方向指標，點選後即可移動（如圖 3-15）。當在室內空間時，點選任一牆壁面即可移動。



圖 3-15 虛擬實境訓練系統之開啟「互動」畫面

遊戲開始後，學習者需辨識（點選）虛擬工地中之危害，若辨識成功將彈出「提示語」，按下確定鍵後，系統將自動排除辨識成功之危害並顯示正確（安全）環境（如圖 3-16）。最後可點選上方場景列中「End」場景，即有計分機制供學習者參考（如圖 3-17）。

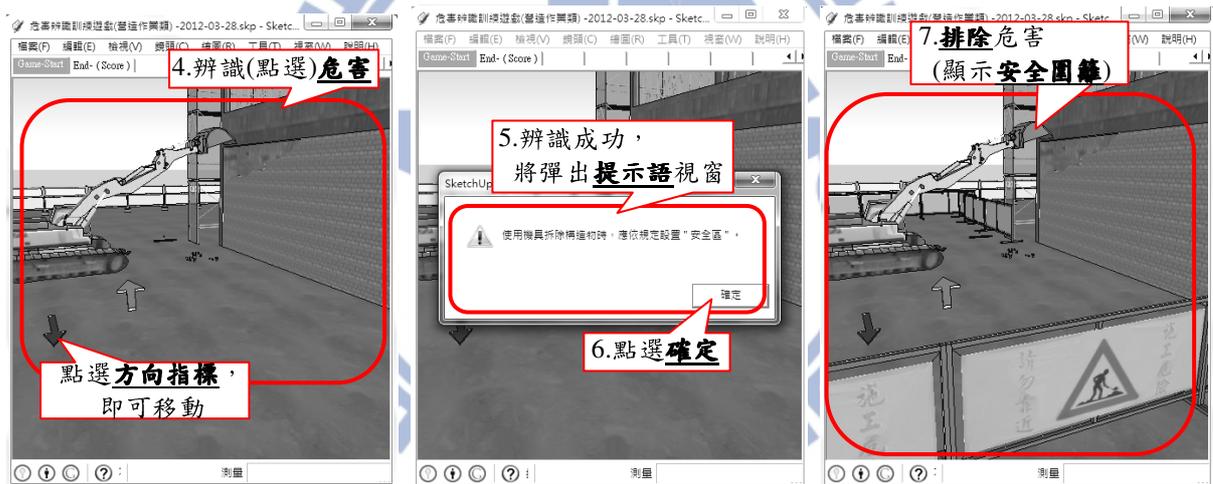


圖 3-16 虛擬實境訓練系統之危害辨識畫面

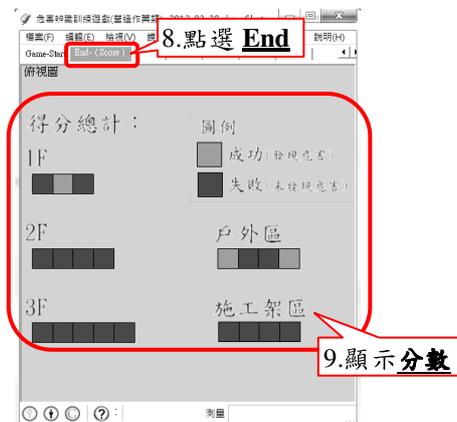


圖 3-17 虛擬實境訓練系統之計分機制畫面

## 第四章 實驗教學設計與實施

本研究於今年（民國 101 年）四、五月實際應用於課堂教學，國立交通大學大學部之「營建管理」修課生，學生年級與人數為：大二 14 人、大三 23 人、大四 7 人，共 44 位修課生。中華民國陸軍軍官學校「工程圖學」修課生，學生年級與人數為：大二生 34 人，共 34 位修課生。針對這些學生發放測驗試卷與學習滿意度問卷。於實驗教學前、後發放同一份測驗試卷，以比對學習成績。

學習滿意度問卷於實驗教學後發放，問卷內容分為課程內容安排、學習成效滿意度、教學滿意度、學習動機與興趣、授課方式比較與改善建議六大部分，以利後續之結果分析、教育成效驗證與改善虛擬實境教學設計。以下對研究問題與假設、實驗教學流程、測驗試卷設計與學習滿意度問卷設計加以說明。

### 4.1 研究問題與假設

為探討虛擬實境輔助教學融入危害辨識教學之成效，本研究之研究問題架構如圖 4-1 所示，詳細探討問題與假設如下：

問題 1 (Q1)：融入虛擬實境教學與傳統教學之「學習成績」是否有顯著差異？

H<sub>0</sub>：融入虛擬實境教學較傳統教學之學習成績無正面顯著差異。

H<sub>1</sub>：融入虛擬實境教學較傳統教學之學習成績有正面顯著差異。

問題 2 (Q2)：融入虛擬實境教學是否能提高學生「學習成效滿意度」？

H<sub>0</sub>：融入虛擬實境教學不能提高學生學習成效滿意度。

H<sub>1</sub>：融入虛擬實境教學能提高學生學習成效滿意度。

問題 3 (Q3)：融入虛擬實境教學是否能提高學生「教學滿意度」？

H<sub>0</sub>：融入虛擬實境教學不能提高學生教學滿意度。

H<sub>1</sub>：融入虛擬實境教學能提高學生教學滿意度。

問題 4 (Q4)：融入虛擬實境教學是否能提高學生「學習動機與興趣」？

H<sub>0</sub>：融入虛擬實境教學不能提升學生學習動機與興趣。

H<sub>1</sub>：融入虛擬實境教學能提升學生學習動機與興趣。

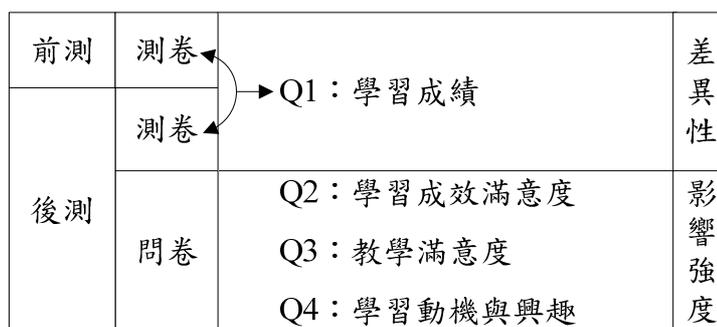


圖 4-1 研究問題架構圖

## 4.2 實驗教學設計與實施流程

本研究實驗教學設計與實施之流程共分測驗試卷設計流程、學習滿意度問卷設計流程、實驗教學流程三大階段，各階段說明如下及如圖 4-2 所示。

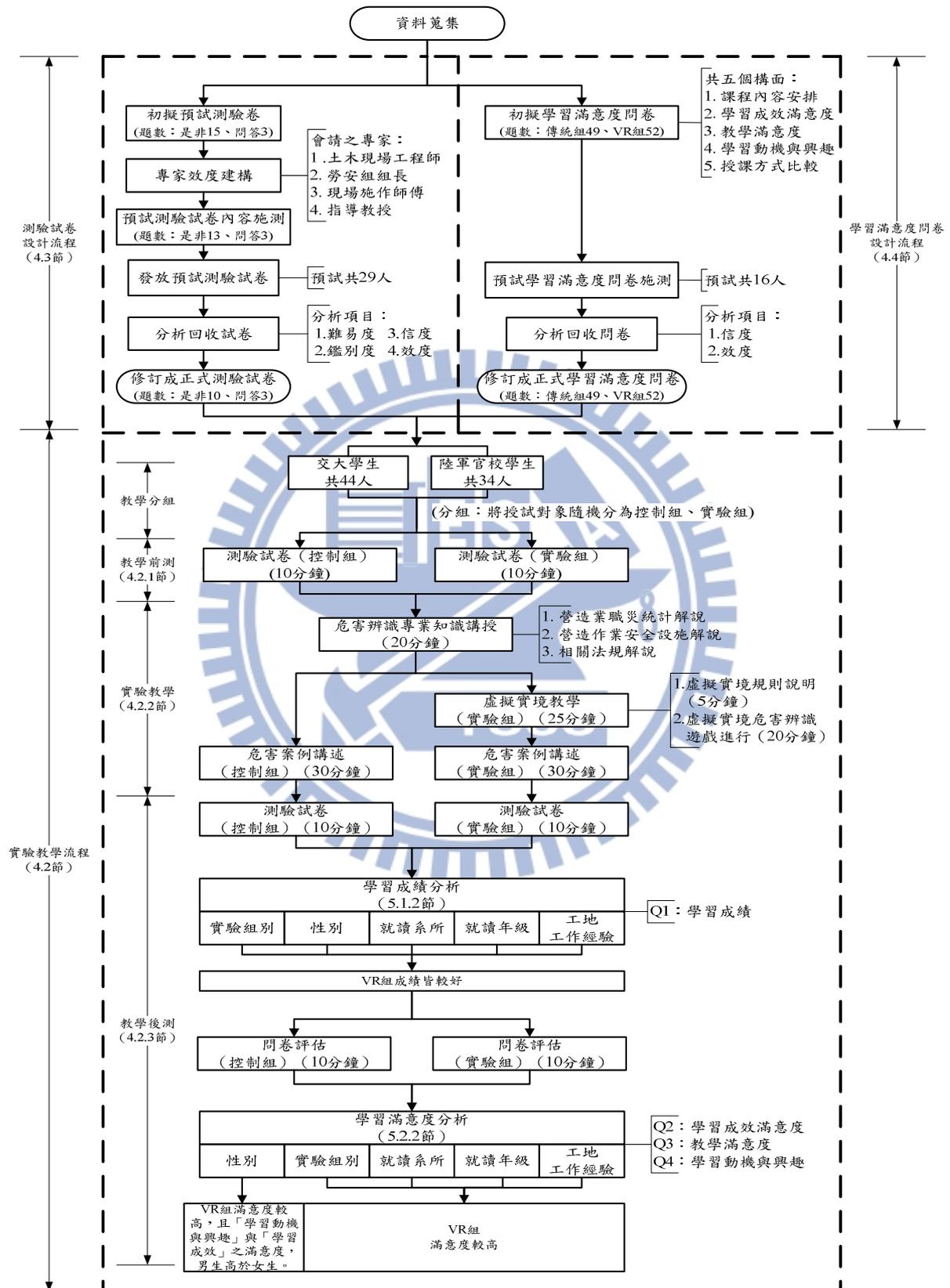


圖 4-2 實驗教學設計與實施流程圖

#### 4.2.1 教學前測

實驗教學前發放測驗試卷給學生，實施時間為 10 分鐘。因教學前、後測發放之測驗試卷為同一份，故於前測結束時不對測驗試卷做講解。前測結果將作為實驗教學後測結果之比較依據，藉以瞭解學生在實驗教學過程後，於學習成績上之改變情形。

#### 4.2.2 實驗教學

所有參與實驗教學之學生將一同進行「危害辨識專業知識」講述課程，待課程結束後，再將學生隨機分為兩組進行教學，即「虛擬實境教學組（實驗組）」與「傳統講述教學組（控制組）」。

實驗教學之授課者為研究者，並有博士班學長一位以及碩班同學數名全程陪同並給予協助，教學內容說明如下：

##### 1. 危害辨識專業知識講述

前測結束後即進行「危害辨識專業知識」講述，其目的為使學生學習危害辨識基礎知識，實施時間為 20 分鐘。教材資料參考來源為行政院勞委會北區勞動檢查所。教學內容如下：

- (1) 營造業職業災害統計解說：藉民國 90 年至 92 年間發生於北區之重大職災統計數據，說明安全衛生教育訓練之重要性。此段課程時間約 1 分鐘，主要提醒學習者危害辨識能力之重要性，此部分不列入測驗試題中。
- (2) 營造作業安全設施解說：以營造安全衛生設施標準，搭配繪製圖說或實際照片，針對危害辨識相關法規進行營造作業安全設施解說。此段課程時間約 15 分鐘，為測驗試卷中重點考題。
- (3) 相關法規解說：以勞動檢查法解說相關處分規定，並說明法規訂定之有立即發生危險之虞認定標準。此段課程時間約 4 分鐘，且於測驗試卷中占一小部分考題。

##### 2. 虛擬實境教學組（實驗組）：

###### (1) 遊戲教學：

實驗組學生於電腦教室進行上機教學。虛擬實境教學以遊戲方式讓學生扮演勞安稽查人員，於營造工地進行探索式危害辨識。透過遊戲中提示語視窗，教導學習者在面對各種危害情境時，應如何做出適當安全防護措施。藉由虛擬實境技術，使學生如身歷其境一般，更能融入營造工地情境。遊戲教學之實施時間為 25 分鐘。

###### (2) 危害案例講述：

遊戲教學結束後以簡報方式進行「危害案例」講述，簡報內容為建置於虛擬實境教學中之危害案例（如 3.2 節之說明），由案例解說案發經過、原因分析、防止對策與勞安規定，並附上案例圖片做輔助說明。為與虛擬實境教學相呼應，案例圖片除了放置現場照片或示意圖，也加入遊戲中危害情境截圖，同時說明遊戲中營造工地之危害佈點。危害案例講述之實施時間為 30 分鐘。

##### 3. 傳統講述教學組（控制組）：

單以簡報方式進行「危害案例」講述教學。簡報內容同為虛擬實境教學中之危害案例(如 3.2 節之說明),由案例解說案發經過、原因分析、防止對策與勞安規定,並附上案例圖片做輔助說明。實驗組與控制組之教學簡報唯一不同處在於圖片示意部分,控制組所附之圖片為現場照片或現場示意圖,藉此設計出實驗組與控制組唯一差別僅於遊戲教學部分,以利後續分析虛擬實境輔助教學之學習成效。危害案例講述之實施時間為 30 分鐘。

#### 4.2.3 教學後測

實驗教學結束後再給予兩組學習者進行第二次測驗,所發放之測驗試卷內容與第一次測驗試卷之內容一樣。藉由兩次測驗之結果,比較學習成績是否提升。最後依教學組別不同,分別發放實驗組與控制組學習滿意度問卷,兩組學習滿意度問卷最大不同處,在於虛擬實境教學組多了「遊戲感想與改善」之問卷內容。

#### 4.3 測驗試卷設計

本研究測驗試卷設計流程如圖 4-2 中「測驗試卷設計流程」所示,各階段說明如下:

##### 1. 資料蒐集

蒐集行政院勞委會民國 95 年至 97 年營造業重大職災案例,及勞委會北區勞動檢查所之勞工安全衛生線上教學教材與測驗試題,藉以瞭解勞安重點與勞安測驗實施現況。

##### 2. 初擬預試測驗卷

參考勞工安全衛生設施規則及勞工安全衛生研究所、勞委會北區勞動檢查所之勞安線上測驗試題,研究者自行編製測驗試卷。本研究製作測驗試卷之目的為幫助學生複習課堂所學、提醒危害辨識重點及分析教學成效,在編製試題時以測驗危害辨識基礎能力為命題重點。

為編擬出具鑑別力且難易題目皆有之測驗試卷,故本研究自行製作之測驗試題包含難度偏易之是非題測驗,以及難度較難之問答題測驗,同時是非題少部分題目亦增加陷阱提高難度,期望測驗結果能真實反應危害辨識教學成效。

##### 3. 專家效度建構

預試測驗試卷初稿確定後,請專家審查修正,以建立內容效度。研究者會請之專家為一位營建管理教授(本研究指導教授)、一位土木現場工程師、一位勞安組組長與一位具十年以上經驗之現場施作師傅。預試測驗試卷初稿採「保留」、「刪除」及「修正」方式,懇請專家審查修正。彙整專家指導意見,並經指導教授確認後,修訂初稿成為預試測驗試卷,參見【附錄 4】。

##### 4. 預試測驗試卷內容

試卷內容為是非題 13 題與問答題 3 題,主要測驗營造作業安全設施與勞安法規內容。問答題測驗方式為給一張含危害情境之營造工地照片,學生需依照照片內容寫出潛藏危害與相對應之安全措施。

##### 5. 預試測驗試卷發放

預試對象分兩組，一組為無危害辨識相關經驗之非土木相關科系之研究所學生，共 13 人；另一組為閱讀過由 4.2.2 節所設計之「專業知識簡報」與「危害辨識案例簡報」之研究所及博士班學生，共 16 人；兩者合計共 29 人。回收預試測驗試卷後，以兩組學生之測驗結果進行難易度、鑑別度、信度與效度分析。針對分析結果修正預試測驗試卷為正式測驗試卷。分析過程如下：

(1) 難易度分析

難易度計算方式為該題答對人數除以總樣本人數之百分比，難度越高則數值越小（大學入學考試中心，2009）。試題難易度以一般測驗機構所使用的評鑑標準為指標，即難易度大於 0.8 表示易，難易度介於 0.4 與 0.8 之間表示中，難易度小於 0.4 表示難（蘇純繒、丁秋瑤，2008）。

(2) 鑑別度分析

鑑別度是高能力組學生與低能力組學生答對率差距，鑑別度越高表示該題越能鑑別不同能力的學生。Kelly (1939) 指出當測驗分數為常態分配時，以 27% 分組可獲得試題最可靠的試題鑑別力。Crocker 與 Algina (1986) 認為鑑別度大於 0.4 表示鑑別優，鑑別度介於 0.3 與 0.4 之間是良，鑑別度介於 0.2 與 0.3 之間是可，鑑別度小於 0.2 是劣。

預試測驗試卷之難易度與鑑別度分析結果如表 4-1 所示。分析結果顯示是非題難度偏易，而問答題難度較適中，與研究者期望之試卷難易度一致。試卷經預試結果分析，刪除不適當題目後才於正式實驗教學時發放。

當有些教師希望試題難度較容易或較艱深時，常會造成鑑別度過低之現象，經檢查這些鑑別度低的題目後，如果發現它們是測驗重要的學習結果，則應保留之（江仲翔，2003）。在此階段，測驗試卷原應刪除難易度分析為易且鑑別度分析為劣之題目，但其中部分試題為本次危害辨識知學習重點，故予以保留。

表 4-1 預試測驗試卷各題難易度與鑑別度分析 (n=29)

題型	題號	難易度	鑑別度	備註
是非題	1	中 (0.55)	優 (0.75)	保留
	2	易 (0.83)	劣 (0.00)	保留，此題為危害辨識基礎知識
	3	難 (0.10)	可 (0.25)	保留
	4	易 (0.93)	劣 (-0.13)	保留，此題為危害辨識基礎知識
	5	難 (0.10)	良 (0.38)	保留
	6	中 (0.40)	優 (0.63)	保留
	7	難 (0.10)	良 (0.38)	保留

表 4-1 預試測驗試卷各題難易度與鑑別度分析 (n=29) (續)

題型	題號	難易度	鑑別度	備註
是非題	8	易 (0.86)	可 (0.25)	保留
	9	難 (0.31)	優 (0.75)	保留
	10	難 (0.38)	優 (1.00)	保留
	11	易 (0.90)	劣 (0.13)	刪除
	12	易 (0.90)	劣 (-0.13)	保留，此題為危害辨識基礎知識
	13	易 (0.93)	劣 (-0.13)	刪除
問答題	1	中 (0.61)	優 (0.50)	保留
	2	難 (0.38)	優 (0.41)	保留
	3	中 (0.51)	優 (0.42)	保留

### (3) 內部一致性信度分析

信度 (Reliability) 指衡量題項之正確性或可靠性，信度高之量表其測量結果較具一致性。信度分為外部信度 (External Reliability) 與內部信度 (Internal Reliability)，外部信度指同時間評量同一量表之一致性，內部信度則指每一量表是否可評量單一概念，並判斷量表內部之一致性程度 (林睿陞，2005)。內部一致性信度表示考生在答題的一致性，若測驗試題為多種能力的組合，則內部一致性信度不高 (大學入學考試中心，2009)。

本研究採用 Cronbach  $\alpha$  係數分析法分析，此方分析法為常用之內部一致性分析法。內部一致性信度只要根據一份測驗結果，就可以估算出此份測驗的信度 (余民寧，2002)。利用 SPSS 軟體進行分析，依分析結果做必要之試卷刪題

由分析結果得知，預試測驗試卷之 Cronbach  $\alpha$  係數為 0.702，比對可信度高低與 Cronbach  $\alpha$  係數之對照表 (如表 4-2) 後，可發現預試測驗試卷之信度落於很可信 (次常見) 區間。信度分析結果如表 4-3 所示，此階段刪除可將 Cronbach  $\alpha$  值提到最高之試題一題 (預試測驗試卷第 12 題)。

表 4-2 可信度高低與 Cronbach  $\alpha$  係數之對照表

可信度	Cronbach $\alpha$ 係數
不可信	Cronbach $\alpha$ 係數 $< 0.3$
勉強可信	$0.3 \leq$ Cronbach $\alpha$ 係數 $< 0.4$
可信	$0.4 \leq$ Cronbach $\alpha$ 係數 $< 0.5$
很可信 (最常見)	$0.5 \leq$ Cronbach $\alpha$ 係數 $< 0.7$
很可信 (次常見)	$0.7 \leq$ Cronbach $\alpha$ 係數 $< 0.9$
十分可信	$0.9 \leq$ Cronbach $\alpha$ 係數

資料來源：吳統雄，1985。

表 4-3 預試測驗試卷之信度分析表 (n=29)

題號	項目刪除時的 Cronbach $\alpha$ 值	整體的 Cronbach $\alpha$ 值	備註
是非 01	0.676	0.702	保留
是非 02	0.719		保留
是非 03	0.682		保留
是非 04	0.727		保留
是非 05	0.674		保留
是非 06	0.657		保留
是非 07	0.664		保留
是非 08	0.707		保留
是非 09	0.684		保留
是非 10	0.641		保留
是非 12	0.730		刪除；以提高試卷信度
問答 01	0.701		保留
問答 02	0.660		保留
問得 03	0.644		保留

#### (4) 建構效度分析

效度指測量工具能夠真正測出研究者所欲衡量事物之程度 (黃俊英, 1987)。效度可分為內容效度 (Content)、效標相關效度 (Criterion-Related)、建構效度 (Construct) 及專家效度。其中建構效度 (或稱構念效度) 指測量某一理論構念或特質之程度, 想瞭解某種測量工具真正要衡量的是什麼, 即是關心它的建構效度, 最常使用之分析法為因素分析法。Zaltman 和 Burger (1975) 提出當因素負荷量大於 0.3 及累積解釋變異量大於 40% 時, 因素結果是具備建構效度的。

本研究將預試測驗試卷之試題做為測定危害辨識能力的 13 個因素,

利用 SPSS 軟體進行因素分析，得到 4 個主要因素構面，並針對各構面所涵蓋之題項意念，進行因素命名。預試測驗試卷之效度分析結果如表 4-4 所示，除是非題第 4 題外，每題試題皆以因素負荷量大於 0.5 為可納入因素構面的選取標準，累積解釋變異量為 70.042%。此階段原應將是非題第 4 題刪除，但該試題為本次危害辨識習重點，故予以保留。

表 4-4 預試測驗試卷之因素分析摘要表 (n=29)

題號	因素負荷量				累積解釋變異量	備註
	作業	設施	環境	綜合理解		
是非 01			.642		70.042	保留
是非 02			.832			保留
是非 03		.876				保留
是非 04	.186					保留；雖因素負荷量<0.3，但為學習重點。
是非 05			.476			保留
是非 06	.449					保留
是非 07	.804					保留
是非 08				.931		保留
是非 09		.667				保留
是非 10	.783					保留
問答 01		.512				保留
問答 02	.926					保留
問得 03	.533					保留

預試測驗試卷經難易度、鑑別度、信度與效度分析後，刪除不適當之試題並修訂為正式測驗試卷，參見【附錄 5】。

#### 4.4 學習滿意度問卷設計

本研究學習滿意度問卷之架構如圖 4-3 所示，自變項為性別、就讀系所、就讀年級、有無工地工作經驗，依變項為課程內容安排、學習成效滿意度、教學滿意度、學習動機與興趣、授課方式比較、遊戲感想及改善。測驗試卷設計流程如圖 4-2 中「學習滿意度問卷設計流程」所示，各階段說明如下：

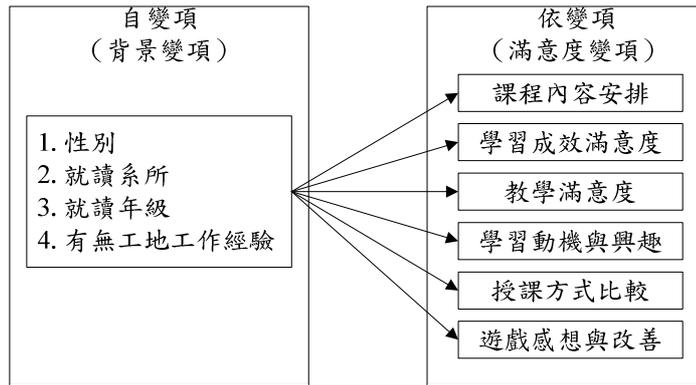


圖 4-3 問卷架構圖

### 1. 資料蒐集

本研究學習滿意度問卷主要參考：廖嘉鴻（2009）、陳建男 等人（2010）、曾憲揚（2001）、余品欣（2009）、張玉蓮（2004）等研究者之相關「學習滿意度問卷」自行編制問卷。

### 2. 初擬預試學習滿意度問卷

學習滿意度問卷依傳統講述教學組（控制組）及虛擬實境教學組（實驗組）分別製作問卷。兩組問卷之學生個人背景變項包括性別、就讀系所、就讀年級以及是否有工地工作經驗；學生學習滿意度分為課程內容安排、學習成效滿意度、教學滿意度、學習動機與興趣以及授課方式比較共五個構面，每個構面皆對「專業知識課程」、「虛擬實境課程」（實驗組）或「案例講述課程」（控制組）、「整體課程」以及「測驗試卷」共四部分做探討。

唯虛擬實境教學組（實驗組）之學習滿意度問卷增加「遊戲感想及改善」層面探討。學習滿意度問卷計分方式採李克特式（Likert-type）五點計分量表，學生根據實際感受的同意程度填答。預試問卷初稿確定後，經指導教授確認，修訂初稿成為預試學習滿意度問卷，參見【附錄 6】與【附錄 7】。

### 3. 預試學習滿意度問卷發放

預試對象為閱讀過由 4.2.2 節所設計之「專業知識簡報」與「危害辨識案例簡報」，且填寫過預試測驗試卷之研究所及博士班學生，共 16 人。回收預試學習滿意度問卷後，以問卷結果進行信度與效度分析。

由於虛擬實境教學組與傳統講述教學組在學習滿意度部分之問卷試題皆一樣，僅依實驗組別不同替換「虛擬實境課程」與「案例講述課程」之試題陳述，故分析信效度時，僅對傳統講述教學組之問卷做分析。分析時排除意見陳述之問答試題，僅針對用李克特式五點量表之試題做分析，分析過程如下：

### 1. 內部一致性信度分析

本研究採 Cronbach  $\alpha$  內部一致性來考驗其信度。由於預試對象為自行閱讀教學簡報，故進行信度與效度分析時，排除有關教師教學方式之因素。由分析結果（如表 4-5）得知，學習滿意度問卷整體信度為 0.925，各構面之信度如下：課程內容安排信度為 0.689、教學成效信度為 0.790、教學滿意度信度為 0.630、學習動機與興趣信度為 0.713、授課方式比較信度為 0.822，經比對可信度高低與 Cronbach  $\alpha$  係數之對照表（如表 4-2）後，顯示預試學習滿意度問卷具有良好信度。

表 4-5 預試學習滿意度問卷之信度分析表 (n=16)

構面	題目	各項度 $\alpha$ 係數	總量表 $\alpha$ 係數
課程內容安排	1.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。 1.3 您滿意此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教材內容安排。 1.5 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。 1.7 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	.689	.925
學習成效滿意度	2.1 「專業知識課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。 2.2 「專業知識課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。 2.3 「專業知識課程」之教學方法有助於您的自我思考。 2.4 「專業知識課程」之教學，有助於您對工地現況了解。 2.5 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。 2.6 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。 2.7 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學方法有助於您的自我思考。 2.8 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學，有助於您對工地現況了解。 2.9 「整體課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。 2.10 「整體課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。 2.11 「整體課程」之教學方法有助於您的自我思考。 2.12 「整體課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	.790	
教學滿意度	3.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。 3.4 您滿意此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教材內容安排。 3.7 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。 3.10 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	.630	

表 4-5 預試學習滿意度問卷之信度分析表 (n=16) (續)

向度	題目	各項度 $\alpha$ 係數	總量表 $\alpha$ 係數
學習動機與興趣	4.1 此次「專業知識課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.2 透過「專業知識課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.3 若還有相關「專業知識課程」，您樂於繼續修習。 4.4 此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.5 透過「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.6 若還有相關「案例講述課程」或「虛擬實境課程」，您樂於繼續修習。 4.7 此次「整體課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.8 透過「整體課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.9 若還有相關「整體課程」，您樂於繼續修習。 4.10 此次「測驗試卷」之內容，有助於提升學習興趣。	.713	.925
授課方式比較	5.1 以危害辨識課程而言，單用「專業知識課程」之授課方式進行已經足夠。 5.2 以危害辨識課程而言，單用「案例講述課程」之授課方式進行已經足夠。 5.3 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」或「虛擬實境課程」可顯著提高學習成效。 5.4 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」或「虛擬實境課程」確有其必要性。 5.5 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於知識之吸收與記憶。 5.6 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於學生自我思考。 5.7 整體來說，「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法者較佳。	.822	

## 2. 建構效度分析

本研究將預試學習滿意度問卷之試題做為測定學習滿意度的因素，利用 SPSS 軟體針對各構面進行因素分析得到主要因素構面，並針對各構面所涵蓋之題項意念，進行因素命名。

Zaltman 和 Burger (1975) 提出當因素負荷量大於 0.3 及累積解釋變異量大於 40% 時，因素結果是具備建構效度的。預試學習滿意度問卷之效度分析結果如表 4-6 所示，除構面四第 4.2 題外，每題試題皆以因素負荷

量大於 0.3 為可納入因素構面的選取標準，累積解釋變異量皆大於 40%。此階段原應將構面四第 4.2 題刪除，但為保持試題一致性，故將該題予以保留。

表 4-6 預試學習滿意度問卷之因素分析摘要表 (n=16)

構面一：課程內容安排	因素負荷量		累積解釋變異量%		
	教材	測驗			
1.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	.736		83.361		
1.3 您滿意此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教材內容安排。	.917				
1.5 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	.754				
1.7 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。		.977			
構面二：學習成效滿意度	因素負荷量				累積解釋變異量%
	自我思考	專業知識	案例講述	現況認知	
2.1 「專業知識課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。		.649			78.574
2.2 「專業知識課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。		.791			
2.3 「專業知識課程」之教學方法有助於您的自我思考。	.880				
2.4 「專業知識課程」之教學，有助於您對工地現況了解。				.755	
2.5 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。			.802		
2.6 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。			.323		
2.7 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學方法有助於您的自我思考。			.915		
2.8 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學，有助於您對工地現況了解。				.593	
2.9 「整體課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。		.634			
2.10 「整體課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。		.831			
2.11 「整體課程」之教學方法有助於您的自我思考。	.753				
2.12 「整體課程」之教學，有助於您對工地現況了解。				.873	
構面三：教學滿意度	因素負荷量		累積解釋變異量%		
	教學滿意度				
3.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	.576		49.657		
3.4 您滿意此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教材內容安排。	.680				
3.7 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	.863				
3.10 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	.669				

表 4-6 預試學習滿意度問卷之因素分析摘要表 (n=16) (續)

構面四：學習動機與興趣	因素負荷量			累積解釋變異量%
	課程引發動機	課程引發興趣	測驗引發興趣	
4.1 此次「專業知識課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。		.799		82.121
4.2 透過「專業知識課程」之教學，有助於提升學習興趣。		.280		
4.3 若還有相關「專業知識課程」，您樂於繼續修習。	.949			
4.4 此次「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。		.365		
4.5 透過「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之教學，有助於提升學習興趣。		.449		
4.6 若還有相關「案例講述課程」或「虛擬實境課程」，您樂於繼續修習。	.772			
4.7 此次「整體課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。		.849		
4.8 透過「整體課程」之教學，有助於提升學習興趣。		.757		
4.9 若還有相關「整體課程」，您樂於繼續修習。	.849			
4.10 此次「測驗試卷」之內容，有助於提升學習興趣。			.924	
構面五：授課方式比較	因素負荷量		累積解釋變異量%	
	整體課程比較	單一課程比較		
5.1 以危害辨識課程而言，單用「專業知識課程」之授課方式進行已經足夠。		.736	68.066	
5.2 以危害辨識課程而言，單用「案例講述課程」或「虛擬實境課程」之授課方式進行已經足夠。		.902		
5.3 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」或「虛擬實境課程」可顯著提高學習成效。	.809			
5.4 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」或「虛擬實境課程」確有其必要性。	.902			
5.5 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於知識之吸收與記憶。	.786			
5.6 「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於學生自我思考。	.815			
5.7 整體來說，「案例講述課程」或「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法者較佳。	.517			

預試學習滿意度問卷經信度與效度分析後，皆具有良好信效度故保留原試題成為正

式學習滿意度問卷，參見【附錄 6】與【附錄 7】。

#### 4.5 實驗教學過程心得

實驗教學心得以交通大學以及陸軍官校學生為主軸，分別針對前測－測驗試卷、簡報教學、虛擬實境遊戲教學、後測－測驗試卷與問卷填寫四部分做簡述：

##### 1. 前測－測驗試卷

- (1) 交通大學：部分學生因遲到而缺寫前測測驗試卷，因此在分析前、後測學習成績時，造成過多無效測驗試卷之情況。
- (2) 陸軍官校：陸軍官校學生上課均準時出席，因此沒有出現無效測驗卷之情形。

##### 2. 簡報教學

- (1) 交通大學：簡報教學期間，大部分學生均認真聽課，唯教學進尾聲時，部分學生出現閱讀自己書籍之現象。
- (2) 陸軍官校：簡報教學進尾聲時，學生出現學習倦怠、精神不濟等現象。

##### 3. 虛擬實境教學

- (1) 交通大學：該校電腦硬體設備佳，虛擬實境教學之成效得以展現。
- (2) 陸軍官校：該校電腦硬體設備較差，進行上機教學時出現動畫嚴重延遲現象，造成減弱虛擬實境教學成效之狀況。

##### 4. 後測－測驗試卷與問卷填寫

交通大學與陸軍官校：

- (1) 部分學生為了能提早下課，造成填寫測卷與問卷之時間相對較短，推測此情況也許是造成教學後，學習成績仍偏低之狀況。
- (2) 發現部分學生填寫測驗試卷時，放棄填寫問答題之試題，造成測卷分數偏低。
- (3) 分析問卷時發現，部分問卷出現整份問卷均填寫成同一答案，例如整份問卷均勾選「普通」之感受，造成部分問卷為無效問卷。

#### 4.6 資料處理

本研究將實驗教學正式於今年（民國 101 年）四、五月實際應用於課堂教學，依實驗組別不同分別進行實驗教學與施測工作。實驗教學結束後，將回收之測驗試卷與學習滿意度問卷進行資料整理、編號及分析工作。資料處理採用 SPSS 統計軟體進行分析。

檢定方法選用流程如圖 4-4 所示，因使用 T 檢定之前提假設為樣本符合常態分佈，故依樣本是否呈現常態分佈而決定使用 T 檢定（檢定值為 T）或無母數檢定（檢定值為 Z）；樣本進行常態檢定分析後，若顯著性值大於 0.05 則樣本呈常態分佈，反之則為非常態分佈，並參考吳明隆（2003）將 T 檢定之檢視流程繪製如圖 4-5，驗證各項假設：

1. 描述統計：以次數分配及百分比描述受試者基本資料之分布情形，以平均數及標準差描述學生學習成績及學習滿意度。
2. 獨立樣本檢定：分析不同背景變項於學習滿意度之差異情形。
3. 相依樣本檢定：分析相同教學組別於測驗試卷前、後測之分數差異情形，檢視兩組教學方式之學習成績。

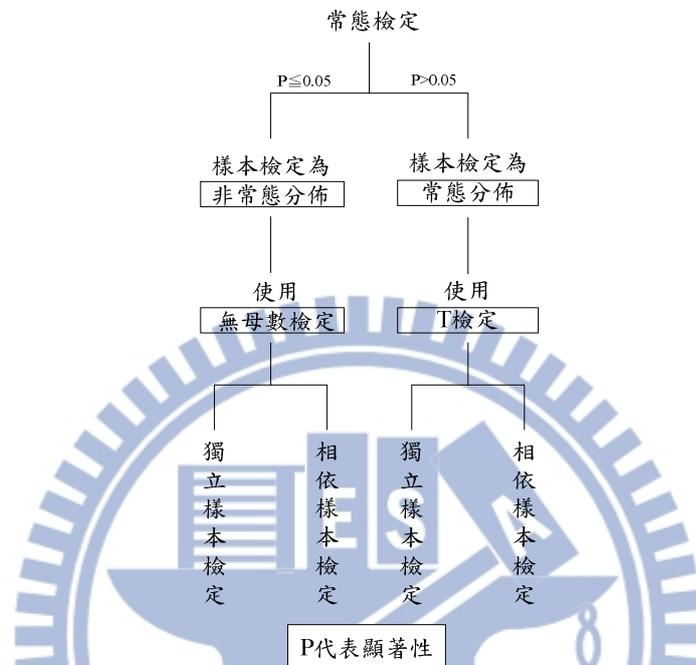


圖 4-4 檢定方法之選用流程

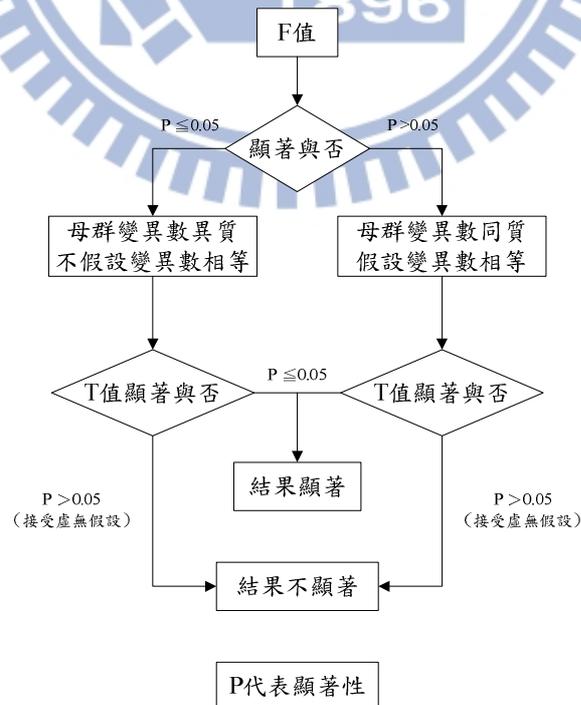


圖 4-5 T 檢定之檢視流程

資料來源：吳明隆，2003

有關滿意度的量測，李克特（Likert）的「總加量表」是最常用的工具，其優點為量表編製容易，題目較少，且信度、效度亦高（李大偉，1995）。本研究學習滿意度問卷採用李克特式五點量表表示，主要以等距分數轉換學習者所填答案，如表 4-7 所示，以 1、2、3、4、5 分別表達「非常不同意」、「不同意」、「普通」、「同意」和「非常同意」五種不同語意措詞所對應的計分值。

表 4-7 李克特式五點量表

語意措詞	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
對應計分值	1	2	3	4	5



## 第五章 實驗結果與分析

### 5.1 測驗試卷之結果與分析

藉由測驗試卷之前、後測結果，比較傳統教學組（控制組）與虛擬實境教學組（實驗組）之學習成效。為使前、後測樣本相依（成對），如發現無效測驗試卷時，將該學生於前、後測之資料從樣本中剔除。以下進行樣本資料分析、相依樣本檢定分析與獨立樣本檢定分析。

本研究實施實驗教學時，有部分學生遲到，故發生測驗試卷發放份數，後測大於前測之現象。但因分析時需將前、後測試卷相互比較，故將這些遲到學生之測驗試卷判斷為無效測驗試卷。

#### 5.1.1 樣本資料分析

本研究之測驗試卷於背景資料分為：學生性別、就讀系所、就讀年級、工地工作經驗等四項，其統計結果如表 5-1、表 5-2 所示。分述如下：

##### 1. 傳統教學組

- (1) 前測試卷回收率：傳統教學組之前測測驗試卷共發放 54 份，剔除無效測驗試卷 5 份，總計有效測驗試卷 49 份，有效測驗試卷回收率 91%。
- (2) 後測試卷回收率：傳統教學組之後測測驗試卷共發放 64 份，剔除無效測驗試卷 15 份，總計有效測驗試卷 49 份，有效測驗試卷回收率 77%。
- (3) 性別分佈：男性受測者為 33 人（67%），女性受測者為 16 人（33%）。
- (4) 就讀系所分佈：土木系為 32 人（65%），非土木系為 17 人（35%）。
- (5) 就讀年級分佈：大二為 26 人（53%），大三為 16 人（33%），大四為 7 人（14%）。
- (6) 工地工作經驗分佈：無工地工作經驗為 45 人（92%），有工地工作經驗為 4 人（8%），其中有工地工作經驗者，工作性質均為打工性質，工作時間為 1 至 3 個月不等。

表 5-1 傳統教學測驗試卷—學生背景資料分析摘要表

基本資料項目	類別	次數（人）	百分比（%）
學生性別	男生	33	67%
	女生	16	33%
就讀系所	土木系	32	65%
	非土木系	17	35%
就讀年級	大二	26	53%
	大三	16	33%
	大四	7	14%
工地工作經驗 (打工性質，1~3 個月)	無	45	92%
	有	4	8%

## 2. 虛擬實境教學組

- (1) 前測試卷回收率：虛擬實境教學組之前測測驗試卷共發放 42 份，剔除無效測驗試卷 13 份，總計有效測驗試卷 29 份，有效測驗試卷回收率 69%。
- (2) 後測試卷回收率：虛擬實境教學組之前測測驗試卷共發放 39 份，剔除無效測驗試卷 10 份，總計有效測驗試卷 29 份，有效測驗試卷回收率 74%。
- (3) 性別分佈：男性受測者為 21 人（72%），女性受測者為 8 人（28%）。
- (4) 就讀系所分佈：土木系為 22 人（76%），非土木系為 7 人（24%）。
- (5) 就讀年級分佈：大二為 22 人（76%），大三為 7 人（24%），大四為 0 人（0%）。
- (6) 工地工作經驗分佈：無工地工作經驗為 28 人（97%），有工地工作經驗為 1 人（3%），其中有工地工作經驗者，工作性質均為打工性質，工作時間為 1 至 3 個月不等。

表 5-2 虛擬實境教學前測測驗試卷—學生背景資料分析摘要表

基本資料項目	類別	次數 (人)	百分比 (%)
學生性別	男生	21	72%
	女生	8	28%
就讀系所	土木系	22	76%
	非土木系	7	24%
就讀年級	大二	22	76%
	大三	7	24%
	大四	0	0%
工地工作經驗 (打工性質, 1~3 個月)	無	28	97%
	有	1	3%

### 5.1.2 學習成績分析

本研究依據學生對前、後測測驗試卷之填答狀況做為學習成績指標。測驗試卷評分方式：是非題一題 5 分（共 10 題，共 50 分），問答題計分方式如表 5-5 所示（共 3 題，共 50 分），測驗試卷總分為 100 分。

表 5-3 測驗試卷問答題配分表

題號	題目	計分方式	
問答 01	勞工作業位置與吊料開口（吊料口深 2 公尺以上）	1. 吊料口需有「防墜措施」以防墜落	5 分
		2. 確實寫出安全措施為架設「護欄」	5 分
		3. 安全母索及營建物料需「整齊擺放」	5 分
問答 02	勞工於鋼管施工架上作業	1. 板料（踏板）應滿鋪	5 分
		2. 架設「交叉拉桿」（只寫安全網，僅得 5 分）	10 分
		3. 安全上下設備	5 分
問答 03	勞工從事管溝開挖作業（開挖深度約 2 公尺）	1. 擋土「防坍塌」設備	5 分
		2. 確實寫出「擋土支撐」	5 分
		3. 設置護欄、警示標語、安全上下設備、安全防護設備	5 分

註：計分方式，主要以課程內容所提及之安全防護措施為計分答案。

分析結果如下：

1. 不同教學組別於前、後測之「學習成績」分析

分析測驗試卷時發現，測驗成績偏低，推斷可能原因如下：

(1)在批閱測驗試卷時發現，是非題答對率相較於問答題答對率低，顯示多數學生（較用心者）得分來源主要是問答題；閱卷後也發現部分學生（較不用心者）發生放棄填寫問答題之現象，推斷此為造成測驗試卷成績偏低之狀況。

(2)實施實驗教學前，研究者均告訴受測學生，此次測驗結果將不影響原學科之成績，推估此為部分學生未用心作答，導致成績低的原因之一。

依表 5-4 顯示，傳統教學組與虛擬實境教學組在前、後測之測驗試卷成績上均有顯著差異，顯著性機率值均小於 0.05，顯示本研究設計之傳統教學與虛擬實境教學均能提升學習成績。

表 5-4 不同教學組別於前、後測之「學習成績」差異比較

教學組別	傳統組		VR 組	
	平均數	標準差	平均數	標準差
前測	30.00	9.071	33.62	6.109
後測	40.51	10.716	53.79	11.312
檢定值	t=-5.920***		z=-4.668***	
顯著性	.000		.000	

註：測驗試卷總分 100 分。

註：傳統組即傳統教學組（控制組）、VR 組即虛擬實境教學組（實驗組）

註：\*\*\*表示顯著性 $<0.05$

2. 前、後測於不同教學組別之「學習成績」分析

依表 5-5 顯示，傳統教學組與虛擬實境教學組在前測之測驗試卷成績上無顯著差異，顯著性機率值均大於 0.05；兩組在後測之測驗試卷成績上有顯著差異，顯著性機率值均小於 0.05，顯示學習成績差異僅來自課堂教學，並非一開始學生自身程度不同。學生後測成績之平均數，傳統教學組（Mean=40.51）小於虛擬實境教學組（Mean=53.79），故拒絕問題 1 之  $H_0$ 。實驗結論為：融入虛擬實境教學可提升學習成績。

問題 1：融入虛擬實境教學與傳統教學之「學習成績」是否有顯著差異？

$H_0$ ：融入虛擬實境教學較傳統教學之學習成績無正面顯著差異。（拒絕）

表 5-5 前、後測於不同教學組別之「學習成績」差異比較

分數	教學組別	前測		後測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
	傳統組	30.00	9.071	40.51	10.716
	VR 組	33.62	6.109	53.79	11.312
	檢定值	z=-1.912		t=-5.183***	
	顯著性	.056		.000	

註：測驗試卷總分 100 分。

註：傳統組即傳統教學組（控制組）、VR 組即虛擬實境教學組（實驗組）

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

### 3. 後測測驗試卷於不同背景因素之「學習成績」分析

依據表 5-6 顯示，在不同背景因素下，除了背景因素為大三之學生外，兩教學組別於測驗試卷成績均有顯著性差異，顯著性機率值均小於 0.05，且虛擬實境教學組均有較高之平均數。實驗結論為：不受學生背景因素影響，融入虛擬實境教學均可提升學習成績。

另因虛擬實境教學組缺乏背景因素為大四之學生，且有工地工作經驗之學生僅 1 人，故無法分析該背景因素於不同組別之學習成效顯著性。

表 5-6 後測測驗試卷於不同背景因素之「學習成績」差異比較

分數	學生背景	性別			
		男生		女生	
		平均數	標準差	平均數	標準差
	傳統組	38.79	10.461	44.06	10.680
	VR 組	51.67	11.655	59.38	6.634
	檢定值	t=-4.219***		t=-3.510***	
	顯著性	.000		.002	
分數	學生背景	就讀系所			
		土木系		非土木系	
		平均數	標準差	平均數	標準差
	傳統組	40.94	11.248	39.71	9.917
	VR 組	53.33	12.583	55.00	7.559
	檢定值	t=-3.744***		z=-3.211***	
	顯著性	.000		.001	

表 5-6 後測測驗試卷於不同背景因素之「學習成績」差異比較 (續)

分數	學生背景	就讀年級					
		大二		大三		大四	
		平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
傳統組		38.08	10.107	43.75	11.328	42.14	10.746
VR 組		53.64	12.069	54.29	9.322		
檢定值		t=-4.774***		z=-1.912			
顯著性		.000		.056			
分數	學生背景	工地工作經驗					
		無		有			
		平均數	標準差	平均數	標準差		
傳統組		40.33	11.047	42.50	6.455		
VR 組		53.39	11.308	65.00			
檢定值		t=-4.867***					
顯著性		.000					

註：傳統組即傳統教學組（控制組）、VR 組即虛擬實境教學組（實驗組）

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：傳統組有效試卷數：49 份、VR 組有效試卷數：29 份

## 5.2 學習滿意度問卷之結果與分析

藉由學習滿意度問卷之結果，比較傳統教學組與虛擬實驗教學組之學習滿意度。以下進行樣本資料分析與獨立樣本檢定分析。

回收問卷中，若發現受訪學生於填答時均填選同一欄位答案，例如：不論題目為何，均勻選「普通」欄位之感受，則本研究將該問卷視同無效問卷，不列入分析當中。

### 5.2.1 樣本資料分析

本研究之學習滿意度問卷於背景資料分為：學生性別、就讀系所、就讀年級、工地工作經驗等四項，其統計結果如表 5-7、表 5-8 所示。分述如下：

#### 1. 傳統教學組

- (1) 問卷回收率：傳統教學組之學習滿意度問卷共發放 63 份，剔除無效問卷 9 份，總計有效問卷 54 份，有效問卷回收率 86%。
- (2) 性別分佈：男性受測者為 34 人（63%），女性受測者為 20 人（37%）。
- (3) 就讀系所分佈：土木系為 37 人（69%），非土木系為 17 人（32%）。
- (4) 就讀年級分佈：大二為 32 人（59%），大三為 16 人（30%），大四為 6 人（11%）。
- (5) 工地工作經驗分佈：無工地工作經驗為 52 人（96%），有工地工作經驗為 2 人（4%），其中有工地工作經驗者，工作性質均為打工性質，工作時間為 1 至 3 個月不等。

表 5-7 傳統教學學習滿意度問卷－學生背景資料分析摘要表

基本資料項目	類別	次數 (人)	百分比 (%)
學生性別	男生	34	63%
	女生	20	37%
就讀系所	土木系	37	69%
	非土木系	17	32%
就讀年級	大二	32	59%
	大三	16	30%
	大四	6	11%
工地工作經驗 (打工性質, 1~3 個月)	無	52	96%
	有	2	4%

## 2. 虛擬實境教學組

- (1) 問卷回收率：虛擬實境教學組之學習滿意度問卷共發放 42 份，剔除無效問卷 4 份，總計有效問卷 38 份，有效問卷回收率 90%。
- (2) 性別分佈：男性受測者為 26 人 (68%)，女性受測者為 12 人 (32%)，共 38 人。
- (3) 就讀系所分佈：土木系為 28 人 (74%)，非土木系為 10 人 (26%)。
- (4) 就讀年級分佈：大二為 30 人 (79%)，大三為 8 人 (21%)，大四為 0 人 (0%)。
- (5) 工地工作經驗分佈：無工地工作經驗為 37 人 (97%)，有工地工作經驗為 1 人 (3%)，其中有工地工作經驗者，工作性質均為打工性質，工作時間為 1 至 3 個月不等。

表 5-8 虛擬實境教學學習滿意度問卷－學生背景資料分析摘要表

基本資料項目	類別	次數 (人)	百分比 (%)
學生性別	男生	26	68%
	女生	12	32%
就讀系所	土木系	28	74%
	非土木系	10	26%
就讀年級	大二	30	79%
	大三	8	21%
	大四	0	0%
工地工作經驗 (打工性質, 1~3 個月)	無	37	97%
	有	1	3%

### 5.2.2 學習滿意度分析

本研究依據學生對學習滿意度問卷之填答狀況 (得分情形)，對各構面進行學習滿意度分析與討論。分析結果如下：

#### 1. 不同教學組別於各構面之得分情形

依據表 5-9 顯示，傳統教學組與虛擬實境教學組在「課程內容安排」、「學習成

效滿意度」、「教學滿意度」及「學習動機與興趣」之得分情形均有顯著差異，顯著性機率值均小於 0.05，顯示出本研究設計之虛擬實境教學在學習滿意度上均高於傳統教學；因此拒絕問題 2、問題 3 與問題 4 之  $H_0$ 。

問題 2：融入虛擬實境教學是否能提高學生「學習成效滿意度」？

$H_0$ ：融入虛擬實境教學不能提高學生學習成效滿意度。(拒絕)

實驗結論為：融入虛擬實境教學能提高學生學習成效滿意度。

問題 3：融入虛擬實境教學是否能提高學生「教學滿意度」？

$H_0$ ：融入虛擬實境教學不能提高學生教學滿意度。(拒絕)

實驗結論為：融入虛擬實境教學能提高學生教學滿意度。

問題 4：：融入虛擬實境教學是否能提高學生「學習動機與興趣」？

$H_0$ ：融入虛擬實境教學不能提升學生學習動機與興趣。(拒絕)

實驗結論為：融入虛擬實境教學能提升學生學習動機與興趣。

表 5-9 不同教學組別於構面之得分情形

構面	組別	滿意度	平均數	標準差
課程內容安排 (滿分：35 分)	傳統組		27.83	3.346
	VR 組		30.53	3.278
	檢定值		z=-3.640***	
	顯著性		.000	
學習成效滿意度 (滿分：60 分)	傳統組		47.04	5.620
	VR 組		52.24	5.494
	檢定值		z=-3.872***	
	顯著性		.000	
教學滿意度 (滿分：50 分)	傳統組		38.56	5.810
	VR 組		44.18	4.392
	檢定值		z=-4.433***	
	顯著性		.000	
學習動機與興趣 (滿分：50 分)	傳統組		34.39	5.510
	VR 組		38.71	4.626
	檢定值		z=-3.537***	
	顯著性		.000	

註：傳統組即傳統教學組（控制組）、VR 組即虛擬實境教學組（實驗組）

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：傳統組有效問卷數：54 份、VR 組有效問卷數：38 份

依據表 5-10 顯示，無論哪一教學組別，對於單用「專業知識課程」，或依教學組別單用「危害案例講述(傳)/虛擬實境課程(VR)」進行危害辨識教學，得分皆落於 3 點多，對應表 4-7 之滿意度語意措詞為「普通」，未達「同意」指標。顯示出「危害案例講述(傳統組)/虛擬實境課程(VR 組)」仍有實施之必要性。

計算多道題目共同表達某一層面之滿意度時，將所有填答者之滿意度分數合計後，先除以受訪者人次，再除以題目數量；轉換完成之分數，即可與表 4-7 之滿意度語意措詞相比對。

表 5-10 不同教學組別於授課方式比較之得分情形

構面 組別		滿意度		滿意度	
		單用 「專業知識課程」 已足夠 (題號：5.1)		單用 「危害案例講述(傳)/ 虛擬實境課程(VR)」 已足夠 (題號：5.2)	
		平均數	標準差	平均數	標準差
授課方式比較	傳統組	3.19	1.047	3.24	1.027
	VR 組	3.45	.978	3.71	.984
構面 組別		滿意度		滿意度	
		加入 「危害案例講述(傳)/ 虛擬實境課程(VR)」 可提高學習成效 (自我評估) (題號：5.3、5.4)		「危害案例講述(傳)/ 虛擬實境課程(VR)」 較傳統課堂教學方法佳 (題號：5.5、5.6、5.7)	
		平均數 (平均數/題數)	標準差	平均數 (平均數/題數)	標準差
授課方式比較	傳統組	4.15	1.143	4.00	1.780
	VR 組	4.45	1.110	4.41	1.715
	檢定值	z=-2.402***		z=-3.398***	
	顯著性	.016		.001	

註：傳統組即傳統教學組（控制組）、VR 組即虛擬實境教學組（實驗組）

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：傳統組有效試問數：54 份、VR 組有效問卷數：38 份

## 2. 虛擬實境教學於不同背景因素之學習滿意度分析

由表 5-9 得知，虛擬實境教學在「學習成效滿意度」、「教學滿意度」、「學習動機與興趣滿意度」相較於傳統教學皆有顯著差異。此節旨在分析當虛擬實境教學之學習滿意度達顯著差異的狀況下，其背景因素之間的差異分析。

因虛擬實境教學組缺乏背景因素為大四之學生，且有工地工作經驗之學生僅 1

人，故當背景因素為就讀年級時，直接以大二與大三為分組變數進行獨立樣本檢定；當背景因素為工地工作經驗時，因樣本群僅一組，故僅顯示平均數與標準差之描述統計。

(1) 「學習成效滿意度」分析

依據表 5-11 顯示，當背景因素為性別時，滿意度達顯著差異，且男生 (Mean=53.62) 大於女生 (Mean=49.25)，其推斷可能原因為男生較女生更常藉由電腦進行休閒活動，對於實驗中遊戲教學之遊戲操作較快上手，故學習成效滿意度較高。

當背景因素為就讀系所時，滿意度未達顯著性差異，推斷可能原因為土木系學生在學校教學中，較缺少危害辨識相關課程，於危害辨識經驗較缺乏的狀況與非土木系的學生相似，故在學習成效滿意度上未達顯著性差異。

在背景因素為就讀系所、就讀年級時，滿意度皆未達顯著差異。顯示出本研究設計之虛擬實境教學於學習成效滿意度不論就讀系所與就讀年級，相對於傳統教學皆能顯著提高滿意度。

表 5-11 虛擬實境教學於不同背景因素之「學習成效滿意度」分析

構面 組別	滿意度	平均數	標準差
學生性別	男生	53.62	4.964
	女生	49.25	5.594
	檢定值	t=2.422***	
	顯著性	.021	
就讀系所	土木系	52.54	5.309
	非土木系	51.40	6.204
	檢定值	t=0.556	
	顯著性	.582	
就讀年級	大二	52.43	5.380
	大三	51.50	6.234
	檢定值	t=0.422	
	顯著性	.675	
工地工作經驗	無經驗	52.05	5.452
	有經驗	59.00	

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：虛擬實境教學（實驗組）有效問卷數：38 份

(2) 「教學滿意度」分析

依據表 5-12 顯示，無論學生背景因素為何，皆未達顯著差異，顯示出本研究設計之虛擬實境教學於教學滿意度不論學生性別、就讀系所與就讀年級，相對於傳

統教學皆能顯著提高滿意度。

表 5-12 虛擬實境教學於不同背景因素之「教學滿意度」分析

滿意度		平均數	標準差
構面	組別		
學生性別	男生	44.88	4.502
	女生	42.67	3.892
	檢定值	t=1.470	
	顯著性	.150	
就讀系所	土木系	44.68	4.269
	非土木系	42.80	4.662
	檢定值	t=1.167	
	顯著性	.251	
就讀年級	大二	44.30	4.435
	大三	43.75	4.496
	檢定值	t=.311	
	顯著性	.758	
工地工作經驗	無經驗	44.03	4.343
	有經驗	50.00	

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：虛擬實境教學（實驗組）有效問卷數：38份

(3) 「學習動機與興趣滿意度」分析

依據表 5-13 顯示，當背景因素為性別時，滿意度達顯著差異，且男生 (Mean=40.12) 大於女生 (Mean=35.67)，其原因可能為男生較女生更常藉由電腦進行休閒活動，故學習動機與興趣滿意度較高；與「學習成效滿意度」男生滿意度大於女生之結果相呼應。顯示出本研究設計之虛擬實境教學於學習動機與興趣滿意度滿意度不論就讀系所與就讀年級，相對於傳統教學皆能顯著提高滿意度。

表 5-13 虛擬實境教學於不同背景因素之「學習動機與興趣滿意度」分析

滿意度		平均數	標準差
構面	組別		
學生性別	男生	40.12	4.274
	女生	35.67	3.962
	檢定值	t=3.049***	
	顯著性	.004	
就讀系所	土木系	39.21	4.524
	非土木系	37.30	4.855
	檢定值	t=1.127	
	顯著性	.267	

表 5-13 虛擬實境教學於不同背景因素之「學習動機與興趣滿意度」分析（續）

滿意度		平均數	標準差
構面	組別		
就讀年級	大二	39.30	4.602
	大三	36.50	4.276
	檢定值	t=1.550	
	顯著性	.130	
工地工作經驗	無經驗	38.59	4.634
	有經驗	43.00	

註：\*\*\*表示顯著性<0.05

註：虛擬實境教學（實驗組）有效問卷數：38份

(4) 「課程適用年級」分析—全年級學生意見

依據表 5-14 顯示，虛擬實境教學組學生覺得該組課程的適用年級為「大三、大四」大於「大一、大二」大於「營管碩博班」大於「在職專班」；傳統教學組學生覺得該組課程的適用年級為「大三、大四」大於「大一、大二」大於「營管碩博班」等於「在職專班」。顯示出兩組教學內容皆較適合「大三、大四」之學生，且對於相關經驗相對較深之學生，教學助益較不大。

表 5-14 不同教學組別之「課程適用年級」分析—全年級學生意見

授課年級	組別	導入 VR 之教學(n=38)		傳統教學(n=54)	
		次數(人)	百分比(%)	次數(人)	百分比(%)
適合年級 (可複選)	大一、大二	22	58%	24	44%
	大三、大四	27	71%	40	74%
	營管碩博班	10	26%	16	30%
	在職專班	7	18%	17	31%

(5) 「課程適用年級」分析—大二學生意見

因本研究之實驗對象大多為大二學生（傳統教學組：59%；虛擬實境教學組：79%），故針對大二學生意見再次進行課程適用年級分析。依據表 5-15 顯示，虛擬實境教學組學生覺得該組課程的適用年級為「大三、大四」大於「大一、大二」大於「營管碩博班」大於「在職專班」；傳統教學組學生覺得該組課程的適用年級為「大三、大四」大於「大一、大二」大於「在職專班」大於「營管碩博班」。顯示出兩組教學內容皆較適合「大三、大四」之學生，且對於相關經驗相對較深之學生，教學助益較不大。

但觀察百分比分佈可得知，虛擬實境組之「大一、大二」與「大三、大四」僅差 7%（2 人），而傳統教學組之「大一、大二」與「大三、大四」相差 28%（9 人），顯示出相較於傳統教學，虛擬實境教學之學習門檻較低，較適用於學習力相對較弱（大一、大二）之學生。但對於相關經驗相對較深之學生，教學

助益較不大。

表 5-15 不同教學組別之「課程適用年級」分析—大二學生意見

授課年級 \ 組別		導入 VR 之教學(n=30)		傳統教學(n=32)	
		次數(人)	百分比(%)	次數(人)	百分比(%)
適合年級 (可複選)	大一、大二	18	60%	14	44%
	大三、大四	20	<b>67%</b>	23	<b>72%</b>
	營管碩博班	8	27%	8	25%
	在職專班	5	17%	9	28%

(6) 虛擬實境遊戲優缺點與改善分析

- A. 優點分析：依據表 5-16 顯示，「有助於了解營造工地現況」為百分比最高之優點項目，百分比達 50% 之優點項目亦含「有助於提升學習興趣」與「富活潑性、趣味性」。

表 5-16 虛擬實境「遊戲優點」分析

		導入 VR 之教學(n=38)	
		次數(人)	百分比(%)
遊戲優點 (可複選)	學習內容豐富	13	34%
	有助於知識之吸收與記憶	18	47%
	有助於提升學習興趣	19	<b>50%</b>
	富活潑性、趣味性	19	<b>50%</b>
	有助於提升自我思考	7	18%
	有助於了解營造工地現況	22	<b>58%</b>

- B. 缺點分析：依據表 5-17 顯示，「其他：流暢度不足、檔案太大」為百分比最高之缺點項目，百分比大於 5% 之缺點項目亦含「學習內容貧乏」與「無助於提升自我思考」。

表 5-17 虛擬實境「遊戲缺點」分析

		導入 VR 之教學(n=38)	
		次數(人)	百分比(%)
遊戲缺點 (可複選)	學習內容貧乏	3	<b>8%</b>
	無助於知識之吸收與記憶	1	3%
	無助於提升學習興趣	1	3%
	枯燥乏味	0	0%
	無助於提升自我思考	5	<b>13%</b>
	無助於了解營造工地現況	1	3%
	其他：流暢度不足、檔案太大	6	<b>16%</b>

C. 改善分析：依據表 5-18 顯示，在「危害情境件數」部分，有 16%學生希望增加危害情境件數；在「營造作業安全設施模擬」部分，有 24%學生希望提升模擬擬真度，其中有學生提出遊戲操作過程中出現穿牆情況，推斷應為操作不當而產生之情況；在「相關法規解說」部分，有 8%學生希望在遊戲過程中詳細說明相關法規。本研究於該遊戲法規解說之規劃，期望以簡略說明方式降低學習排斥感、提升學習興趣，使學生能在講授課堂上能吸收更多詳細法規說明，故遊戲中之相關法規解說以較簡略方式呈現。在「遊戲流程」部分，有 20%學生希望遊戲流暢度再提升，推斷應為一個空間中移動方向只有四個方向（前、後、左、右），造成空間（房間）間轉換不易，未來改善為八個方向移動應可改善此問題，參見圖 5-1。在「其他建議」部分，有學生提出使用方向鍵作為控制鈕，未來結合 Quest3D 軟體將可提供此功能。

表 5-18 虛擬實境「遊戲改善」分析

		導入 VR 之教學(n=25)		
		次數(人)	百分比(%)	意見
遊戲改善 與強化	危害情境件數	4	16%	每個房間都設置危害情境
	營造作業安全設施模擬	6	24%	穿牆讓我方向感有點錯亂
	相關法規解說	2	8%	詳細說明較佳
	遊戲流程	5	20%	流暢度
其他建議	有些危害太隱密，找尋不易。			
	常被困住。			
	移動方式可以改用方向鍵。			
	流暢度。			
	有點頓。			
	變化可多樣。			
可改設為已有事故發生，更震撼，印象更深刻。				

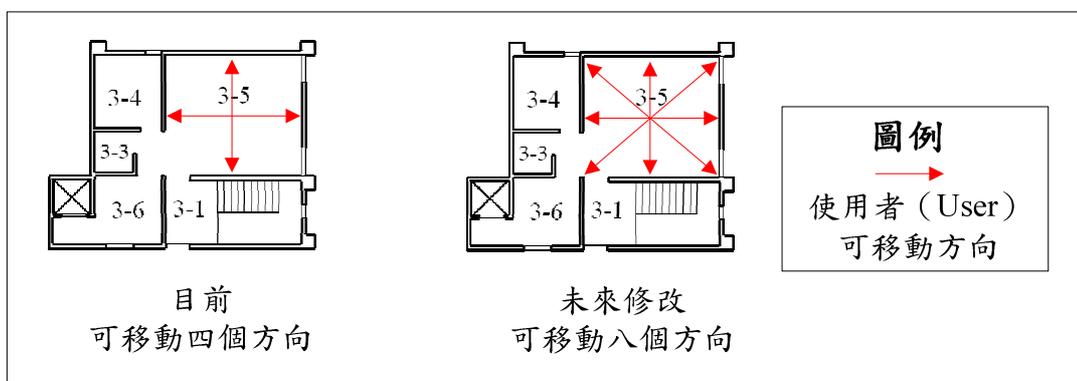


圖 5-1 虛擬實境空間移動方向增加示意圖

## 5.3 小結

### 5.3.1 學習成績（測驗試卷）

虛擬實境教學組與傳統教學組在分析學習成績後發現，兩教學組別於前測時學習成績無顯著差異，於後測時有顯著差異，且虛擬實境教學組學習成績進步較大。以平均數觀察兩組之成績可發現，虛擬實境教學組成績進步幅度較大，多出傳統教學組 9.66 分。顯示融入虛擬實境教學可提升學生學習成績。

### 5.3.2 學習滿意度（問卷）

1. 相較於傳統教學組，導入虛擬實境教學可提升各構面之滿意度。
2. 在「學習成效滿意度」與「學習動機與興趣滿意度」上，男生滿意度均大於女生，推斷可能原因為男生較女生更常藉由電腦進行休閒活動，故滿意度較高。
3. 危害辨識課程加入案例解說課程有其必要性。

### 5.3.3 課程適用年級

1. 兩組教學內容皆較適合「大三、大四」之學生，且對經驗相對較豐富之營管碩博班與在職專班學生，學習成效較不大。
2. 相較於傳統教學組，導入虛擬實境教學之學習門檻較低，較適用於學習力相對較弱（大一、大二）之學生。

### 5.3.4 虛擬實境遊戲優缺點與改善

1. 優點：虛擬實境遊戲之優點包含：
  - (1) 有助於了解營造工地現況（58%）
  - (2) 有助於提升學習興趣（50%）
  - (3) 富活潑性、趣味性（50%）
  - (4) 有助於知識之吸收與記憶（47%）
2. 缺點：虛擬實境之缺點包含：
  - (1) 學習內容貧乏（8%）：推斷原因為，遊戲僅有危害辨識內容，故部分學生覺得學習內容不足。
  - (2) 無助於提升自我思考（13%）：推斷原因為，部分學生遊戲時以任意點選畫面方式，提升找出遊戲中潛藏危害之數量，並非靠自我判斷找出潛藏危害，故較無法藉遊戲提升自我思考能力。
  - (3) 其他：流暢度不足、檔案太大（16%）。推斷原因有二，第一原因為遊戲檔案較大（50.3MB），故有時於 3D 場景轉換時發生畫面延遲現象；第二原因為移動方向不足，目前僅能往四個方向（前、後、左、右）移動，未來增加為八個方向應能改善此部分。
3. 建議與改善
  - (1) 法規詳細說明：學生希望能在遊戲中提供詳細說明，但本研究之遊戲目的為提供簡易說明，降低排斥感、提升專注力與學習興趣。

- (2) 遊戲流程：流暢度，學生希望能提升遊戲流暢度，推斷應包含場景轉換速度與移動方向流暢度。針對硬體、軟體以及設計三部分說明造成流暢度不足以及能改善的方向：
- a. 硬體：於陸軍官校進行虛擬實境教學時，發生動畫嚴重延遲現象，推斷可能原因為當時大部分電腦出現中毒狀況，故產生流暢度較不足之現象。為使流暢度提升，Google SketchUP 軟體之官方建議硬體如下：
    - ◆ 2 GHz 以上的處理器。
    - ◆ 2 GB 以上的 RAM。
    - ◆ 500 MB 的可用硬碟空間。
    - ◆ 搭載 512 MB 以上記憶體之 3D 等級顯示卡或更高等級的顯示卡。
  - b. 軟體：本研究藉 Google SketchUP 軟體自行製作之虛擬實境教學系統，目前無法讓學習者於虛擬工地中隨意行走，須依據設計之指標進行移動。未來若結合 Quest3D 軟體，將可提供使用鍵盤方向鍵進行移動之功能。
  - c. 設計：目前虛擬實境教學系統中，僅設計一空間中可往四個方向（前、後、左、右）移動，未來若增加為可往八個方向移動，應能改善遊戲流暢度不足之部分。

### 5.3.5 實驗教學心得

1. 實施實驗教學前，研究者均告訴學生，本次測驗試卷成績不會列入學期成績，僅供本研究參考，可能導致部分學生未用心作答，使得測驗成績低於預期。
2. 在實驗教學的傳統授課階段，許多學生對於課程內容興趣不高；但在遊戲階段，學習興趣顯著提高，學生皆會與同學互相詢問、討論。
3. 將學生隨機分配組別後，傳統組學生也有許多抱怨，提出希望換組的要求。顯示，在不了解遊戲性質前，「遊戲」兩字即能引發學生好奇心與興趣。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

營造工地危害辨識在安全衛生教育訓練中是一項重要課題，本研究經文獻探討、準實驗研究法與問卷調查等方法，建立一套虛擬實境訓練系統，並探討其學習成績與學習滿意度。本研究之虛擬實境危害辨識訓練系統，以勞委會彙整之國內營造業重大職災案例，作為危害辨識遊戲設計基礎，經實驗教學測試後發現：

1. 遊戲教學方式，可提升教學互動性、學習成績與學習滿意度。
2. 藉虛擬實境特性，可讓學生於安全環境中進行危險環境之危害辨識訓練。
3. 較容易新增與修改遊戲中危害辨識教學內容，以降低金錢支出並可依教學需求隨時更換遊戲模型。

本研究建置之虛擬實境營造工地危害辨識訓練遊戲，適用於安全衛生教育訓練之危害辨識課程，學生可透過遊戲進行而瞭解營造工地現況，並藉由遊戲教學方式提升對危害辨識議題之學習興趣與辨識能力。目前遊戲內容僅將勞委會彙整之民國 97 年至 99 年各年度國內營造業重大職災實例經篩選後，成為遊戲中危害案例，未來研究者或訓練單位可參考本研究建置之虛擬實境訓練內容與介面，發展出包含更多危害型態或針對特殊工地之虛擬實境營造工地危害辨識訓練遊戲。

### 6.2 建議

本研究經教學實驗驗證後發現，將虛擬實境訓練遊戲融入危害辨識課程中，可提升學習成績與學習滿意度，但藉問卷調查得知本研究建置之虛擬實境營造工地危害辨識訓練教學尚有未盡理想之處，以下為後續研究之建議：

1. 虛擬實境遊戲之移動方向

目前遊戲中移動方向僅以一空間四個移動方向（前、後、左、右）為基礎，造成部分場景轉換不易，未來可將遊戲者移動方向增加為八個方向，讓場景間轉換更為流暢。

2. 虛擬實境遊戲之控制器

本研究目前僅以滑鼠作為移動方向控制器，部分學生提出希望以鍵盤方向鍵取代滑鼠之建議，未來研究者可結合 Quest3D 軟體，以方向鍵作為移動控制器，並保留以滑鼠左鍵點選危害情境之功能，使遊戲操作更為便捷。

3. 虛擬營造工地類型

目前遊戲場景僅有鋼筋混凝土建築，未來研究者可建置其他類型（如：鋼構建築）營造工地，探討哪一類之營造工地使用虛擬實境遊戲教學可使危害辨識課程之教學成效最大。

4. 虛擬實境教學內容

經實驗發現融入虛擬實境教學可提升學習成績與學習滿意度，唯學習成績部分雖有顯著提升但仍未達 60 分。未來可探討虛擬實境教學融入哪些內容，可使學習者學習成績大幅提高，以提升學習成效。

## 参考文献

- Assfalg, J., Bimbo, Del, A., Vicario, E., Using 3D and ancillary media to train construction workers, IEEE MultiMedia, Vol.9, n.2, 2002.
- Ausburn, L. J. and Ausburn, F. B., Desktop virtual reality: A powerful new technology for teaching and research in industrial teacher education. Journal of Industrial Teacher Education, 41 (4), 33-58, 2004.
- Bartels, J. R., Ambrose, D. H., Wang, R. C., "Verification and Validation of Roof Bolter Simulation Models for Studying Events Between a Machine and its Operator." National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Pittsburgh Research Laboratory., 2001.
- Burdea, G. and Coiffet, P., Virtual Reality Technology. New York: Wiley-Interscience. 1994.
- Cohen, A. and Colligan, M. J., Assessing occupational safety and health training: A literature review. Final report. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, U.S.A., 1995.
- Crocker, L. and Algina, J., Introduction to classical and modern test theory., New York: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1986.
- Gigante, M. A., Virtual Reality: Definitions, History and Applications, in R. A. Earnshae, et al. Virtual Reality System, 3-14, 1993.
- Glenn, S., Real Fun, Virtual: Virtual Experience Amusement & Products in Public Space Entertainment. Virtual Reality '91, the Second Annual Conference. San Francisco, 62-69, 1991.
- Hirotake Ishii, Ken-ichiro Kashiwa, Tetsuo Tezuka and Hidekazu Yoshikawa, "Development of machine-maintenance training system in virtual environment." Robot and Human Communication - Proceedings of the IEEE International Workshop, 295-300, 1995.
- Kelly, T. L., The Selection of Upper and Lower Groups for the Validation of Test Items., Journal of Educational Psychology, 30, 17-24, 1939.
- Latta, J. N., When Will Reality Meet the Marketplace? Virtual Reality '91, the Second Annual Conference. San Francisco, 109-141, 1991.
- Maria, Lurdes, A. S., Morais, and Camacho., Virtual reality, a new tool for a new educational paradigm. Educational Media International, 35 (4), 266-271, 1998.

Occupational Health and Safety Management System-Guide, BS 8800:2004, British Standards Institution, London, 2004.

Occupational Health and Safety Management Systems-Requirements, OHSAS 18001:2007, British Standards Institution, London, 2007.

Sheridan, T. B., Musing on Telepresence and Virtual Presence. SRI's 1991 Conference on Virtual Reality. Menlo Park.Calif, 55-66, 1991.

Summitt, P. M. and Summitt, M. J., Creating Cool 3D Web Worlds With VRML, Foster City,CA. : IDG Books, 1995.

Tate, D.L., Sibert, L., and King, T., "Using virtual environments to train firefighters." Computer Graphics and Applications, IEEE Vol.17, Issue 6, Nov-Dec.,23-29, 1997.

Wilson, J. R., "Effects of Participating in Virtual Environments. A Review of Knowledge", Safety Science, Vol.23-No.1, 39-51, 1996.

Zaltman, G., Burger, P. C., Marketing Research: Fundamentals & Dynamics. Hinsdale, IL: Dryden Press, 1975.

大學入學考試中心，「《學科知能量表》信度與效度分析」，大學入學考試中心(2009)認識學科知能量表(第一版)，大學入學考試中心，台北，2009。

尹泰霖，「建置以 Web3D 為基礎的互動虛擬實境與教學上之研究-以台南孔廟為例」，碩士論文，國立臺南大學數位學習科技學系，2008。

王秋森，「職業安全衛生教育問題的探討」，工業安全衛生月刊，第 114 期，13-18 頁，1998。

江天賜，「勞工安全衛生教育訓練規劃與執行與執行現況分析 —以高雄市大型製造業為例」，碩士論文，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所，2008。

江仲翔，「高級中學教師自編測驗評量方式之探討」，碩士論文，國立中山大學應用數學研究所，2003。

行政院勞工委員會，危害辨識及風險評估技術指引，2009。

行政院勞工委員會，勞工安全衛生教育訓練規則，2011。

行政院勞工委員會，臺灣職業安全衛生管理系統指導綱領，2007。

行政院勞工委員會，營造安全衛生設施標準，2010。

行政院勞工委員會北區勞動檢查所，「線上測驗區」，<http://www.nlio.idv.tw/index-15.asp>。

勞工安全衛生研究所，「安全衛生基礎課程及測驗」，  
<http://www.iosh.gov.tw/Publish.aspx?cnid=43>。

余民寧，教育測驗與評量—成就測驗與教學評量，心理出版社，台北，2002。

余品欣，「非正規教育機構成人學習者知覺產品價值、教師教學品質與學習滿意度關係之研究」，碩士論文，高雄師範大學成人教育研究所，2009。

吳明隆，SPSS 統計應用學習實務：問卷分析與應用統計，知城數位科技，台北，2003。

吳淑鶯、彭康達，「消費者對航空公司的品牌知曉、認知品質與知覺價值在品牌態度及購買意願上之影響」，中華管理評論國際學報，第十三卷二期，2010。

吳統雄，「態度與行為研究的信度與效度：理論、應用、反省」，民意學行專刊，29-53 頁，1985。

李大偉，技職教育量測評鑑，三民書局，台北，1995。

林楨中、陳俊璋，「營造業施工安全衛生教育訓練教材規劃之研究」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2006。

林睿陞，「營建產業知識地圖與管理-以資訊技術為例」，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，2005。

邱瀧毅，「職業安全危害辨識方法探討」，碩士論文，國立中央大學環境工程研究所，2012。

洪萬菘，「虛擬實境教學對交通技能之成效研究—以高職中重度智能障礙學生獨立到實習職場為例」，碩士論文，國立台北教育大學特殊教育學系，2008。

紀大任，「台灣跨世紀高科技競賽籌碼-虛擬實境」，CADesigner 電腦繪圖與設計雜誌，第 110 期，122-127 頁，1997。

徐玉堂、潘宏一、鄭世岳、劉玉文，「職業安全衛生實習相關課程規劃研究」，嘉南學報，第 29 期，259-274 頁，2003。

張玉蓮，「臺灣地區各縣市教育局推動學校環境教育現況之調查問卷」，碩士論文，臺中師範學院環境教育研究所，2004。

張宦民、吳宗正、溫敏杰，「組織文化對創新能力之影響—以臺灣地區電線電纜上市公司為例」，經營管理論叢 Vol.1，No.2，59-74 頁，2005。

張霄亭、朱則剛，教學媒體，五南出版社，1998。

曹常成，「以減災為導向之各國安全衛生策略研究」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2007。

曹常成、洪銀忠，「風險評估在石化業安全衛生管理之角色與功能」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2008。

梁維琳，「以虛擬實境探討地下街空間緊急避難出口之選擇」，碩士論文，國立台灣科技大學建築系，2010。

梅士賢，「勞工安全衛生教育訓練及員工安全衛生認知與態度之研究—以新竹科學園區為例」，碩士論文，2004。

許嘉宏，「虛擬實境技術於工程教育訓練之應用—以橋梁工法為例」，碩士論文，國立台灣科技大學營建工程系，2005。

陳俊復，「淺談勞工通勤職業傷害之認定」，工業安全衛生月刊，第226期，35-45頁，2008。

陳信宏、張旭輝、江金源、陳柏棋，「無人遙控潛器操控之虛擬環境模擬與建構」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，2005。

陳建男，吳佳欣，張國義，「學生到底想要什麼？—影響大學生學習滿意度相關因素之探討」，卓越教學研討會，Nov.29-30，2010。

陳彥伶，「我國勞工安全衛生教育訓練單位現況及制度初探」，碩士論文，國立陽明大學環境與職業衛生研究所，2010。

陳昭雄，職業科目教學方法之理論與實務，師大書苑有限公司，台北，1989。

傅志豪，「「虛擬實境」技術導入軍事教育訓練之研究-以美國陸軍為例」，碩士論文，中華大學科技管理學系，2010。

勞工安全衛生研究所，「移動式起重機操作模擬訓練系統之技術移轉實際運用於職業訓練」，<http://www.iosh.gov.tw/upload/data/f5/news890701.htm>，2000。

曾憲揚，「問卷內容探討與實證研究—以國立成功大學為例」，碩士論文，國立成功大學企業管理研究所，2001。

黃俊英，行銷研究-管理與技術，華泰書局，台北，1987。

黃雅晨，「運用虛擬實境數位學習於國小六年級兒童廟宇建築藝術認知之研究」，碩士論文，國立新竹教育大學美勞教育研究所，2008。

楊詠婷，「數位遊戲式英語教學之學習成效與滿意度研究-以國小二年級學生為例」，碩士論文，開南大學資訊傳播學系，2010。

楊德祥、繆慧娟，「工業安全衛生線上教育訓練平台實例研究」，經濟部工業局工業安全衛生技術輔導網，2003。

葉宇光，「事件樹於職業安全風險評估應用研究」，碩士論文，國立中央大學環境工程研究所，2009。

廖嘉鴻，「營建採購協商紙上訓練遊戲之研究」，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，2009。

鄭依佳，「高級職業進修學校學生學習滿意度及教師教學滿意度關係之研究—以中部地區為例」，碩士論文，國立彰化師範大學工業教育與技術學系，2007。

蕭玉香，「台北市國民小學舞蹈教學現況與舞蹈教學滿意度之研究」，碩士論文，臺北市立師範學院國民教育研究所，2003。

蘇文娟、黃景煜，「高架作業 3D 虛擬工安訓練輔助設計」，工業安全衛生月刊，第 266 期，38-44 頁，2011。

蘇純繒、丁秋瑤，「運用管制圖於受試者能力測驗之試題品質分析」，測驗統計年刊，第 16 輯上期，2008。

## 【附錄 1】國內外文獻原文資料

Assfalg *et al.* (2002) "VECWIT (Virtual Environments for Construction Workers' Instruction and Training) that we developed to test the suitability of VE as a complementary tool supporting education and training for construction workers' safety. For instance, in a scenario fostering procedural knowledge, the worker disassembles part of a scaffold by following a specific procedure and correctly using a safety belt."

Bartels *et al.* (2001) "The purpose of the research is investigating the safe speed range for the vertical movement of roof bolter boom arms to reduce worker injuries in underground coal mines. The research is to reduce workers risk of injury from exposure to mining machinery."

Burdea and Coiffet (1994) "The three I's of virtual reality, immersion-interaction-imagination."

Glenn (1991) "You believe you are doing what you are doing, even though what you are doing may be artificially created. It is probably most appropriate to focus on experience as "VR" rather than a specific set of technologies."

Hirotake *et al.* (1995) "VR-based machine-maintenance training system was developed."

Summitt, P. M. and Summitt, M. J. (1995) "With VR, you can create the world that you want to experience. Using an internet standard such as VRML, you can enable others to experience the world you have created. The salient feature of this system is the utilization of Petri net for representing the procedures of machine assembly and disassembly in virtual environment."

紀大任 (1997) "VR 已晉身成 4I 技術，Imagine 呈像技術，Internet 應用網際網路來溝通跨國際的任務，Interactive 應用主動週邊如觸控螢幕等設備，Immersion 應用 HMD 等設備來產生融入的效果。"

## 【附錄 2】危害案例

### 案例 001：從事吊掛作業遭 H 型鋼樑飛落撞擊致死災害

#### 1. 發生經過簡述：

使用挖土機將連續壁鋼筋籠之吊桿移至施工地點，因鋼索勾到鋪於導溝上之鋼筋網，使勾掛在鏟齒上的一條鋼索掉落，造成吊桿旋轉打破駕駛座玻璃，接著吊桿飛落，一名勞工遭受撞擊致死。

#### 2. 原因分析：

直接原因：物體飛落撞擊。

間接原因：

(1) 使車輛系營建機械供為主要用途以外之用途（以挖土機吊運物品）。

(2) 未禁止人員進入車輛系營建機械作業之操作半徑內。

#### 3. 防止對策與勞安規定：

不得以挖土機從事吊掛。應禁止人員進入車輛系營建機械作業之操作半徑內。（勞工安全衛生設施規則第 116 條第 1 項第 3 款暨勞工安全衛 164 生法第 5 條第 1 項）

### 案例 002：從事外牆防水工程發生墜落致死傷災害

#### 1. 發生經過簡述：

使用移動式起重機，從事外牆防水工程。午休時，吊車手把一側外伸撐座之支撐收回，復工時未將支撐座伸出，造成移動式起重機重心不穩傾斜倒地。罹災者因頭部破裂受傷腦出血及水腫，送醫後不治死亡。

#### 2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：

(1) 使用移動式起重機作業時未確認外伸撐座伸至最大極限位置。

(2) 勞工於高度二公尺以上之高處作業未確實使用安全帽、安全帶及其他必要之防護具。

#### 3. 防止對策與勞安規定：

(1) 雇主對於使用高空工作車從事作業，應依下列事項辦理：

二、除行駛於道路上外，為防止高空工作車之翻倒或翻，危害勞工，應將其外伸撐座完全伸出，並採取防止地盤不均勻沉陷、路肩之崩塌等必要措施。（勞工安全衛生設施規則第 128 條之 1）

(2) 雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。但經雇主採安全網等措施者，不在此限。（勞工安全衛生設施規則第 281 條）

### 案例 003：從事下水道人孔抽水作業發生缺氧致死災害

#### 1. 發生經過簡述：

於污水下水道進行抽水作業，由於入井前未適當實施通風換氣，未確認井內氧氣及有害氣體濃度是否合格，亦未使勞工佩帶適當防墜設備，導致勞工不慎滑落並昏迷於井底（案發後經測定氧氣僅達 16% 左右）。經緊急搶救送醫仍不治死亡。

2. 原因分析：

直接原因：缺氧。

間接原因：於缺氧危險作業場所（滯留雨水工作井內），未正確採取通風換氣、未提供適當防墜設備亦未置備空氣呼吸器等必要措施。

3. 防止對策與勞安規定：

- (1) 雇主應於明顯易見之處所標明，並禁止非從事作業有關之人員進入氧氣濃度未滿百分之十八之場所。（勞工安全衛生設施規則第 299 條）
- (2) 雇主使勞工從事缺氧危險作業時，應置備測定空氣中氧氣濃度之必要測定儀器，並採取隨時可確認空氣中氧氣濃度之措施。（缺氧症預防規則第 4 條）
- (3) 應使勞工確實使用安全帽，必要時應置備空氣呼吸器、氧氣呼吸器、防毒面具、防塵面具等防護器材。（勞工安全衛生設施規則第 282 條）
- (4) 雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。前項安全帶之使用，應採用符合國家標準 14253 規定之背負式安全帶及捲揚式防墜器。（勞工安全衛生設施規則第 281 條）

案例 004：從事明挖埋管作業發生明挖埋管作業發生土石崩塌致死災害

1. 發生經過簡述：

從事明挖埋管作業，整片土方崩落將勞工掩埋。開挖深度約 3.5 公尺，寬度約 80 公分左右，當時兩側未設置擋土支撐，整片土方崩落將罹災者掩埋，送醫不治。

2. 原因分析：

直接原因：遭物體掩埋。

間接原因：露天開挖作業，其垂直開挖深度在 1.5 公尺以上，未設置擋土支撐。

3. 防止對策與勞安規定：

雇主僱用勞工從事露天開挖作業，其垂直開挖最大深度應妥為設計，如其深度在 1.5 公尺以上者，應設擋土支撐。（營造安全衛生設施標準第 71 條第 1 項暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）

案例 005：從事外牆抵石子作業發生墜落致死災害

1. 發生經過簡述：

從事窗台抵石子作業，勞工將上方踏板下移架在下方框架兩端之加勁材處，作業時勞工將上半身往上挺並往後靠，導致墜落於施工架踏板，送醫不治。

2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：

(1) 將施工架上方踏板下移架在下方框架兩端之加勁材處，造成下拉桿至踏板之間高度約 88 公分至 82 公分不等之開口。

(2) 於施工架工作台上作業，未使勞工確實使用安全帶、安全帽。

3. 防止對策與勞安規定：

(1) 對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之安全衛生教育訓練。(勞工安全衛生教育訓練第 16 條第 1 項)

(2) 對高度二公尺以上之施工架開口部分之場所作業，應於該處設護欄、護蓋或安全網等防護設備。(勞工安全衛生設施規則第 281 條第 1 項)

案例 006：從事混凝土澆置巡視作業墜落致死災害

1. 發生經過簡述：

混凝土澆置收尾作業，勞工走向四樓施工架上，突然發生連續數生巨響，發現勞工昏迷仰臥於施工架下方，安全帽飛落於附近，送醫後不治。

2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：結構體與施工架間開口處未設防墜之護欄、護蓋、安全網。

3. 防止對策與勞安規定：

(1) 對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之安全衛生教育訓練。(勞工安全衛生教育訓練第 16 條第 1 項)

(2) 對高度二公尺以上施工架開口部分之場所作業，應於該處設置護欄、護蓋或安全網等防護設備。(勞工安全衛生設施規則第 281 條第 1 項)

案例 007：從事模板組立傳料作業發生墜落致死職業災害

1. 發生經過簡述：

從事模板組立作業，從施工架上下設備間開口墜落至 3 樓樓板面。勞工墜落時未佩戴安全帽，經送醫急救後仍不治。

2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：

(1) 高差 1.5 公尺，未有安全上下設備。

(2) 施工架外側開口未防護。

(3) 未使勞工佩帶安全帽及安全帶。

3. 防止對策與勞安規定：

(1) 高度在二公尺以上之工作場所邊緣及開口部份，勞工有遭受墜落危險之虞者，應於該處設置護欄、護蓋或安全網等防護設備。(營造安全衛

生設施標準第 19 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項第 5 款)

- (2) 雇主對勞工於高差超過 1.5 公尺以上之場所作業時，應設置能使勞工安全上下之設備。(勞工安全衛生設施規則第 228 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項第 5 款)
- (3) 雇主對於進入營繕工程工作場所作業人員，應提供適當安全帽，並使其正確戴用。(營造安全衛生設施標準第 11 之 1 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項第 5 款)

#### 案例 008：從事打石作業發生墜落致死災害

1. 發生經過簡述：

從事室內梯廳打石作業，站立於施工架之踏板上（施工架無上下設備），疑因失足自 1.5 公尺高之施工架跌落，經送醫急救後仍不治。
2. 原因分析：

直接原因：墜落。  
間接原因：施工架工作台支撐未綁固及踏板未滿鋪。
3. 防止對策與勞安規定：
  - (1) 對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之安全衛生教育訓練。(勞工安全衛生教育訓練第 16 條第 1 項)
  - (2) 對高度二公尺以上之施工架開口部分之場所作業，應於該處設置護欄、護蓋或安全網等防護設備(勞工安全衛生設施規則第 281 條第 1 項)

#### 案例 009：從事磚牆拆除作業發生墜生物體倒塌災害致死災害

1. 發生經過簡述：

從事磚牆拆除工程，磚牆突然崩落於勞工背部，傷及胰臟、肺、肋骨，經送醫急救後仍不治。
2. 原因分析：

直接原因：磚牆倒塌。  
間接原因：拆除磚牆時未由上而下逐次拆除。
3. 防止對策與勞安規定：
  - (1) 應對勞工施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育、訓練。(勞工安全衛生法第 23 條第 1 項)
  - (2) 雇主對於結構物之牆、柱等拆除，應依下列規定辦理：
    - 一、應自上至下，逐次拆除。
    - 二、無支撐之牆、柱等拆除，應以支撐、繩索等控制，避免其任意倒塌。
    - 四、無法設置安全區時，應設置承受臺、施工架或採取適當防範措施。(營造安全衛生設施標準第 161 條第 1 款、第 2 款、第 4 款、第 5 款暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

#### 案例 010：勞工遭鋼筋飛落擊傷頭部致死災害

##### 1. 發生經過簡述：

從事剪鋼筋作業時，有勞工沿著拆除區圍籬旁走去，當時有帶安全帽，突然被飛落鋼筋打到後腦，經送醫急救後仍不治。

##### 2. 原因分析：

直接原因：鋼筋飛落擊傷頭部。

間接原因：使用機具拆除構造物時，未依規定設置之安全區等適當措施。

##### 3. 防止對策與勞安規定：

雇主對於使用機具拆除構造物時，應依下列規定辦理：

三、使用夾斗或具曲臂之機具時，應設置作業區，其周圍應大於夾斗或曲臂之運行線八公尺以上，作業區內除操作人員外，禁止無關人員進入。

四、機具拆除，應在作業區內操作。

（營造安全衛生設施標準第 159 條）

#### 案例 011：從事冷氣冰水管保溫作業感電致死災害

##### 1. 發生經過簡述：

從事冷氣冰水管保溫作業時，勞工從梯子上墜落，面部朝下昏倒於地面，經送醫急救後仍不治。

##### 2. 原因分析：

直接原因：感電。

間接原因：接觸絕緣被破壞或老化等致引起感電危害之設施。

3. 防止對策與勞安規定：勞工於作業中或通行時，有接觸絕緣被覆配線或移動電線之虞者，應有防止絕緣被破壞或老化等致引起感電危害之設施。（勞工安全衛生設施規則第 241 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）

#### 案例 012：從事頂樓增建作業發生墜落致死災害

##### 1. 發生經過簡述：

裝設避難器具與指示燈（非活線作業）時，勞工於木製合梯上墜落，經送醫急救後仍不治。

##### 2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：

(1) 對於使用之合梯，應具有堅固之構造。

(2) 對於使用之合梯，其材質不得有顯著之損傷、腐蝕等。

(3) 對於使用之合梯，應有安全之梯面。

##### 3. 防止對策與勞安規定：

(1) 雇主對勞工應施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育、訓

練。(勞工安全衛生法第 23 條第 1 項)

- (2) 對進營繕工程工作場所作業人員，應提供適當安全帽，使其正確戴用（營造安全衛生設施標準第 11 之 1 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項）
- (3) 雇主對於使用之合梯，應具有堅固之構造、其材質不得有顯著之損傷、腐蝕以及應有安全之梯面等。(勞工安全衛生設施規則第 230 條第 1 項第 1、2 及第 4 款暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

#### 案例 013：從事裝潢拆除作業發生火災致死災害

##### 1. 發生經過簡述：

研判因不慎使用打火機引燃空間內介於爆炸界限內之甲苯氣體而引發氣爆之可能性最大。

##### 2. 原因分析：

直接原因：嗆傷、灼傷。

間接原因：對於易引起火災及爆炸危險之場所，未標示嚴禁煙火及禁止無關人員進入，且未規定勞工不得使用明火。

##### 3. 防止對策與勞安規定：雇主對於作業場所有易燃液體之蒸、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依下列規定辦理：

一、指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。

二、蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。(勞工安全衛生設施規則第 175 條及勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

#### 案例 014：從事外牆版吊掛作業墜落致死災害

##### 1. 發生經過簡述：

從事外牆版吊掛作業時，勞工不慎於 2 公尺以上開口部分墜落，經送醫急救後仍不治。

##### 2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：

(1) 設置護欄未確實，缺上欄杆。

(2) 高度兩公尺以上之處所進行作業，未使作業勞工確實使用安全帶。

##### 3. 防止對策與勞安規定：

(1) 雇主依規定設置之護欄，應依下列規定辦理：高度應在九十公分以上，並應包括上欄杆、中欄杆、腳趾板及杆柱等。(營造安全衛生設施標準第 20 條第 2 款暨勞工安全衛生法第 5 條第 141 項)

(2) 雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。(勞工安全衛生設施

規則第 281 條第 1 項暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

案例 015：從事模板支撐作業發生感電致死災害

1. 發生經過簡述：  
於鐵合梯上，從事模板支撐作業，勞工突遭低壓電擊，造成心因性猝死。
2. 原因分析：  
直接原因：遭低壓電擊，造成心因性猝死。  
間接原因：
  - (1) 電線未架高、漏電斷路器故障。
  - (2) 使用移動梯未符合規定。
3. 防止對策與勞安規定：雇主對勞工於作業中或通行時，有接觸絕緣被覆配線或移動電線或電氣機具、設備之虞者，應有防止絕緣被破壞或老化等致引起感電危害之設施。(如將線路架高或套管等防護方式)(勞工安全衛生設施規則第 246 條)

案例 016：從事拆除屋頂浪板作業發生墜落致死災害

1. 發生經過簡述：  
勞工拆除波浪板時，因踏穿採光波浪板導至墜落意外。
2. 原因分析：  
直接原因：墜落。  
間接原因：
  - (1) 於屋頂作業時未設置適當強度之踏板或裝設安全網。
  - (2) 高度 2 公尺以上之處所進行作業，未提供作業勞工確實使用安全帶。
3. 防止對策與勞安規定：
  - (1) 雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。(勞工安全衛生設施規則第 281 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)
  - (2) 雇主對勞工於石綿板、塑膠等材料構築之屋頂從事作業時，為防止勞工踏穿墜落，應於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之踏板或裝設安全護網。(勞工安全衛生設施規則第 227 暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

案例 017：從事乙炔作業發生火災致死災害

1. 發生經過簡述：  
從事隔間牆螺桿切割時，乙炔切割器之火種引燃外洩之乙炔氣，引發火災。
2. 原因分析：  
直接原因：火災。  
間接原因：

- (1) 氧氣乙炔氣體軟管因損傷、摩擦導致漏氣。
- (2) 從事熔斷作業時，未有充分通風換氣之設施。
3. 防止對策與勞安規定：雇主對於通風或換氣不充分之工作場所，使用可燃性氣體及氧氣從事熔斷作業時，為防止該等氣體之洩漏或排出引起爆炸、火災，應依下列規定辦理：
  - 一、氣體軟管，應使用不因其損傷、摩擦導致漏氣者。
  - 五、從事熔斷作業時，為防止自吹管放出過剩氧氣引起火災，應有充分通風換氣之設施。(勞工安全衛生設施規則第 189 條)

#### 案例 018：確認灌漿位置遭溺斃死災害

1. 發生經過簡述：

勞工進行確認灌漿位置時，疑因酒後、落水致酒精中毒及溺水窒息，最後因中毒性休克及呼吸衰竭。
2. 原因分析：

直接原因：溺水。

間接原因：

  - (1) 地下 3 樓地面與機坑開口未有明顯標示或區隔。
  - (2) 地下 3 樓地面雜物未清理。
  - (3) 地下 3 樓照明不足。
  - (4) 工作中飲用含酒精性飲料。
3. 防止對策與勞安規定：

雇主對於勞工工作場所之通道、地板、階梯，應保持不致使勞工跌倒、滑倒、踩傷等之安全狀態，或採取必要之預防措施。(勞工安全衛生設施規則第 21 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

#### 案例 019：從事陽台打石作業發生墜落致死災害

1. 發生經過簡述：

勞工使用手持破碎機打除連接風雨走廊處之陽台，休息時將背靠在右側牆壁，因重心不穩往右側直立倒下並從 3 樓陽台邊緣墜落至地面，經送醫急救後仍不治。
2. 原因分析：

直接原因：墜落。

間接原因：未使勞工確實使用安全帶及其他必要之防護具。
3. 防止對策與勞安規定：
  - (1) 雇主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。(勞工安全衛生設施規則第 281 條第 1 項暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)
  - (2) 應對勞工施以從事工作所需之安全衛生教育與預防災變訓練。(勞工

安全衛生法第 23 條第 1 項)。

案例 020：從事遞隔板作業自電梯直井開口墜落致死災害

1. 發生經過簡述：

勞工從 1F 電梯口遞隔板至 4F，因傳遞時重心不穩，而隨著防護措施（交叉拉桿）和隔板一起墜落至 1F 機坑，經送醫急救後仍不治。

2. 原因分析：

直接原因：墜落死亡。

間接原因：

(1) 電梯直井開口部份未設置欄或安全網等防護設備。

(2) 開口部份高處作業，未使勞工確實使用安全帶。

3. 防止對策與勞安規定：

(1) 應設置訂定自動檢查計畫實施自動檢查。(勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法第 79 條暨勞工安全衛生法第 14 條第 2 項)

(2) 應對勞工施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育、訓練。(勞工安全衛生法第 23 條第 1 項)



**【附錄 3】虛擬工地之危害元件與提示語對照表**

區域	案例代	危害情境			危害提示語	
		「動態元件」名稱	「元件」名稱	對應模型		
戶外區	001	endanger-13	excavator-part2	挖土機	為避免意外，應禁止使用挖土機"吊運物品及人員"；進入工地之人員，應確實帶上安全帽。	
			Susan-bad	人		
			Susan-good	人(有安全帽)		
			helmet	安全帽		
			e-13-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-13-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	002	endanger-010	Component	移動式起重機	為避免意外，使用移動式起重機作業時，應確認"外伸撐座"確實伸出，並伸至最大極限位置。	
			e-c-good	支撐座(good)		
			e-c-bad	支撐座(bad)		
			e-10-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-10-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	003	endanger-18	e-18	人孔蓋	為避免缺氧，於侷限空間作業時(ex: 下水道人孔作業)，應實施通	
			e-18-goog	防墜式捲揚器、抽送風機		
			e-18-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-18-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	004	endanger-12	e-12	露天開挖 (ex:明挖埋管作業)	為避免土石崩落，從事露天開挖作業(ex:明挖埋管作業)，其垂直開挖深度在1.5公尺以上時，應設	
			e-12-goog	擋土支撐		
			e-12-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-12-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	005	endanger-3	rack-3	橫架(踏板)下移	為避免墜落，施工架應確實鋪設橫架(踏板)。(不可貪圖作業方便，而私自搬移橫架(踏板))	
e-3-lose			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)		
e-3-win			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)		
施工架區	006	endanger-1	rack-1	安全網/防塵網	為避免墜落，施工架應確實設置安全網(防塵網)。	
			e-1-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-1-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	007	endanger-2	rack-2	交叉拉桿	為避免墜落，施工架應確實設置交叉拉桿。	
			e-2-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-2-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	008	endanger-4	rack-3	橫架(踏板)未滿鋪	為避免墜落，施工架之橫架(踏板)應確實滿鋪。	
			e-4-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-4-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)

區域	案例代	危害情境			危害提示語		
		「動態元件」名稱	「元件」名稱	對應模型			
室內區 一樓	009	Wall-1F#S1	Wall-1F#S1-1(上)	特殊牆(磚牆/打石)	為避免崩塌之疑慮，拆除磚牆時，應由上至下打除。		
			Wall-1F#S1-2(中)				
			Wall-1F#S1-3(下)				
			Wall-1F#SS21	小石塊(示意)			
			e-11-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
			e-11-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
	010	endanger-14	Wall-1F#S2	特殊牆(拆除構造物)	使用機具拆除構造物時，應依規定設置「安全區」。		
			Wall-1F#SS21	小石塊(示意)			
			excavator	挖土機			
			scaffolding	丙種圍籬(單元)			
			scaffolding-ALL	丙種圍籬			
			e-14-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
	e-14-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)				
	011	endanger-15	electric	裸露電線	為避免感電，當接觸絕緣被覆配線時，應使用「絕緣手套」。		
			glove-1#1	棉手套			
			glove-2	絕緣手套			
			near-1	拉近按鈕1		(場景拉近鈕)	
			e-15-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
e-15-win			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)			
室內區 二樓	012	endanger-5	ladder-Bad(危害)	合梯	對於使用之合梯，其材質不得有顯著之損傷、腐蝕等。		
			ladder-Good(良好)				
			e-5-lose			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
			e-5-win			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)
	013	endanger-20	paint-1	油性油漆(含甲苯)	對於易引起火災及爆炸危險之場所，應嚴禁煙火、規定勞工不得使用明火(打火機)。(註：油性油漆內含		
			paint-2	油漆刷			
			paint-3	打火機			
			near-4	拉近按鈕4		(場景拉近鈕)	
			e-20-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
			e-20-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
	014	endanger-7	handrail-1	欄杆( )	為避免墜落，開口處應確實設置"護欄"。		
			handrail-2	欄杆(—)			
			near-2	拉近按鈕2		(場景拉近鈕---拉至"露臺")	
			e-7-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
			e-7-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)	
			015	endanger-16		electric-1	打石機+電線(Z=5)
	electric-2	打石機+電線(Z=0)					
	electric-3	柵板(架高用)					
near-3	拉近按鈕3	(場景拉近鈕)					
e-16-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)					
e-16-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害，得分鈕將亮起)					

區域	案例代	危害情境			危害提示語	
		「動態元件」名稱	「元件」名稱	對應模型		
室內區 三樓	016	endanger-6	floor-2#1-1	特殊樓版(波浪板)	於屋頂作業時應設置適當強度之踏板或裝設安全網。	
			floor-2#1-2	木板鋪墊		
			e-6-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
			e-6-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
	017	endanger-19	window-1	窗戶(緊閉)	為避免火災、爆炸, 使用乙炔氣瓶從事熔斷作業時(ex:隔間牆螺桿切割工作), 應保持作業場所通風。	
			window-2	窗戶(打開)		
			window-3	乙炔瓶+熔斷器具		
			e-19-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
			e-19-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
	018	endanger-17	object-1	物品(雜亂)	為避免意外, 應保持作業場所環境整潔。	
			object-2	物品(整齊)		
			e-17-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
			e-17-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
	019	endanger-8	handrail-3	欄杆(正確)	為避免墜落, 開口處應確實設置"護欄"。	
			handrail-4	欄杆(錯誤)		
			near-5	拉近按鈕5		(場景拉近鈕)
			e-8-lose	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
			e-8-win	得分鈕(失敗-紅/成功-綠)		(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)
	020	endanger-9	elevator-fence2	電梯安全柵欄	為避免墜落, 開口處應確實設置護欄(護網)之防護設備。	
			elevator-fence3	鋼筋交叉		
e-9-lose			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)		
e-9-win			得分鈕(失敗-紅/成功-綠)	(成功尋獲危害, 得分鈕將亮起)		

## 【附錄 4】預試測驗試卷

### 勞工安全衛生 測驗試題--- 專業知識篇

#### ★測驗內容★（營造業危害辨識）

一、是非題（13 題）

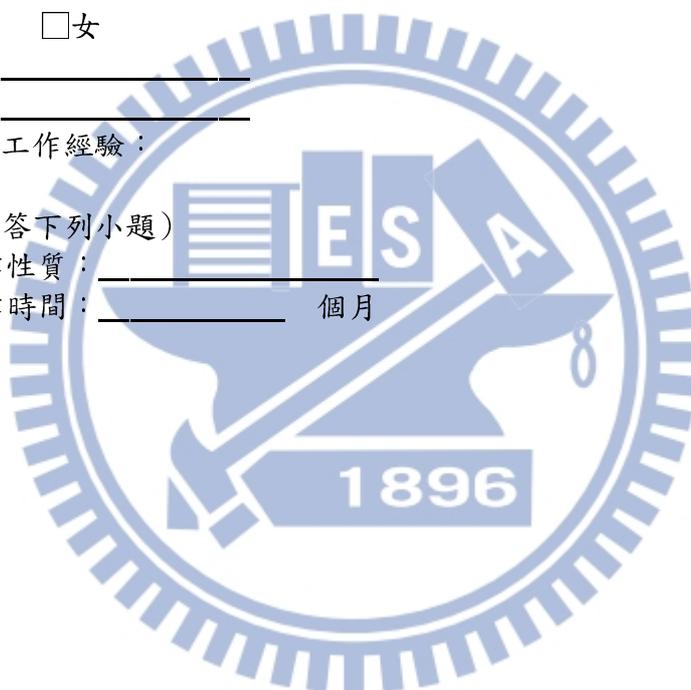
二、情境題（3 題）

#### 受測者基本資料：

（填答說明：請於\_\_\_\_\_作答，或於適當□中打V。）

1. 性別：男 女
2. 就讀系所：\_\_\_\_\_
3. 就讀年級：\_\_\_\_\_
4. 是否有工地工作經驗：  
否  
是（請回答下列小題）
  - (1)工作性質：\_\_\_\_\_
  - (2)工作時間：\_\_\_\_\_ 個月

#### ★測驗開始★



### 一、是非題（共13題）

1. ( ) 在移動式施工架上作業時，施工架上作業人員須妥善指揮下方人員，推動移動式施工架至下一個工作點，以策安全。
2. ( ) 侷限空間作業，應以純氧作為通風較為安全。
3. ( ) 為防止墜落意外發生，電梯直井開口或臨時性開口處，應確實架設防墜交叉拉杆。
4. ( ) 對於結構物之牆、柱等拆除，應由下至上，逐次拆除。
5. ( ) 使用機具拆除構造物時，若未設置安全區等措施，則作業主管必須親自到場實施人員進出管制。
6. ( ) 若空間不足，起重機吊料前，其支撐腳不需完全伸出，但應確實確認支撐腳置於穩固面，以防止起重機倒塌。
7. ( ) 於侷限空間作業時，應先使用工業用電風扇進行侷限空間內通風，避免勞工因缺氧或吸入有害氣體而發生意外。
8. ( ) 侷限空間作業除了可能產生化學性危害（如缺氧、中毒），也可能會產生物理性危害（如感電、墜落）。
9. ( ) 依「營造安全衛生設施標準」規定，所架設之施工架踏板應滿鋪，若為作業需求需移動施工架之踏板，以半小時為限，30分鐘後須將移動之踏板復位。
10. ( ) 活線作業勞工應戴上絕緣防護手套。
11. ( ) 勞工在坑內、儲槽、隧道等自然換氣不充分之場所工作，不得使用具有內燃機之機械，以避免排出廢氣危害勞工。
12. ( ) 您在使用電動工具或需要操作用電運作的機具設備，應於作業前用三用電表檢查一下有沒有漏電以策安全。
13. ( ) 在營造工地內應依規定動線行走，尤其注意不可接近起重機或營建機械之作業範圍內，以防止物體飛落及衝撞等事故。

## 二、情境題（共3題）

請針對下列危害情境圖片，條列式簡述「**潛藏危害**與應設置何種**安全防護措施**」。

### 範例題：

情境圖片簡述：勞工於鐵皮屋頂作業，不慎踏穿採光浪板。



勞工踏穿

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

Ans： 1. 屋頂應裝防止勞工踏穿之踏板，與安裝牢穩之適當安全上下設備、安全網、安全母索。

1. 情境圖片簡述：勞工作業位置與吊料開口（吊料口深2公尺以上）



吊料開口

作業推車

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

2. 情境圖片簡述：勞工於鋼管施工架上作業



請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

3. 情境圖片簡述：勞工從事管溝開挖作業（開挖深度約2公尺）



勞工作業地點

深2m

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

★測驗結束★ 感謝您！！

資料參考來源：勞工安全衛生研究所、行政院勞工委員會北區勞動檢查所

## 【附錄 5】正式測驗試卷

### 勞工安全衛生 測驗試題--- 專業知識篇

#### ★測驗內容★（營造業危害辨識）

一、是非題（10 題）

二、情境題（3 題）

#### 受測者基本資料：

（填答說明：請於\_\_\_\_\_作答，或於適當□中打V。）

1. 性別：男 女
2. 就讀系所：\_\_\_\_\_
3. 就讀年級：\_\_\_\_\_
4. 是否有工地工作經驗：  
否  
是（請回答下列小題）
  - (1)工作性質：\_\_\_\_\_
  - (2)工作時間：\_\_\_\_\_ 個月

#### ★測驗開始★

##### 一、是非題（共10題）

1. ( ) 在移動式施工架上作業時，施工架上作業人員須妥善指揮下方人員，推動移動式施工架至下一個工作點，以策安全。
2. ( ) 侷限空間作業，應以純氧作為通風較為安全。
3. ( ) 為防止墜落意外發生，電梯直井開口或臨時性開口處，應確實架設防墜交叉拉杆。
4. ( ) 對於結構物之牆、柱等拆除，應由下至上，逐次拆除。
5. ( ) 使用機具拆除構造物時，若未設置安全區等措施，則作業主管必須親自到場實施人員進出
6. ( ) 若空間不足，起重機吊料前，其支撐腳不需完全伸出，但應確實確認支撐腳置於穩固面，以防止起重機倒塌。
7. ( ) 於侷限空間作業時，應先使用工業用電風扇進行侷限空間內通風，避免勞工因缺氧或吸入有害氣體而發生意外。
8. ( ) 侷限空間作業除了可能產生化學性危害（如缺氧、中毒），也可能會產生物理性危害（如感電、墜落）。
9. ( ) 依「營造安全衛生設施標準」規定，所架設之施工架踏板應滿鋪，若為作業需求需移動施工架之踏板，以半小時為限，30分鐘後須將移動之踏板復位。
10. ( ) 活線作業勞工應戴上絕緣防護手套。

## 二、情境題（共3題）

請針對下列危害情境圖片，條列式簡述「**潛藏危害**與應設置何種**安全防護措施**」。

### 範例題：

情境圖片簡述：勞工於鐵皮屋頂作業，不慎踏穿採光浪板。



勞工踏穿

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

Ans： 1. 屋頂應裝防止勞工踏穿之踏板，與安裝牢穩之適當安全上下設備、安全網、安全母索。

1. 情境圖片簡述：勞工作業位置與吊料開口（吊料口深2公尺以上）



吊料開口

作業推車

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

2. 情境圖片簡述：勞工於鋼管施工架上作業



請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

3. 情境圖片簡述：勞工從事管溝開挖作業（開挖深度約2公尺）



勞工作業地點

請條列**潛藏危害**並設置**安全防護措施**

★測驗結束★ 感謝您！！

資料參考來源：勞工安全衛生研究所、行政院勞工委員會北區勞動檢查所

## 【附錄 6】虛擬實境教學組（實驗組）學習滿意度問卷

勞工安全衛生 測驗試題（VR-後測）--- 學習滿意度

各位同學 您好：

這份問卷主要目的是想了解，透過「虛擬實境教學」，是否會讓同學們對營造業「危害辨識」知識學習有正面影響。

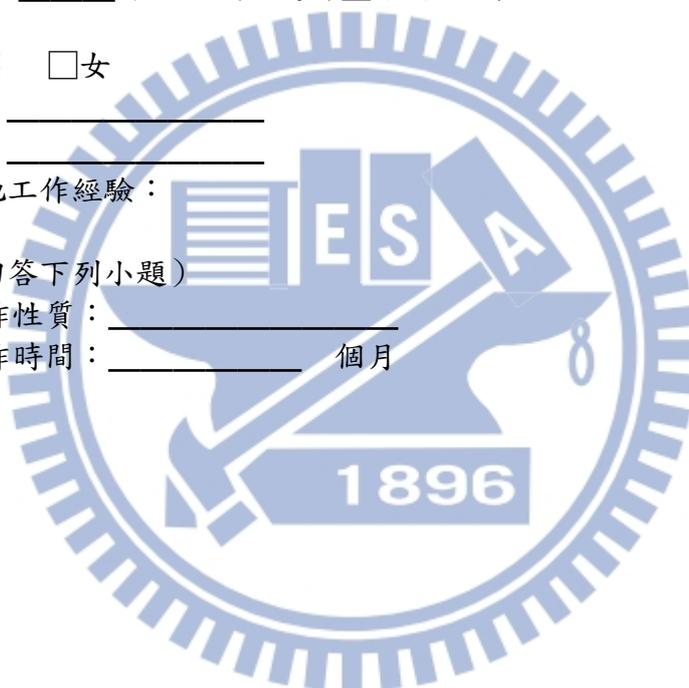
非常感謝您協助調查，您的熱心協助將對本研究有重大幫助！謝謝！！

交通大學 土木系營管組碩二 張瑞娜

### 壹、受訪者基本資料

（填答說明：請於\_\_\_\_\_作答，或於適當□中打V。）

1. 性別：男 女
2. 就讀系所：\_\_\_\_\_
3. 就讀年級：\_\_\_\_\_
4. 是否有工地工作經驗：  
否  
是（請回答下列小題）
  - (1)工作性質：\_\_\_\_\_
  - (2)工作時間：\_\_\_\_\_ 個月



<b>貳、學習滿意度調查</b>	
填答說明： 請針對本次虛擬實境教學予以客觀評價與意見反應，並於適當□中打V。	非常 同意  普通  不同 意  非常 不同 意
<b>一、課程內容安排</b>	
1.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.2 您滿意此次「專業知識課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.3 您滿意此次「虛擬實境課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.4 您滿意此次「虛擬實境課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.5 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.6 您滿意此次「整體課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.7 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1.8 其他意見陳述：	
<b>二、學習成效滿意度</b>	
2.1 「專業知識課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.2 「專業知識課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.3 「專業知識課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.4 「專業知識課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.5 「虛擬實境課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.6 「虛擬實境課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.7 「虛擬實境課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.8 「虛擬實境課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.9 「整體課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.10 「整體課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.11 「整體課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.12 「整體課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>三、教學滿意度</b>	
3.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.2 您滿意此次「專業知識課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.3 您滿意此次「專業知識課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.4 您滿意此次「虛擬實境課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.5 您滿意此次「虛擬實境課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.6 您滿意此次「虛擬實境課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.7 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.8 您滿意此次「整體課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.9 您滿意此次「整體課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.10 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.11 其他意見陳述：	

<p>填答說明： 請針對本次虛擬實境教學予以客觀評價與意見反應，並於適當□中打V。</p>	<p>非常 同意</p> <p>同意</p> <p>普通</p> <p>不同意</p> <p>非常 不同意</p>
<b>四、學習動機與興趣</b>	
<p>4.1 此次「專業知識課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習</p> <p>4.2 透過「專業知識課程」之教學，有助於提升學習興趣。</p> <p>4.3 若還有相關「專業知識課程」，您樂於繼續修習。</p> <p>4.4 此次「虛擬實境課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習</p> <p>4.5 透過「虛擬實境課程」之教學，有助於提升學習興趣。</p> <p>4.6 若還有相關「虛擬實境課程」，您樂於繼續修習。</p> <p>4.7 此次「整體課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。</p> <p>4.8 透過「整體課程」之教學，有助於提升學習興趣。</p> <p>4.9 若還有相關「整體課程」，您樂於繼續修習。</p> <p>4.10 此次「測驗試卷」之內容，有助於提升學習興趣。</p>	<p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<b>五、授課方式比較</b>	
<p>5.1 以危害辨識課程而言，單用「專業知識課程」之授課方式進行已經足</p> <p>5.2 以危害辨識課程而言，單用「虛擬實境課程」之授課方式進行已經足</p> <p>5.3 「專業知識課程」再加入「虛擬實境課程」可顯著提高學習成效。</p> <p>5.4 「專業知識課程」再加入「虛擬實境課程」確有其必要性。</p> <p>5.5 「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於知識之吸收與記</p> <p>5.6 「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於學生自我思考。</p> <p>5.7 整體來說，「虛擬實境課程」相較於傳統課堂教學方法者較佳。</p>	<p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>5.8 請問您覺得「虛擬實境課程」教學之適合年級為何？(可複選)</p> <p><input type="checkbox"/>大學部一、二年級 <input type="checkbox"/>大學部三、四年級 <input type="checkbox"/>營管組碩博班 <input type="checkbox"/>在職專班</p>	
<b>六、遊戲感想及改善</b>	
<p>6.1 請問您覺得本遊戲之優點為何？(可複選)</p> <p><input type="checkbox"/>學習內容豐富 <input type="checkbox"/>有助於知識之吸收與記憶</p> <p><input type="checkbox"/>有助於提升學習興趣 <input type="checkbox"/>富活潑性、趣味性</p> <p><input type="checkbox"/>有助於提升自我思考 <input type="checkbox"/>有助於了解營造工地現況</p> <p><input type="checkbox"/>其他：</p> <p>6.2 請問您覺得本遊戲之缺點為何？(可複選)</p> <p><input type="checkbox"/>學習內容貧乏 <input type="checkbox"/>無助於知識之吸收與記憶</p> <p><input type="checkbox"/>無助於提升學習興趣 <input type="checkbox"/>枯燥乏味</p> <p><input type="checkbox"/>無助於提升自我思考 <input type="checkbox"/>無助於了解營造工地現況</p> <p><input type="checkbox"/>其他：</p> <p>6.3 請問您覺得本遊戲尚有哪些地方可以改善與強化？(可複選，並請給予寶貴建議。)</p> <p><input type="checkbox"/>危害情境件數：</p> <p><input type="checkbox"/>營造作業安全設施模擬：</p> <p><input type="checkbox"/>相關法規解說：</p> <p><input type="checkbox"/>遊戲流程：</p> <p><input type="checkbox"/>其他建議：</p>	

本問卷到此結束，您的回覆將對本研究有極大助益，非常感謝您的寶貴意見！

## 【附錄 7】傳統講述教學組（控制組）學習滿意度問卷

勞工安全衛生 測驗試題（傳統-後測）--- 學習滿意度

各位同學 您好：

這份問卷主要目的是想了解，透過「虛擬實境教學」，是否會讓同學們對營造業「危害辨識」知識學習有正面影響。

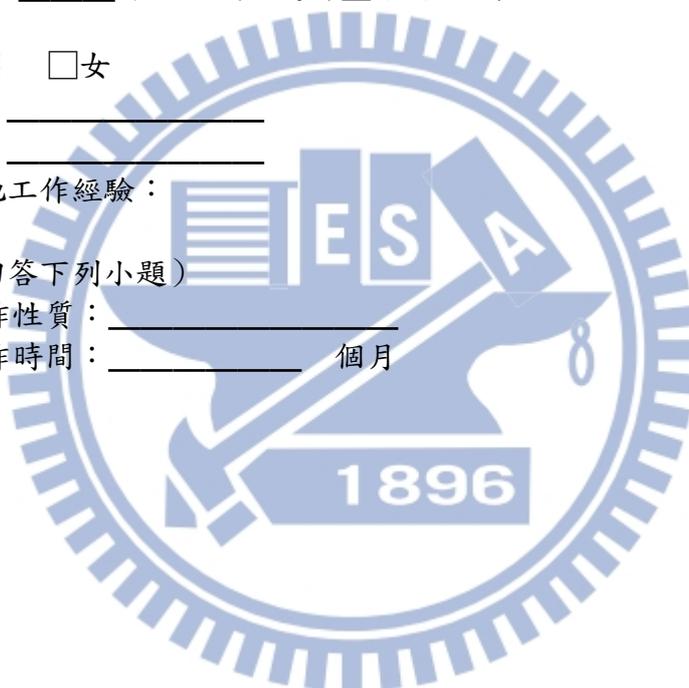
非常感謝您協助調查，您的熱心協助將對本研究有重大幫助！謝謝！！

交通大學 土木系營管組碩二 張瑞娜

### 壹、受訪者基本資料

（填答說明：請於\_\_\_\_\_作答，或於適當□中打V。）

1. 性別：男 女
2. 就讀系所：\_\_\_\_\_
3. 就讀年級：\_\_\_\_\_
4. 是否有工地工作經驗：  
否  
是（請回答下列小題）
  - (1)工作性質：\_\_\_\_\_
  - (2)工作時間：\_\_\_\_\_ 個月



填答說明： 請針對本次傳統講述教學予以客觀評價與意見反應，並於適當□中打V。	非常 同意	同意	普通	不同意	非常 不同意
<b>一、課程內容安排</b>					
1.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
1.2 您滿意此次「專業知識課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
1.3 您滿意此次「案例講述課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
1.4 您滿意此次「案例講述課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
1.5 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
1.6 您滿意此次「整體課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
1.7 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	<input type="checkbox"/>				
1.8 其他意見陳述：					
<b>二、學習成效滿意度</b>					
2.1 「專業知識課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/>				
2.2 「專業知識課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/>				
2.3 「專業知識課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/>				
2.4 「專業知識課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/>				
2.5 「案例講述課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/>				
2.6 「案例講述課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/>				
2.7 「案例講述課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/>				
2.8 「案例講述課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/>				
2.9 「整體課程」教學，有助於您的記憶及知識吸收。	<input type="checkbox"/>				
2.10 「整體課程」教學，可提升您於相關課程之專注力。	<input type="checkbox"/>				
2.11 「整體課程」之教學方法有助於您的自我思考。	<input type="checkbox"/>				
2.12 「整體課程」之教學，有助於您對工地現況了解。	<input type="checkbox"/>				
<b>三、教學滿意度</b>					
3.1 您滿意此次「專業知識課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
3.2 您滿意此次「專業知識課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
3.3 您滿意此次「專業知識課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/>				
3.4 您滿意此次「案例講述課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
3.5 您滿意此次「案例講述課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
3.6 您滿意此次「案例講述課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/>				
3.7 您滿意此次「整體課程」之教材內容安排。	<input type="checkbox"/>				
3.8 您滿意此次「整體課程」之教師授課方式。	<input type="checkbox"/>				
3.9 您滿意此次「整體課程」之教師於課堂上與學生的互動。	<input type="checkbox"/>				
3.10 您滿意此次「測驗試卷」之內容安排。	<input type="checkbox"/>				
3.11 其他意見陳述：					

填答說明： 請針對本次虛擬實境教學予以客觀評價與意見反應，並於適當□中打V。	非常 同意  普通  不同 同意  非常 不同意
<b>四、學習動機與興趣</b>	
4.1 此次「專業知識課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.2 透過「專業知識課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.3 若還有相關「專業知識課程」，您樂於繼續修習。 4.4 此次「案例講述課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.5 透過「案例講述課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.6 若還有相關「案例講述課程」，您樂於繼續修習。 4.7 此次「整體課程」之教學內容，有助於您延伸至相關科目學習上。 4.8 透過「整體課程」之教學，有助於提升學習興趣。 4.9 若還有相關「整體課程」，您樂於繼續修習。 4.10 此次「測驗試卷」之內容，有助於提升學習興趣。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>五、授課方式比較</b>	
5.1 以危害辨識課程而言，單用「專業知識課程」之授課方式進行已經足夠。 5.2 以危害辨識課程而言，單用「案例講述課程」之授課方式進行已經足夠。 5.3 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」可顯著提高學習成效。 5.4 「專業知識課程」再加入「案例講述課程」確有其必要性。 5.5 「案例講述課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於知識之吸收與記憶。 5.6 「案例講述課程」相較於傳統課堂教學方法，有助於學生自我思考。 5.7 整體來說，「案例講述課程」相較於傳統課堂教學方法者較佳。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5.8 請問您覺得「案例講述課程」教學之適合年級為何？(可複選) <input type="checkbox"/> 大學部一、二年級 <input type="checkbox"/> 大學部三、四年級 <input type="checkbox"/> 營管組碩博班 <input type="checkbox"/> 在職專班	

